

## Evaluación de entornos peatonales en estaciones BRT

### Pedestrian environments evaluation around BRT stations

### Avaliação de ambientes de pedestres em estações de BRT

**Israel Gutiérrez-Alonso**

Universidad Autónoma del Estado de México, México

[igutierrez@uaemex.mx](mailto:igutierrez@uaemex.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-6364-4589>

#### RESUMEN

En toda ciudad la movilidad peatonal debería de fomentarse como opción de desplazamiento a escala local, pero esto no siempre es así. La administración pública destina una gran cantidad de recursos a la construcción de infraestructura para el transporte público masivo, con ese afán de modernidad que en poco o nada toma en consideración al peatón, que finalmente es el usuario al que se le dedica. El objetivo de la investigación fue evaluar la movilidad peatonal como medio del acceso al transporte público, con base en el entorno urbano construido, a partir de las variables de accesibilidad, seguridad, confort y atracción de desplazamientos en las estaciones y terminales del Corredor BRT Chimalhuacán–Nezahualcóyotl–Pantitlán. El análisis se realizó a las calles circundantes de las 28 estaciones y dos terminales del Corredor BRT en un radio de 100 m. En el estudio, de tipo correlacional se establecieron umbrales cuantitativos de análisis espacial para determinar cinco niveles de calidad peatonal, y de esta manera clasificar los entornos urbanos construidos de acuerdo al nivel de accesibilidad peatonal que permiten. Los resultados indican mínima planeación peatonal de los entornos urbanos construidos próximos al transporte público, lo que genera condiciones de inseguridad en los desplazamientos, accidentes viales, abandono del espacio público y una imagen urbana deteriorada. Se identificó la necesidad de contemplar en el diseño de este tipo de transporte público masivo las zonas de aproximación peatonal, toda vez que es estratégico su consideración para el éxito de su funcionamiento.

#### ABSTRACT

Pedestrian mobility should be promoted as a local displacement option in every city, but this is not always the case. Typically, public administration allocates a large amount of resources to build massive public transportation system infrastructure that does not take into account pedestrian mobility. This research seeks to evaluate pedestrian mobility as a means of access to public transport, based on the built urban environment, from accessibility variables, safety, comfort, and attraction of displacements in stations and terminals of Corredor BRT Chimalhuacán–Nezahualcóyotl–Pantitlán. An analysis was realized of the surrounding streets of the 28 stations and two terminals of the Corredor BRT within a radius of 100 m. In the correlational study, quantitative spatial analysis thresholds were established to determine five levels of pedestrian quality, and thus classify built urban environments according to the level of pedestrian accessibility allow. The results indicate minimal pedestrian planning of built urban environments close to public transport, which generates conditions of insecurity in travel, vials accidents, public space abandonment, and urban image deterioration. This research identifies a need to consider the pedestrian approach zones in the design of this type of mass public transport since its consideration is strategic for the success of its operation.

Recibido: 31/01/2023 - Aceptado: 30/05/2023 - Publicado: 07/12/2023

#### Citar como:

Gutiérrez-Alonso, I. (2023). Evaluación de entornos peatonales en estaciones BRT. *Espiral, revista de geografías y ciencias sociales*, 5(9), 5-23. <https://doi.org/10.15381/espiral.v5i9.24671>

© Los autores. Este artículo es publicado por Espiral, revista de geografías y ciencias sociales de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original.

## RESUMO

A mobilidade pedestre deveria ser promovida como opção de deslocamento local em todas as cidades, mas nem sempre é assim. Normalmente, a administração pública aloca uma grande quantidade de recursos para construir uma infraestrutura massiva do sistema de transporte público que não leva em conta a mobilidade do pedestre. Esta pesquisa busca avaliar a mobilidade de pedestres como meio de acesso ao transporte público, com base no ambiente urbano construído, a partir das variáveis de acessibilidade, segurança, conforto e atração de deslocamentos nas estações e terminais do Corredor BRT Chimalhuacán–Nezahualcóyotl–Pantitlán. Foi realizada uma análise das ruas do entorno das 28 estações e dois terminais do Corredor BRT em um raio de 100 m. No estudo correlacional, limites de análise espacial quantitativa foram estabelecidos para determinar cinco níveis de qualidade do pedestre e, assim, classificar ambientes urbanos construídos de acordo com o nível de acessibilidade de pedestres permitido. Os resultados indicam um planejamento pedonal mínimo de ambientes urbanos construídos próximos ao transporte público, o que gera condições de insegurança nas viagens, acidentes com viadutos, abandono do espaço público e deterioração da imagem urbana. Esta investigação identifica a necessidade de considerar as zonas de aproximação pedonal na concepção deste tipo de transporte público de massa uma vez que a sua consideração é estratégica para o sucesso da sua operação.

**PALABRAS CLAVES:** Movilidad peatonal; entorno urbano construido; análisis espacial.

**KEYWORDS:** Pedestrian mobility; built urban environment; spatial analysis.

**PALAVRAS- CHAVE:** Mobilidade pedestre; ambiente urbano construído; análise espacial.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el tema de la movilidad urbana ha adquirido una destacada relevancia debido principalmente a la importancia de los desplazamientos eficientes en tiempo y distancia, aunado a la protección del medioambiente (Herce, 2009). Esta situación es más clara en los planes urbanísticos, de ordenamiento territorial, planificación de infraestructura, entre otros, donde uno de los ejes primordiales de la estructuración es la movilidad urbana.

Está comprobada que la movilidad basada en el vehículo particular y en un sistema de transporte público desordenado, centralizado y congestionado, no es la solución para la movilidad urbana (Quiroz, 2015). Debido a esto, es necesario implementar alguno de los tipos de movilidad urbana no motorizada, que para el presente artículo es la movilidad peatonal, mediante la cual se pueda acceder a los diferentes medios de transporte público urbano, sin la generación de externalidades negativas.

En el tema de la movilidad, la administración pública ha centrado su atención en la creación de infraestructura como motor de desarrollo local, regional y nacional, mediante la extensión de las vías de comunicación y con ello, el aumento de la complejidad sobre todo la destinada a los vehículos motorizados. La contradicción es que con el aumento de las redes de transporte ha crecido la ciudad dispersa y ello ha provocado que la población destine más tiempo en sus traslados de origen a destino, así como el gasto que representa para cada familia (Gutiérrez, 2019), esta situación se hace insostenible en términos urbanos y ecológicos, por el alto consumo de energía, contaminación y ocupación de territorio.

El resultado del crecimiento de las ciudades ha provocado la fragmentación de las mismas debido a la creación de nuevos proyectos de escala regional –nuevos desarrollos de movilidad urbana–, que en su mayoría presentan una pérdida generalizada de la escala local o barrial, lo que ha generado es una reducción en la accesibilidad peatonal a infraestructura de transporte y por lo tanto la pérdida de intercambios sociales y económicos de escala local (Esquivel, Hernández, & Garnica, 2013); aún no se visualiza a la movilidad peatonal como un verdadero medio de desplazamiento urbano.

En este sentido, el presente estudio busca visibilizar las condiciones del entorno urbano que la población vive al momento de acceder peatonalmente a un medio de transporte público masivo, que poco o nada han sido consideradas como parte de los proyectos actuales de infraestructura de movilidad en México y en los que el entorno construido circundante a estaciones o terminales de transporte público masivo no es atendido y en cambio es visualizado como parte de la estructura urbana ajena a los proyectos implementados; así mismo, la investigación busca contribuir con los temas de la Agenda 2030, misma que incluye los Objetivos de Desarrollo Sostenible –ODS–, en específico al ODS 11 “Ciudades y Comunidades Sostenibles” y en particular con la Meta 11.2 “[...] proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad.” (Naciones Unidas, 2018, p. 51).

Los resultados de la investigación pueden servir de referencia para la toma de decisiones, en cuanto al otorgamiento de facilidades de desplazamientos a peatones en futuros proyectos de transporte público masivo o en su caso, la corrección en su implementación para un adecuado funcionamiento enfocado a los peatones.

El objetivo es evaluar la movilidad peatonal como medio de acceso al transporte público, con base en el entorno urbano construido, a partir de las variables de accesibilidad, seguridad, confort y atracción de desplazamientos en las estaciones y terminales del Corredor BRT Chimalhuacán-Nezahualcóyotl-Pantitlán.

### **Componentes determinantes de entornos peatonales**

Toda área urbana municipal debería de fomentar un equilibrio entre los modos de desplazamiento, para ofrecer a la población la posibilidad de acceder a los bienes y servicios que proporciona la ciudad y de esta manera favorecer el derecho a la movilidad. Esta condición del deber ser no es muy común, cada día son más las ciudades cuyo crecimiento se da de forma dispersa, desordenada y desconectada con las áreas urbanas consolidadas, esto ha provocado que los habitantes tengan que realizar traslados en diversos modos de movilidad, con el consumo recursos económicos, tiempo, contaminación, etc.

En lo concerniente a los desplazamientos peatonales, el peatón ocupa un lugar destacado ya que representa el modo de transporte más básico y por lo tanto es el que mantiene una correspondencia intensa con las actividades urbanas, de esta manera conforma los entornos peatonales.

El entorno peatonal toma relevancia en los desplazamientos del transeúnte, ya que la existencia o carencia de ciertos elementos en el espacio público –calles–, así como las características del entorno edificado pueden disuadir o propiciar la movilidad peatonal. En este sentido la concepción del término entorno peatonal está definido de acuerdo a una preponderancia de desplazamientos a pie, con base en los elementos que facilitan la movilidad peatonal (Zacharias, 2001). La movilidad peatonal cuenta con diversas perspectivas de análisis, en este sentido se encuentra el enfoque peatón-transporte; peatón-ambiente y mixto.

Enfoque peatón-transporte, desde este enfoque es vista la caminata como un medio de transporte que enlaza el origen con el destino, considerando las características físicas del viaje, del entorno, la distancia de los desplazamientos y la clasificación de usos de suelo (Valenzuela & Talavera, 2015).

Enfoque peatón-ambiente, bajo este enfoque lo importante es la experiencia del viaje y las expectativas en materia de movilidad (Pérez, 2014). Así mismo las características

cuantitativas –objetivas– y cualitativas –subjetivas– del ambiente urbano son tomadas en cuenta, entre ellas están cantidad de árboles, seguridad, limpieza, cantidad de desplazamientos, entre otras.

Enfoque mixto, es la combinación de los dos enfoques anteriores para poder determinar y analizar los desplazamientos peatonales desde un enfoque transversal, con el objetivo de crear metodologías mixtas de análisis (Valenzuela & Talavera, 2015), ya que se debe de tomar en cuenta los elementos más relevantes al momento de solucionar el tema de movilidad peatonal.

De esta manera los entornos de movilidad son la unidad espacial operativa de la evaluación de la movilidad y su planeación, a partir del análisis de los elementos de la estructura urbana y el patrón de desplazamiento, que aportan información sobre los aspectos de la movilidad: urbana, ambiental, socioeconómica y modal (Soria, 2011). Estos elementos se enfocan al uso de unidades espaciales que enlazan componentes de la estructura urbana y el patrón de desplazamiento (Talavera, Soria, & Valenzuela, 2014) para crear la base de planeación de los desplazamientos peatonal en entornos de estaciones BRT.

En términos de entornos de movilidad como son las estaciones de BRT, es necesario el análisis de la relación de las características urbanas a microescala y el uso de la sección de calle. Las características incluyen el ancho de la banqueta, el tráfico vehicular, el tamaño de las cuadras, señalización del cruce de calle –semáforos y pasos peatonales–, entre otros (Rodríguez, Brisson, & Estupiñán, 2009), con el objetivo de encontrar la relación entre los desplazamientos peatonales y el sistema de autobús BRT. Otros estudios que hablan sobre los viajes peatonales al transporte público, por ejemplo el realizado por medio de encuestas a los usuarios de cinco estaciones de transporte ferroviario en California y Oregón (Olszewski & Wibowo, 2005), se encontró que las personas están dispuestas a caminar hasta media milla para llegar a la estación de tren en alguna ruta que minimice la distancia a dicho punto, otro factor es la ruta más segura; pero en cambio los factores estéticos del entorno rara vez son tomados en cuenta. Estas investigaciones denotan la importancia de analizar los entornos urbanos desde la perspectiva del peatón.

Con base en lo anterior, los entornos peatonales se refieren a la evaluación de la interacción entre el peatón y el entorno, la que se refleja en el grado de transitabilidad del medio construido (Forsyth, Michael, Lee, & Schmitz, 2009). De esta manera se puede entender el concepto, como el nivel de adaptación del medio a los desplazamientos peatonales y esto se puede medir a través de factores cuantitativos y cualitativos (Adkins, Dill, Luhr, & Neal, 2012)

En este sentido, la valoración de los entornos peatonales se compone de diversos factores que el peatón toma en consideración al momento de decidir su ruta de desplazamiento, estos factores pueden ser tan objetivos como el ancho de la banqueta, la cantidad de árboles o el tipo de actividad comercial y tan subjetivos como la percepción de seguridad o la calidad estética del entorno –arquitectónico y ambiental– (Gehl, 1971).

#### *Condicionantes de entornos peatonales*

Existen diversos modos y condicionantes que definen los entornos peatonales sobre todo para sitios en específico perfectamente localizables, sobre todo para conocer qué condiciones propician o desincentivan la movilidad peatonal, entre ellos están la seguridad, conveniencia, continuidad, confort y atractivo, son elementos que se acercan a la subjetividad del análisis (Fruin, 1971); banquetas, topografía plana, tamaño de calles, establecimientos de comercio y servicios, ambiente natural confortable y contacto directo con expresiones culturales (Bradshaw, 1993) los cuales están enfocados en valores cuantificables que implica objetividad en sus resultados;

accesibilidad, confort, seguridad y atractivo (Alfonzo, 2005) a pesar de ser conceptos cualitativos se pueden descomponer en factores medibles y contables; cantidad de árboles, banquetas, pendiente, seguridad, comercio, usos de suelo y conectividad (Fontán, 2012) estas condicionantes resultan ser objetivas y medibles para una valoración del grado de accesibilidad peatonal.

Con base en las condicionantes antes descritas, se tomará como directriz para realizar el análisis de los entornos peatonales en estaciones de transporte BRT, lo que Alfonso (2005) basándose en la teoría de motivación (Maslow, 1954), agrupa en cuatro apartados: accesibilidad, seguridad, confort y atractivo, toda vez que estos factores inciden directamente en la toma de decisiones para definir rutas de aproximación a estaciones de transporte público, así mismo, dichos apartados pueden ser medibles y cuantificables para obtener datos valorables y definitorios de la calidad de los entornos peatonales en estaciones de transporte público.

La accesibilidad cuenta con diversos factores que la componen desde el criterio de la distancia como factor clásico para la planificación del transporte público, hasta elementos específicos como la existencia de infraestructura peatonal –banqueta o acera– y sus características, como es la pendiente, su ancho, los materiales de elaboración y su mantenimiento. Otro factor es la velocidad de desplazamiento, que depende directamente de elementos físicos que conforman las banquetas, así como las características del peatón –edad y sexo–. En muestras de población con una proporción equivalente al 20 % de peatones mayores de 65 años la velocidad de desplazamiento ronda los 4,3 km/h; y en cambio cuando la proporción es superior al 20 % de adultos mayores de 65 años, la velocidad se reduce a 3,6 km/h (Alcaldía Santa Fe de Bogotá, 2005); esto indica, que son diversos los factores que determinen la accesibilidad y la importancia de obtener datos cuantificables para el análisis de las variables.

Con respecto a la seguridad en los desplazamientos peatonales, está relacionada directamente con el tráfico vehicular (Giles & Donovan, 2003). En este mismo sentido existen otros factores relacionados directamente con la sensación de seguridad, como es la velocidad permisible de vehículos motorizados (Krambeck, 2006). Con el objetivo de minimizar la fricción entre los desplazamientos peatonales y los motorizados se han contemplado diversas acciones en la planificación urbana, entre ellas están la reducción de la velocidad vehicular, creación de barreras o espacio entre los modos de desplazamiento como son los cajones de estacionamiento en calle, la planificación del número de carriles vehiculares y la existencia o no de doble sentido de circulación, ancho de cruce de la calle, entre otros (Bezerra & Taipa, 2004). Todas estas características potencializan o disminuyen el uso de la calle y la diversidad de funciones que en ella se puede dar con repercusión en la calidad del entorno peatonal.

El confort visto desde la movilidad peatonal es uno de los aspectos que puede ser atendido desde varias ópticas por la diversidad de condicionantes que lo pueden definir. En este sentido Bradshaw (1993) manifiesta que el confort se da a partir de acoplar ciertas condicionantes del ambiente natural como es: viento, lluvia, asoleamiento, sin ruido excesivo y aire limpio. Por otra parte, en el Índice de Caminabilidad Global (Krambeck, 2006) indica que la limpieza del espacio y su atractivo –arbolado y mantenimiento– incide en la percepción de confort. Como se puede observar, las variables climáticas (Nikolopoulou & Lykoudis, 2006) como el asoleamiento, viento y ruido pueden ser contenidas y reguladas por medio del uso del arbolado en calle (Esquivel, Hernández, & Garnica, 2013), de esta manera se crea una sensación de protección de los agentes climáticos, conduce los desplazamientos peatonales y genera la impresión de resguardo (Gutiérrez-López, Caballero-Pérez, & Escamilla-Triana, 2019). Con respecto a los valores estéticos, la presencia de arbolado en las calles le imprime un carácter especial de belleza y tranquilidad al recorrer su sendero (Jacobs, 1993). Otros de los factores condicionantes del confort

es el ruido y la contaminación, estos suceden básicamente a partir de la demanda de uso de la calle por vehículos motorizados, lo que repercute en estrés al peatón (Bradshaw, 1993).

La atracción se refiere al grado de interés que representa ciertas zonas o calles de las ciudades, estas comúnmente están definidas por la cantidad y diversidad de establecimientos comerciales y la oferta cultural (Yin, 2013). En este apartado la velocidad de desplazamiento de la movilidad peatonal resulta relevante, ya que las personas que van a pie tienen la posibilidad de interactuar directa e intensamente con el comercio local y las actividades culturales (Trunfio, Fancello, Cecchini, Congiu, & Blečić, 2015). De esta manera la actividad comercial cercana al transporte público ayuda en la conformación de rutas de desplazamiento, que como destino final pueden tener las estaciones de transporte o las mismas unidades económicas; así mismo estos lugares se pueden conformar como sitios de interacción de la vida pública de los ciudadanos (Gehl, 1971). Con la afluencia de peatones que necesariamente acuden a las estaciones de transporte público, el diseño del entorno construido y la actividad comercial, consolidan las fuerzas de aglomeración comercial donde las condiciones y externalidades son positivas para su desarrollo (Flores, 1957). De esta manera, las calles netamente comerciales con diversificación de su oferta se conforman como polos de atracción para los desplazamientos peatonales.

Con base en los cuatro apartados ya descritos, resulta evidente la necesidad de precisar la metodología de análisis para medir la eficiencia del diseño urbano en entornos de movilidad peatonal, la cual atiende los factores que inciden en la percepción de los peatones y los elementos de diseño urbano usados por los planificadores, con el objetivo de visualizar las características del diseño urbano que propicien entornos de movilidad peatonal accesibles, seguros, confortables y atractivos de desplazamientos. Estas cualidades son analizadas y valoradas en términos de indicadores que posibilitan su medición a través de datos físicos medibles del entorno construido.

La meta es determinar un conjunto de indicadores que sean factibles de su análisis, con la directriz de medir de forma objetiva las diferentes características del entorno urbano, que inciden directamente en la movilidad peatonal como medio de acceso a estaciones de transporte público.

### **Método de categorización de entornos peatonales en estaciones BRT**

El objetivo del método es medir las características físicas de un entorno determinado –área de aproximación a las estaciones de transporte público BRT– con la meta de evaluar la factibilidad para el desarrollo de la movilidad peatonal. En este sentido es preciso aclarar, que la determinación de los indicadores establece de forma clara valores propicios para el fomento de la movilidad a pie, así mismo los indicadores fueron puestos a prueba en la medición de entornos peatonales en estaciones de transporte público BRT.

#### *Indicadores de entornos peatonales*

La elección de los indicadores fue a partir de aquellos capaces de cuantificar las características físicas del diseño urbano en entornos de movilidad, que condicionan los desplazamientos peatonales en las vías de acceso al transporte público. Los indicadores fueron planteados con base en los apartados anteriores de accesibilidad, seguridad, confort y atractivo. Por la amplia variedad de elementos a considerar para cada uno de los apartados anteriores, se consideró que los indicadores deberán de ser representativos y con una factible medición (Litman, 2012). La representatividad del indicador va dirigida a evitar el sesgo en los resultados, así como reducir el número de posibles indicadores sin que el análisis del diseño urbano pierda validez

(Schuschny & Soto, 2009). La facilidad de ejecución con respecto a los datos que deberán de tomarse en cuenta para realizar el análisis, así como para la obtención de estos ya sea por informes gubernamentales, metadatos o análisis de campo.

A continuación, se explican los indicadores de cada uno de los apartados de análisis y que responden a las características de representatividad y factibilidad de medición. La accesibilidad será evaluada a partir del indicador de sección peatonal, por ser la banqueta el elemento primigenio de desplazamiento del peatón, es así que las dimensiones físicas como el ancho de la sección transversal resultan definitorio al momento de permitir o no la movilidad peatonal, toda vez que su anchura proporcionara información sobre la permisibilidad de los flujos peatonales, así mismo puede evitar posibles accidentes al bajar de la banqueta por la insuficiencia de espacio de circulación. Se reconoce que existen otras características que pudieran ser analizadas en las banquetas como la fluidez, grado de mantenimiento, obstáculos y continuidad, pero para fines de la presente investigación y atendiendo el objetivo de representatividad, no serán revisadas.

En el apartado de seguridad se estableció dos indicadores, el primero está enfocado en la fricción modal, la cual está determinada por la velocidad máxima permisible de circulación motorizada y el número de carriles de circulación; ya que, a mayor velocidad y mayor cantidad de carriles, mayor la sensación de inseguridad al aumentar la posibilidad de algún accidente vial (Landis, Vattikuti, Ottenberg, Mcleod, & Guttenplan, 2001). El segundo indicador es el estacionamiento en calle y el sentido de circulación, la existencia de cajones de estacionamiento en calle constituye la presencia de una barrera que separa al peatón del arroyo vehicular generando una sensación de protección, por otra parte, la posibilidad de que el flujo vehicular sea en un sentido o en dos, ocasiona que el peatón tenga que aumentar su atención al momento del cruce de calle.

Con respecto al confort, por ser un apartado con diversidad de condicionantes a satisfacer por medio del diseño urbano, se determinó que solo los más relevantes en cuanto a posibilitar los desplazamientos peatonales serán analizados, esto son arbolado -densidad-, ruido -decibeles dBA- (Fruin, 1971) y asoleamiento -relación entre el ancho de calle y la altura de las edificaciones- (Bradshaw, 1993). Los indicadores anteriores muestran una clara independencia entre ellos, ya que obedece su implementación o no a factores tan diversos como el clima, la reglamentación vial y hasta el nivel económico de la ciudad. En el caso del indicador de arbolado su existencia implica la conformación de otros factores tanto cuantitativos como la creación de sombra, regulación de la temperatura y humedad, y otros cualitativos como es el embellecimiento de las calles con la renaturalización urbana, serenidad y resguardo a los peatones (Jacobs, 1993). Con respecto al ruido -decibeles- este es resultado principalmente de los altos niveles de circulación de vehículos motorizados, los cuales elevan los niveles de ruido (Bradshaw, 1993) y contaminación atmosférica que repercuten en los peatones elevando los niveles de estrés (Gutiérrez-López, Caballero-Pérez, & Escamilla-Triana, 2019). En relación con el indicador de asoleamiento, definido a partir de la relación entre el ancho de la calle y la altura de las edificaciones; las características inherentes al indicador refieren cuestiones económicas del entorno construido -niveles de construcción-, así mismo tiene relación con la seguridad de cruce de calle, generación de una sensación de resguardo y protección, factores que denotan percepciones psicológicas y físicas (Jacobs, 1993) que suceden en los desplazamientos peatonales.

El apartado de atractivo o atrayente, este se refiere a la densidad y diversidad de comercios existentes en los entornos peatonales, finalmente es resultado de la complejidad comercial producto de la calidad en el diseño urbano, en ella se pueden ubicar negocios que ofrecen servicios -restaurantes, mensajería, telefonía,

etc.- o productos -ropa, alimentos, medicamentos, etc.- De esta manera estos sitios funcionan en muchos casos como destinos de los desplazamientos o como en la presente investigación, esta situación se toma como una condicionante para elegir la ruta de desplazamiento peatonal para acceder a las estaciones de transporte público BRT (Yin, 2013).

A continuación, se explica los elementos específicos de medición a partir de cada uno de los indicadores –tabla 1-. Sección peatonal, se refiere a la anchura de la plataforma peatonal en metros; fricción modal, está determinada a partir de los niveles máximos de velocidad permitidos para vehículos motorizados y la cantidad de carriles de circulación; estacionamiento en calle y sentido de circulación, en este indicador se medirá la existencia o no de cajones de estacionamiento en la calle en uno o ambos lados de la misma, así mismo la existencia de uno o dos sentidos de circulación; en densidad de arbolado se cuantifica el número de árboles existente por hectárea; en el indicador de ruido, la unidad de medida son los decibelios (dB) que es una unidad de presión acústica por unidad de área, esto indica que cada vez que la fuente de sonido se aleja pierde intensidad en una relación de seis dB por cada metro; el sufijo –A- de dBA es porque para la medición se utilizó un filtro de ponderación para el oído humano, que solo capta frecuencias entre 20 y 20.000 Hz a una distancia de 50 centímetros (Losas, Pardo, Mulet, & Silva, 2009). Con respecto al asoleamiento, se refiere a la relación existente entre el ancho de la calle y la altura de las edificaciones existente; para la densidad comercial, se estableció como unidad de medida el número de comercios por cada hectárea, sin la diferenciación entre comercios que ofrecen productos o servicios.

**Tabla 1**  
*Características específicas de los indicadores seleccionados*

| Apartado      | Indicador   | Elemento de calculo  |
|---------------|---|--|
| Accesibilidad | Sección peatonal                                  | Longitud de la sección (m)   |
| Seguridad     | Fricción modal                                    | Velocidad máxima (km/h) y número de carriles                         |
|               | Estacionamiento en calle y sentido de circulación | Cajones de estacionamiento en calle y sentido de circulación.        |
| Confort       | Densidad de arbolado                              | Número de árboles por hectárea (Arb/ha)                              |
|               | Ruido. (dBA)                                      | Número de decibeles (dBA)  |
|               | Asoleamiento                                      | Relación entre anchura de calle y altura de edificaciones (Anch/Alt) |
| Atractivo     | Densidad comercial                                | Número de comercios por hectárea (Com/ha)                            |

Fuente: Elaboración propia con base en Manchón et al. (1995); Prinz (1986); Sanz (2008); Sanz (2008); Gutiérrez (2019); Manchón et al. (1995); EEA (2010); Alitoudert y Mayer(2006); Bentley (1999); Jacobs (1993); Pozueta et al. (2009) y Talavera et al (2014).

La sistematización de las mediciones tiene por objetivo establecer umbrales clasificables de las mediciones toda vez que es necesario para poder clasificar los entornos de movilidad con base en datos cuantificables del sitio y a partir de ello, poder catalogar las diversas zonas o calles de aproximación a las estaciones de transporte público BRT.

Los siete indicadores anteriormente descritos conformaron cinco niveles de calidad peatonal, estos niveles están determinados por rangos cuantificables de los indicadores, los parámetros de valoración fueron establecidos a partir de las referencias especializadas (Talavera-Garcia, Soria-Lara, & Valenzuela-Montes, 2014).

**Tabla 2**  
Sistematización de los umbrales de calidad peatonal.

| Nivel de calidad peatonal | Sección Peatonal (m) | Fricción modal (km/h y carriles) | Estacionamiento en calle y sentido de circulación (cajones y sentido de calle) | Densidad de arbolado (arb/ha) | Ruido (dBA) | Asoleamiento (ancho/altura) | Complejidad comercial (comer/ha) |
|---------------------------|----------------------|----------------------------------|--|-------------------------------|-------------|-----------------------------|----------------------------------|
|                           | (1)                  | (2)                              | (3)  | (4)                           | (5)         | (6)                         | (7)                              |
| I                         | >3                   | Peatonal                         | 2 y 1*   | >100                          | < 60        | 1:2 – 1:3                   | ≥64                              |
| II                        | 1,8-3                | 20-30 km/h                       | 1 y 1  | 25-100                        | 60-65       | 3:2 – 1:2                   | 40-64                            |
| III                       | 1,2-1,8              | 50 km/h y 1                      | 0 y 1  | 10-25                         | 65-70       | 3:2 – 3:1                   | 25-40                            |
| IV                        | 0,9-1,2              | 50 km/h y 2                      | 1 - 2  | 6-10                          | 70-75       | >3:1                        | 9-25                             |
| V                         | <0,9                 | 50 km/h ≥ 3                      | 0 – 2  | <6                            | >75         | >4:1                        | <9                               |

\* Este parámetro es medido en las calles periféricas a la estación de transporte público BRT.

Los valores presentados corresponden a la interpretación de la información obtenida en las siguientes referencias:

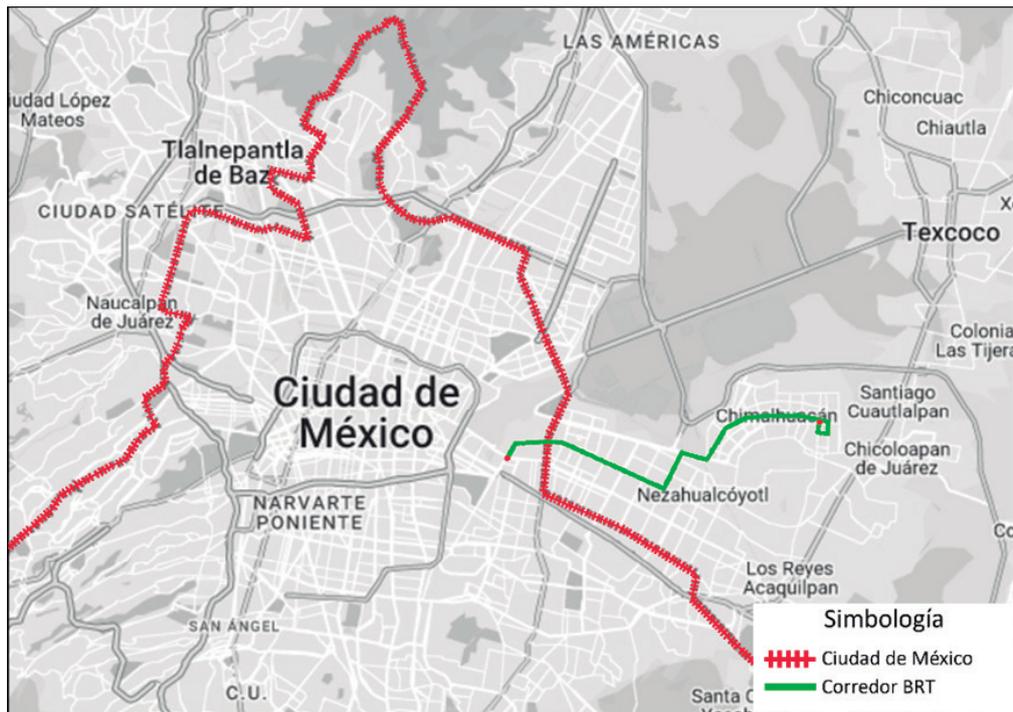
1. Manchón et al. (1995); Prinz (1986); Sanz (2008).
2. Sanz (2008).
3. Gutiérrez (2019).
4. Manchón et al. (1995).
5. EEA (2010).
6. Alitoudert y Mayer(2006); Bentley (1999); Jacobs (1993); Pozueta et al. (2009).
7. Talavera et al (2014).

Fuente: Elaboración propia a partir de las referencias citadas

### Definición del caso de estudio. Corredor BRT Chimalhuacán – Nezahualcóyotl – Pantitlán

Se determinó aplicar el análisis al Corredor BRT Chimalhuacán – Nezahualcóyotl – Pantitlán, localizado al oriente de la Zona Metropolitana del Valle de México ZMVM, conformado por los municipios de Chimalhuacán, Nezahualcóyotl y La Paz perteneciente al Estado de México –ver figura 1–.

**Figura 1.**  
Localización del Corredor BRT con respecto a la Ciudad de México



Fuente: Elaboración propia.

El Corredor, tiene una longitud aproximada de 14,75 km, con un total de 28 estaciones y dos terminales, inicia en la Terminal Multimodal de Pantitlán –Ciudad de México–, pasa por el municipio de Nezahualcóyotl y culmina en la Terminal Mexibús Chimalhuacán del municipio de Chimalhuacán –ver figura 2–.

**Figura 2.**  
Corredor BRT Chimalhuacán – Nezahualcóyotl – Pantitlán



Fuente: Elaboración propia, con base en Gobierno del Estado de México (2011).

El proceso de crecimiento acelerado del oriente de la ZMVM ha generado diferentes problemáticas tanto en cuestiones de planificación territorial, crecimiento económico, contaminación; así como en la planeación del transporte público. Entre las principales problemática que presenta la zona de estudios están: el transporte público inseguro e ineficiente debido a la sobre oferta de vehículos de transporte y su capacidad –combis, microbuses y autobuses–; desorden y congestionamiento vial; falta de certidumbre en el tiempo de traslado en transporte público; externalidades negativas con la emisión de contaminantes –ruido y polución– y accidentes viales por la falta de mantenimiento de las unidades, carencia de capacitación del chofer y el no respeto de los límites de velocidad permitidos (Gobierno del Estado de México, 2011).

Ante las problemáticas descritas, los gobiernos de la Ciudad de México y del Estado de México, desarrollaron el Corredor BRT Chimalhuacán – Nezahualcóyotl – Pantitlán con los siguientes objetivos: ofrecer un servicio de transporte público masivo, seguro, competitivo y eficiente, con una capacidad de atención de 265.000 pasajeros/día; reducir los tiempos de traslado de la población; estructurar un sistema integral de transporte público que uniera a la Ciudad de México con el oriente del Estado de México; reducir el congestionamiento vial en la zona de estudio y aminorar la contaminación ambiental (Gobierno del Estado de México, 2011).

Las instancias de gobierno estatal y municipal buscaron mejorar la calidad de vida de las personas del oriente del Estado de México, con la implementación del Corredor BRT con un enfoque netamente de transporte, con la idea de generar una mayor demanda de pasajeros, reducción en el tiempo de viaje y un mayor ordenamiento del transporte público, en resumen, se buscó facilitar los recorridos entre la Ciudad de México y el Estado de México –municipios de Nezahualcóyotl y Chimalhuacán–.

Con base en esta situación, se determinó analizar los entornos peatonales de las 28 estaciones y dos terminales del Corredor BRT, con el objetivo de conocer e identificar

la situación peatonal que predomina en los entornos urbanos en los cuales se localiza las estaciones y terminales del transporte público. Este tipo de análisis busca ser una herramienta en la toma de decisiones y visibilizar el entorno urbano que guarda este modelo de transporte público.

Los parámetros de análisis de los entornos de movilidad son los presentados en la tabla 2, de esta manera se categorizaron los diferentes espacios de conectividad entre el transporte público y los usuarios, y de acuerdo con estos, se clasificaron los entornos por nivel de calidad peatonal. La zona de análisis se estableció en un radio de 100 m a partir de las estaciones y terminales de transporte, con el objetivo de analizar la zona en la cual los usuarios del Corredor BRT se aproximan a las diferentes estaciones o terminales, toda vez que es el espacio en el cual descienden de algún otro transporte que los acerca al BRT o toman otro transporte al salir del BRT –mototaxis, combis, o microbuses–; así mismo es la distancia promedio en la cual los comercios establecidos se localizan y dan servicio u ofrecen productos a los usuarios del Corredor BRT.

### **Resultados de la evaluación de entornos peatonales en estaciones BRT**

Conforme al análisis de la variación horaria de la demanda de usuarios de acuerdo al volumen de pasajeros por hora para cada sentido de la circulación se encontró, que el comportamiento de los desplazamientos es pendular, el mayor flujo de pasajeros va de oriente a poniente en la mañana –del Estado de México a Ciudad de México– y regresa de poniente a oriente por la tarde (Gobierno del Estado de México, 2011); esta situación se da debido a que la Ciudad de México es el gran centro económico, educativo y de servicios del país y por lo tanto, funciona como un polo de atracción de la población. De acuerdo con los flujos de desplazamiento, por la mañana los picos de mayor demanda son más pronunciados con un horario que va de las 6:30 h a las 8:30 h, este periodo responde principalmente a los horarios de estrada laboral y académica, y en cambio por las tardes, la demanda se distribuye a lo largo de un número mayor de horas, toda vez que los horarios de salida laboral son variables, así como los educativos.

De acuerdo a los parámetros establecidos anteriormente para evaluar las condiciones de los entornos de movilidad mediante los cuales los peatones acceden a las estaciones y terminales del Corredor BRT y con fines prácticos y de representatividad, se presentan solo los análisis de ocho sitios, primeramente las cuatro estaciones de mayor afluencia de usuarios para ascenso o descenso del sistema de transporte; así mismo, las cuatro estaciones es las que la demanda de usuarios es la más baja del Corredor BRT.

Las estaciones de mayor demanda de usuarios son: Terminal Pantitlán –Ciudad de México–, las estaciones Adolfo López Mateos, Sor Juana Inés de la Cruz y General Vicente Villada –municipio de Nezahualcóyotl–. Por otra parte, las estaciones de menor demanda de usuarios son: las estaciones Los Patos, Ignacio Manuel Altamirano, Canteros y Las Torres –municipio de Chimalhuacán– (Gobierno del Estado de México, 2011). En seguida se explican los principales resultados.

La evaluación de los entornos de movilidad de las estaciones del Corredor BRT partió del análisis de cada uno de los indicadores de la tabla 2, en ellas se realizó la medición del entorno en un radio de 100 m, dado que es la zona en la cual los peatones descienden de algún otro transporte para acceder a las estaciones del Corredor BRT, o en su caso, toman otro transporte público al salir de alguna estación; así mismo es la zona en la que se ubican los comercios que ofrecen productos o servicios –tiendas de abarrotes, refaccionarias, farmacias, casas de préstamo y ahorro, entre otras– (Linares, 2020) a los usuarios del Corredor. La tabla 2 está conformada por los siguientes indicadores: sección peatonal, fricción modal, estacionamientos en calle y sentido de circulación, densidad del arbolado, ruido, asoleamiento y complejidad comercial; estos conforman los niveles de calidad peatonal de acuerdo a los umbrales o rangos de medición.

Los niveles de calidad están divididos en cinco categorías, que van del nivel I en donde el espacio construido ofrece las mejores condiciones para los desplazamientos peatonales y hasta el nivel V en el que existen pocas o nulas condiciones para los usuarios que acceden o salen del Corredor BRT.

#### *Nivel de calidad peatonal I*

Es el nivel que claramente está enfocado en los desplazamientos peatonales, ya que garantiza las condiciones idóneas para este tipo de movilidad. En su sección peatonal cuenta con banquetas o aceras superiores a tres metros por lo que los desplazamientos pueden suceder sin mayores complicaciones. La ficción modal no existe, ya que sus calles son netamente peatonales, por lo tanto, los vehículos motorizados no circulan en ellas. Estacionamiento en calle y sentido de circulación en las calles periféricas a las estaciones de transporte, se cuenta con cajones de estacionamiento en ambos lados de la calle y solo existe un sentido de circulación motorizado. La densidad del arbolado supera los 100 árboles por cada hectárea, por ello se genera la sombra necesaria para desplazamientos cómodos y protegidos de los agentes climáticos. Con respecto al ruido, en este nivel no se superan los 60 dBA lo cual es conveniente para el oído humano, ya que no provoca molestias auditivas. El asoleamiento guarda relación con el ancho de calle y la altura de las edificaciones, en este caso la altura en promedio de las construcciones es el doble o hasta el triple del ancho de la calle, esto genera una sensación de resguardo y protección a los peatones. Con respecto a la complejidad comercial, es igual o mayor a 64 comercios o unidades económicas por hectárea, esto trae consigo que exista una oferta diversa de los bienes y servicios al alcance de los usuarios.

A pesar de que este nivel es el idóneo para acceder a las estaciones del transporte público del corredor BRT, resulta que ninguna estación y terminal presenta condiciones óptimas para que los peatones se aproximen al transporte público, esto es muestra de la falta de atención a los usuarios para generar las mejores condiciones de acceso, confort, seguridad y atracción posible. Así mismo, denota que el diseño se enfocó en solucionar los desplazamientos motorizados a las mayores velocidades posibles.

#### *Nivel de calidad peatonal II*

En el segundo nivel se inicia con una serie de inconveniencias en el medio circundante. La sección peatonal presenta limitantes de desplazamiento debido a sus dimensiones de 1,8 – 3,0 m, a pesar de ello aun es factible este tipo de movilidad siempre que no exista algún obstáculo urbano como infraestructura –postes eléctricos, semáforos, etc.– o apropiación del espacio público por particulares –comercio informal–. La fricción modal en este nivel no llega a ser mortal por atropellamiento pues no supera los 30 km/h, pero si representa posibles lesiones menores (Hidalgo-Solórzano, Gómez-García, & Mojarro-Íñiguez, 2020). El estacionamiento en calle y sentido de circulación, solo existe cajones de estacionamiento en un lado de la calle –con lo cual se pierde una barrera de seguridad para el peatón– y un sentido de circulación que aún no presenta mayores inconvenientes. Densidad del arbolado, entre 25 a 100 árboles por hectárea, representa una pérdida considerable de la superficie con sombra y de elementos que reducen el ruido y la contaminación. Con respecto al ruido, el rango de 60-65 dBA ya comienza a representar molestias auditivas para el ser humano, sobre todo si el ruido es constante por periodos largos de tiempo. El asoleamiento en este caso aumenta, ya que el ancho de la calle supera el promedio de altura del contexto edificado, esto trae consigo mayor cantidad de horas de asoleamiento y menores condiciones de protección al peatón. La complejidad comercial baja –40 a 64 comer/ha–, esto quiere decir, que se reduce la diversidad de productos o servicios disponibles para el peatón y por consiguiente estas zonas resultan menos atractivas.

Al analizar las estaciones y terminales el resultado es prácticamente igual que el nivel de calidad peatonal I, casi todas las estaciones analizadas no se encuentran en este nivel, toda vez que las calles de aproximación a las diferentes estaciones no fueron adecuadas para los flujos peatonales y las estaciones se localizan principalmente sobre avenidas principales con preponderancia de desplazamientos motorizados. En este sentido, solo la estación Los Patos -Figura 4- cuenta con el 10 % de sus calles de aproximación en este nivel de calidad peatonal.

### *Nivel de calidad peatonal III*

El nivel III de calidad peatonal se encuentra en la parte intermedia de la tabla, esto quiere decir que los niveles de los indicadores ya representan un conflicto serio para los peatones. Con una sección peatonal de 1,2 - 1,8 m los desplazamientos están condicionados para circular como máximo dos personas en un sentido y otra en sentido contrario (Neufert, 1995), cabe aclarar que, si las personas llevan consigo algún equipaje, productos alimenticios o algún otro elemento en las manos, esta posibilidad se reduce a solo dos personas en circulación. Con respecto a la fricción modal, se permite la velocidad máxima para vehículos motorizados de hasta 50 km/h, esto indica que si un vehículo atropellará a un peatón este tendría el 50 % de posibilidades de sobrevivir (Resendiz, 2011), así mismo a esta velocidad el automovilista tendrá un tiempo de reacción de aproximadamente catorce metros y de frenado alrededor de doce metros, lo que es muy probable que el peatón resulte atropellado (Rodríguez Á., 2015). El estacionamiento en calle y sentido de circulación indica en este nivel que no existe ningún cajón de estacionamiento en calle, con lo cual se pierde la barrera de protección y distancia que representaría los vehículos estacionados, así mismo solo existe un sentido de circulación, con un límite de velocidad de 50 km/h que significa una alta posibilidad de que suceda un accidente -atropellamiento-. Entorno a la densidad de arbolado se reduce drásticamente, ya que si se toma el valor más alto de este nivel que es 25 arb/ha, significa que existiría un árbol a cada 16,0 m aproximadamente para manzanas que midieran una hectárea de superficie, esto trae consigo una reducida superficie de sombra. En cuanto al ruido, el rango va de 65-70 dBA en oposición a lo que dice la Organización Mundial de la Salud OMS, que indica que para garantizar una buena salud y bienestar, el ruido debe de ser inferior a 65 dBA (SEORL CCC, 2022) por lo tanto en este nivel de calidad peatonal el ruido afecta las condiciones físicas de las personas. Con relación al asoleamiento, representa menores posibilidades que el entorno construido pudiera proveer sombra o protección a los peatones, ya que el ancho de calle llega a ser hasta tres veces mayor que la altura de las construcciones, con lo cual se pierde esa sensación de resguardo. Sobre la complejidad comercial -25 a 40 comer/ha-, esta se reduce en poco más del 35 % con respecto al anterior nivel, esto ocasiona menor diversidad y opciones de compra para los peatones y por lo tanto, menos trayectos atractivos de adquisición de bienes o servicios.

Las estaciones de mayor demanda de usuarios -Figura 3- que presentan condiciones del nivel de calidad peatonal III, son las estaciones Adolfo López Mateos con 45 % aproximadamente de sus calles en este nivel; así mismo la estación General Vicente Villada con un 35 % y la estación Sor Juana Inés de la Cruz 30 %. Con respecto a las estaciones de menor demanda de usuarios -Figura 4-, la estación Los Patos cuenta con 40 % aproximadamente de sus calles en este nivel, la estación Ignacio Manuel Altamirano con un 35 % y la estación Canteros solo un 25 %. De esta manera apenas se generan las condiciones necesarias para desplazamientos medianamente seguros y atractivos, con accesibilidad y confort suficientes.

### *Nivel de calidad peatonal IV*

En este nivel de calidad peatonal, los valores de los indicadores resultan ser los mínimos aceptables. En la sección peatonal el valor mínimo para la franja peatonal

de la acera es de 0,90 m, con lo cual apenas es posible que dos personas circulen en ella, esto se reduce si alguna de ellas lleva alguna carga en las manos. La fricción peatonal se torna más peligrosa para el transeúnte, ya que aumenta a dos carriles de circulación con un límite de velocidad de 50 km/h, se generan mayores posibilidades de accidentes al reducirse la sección peatonal y aumentar los carriles de circulación, por lo tanto, los peatones y vehículos está más cercanos entre ellos. El estacionamiento en calle y sentido de circulación presentan condiciones conflictivas, solo se cuenta con cajones de estacionamiento de un solo lado de la calle y se tiene doble sentido de circulación en la vía; el peatón deberá de estar pendiente de ambos lados de la calle al momento de cruce, esto aumenta las posibilidades de atropellamiento sino se cuenta con la infraestructura necesaria, así mismo de un lado de la calle el peatón estará más cercano y expuesto a los vehículos motorizados. La densidad del arbolado se reduce drásticamente a valores de 6-10 arb/ha, esto quiere decir que prácticamente en cada banqueta de las cuadras solo se podrá encontrar uno o máximo dos árboles en toda la sección, lo que hace que las personas que andan a pie no puedan protegerse del sol o viento, no existe contención del ruido, ni embellecimiento de las calles con el arbolado. Con respecto al ruido para este nivel se estableció de 70-75 dBA, lo que supera por mucho lo indicado por la OMS para zonas residenciales, el máximo permitido en el día es de 55 dBA y por la noche de 50 dBA; para zonas industriales es de 68 dBA y 65 dBA para los mismos periodos, y para escuelas en áreas exteriores y de juego como máximo 55 dBA; de esta manera se puede visualizar que en este rango de decibeles el daño al oído sería considerable, así como psicológico en el aumento de estrés e irritabilidad. En lo concerniente al asoleamiento cada vez más se reduce la posibilidad de protección –sombra y resguardo– por parte de las edificaciones circundantes y en cambio se generan grandes espacios de asoleamiento, sobre todo generado a partir del aumento de carriles de circulación, ya que el ancho de la calle es mayor a tres veces el promedio de altura de las edificaciones. La complejidad comercial se reduce 35 % con respecto al nivel anterior –9 a 25 comer/ha–, esta situación puede generar tramos de calle de esquina a esquina con tan solo cuatro locales comerciales y de esta forma, incidir en la reducción de los flujos peatonales por las calles de aproximación a las estaciones del transporte público.

En este nivel se encuentran una gran cantidad de estaciones y terminales, como es el caso de la terminal Pantitlán con un 50 % de las calles de aproximación en este nivel de calidad peatonal, así mismo la estación Adolfo López Mateos con un 55 % en este escenario, toda vez que se localiza sobre una avenida principal –Figura 3–. Con respecto a las estaciones con menor demanda de usuarios, está la estación Los Patos con un 50 % de sus calles en este nivel de calidad y la estación Canteros con un 75 %. Cabe aclarar que la mayoría de las estaciones del Corredor BRT se ubican sobre alguna avenida principal con el objetivo de que el flujo vehicular de los autobuses BRT fuera lo más rápido posible, esto trajo consigo que el peatón –usuario– no fuera el eje central desde el cual se planeara su funcionamiento y, por lo tanto, en la actualidad padece su funcionamiento.

#### *Nivel de calidad peatonal V*

El nivel V de calidad peatonal le corresponde los indicadores más bajos de la clasificación y es el que presenta las peores condiciones para los desplazamientos peatonales. En la sección peatonal, el valor es menor a 0,90 m con lo cual apenas es suficiente para los traslados de una persona sobre la banqueta. La fricción modal es de 50 km/h y tres o más carriles de circulación motorizada, esto significa que se encuentra sobre una avenida principal con flujo constante y velocidades que pueden ser mortales por atropellamiento para el peatón. Con respecto al estacionamiento en calle y sentido de circulación, en este nivel no existen cajones de estacionamiento en calle y el sentido de circulación es doble, por lo tanto, se pierde la mínima sensación de resguardo y separación del peatón con los vehículos en circulación, así mismo

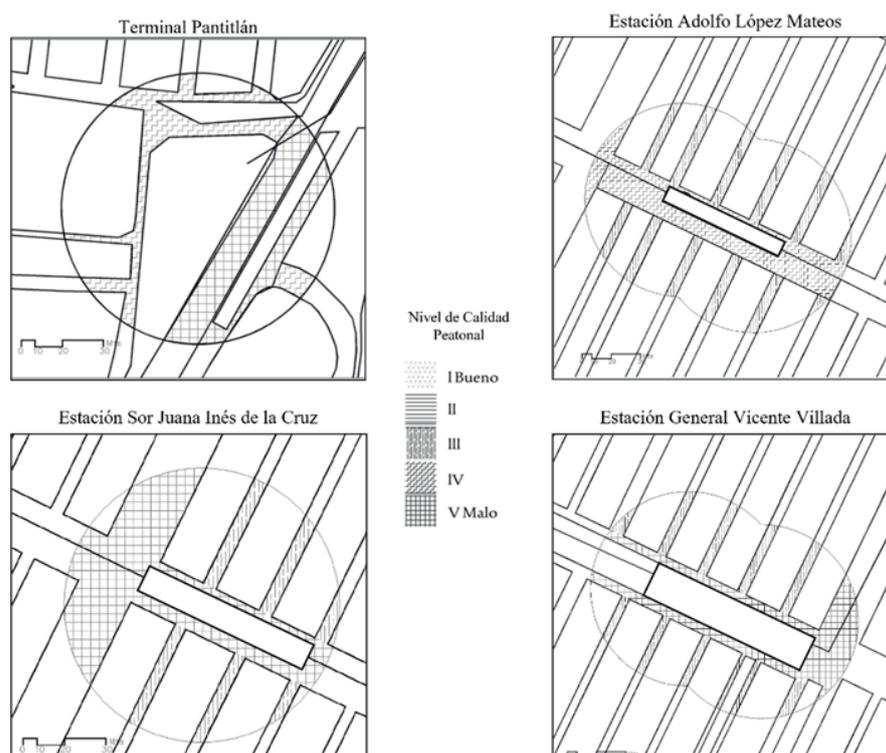
aumenta la inseguridad de cruce de calle al tener que atender ambos sentidos de la vía. La densidad del arbolado se reduce a prácticamente nada  $\sim 6$  arb/ha-, en este indicador habrá calles con la carencia total del arbolado y mínimas condiciones para su existencia. En cuanto al ruido se presentan niveles mayores a 75 dBA muy por encima de los permitidos por la OMS, en consecuencia, la población que sea expuesta a estos niveles de ruido por ejemplo de 80 dBA presentará pérdida temporal del oído y si es constante, pérdida total de la audición (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2017). El asoleamiento es total y constante en este apartado, toda vez que la relación del ancho de calle y altura de construcciones es  $>4:1$ , esta relación es producto de los parámetros de la ficción modal, en la que se permiten tres o más carriles de circulación; así mismo cuenta con una baja altura de las edificaciones que genera poca o nula sombra a nivel de calle. Con respecto a la complejidad comercial, presenta prácticamente nula actividad comercial  $\sim 9$  comer/ha-, con esto se denota que las calles que tienen este nivel de calidad peatonal están principalmente enfocadas a los desplazamientos motorizados, sin zonas de permanencia, descanso o de compras enfocados a los peatones.

En el peor nivel de calidad peatonal se encuentran una gran cantidad de estaciones y terminales del Corredor BRT, por ejemplo, en las estaciones de mayor demanda de usuarios -Figura 3- está la Terminal Pantitlán con un 50 % de sus calles en esta situación, así mismo la estación General Vicente Villada con un 65 % y la estación Sor Juana Inés de la Cruz con un 70 %. En el mismo sentido, se encuentran las estaciones con menor demanda de usuarios -Figura 4- la estación Ignacio Manuel Altamirano con un 65 % de sus calles en este nivel de calidad y la estación Las Torres con el 100 % de sus calles de aproximación en las peores condiciones para la movilidad peatonal.

A continuación, se presenta de forma gráfica el análisis realizado a los entornos urbanos construidos -calles próximas- de las estaciones y terminales de mayor y menor demanda de usuarios, en él se corrobora el resultado obtenido en cuanto a los niveles de calidad peatonal descritos anteriormente.

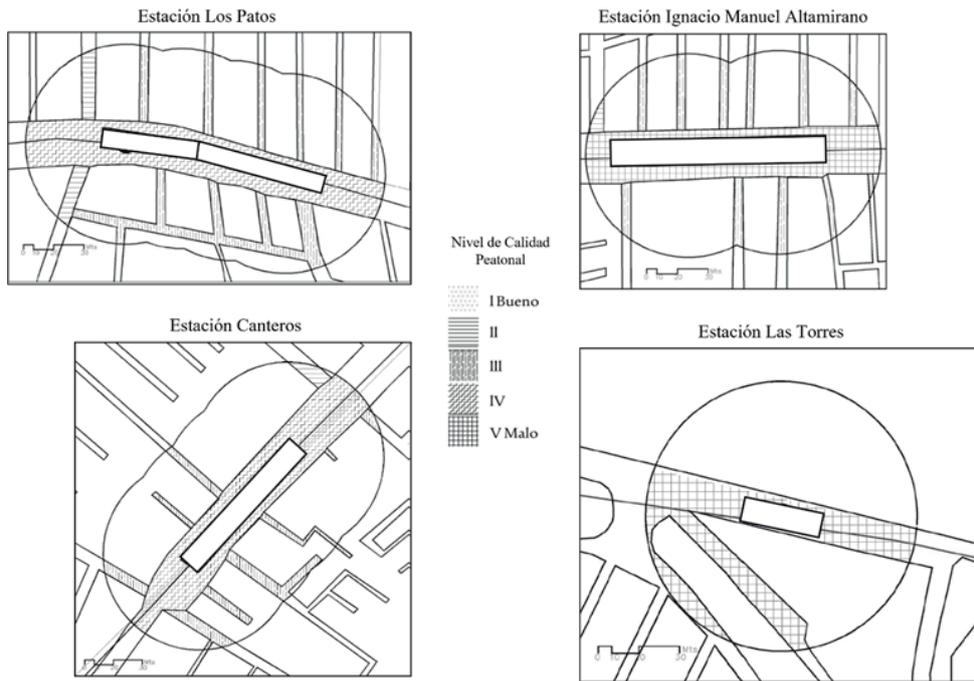
**Figura 3.**

*Análisis de los niveles de calidad peatonal en las estaciones de mayor demanda de usuarios*



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 4.**  
Análisis de los niveles de calidad peatonal en las estaciones de menor demanda de usuarios.



Fuente: Elaboración propia.

## CONCLUSIONES

En la presente investigación se analizaron los aspectos clave a considerar para la evaluación de entornos peatonales de aproximación a estaciones de transporte público, bajo los conceptos de accesibilidad, seguridad, confort y atracción, para ello se tuvo que transformar conceptos subjetivos como seguridad y confort en datos estadísticos medibles, para evitar en lo mayor posible algún sesgo ideológico o contextual. El análisis se aplicó a las 28 estaciones y dos terminales del Corredor BRT Chimalhuacán-Nezahualcóyotl-Pantitlán.

El resultado del estudio de los entornos urbanos construidos próximos a las estaciones y terminales del Corredor BRT Chimalhuacán-Nezahualcóyotl-Pantitlán indica que, solo el 1,25 % tiene las características del nivel II de calidad peatonal, el 26,25 % se ubica en el nivel III, el 28,75 % tiene en nivel IV y el 43,75 % esta en el nivel V; estos datos corroboran la poca importancia que se le dio a la movilidad peatonal para la implementación de este transporte público masivo, ya que sus estaciones y terminales no cuentan con las condiciones idóneas para que la población pueda hacer uso de este medio de transporte, así mismo se generan condiciones de inseguridad vial, tráfico, accidentes y una imagen urbana deteriorada, que consolida la sensación de riesgo constante. Por otra parte, es evidente que la prioridad en el trazo, la ubicación de las estaciones y la infraestructura establecida para la implementación de este medio de transporte fue definida a partir de crear las mejores condiciones para la movilidad motorizada.

Los resultados aquí obtenidos pueden servir de base para la corrección de este tipo de infraestructura de movilidad masiva y de esta manera generar las mejores condiciones para que los peatones -usuarios- puedan hacer uso de ellas. Así mismo, la sistematización de los umbrales puede ser definitorio al momento de determinar qué nivel de calidad peatonal es necesario para los diferentes modos de transporte público. El objetivo de la categorización de los entornos de movilidad por nivel de

calidad peatonal, responde al factible entendimiento de los resultados producto del análisis de los indicadores, así como a la comprensible representación gráfica, esto facilita el entendimiento a los diferentes agentes involucrados en la toma de decisiones urbanas y políticas. Así mismo, este modelo de análisis puede ser aplicable a entornos peatonales de equipamiento público como son oficinas gubernamentales, hospitales, escuelas, etc. con sus debidas restricciones.

Este modelo de análisis de entornos movilidad presenta condiciones factibles para ser utilizado en la academia o en el ámbito profesional, ya que no precisa una complicada y laboriosa recopilación de datos, así mismo puede ser funcional para los contextos en los cuales los datos estadísticos urbanos no se encuentran disponibles o son inexistentes, toda vez que pueden ser tomados directamente a partir de una investigación de campo sistematizada. Otra ventaja, es que se pueden suprimir indicadores de acuerdo con el enfoque que se pretende realizar o en su caso, adicionar para robustecer los datos conformadores de los niveles de calidad peatonal, como por ejemplo el indicador de contaminación atmosférica, pendiente, nivel socioeconómico de la población, entre otros.

Siguiendo la línea de investigación cuantitativa en cuanto a entornos de movilidad se abre la posibilidad de continuar indagaciones, pero ahora también en el tema de la movilidad ciclista, para ello sería necesario cambiar a una escala mayor en la que los elementos de análisis se transformarían; por ejemplo, la sección peatonal perdería importancia, pero en cambio la fricción modal cobraría mayor relevancia por el grado de interacción y peligrosidad que representa a los ciclistas. Aunado a lo anterior, la flexibilidad del método permite ser utilizado en diferentes ámbitos de la investigación desde escala local hasta regional, así mismo los indicadores pueden funcionar como una guía de diseño de proyecto para entornos de movilidad próximo a infraestructura de transporte.

Una de las limitantes de la investigación es no haber medido la percepción de la población circundante a las zonas de estudio, ya que solo se obtuvo la información de los entornos urbanos próximos a las estaciones y terminales del Corredor BRT, lo que sin duda fortalecería más la información sobre el nivel de accesibilidad peatonal al transporte público masivo.

## REFERENCIAS

- Adkins, A., Dill, J., Luhr, G., & Neal, M. (2012). Unpacking Walkability: Testing the Influence of Urban Design Features on Perceptions of Walking Environment Attractiveness. *Journal of Urban Design*, 499-510. doi:10.1080/13574809.2012.706365
- Alcaldia Santa Fe de Bogota. (2005). *Guía Práctica de la Movilidad Peatonal Urbana*. Bogota: Instituto de Desarrollo Urbano.
- Alfonzo, M. (2005). To walk or not to walk? The hierarchy of walking needs. *Environment and Behavior*, 808-836. doi: <https://doi.org/10.1177/0013916504274016>
- Alitoudert, F., & Mayer, H. (2006). «Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. *Building and Environment*, 94-108.
- Bentley, I. (1999). *Entornos vitales: Hacia un diseño urbano y arquitectónico más humano*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Bezerra, B., & Taipa, S. (2004). La "caminabilidad" de las ciudades como un reflejo del desarrollo sustentable. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 93-98.
- Bradshaw, C. (1993). Creating and using a rating system for neighborhood walkability: Towards an agenda for "local heroes". *14th International Pedestrian Conference*. Boulder.
- EEA. (2010). *Good practice guide on noise exposure and potential health effects*. Copenhagen: European Environment Agency.

- Esquivel, M., Hernández, O., & Garnica, R. (2013). Modelo de Accesibilidad Peatonal (MAP). Índice de Accesibilidad Peatonal a Escala Barrial. *Bitácora Urbano-Territorial*, 21-30.
- Flores, E. (1957). La Economía del Espacio o la Teoría de la Localización de la Actividad Económica. *Investigación Económica*, 331-371.
- Fontán, S. (2012). *Índice de caminabilidad. Aplicado en la almendra central de Madrid*. [Tesis de maestría no publicada] : Universidad Complutense de Madrid.
- Forsyth, A., Michael, J., Lee, B., & Schmitz, K. (2009). The built environment, walking, and physical activity: Is the environment more important to some people than others? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 42-49. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2008.10.003>
- Fruin, J. (1971). Designing for pedestrians: A level of service concept. *Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental Planners*, 1-15.
- Gehl, J. (1971). *Life between buildings: using public space*. Copenhagen: Danish Architectural Press.
- Gobierno del Estado de México. (2011). *Proyecto: "Corredor de Transporte Público Masivo: Chimalhuacán-Nezahualcóyotl-Pantitlán"*. Toluca: Secretaría de Comunicaciones.
- Gutiérrez, I. (2019). *Movilidad Urbana No Motorizada y su Impacto en las Unidades Económicas Locales*. [Tesis de doctorado no publicada]: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Gutiérrez-López, J., Caballero-Pérez, Y., & Escamilla-Triana, R. (2019). Índice de caminabilidad para la ciudad de Bogotá. *Revista de Arquitectura*, 8-20. doi: <https://doi.org/10.14718/RevArq.2019.21.1.1884>
- Herce, M. (2009). *Sobre la movilidad en la ciudad*. Barcelona: Reverte.
- Hidalgo-Solórzano, E., Gómez-García, L., & Mojarro-Íñiguez, F. (2020). Prevalence of speeding and associated factors in four Mexican cities. *Epidemiol Community Health*, 639-646.
- Jacobs, A. (1993). *Great Streets*. Cambridge, Mass: Mit Press.
- Krambeck, H. (2006). *The Global Walkability Index* . [Tesis de maestría no publicada]: Instituto de Tecnología de Massachusetts.
- Landis, B., Vattikuti, V., Ottenberg, R., Mcleod, D., & Guttenplan, M. (2001). Modeling the Roadside Walking Environment: Pedestrian Level of Service. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 82-88.
- Linares, J. (2020). Evaluación del transporte público en el Estado de México. El caso del Mexibus. *Paradigma económico*, 133 - 160.
- Litman, T. (2012). *Well Measured-Developing Indicators for Comprehensive and Sustainable*. Victoria: Victoria Transport Policy Institute.
- Llosas, Y., Pardo, J., Mulet, M., & Silva, J. (2009). Algunas Consideraciones sobre el Ruido Industrial como una Forma de Contaminación Ambiental. *Tecnología Química*, 5-9.
- Manchón, L., Santamera, J., Diego, J., Mínguez, J., & Ormazábal, J. (1995). *Recomendaciones para el proyecto y diseño del viario urbano*. Madrid: Ministerio de Fomento.
- Maslow, A. (1954). *Motivation and Personality*. Madrid: Diaz de Santos, S. A. .
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago: Naciones Unidas.
- Neufert, E. (1995). *Arte de proyectar en arquitectura*. Barcelona: Gustavo Gili, S.A. .
- Nikolopoulou, M., & Lykoudis, S. (2006). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. *Building and Environment*, 455-1470.
- Olszewski, P., & Wibowo, S. (2005). Using Equivalent Walking Distance to Assess Pedestrian Accessibility to Transit Stations in Singapore. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 38-45.
- Pérez, R. (2014). Movilidad cotidiana y accesibilidad: ser peatón en la Ciudad de México. *Cuadernos del CEMCA, Serie Antropología (1)*. Obtenido de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01104578v1/document>

- Pozueta, J., Lamíquiz, F., & Porto, M. (2009). *La ciudad paseable: Recomendaciones para la consolidación de los peatones en el planeamiento, el diseño urbano y la arquitectura*. Madrid: Ministerio de Fomento.
- Prinz, D. (1986). *Planificación y configuración urbana*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Quiroz, H. (2015). *Ciudad compacta. Del concepto a la práctica*. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Resendiz, H. (2011). *Georeferenciación de puentes peatonales en la Ciudad de México y su relación con peatones atropellados*. Ciudad de México: Instituto de Geografía.
- Rodríguez, Á. (2015). *Recomendaciones para la Pacificación del Tránsito*. Coahuila, México: IMPLAN de Torreón.
- Rodríguez, D., Brisson, E., & Estupiñán, N. (2009). The relationship between segment-level built environment attributes and pedestrian activity around Bogota's BRT stations. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 14, 470-478.
- Sanz, A. (2008). *Calmar el tráfico: Pasos para una nueva cultura de la movilidad urbana*. Madrid: Ministerio de Fomento.
- Schuschny, A., & Soto, H. (2009). *Guía metodológica Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (11 de Junio de 2017). *Es Día Mundial de la Descontaminación Acústica*. Obtenido de <https://acortar.link/vs9QPS>
- SEORL CCC. (6 de Septiembre de 2022). *Sociedad Española de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*. Obtenido de <https://bit.ly/3cPfZ3v>
- Soria, J. (2011). Modelo de umbrales para la evaluación ambiental de la movilidad. *Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio*. Granada: Universidad de Granada.
- Talavera, R., Soria, J., & Valenzuela, L. (2014). La calidad peatonal como método para evaluar entornos de movilidad urbana. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 60/1, 161-187.
- Talavera-García, R., Soria-Lara, J. A., & Valenzuela-Montes, L. M. (2014). La calidad peatonal como método para evaluar entornos de movilidad urbana. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, 161-187.
- Trunfio, G., Fancello, G., Cecchini, A., Congiu, T., & Blečić, I. (2015). Evaluating walkability: a capability-wise planning and design support system. *International Journal of Geographical Information Science*, 350-1374. doi: <https://doi.org/10.1080/13658816.2015.1026824>
- Valenzuela, L., & Talavera, R. (2015). Entornos de movilidad peatonal: Una revisión de enfoques, factores y condicionantes. *Eure*, 41, 5-27.
- Yin, L. (2013). Assessing Walkability in the City of Buffalo : Application of Agent-Based Simulation. *Journal of Urban Planning and Development*, 166-176.
- Zacharias, J. (2001). Pedestrian Behavior and Perception in Urban Walking Environments. *Journal of Planning Literature*, 3-18.