

Modelo de accesibilidad a sistemas de transporte público según la experiencia de usuario en el contexto urbano

Public transport accessibility model based on user experience of the urban context

Gabriela N. Barón¹, David G. Allende², Alejandro P. Arena¹

gabrielanuri@yahoo.com

1. UTN FRM CLIPOE - CONICET - Rodriguez 273 (5500) Mendoza, Argentina

2. UTN FRBA - Av. Castro Barros 91, C1178AAA CABA

CIDEC- Centro de Investigación y Desarrollo de CEAMSE, Complejo Ambiental Villa Domingo, Ortega y San Vicente s/n, Buenos Aires.

Resumen

Los desafíos de transporte urbano poseen importantes aspectos técnicos y geográficos, pero éstas son solo dimensiones parciales de la problemática urbana. Para diseñar sistemas de transporte que rompan con los modelos tradicionales se necesita darle un giro más humano a la movilidad, ya que todos los viajes comienzan y terminan con una distancia recorrida a pie. En tal sentido, la calidad del ambiente urbano que rodea las áreas de acceso al Transporte Público (TP) influye en la captación de pasajeros, determinando la experiencia que los usuarios tendrán en los segmentos de acceso, transición y egreso del modo elegido.

Este trabajo tiene como objeto elaborar una metodología para evaluar la accesibilidad a sistemas de TP. Se presentan los resultados preliminares del desarrollo de un modelo que intenta ampliar el alcance de las herramientas existentes de análisis, al brindar un marco metodológico a escala humana y desarrollar indicadores que describan cualidades experienciales. Se propone un modelo matemático de *Regresión Logística* de seis variables predictivas, tres de ellas se refieren a aspectos materiales del viaje y tienen en cuenta la infraestructura urbana en diferentes escalas; otras tres se refieren a la experiencia de usuario que deriva de la interacción con el ambiente construido donde se produce el viaje.

Palabras claves: accesibilidad, movilidad, escala humana, experiencia de usuario, esfuerzo emocional, esfuerzo cognitivo

Abstract

Mobility and transportation challenges in globalized cities have strong technical and locational facets, but these are only partial dimensions of the problematic. In order to design transportation systems that defy conventional models, a more humane shift towards mobility is needed, understanding that every trip starts and ends with a distance traveled by foot. Within this scope, the urban environment around public transport access areas influences catchment buffer distances, determined by the user experience during the access, transition and egress segments of the trip.

This research aims to elaborate a methodological framework to evaluate accessibility that widens the scope of existing analysis tools. The preliminary results of a human-scale accessibility model are presented, elaborating on descriptive indicators of experiential qualities. The *Logistic Regression* mathematical model used consists of six predictive variables. Three of them describe the material aspects of the trip in different urban scales and the other three account for the user experience that derives from his interaction with the surrounding environment.

Keywords: accessibility, mobility, human scale, user experience, emotional effort, cognitive effort

Introducción

Transporte y movilidad

Históricamente, el transporte humano se ha analizado desde una perspectiva cartográfica y/o técnica, donde el objeto de estudio es el viaje y el abordaje es material. Sin embargo, a partir del año 2000 surgen nuevas interpretaciones que ampliaron el enfoque hacia estudios multidisciplinarios. El paradigma comenzó a migrar desde el concepto de transporte hacia el de movilidad, donde el área de estudio (el movimiento territorial de la gente) sigue siendo el mismo, pero sus límites tradicionales se han expandido, brindando una visión más humana de la problemática. Hernández (2012) y Gutiérrez (2012) resaltan que la movilidad y el transporte son medios para satisfacer necesidades sociales, y no fines en sí mismos, colocando al transporte como un aspecto necesario pero insuficiente de la movilidad.

El término movilidad conlleva una interpretación más amplia del fenómeno social del transporte, que incluye la dimensión material (cartografía, infraestructura, etc.), la dimensión social, como formas de uso del servicio (Lévy, 2001; Orfeuill, 2004) y la dimensión experiencial que toma en cuenta factores subjetivos como el stress o las emociones de los usuarios (Valenzuela-Montes y Talavera-García, 2015).

Accesibilidad

El término accesibilidad se ha utilizado para describir diferentes facetas de la movilidad. Gutiérrez (2010) clarifica la diferencia entre acceso y accesibilidad, donde acceso se refiere a la posibilidad de concretar las necesidades o deseos que motivan el viaje, mientras que accesibilidad es la facilidad (o dificultad) para realizar el trayecto. En el presente trabajo, se utiliza el término accesibilidad para describir la facilidad de realizar trayectos de acceso al transporte público. Se desea medir la experiencia de cada usuario que surge de las características materiales del trayecto recorrido (características externas), excluyendo aspectos socio-económicos de los individuos que realizan el viaje (aspectos internos).

Caracterización del ambiente urbano

Valenzuela-Montes y Talavera-García (2015) han realizado un exhaustivo análisis bibliográfico acerca de los factores que influyen en la movilidad urbana con el propósito de facilitar el impulso de la caminata como modo de transporte en las ciudades. Estiman que mediante la correcta caracterización de los ambientes peatonales se pueden impulsar políticas que fomenten este modo equitativo y sostenible de transporte.

Los autores han clasificado los factores presentes en bibliografía de las últimas dos décadas (1995-2015) en base al impacto de cada publicación. Los resultados se presentan en la figura 1, donde la frecuencia de las referencias se indica en el eje superior (definida por barras grises) y la valorización homogeneizada se presenta en el eje inferior (representada por puntos) conectando los valores mínimos, medios y máximos (Ver figura 1).

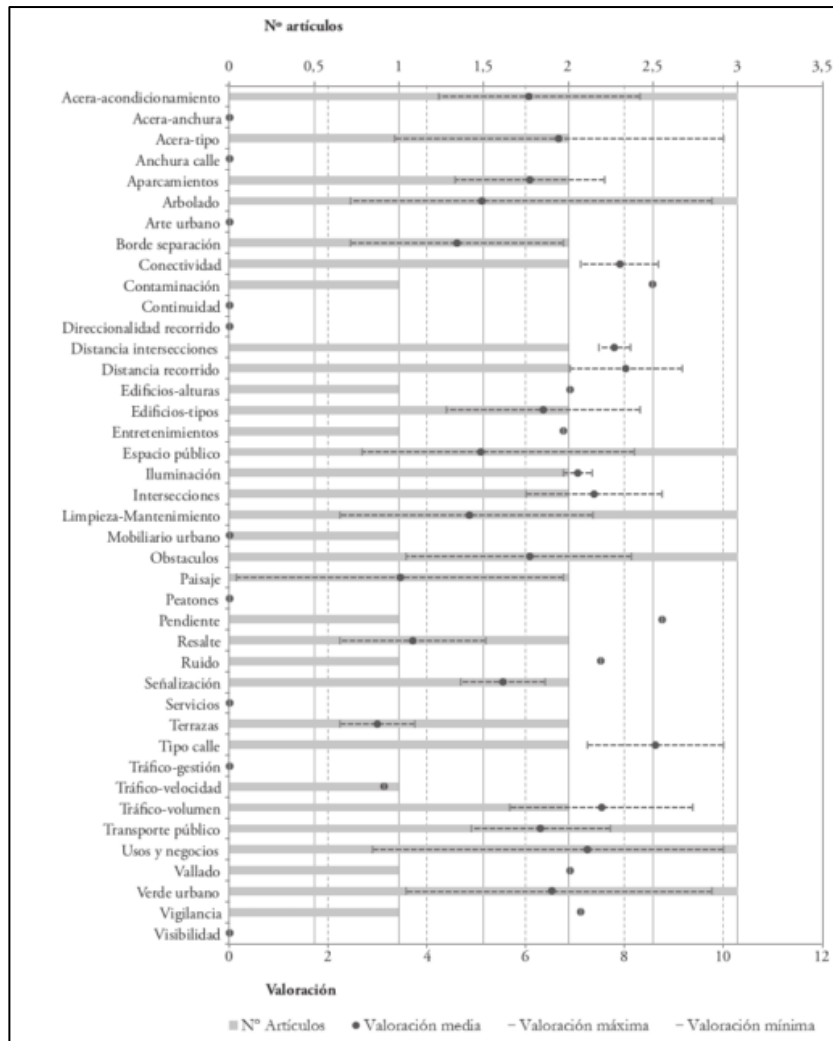


Figura 1: Valenzuela-Montes y Talavera-García (2015). Valorización media de factores de movilidad peatonal.

Entre los factores con mayores valorizaciones medias se encuentran “distancia recorrida”, “conectividad”, “tipo de calle” e “intersecciones”, sin embargo las diferencias en su desviación estándar indican menor consenso en las respuestas obtenidas. Es importante observar que factores como “pendiente” y “contaminación” son altamente valorados en las encuestas y sin embargo no han sido profundamente estudiados como el resto. Algunos de los factores presentados están íntimamente relacionados y pueden combinarse para obtener indicadores más generales de ciertas problemáticas, como por ejemplo “vigilancia” e “iluminación” pueden brindar información acerca de la seguridad civil.

Se debe comprender que la valorización de cada factor no debe ser estrictamente traducida a diferentes contextos ya que ésta refleja la relación directa entre las poblaciones encuestadas con sus alrededores, donde las particularidades ambientales juegan un rol importante.

Sin embargo, estos resultados evidencian la importancia de trabajar a nivel local y a escala humana para evaluar cada caso. Similarmente, la multiplicidad de factores presentados no implica que todos ellos deberán ser considerados en un análisis, sino que contribuyen a la especificidad de cada modelo dependiendo del abordaje. Consecuentemente, para responder a los objetivos de este trabajo se han seleccionado variables que influyen en la forma de acceso, egreso y conexión, tomando la caminata y el ciclismo como modos de desplazamiento.

En base a la problemática expuesta, se ha llevado a cabo un análisis material para describir la experiencia de usuario dentro del ambiente construido. En línea con los abordajes del diseño a escala humana (Papanek, 1983), si la necesidad es acceder a un lugar, y la accesibilidad será el potencial de cada usuario para satisfacer esa necesidad de diferentes maneras. Ya que objeto de este trabajo es proponer una metodología para evaluar accesibilidad, la trayectoria material del viaje se ha estudiado en base a la configuración del espacio y sus dinámicas físicas, mientras que la experiencia de uso se ha inferido a partir de esas variables externas.

METODOLOGÍA

Modelo exploratorio

Los Modelos Discretos de Elección relacionan estadísticamente una elección tomada con los atributos de la persona y de las alternativas disponibles. Esta técnica permite describir la probabilidad de elección de modo de transporte en base a la utilidad percibida de cada alternativa.

Tomando como base un modelo de acceso peatonal publicado por Wibowo y Olszewski (2005) se estimó la probabilidad de que un individuo camine a una estación de tren, dependiendo de la diferencia de utilidad entre caminar y tomar un modo de conexión. El modelo publicado es simple en relación a cantidad de variables, las cuales están combinadas mediante un algoritmo Logit multinomial, resultando los coeficientes beta descriptos en la tabla 1.

Barón, Allende, Arena | Modelo de accesibilidad a sistemas de transporte público según la experiencia de usuario en el contexto urbano.

Variable	Descripción	Coef. β	Valor P
	constante	4.4032	0.0000
DDISTW*	Distancia de caminata	-0.0051	0.0000
DNSTEP*	número de escalones ascendentes	-0.0141	0.0084
DNCONF*	número de conflictos con el tráfico	-0.1357	0.0246
DNCROS*	número de cruces de calle	-0.2201	0.0077
SEX (dummy)	género	0.9443	0.0000
LRT	alternativa específica de modo de conexión	-1.8090	0.0001
Estadística del modelo			
Número de observaciones	891		
Chi2	682,98		
Pseudo- R ²	0,554		

Tabla 1: Barón, Gabriela (2017). Coeficientes de modelo de acceso peatonal. Elaboración propia en base a los resultados publicados por Wibowo y Olszewski (2005)

Para realizar una prueba local de este modelo, se recolectaron datos a través de un Trabajo Práctico en la Universidad Nacional de Cuyo y la Universidad Tecnológica Nacional, donde alumnos universitarios respondieron preguntas acerca de su modo de acceso a la Terminal de Ómnibus de Mendoza, Argentina. Se utilizaron técnicas de relevamiento visual del espacio y la herramienta Google maps para calcular distancias, tiempos, y medios de TP. Se obtuvieron 46 sets de datos completos con los cuales se replicó el modelo base mediante un cálculo de esfuerzo en cada alternativa y posteriormente de probabilidad.

De los 46 sets de datos, el modelo predijo correctamente 41 casos (90% del total). Se analizaron las encuestas de los 5 casos anómalos en los cuales, todos elegían modo de transporte alternativo a la caminata y se intentó comprender las causas. Ya que para el trabajo los alumnos documentaron detalles específicos de cada viaje, no sólo distancia y trayecto específico en el espacio, sino también detalles de infraestructura, información, sensaciones de seguridad, etc., se poseía mayor información para realizar un modelo más completo.

Con el objetivo de explorar una mayor cantidad de variables, se corrió el modelo en el programa IBM SPSS con los mismos datos locales y se obtuvo coeficientes propios, los cuales mejoraron levemente el ajuste, logrando predecir el 92% de los casos (42 de 46). Posteriormente se agregó una mayor cantidad de variables con el propósito de comprender la influencia de factores de menor escala con las cuales el ajuste del modelo aumentó prediciendo correctamente el 96% de los casos. Es importante mencionar que esta experiencia fue solamente exploratoria ya que la muestra fue poco representativa debido a

su tamaño y homogeneidad en relación a grupo etario de estudiantes, quienes en general están dispuestos a caminar distancias largas. Sin embargo, la experiencia fue altamente útil para explorar el funcionamiento del modelo matemático y la metodología de recopilación de datos.

Selección de variables definitivas

En base a la bibliografía consultada y al modelo realizado con estudiantes, se procedió a definir variables definitivas con suficiente nivel de desagregación para representar cualidades experienciales del ambiente construido en los trayectos de acceso, las cuales se describen a continuación.

Se proponen seis variables, tres de ellas se refieren a aspectos materiales del viaje y tienen en cuenta la infraestructura urbana en diferentes escalas. En primer lugar se ha tomado la variable “distancia” como principal y primer factor, luego la variable “forma urbana” para representar aspectos de usos del suelo y conectividad a nivel de trazado vial, y finalmente se ha definido la variable “calidad del espacio público” que observa la existencia o carencia de infraestructura de menor escala, llamada mobiliario urbano.

Posteriormente, se han definido tres variables que se refieren a la experiencia de usuario que deriva de la interacción con el ambiente donde se produce el viaje. Tomando el marco teórico de Wardman (1998), aplicado por Shakespear (2014) en la ciudad de Buenos Aires, se han identificado tres tipos de esfuerzo: físico, cognitivo y emocional (afectivo), para definir la experiencia. La variable “esfuerzo físico” contempla factores como pendiente y sensación térmica. La variable “esfuerzo cognitivo” analiza la disponibilidad de información acerca del viaje a realizar clasificándola según el tipo de soporte (físico o virtual). Finalmente, la variable “esfuerzo emocional” contempla factores de seguridad civil y vial de los viajantes. La relación entre las variables seleccionadas se ilustra en un modelo conceptual (ver figura 2) y se describen a continuación con mayor profundidad.

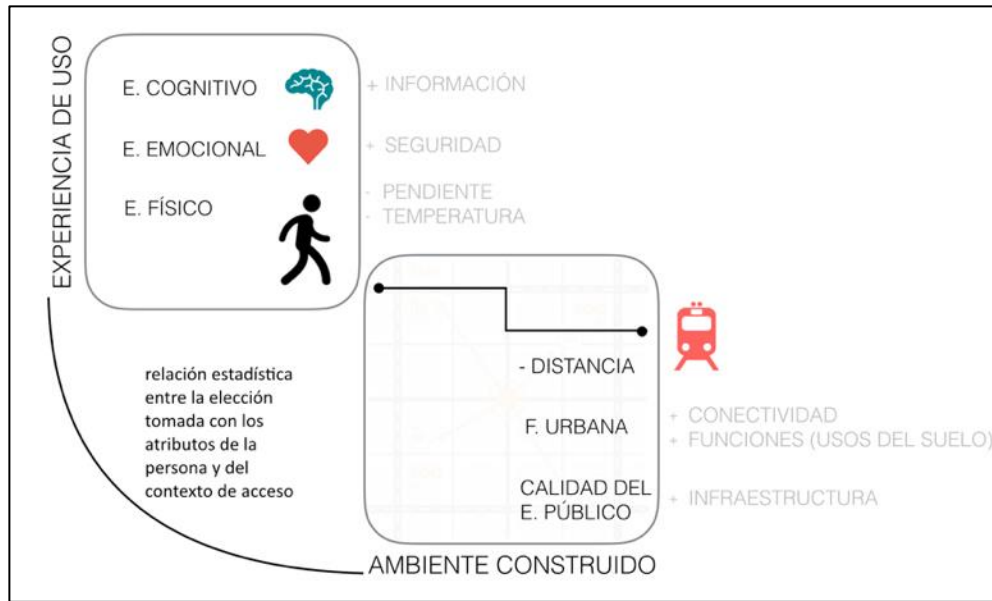


Figura 2: Barón, Gabriela (2017). Modelo conceptual de accesibilidad a escala humana. Elaboración propia.

Distancia

La distancia a recorrer y el tiempo requerido para recorrerla son los factores que más influyen en la decisión de caminar o tomar otro modo de transporte (Valenzuela-Montes y Talavera-García, 2015). La bibliografía sugiere considerar una distancia máxima de 400 metros (O'Neill, W., Ramsey, D., Chou, J., 1992; Zhao, F., Chow, L., Li, M., Ubaka, I., Gan, A., 2003) para autobuses urbanos y 800 metros para tranvías o trenes (Kuby, M., Barranda, A., Upchurch, C., 2004; Schlossberg, M., Agrawal, A., Irvin, K., Bekkouche, V., 2007), mientras que el percentil 85% de distancia de caminata es de 524 metros para autobuses y 1259 metros para trenes, superada esta distancia, los sujetos generalmente eligen otra forma de movilidad o bien toman un medio de conexión. (El-Geneidy et al., 2014). Cabe aclarar que en el modelo propuesto la distancia medida es la real de desplazamiento o Network Distance.

Forma urbana: conectividad y usos del suelo

Las estrategias para reducir la dependencia del automóvil particular generalmente apuntan al análisis de la forma urbana, concepto tomado para representar ampliamente aspectos de diseño urbano y usos del suelo. En términos generales, los pobladores de asentamientos urbanos compactos, densos, con usos del suelo mixtos, tendrán menos dependencia del automóvil que aquellos que habitan en asentamientos urbanos esparcidos y específicos a nivel de usos del suelo, donde las distancias son más largas y la conectividad de la oferta de TP es menor.

El-Geneidy et al. (2014) han realizado una exhaustiva revisión bibliográfica llegando a las conclusiones de que las características espaciales que favorecen el acceso peatonal

incluyen la ausencia de barreras urbanas (O'Neill et al., 1992; Zhao et al., 2003), las grillas viales que proveen más conexiones peatonales (Hsiao, S., Lu, J., Sterling, J., & Weatherford, M., 1997; Loutzenheiser, 1997; Zhao et al., 2003), y las altas densidades en relación a los usos del suelo (Fitzpatrick, K., Perkinson, D., & Hall, K., 1997; Hsiao et al., 1997; Loutzenheiser, 1997; Zhao et al., 2003).

En el modelo propuesto se analiza la forma urbana mediante los factores que determinan la conectividad del trazado vial. La conectividad está determinada por la cantidad de intersecciones de calles dentro de los radios de captación (catchment buffers). La mixtura usos del suelo durante el trayecto se debe medir en la escala humana, para lo cual se han utilizado datos generados por usuarios publicados en Open Street Map.

Calidad del espacio público

Esta variable se refiere a existencia o ausencia de infraestructura urbana de menor escala disponible en los trayectos de acceso. Se relaciona íntimamente con los usos del suelo ya que generalmente los grandes espacios públicos urbanos (como un área peatonal, plaza o parque) ofrecen un conjunto de elementos de recreación y descanso para los ciudadanos. Por su naturaleza, estos espacios son en general exclusivos para los modos no-motorizados de transporte, disminuyendo los niveles de stress y haciendo que el viaje sea más placentero. El término mobiliario urbano abarca superficies de descanso, estructuras de refugio contra el clima y elementos de servicio, como bebederos públicos, basureros, estacionamiento de bicicletas, entre otros.

En el modelo propuesto se analiza la existencia de espacios públicos peatonales durante el trayecto recorrido, así como la existencia o ausencia de mobiliario urbano específico al modo de acceso en cada caso. Para el acceso peatonal se observa la existencia de paradores con superficies de descanso y refugios contra el clima. Para los accesos en bicicleta se suma la existencia de mobiliario urbano específico al modo (como por ej. estacionamientos de bicicletas).

Esfuerzo físico: Pendiente y confort térmico

El esfuerzo físico es aquel que se consume durante el viaje ya sea caminando, esperando o manteniendo la postura corporal (Shakespeare, 2014). Está relacionado con la topografía del trayecto a recorrer, la pendiente y las condiciones climáticas del momento del viaje.

La temperatura es un factor que influye notoriamente en la experiencia de acceso (Kuby et Al., 2004; Lam y Morrall, 1982). Sin embargo, en la bibliografía no se han encontrado estudios conclusivos que relacionen el clima con la disposición a caminar o viajar en bicicleta. De hecho, las ciudades que cuentan con mayores porcentajes de viajes en

bicicleta, como Ámsterdam o Copenhague, poseen un clima notablemente más riguroso que ciudades similares con temperaturas moderadas donde la adopción del ciclismo como modo de transporte es notablemente más baja (Pucher y Buehler, 2008).

En este trabajo, el esfuerzo se ha caracterizado en relación al desnivel entre origen y destino, combinado con el confort térmico del área. El confort térmico se ha evaluado utilizando el factor de vista del cielo, o Sky View Factor (SVF, por sus siglas en inglés). El índice SVF se determina con el modelo RayMan (Matzarakis, Rutz, F., Mayer, H., 2010). Para cada sitio de análisis se determina cartográficamente la relación alto de las construcciones/ancho de la calle y la presencia de arbolado urbano para determinar el sombreado del recorrido.

Esfuerzo emocional: Seguridad civil y vial

El factor afectivo se refiere a la energía emocional que se consume durante el viaje en relación a la incertidumbre sobre un viaje seguro y confortable, así como la llegada puntual a destino (Shakespeare, 2014).

La seguridad personal es un problema social complejo que afecta principalmente a los países en vías de desarrollo. Mientras que abarca mucho más que al sector de transporte, constituye un gran determinante en la adopción de estrategias de movilidad por parte de los usuarios (World Bank, 2002). La noción de seguridad civil, tanto como la vial, posee dos facetas: una está dada por el riesgo real de ser víctima de un accidente o ataque y la otra es el miedo a sufrir un accidente o ataque durante los desplazamientos (Gomez, 2000).

Seguridad civil

Al hablar de seguridad civil nos referimos a la vulnerabilidad de los viajeros hacia actos criminales o antisociales (World Bank, 2002). Es escasa la bibliografía que relaciona numéricamente la seguridad civil con la probabilidad de usar un medio de TP. Generalmente los casos de accidentes y delitos de este tipo no se reportan ni cuantifican, principalmente los actos de violencia personal o acoso sexual. Sin embargo, encuestas sociales en América Latina demuestran su ocurrencia frecuente (Gomez, 2000). A nivel individuo es difícil caracterizar la seguridad percibida, al ser ésta una emoción personal que depende de factores internos, altamente influenciada por experiencias previas y medios de comunicación masiva, entre otros.

Con el propósito de estimar la variable se realizaron encuestas en cada área analizada donde se le preguntó a los viajeros su sensación de seguridad con respecto al viaje que realizaban. Para contrastar los resultados también se les preguntó si alguna vez ellos o

alguien cercano a ellos había sido víctima de un ataque o acoso en esa área, lo cual es interesante para sacar conclusiones acerca de la relación entre la seguridad real y la percibida.

A nivel urbano, la seguridad ya sea real o percibida, está relacionada con los usos del suelo, el horario del viaje, la densidad poblacional, entre otros. A nivel de infraestructura, factores como la presencia de iluminación y cámaras de seguridad pueden influir en los niveles de seguridad. Para este trabajo se ha tenido en cuenta el horario de comienzo del viaje y la presencia de iluminación pública para definir la variable, complementados por un mapa de áreas de criminalidad de los municipios.

Seguridad vial

Los accidentes de tránsito son una pandemia global, constituyen la novena causa de muerte mundialmente y se estima que será la sexta causa para el año 2020 (World Bank, 2002). Los peatones son el grupo más vulnerable de transportistas ya que frecuentemente comparten el espacio vial con vehículos motorizados y están expuestos a accidentes durante las primeras y últimas millas, las millas de transición y el tiempo que viajan en TP.

La bibliografía sugiere que el ambiente construido posee características que influyen en la seguridad, variable clave para favorecer el acceso peatonal (Fitzpatrick et al., 1997; O'Sullivan and Morrall, 1996; Schlossberg et al., 2007). La adecuada provisión de infraestructura vial puede brindar protección para ciclistas y peatones como veredas continuas, señalización específica, cruces peatonales, ciclovías y áreas peatonales, entre otros.

Para medir la percepción de seguridad vial por parte de los usuarios, existen metodologías publicadas que se centran en la experiencia del uso de infraestructura vial, tales como Nivel de Servicio y Nivel de Stress. El Nivel de Stress es un concepto surgido de la necesidad de medir cuánto dispuestos están los peatones o ciclistas a desplazarse en diferentes condiciones de vía (Hook, 2005). Bajo este concepto, los investigadores han desarrollado diferentes esquemas para clasificar vías de circulación (Landis, B. W.; Vattikuti, V. R.; Brannick, M. T., 1997; US Federal Highway Administration, 1998). Estas clasificaciones poseen variables como ancho de vía, presencia de carriles específicos, velocidad máxima de vehículos circundantes, etc. (Hook, 2005).

Para analizar la seguridad vial percibida se ha utilizado un modelo de jerarquización vial realizado por Puliafito, Castro y Allende (2012) que caracteriza cada segmento de calle de acuerdo a las características de la vía, intensidad de tráfico, variaciones horarias, uso dominante, flujo y composición promedio, velocidad media, entre otros.

Esfuerzo cognitivo: disponibilidad de información

Todo sistema de transporte está formado por dos dimensiones básicas. En primer lugar está la infraestructura y todos los elementos involucrados en ella. En segundo lugar, está la comunicación, que a través de diversos elementos funcionales les permite a los usuarios comprender y utilizar el servicio (Shakespeare, 2014). El esfuerzo cognitivo se relaciona con la recolección de información y su procesamiento para planear un viaje, la navegación misma, el monitoreo del progreso del viaje y eventuales correcciones de errores.

Para definir esta variable se han considerado cuatro canales de información: señales viales, información impresa y cartelería, información en tiempo real, e información en internet. Se ha considerado la presencia o ausencia de información en cada canal, teniendo en cuenta solo canales gratuitos provistos por el sistema de transporte oficial. La figura 3 muestra un ejemplo de cartelería peatonal informativa que disminuye el esfuerzo cognitivo.

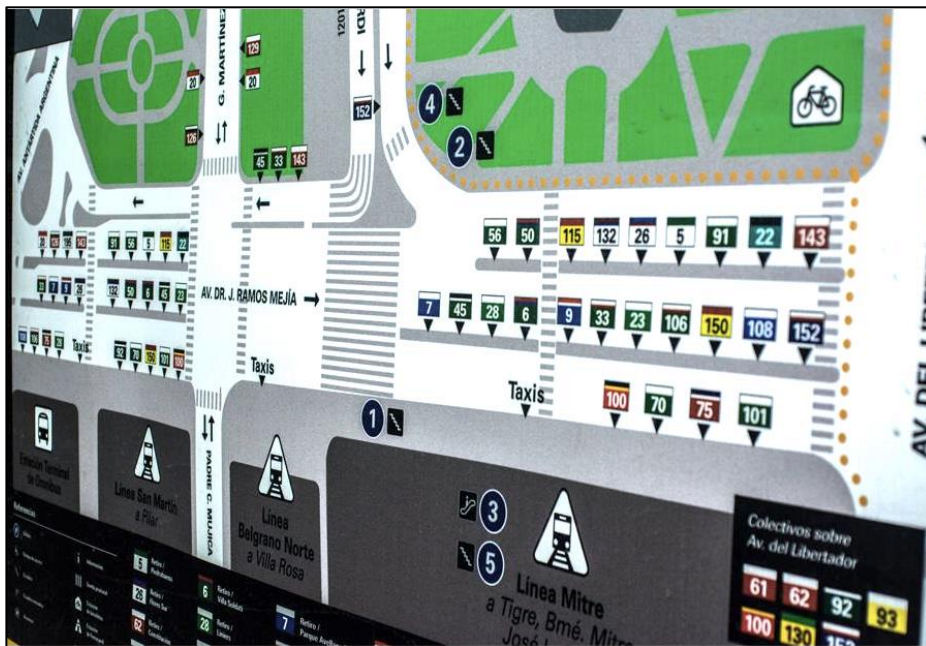


Figura 3: Sistema de señalización intermodal para áreas de trasbordo en la ciudad de Buenos Aires. Fotografía de Numa Maurette

Señales viales

La señalética vial posee el propósito de brindar coherencia a los viajantes en su trayecto, bajando los niveles de stress y brindando seguridad (Thompson, S. R., Monsere, C. M., Figliozzi, M., Koonce, P., & Obery, G., 2013). La señalización vial es de vital importancia para peatones y ciclistas ya que la red de vías segregadas es generalmente discontinua y

requiere de conexiones difíciles. Este factor considera la presencia de señalética orientativa, peatonal o ciclista según el modo de acceso.

Información online

La extensión de los centros urbanos y la complejidad de sistemas de transporte público demandan mecanismos virtuales que representen esos sistemas de forma accesible a todos los usuarios, reduciendo la complejidad urbana (Institute pour la Ville en Mouvement, IVM, 2013). La disponibilidad de información relacionada al viaje influye en el stress emocional del individuo. Este factor analiza la presencia de páginas en internet que representen virtualmente redes de transporte y provean información acerca del servicio.

Información impresa y cartelería

Una encuesta conducida por IVM realizada a pasajeros latinoamericanos revela que el 96% consideran necesaria la existencia de diagramas gráficos que indiquen las rutas, paradas y conexiones (IVM, 2013). Este factor se refiere a la presencia de cartelería, generalmente ubicada en las estaciones, que provee información acerca del servicio en forma gráfica, representando recorridos, mapas, costos, entre otros (Ver figura 3).

Información en tiempo real

Este factor se relaciona con la posibilidad de obtener información acerca de horarios del servicio de transporte público en tiempo real. Si el usuario conoce el estado del servicio y los tiempos de espera de antemano podrá planificar su viaje de acceso optimizando su tiempo. Actualmente esta información se brinda por medio de carteles dinámicos ubicados en estaciones y paradas, monitores y aplicativos telefónicos, entre otros.

En la tabla 2 se presenta un resumen de las variables seleccionadas, los indicadores que las conforman y las fuentes utilizadas para la obtención de datos.

VARIABLE	INDICADOR	DATO A MEDIR	FUENTE y HERRAMIENTA
DISTANCIA	Distancia de caminata	Distancia real (metros)	Encuesta (trayecto) + QGIS
FORMA URBANA	Conectividad	Cantidad de intersecciones en el radio de acceso standard (800m)	Open Street Map + QGIS
	Usos del suelo	Mixtura de funciones (usos del suelo) durante el trayecto recorrido (número entero)	Open Street Map + QGIS
CALIDAD DEL ESPACIO PÚBLICO	Espacio Público Recreativo	Presencia de espacio público recreativo (plaza) en el trayecto recorrido (si/no)	Open Street Map
	Mobiliario Urbano	Presencia de infraestructura específica en la parada/estación (Peatonal: Parada con refugio y asiento /Ciclista: estacionamiento específico cerca de la parada o posibilidad de abordar el medio con	Auditoría del recorrido

		la bici) (si/no)		
ESFUERZO FÍSICO	Pendiente	Pendiente ascendente en relación a la distancia de acceso (número)	OSM + GraphHopper API	
	Temperatura	Índice de SVF - Sky View Factor (para representar sombreado)	Mapa LCZ - Allende et.al.	
ESFUERZO EMOCIONAL	SEGURIDAD CIVIL	Seguridad civil	Ubicación del trayecto en relación a zonas de alta delincuencia (si/no)	Mapa de Zonas Peligrosas - Sec. Transporte
		Seguridad civil percibida	Nivel de seguridad percibido (número)	Encuesta – Elaboración propia
		Horario de salida	Horario peligrosos (si/no en horario peligroso)	Encuesta – Elaboración propia
		Iluminación	Porcentaje del recorrido iluminado (porcentaje)	Auditoría del recorrido
	SEGURIDAD VIAL	Vía Segregada	Porcentaje del recorrido realizado en vía segregada (según modo vereda / ciclovía)	Open Street Map + QGIS
		Continuidad de la vía	Número de cruces de calles durante el trayecto	Open Street Map + QGIS
		Nivel de stress	Caracterización de vías a cruzar	Mapa de Niveles de Stress QGIS – Elaboración propia
		Seguridad vial percibida	Nivel de seguridad percibido (número)	Encuesta – Elaboración propia
ESFUERZO COGNITIVO	Señales viales	Presencia de señalética (especifica de recorrido) en el trayecto (si /no)	Auditoría del recorrido	
	Cartelería informativa	Información del recorrido en cartelería (si /no)	Auditoría de parada/estación	
	Información virtual	Información del recorrido online + Existencia de wifi público en la zona (si /no)	www	
	Información en tiempo real	Información del recorrido en tiempo real en cartelería de la parada o por mensaje de texto (si /no)	Auditoría del recorrido	

Tabla 2: Barón, Gabriela (2017). Variables seleccionadas, indicadores que las componen y herramientas y fuentes consultadas. Elaboración propia.

Modelo de accesibilidad a escala humana

Para cuantificar la correlación entre las variables elaboradas se propone un modelo matemático de Regresión Logística de variable dependiente binaria. El objeto de este modelo, donde la variable explicada es cualitativa, es calcular la probabilidad de que un sujeto tome una determinada decisión de índole discreta, condicionada a ciertas variables explicativas. El modelo es binario ya que cada alternativa es excluyente: para acceder al TP el sujeto elige caminar (éxito) o tomar un medio de conexión motorizado (fracaso).

El modelo de Regresión Logística tiene la siguiente forma general:

$$f(z) = \frac{e^z}{1+e^z} \quad (\text{Ec. 1})$$

La función está acotada entre 0 y 1, ajustándose al crecimiento no lineal esperable para la toma de estas decisiones (leves incrementos en los extremos y grandes cambios en la parte central), particularmente por la presencia de una variable latente, relacionada con el beneficio (no observado) que supone la elección de la mejor alternativa posible. El modelo de regresión Logística utilizado es de la forma:

$$Y_i = f(Z_i) + u_i; i = 1, \dots, n \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde la utilidad es un índice lineal de las posibles variables predictivas, de la forma:

$$Z_i = \beta_1 + \beta_2 X_{2,i} + \beta_3 X_{3,i} + \dots + \beta_k X_{k,i} \quad (\text{Ec.3})$$

Para correr el modelo se han utilizado software estadísticos (NCSS, SPSS) adaptando su procedimiento Regresión Logística para estimar la función de probabilidad. Previo al establecimiento del modelo, se investiga la posible correlación entre todos los pares de variables continuas por medio del coeficiente de correlación r de Pearson y el coeficiente Phi para las variables dicotómicas.

Muestreo

Para calibrar el modelo se tomó como caso de estudio el Metro Tranvía de Mendoza (MTM). El MTM es un modo de transporte público que se alimenta a energía eléctrica y corre actualmente por el antiguo tendido férreo nacional. Por su capacidad, perfil ambiental, funcionalidad y confort, entre otros, se ha seleccionado como modo troncal de movilidad para el Gran Mendoza. A la fecha posee solamente una línea que recorre 12,5km sirviendo a 15 estaciones a través de los departamentos de Maipú, Godoy Cruz y Ciudad de Mendoza (ver figura 4). El MTM es la base de la reestructuración de TP propuesta en el Plan de Movilidad Mendoza 2030 y se planifica aumentar su cobertura a 5 líneas que sirvan a toda el Área Metropolitana de Mendoza (Ministerio de Transporte de la Provincia de Mendoza, 2015).

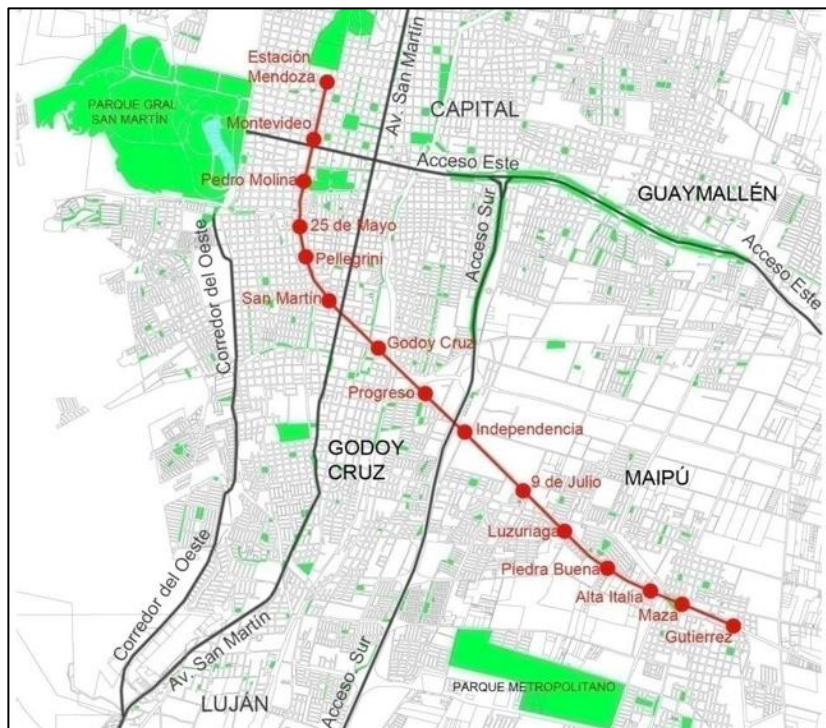


Figura 4. Traza actual del MTM, a través de 3 departamentos y 12,5km de longitud. Fuente: Segundo informe PIM Mendoza (Ministerio Transporte Mendoza, 2015)

La selección de este modo de TP para la calibración del modelo responde a su novedad como modo de transporte urbano a nivel nacional y a la alta demanda de estudios necesarios para justificar una inversión de tal envergadura. Se estima que la incertidumbre sobre la captación que tendrá este modo puede ser reducida con un análisis de accesibilidad como el propuesto. Este modo también posee otro atractivo interesante para su investigación, ya que a través de sus 15 paradas se observa una alta diversidad de condiciones espaciales y ambientales, partiendo desde el centro urbano de Mendoza, y atravesando zonas industriales residenciales y rurales. Estas estaciones también presentan características muy diversas a nivel de ambiente urbano, así como diversidad en la mixtura de usos del suelo y densidades poblacionales de sus alrededores (Ver figuras 5 y 6). La alta variación a nivel de configuración y ubicación de paradas permite un rico análisis espacial manteniendo constante variables relacionadas con la oferta y funcionamiento del servicio (las cuales han sido intencionalmente excluidas del modelo).



Figura 5. Barón, Gabriela (2017). Variaciones en el contexto urbano de acceso: Parador San Martín, MTM Mendoza. Elaboración propia a partir de fotos tomadas por Mauricio Vidal Genta. Vista aérea extraída de Google Maps.



Figura 6. Barón, Gabriela (2017). Variaciones en el contexto urbano de acceso: Parador 9 de Julio, MTM Mendoza. Fotos de Mauricio Vidal Genta. Vista aérea tomada de Google Maps.

Para obtener datos han realizado encuestas en las estaciones del MTM que constituyen nodos de intercambio modal por su capacidad de trasbordo con diversos modos (autobús,

trolebús, bicicletas públicas). La encuesta realizada consiste en dos preguntas demográficas, sexo y edad; dos preguntas socio-económicas en relación a la disponibilidad de uso de medios de transporte particulares; y seis preguntas para describir en detalle el viaje que se estaba realizando al momento de la encuesta. Estas preguntas ayudan a describir el origen y destino, así como todas las etapas motorizadas y no-motorizadas del mismo, para lo cual se dibujaba un mapa detallando la ruta exacta. Finalmente hay dos preguntas en relación a la seguridad vial y civil percibida en la zona; y una pregunta acerca de las fuentes de información de recorrido consultadas.

Resultados preliminares

Para la calibración del modelo final y testeo de las técnicas de muestreo, se realizaron encuestas en dos estaciones del MTM que constituyen nodos de intercambio modal por su capacidad de trasbordo con diversos modos (autobús, trolebús, bicicletas públicas). Se obtuvieron 40 sets de datos completos con los cuales se realizó un análisis de regresión logística binaria para comprender cómo las variables seleccionadas afectaban la probabilidad de que un individuo elija caminar como modo de acceso.

De las personas encuestadas en situación de acceso, el 55% fueron mujeres y 45% varones, de 13 a 81 años de edad con una media de 42 años. Los entrevistados expresaron que su modo más frecuente de movilidad es el ómnibus, seguido por el metrotranvía y la caminata o el automóvil particular para los que poseen esta opción. El modo menos usado fue la bicicleta, lo cual es llamativo ya que el 32,5% de los entrevistados expresó que poseía bicicleta, mientras que sólo el 24% poseía automóvil o moto. Los viajes observados se realizan con una media de 9 veces al mes, con los motivos principales de estudio (22,5%), acompañar a menores (20%) y trabajo (17,5%).

La distancia media caminada es de 371m y se observa que a mayor distancia, menos personas deciden acceder caminando (ver figura 7).

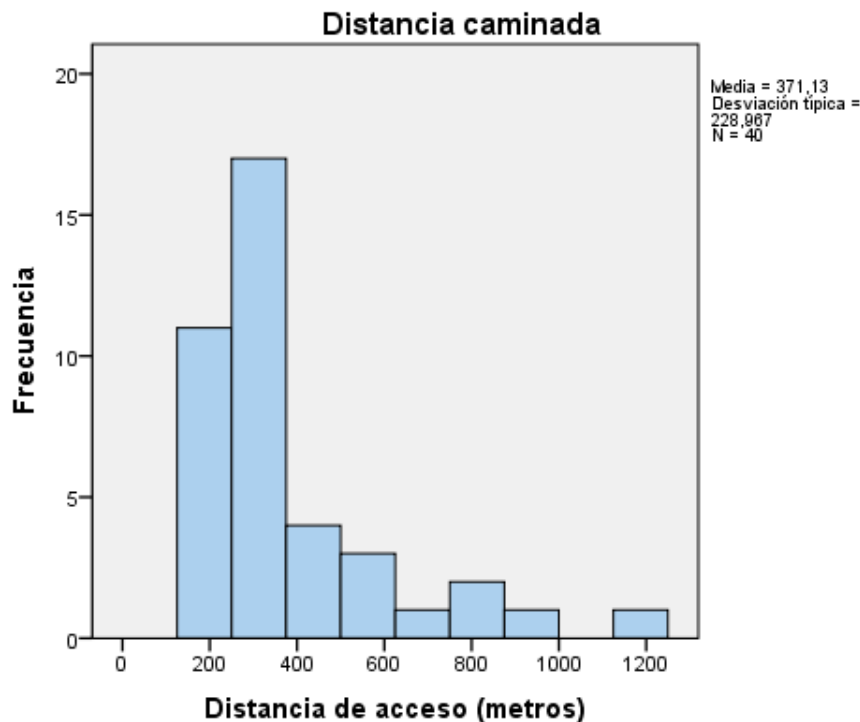


Figura 7. Barón, Gabriela (2017). Cantidad de personas que eligen caminar según la distancia a recorrer.

Seguridad

Se preguntó a los encuestados la razón de elección de su trayecto de acceso particular, donde el 85% de ellos eligió el camino más directo. Es importante considerar que el 15% de las personas tomaron desvíos por las siguientes razones: el 7,5% eligió el camino más seguro a nivel civil, el 5% tomó el camino más placentero (espacios verdes, vidrieras, etc.) y el 2,5% realizó desvíos para obtener mayor seguridad vial.

A nivel de seguridad vial, los encuestados deben cruzar 5 calles en promedio para acceder a la parada, de las cuales el 80% están semaforizadas, lo cual hace que el cruce sea seguro y predecible. Su percepción en este tema es que es de regular a seguro acceder a las paradas relevadas.

A nivel de seguridad civil, la percepción es positiva, la mayoría de los encuestados se sienten seguros. Es importante destacar que la mayoría de los encuestados realizan sus viajes en horarios diurnos, con iluminación natural. De todas formas, el 100% de los trayectos relevados poseen iluminación pública en horarios nocturnos.

Información

La mayoría de los entrevistados usa internet como fuente principal de información sobre su viaje, principalmente para saber los horarios del recorrido y la ubicación espacial de las

paradas. La segunda fuente de información relevante es la consulta a otras personas, especialmente para conocer las formas de uso del servicio, donde los medios masivos (como la televisión) son otra fuente relevante. En todos los casos la cartelería de la vía pública y la información exhibida en la parada son las fuentes menos consultadas para obtener información de recorrido.

Es importante mencionar que el trabajo presentado muestra resultados preliminares y exploratorios, ya que se debe ampliar significativamente la muestra para disminuir la incertidumbre y el grado de error de los resultados presentados. Actualmente se están realizando más encuestas en otras estaciones y en una franja horaria más amplia para asegurar que el muestreo sea representativo.

Modelo de accesibilidad

Para correr el modelo se ha utilizado el software estadístico IBM SPSS adaptando su procedimiento Regresión Logística (RL) para estimar la función de probabilidad. Lo que se pretende mediante la RL es expresar la probabilidad de que la persona camine como modo de acceso en función de ciertas variables, que se presumen relevantes o influyentes. Previo al establecimiento del modelo, se investiga la posible correlación entre todos los pares de variables continuas por medio del coeficiente de correlación r de Pearson y el coeficiente Phi para las variables dicotómicas.

El programa tomó la variable DIF.DIST.CAM como la de mayor significancia, sin embargo, se fueron seleccionando variables adicionales en pasos sucesivos, forzando el modelo a incluirlas, ya que aunque posean una significancia leve, es el objetivo del modelo identificar estos otros factores intervinientes en la toma de decisiones. La tabla 3 muestra las variables seleccionadas, su descripción, sus coeficientes y su índice de probabilidad.

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	COEF. β
ESP.PUBLICO	Presencia o ausencia de e. público en el trayecto	28,8
SC.PERCEPCIÓN	Percepción de seguridad civil de 1 a 5, siendo el 5 el más seguro	6,0
STRESS	Cantidad de cruces viales no-semaforizados	1,4
DIST.BUS	Distancia a recorrer si se tomara el autobus como modo de acceso	-0,17
SEXO(1)	Sexo masculino	-11,75

DIF.DIST.CAM	Diferencia de distancia a caminar si se tomara el autobús como medio de acceso	- 0,003
CONSTANTE		17,9

Tabla 3: Barón, Gabriela (2017). Coeficientes propuestos para cada una de las variables modeladas Elaboración propia.

El índice de probabilidad expresa cómo aumenta la probabilidad de éxito (caminar como modo de acceso) al aumentar cada coeficiente en una unidad. En la función logística binomial (Ec.1), la utilidad Z se calcula tomando los coeficientes obtenidos de la siguiente manera:

$$Z_i = 17,9 + 28,8 * ESP. PUBLICO + 5,95 * SC. PERCEPCION + 1,42 * STRESS - 0,017 * DIST. BUS - 11,75 * SEXO - 0,003 * DIF. DIST. CAM \quad (Ec.4)$$

Tabla de clasificación

Observado			Pronosticado		
			modo observado		Porcentaje correcto
			TP	caminando	
Paso 1	modo observado	TP	10	0	100
		caminando	0	30	100
	Porcentaje global				100

a. El valor de corte es ,500

Tabla 4: Barón, Gabriela (2017). Capacidad de predicción del modelo propuesto. Elaboración propia en programa IBM SPSS.

En la tabla de clasificación (tabla 4) podemos comprobar que el modelo, incluyendo la constante y las variables expuestas, ha clasificado correctamente todos los casos observados. La tabla establece como el modelo de accesibilidad ha pronosticado el éxito, que sería caminar como modo de acceso o el fracaso, que sería elegir un medio motorizado como modo de acceso (TP=0 y Caminar = 1) cuando el punto de corte de la

probabilidad de Y se establece (por defecto) en 50%. El modelo tiene alta especificidad y sensibilidad. A continuación se presentan los resultados del ajuste del modelo propuesto.

Resumen del modelo

Paso	-2 log de la verosimilitud	R cuadrado de Cox y Snell	R cuadrado de Nagelkerke
1	,000	,675	1,000

Tabla 5: Barón, Gabriela (2017). Verificación del modelo propuesto. Elaboración propia en programa IBM SPSS.

La R cuadrado de Cox y Snell se basa en la comparación del log de la verosimilitud (LL) para el modelo respecto al log de la verosimilitud (LL) para un modelo de línea base. Sus valores oscilan entre 0 y 1. En nuestro caso es un valor relativamente alto (0,675) que indica que el 67,5% de la variación de la variable dependiente es explicada por las variables incluidas en el modelo. La R cuadrado de Nagelkerke es una versión corregida de la R cuadrado de Cox y Snell que corrige la escala del estadístico para cubrir el rango completo de 0 a 1.

Finalmente, es importante reiterar que se trata de un modelo preliminar, que requiere de una mayor cantidad de muestras para que sea representativo. El trabajo presentado todavía se encuentra en desarrollo y se espera publicar los resultados finales en breve.

Conclusiones

Las principales ciudades del mundo están atravesando un proceso de reordenamiento territorial en el cual el transporte urbano de pasajeros posee un rol fundamental. Dentro de este proceso las metodologías tradicionales de diagnóstico de la problemática resultan limitadas y puramente técnicas, al no poner al ser humano como centro del servicio de transporte público. Como parte de este proceso se intenta fomentar modos de transporte con menor impacto ambiental y mejor calidad de experiencia.

A pesar de existir esta necesidad, los modelos de análisis disponibles caen en dos tipologías principales, centrándose en el territorio y el servicio de TP, o bien en las características del individuo. Consecuentemente, los factores distancia, cobertura del servicio y situación socioeconómica del individuo son los determinantes adecuados de

accesibilidad a escala metropolitana. Sin embargo, resultan insuficientes para describir las elecciones de un tercer grupo de viajeros que tienen la posibilidad, a nivel socioeconómico y en relación a la distancia del viaje, de elegir su modo de acceso. Un grupo que se ha tornado altamente importante para los planificadores urbanos, ya que su cambio de hábitos en movilidad podría descongestionar notablemente las ciudades de vehículos particulares. Este grupo basa sus decisiones de movilidad en factores mixtos, en relación a experiencias e ideas (ya sea positivas o negativas) asociadas a los diferentes modos y a los trayectos de acceso.

El análisis de las cualidades experienciales del acceso es entonces el primer paso hacia una comprensión humana de los espacios y constituye una herramienta de diagnóstico que relaciona el territorio con las emociones. Para poder persuadir a este grupo a realizar viajes en modos públicos o no-motorizados de transporte, es necesario presentarles alternativas que no signifiquen un decrecimiento en su nivel de bienestar. El diseño a escala humana brinda un marco teórico adecuado de análisis, entendiendo la calle como espacio público por excelencia, la matriz de conexiones donde prosperan las ciudades, cuyo principal componente es la persona.

Resulta difícil comprender cómo se facilitará la necesaria transición modal a gran escala. Pero es evidente que si se desea fomentar el uso de la caminata y el ciclismo como medio de transporte, se debe volver a proyectar espacios urbanos que prioricen, protejan y faciliten este tipo de desplazamientos. Las principales enfermedades urbanas que surgen de estilos de vida sedentarios, como la obesidad, el stress crónico y las enfermedades cardiovasculares y respiratorias, se asocian directamente al uso de vehículos motorizados y se han vuelto una justificación irrefutable de que el nivel de bienestar puede aumentar discontinuando su uso. Del mismo modo, las tendencias globales de bienestar presentan los evidentes beneficios de un estilo de vida activo y sociable. Los espacios de acceso y conexión deben ser entonces escenarios urbanos placenteros, equitativos y centrados en las personas, invitando a la caminata como el modo más natural de desplazamiento.

Se espera que esta metodología facilite la caracterización y diagnóstico de accesibilidad a puntos de interés, como lo serían las estaciones de Transporte Público Urbano. Mediante un índice de accesibilidad adecuado se podrá analizar el transporte como actividad transversal a todas las actividades urbanas, mejorando las condiciones de acceso existentes y proyectando infraestructura adecuada para construcciones futuras. Este índice permitirá también evaluar los buffers de captación de diferentes medios en base al contexto de sus estaciones, identificando los problemas específicos en cada caso. La

ponderación de los diferentes factores permitirá individualizar la influencia de cada variable y tomar decisiones de infraestructura adecuadas.

A nivel epistemológico se espera que este trabajo abra camino a nuevas metodologías e interpretaciones de la problemática, promoviendo el abordaje interdisciplinario necesario para el diseño de ciudades sustentables y a escala humana.

Referencias bibliográficas

El-Geneidy, A., Grimsrud, M., Wasfi, R., Tétreault, P., & Surprenant- 43 Legault, J. (2014). *New evidence on walking distances to transit stops: Identifying redundancies and gaps 44 using variable service areas*. *Transportation*, 41(1), 193-210.

Fitzpatrick, K., Perkinson, D., & Hall, K. (1997). *Findings from a survey on bus stop design*. *Journal of Public Transportation*, 1(3), 17-27.

Gomez, L. M. (2000). *Gender Analysis of Two Components of the World Bank Transport Projects in Lima, Peru: Bikepaths and Busways*. World Bank Internal Report, World Bank, Washington, D.C.

Gutiérrez, A. (2010). *Movilidad, transporte y acceso: una renovación aplicada al ordenamiento territorial*. En: *Scripta Nova*, vol. XIV, No. 331 (86). Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona. En: www.ub.edu/geocrit/sn/sn-331/sn-331-86.html

Gutiérrez, A. (2012). *¿Qué Es La Movilidad?*. *Bitácora 21 21* (2): 61-74.

Gutiérrez, A., Rearte, J. (2010) *Movilidad y centralidad. Reflexiones entorno al debate sobre la nueva estructura urbana y el ordenamiento territorial*. CODATU XIV. Buenos Aires.

Hernández, D. (2012). *Activos y estructuras de oportunidades de movilidad. Una propuesta analítica para el estudio de la accesibilidad por transporte público, el bienestar y la equidad*. En: *EURE Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales*, vol. 38, No. 115. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.

Hintze, J. (2004). NCSS 2004. NCSS, LLC. . Kaysville, Utah, USA. Retrieved from www.ncss.com

Hook, W. (2005). *Training Course : Non-Motorised Transport*. Zusammenarbeit, Deutsche Gesellschaft fur Technische (GTZ) GmbH. Eschborn.

Hsiao, S., Lu, J., Sterling, J., & Weatherford, M. (1997). *Use of geographic information system for analysis of transit pedestrian access*. *Transportation Research Record*, 1604, 50-59.

IVM - Institute pour la ville en mouvement (2013) *Legible City, Ciudad Legible*. Obtenido de la página www.ciudadenmovimiento.org en Mayo de 2015.

Kuby, M., Barranda, A., & Upchurch., C. (2004). *Factors influencing light rail station boardings in the United States*. *Transportation Research Part A*, 38, 223-247

Lam, W., & Morrall, J. (1982). *Bus passenger walking distances and waiting times: A summer-winter comparison*. Transportation Quarterly, 36(3), 407-421.

Landis, B. W.; Vattikuti, V. R.; Brannick, M. T. (1997). *Real-Time Human Perceptions: Toward a Bicycle Level of Service*, Transportation Research Record 1578 TRB National Research Council, Washington D.C. pp 119-126

Lévy, J. (2001). *Os novos espaços da mobilidade*. En: Geographia, vol. 3, No. 6. Quito: Revista de la Organización Latinoamericana y del Caribe de Centros Históricos.

Loutzenheiser, D. (1997). *Pedestrian access to transit: Modeling of walk trips and their design and urban form determination around bay area rapid transit stations*. Transportation Research Record, 1604, 40-49.

Matzarakis, A., Rutz, F., Mayer, H., 2010. *Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model*. Int. J. Biometeorol. 54, 131–139. doi:10.1007/s00484-009-0261-0

Ministerio de Transporte de la Provincia de Mendoza (2015). *Plan integral de movilidad gran Mendoza , 2030 informe n° 2: Diagnóstico del área de estudio*. Banco Latinoamericano de Desarrollo. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.

O'Neill, W., Ramsey, D., & Chou, J. (1992). *Analysis of transit service areas using geographic information systems*. Transportation Research Record, 1364, 131-139

Orfeuill, J. P. (dir.) (2004). *Transports, pauvretés, exclusions. Pouvoir bouger pour s'en sortir*. Paris: éditions de L'Aube.

O'Sullivan, S., Morrall, J. (1996). Walking distance to and from light-rail transit stations. Transportation Research Record, 1538, 19-26.

Papanek, V. (1983). *Design for Human Scale*, New York, Van Nostrand Reinhold. ISBN 0-442-27616-8.

Pucher, J., Buehler, R. (2008) *Making Cycling Irresistible : Lessons from Making Cycling Irresistible*, 28(4)

Pulíafito, S.E., Castro, D., Allende, D. (2012): *Transporte y calidad del aire en Mendoza. INFORME N° 2: Modelos de calidad del aire*, Centro de Estudios para el Desarrollo Sustentable, Facultad Regional Mendoza, Universidad Tecnológica Nacional, www.frm.utn.edu.ar/ceds

Schlossberg, M., Agrawal, A., Irvin, K., & Bekkouche, V. (2007). *How far, by which route, and why? A spatial analysis of pedestrian preference*. MTI Report 06-06. San José, CA: Mineta Transportation Institute & College of Business, San José State University.

Shakespeare, Ronald (2014). *Haciendo La Ciudad Legible*. Instituto para la ciudad en movimiento. Buenos Aires. Disponible en <http://ciudadenumovimiento.org> . Consultado en Junio de 2016.

Thompson, S. R., Monsere, C. M., Figliozzi, M., Koonce, P., & Obery, G. (2013). *Bicycle-Specific Traffic Signals*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2387(-1), 1–9. doi:10.3141/2387-01

US Federal Highway Administration (1998). *The Bicycle Compatibility Index : A Level of Service Concept, Implementation Manual*.

Valenzuela-Montes, L., Talevera-García, R. (2015). *Entornos de Movilidad Peatonal : Una Revisión de Enfoques , Factores Y Condicionantes*. EURE. Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Regionales 41 (123): 5–27. doi:10.4067/S0250-71612015000300001.

Wardman, M. (1998) *The Value of Travel Time: A Review of British Evidence (1998) Journal of Transport Economics and Policy* Vol. 32, No. 3, pp. 285-316. Published by [University of Bath](http://www.jstor.org/stable/20053775) URL: <http://www.jstor.org/stable/20053775>

Wibowo, S. S., & Olszewski, P. (2005). *Modeling walking accessibility to public transport terminals : case study of singapore mass rapid transit*, 6, 147–156.

World Bank. (2002). *Cities on the move*. A World Bank Urban Transport Strategy Review. Washington, D.C.

Zhao, F., Chow, L., Li, M., Ubaka, I., & Gan, A. (2003). *Forecasting transit walk accessibility: Regression model alternative to buffer*. Transportation Research Record, 1835, 34-41