

Índice Técnico de Caminabilidad Sensible al Género aplicado a un caso de estudio en el casco
urbano de Bucaramanga

Leidy Mireya Chacón Cala y Juan Camilo Barajas González

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingenieros Civiles

Director

Yerly Fabián Martínez Estupiñán

Magister en Ingeniería civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas

Escuela de Ingeniería civil

Ingeniería civil

Bucaramanga

2024

Dedicatoria

Dedico este trabajo de grado a Dios y a mis padres, Javier Chacón y Yoana Cala, quienes han sido un apoyo incondicional durante el transcurso de mi formación profesional.

A mis hermanos, Jhon y Angy, que con su resiliencia y alegría me han dado el ejemplo, la fuerza y la motivación para lograr cada una de mis metas.

A mis profesores, por cada una de las enseñanzas y experiencias vividas.

A mis compañeros de carrera, por el apoyo, confianza y amistad brindada.

Leidy Mireya Chacón Cala

Dedico este trabajo de grado principalmente a mis padres, que me han dado en todo momento su apoyo y confianza, factores claves en mi formación.

A mis demás familiares y amigos que me dieron el acompañamiento necesario en los buenos y malos momentos a lo largo del este proceso académico.

Juan Camilo Barajas González

Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Industrial de Santander por su gran contribución en nuestro crecimiento personal y profesional.

Agradecemos a nuestro director de tesis Yerly Fabian Martínez Estupiñán, por brindarnos las herramientas necesarias en la realización de este proyecto, así como, por su paciencia, apoyo, enseñanzas y aportes en el transcurso de la investigación.

Leidy Mireya y Juan Camilo

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	11
1. Objetivos	14
1.1 Objetivo General	14
1.2 Objetivos Específicos	14
2. Marco Teórico	15
2.1 Caminabilidad	15
2.2 Importancia de la caminabilidad	15
2.3 Medida de la caminabilidad	17
2.4 Índices de caminabilidad en el ámbito internacional	19
2.4.1 Metodología para hallar el índice de caminabilidad	21
2.5 Índices de caminabilidad en Colombia	23
2.6 Caminabilidad y perspectiva de género	24
3. Metodología	25
3.1 Metodologías para hallar el índice de caminabilidad.....	25
3.1.1 Cálculo del índice técnico de caminabilidad sensible al género	26
3.1.2 Índice de caminabilidad a nivel ciudad	28
3.1.3 Índice de transitabilidad	30
3.1.4 Índice de accesibilidad peatonal.....	33
3.1.5 Índice de accesibilidad a la infraestructura	35
3.2 Selección de metodología.....	37

3.3 Área de estudio.....	38
3.5 Puntuación y criterios de las variables del índice	44
3.6 Aplicación de la metodología.....	46
4. Resultados	48
4.1 Zonas de mayor tránsito peatonal generado	48
4.2 Zonas de menor tránsito peatonal generado.....	49
5. Análisis de resultados	51
5.1 Acera:	51
5.2 Conectividad.....	53
5.3 Seguridad vial.....	54
5.4 Fachadas y edificaciones.....	55
5.5 Confort y mobiliario.....	56
5.6 Señalización	57
6. Retos para la implementación de un Índice Técnico de Caminabilidad en el AMB.....	58
7. Conclusiones	59
8. Recomendaciones.....	61
Referencias Bibliográficas	62

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 <i>Parámetros y metodologías de índices de caminabilidad a nivel internacional</i>	20
Tabla 2 <i>Parámetros y metodologías de índices de caminabilidad en Colombia</i>	23
Tabla 3 <i>Índice técnico de caminabilidad sensible al género</i>	26
Tabla 4 <i>Índice de caminabilidad a nivel de ciudad.</i>	28
Tabla 5 <i>Índice de transitabilidad</i>	30
Tabla 6 <i>Índice de accesibilidad peatonal</i>	33
Tabla 7 <i>Índice de accesibilidad a la infraestructura</i>	35
Tabla 8 <i>Zonas de mayor tránsito peatonal</i>	41
Tabla 9 <i>Zonas de menor tránsito peatonal</i>	41
Tabla 10 <i>Puntuación y criterios de las variables</i>	44
Tabla 11 <i>Índice promedio por variable</i>	48
Tabla 12 <i>Índice promedio por categoría</i>	49
Tabla 13 <i>Índice promedio por variable</i>	49
Tabla 14 <i>Índice promedio por categoría</i>	50

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 <i>Perímetro urbano de Bucaramanga</i>	38
Figura 2 <i>Viajes a pie diarios en Bucaramanga</i>	40
Figura 3 <i>Zonas de estudio</i>	42
Figura 4 <i>Zonas de estudio.</i>	42
Figura 5 <i>Zonas de estudio</i>	43
Figura 6 <i>Toma de datos en campo</i>	46
Figura 7 <i>Formulario en Survey 123</i>	47
Figura 8 <i>Índice Franja peatonal</i>	51
Figura 9 <i>Condiciones del pavimento</i>	52
Figura 10 <i>Índice indicación para peatones</i>	57

Lista de Apéndices

Los apéndices están disponibles en el repositorio institucional

Anexo A. Revisión Bibliográfica

Anexo B. Formato para aplicación del índice

Anexo C. Registros de la aplicación del índice

Anexo D. Resultados del índice

Resumen

Título: Índice técnico de caminabilidad sensible al género aplicado a un caso de estudio en el casco urbano de Bucaramanga*

Autor: Leidy Mireya Chacón Cala y Juan Camilo Barajas González **

Palabras Clave: Acera, caminabilidad, conectividad, confort, fachada, género, índice, seguridad vial, señalización

Descripción: Hablamos del índice de caminabilidad como una medida que evalúa la viabilidad y conveniencia para el tránsito peatonal en zonas urbanas, considerando factores como la infraestructura peatonal y la seguridad vial, en el caso de esta investigación se tiene un enfoque sensible al género evaluando su aplicabilidad dentro del casco urbano de Bucaramanga. Se proponen seis zonas de Bucaramanga distinguidas por estrato socioeconómico, seleccionadas de acuerdo con la información de la Encuesta Origen Destino de Hogares desarrollada en el marco de la actualización del Plan Maestro de Movilidad Metropolitana, en donde se identifican las Zonas de Análisis de Transporte con mayor y menor número de viajes peatonales generados, donde aplicaremos la metodología basada en conceptos de género, movilidad urbana y diseño del espacio público. Los hallazgos del proyecto indican que la transitabilidad depende de los usos que brinda la zona, en tanto que, en entornos comerciales el índice es alto, en zonas residenciales el índice es bajo. Adicionalmente, se identificó que las categorías de seguridad vial, confort y señalización tiene deficiencias que afectan la caminabilidad de los peatones de Bucaramanga.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Civil. Director: Yerly Fabian Martínez Estupiñán. Magister en Ingeniería Civil

Abstract

Title: Gender-sensitive technical walkability index applied to a case study in the urban area of Bucaramanga *

Author(s): Leidy Mireya Chacón Cala and Juan Camilo Barajas González ¹

Key Words: Sidewalk, walkability, connectivity, comfort, frontage road, gender, index, road safety, signage

Description: We talk about the walkability index as a measure that evaluates the viability and convenience of pedestrian traffic in urban areas, considering factors such as pedestrian infrastructure and road safety; in the case of this research, having a gender-sensitive approach evaluating its applicability within the metropolitan area of Bucaramanga. It is proposed six zones of Bucaramanga be distinguished by socio-economic stratum, selected based on information from the Household Origin Destination Survey developed as part of the Metropolitan Mobility Master Plan update, which identifies the Transport Analysis Zones with the highest and lowest number of pedestrian trips generated, where we will apply the methodology based on concepts of gender, urban mobility, and public space design. The project's findings indicate that walkability depends on the uses provided by the zone while in commercial environments, the index is high, and in residential areas, the index is low. Additionally, it was identified that the categories of road safety, comfort, and signage have deficiencies that affect the walkability of pedestrians in Bucaramanga.

* Degree Work

¹Facultad de Ingeniería Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ingeniería Civil. Director: Yerly Fabian Martínez Estupiñán. Magister en Ingeniería Civil

Introducción

Para que la movilidad de una ciudad sea sustentable es preciso un plan de movilidad que articule eficientemente el transporte público, el desarrollo de ciclovías y la peatonalización de zonas urbanas (Obregón & Gómez, 2021).

En consecuencia, es fundamental reconocer que un aspecto clave para entender la peatonalización es el concepto de caminabilidad, que se define como la forma en que el entorno construido influye en la caminata, además de que cuantifica los factores que intervienen en la movilidad peatonal (Castro Mesa, 2021).

La caminabilidad es una alternativa sostenible en la solución de problemas de movilidad, ya que fomenta la actividad física y, por ende, disminuye el uso del automóvil y de la motocicleta (Fontán Suárez, 2012). Sin embargo, la infraestructura peatonal de ciudades de países en vía de desarrollo como Bucaramanga presenta fallas graves en su red peatonal, así como, incumplimientos en las medidas mínimas de la franja peatonal, por lo tanto, al usuario no se le garantiza accesibilidad, comodidad y seguridad (*Actualización Plan Maestro de movilidad - AMB, s. f.*).

Por otra parte, en cuanto a perspectiva de género se ha demostrado que los patrones de movilidad de las mujeres se caracterizan por tener un mayor número de viajes, con menor duración, simultáneamente las mujeres de escasos recursos emplean la caminata como medio para acceder al transporte público u otros servicios (Sabino et al., 2022).

Algunos elementos que ofrecen una mejor caminabilidad a las mujeres son las dimensiones de la franja peatonal dado que garantizan el acceso a mujeres con movilidad reducida y mejora los recorridos de mujeres que efectúan tareas domésticas y de cuidado (Sabino et al., 2022). Otros

aspectos que proporcionan seguridad y comodidad a mujeres son el estado, inclinación, continuidad e iluminación de la acera, entre otros. Por lo anteriormente expuesto es primordial evaluar el estado de la red peatonal a través de medidas de caminabilidad expresadas mediante un índice.

Este trabajo de investigación tuvo por objetivo determinar la aplicabilidad de una metodología que permita la estimación de un índice técnico de caminabilidad sensible al género para un caso de estudio en el casco urbano de Bucaramanga.

Para lograr el objetivo de esta investigación, inicialmente se realizó una revisión literaria de las diferentes metodologías existentes para calcular el índice de caminabilidad. Estableciendo diferentes métodos que consideran aspectos de micro y mesoescala, es decir parámetros a nivel de tramo vial o a gran escala (Rahman, 2022). Paralelamente se eligió una metodología que evaluara cada uno de sus parámetros con enfoque de género. Para la aplicación de la metodología se seleccionaron tres zonas de Bucaramanga con mayores viajes peatonales generados y tres zonas con menores viajes peatonales generados, distinguidas por estratos socioeconómicos. Finalmente, se calculó el índice y se concluyó que su valor no depende del estrato socioeconómico si no del uso del suelo, en zonas comerciales el índice es mayor que en zonas residenciales.

El artículo consta de ocho secciones adicionales desarrolladas de la siguiente manera: la sección dos muestra el marco teórico, en donde se presenta el rol de la caminabilidad en diferentes áreas de estudio, las maneras en que se mide la caminabilidad y los parámetros más frecuentes en los índices. La sección tres explica la metodología de investigación implementada, para ello se comparó cinco índices existentes, que proporcionan el procedimiento completo para hallar el índice. También se muestran los criterios de selección del método, área de estudio, elección de zonas, variables, criterios de evaluación y aplicación de la metodología. En la sección cuatro y

cinco se encuentran los resultados obtenidos de la aplicación del índice explicados por categorías y variables. La sección seis presenta los desafíos para la implementación del índice en el Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB). Finalmente, en la sección siete y ocho se dan las conclusiones y recomendaciones a futuras investigaciones. Por último, se identifican las referencias bibliográficas usadas en la elaboración del documento.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Determinar la aplicabilidad de una metodología para estimar el índice técnico de caminabilidad sensible al género para un caso de estudio en el casco urbano de Bucaramanga.

1.2 Objetivos Específicos

Realizar una revisión sistemática de la literatura acerca de las diferentes metodologías existentes para evaluar el índice de caminabilidad en el contexto internacional y nacional.

Seleccionar la metodología que mejor se adapte para un caso de análisis en el casco urbano de Bucaramanga

Identificar tres zonas estratégicas segmentadas según el estrato socioeconómico de Bucaramanga en las cuales se aplicará la metodología para hallar el índice de caminabilidad sensible al género

Analizar implicaciones y retos para la implementación de la metodología para hallar el índice de caminabilidad sensible al género en toda el área metropolitana de Bucaramanga

2. Marco Teórico

La siguiente sección presenta un estado del arte que recopila la definición de caminabilidad, su importancia en disciplinas como la planificación urbana, la economía, la ingeniería de transporte y la salud pública. Además, aborda la relación entre transitabilidad y perspectiva de género. Finalmente, esta sección muestra las principales metodologías usadas para evaluar la caminabilidad a nivel internacional y nacional.

2.1 Caminabilidad

La caminabilidad o transitabilidad es la medida en que las características del entorno construido, el uso del suelo, la conectividad de las calles, la densidad residencial, el volumen del tráfico, entre otras variables, incentivan a los peatones a caminar con el propósito de realizar ejercicio, acceder a servicios o ir al trabajo (Castro Mesa, 2021)(Hall & Ram, 2018).

2.2 Importancia de la caminabilidad

La importancia de la caminabilidad depende de la perspectiva y función de cada disciplina. A continuación, se presentan elementos de la transitabilidad desde diferentes áreas de análisis:

Planificación urbana: En Latinoamérica, el desarrollo de políticas públicas urbanas centradas en el automóvil y el crecimiento acelerado de la población, han generado como consecuencia la congestión vehicular, el aumento de la contaminación ambiental y auditiva, la inseguridad vial e invasión del espacio público, entre otros (*Peatonalización: 5 formas de mejorar la movilidad urbana*, s. f.).

Por tales razones, a partir del 2010 las políticas de movilidad sostenible se han venido enfocando en solucionar la problemática a través de la integración de sistemas de transportes

públicos eficientes con estrategias que incentiven la aplicación de ciclovías, bicicletas públicas, y peatonalización de las ciudades (Obregón & Gómez, 2021).

La peatonalización de las ciudades requiere abordar y mejorar aspectos en la infraestructura existente, así como la conectividad de las calles, el uso del suelo, el acceso al transporte público, la pendiente de la vía, la presencia de zonas verdes, la visibilidad, la seguridad vial y la seguridad ciudadana (Calderón & Meza, 2023).

Economía: La caminabilidad interviene en la economía de los peatones y de los negocios locales (Calderón & Meza, 2023)(*MOVILIDAD URBANA Y ESPACIO PÚBLICO Reflexiones, métodos y contextos*, s. f.). En cuanto a los peatones: los espacios que brindan seguridad y comodidad propician la caminata, por lo cual, se elimina el costo que tendría realizar los viajes en transporte público o privado (Calderón & Meza, 2023).

Con respecto a los negocios locales: En ciudades caminables se presenta un fenómeno de atracción de jóvenes a zonas donde la vida en la calle es activa, por ejemplo, en regiones centralizadas. El aumento de peatones genera un impacto positivo en el comercio, dado que existe un crecimiento en la venta de servicios y productos (*MOVILIDAD URBANA Y ESPACIO PÚBLICO Reflexiones, métodos y contextos*, s. f.).

Por otra parte, los aspectos de la caminabilidad que influyen directamente en la mejora de la economía son la seguridad, la accesibilidad, la comodidad y perspectivas subjetivas del usuario como la estética y el placer (Calderón & Meza, 2023).

Ingeniería de transportes: Algunas variables que miden la caminabilidad participan en la solución de problemas de la ingeniería de transportes, por ejemplo, el diseño de zonas de

canalización del flujo peatonal aporta a la reducción de accidentes de tránsito debido a la interacción de vehículos y peatones (Quintero-González, 2017).

También el diseño y la implementación de señalización vertical y horizontal trata la desorientación del usuario y disminuye el caos en el tráfico (Quintero-González, 2017).

Adicionalmente, el diseño de infraestructura de usos peatonales considerando las necesidades de los usuarios en condición de discapacidad o embarazadas mejora la accesibilidad y la comodidad de la vía (Quintero-González, 2017).

Por otro lado, otros parámetros de la caminabilidad que intervienen en el cumplimiento de los propósitos de la ingeniería de transportes son la cercanía al destino, la velocidad de los vehículos, y el ruido del tráfico (Calderón & Meza, 2023).

Salud Pública: Caminar es una actividad motora que convierte a las personas menos propensas a la obesidad, facilita la prevención de enfermedades cardíacas, disminuye el estrés, además de mejorar la salud mental y física de los peatones (Rahman, 2022) (Calderón & Meza, 2023).

Para garantizar el fomento de la caminata y la contribución positiva a la salud es necesario enfocarse en desarrollar aspectos como la conectividad, el uso del suelo, la seguridad, la existencia de espacios verdes, y enriquecer la experiencia del peatón (Calderón & Meza, 2023).

2.3 Medida de la caminabilidad

En cuanto a la evaluación de la caminabilidad existen dos enfoques: caminabilidad de mesoescala y caminabilidad a microescala (Rahman, 2022). El enfoque de mesoescala se encarga de evaluar las variables objetivas del entorno medidas a gran escala, como el tamaño de las cuadras, densidad residencial, uso mixto del suelo y conectividad vial (Castro Mesa, 2021).

El enfoque de microescala tiene en cuenta las características perceptibles a nivel de tramo vial, por ejemplo, problemas de seguridad, invasión de andenes, seguridad vial, seguridad ciudadana y comodidad (Castro Mesa, 2021).

Las herramientas más comunes para medir la caminabilidad son: ***Walk Score, modelos de transitabilidad e índices de caminabilidad***. Dichas herramientas pueden combinar variables de mesoescala y microescala (Wang & Yang, 2019).

Walk Score es un sitio web gratuito basado en la proximidad de la calle a 13 categorías de servicios, mide la densidad de: destinos comerciales, intersección de calles, y espacios recreativos. Esta herramienta es frecuentemente usada en áreas metropolitanas de EE. UU y en general, en países desarrollados (Wang & Yang, 2019).

Los modelos de transitabilidad incorporan más atributos que Walk Score y otros índices, permite a los usuarios la evaluación de la calidad ambiental del vecindario y la elección de instalaciones accesibles, cercanas a pie, y ecológicas para vivir (Wang & Yang, 2019).

Un índice de caminabilidad describe la forma urbana general de un vecindario por medio de la medida de la densidad, diversidad, y diseño (Frank et al., 2021). Algunas metodologías de índices se basan en el desarrollo de una combinación ponderada de criterios asociados al entorno construido (Habibian & Hosseinzadeh, 2018), a la topografía del terreno (Rahman, 2022), a los propósitos del viaje (Habibian & Hosseinzadeh, 2018) o al cambio climático (Velázquez et al., 2023), entre otros aspectos. Este trabajo de investigación se centra en el análisis de esta última herramienta de cálculo.

2.4 Índices de caminabilidad en el ámbito internacional

El índice de caminabilidad más conocido es el índice de Frank (Frank et al., 2010), en esta metodología se estima la densidad de intersección, densidad residencial neta, relación de área de piso comercial, y mezcla del uso del suelo. Posteriormente, varias investigaciones han modificado el índice de Frank (Arellana et al., 2021)(Hino et al., 2022)(Rundle et al., 2019), y han incorporado nuevos parámetros conforme al entorno construido, variables sociodemográficas y variables a microescala.

Los parámetros que más se repiten dentro de la literatura corresponden a:

Diseño: Esta variable representa las características de las calles en cuanto a infraestructura, calidad del andén e invasión del espacio público (Castro Mesa, 2021); En algunos estudios se consideró la densidad de intersecciones, la densidad de callejones sin salida, y la conectividad entre calles principales y secundarias para evaluar este componente (Habibian & Hosseinzadeh, 2018).

Por otra parte, algunas investigaciones incorporan como variables de diseño el ancho de la acera, el estado superficial de la acera lateral, la densidad de aceras, las obstrucciones, la presencia de árboles y presencia de mobiliario urbano (Yin et al., 2020) (Anapakula & Eranki, 2021)(Lam et al., 2022).

Densidad poblacional: Esta variable a mesoescala mide la cantidad de personas por área en una zona, la densidad poblacional contribuye a la identificación de regiones congestionadas por peatones (Habibian & Hosseinzadeh, 2018).

Densidad residencial: Es una variable a mesoescala que mide la relación entre unidades de vivienda por área de una región (Frank et al., 2010).

Seguridad vial: Esta variable mide los conflictos entre peatones con vehículos y transporte motorizado, y para ello, se cuantifica los volúmenes de tránsito, la velocidad de los vehículos, la presencia de controles de tránsito, y la cantidad de siniestros viales (Castro Mesa, 2021).

Uso del suelo: Este componente indica el grado de diversidad de uso de la tierra presente en un bloque o cuadra, se mide mediante el cálculo de la entropía, que relaciona la categoría del suelo y el porcentaje de un uso en específico (Gutiérrez-López et al., 2019).

Acceso al destino: Este parámetro define la facilidad para llegar a un destino, se mide mediante la distancia o la cantidad de destinos cerca de un lugar. Adicionalmente mide el acceso a establecimientos comerciales, y culturales (Habibian & Hosseinzadeh, 2018).

Seguridad ciudadana: Este elemento capta la percepción del ciudadano en cuanto a delitos, agresiones, e inseguridad en las calles. La medida de este ítem corresponde a la cantidad de crímenes cometidos, la presencia de policía, el flujo continuo de peatones y la calidad de iluminación de las calles (Habibian & Hosseinzadeh, 2018).

En la Tabla 1, se exponen algunas investigaciones con sus respectivos parámetros y metodologías para el cálculo del índice. Esta información es ampliada y detallada en el **ANEXO 1**.

Tabla 1

Parámetros y metodologías de índices de caminabilidad a nivel internacional

Autor	Lugar	Parámetros	Metodología
(Habibian & Hosseinzadeh, 2018)	Rasht-Irán	Índices de diseño; de diversidad o entropía; índices de densidad de población; índices de accesibilidad al destino	Modelo de regresión lineal múltiple
(Golan et al., 2019)	San Francisco - EE. UU.	Calidad de acera; limpieza de calles y acera; Miedo al crimen; Presencia de parques y rampas en la acera;	Distribución de porcentajes para cada criterio y suma ponderada

		Presencia de personas en situación de calle; Tráfico vehicular; Parqueo fuera de vía pública; Presencia de Grafitis; Negocios; Pendiente de la vía.	
(Rahman, 2022)	Sídney-Australia	Conectividad; Viviendas residenciales; Diversidad del uso de la tierra; Espacios comerciales	Modelo de regresión lineal múltiple
(Bartzokas-Tsiompras et al., 2023)	Europa	Entorno de acera; Cruces de peatones; Nivel de paisaje urbano	Asignación de porcentajes para cada criterio asignado por análisis de robustez y suma ponderada.
(Mitropoulos et al., 2023a)	Atenas-Grecia	Acera; Paso de peatones; Ciclovía; Paradas de transporte público	Distribución de porcentajes para cada criterio y suma ponderada

2.4.1 Metodología para hallar el índice de caminabilidad

En la revisión bibliográfica se observó que la mayoría de las investigaciones siguen la siguiente metodología para la estimación del índice:

Revisión bibliográfica y selección de parámetros: En los estudios se realiza una revisión literaria para determinar los parámetros a evaluar. La elección de las variables depende del enfoque de la investigación, criterios socioeconómicos de la región, y disponibilidad de datos (Bartzokas-Tsiompras et al., 2023).

Estimación de pesos: Después de la selección de los parámetros, se realiza una encuesta a grupos focales (Golan et al., 2019) o un juicio de expertos (Velázquez et al., 2023), con el fin de determinar los pesos y la jerarquía de cada parámetro. La estimación de porcentajes se puede hacer mediante procesos de jerarquía analítica difusa (Dasari & Gupta, 2023), modelos de elección discreta (Arellana et al., 2020), modelos de regresión lineal múltiple (Rahman, 2022)(Habibian &

Hosseinzadeh, 2018)(Golan et al., 2019), algoritmos (Ki et al., 2023) o un promedio de porcentajes (Beltsiou et al., 2023).

Ecuación del índice: Posteriormente se determina una ecuación para el índice. En la mayoría de los estudios es una suma ponderada del peso de cada criterio evaluado por la puntuación del criterio (Golan et al., 2019)(Bartzokas-Tsiompras et al., 2023)(Mitropoulos et al., 2023a). En algunos casos el índice corresponde al promedio de la puntuación de cada criterio (Lam et al., 2022).

Área de estudio: Si la investigación cuenta con herramientas SIG, el área de estudio acoge a toda la ciudad, en caso contrario, se seleccionan segmentos de calle de acuerdo con el nivel socioeconómico (Arellana et al., 2021), la funcionalidad de la calle, su atractivo turístico (Velázquez et al., 2023), un uso predominante del suelo, su topografía (Rahman, 2022), su nivel de motorización o cualquier otro criterio de selección que el investigador requiera.

Recopilación de datos: En esta etapa, los investigadores obtienen la información de Walk Score (Ki et al., 2023), Google Street View (Yin et al., 2020), entidades gubernamentales o municipales (Yin et al., 2020), institutos de estadística o a través de la observación física y reconocimiento de calles (Dasari & Gupta, 2023) (Boongaling et al., 2022).

Tratamiento de datos: Si las calificaciones de los parámetros son diferentes entre sí, es decir, las respuestas no están en una misma escala, los datos se deben llevar a un mismo rango de puntuación, por lo cual se hace una parametrización o una puntuación Z (Ki et al., 2023)(Beltsiou et al., 2023)(Arellana et al., 2021).

Cálculo del índice: Para la estimación del índice se hace uso de herramientas SIG, hojas de cálculo, o paquetes estadísticos donde se determine el nivel de confianza y significancia de los

resultados (Castro Mesa, 2021)(Hino et al., 2022). Finalmente se obtiene un mapa de caminabilidad.

2.5 Índices de caminabilidad en Colombia

En la revisión bibliográfica se identificó que únicamente existen investigaciones de índices de caminabilidad en dos ciudades de Colombia: Bogotá y Barranquilla, como lo indica la Tabla 2:

Tabla 2

Parámetros y metodologías de índices de caminabilidad en Colombia

Autor	Lugar	Parámetros	Metodología
Castro Mesa (2021) (Castro Mesa, 2021)	Bogotá	Infraestructura; Seguridad vial; Seguridad ciudadana; Acceso al destino; Comodidad	Análisis de componentes y suma ponderada.
Fan et al. (2021) (Arellana et al., 2021)	Barranquilla	Densidad de intersecciones; Densidad de población; Densidad comercial; Entropía del uso del suelo	Puntuación Z y suma ponderada.
Saltarín Molino (2017) (Alejandra Saltarín Molino Tutores et al., 2017)	Barranquilla	Movilidad peatonal; Seguridad vial; Seguridad ante robos; Comodidad; Atractividad	Modelo de elección discreta y suma ponderada.

Los resultados obtenidos en Bogotá demuestran que las preferencias y percepciones de componentes del índice de caminabilidad dependen del tipo de usuario, de su edad y de su nivel socioeconómico, por ejemplo, en zonas donde el estrato es alto, el elemento más valorado es la seguridad ciudadana. Al mismo tiempo que las personas mayores valoran más la infraestructura peatonal mientras que los jóvenes valoran más la seguridad vial (Castro Mesa, 2021).

Los hallazgos en Barranquilla indican que la personas que más pueden captar los beneficios de caminar son las personas ricas, sin embargo, estas optan por otros modos de transporte (Arellana et al., 2021).

Adicionalmente, se demostró que existe un fuerte desajuste entre la planificación y la inversión hacia los diferentes sectores sociales y en consecuencia las poblaciones sociales aventajadas tienen menos barreras que las zonas más desfavorecidas de la ciudad (Arellana et al., 2021).

Por último, la evidencia de la falta de investigaciones de caminabilidad en ciudades medianas y pequeñas de Colombia hacen que esta investigación sea necesaria y pionera para establecer un precedente en la ciudad de Bucaramanga.

2.6 Caminabilidad y perspectiva de género

De acuerdo con la perspectiva de género, las mujeres asumen el espacio público a partir de sus roles; Algunos ven la calle como un entorno comercial y de trabajo, mientras que otros la ven como un lugar para la interacción social, el movimiento y la recreación (Páramo & Arroyo, 2011); Sin embargo, el espacio público configura los roles de género para ambos tipos. A través de las condiciones espaciales, se proporcionan comportamientos que limitan las experiencias de las mujeres. Por ejemplo, la ubicación de las viviendas puede facilitar o restringir la cantidad de ingresos generados dentro del hogar teniendo en cuenta la baja seguridad que generan los espacios callejeros en cuanto a caminar se refiere (Páramo et al., 2021).

Otro ejemplo, es la inseguridad o el miedo que generan las calles mal iluminadas, con altas tasas de agresión, delitos sexuales y robos. Estos peligros hacen que las mujeres opten por modificar rutas y horarios de desplazamiento, o en última instancia evitar los viajes y recluirse en sus casas (Páramo et al., 2021).

Por otra parte, algunos estudios mostraron que las mujeres perciben ciudades capitales como Bogotá y Tunja como entre baja y moderadamente transitables. Factor que afecta de manera

significativa la experiencia al querer usar el espacio público para transitar de manera tranquila, sin necesidad de transporte público o vehículo particular (Páramo et al., 2021).

Con lo anteriormente expuesto, se puede concluir que la mejora de aspectos de la caminabilidad como la iluminación, infraestructura, señalización y seguridad contribuye a la resolución de problemas sociales, en pro del bienestar de poblaciones vulnerables, personas con discapacidades, mujeres y niñas.

Finalmente es necesario reconocer que, si bien la peatonalización de las ciudades es una alternativa viable en la solución de problemas medioambientales, de movilidad, y de congestión, también es preciso evaluar si en el diagnóstico y valoración del estado actual de zonas urbanas es factible la aplicación de un índice de caminabilidad con enfoque de género en un caso de estudio en la ciudad de Bucaramanga. Toda vez que el índice contribuya con la identificación de las deficiencias de mayor relevancia y permita a los planificadores y diseñadores una mejor toma de decisiones.

3. Metodología

Esta sección presenta metodologías de evaluación del índice de caminabilidad y los criterios de selección de las zonas de estudio utilizados en la presente investigación.

3.1 Metodologías para hallar el índice de caminabilidad

De acuerdo con la revisión literaria se identificaron las siguientes metodologías:

3.1.1 Cálculo del índice técnico de caminabilidad sensible al género

Este método fue elaborado por (Sabino et al., 2022). El índice consta de 6 categorías y 23 variables. Para su análisis es necesario una ruta de 800 metros lineales dividida en tramos de 100 metros.

En la Tabla 3 se exponen las variables de evaluación y la forma de medirlas.

Tabla 3

Índice técnico de caminabilidad sensible al género

	N°	VARIABLES	¿Cómo medir?
Acera	1.	Ancho de la acera libre (Sin obstrucciones y mobiliario)	Medida con cinta métrica
	2.	Material de la acera (Hormigón, baldosa, empedrado o piedra)	Observación visual
	3.	Condiciones del pavimento (Presencia de agujeros y desniveles)	Recuento de agujeros y medida desniveles
	4.	Inclinación longitudinal y transversal de la acera	Observación visual
Conectividad	5.	Continuidad de la acera (Presencia de desvíos y cruces)	Observación visual
	6.	Distancia hacia estaciones o paradas de autobús	Medida de Google Maps
	7.	Ciclovías	Observación visual
	8.	Existencia de pasajes para otras calles (Plazas, parques y espacio público)	Medida de Google Maps y registro fotográfico
Seguridad vial	9.	Velocidad máxima de la vía	Medida tomada de la señalización y registro fotográfico
	10.	Distribución vial	Observación y registro fotográfico
	11.	Número de cruces	Observación y registro fotográfico
	12.	Cruces con rampas y semáforos sonoros	Observación y registro fotográfico
Fachadas	13.	Fachadas ciegas	Observación visual y medida con cinta métrica

Confort y mobiliario	14. Número de establecimientos con acceso para peatones	Recuento de número de accesos	
	15. Uso del suelo de la planta baja (Zona residencial, atracciones históricas, establecimientos comerciales, entre otros)	Recuento de usos	
	16. Entrada de vehículos	Recuento de entradas de vehículos en lotes	
	17. Sombra y refugio	Observación visual	
	18. Obstáculos y vegetación	Observación visual	
	19. Mobiliario urbano	Observación visual	
	20. Alumbrado público	Observación visual y registro fotográfico	
	Señalización	21. Señalización con mapas	Observación visual y registro fotográfico
		22. Representatividad de la mujer	Observación visual y registro fotográfico
23. Señalización de preferencia para peatones		Observación visual y registro fotográfico	

El cálculo del índice se desarrolla de la siguiente manera:

1. Se evalúan las 6 categorías y las 23 variables en cada uno de los tramos de 100 m, la categoría de acera, conectividad, fachadas y edificaciones, confort y mobiliario deben ser valoradas a cada lado de la calle de manera independiente. Cada variable tendrá una puntuación entre 1 – 4 conforme a los criterios o estándares establecidos en la metodología (ver Tabla 10).
2. El índice por variable se calcula con la ecuación (1), donde $A, B \dots H$ corresponden a la puntuación de la variable por tramo y n al número de tramos.

$$i = \frac{\sum(A, B, C, D, E, F, G, H)}{2n} \quad (1)$$

3. El índice por categoría se halla con un promedio aritmético como lo indica la ecuación (2), donde n es el número de variables por categoría:

$$IC = \frac{\sum(i_1, i_2, \dots, i_n)}{n} \quad (2)$$

3.1.2 Índice de caminabilidad a nivel ciudad

Esta metodología fue desarrollada por (Castro Mesa, 2021). El índice es evaluado por tramo vial o tramo de cuadra. Este método es especialmente usado con programas SIG, dado que maneja datos de entes gubernamentales y de Google, como lo indica la Tabla 4.

Tabla 4

Índice de caminabilidad a nivel de ciudad.

	N°	Componente	¿Cómo medir?
Infraestructura	1.	Presencia de andén	Medir en el tramo vial - API Google
	2.	Ancho del andén	Tramo vial - API Google
	3.	Calidad del andén (Presencia de grietas y huecos)	Tramo vial
	4.	Presencia de rampas o infraestructura especial	Tramo vial
	5.	Presencia de invasión del andén	Tramo vial
Seguridad vial	6.	Velocidad del transporte motorizado	Tramo vial - API Google
	7.	Flujo vehicular	Tramo vial - API Google
	8.	Presencia de un dispositivo de control de tráfico	Tramo vial -Secretaria de Movilidad
	9.	Historial de accidentes de tránsito	Tramo vial -Secretaria de Movilidad
	10.	Tiempo de paso de un andén hacia otro	Tramo vial - API Google
Seguridad ciudadana	11.	Presencia de cámaras de seguridad	Tramo vial
	12.	Presencia de estaciones de policía	Tramo vial
	13.	Flujo peatonal	Secretaria de Movilidad

	14.	Historial de delitos (Robos, delitos y homicidios)	Alcaldía municipal
	15.	Calidad de iluminación	Tramo vial
Acceso al destino	16.	Densidad comercial	Cámara de comercio
	17.	Densidad institucional	Secretaria de Planeación
	18.	Densidad residencial	Secretaria de Planeación
	19.	Acceso al transporte público	Tramo vial - Secretaria de Movilidad
	20.	Densidad de espacios abiertos	Secretaria de Planeación
	Comodidad	21.	Presencia de árboles
22.		Calidad de edificios de acuerdo con estrato socioeconómico	Alcaldía municipal
23.		Nivel de congestión	Tramo vial - API Google
24.		Pendiente del tramo vial	Tramo vial -secretaria de planeación
25.		Longitud de cuadras	Tramo vial - Google Maps - API Google

API: Interfaz de programación de aplicación

Para la estimación del índice se ejecuta el siguiente procedimiento:

1. Determinar los pesos de cada factor y componente mediante una encuesta tipo ranking. El encuestado debe clasificar la importancia de los componentes en cada factor.
2. Con los resultados de la encuesta, un modelo de elección discreta y un modelo logit multinomial se estima la probabilidad de preferencia de un factor o componente con el fin de determinar su peso; el modelo tiene en cuenta las características individuales del usuario, como el nivel socioeconómico, rango de edad y género.
3. Evaluar los 5 factores conformados por 25 componentes en el tramo vial. Cada componente tiene una puntuación entre 0 y 1 de acuerdo con los estándares establecidos en la metodología

(Donde 0 es una calificación baja y 1 es una calificación buena). **Nota:** Si las calificaciones de los criterios no se evalúan entre 0 y 1, las puntuaciones se deben convertir en un valor Z basado en los valores registrados de la ciudad.

4. Finalmente, el índice se halla mediante la ecuación (3), donde P_o es el peso de factor, P_r es el peso del componente y C_r es la calificación del componente.

$$WI = \sum P_o * P_r * C_r \quad (3)$$

3.1.3 Índice de transitabilidad

El índice hecho por (Dasari & Gupta, 2023), evalúa caminos o segmentos de calle que tienen un uso de suelo predominante (Residencial, comercial, área pública o semipública), esta metodología recopila características geométricas y datos cualitativos de la calle como se evidencia en la tabla 5.

Tabla 5

Índice de transitabilidad

	N°	Componente	¿Cómo medir?
Junto a las instalaciones	1.	Ancho de la acera, altura del bordillo, longitud de la rampa, ancho de la rampa, pendiente de la rampa, ancho muerto	Medir en la calle
	2.	Calidad de la superficie de la acera, material	Observación visual
	3.	Continuidad de acera	Observación visual
	4.	Drenajes	Observación visual
	5.	Obstrucciones	Medir en la calle
En todas las instalaciones	6.	Ancho de paso de cebra	Medir en la calle
	7.	Espacio entre bolardos	Medir en la calle
	8.	Distancia de la línea de parada desde el cruce	Medir en la calle

	9.	Refugio peatonal en mediana para ancho de cruce	Medir en la calle
	10.	Altura de refugio peatonal	Medir en la calle
	11.	Rampa de refugio peatonal e	Observación visual
	12.	Pendiente de rampa de acceso	Observación visual
	13.	Área de isla	Medir en la calle
	14.	Tiempo de espera para cruzar	Medir en la calle
	15.	Obstrucciones en los cruces	Observación visual
	16.	Fase de señal peatonal	Observación visual
Servicios en la calle	17.	Espaciado del alumbrado público	Medir en la calle
	18.	Altura del alumbrado público	Medir en la calle
	19.	Altura de señalización	Medir en la calle
	20.	Ancho de las baldosas guía	Observación visual
	21.	Distancia desde el borde de la acera	Medir en la calle
	22.	Azulejos de advertencia	Observación visual
	23.	Servicio-Bancos	Observación visual
	24.	Acceso a baños públicos	Medir el tiempo de desplazamiento
	25.	Sombra y cubierta para la lluvia	Observación visual
Seguridad vial	26.	Vehículos que se detienen ante los peatones	Medir en la calle
	27.	Velocidad de los vehículos	Medir en la calle
	28.	Distancia de los elementos calmantes del tráfico desde el cruce	Medir en la calle
	29.	Barandillas peatonales - Altura	Medir en la calle

Seguridad	30.	CCTV – Circuito cerrado de televisión	Observación visual
	31.	Duración de CCTV	Medir en la calle
	32.	Visibilidad	Observación visual
Microclima	33.	Niveles de ruido	Medir en la calle
	34.	Ventilación	Observación visual
	35.	Calor -Exposición al sol	Observación visual
Paisaje urbano	36.	Altura libre de árboles en calle	Medir en la calle
	37.	Dimensiones del foso	Medir en la calle
	38.	Rejilla para alcorques	Observación visual
	39.	Limpieza	Observación visual
	40.	Fachada activa	Observación visual
	41.	Arte callejero e instalaciones	Observación visual
Uso de tierra	42.	Mezcal de actividades -uso del suelo	Cálculo de entropía

El proceso para hallar el índice se basa en:

1. Inicialmente se recopilan los datos geométricos de la infraestructura peatonal y se evalúan los aspectos cualitativos. A cada componente se le asigna un valor entre 0 y 1, 1 representa que se cumple el estándar del componente.
2. Al mismo tiempo se les pide a los usuarios realizar una comparación por pares de los 8 parámetros principales.

3. Con la información recabada se emplea un proceso de jerarquía analítica sintético difuso para evaluar la ponderación de los 8 parámetros principales teniendo en cuenta la percepción del usuario.
4. Por último, se halla el índice mediante la ecuación (4), donde U_{wj} es la ponderación del parámetro principal y SSP_j es la puntuación de los subparámetros bajo el parámetro principal j .

$$WI = \sum U_{wj} * \left(\sum SSP_j \right) \quad (4)$$

3.1.4 Índice de accesibilidad peatonal

Este índice fue diseñado por (Alejandra Saltaín Molino Tutores et al., 2017), evalúa los tramos de cuadra o manzana, sus atributos son los consignados en la tabla 6.

Tabla 6

Índice de accesibilidad peatonal

	N°	Atributos	¿Cómo medir?
Movilidad peatonal	1.	Ancho del andén	Medir en la calle
	2.	Condición del andén	Observación visual
	3.	Obstáculos en el andén	Medir en la calle
	4.	Discontinuidad en el andén	Medir en la calle
Seguridad vial	5.	Velocidad vehicular	Plan Maestro de movilidad – Dirección de tránsito
	6.	Volumen vehicular	Plan Maestro de movilidad – Dirección de tránsito
	7.	Semáforos en la vía	Google Earth
	8.	Cebras o puentes peatonales en la vía	Google Earth

	9.	Tiempo de cruce de calle	Google Earth
	10.	Policía a la vista	Google Earth
	11.	Cámaras de seguridad	Google Earth
Seguridad	12.	Presencia de otros usuarios	Plan Maestro de movilidad – Dirección de tránsito
	13.	Conocimiento de zonas peligrosas	Índices de peligrosidad de bases de datos de policía u otras.
	14.	Grafitis en los edificios	Google Earth
	15.	Visibilidad agradable a la vista	Google Earth
Comodidad	16.	Ancho de la calle	Google Earth
	17.	Árboles en el andén	Google Earth
	18.	Limpieza en el andén	Google Earth
Atractividad	19.	Comercio	Google Earth
	20.	Instituciones o industrias	Google Earth
	21.	Parques o recreación	Google Earth
	22.	Residencia	Google Earth
	23.	Acceso al transporte público	Base de datos secundaria y herramientas SIG

Los pasos para calcular el índice son:

1. Realizar encuestas de percepción tipo ranking sobre las preferencias de los usuarios con respecto a los elementos de la infraestructura, atractividad, seguridad vial y ciudadana, con el fin de obtener la importancia de cada factor. Las encuestas deben ser estructuradas mediante modelos de elección discreta.
2. Hallar los pesos de cada atributo mediante un modelo logit multinomial.

3. Dar una puntuación entre 0 y 1 a cada atributo (0 representa que no se cumple el criterio y 1 representa que se cumple satisfactoriamente con las condiciones).
4. Estimar el índice mediante la ecuación (5), donde W_p es el peso del componente, W_{ip} es el peso del atributo y C_{ip} es la puntuación del atributo.

$$WI = \sum W_p * \left(\sum W_{ip} * C_{ip} \right) \quad (5)$$

3.1.5 Índice de accesibilidad a la infraestructura

Este índice fue desarrollado por (Mitropoulos et al., 2023b), para medir la accesibilidad a los accesos peatonales, transporte público y ciclovías. La metodología se aplica a un tramo de carretera que se define como el tramo que se sitúa entre dos vías paralelas.

Tabla 7

Índice de accesibilidad a la infraestructura

	Nº	Indicador	¿Cómo medir?
Acera	1.	Ancho de acera	Medir en la vía
	2.	Ancho libre mínimo para peatones	Medir en la vía
	3.	Altura libre mínima para peatones	Medir en la vía
	4.	Marca de estacionamiento a lo largo de la acera	Observación visual
	5.	Vehículos legalmente estacionados a lo largo de la acera	Medir en la vía
	6.	Espacio de estacionamiento seguro para personas con discapacidad (PCD)	Medir en la vía
	7.	Accesibilidad para PCD (Disponibilidad de pavimento táctil, acera uniforme sin fallas ni grietas, pavimento táctil uniforme y sin interrupciones)	Observación visual
Cruce de peatones	8.	Disponibilidad de paso de peatones	Observación visual
	9.	Accesibilidad (Ancho mínimo para peatones, disponibilidad de rampa de entrada y salida)	Medir en la vía

	10.	Seguridad (Libre de obstáculos)	Observación visual
	11.	Señalización (disponibilidad de marcas en el pavimento, estado de las marcas, disponibilidad de una baliza intermitente)	Observación visual
	12.	Accesibilidad para PCD (disponibilidad de aviso sonoro, disponibilidad de botón de paso de peatones, disponibilidad de cúpulas truncadas amarillas)	Observación visual
Ciclovía	13.	Ancho mínimo deseado para ciclovía	Medir en la vía
	14.	Separación mínima deseada entre ciclovías y vehículos motorizados	Medir en la vía
	15.	Estacionamiento y parada de vehículos de motor a lo largo de la ciclovía según las normas previstas	Observación visual
	16.	Movimiento ininterrumpido a lo largo del carril bici	Observación visual
	17.	Materiales apropiados para ciclovías que permitan que todos los modos activos se muevan sin vibraciones	Observación visual
	18.	Disponibilidad de señales apropiadas a lo largo de la ciclovía	Observación visual
Transporte público TP	19.	Disponibilidad de corte de bordillo inclinado	Observación visual
	20.	Disponibilidad de tiras de advertencia táctiles amarillas para indicar paradas del TP	Observación visual
	21.	Estacionamiento y parada de vehículos motorizados antes y después de las paradas del TP según las regulaciones proporcionadas	Observación visual
	22.	Disponibilidad de refugios	Observación visual
	23.	Disponibilidad de asientos tipo banco	Observación visual
	24.	Disponibilidad de otros muebles de parada de PT (identificación de parada, horario de ruta, información en tiempo real, capacidades de audio)	Observación visual

1. Los datos de la infraestructura son recopilados mediante una auditoría. La auditoría usa una lista de verificación que formula preguntas alrededor de cada indicador. **Nota:** La auditoría se realiza para cada lado de la carretera (Izquierda-derecho), y se estima un índice para cada lado; el promedio de estos dos valores corresponderá al índice de accesibilidad de la sección vial.

2. Se realiza una encuesta para determinar las ponderaciones relativas de acuerdo con los tipos de infraestructura.
3. Se halla el índice mediante la ecuación (5), donde $k = (1)$ *acera*, (2) *cruce de peatones*, (3) *ciclovia*, (4) *Paradas de transporte público* y w_k , es el peso por tipo de infraestructura. El índice tiene una calificación entre: 0 y 100, y su interpretación se da de la siguiente manera: No accesible (0); Mala accesibilidad (1–25); Accesibilidad moderada (26–50); Accesibilidad satisfactoria (51–75); Excelente accesibilidad (76–100).

$$WI = \sum_{k=1}^4 I * w_k \quad (5)$$

3.2 Selección de metodología

Con el fin de completar a cabalidad con los objetivos propuestos se han analizado de manera detallada los diferentes métodos encontrados para el cálculo del índice de caminabilidad sensible al género, teniendo en cuenta los diferentes ítems necesarios en cada caso y las limitaciones en la obtención de información en el casco urbano de Bucaramanga, se tomó a la decisión de elegir la metodología propuesta por (Sabino et al., 2022), ya que los datos de entrada necesarios están al alcance de los autores y además, particularmente es de las pocas metodologías de la literatura que incorpora el tema de género dentro de los análisis.

Este método consta de 6 categorías necesarias para la obtención del índice de caminabilidad, además analiza los elementos de la caminabilidad con perspectiva de género. Por ejemplo, en la categoría de acera tiene en cuenta que las dimensiones de la franja peatonal garantizan el acceso a mujeres en sillas de ruedas y mejora la experiencia de mujeres que realizan tareas domésticas y de cuidado. También el estado de la acera y su inclinación brinda la sensación

de comodidad, seguridad y regularidad en mujeres embarazadas o de la tercera edad (Sabino et al., 2022).

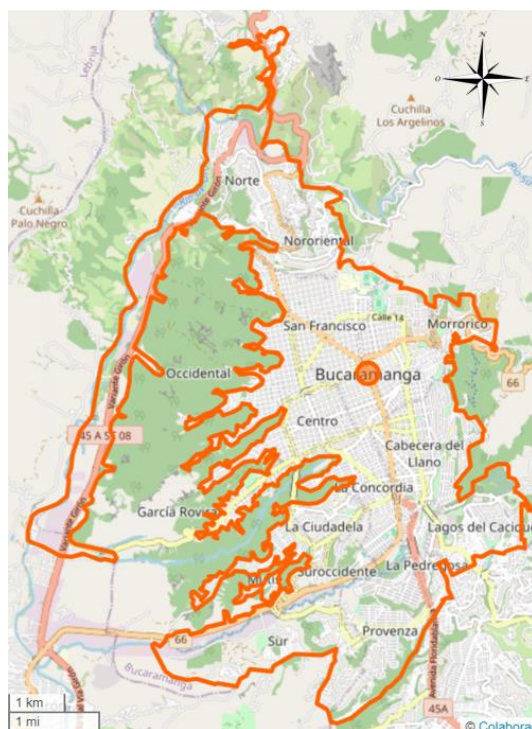
Este índice cuenta con factores favorables al momento de reunir la información necesaria como, por ejemplo: no se tiene en cuenta información suministrada por el municipio que en ocasiones pueden ser de difícil acceso, en cambio, los datos utilizados en este caso son tomados de manera manual y visual, en las diferentes zonas donde se quiera aplicar el índice.

3.3 Área de estudio

Esta investigación se realizó en el perímetro urbano de Bucaramanga (Figura 1).

Figura 1

Perímetro urbano de Bucaramanga



Nota. Adaptado de Open Street Map

Durante la actualización del Plan Maestro de Movilidad del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB) (2022-2037) se identificó que los viajes realizados a pie en Bucaramanga tienen una baja participación en los modos de transporte. Por ejemplo: el 5,9% de viajes por motivo de trabajo son a pie mientras que por motivos de estudio son de 3,4% y por motivos de compras son del 19,4% (*Actualización Plan Maestro de movilidad - AMB, s. f.*)

Adicionalmente, se identificó que las áreas peatonales del AMB no cuentan con la infraestructura adecuada para que sus corredores sean accesibles. Así el 28,6% de los andenes están en mal estado, el 43% de los corredores estratégicos no tienen andenes en uno o ambos costados, y el 65% de los andenes tienen un ancho inferior o igual a 60 cm, por lo cual no se garantiza la circulación segura y continua a peatones (*Actualización Plan Maestro de movilidad - AMB, s. f.*).

Por lo anteriormente expuesto, el Plan Maestro Metropolitano de Movilidad (PMMM) concibe en una de sus líneas estratégicas la ejecución de un proyecto para el diseño e implementación de una red caminable principal (*Actualización Plan Maestro de movilidad - AMB, s. f.*).

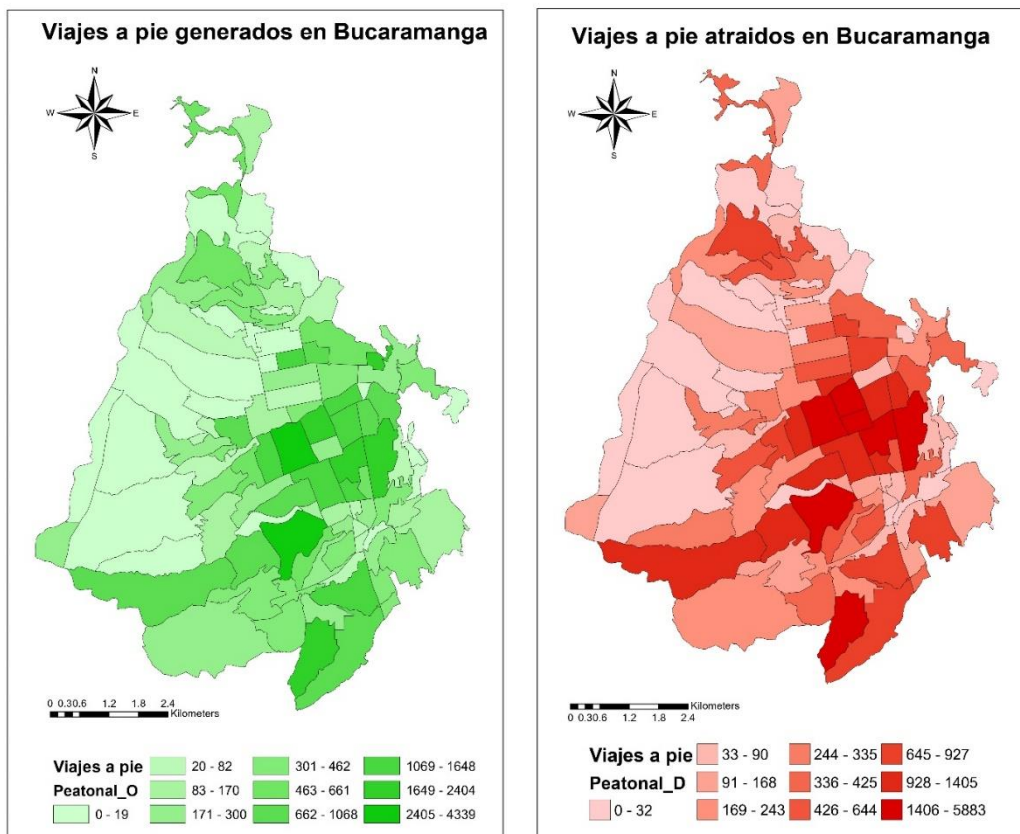
3.4 Selección de zonas para el cálculo del índice

Inicialmente se revisó la Encuesta Origen Destino de Hogares desarrollada en el marco de la actualización del PMMM (*Actualización Plan Maestro de movilidad - AMB, s. f.*). En dicha encuesta se evaluó las características socioeconómicas y el modo de transporte de los usuarios por Zonas de Análisis de Transporte (ZAT). El AMB cuenta con 152 ZAT, de las cuales 101 son del municipio de Bucaramanga (*Actualización Plan Maestro de movilidad - AMB, s. f.*).

Dentro del modo de transporte se cuantificaron los viajes a pie. En la Figura 2, se muestra el número de viajes peatonales generados y atraídos en el día para cada una de las ZAT de Bucaramanga.

Figura 2

Viajes a pie diarios en Bucaramanga



Nota. Adaptado a partir de la información de la Encuesta de Movilidad 2022

Posteriormente se buscó en la versión online del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) de Bucaramanga (2014-2027), un mapa que asociara el predio del perímetro urbano con su

respectivo estrato socioeconómico (*POT Bucaramanga 2014 - 2027*, s. f.), con el fin de comparar los mapas y localizar las zonas de mayor y menor tránsito peatonal por estrato socioeconómico.

Para esta investigación se elige una zona de mayor y menor tránsito peatonal generado por cada nivel socioeconómico con el fin de comparar y encontrar diferencias en la transitabilidad.

Como resultado de lo anterior, en la Tabla 8 se identificaron las zonas de mayor tránsito peatonal a partir de los viajes generados:

Tabla 8

Zonas de mayor tránsito peatonal

Estrato socioeconómico	Zonas
Nivel bajo (Estrato 1 y 2)	Carrera 18 #22 - Carrera 18 # 35
Nivel medio (Estrato 3 y 4)	Calle 55 #3 - Calle 56 # 14 (Real de minas)
Nivel alto (Estrato 5 y 6)	Carrera 33 #42 - Carrera 33 #51a

Por otra parte, las zonas de menor tránsito peatonal a partir de los viajes generados por día son las consignadas en la Tabla 9:

Tabla 9

Zonas de menor tránsito peatonal

Estrato socioeconómico	Zona
Nivel bajo (Estrato 1 y 2)	Carrera 15 # 13 - Carrera 15 #22
Nivel medio (Estrato 3 y 4)	Carrera 24 # 14 - Carrera 24 # 22
Nivel alto (Estrato 5 y 6)	Carrera 51 #52 - Carrera 51#50

En la figura 3,4 y 5, se muestran las zonas ubicadas en el perímetro urbano de Bucaramanga, las zonas azules son las de mayor tránsito peatonal y las zonas rojas, las de menor tránsito peatonal por día.

Figura 3

Zonas de estudio

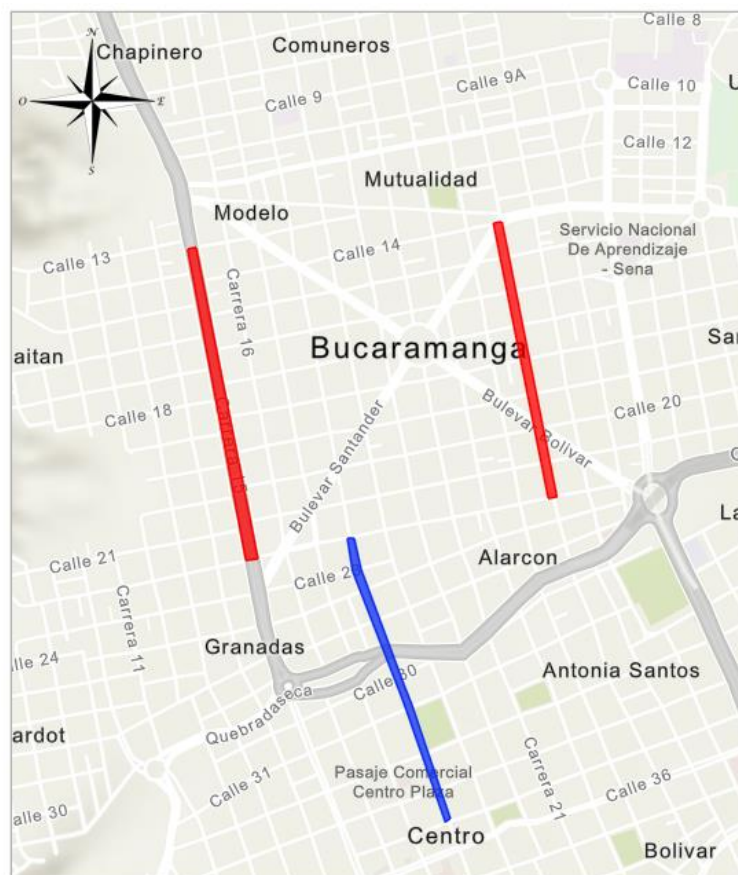


Figura 4

Zonas de estudio.

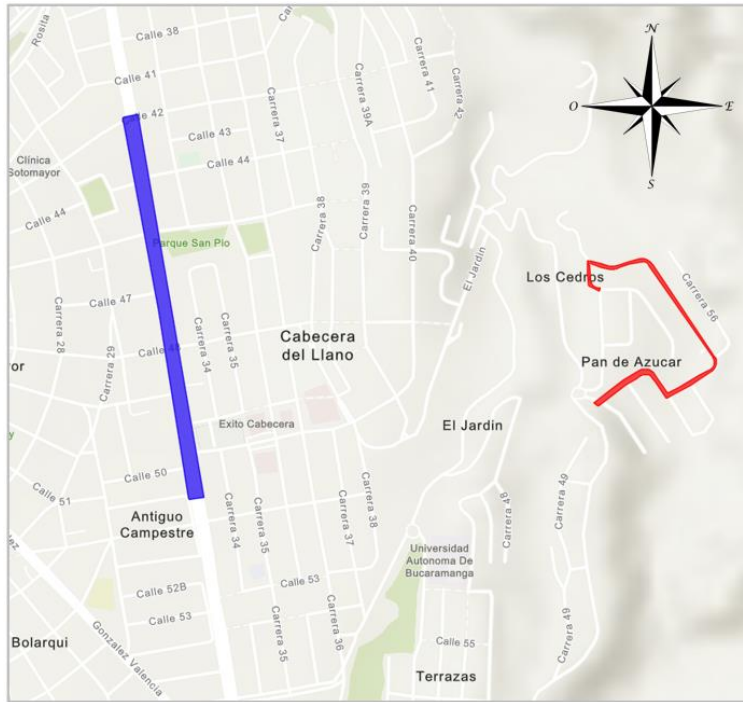
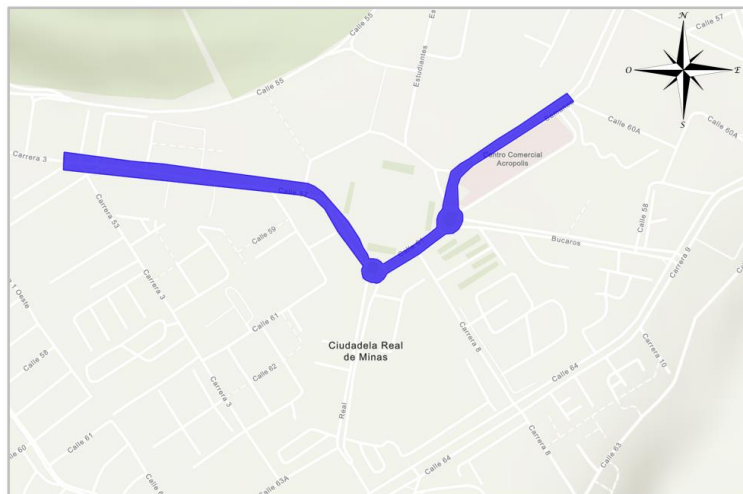


Figura 5

Zonas de estudio



3.5 Puntuación y criterios de las variables del índice

El índice técnico de caminabilidad sensible al género tiene 23 variables agrupadas en 6 categorías, que se puntúan entre 1 - 4. La calificación de cada variable depende de los criterios consignados en la Tabla 10.

Tabla 10

Puntuación y criterios de las variables

Categoría-Variable	Puntuación y criterios				
	1	2	3	4	
Franja peatonal	< 1,2 m	1,2 m – 1,5 m	1,5 m - 1,8 m	≥ 1,8 m	
Acera	Material	Inexistencia de pavimento en la totalidad del tramo	> 75% del tramo con vibración media. >25% del tramo con vibración fuerte	< 75% del tramo con vibración media. < 25% del tramo con vibración fuerte	Hay pavimento con superficie antideslizante y sin vibración
	Condiciones del pavimento	> 10 agujeros y desniveles	6 - 10 agujeros y desniveles	1 - 5 agujeros y desniveles	No hay agujeros y desniveles
	Inclinación	>50% del tramo con pendiente (<i>m</i>) longitudinal ≠ <i>m</i> - calle	<i>m</i> -longitudinal = <i>m</i> -calle 30% - 50% de <i>m</i> -transversal es perceptible	<i>m</i> -longitudinal = <i>m</i> -calle < 30% de la <i>m</i> -transversal es perceptible	<i>m</i> - longitudinal = <i>m</i> -calle y no hay <i>m</i> - transversal perceptible
	Continuidad	No hay linealidad y los cruces son > 2 metros de separación	Hay interrupciones y/o el cruce está ≤2 metros de la línea del lote	Hay desvíos y los cruces están en la continuidad de la franja peatonal, pero no a nivel	La franja peatonal es lineal en todo el tramo.
Conectividad	Acceso al transporte público	> 500 m hay una parada de autobús convencional.	300 - 500 m hay una parada de autobús convencional	< 300 m hay una parada de autobús convencional	< 200 m hay una parada de autobús convencional
	Infraestructura ciclovitaria	No hay	No hay, pero hay estacionamiento de bicicletas	Ciclovías segregadas del transporte motorizado	Ciclovías segregadas con continuidad en todas las direcciones
	Permeabilidad	No hay pasaje en el tramo	Un pasaje de acceso público de 12 h al día.	Un lateral de bloque o pasaje de acceso	> 1 lateral de bloque y pasaje de acceso

				público de > 12 h al día.	público de 24 h al día.
	Velocidad máxima	> 50 km/h	≤ 50 km/h	≤ 40 km/h	≤ 30 km/h
Seguridad vial	Distribución vial	Espacio vial predominante sin estacionamientos	Espacio vial más ancho que las aceras, con estacionamientos	Aceras más anchas que espacio vial, con estacionamiento y ciclovía	Vía exclusiva para caminar
	Cruces	No hay	Un cruce en la esquina y sin cruces en la mitad del bloque	Cruces en todas las esquinas y un cruce en la mitad del bloque	Se puede cruzar en cualquier parte de la vía
	Accesibilidad física	No hay	<50% piso direccional y de alerta. Pocos cruces con rampas de acceso o con semáforo sonoro	Presencia de rampas de acceso, semáforos sonoros y piso direccional en >50%	Hay 100% piso direccional y de alerta, hay rampa de accesos y semáforo sonoro.
	Transparencia	>50% de extensión de fachadas ciegas	30%-50% de extensión de fachadas ciegas	< 30% de extensión de fachadas ciegas	No hay
Fachadas	Acceso	< 3 establecimientos con acceso para peatones	3 - 4 establecimientos con acceso para peatones	5 - 8 establecimientos con acceso para peatones	>8 establecimientos con acceso para peatones
	Uso mixto	1 uso	2-3 Usos	4 usos	> 5 usos
	Entrada de vehículos	>8 accesos de vehículos en lote	4-8 accesos de vehículos en lote	<3 accesos de vehículos en lote	No hay accesos de vehículos a lotes
Confort y mobiliario	Sombra y refugio	No hay	<50% del tramo con refugio	>50% del tramo con refugio	100% del tramo con refugio
	Transparencia de los mobiliarios	Hay mobiliario, de 1,50 m de alto x 1,20 m de ancho.	Hay mobiliario, de 0,8 m - 1,50 m de alto x 0,4 m - 1,20 m de ancho.	Hay mobiliario, de 0,8 m de alto x 0,4 m de ancho.	No hay mobiliario
	Oportunidad de sentarse	No hay	Hay un asiento improvisado	Hay un asiento formal y público	> 1 asiento formal y público
	Iluminación	No hay alumbrado público	Hay alumbrado público, dirigido a la vía con un poste en la acera	Hay alumbrado público dirigido a la acera y cruces con obstrucciones	Hay alumbrado público dirigido a la acera y cruces sin obstrucciones

Señalización	Indicaciones para peatones	No hay	Hay señalización del nombre de la calle e indicación de cruces	Hay señalización en las paradas de autobús	Hay mapas de entorno e indicación del equipamiento urbano
	Representatividad e información dirigida	No hay	Hay información institucional sobre la denuncia de la violencia contra la mujer.	Hay representatividad con el nombre de la calle	Hay representatividad con el nombre de la calle e información de denuncia de violencia contra la mujer.
	Preferencia para peatones	Hay señalización que restringen la circulación peatonal	No hay señalización dirigida a vehículos sobre la presencia de peatones	Hay señalización dirigida a motorizados sobre presencia de peatones	Hay señalización sobre presencia de peatones, niños, zonas escolares y cruces

3.6 Aplicación de la metodología

Para la recolección de los datos en campo se desarrolló un formulario en la aplicación ArcGIS Survey 123, en él se registró la fecha, ubicación, zona de mayor o menor tránsito generado, nivel socioeconómico, tramo y lado de aplicación del cuestionario, junto con otras 65 preguntas que incluyen tomas de medidas, observaciones y registros fotográficos que recaban la información necesaria para hallar el índice, dichas preguntas se evidencian en el **ANEXO 2**.

En la aplicación del índice se requirió el uso de un celular con la App Survey 123, acceso a internet y una cinta métrica, como se evidencia en la figura 6 y 7.

Figura 6

Toma de datos en campo

**Figura 7**

Formulario en Survey 123

5:09 p. m. 0.00 4G 60

Prueba piloto "Índice de Caminabilidad sensible al género"

Fecha

lunes, 25 de marzo de 2024

5:09 P. M.

Dirección

Carrera 18 #22 - Carrera 18 # 35

Calle 55 #3 - Calle 56 # 14 (Real de minas)

Carrera 33 #42 -Carrera 33 #51a

Carrera 15 # 13-Carrera 15 #22

Carrera 24 # 14-Carrera 24 # 22

Zona Pan de Azúcar

Zona

Elija en qué zona se encuentra

Zona con mayor tránsito peatonal generado

Zona con menor tránsito peatonal generado

Nivel socioeconómico

Elija el nivel socioeconómico de la zona

Nivel bajo

Nivel medio

Nivel alto

✓

Con ayuda de Google Maps, cada zona evaluada se dividió en 8 tramos de 100 metros. Para cada tramo y lado de la calle se aplicó el formulario, con un total de 6 zonas, 48 tramos y 96 formularios completados.

Posteriormente, se procedió con la asignación de la puntuación de las variables de acuerdo con los criterios de la Tabla 10 y la información obtenida en campo.

Luego, para el cálculo del índice por variable y zona se promedió las puntuaciones de los 16 registros existentes por variable. Para hallar el índice por categoría y zona se halló el promedio de variables que conformaban la categoría.

4. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la aplicación del índice técnico de caminabilidad sensible al género, consignados en el **ANEXO 3 y 4**.

4.1 Zonas de mayor tránsito peatonal generado

Los índices promedio por variables y categoría se muestran en la Tabla 11 y 12 respectivamente.

Tabla 11

Índice promedio por variable

	Variable	Nivel socioeconómico		
		Bajo	Medio	Alto
Acera	Franja peatonal	2,25	2,88	3,44
	Material	3,56	4,00	3,69
	Condiciones del pavimento	3,56	4,00	3,88
	Inclinación	3,63	4,00	3,81
Conectividad	Continuidad	3,56	3,81	3,69
	Acceso al transporte público	4,00	4,00	4,00
	Infraestructura cicloviaria	1,00	1,88	1,00
	Permeabilidad	1,19	1,00	1,38

Seguridad vial	Velocidad máxima	4,00	4,00	4,00
	Distribución vial	1,00	1,44	1,88
	Cruces	2,00	1,75	2,00
	Accesibilidad física	2,19	2,25	2,06
Fachadas y edificaciones	Transparencia	1,81	3,06	2,50
	Acceso	3,00	2,63	3,25
	Uso mixto	1,94	1,88	2,06
	Entrada de vehículos	3,13	3,50	3,38
Confort y mobiliario	Sombra y refugio	1,88	1,56	1,50
	Transparencia de los mobiliarios	1,88	1,00	1,00
	Oportunidad de sentarse	1,38	2,19	3,38
	Iluminación	1,94	3,50	3,38
Señalización	Indicaciones para peatones	1,06	1,56	1,44
	Representatividad e información dirigida	1,00	1,00	1,00
	Preferencia para peatones	2,00	2,50	2,19

Tabla 12*Índice promedio por categoría*

Categoría	Nivel socioeconómico		
	Bajo	Medio	Alto
Acera	3,25	3,72	3,70
Conectividad	2,44	2,67	2,52
Seguridad vial	2,30	2,36	2,48
Fachadas y edificaciones	2,47	2,77	2,80
Confort y mobiliario	1,77	2,06	2,31
Señalización	1,35	1,69	1,54

4.2 Zonas de menor tránsito peatonal generado

Los índices promedio por variables y categoría se exponen en la Tabla 13 y 14 respectivamente.

Tabla 13*Índice promedio por variable*

Variable	Nivel socioeconómico
----------	----------------------

		Bajo	Medio	Alto
Acera	Franja peatonal	3,63	2,00	1,19
	Material	3,94	2,75	4,00
	Condiciones del pavimento	4,00	2,81	3,69
	Inclinación	4,00	1,94	4,00
Conectividad	Continuidad	3,00	3,13	4,00
	Acceso al transporte público	4,00	3,81	1,00
	Infraestructura ciclovía	1,00	1,00	1,00
	Permeabilidad	1,00	1,00	1,00
Seguridad vial	Velocidad máxima	4,00	4,00	4,00
	Distribución vial	1,00	1,00	1,00
	Cruces	2,06	2,00	1,19
	Accesibilidad física	3,00	1,56	2,13
Fachadas y edificaciones	Transparencia	2,44	1,38	3,00
	Acceso	2,25	2,25	1,00
	Uso mixto	1,38	2,25	1,13
	Entrada de vehículos	2,69	2,56	2,50
Confort y mobiliario	Sombra y refugio	1,69	2,25	1,06
	Transparencia de los mobiliarios	1,00	1,06	3,63
	Oportunidad de sentarse	2,69	1,69	1,38
	Iluminación	2,00	1,81	2,19
Señalización	Indicaciones para peatones	1,94	1,13	1,00
	Representatividad e información dirigida	1,00	1,00	1,00
	Preferencia para peatones	2,06	2,00	2,13

Tabla 14*Índice promedio por categoría*

Categoría	Nivel socioeconómico		
	Bajo	Medio	Alto
Acera	3,89	2,38	3,22
Conectividad	2,25	2,23	1,75
Seguridad vial	2,52	2,14	2,08
Fachadas y edificaciones	2,19	2,11	1,91
Confort y mobiliario	1,84	1,70	2,06
Señalización	1,67	1,38	1,38

5. Análisis de resultados

En esta sección se explican los resultados obtenidos por categorías y que fueron presentados en la sección anterior.

5.1 Acera:

En esta categoría los valores más altos del índice (3,7-3,9) corresponden a andenes ubicados en calles donde predomina el uso del suelo comercial como las zonas de la carrera 15, carrera 33 y calle 55 (Real de minas).

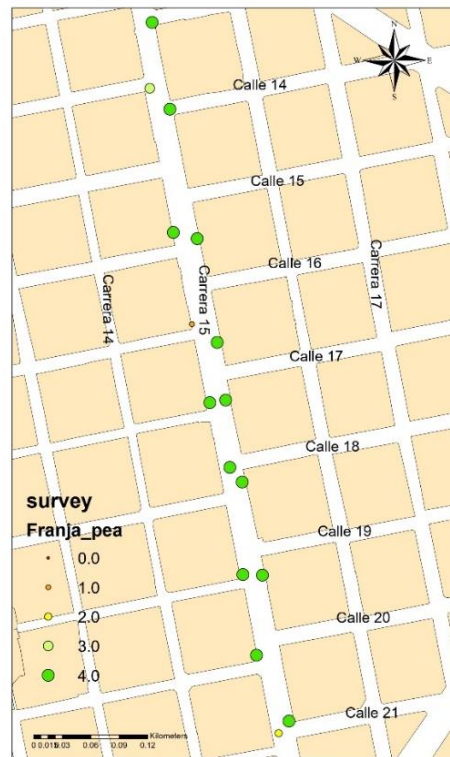
Con respecto a la medida de la *franja peatonal* se encontró que en un 72% de los tramos evaluados existe una medida mínima de hasta 2,04 m. Sin embargo, se identificó que no se cumple con las medidas mínimas obligatorias estipuladas en el Plan Maestro del Espacio Público de Bucaramanga. Para zonas residenciales y comerciales, las medidas corresponden a 1,60 y 2,60 metros respectivamente (*Guía complementaria MEP, 2018*).

En consecuencia, no se garantiza la accesibilidad a personas con diferentes condiciones de movilidad, o a mujeres que se dedican a realizar tareas domésticas y de cuidado, como en casos en donde llevan compras, acompañan a niños o llevan coches de bebé.

En la Figura 8 se muestra como varia la puntuación del índice de la variable franja peatonal en la zona mejor calificada por el índice (zona de menor tránsito peatonal de nivel bajo-Carrera 15).

Figura 8

Índice Franja peatonal

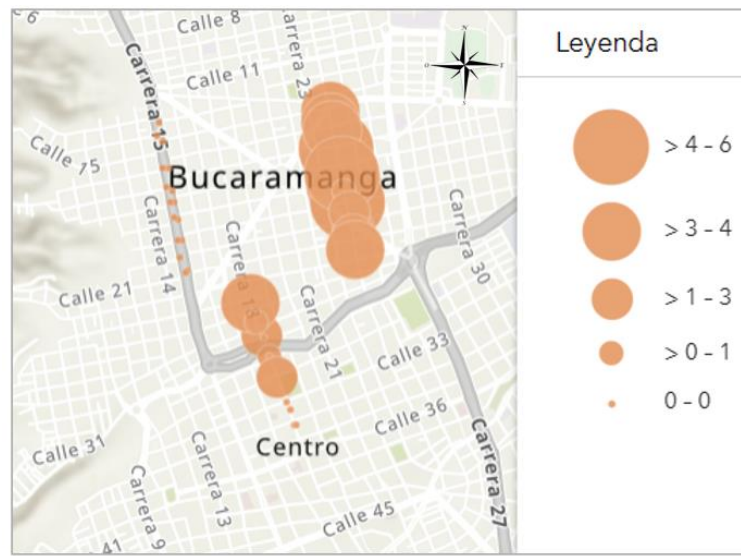


Por otra parte, en un 96 % de las zonas evaluadas, el *material de la acera* es de hormigón o concreto in-situ con una extensión que varía del 80% al 100%. Esta característica hace que la caminabilidad sea alta (índice entre 3,5 - 4), puesto que, el suelo no es resbaladizo, tiene fricción y ofrece estabilidad para transitar.

En cuanto a las *condiciones del pavimento*, se identificaron las zonas con peores registros de números de desniveles y agujeros: la carrera 24 (Índice =2,81) seguida de la carrera 18 (índice=3,56), como se ilustra en la Figura 9. Brindando la percepción de que la trayectoria no es segura, regular y uniforme.

Figura 9

Condiciones del pavimento



Referente a la variable de *inclinación* se halló que la pendiente longitudinal de la acera es igual a la pendiente de la calle en todas las zonas. Mientras que, en el 12,5% de los tramos evaluados hay una extensión entre el 10% y 70% de una pendiente transversal perceptible que afecta los desplazamientos a pie. La zona con mayor inclinación transversal es la carrera 24 (índice = 1,94).

5.2 Conectividad

Los índices más altos (2,5 - 2,7) de esta categoría corresponden a andenes ubicados en la carrera 33 y calle 55 (Real de minas), coincidiendo con los resultados de la categoría anterior.

En cuanto a la variable *continuidad* se encontró que en el 100% de las zonas no hay cruces, es decir, que las personas no tienen que salirse de la franja peatonal para hacer su recorrido. No obstante, en el 43,8% de los segmentos de calle se deben realizar desvíos por la invasión del espacio público debido al parqueo de vehículos y motocicletas, o el mal posicionamiento de postes y mobiliario.

Para esta investigación, en la variable *acceso al transporte público* únicamente se tuvo en cuenta el criterio de la distancia del tramo a paradas de autobuses convencionales, dado que el

criterio de la distancia hacia estaciones de metro no es aplicable. Las zonas de la carrera 18, calle 55 (Real de Minas), carrera 33, y carrera 15 tienen rutas de buses, por lo cual su puntuación es máxima (4). En tanto que en la zona de la carrera 24 no hay rutas, sin embargo, existen recorridos cercanos en el Bulevar Santander y Bulevar Bolívar.

Por otra parte, en la zona de la carrera 51 (Pan de azúcar) no hay rutas de buses establecidas o cercanas, debido a que sus habitantes no utilizan el transporte público, y se desplazan en vehículos particulares o motocicletas, por tanto, su puntuación es mínima (1).

En cuanto a *infraestructura ciclovitaria*, se halló que en un 92,7% de los tramos no hay ciclovía. Únicamente hay en segmentos de la calle 55 (Real de Minas), segregadas del flujo de transporte, sin estacionamiento para bicicletas y sin continuidad hacia todas las direcciones. Por lo cual, sus valores son muy bajos (1 - 1,9), lo que ocasiona que la vigilancia informal y la diversidad de personas sea menor y como consecuencia la inseguridad crezca.

Referente a *permeabilidad*, solo existen tres tramos de 100 metros que cumplen con el criterio de evaluación y son aquellos donde están ubicados dos parques, que hacen de lateral de bloque como lo son el Parque Centenario y el Parque San Pío, por lo tanto, el índice de esta variable es muy bajo (1-1,4).

5.3 Seguridad vial

En esta categoría las zonas evaluadas no tienen índices altos (2 - 2,5), lo cual evidencia que el diseño y construcción de infraestructura vial se centra más en el vehículo que en solucionar las necesidades del peatón.

La *velocidad máxima* de las vías urbanas en Bucaramanga corresponde a 30 km/h, por ende, esta variable obtiene la puntuación máxima (4), sin embargo, hay que reconocer que hace falta señalización sobre los límites de velocidad.

Por ejemplo, en la variable de *distribución vial* se encontró que en un 89,6 % de los tramos hay un espacio vial predominante en relación con las aceras, adicionalmente, no cuentan con un espacio para estacionamiento en la vía, generando que motos y vehículos invadan la franja peatonal.

Para la variable de *cruces* se halló que, en los bloques o manzanas de zonas comerciales, por lo menos hay un cruce en la esquina. En tanto que, la existencia de cruces que no están en las esquinas se registra en la carrera 33 y en la carrera 18.

En general, los cruces están señalizados, no obstante, estos presentan deterioro en su pintura. En las seis zonas los índices son bajos (1-2), debido a la ausencia de cruces en algunas direcciones, falta de señalización, y diferencia entre el nivel de la calle y nivel del andén.

En cuanto a *accesibilidad física*, los hallazgos revelan que en el 100% de las zonas no hay semáforos sonoros. En el 35,4% de los tramos no hay franja táctil. De los 156 cruces registrados, el 30% posee rampa a ambos lados de la calle. Las anteriores cifras dan pie a que la accesibilidad sea pésima (índice entre 2-3) especialmente para personas con discapacidad visual.

5.4 Fachadas y edificaciones

En esta categoría los resultados del índice son bajos en las zonas evaluadas (1,9 -2,8).

Para evaluar la variable de *transparencia*, se midió el porcentaje de fachadas ciegas (aquellas mayores a 5 metros que no tienen visibilidad hacia el interior de lote) y se demostró que en un 63 % de tramos hay fachadas ciegas, con una extensión que varía entre el 20 % y 100 % de la calle. Explicando la poca conexión visual entre espacios públicos y privados. Por ende, la sensación de seguridad en mujeres disminuye, al no advertir gente observando, hay menor posibilidad de recibir ayuda ante algún incidente en la calle.

El índice mayor de *acceso* se presenta en la carrera 33 (índice = 3,25). En zonas donde el uso del suelo es comercial, el número de accesos a establecimientos son mayores, representando mayor actividad en la calle y generando vigilancia informal.

En cuanto al *uso mixto* se identificó que los usos más frecuentes son residenciales, comercio de consumo, de alimentación y servicios. Un mayor número de usos en un tramo significa que no hay necesidad de recorrer largas distancias para llevar a cabo diferentes actividades. En las zonas de investigación hay muy poca variabilidad en los usos por ende los índices son bajos (1,1 -2,3).

La variable *entrada de vehículos* mide la cantidad de vehículos que tienen estacionamiento en los lotes adyacentes a la calle. El acceso al estacionamiento no promueve la caminabilidad, dado que, vehículos estacionados frente a lotes bloquean la visibilidad entre espacios públicos y privados provocando inseguridad en transeúntes, especialmente en mujeres y niñas. Las zonas con menor índice son aquellas que tienen uso residencial, tal como la carrera 51-Pan de Azúcar (2,5) y la carrera 24 (2,6).

5.5 Confort y mobiliario

Esta categoría evalúa los elementos que hacen que la caminata sea cómoda de acuerdo con cualquier situación climatológica. Los resultados bajos del índice (1,7 -2,3) muestran que en las zonas hay pocos elementos para brindar comodidad.

El 46% de los tramos no cuenta con cubiertas que brinden *sombra y refugio* a los peatones. En el 74 % de las zonas, existe *mobiliarios* como postes, vegetación, arbustos con unas medidas promedio de 1,5 metros de alto por 1,2 metros de ancho.

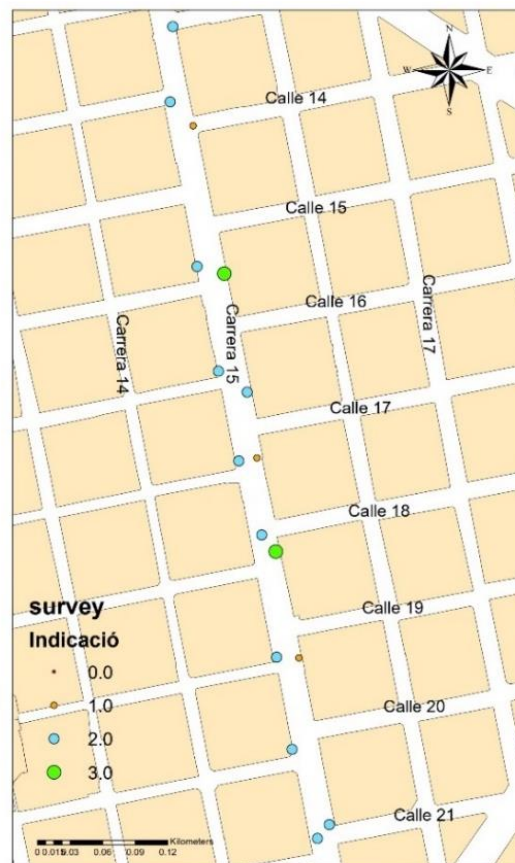
En cuanto a la categoría de *oportunidad de sentarse*, se encontró que solo hay bancos públicos y formales en algunos tramos de carrera 18, carrera 33, calle 55 (Real de minas), mientras que en los otros tramos hay asientos improvisados en escaleras o desniveles.

Referente a la *iluminación*, un 48% de los tramos tiene alumbrado público dirigido solo a la vía, un 15% tiene alumbrado dirigido a la acera y vía en algunos tramos, un 24% tiene alumbrado público dirigido al andén y vía en su totalidad, y en el 13% restante no hay alumbrado.

5.6 Señalización

Figura 10

Índice indicación para peatones



Esta es la categoría con menor índice en las zonas (1,3 -1,7), en únicamente un 5% de los tramos hay señalización en paradas de autobús y en un 25% señalización e indicación para cruces, simultáneamente en un 100% de los tramos no hay representatividad de mujeres y en 83% de los tramos no hay señalización a motorizados o vehículos sobre la presencia de peatones.

En la Figura 10 se muestra como varía la puntuación del índice de la variable indicación para peatones en la zona mejor calificada (zona de menor tránsito peatonal de nivel bajo-Carrera 15).

6. Retos para la implementación de un Índice Técnico de Caminabilidad en el AMB.

Para aplicar la metodología en el AMB, inicialmente se requiere evaluar la existencia de información para cada uno de los parámetros del índice, además de que la misma debe estar desagregada por tramos de calles, preferiblemente por bloque, cuadra o segmentos de 100 metros.

Dichos datos deben recopilar el estado actual de todos los senderos peatonales tales como condiciones de la infraestructura, franja peatonal, iluminación, conectividad con el sistema de transporte público, uso del suelo, señalización, accesibilidad, medidas de la zona vial, entre otros.

Para la obtención de los mismos, es necesario revisar bases de datos de alcaldías; entes gubernamentales; información satelital obtenida de Google Street View, Google Maps o Google Earth.

De lo anterior se pueden presentar tres situaciones: i) toda la información requerida está disponible ii) una parte de la información está disponible y iii) no hay información disponible.

En el caso i), el siguiente paso será digitalizar la información de forma que se pueda georreferenciar y asociar a herramientas SIG para posteriormente hallar el índice.

En el caso ii) y iii) será necesario la realización de auditorías en las calles o el uso de herramientas que agilicen la recolección de la información como grabación de los recorridos, toma de imágenes mediante drones, o uso de imágenes satelitales de alta resolución. Cabe resaltar que la malla vial del AMB tiene una extensión de 1.319,30 km, de los cuales 273,58 km pertenecen a la jerarquía peatonal (*Actualización Plan Maestro de movilidad - AMB*, s. f.). Luego de la recolección de datos se continua con el proceso descrito en el párrafo anterior.

Como se evidencia, la implementación del método requiere de Software SIG, disponibilidad de datos y tiempo y en última instancia de recursos económicos para la toma de información en campo.

7. Conclusiones

En esta investigación se realizó una revisión sistemática de las diferentes metodologías para hallar el índice de caminabilidad, a partir de ello, se evidenció que la mayoría de las investigaciones han sido hechas en países desarrollados. Los diversos métodos evalúan características de micro y mesoescala de la red vial, apoyados en la ponderación de criterios mediante encuestas tipo ranking, software SIG y bases de datos gubernamentales.

Este proyecto sugiere que el índice de caminabilidad empleado es una buena herramienta para evaluar la transitabilidad con enfoque de género en Bucaramanga, pues reconoce la importancia de promover entornos seguros, cómodos y accesibles para niñas y mujeres.

De acuerdo con la información suministrada por la Encuesta Origen Destino de Hogares se seleccionaron tres zonas con mayores viajes peatonales generados correspondientes a zonas de

la carrera 18, calle 51 y carrera 33 y tres zonas con menores viajes peatonales generados correspondientes a carrera 15, carrera 24 y carrera 51.

Para implementar el índice de caminabilidad en la ciudad, inicialmente se requiere de disponibilidad de datos de la malla vial, infraestructura peatonal, y demás parámetros evaluados. Adicionalmente, se debe hacer uso de software SIG y otras tecnologías que contribuyan con la toma masiva de información y un análisis espacial completo.

El índice de caminabilidad empleado tiene en cuenta elementos de microescala que permiten una evaluación detallada de cada uno de los tramos con componentes que evalúan las rampas, la presencia de mobiliario, la calidad de la franja peatonal, la distribución vial, la señalización, entre otros factores.

Los principales problemas identificados corresponden al incumplimiento de especificaciones técnicas en cuenta a medidas mínimas obligatorias del andén, además de, la incidencia en la falta de señalización en cruces, cebras, advertencias a motorizados sobre presencia de peatones, falta de iluminación de la acera e invasión al espacio público.

Este proyecto demuestra que los elementos de la caminabilidad no dependen del estrato socioeconómico de la zona, si no del uso que se le da al suelo. En zonas comerciales la caminabilidad es alta y se les da mayor cumplimiento a las normas de urbanismo establecidas, en tanto que, en las zonas residenciales se percibe un mayor abandono por parte de administración pública, reflejada en el estado del andén con condiciones graves de agrietamiento, falta de iluminación, e incumpliendo de medidas mínimas.

8. Recomendaciones

Para próximas investigaciones se recomienda ponderar las variables del método, a través del análisis y aplicación de encuestas tipo ranking, con el fin de medir la relevancia que los peatones les atribuyan a los factores que propician la caminata.

Para agilizar la toma de datos y ampliar el área de estudio a nivel de ciudad, se recomienda el uso de cámaras 360, escáneres laser u otras tecnologías para el levantamiento masivo de información en poco tiempo y de alta precisión.

Así mismo, para un análisis más detallado de la transitabilidad se aconseja realizar un modelo del índice de caminabilidad que dependa del tipo de peatón y sus necesidades. Lo anterior se puede realizar mediante perfiles sociodemográficos de los peatones, teniendo en cuenta aspectos que incluyan género, raza, edad, cultura, nivel de ingresos económicos, motivos de viaje, entre otros.

También se recomienda que el índice valore aspectos como la limpieza del andén, presencia de basuras, seguridad ciudadana, e invasión al espacio público, puesto que, en las visitas de campo se visualizó que estos factores influyen en la toma de decisiones para la realización de caminatas.

Referencias Bibliográficas

- Actualización Plan Maestro de movilidad - AMB.* (s. f.). Recuperado 29 de febrero de 2024, de <https://www.amb.gov.co/actualizacion-plan-maestro-de-movilidad/>
- Alejandra Saltaín Molino Tutores, M., Yie Pinedo, R., & Alberto Arellana Ochoa, J. (2017). *Diseño de una metodología para evaluación de accesibilidad de transporte no motorizado.* <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/8960>
- Anapakula, K. B., & Eranki, G. A. (2021). Developing an index to evaluate the quality of pedestrian environment: Case study application in an Indian metro. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, *11*, 100406. <https://doi.org/10.1016/J.TRIP.2021.100406>
- Arellana, J., Alvarez, V., Oviedo, D., & Guzman, L. A. (2021). Walk this way: Pedestrian accessibility and equity in Barranquilla and Soledad, Colombia. *Research in Transportation Economics*, *86*, 101024. <https://doi.org/10.1016/J.RETREC.2020.101024>
- Arellana, J., Saltaín, M., Larrañaga, A. M., Alvarez, V., & Henao, C. A. (2020). Urban walkability considering pedestrians' perceptions of the built environment: a 10-year review and a case study in a medium-sized city in Latin America. *Transport Reviews*, *40*(2), 183–203. <https://doi.org/10.1080/01441647.2019.1703842>
- Bartzokas-Tsiompras, A., Bakogiannis, E., & Nikitas, A. (2023). Global microscale walkability ratings and rankings: A novel composite indicator for 59 European city centres. *Journal of Transport Geography*, *111*, 103645. <https://doi.org/10.1016/J.JTRANGEO.2023.103645>
- Beltsiou, V., Gemenetzi, G., & Manetos, P. (2023). Assessing walkability: Index construction and application to a medium-size Greek city. *E3S Web of Conferences*, *436*, 12003. <https://doi.org/10.1051/E3SCONF/202343612003>

- Boongaling, C. G. K., Luna, D. A., & Samantela, S. S. (2022). Developing a street level walkability index in the Philippines using 3D photogrammetry modeling from drone surveys. *GeoJournal*, 87(4), 3341–3364. <https://doi.org/10.1007/S10708-021-10441-2/METRICS>
- Calderón, S. L. A., & Meza, D. M. R. (2023). Revisión sistemática sobre caminabilidad en las tres últimas décadas. *Arquitek*, 23, 10–27. <https://doi.org/10.47796/RA.2023I23.731>
- Castro Mesa, W. F. (2021). *Metodología para la estimación del índice de caminabilidad a nivel ciudad y su aplicación al caso de estudio de Bogotá*. Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/53799>
- Dasari, S., & Gupta, S. (2023). Application of fuzzy analytical hierarchy process to develop walkability index: a case study of Dwarka sub city, New Delhi, India. *Urban, Planning and Transport Research*, 11(1). <https://doi.org/10.1080/21650020.2023.2278875>
- Fontán Suárez, S. (2012). *Índice de caminabilidad aplicado en la Almendra Central de Madrid*. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/46601>
- Frank, L. D., Appleyard, B. S., Ulmer, J. M., Chapman, J. E., & Fox, E. H. (2021). Comparing walkability methods: Creation of street smart walk score and efficacy of a code-based 3D walkability index. *Journal of Transport & Health*, 21, 101005. <https://doi.org/10.1016/J.JTH.2020.101005>
- Frank, L. D., Sallis, J. F., Saelens, B. E., Leary, L., Cain, L., Conway, T. L., & Hess, P. M. (2010). The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study. *British Journal of Sports Medicine*, 44(13), 924–933. <https://doi.org/10.1136/BJSM.2009.058701>

- Golan, Y., Henderson, J., Lee, N., & Weverka, A. (2019). Gendered walkability: Building a daytime walkability index for women. *Journal of Transport and Land Use*, 12(1), 501–526. <https://doi.org/10.5198/JTLU.2019.1472>
- Guía complementaria MEP.* (2018). <https://www.bucaramanga.gov.co/wp-content/uploads/2021/09/03-MEP.pdf>
- Gutiérrez-López, J. A., Caballero-Pérez, Y. B., & Escamilla-Triana, R. A. (2019). Índice de caminabilidad para la ciudad de Bogotá. *Revista de Arquitectura*, 21(1), 8–20. <https://doi.org/10.14718/RevArq.2019.21.1.1884>
- Habibian, M., & Hosseinzadeh, A. (2018). Walkability index across trip purposes. *Sustainable Cities and Society*, 42, 216–225. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2018.07.005>
- Hall, C. M., & Ram, Y. (2018). Walk score® and its potential contribution to the study of active transport and walkability: A critical and systematic review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61, 310–324. <https://doi.org/10.1016/J.TRD.2017.12.018>
- Hino, K., Baba, H., Kim, H., & Shimizu, C. (2022). Validation of a Japanese walkability index using large-scale step count data of Yokohama citizens. *Cities*, 123, 103614. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2022.103614>
- Ki, D., Chen, Z., Lee, S., & Lieu, S. (2023). A novel walkability index using google street view and deep learning. *Sustainable Cities and Society*, 99, 104896. <https://doi.org/10.1016/J.SCS.2023.104896>
- Lam, T. M., Wang, Z., Vaartjes, I., Karssenbergh, D., Ettema, D., Helbich, M., Timmermans, E. J., Frank, L. D., den Braver, N. R., Wagtenonk, A. J., Beulens, J. W. J., & Lakerveld, J. (2022). Development of an objectively measured walkability index for the Netherlands. *International*

Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, 19(1), 1–16.
<https://doi.org/10.1186/S12966-022-01270-8/TABLES/5>

Mitropoulos, L., Karolemeas, C., Tsigdinos, S., Vassi, A., & Bakogiannis, E. (2023a). A composite index for assessing accessibility in urban areas: A case study in Central Athens, Greece. *Journal of Transport Geography*, 108, 103566.
<https://doi.org/10.1016/J.JTRANGEO.2023.103566>

Mitropoulos, L., Karolemeas, C., Tsigdinos, S., Vassi, A., & Bakogiannis, E. (2023b). A composite index for assessing accessibility in urban areas: A case study in Central Athens, Greece. *Journal of Transport Geography*, 108, 103566.
<https://doi.org/10.1016/J.JTRANGEO.2023.103566>

MOVILIDAD URBANA Y ESPACIO PÚBLICO Reflexiones, métodos y contextos. (s. f.).

Obregón, K. T., & Gómez, D. M. P. (2021). El peatón como base de una movilidad urbana sostenible en Latinoamérica: una visión para construir ciudades del futuro. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 50, 29–34. <https://doi.org/10.15446/rbct.n50.94842>

Páramo, P., & Arroyo, A. M. B. (2011). Género y espacialidad: análisis de factores que condicionan la equidad en el espacio público urbano. *Universitas Psychologica*, 10(1), 61–70. <https://doi.org/10.11144/JAVERIANA.UPSY10-1.GEAF>

Páramo, P., Burbano, A., Ángel Aguilar, M., García-Anco, E., Silvestre Pari-Portillo, E., Jiménez-Domínguez, B., Margarita López-Aguilar, R., Moyano-Díaz, E., Viera, J., Manuel Elgier, Á., Rosas, G., Rosas, A., & Páramo Psicólogo, P. (2021). La experiencia de caminar en ciudades Latinoamericanas. *Revista de Arquitectura*, 23(1), 20–33.
<https://doi.org/10.14718/REVARQ.2021.2830>

- Peatonalización: 5 formas de mejorar la movilidad urbana.* (s. f.). Recuperado 19 de febrero de 2024, de <https://blogs.iadb.org/transporte/es/5-beneficios-que-la-peatonalizacion-traera-a-tu-ciudad/>
- POT Bucaramanga 2014 - 2027.* (s. f.). Recuperado 1 de marzo de 2024, de <https://mbucaramanga.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=5c32765bb4d544d1a20182ca13fc16b1>
- Quintero-González, J.-R. (2017). Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. *Ambiente y Desarrollo*, 21(40), 57–72. <https://doi.org/10.11144/JAVERIANA.AYD21-40.CITM>
- Rahman, A. (2022). A GIS-based, microscale walkability assessment integrating the local topography. *Journal of Transport Geography*, 103, 103405. <https://doi.org/10.1016/J.JTRANGEO.2022.103405>
- Rundle, A. G., Chen, Y., Quinn, J. W., Rahai, N., Bartley, K., Mooney, S. J., Bader, M. D., Zeleniuch-Jacquotte, A., Lovasi, G. S., & Neckerman, K. M. (2019). Development of a Neighborhood Walkability Index for Studying Neighborhood Physical Activity Contexts in Communities across the U.S. over the Past Three Decades. *Journal of Urban Health*, 96(4), 583–590. <https://doi.org/10.1007/S11524-019-00370-4/METRICS>
- Sabino, L., Tini, B., Sato, B., Farias, D., Pitombo, F., Beaujon, A., Montes, L., Valeria, C., Carvajal, B., Hobbs, J., & Guerrero, P. (2022). *Metodología para calcular el índice técnico de caminabilidad sensible al género.* <https://doi.org/10.18235/0004412>
- Velázquez, J., Infante, J., Gómez, I., Hernando, A., Gülçin, D., Herráez, F., Rincón, V., & Castanho, R. A. (2023). Walkability under Climate Pressure: Application to Three UNESCO

World Heritage Cities in Central Spain. *Land* 2023, Vol. 12, Page 944, 12(5), 944.

<https://doi.org/10.3390/LAND12050944>

Wang, H., & Yang, Y. (2019). Neighbourhood walkability: A review and bibliometric analysis.

Cities, 93, 43–61. <https://doi.org/10.1016/J.CITIES.2019.04.015>

Yin, L., Patterson, K., Silverman, R., Wu, L., & Zhang, H. (2020). Neighbourhood accessibility

and walkability of subsidised housing in shrinking US cities.

<https://doi.org/10.1177/0042098020962413>, 59(2), 323–340.

<https://doi.org/10.1177/0042098020962413>