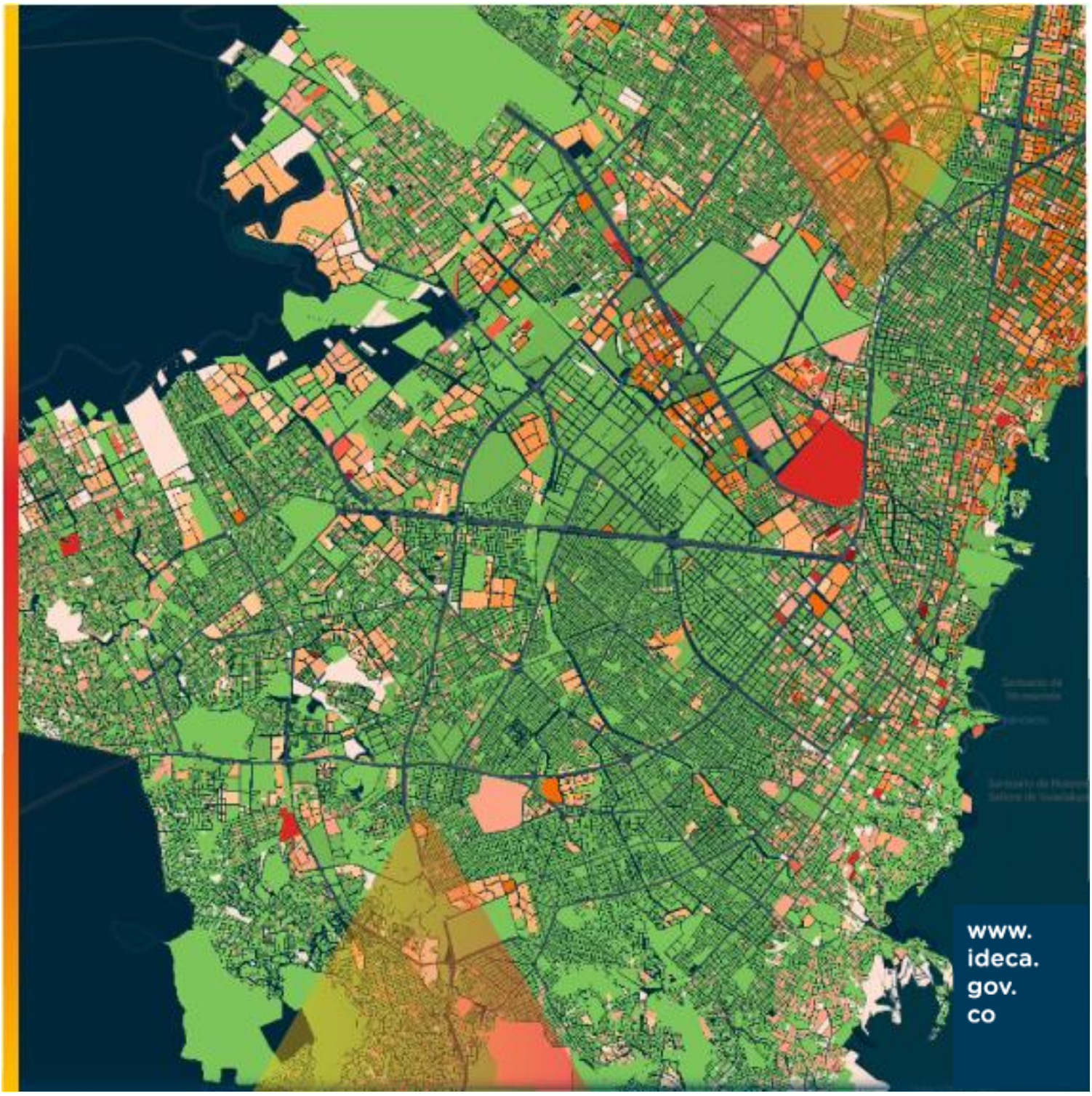


– Caso de Uso: Índice de Caminabilidad Andenes Bogotá 2024

Bogotá, D.C., 20/12/2024

Caso de Uso: Índice de Caminabilidad Andenes Bogotá

Gerente IDECA
Salomé Naranjo Luján

Subgerente de Analítica de Datos
Diego Ricardo Ibarra Rodríguez

Equipo de Trabajo

Profesionales Especializados Subgerencia de Analítica de Datos
Jack Hussein Yurgaky López
Martha Nubia Rojas Guerrero

Contratistas
Adriana Palacios Manrique
Lillian Daniela Beltrán Barrera
Jorge Eliecer Camargo Mendoza



Fecha de creación o actualización: 20/12/2024 - 20/03/2025

Página web: www.ideca.gov.co

Correo electrónico: ideca@catastrobogota.gov.co

Licencia: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Control de Versiones

CAMBIOS

Fecha	Autor	Versión	Cambio efectuado
20/12/2024		1.0	Primera versión del documento. No hay cambios para registrar.
20/03/2025	JACK YURGAKY	1.1	Ajuste a los resultados de la primera versión.

REVISORES

Nombre	Dependencia

Tabla de Contenido

Tabla de Contenido ***4***
Resumen ejecutivo ***7***
Introducción ***8***
Antecedentes ***9***
Alcance ***10***
Objetivos ***10***
1. Inicio **12**
1.2. Requerimientos 12
1.3. Concepto y Referentes de la Caminabilidad 12
2. Idear **16**
2.1. Proceso de Ideación: metodologia de trabajo 16
2.2. Entendimiento de los Datos 18
2.3. Propuesta 46
3. Prototipar **49**
4. Categorización de las variables **58**
5. Resultados Metodología del cálculo ICAM2 **72**
6. Resultados **76**
7. Bibliografía **85**

Lista de tablas

Tabla 1. Principales variables encontradas en los estudios de Caminabilidad. 15
Tabla 2. Dimensiones y variables ICam 2. 18
Tabla 3. Tiempos caminando para llegar a los diferentes tipos de parque en la ciudad. 29
Tabla 4. Rangos de calificación para el ancho de la vía. 59
Tabla 5. Rangos de calificación para la red cicloviaria. 62
Tabla 6. Rangos de calificación variable intersecciones. 66
Tabla 7. Pesos asignados por variables y dimensiones ICAM2. 76

Lista de Ilustración

Ilustración 1: Dimensiones y variables ICam 2. 16
Ilustración 2. Herramienta para obtener rectángulo por ancho de las entidades regulares. 19
Ilustración 3. Herramienta para obtener rectángulo por ancho de las entidades regulares. 19
Ilustración 4. Generación de los rectángulos por ancho. 20
Ilustración 5. Campo de longitud del lado más corto del rectángulo resultante. 21
Ilustración 6. Campo de longitud del lado más largo del rectángulo resultante. 22
Ilustración 7. Herramienta para obtener envoltura convexa. 22
Ilustración 8. Generación de polígonos por Convex Hull 23
Ilustración 9. Distancia más corta entre dos vértices cualesquiera de la envoltura convexa. 25
Ilustración 10. Distancia más larga entre dos vértices cualesquiera de la envoltura convexa. 25
Ilustración 11. Criterios de calificación tipología vial. 26
Ilustración 12. Ciclorruta en anden y ciclorruta adyacente a los andenes. 27
Ilustración 13. Áreas de servicio para la proximidad a espacios públicos. 30
Ilustración 14. Clasificación para la proximidad a espacios públicos. 31
Ilustración 15. Áreas de influencia a partir de la red semafórica. 32
Ilustración 16. Georreferenciación de siniestros y áreas de influencia a partir de estos. 33
Ilustración 17. Paraderos M-10. 34
Ilustración 18. Georreferenciación de mobiliario y arbolado para las áreas de influencia a partir de estos. 35
Ilustración 19. Traslape de información de contaminación sonora con andenes. 36
Ilustración 20. Traslape de información de contaminación del aire con andenes. 37
Ilustración 21. Conversión de tipo de geometría. 38
Ilustración 22. Script para la definición de entrada y salida. 39
Ilustración 23. Script para el cálculo de la longitud máxima. 40
Ilustración 24. Script para la creación capa de salida. 41
Ilustración 25. Script para la adición de campos. 42
Ilustración 26 Script para la extracción de valores de elevación. 42
Ilustración 27. Script para el cálculo de pendientes. 43
Ilustración 28. Visualización del cálculo de pendientes a diferentes niveles de detalle. 43
Ilustración 29. Metodología cálculo puntos de interés más cercanos. 44
Ilustración 30. Resultados distancias andenes-estaciones 45
Ilustración 31. Propuesta 1 promedio aritmético. 46
Ilustración 32. Propuesta 2 componentes principales. 47
Ilustración 33. Distribución del ancho de andén por tipo de vía. 49
Ilustración 34. Distribución del largo, tipo y estado de la vía. 50
Ilustración 35. Distribución de la red cicloviaria por tipo de vía. 51
Ilustración 36. Distribución del largo, tipo y estado de la vía. 52
Ilustración 37. Distribución de las luminarias y delitos en los andenes. 53
Ilustración 38. Distribución de las intersecciones y siniestralidad en los andenes. 54
Ilustración 39. Distribución de los usos mixtos y proximidad a espacio público en los andenes 55

Ilustración 40. Distribución de la contaminación sonora, ambiental, sombra y abrigo en los andenes..... 56
Ilustración 41. Distribución de la contaminación sonora, ambiental, sombra y abrigo en los andenes..... 57
Ilustración 42. Comportamiento del ancho del andén por categoría y tipo de vía. 59
Ilustración 43. Comportamiento del largo, tipo y estado del andén por categoría. 61
Ilustración 44. Comportamiento de la red cicloviaria por tipo de vía y categoría..... 63
Ilustración 45. Comportamiento de las distancias a las estaciones de Transmilenio y SITP.... 64
Ilustración 46. Comportamiento de las luminarias y delitos en los andenes. 65
Ilustración 47. Comportamiento de las intersecciones y siniestralidad en los andenes. 67
Ilustración 48. Comportamiento de los usos mixtos y la proximidad al espacio público en los andenes..... 68
Ilustración 49. Comportamiento de la contaminación sonora, sombra y abrigo, PM 10 y PM 2.5 en los andenes 70
Ilustración 50. Comportamiento de la pendiente en los andenes. 71
Ilustración 51. Comportamiento del ICAM2. 77
Ilustración 52. Resultado ICAM General. 79
Ilustración 53. Resultado ICAM Dimensiones de infraestructura, movilidad, atracción y seguridad pública. 80
Ilustración 54. Resultado ICAM Dimensiones de seguridad vial, ambiente y morfología..... 82
Ilustración 55. Mapa con la valoración de cada uno de los andenes de la ciudad. 84
Ilustración 56. Evaluación de los andenes de acuerdo con el ICAM2. 84

Resumen ejecutivo

Este documento presenta las actividades metodológicas realizadas para adelantar el ÍNDICE de CAMINABILIDAD ANDENES Bogotá 2024 denominado interna y técnicamente ICam 2.

Este ejercicio es el desarrollo de un caso de uso donde se aplica la analítica de datos con énfasis espacial, atendiendo el estudio de variables urbanas asociadas a la Caminabilidad de los andenes de la ciudad de Bogotá D.C. y que busca atender las necesidades de evaluación y calificación de los andenes de la ciudad en cuanto a que tan amigables son para los peatones que los recorren, basándose en el estudio, calificación y clasificación de variables físicas territoriales.

Introducción

El presente documento tiene como finalidad describir y documentar el proceso llevado a cabo por el Observatorio de la Defensoría del Espacio Público de Bogotá y el equipo de la Subgerencia de Analítica de Datos de la Infraestructura de Datos Espaciales del Distrito Capital – IDECA, para realizar la segunda versión de la medición del *Índice de Caminabilidad Andenes Bogotá 2024*.

Este proceso se llevó a cabo durante la vigencia 2024 y donde los equipos de las dos entidades aunaron esfuerzos y trabajaron de manera mancomunada para revisar la primera versión (1.0) del índice realizada en la vigencia 2022 y así analizar las posibles mejoras y faltantes del índice con el fin de generar una *"versión 2.0"* mejorada que permitiera al índice mejorar la información sobre calificación de los andenes de la ciudad y la Caminabilidad de los bogotanos.

El documento describe entonces a manera de síntesis el concepto de Caminabilidad que se adoptó para realizar la investigación, así como las variables que a partir de diferentes referentes se han tomado para el caso de estudio y evaluación de la Caminabilidad. Se presenta el proceso realizado y la medición adelantada mediante un análisis descriptivo del comportamiento de los datos en conjunto con criterios y referentes expertos para brindar mayor consistencia al método de tratamiento de la información.

Finalmente se presenta el cálculo del índice y sus resultados generales a nivel Andén, Unidad de Planeamiento Local (UPL) y Localidad para el área urbana de la ciudad de Bogotá D.C.; fueron evaluadas 18 variables agrupadas en 7 dimensiones y con un procesamiento que involucra la morfología urbana como aspecto relevante e innovador de la metodología empleada.

Antecedentes

Durante los años 2021 y 2022 la Subgerencia de Analítica de Datos y El Observatorio de Espacio Público de Bogotá atendiendo a la necesidad de contar con información para la toma de decisiones en pro de mejorar los espacios públicos para la Caminabilidad urbana, desarrollaron, el Índice de Caminabilidad para Bogotá cuyo objetivo fue analizar qué tan amigable son los andenes y las calzadas peatonales de la ciudad para los peatones que transitan en las diferentes zonas, sirviendo esto para la toma de decisiones informadas al momento de realizar las intervenciones en el espacio público.

En este momento los estudios sobre la Caminabilidad en las ciudades se habían desarrollado para diferentes escalas: *a escala de ciudad o área metropolitana, a nivel de barrio o zona y a nivel de calle*. Estas tres nociones de la Caminabilidad, reflejaban la diversidad y la divergencia que tienen las ciudades a su interior.

El análisis conto con una geografía a tramo de andén, con el fin de tener los datos detallados y gracias a la disponibilidad de los mismos para evaluar cómo está la ciudad a nivel peatonal por esta geografía, que fue agregada a niveles como Unidades de Planeación Zonal – UPZ, vigentes reglamentariamente en ese momento y de Localidades.

Las variables usadas para evaluar la Caminabilidad hacían referencia a factores que inciden y afectan en la toma de decisión por parte del ciudadano al caminar por las diferentes zonas. El análisis y la evaluación de los andenes y calzadas peatonales para el estudio de Bogotá, se organizó en su primera versión en seis dimensiones con 15 variables.

Mediante la publicación del **Reporte técnico de indicadores de espacio público** se entregaron los resultados del Índice de Caminabilidad 2022 que denominaremos ***ICam 1***, en tres unidades espaciales: a) tramo de andén que es la unidad básica, y las agregaciones en b) Localidades y c) Unidades de Planeamiento Zonal - UPZ.

Alcance

Una vez comprendido y asimilado el concepto de Caminabilidad y calculado el ***ICam 1*** fue posible aportar en gran medida a la ciudad con un indicador que permitiera contribuir a los estudios urbanos y abonar a un tema como el tránsito peatonal múltiples factores para su entendimiento. Esta comprensión que conlleva a darle relevancia e incita a la búsqueda de una estrategia mejorada que brinde un índice actualizable y renovado donde la información sobre calificación de los andenes de la ciudad y la Caminabilidad de los bogotanos pueda aportar a nuevas y mejoradas estrategias de ordenamiento y planificación es temas como movilidad, infraestructura, espacio público, entre muchos otros.

Objetivos

Los objetivos para este caso de uso se presentan a continuación:

Objetivo General

- Generar un actualizable y renovado Índice de Caminabilidad para los andenes de la ciudad de Bogotá D.C. denominado ***ICam 2*** a partir de datos de 18 variables asociadas a cada andén con vigencia 2024.

Objetivos Específicos

- Realizar un análisis y recopilación de la literatura actual frente al tema Caminabilidad (del inglés Walkability por Jean Jacobs) para establecer el estado actual de la técnica y las posibles mejoras a implementar a la medición.

- Revisar, actualizar y proponer nuevas variables que sean usadas en la medición de la segunda versión del Índice.

- A partir de la revisión de los estándares o parámetros de evaluación actualizadas proponer la metodología actualizada de medición.

- Recopilar la información necesaria, limpiarla y procesarla para usarla en la aplicación de la metodología actualizada de medición.

- Aprovisionar los recursos y elementos tecnológicos necesarios para el desarrollo de la medición.

- Realizar y presentar los análisis de comportamiento de las variables (geo estadísticas y agregaciones).

- Generar los documentos y productos necesarios para la medición y publicar los resultados en las plataformas y medios que sean identificados.

1. Inicio

Por iniciativa de El Observatorio de Espacio Público de Bogotá a fin de lograr la actualización del Índice de Caminabilidad, en parte por el ejercicio realizado con su uso en la vigencia 2023, donde dada la importancia del índice para diferentes análisis y uso no solo del DADEP y sus dependencias sino también de las entidades del distrito capital, por ejemplo en función de priorizar programas y proyectos de intervención o dirigidos al espacio público detecta la necesidad de incluir nuevas variables que puedan ser relevantes y aporten a una mejorada medición.

1.2. Requerimientos

Para este caso de uso se requiere obtener el *Índice de Caminabilidad* actualizado con la revisión de las e inclusión de nuevas variables y dimensiones con base en los marcos de referencia revisados en esta actualización a nivel mundial, acompañado de su respectiva documentación y sustento técnico; igualmente poder generar herramientas de visualización y difusión; por ultimo poder tener la publicación del índice como un dato temático abierto y disponible en las plataformas de datos abiertos y mapas Bogotá (previo cumplimiento de los procedimientos que esto amerite).

1.3. Concepto y Referentes de la Caminabilidad

Concepto:

Uno de los principales retos que tienen las ciudades es aumentar la movilidad urbana sostenible en sus ciudadanos, que permitan enfrentar problemas y desafíos de la movilidad en las ciudades. Dentro de estos modos sostenibles encontramos el uso del transporte público masivo, la movilidad compartida y especialmente los modos de transporte activos (caminar y el uso de la bicicleta).

Este desafío de las ciudades ha hecho que se analicen los entornos desde diferentes escalas y teniendo en cuenta los patrones de viaje de las personas, haciendo una especial atención a factores como la relación con el entorno construido, las necesidades físicas de la sociedad y las potenciales de los lugares para que se desarrollen los modos de transporte activo.

A nivel mundial caminar a tenido un fuerte reconocimiento en su labor de humanizar y dinamizar las ciudades (Gehl, 2013), y poniendo el tema en las agendas y prácticas de los planificadores, especialmente con la exposición de la

Agenda Urbana, Hábitat III, realizada en la ciudad de Quito (Ecuador) en el año 2016, dando prioridad a la Caminabilidad de los entornos para desarrollar la mayor cantidad de actividades a pie.

La Caminabilidad es un concepto que se ha incorporado en la planificación de las ciudades, en el siglo XIX, sin embargo, en la última década ha cobrado una mayor fuerza y las definiciones y estudios frente a ella han sido numerosos en diferentes partes del mundo en donde el caminar y el peatón se ponen en el centro de la planificación, volcándose a un enfoque que tiene una orientación hacia ciudades con vecindarios "caminables", compactos y próximos como plantea Carlos Moreno ("la ciudad de los 15 minutos"), Jean Jacobs ("barrios vitales") y Bentley ("entornos vitales").

El concepto de Caminabilidad, no tienen una definición única, ha sido un concepto utilizado por diferentes disciplinas e intereses. Dentro de las diferentes definiciones encontradas se encuentran:

"La Caminabilidad es el grado en que las características del entorno construido y el uso del suelo pueden o no ser propicios para que los residentes del área caminen por placer, ejercicio o recreación" (Leslie et al., 2006).

"La medida en que el entorno urbano es amigable para los peatones" (Moura et al., 2017, p. 282).

"La Caminabilidad, definida como el grado en que el entorno urbano es amigable para los peatones" (Moura et al., 2017).

"La Caminabilidad hace referencia a la capacidad con la que cuentan las vías de circulación para garantizar un desplazamiento a pie seguro y agradable, independientemente de la condición física, las restricciones a la movilidad o la edad del peatón".

"Pivo y Fisher (2011) sostienen que Caminabilidad es el grado de animación que brinda un área para caminar con fines recreativos y funcionales".

Con estos referentes encontrados, el presente estudio acoge la siguiente definición de Caminabilidad, para así lograr desarrollar la construcción de un índice que permita evaluar dicha Caminabilidad en la ciudad de Bogotá:

La Caminabilidad se define como la capacidad del entorno construido de una ciudad para brindar comodidad a los peatones, conectar a las personas con diferentes destinos en un tiempo y esfuerzo razonables, y agregar interés visual al movimiento a lo largo de las calles (Southworth,2005). La Caminabilidad sirve entonces para medir que tanto el entorno de un barrio y/o vecindario alienta a las personas a caminar (Hao Wangy y Yuqi Yang, 2019).

Los lugares caminables y los espacios para el peatón van más allá del aspecto funcional, pues apremian por el desarrollo sustentable en términos de flujos, de relaciones complementarios a los usos que demandan las dinámicas de ciudad. La Caminabilidad, se ve afectada por múltiples factores más allá de los andenes o aceras en buen estado, dentro de los diferentes referentes consultados se encontraron una gran grama de aspectos para tener en cuenta, como la proximidad, el confort, la diversidad de usos, la seguridad, la morfología urbana entre otros.

Un elemento para tener en cuenta en los análisis de la Caminabilidad es la escala de análisis, para autores como Forsyth (2015) y Verhoeven (2019) en la escala micro es donde se puede tener una mayor riqueza de información tanto a nivel cualitativo como a nivel cuantitativo y así expresar la real dimensión del término, enriqueciendo los análisis particulares y/o locales, por este motivo el presente estudio realiza el análisis para los andenes que tiene el Instituto de Desarrollo Urbano IDU incorporados dentro de su base de datos geográfica.

Referentes:

Se revisaron diferentes referentes con el fin de tomar decisiones frente a las variables y a las dimensiones para tener en cuenta para el desarrollo del índice. Dentro de los estudios consultados y tomados como guía se tienen los documentos elaborados por el ITDP (2016) (que también fueron base para el ICAM V-1), los estudios realizados por Jeong et al. (2023), Bartzokas-Tsiompras et al. (2023), Dragović et al. (2023), Hideg Viktoria & Mako Emese (2023), Ibrahim et al. (2024), Speck (2012), Speck (2018), Kwon & Akar (2022), Sabino et al., (2022), Medina-Ruiz (2020), Páramo & Burbano (2019).

Dentro de estos estudios se encontró que las principales variables para tener en cuenta para estudiar la caminabilidad se encuentran:

Principales variables encontradas en los estudios de Caminabilidad		
Seguridad	Comodidad	Usos mixtos
Accesibilidad	Conectividad	Ambiente
Calidad ambiental	Densidad	Proximidad
Confort	Atractivo	Diversidad
Aceras	Arbolado	Calles
Pendiente	Uso de suelo	Diseño

T1 *Tabla 1.* Principales variables encontradas en los estudios de Caminabilidad.
Fuente: Elaboración *propia.*

Así mismo estas variables en muchos de los casos son agrupadas en categorías o dimensiones para facilitar el análisis y la comprensión de los datos. Dentro de las principales categorías o dimensiones que se trabajan se encuentran calzada, movilidad, atracción, seguridad, ambiente, seguridad vial.

Por último, estos referentes también fueron oportunos para realizar la ponderación y el peso que tienen las diferentes variables en el cálculo final del índice ya que desde el punto de vista de los expertos se encuentra que hay elementos que pueden incidir de mayor manera en los entornos que los hacen amigables a los ciudadanos para caminar. Con esta revisión se pudo establecer que aspectos tienen un mayor peso al momento de calcular el índice, si bien estudios realizados por autores como Ibrahim et al. (2024) nos mencionan que todas las variables tienen el mismo peso, se encuentra análisis como el realizado por (Motieyan et al., 2022) en donde partir del conocimiento de diferentes expertos a través del MCDM (Métodos de Decisión Multicriterio) se logra hacer la calificación, la clasificación y la comparación que se pueden utilizar para ponderar por medio de la ponderación máxima.

Dentro de las dimensiones que tienen un mayor peso dentro de los diferentes estudios se encuentran, el ancho de las aceras, la conectividad y accesibilidad, y los usos mixtos del suelo. Para el ejercicio del ICam V2 se realizó una mesa de expertos del observatorio de Espacio Público y de la IDECA con el fin de definir cuales dimensiones teniendo en cuenta sus variables tenían un mayor peso.

2. Idear

El proceso de ideación llevado a cabo para el cálculo de una posible versión mejorada del ICam, comprendió la definición de una serie de actividades basadas en la experiencia de la primera versión y en los aportes y nuevos conocimientos aportados por el equipo de trabajo 2024 de las entidades generadoras de este producto.

2.1. Proceso de Ideación: metodologia de trabajo

Teniendo en cuenta la información revisada de los diferentes índices de Caminabilidad, este estudio tomo variables que fueran desarrolladas por diferentes entidades del Distrito Capital y que cumplieran con el requisito de ser actualizadas de forma constante.

Con estos requisitos el estudio trabajo con 18 variables agrupadas en 7 dimensiones:



I1 *Ilustración 1: Dimensiones y variables ICam 2.*
***Fuente**: elaboración propia, | 2024.*

Dimensiones ICam 2	*Variables ICam 2*
Infraestructura para la movilidad peatonal	Ancho andén
	Largo andén
	Tipología vía
	Red cicloviaria
	Estado del andén
Movilidad peatonal	Distancia al sistema de transporte SITP
	Distancia al sistema de transporte TM
Atracción	Usos mixtos
	Proximidad a espacio público
Seguridad pública	Iluminación pública
	Delitos
Seguridad vial	Intersecciones y cruces
	Siniestralidad vial
Ambiente	Sombra y abrigo
	Contaminación sonora
	PM-10
	PM- 2.5

Morfología urbana	Pendiente topográfica

T2 *Tabla 2. Dimensiones y variables ICam 2*.
Fuente: Elaboración *propia.*

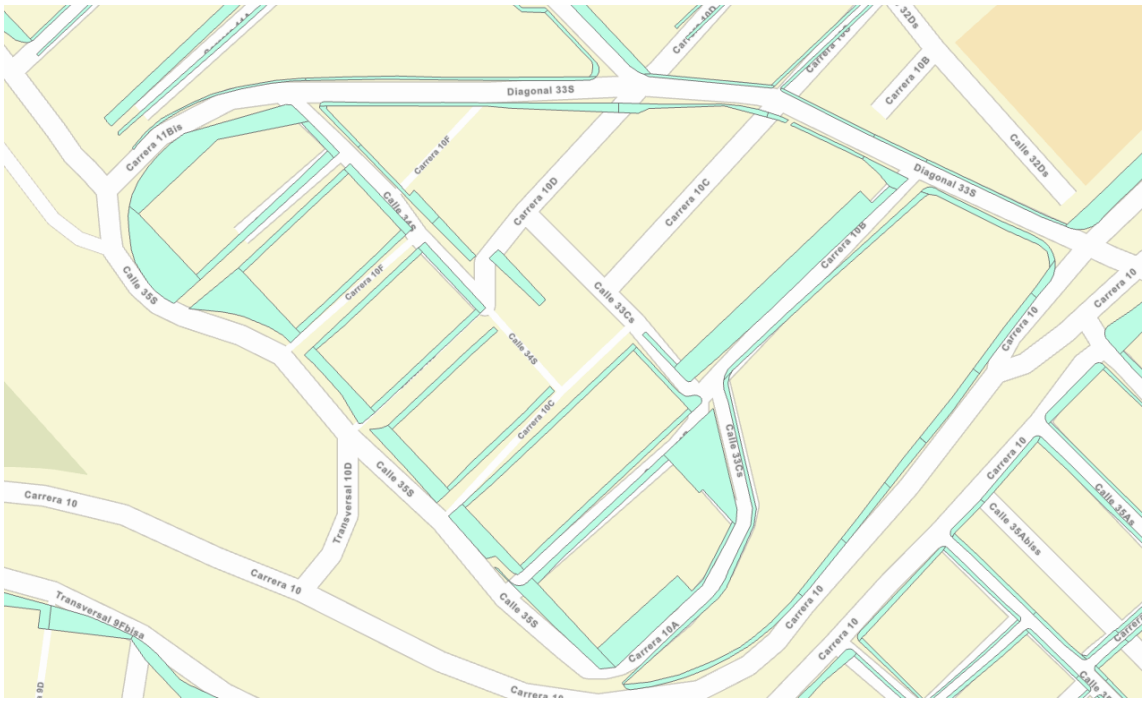
2.2.Entendimiento de los Datos

Se describe referente a los datos y fuentes empleadas durante el cálculo del ICam 2 y sus variables:

2.2.1. Metodología para la obtención de la Geometría de Andenes (largo y ancho).

Identificación de Andenes regulares e irregulares: La identificación de los andenes y la presencia de formas regulares e irregulares son parámetros cruciales en el análisis. Por lo tanto, es necesario realizar una verificación de las zonas que contienen elementos, rectangulares, curvos o triangulares, lo que permitirá seleccionar las herramientas adecuadas para obtener las mediciones más precisas de la geometría.

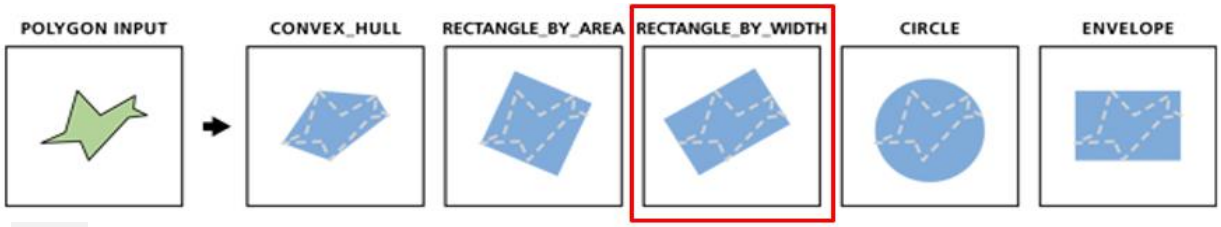
Verificación de Delimitación Correcta: Es fundamental verificar que la entidad geoespacial esté correctamente delimitada, sin errores topológicos como superposiciones o huecos. Esta verificación garantiza que los cálculos geométricos sean precisos, evitando distorsiones que puedan afectar el análisis de dimensiones.



12 *Ilustración 2. Herramienta para obtener rectángulo por ancho de las entidades regulares.* ***Fuente****: Elaboración propia.*

Aplicación de Herramientas de Geometría Mínima de Delimitación: Con la finalidad de obtener la mejor representación de geometría mínima de los andenes se usan las siguientes herramientas:

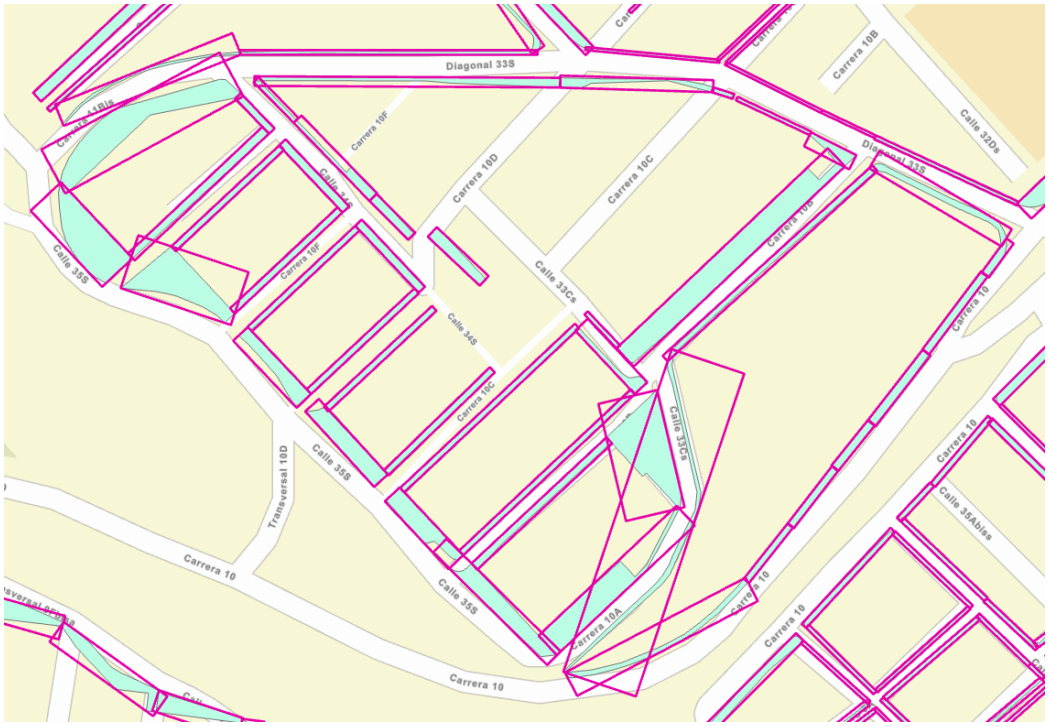
- **Rectángulo por Ancho**:



13 *Ilustración 3. Herramienta para obtener rectángulo por ancho de las entidades regulares.* ***Fuente****: elaboración propia.*

  - **Descripción**: El rectángulo generado tiene el menor ancho posible mientras encierra la entidad completamente.

- **Aplicación**: Esta herramienta es útil cuando se necesita una delimitación más estrecha de la entidad en términos de ancho.
- **Proceso**:
  - Se debe seleccionar la herramienta de **Rectángulo por Ancho** en el software SIG.
  - La herramienta generará un rectángulo que cubre la entidad con el menor ancho posible.



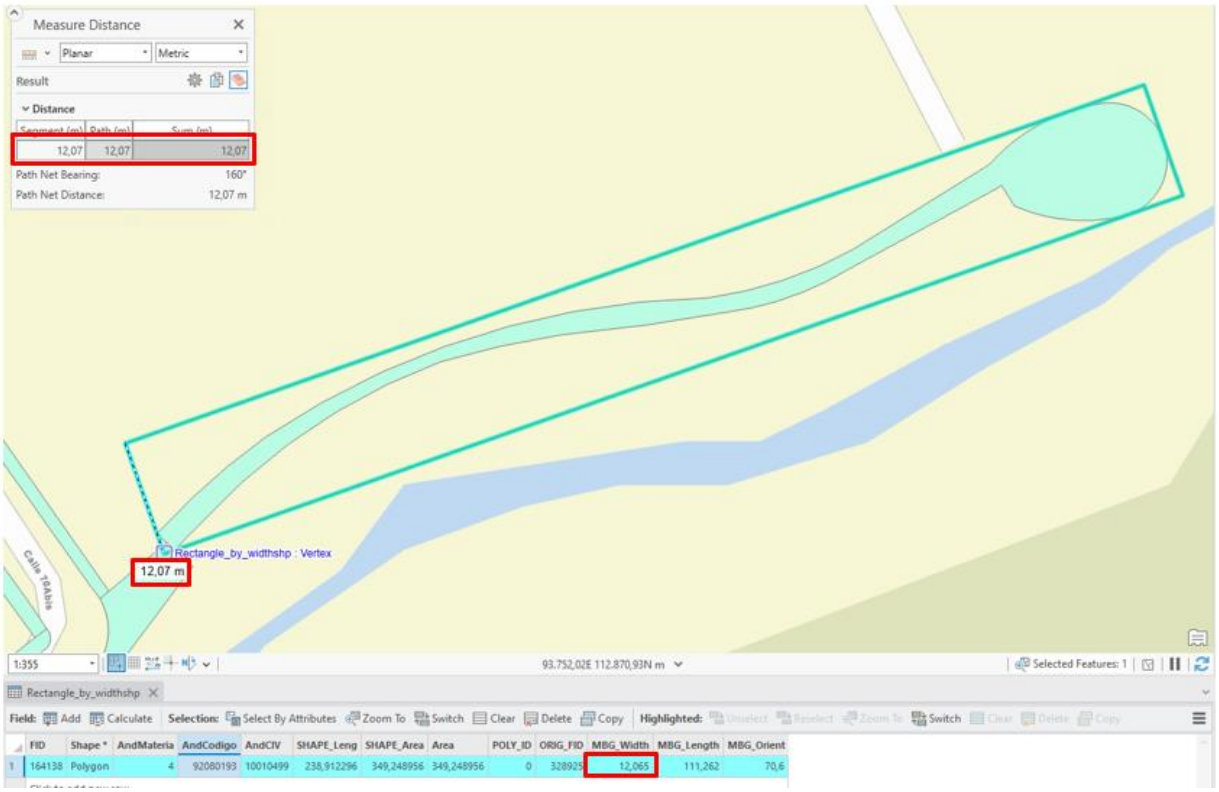
I4 *Ilustración 4. Generación de los rectángulos por ancho.*
***Fuente**: Elaboración propia.*

Medición: El **ancho** se obtiene directamente como la distancia entre los extremos más cercanos de la entidad a lo largo del eje horizontal, y el **largo** se mide a lo largo del eje vertical del rectángulo.

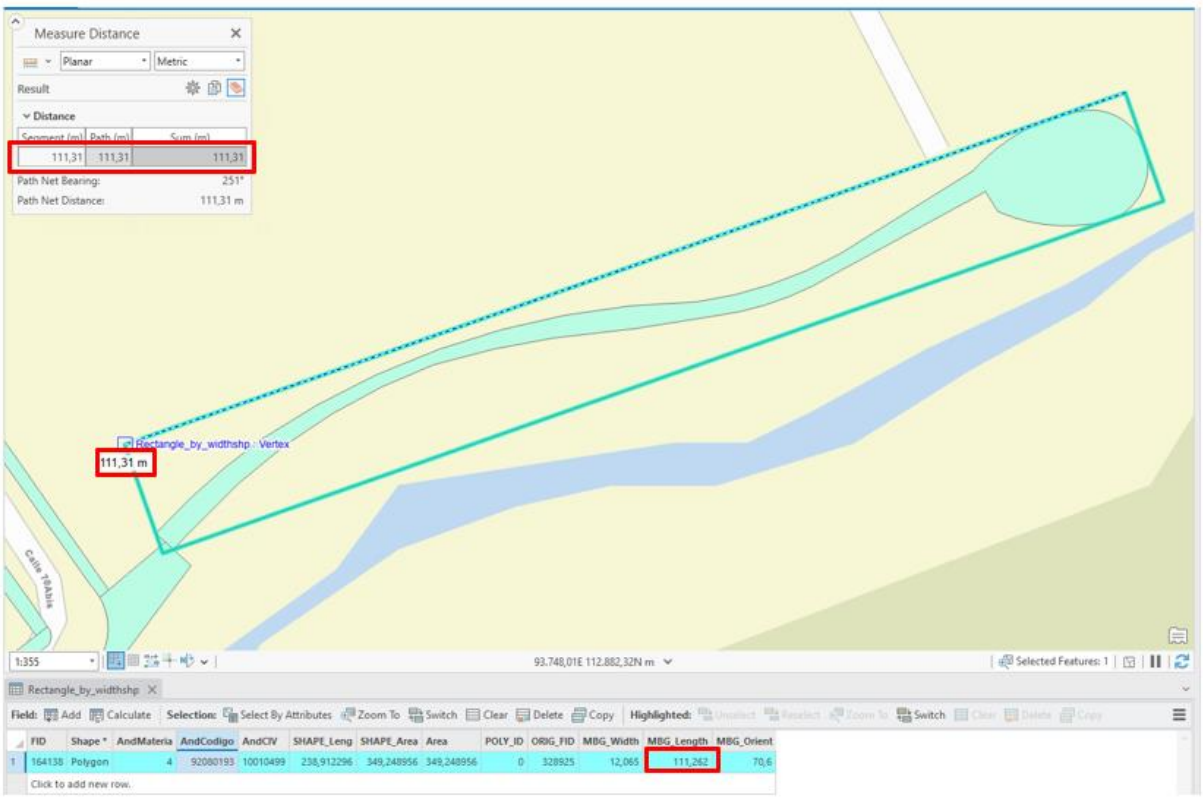
Cálculo de Dimensiones: Después de aplicar cada herramienta, calcule el **largo** y el **ancho** de la entidad:

- **Largo**: Medida a lo largo del eje mayor del rectángulo (en ambos casos).

- **Ancho**: Medida a lo largo del eje menor del rectángulo (en ambos casos). Estas mediciones pueden tomarse directamente desde la interfaz del software SIG o exportarse a una tabla para análisis posteriores.



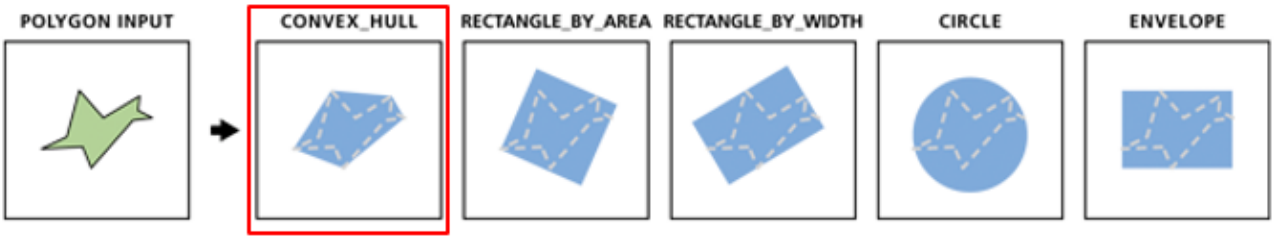
I5 *Ilustración 5. Campo de longitud del lado más corto del rectángulo resultante.*
***Fuente**: Elaboración propia.*



I6 *Ilustración 6. Campo de longitud del lado más largo del rectángulo resultante.*
***Fuente**: Elaboración propia.*

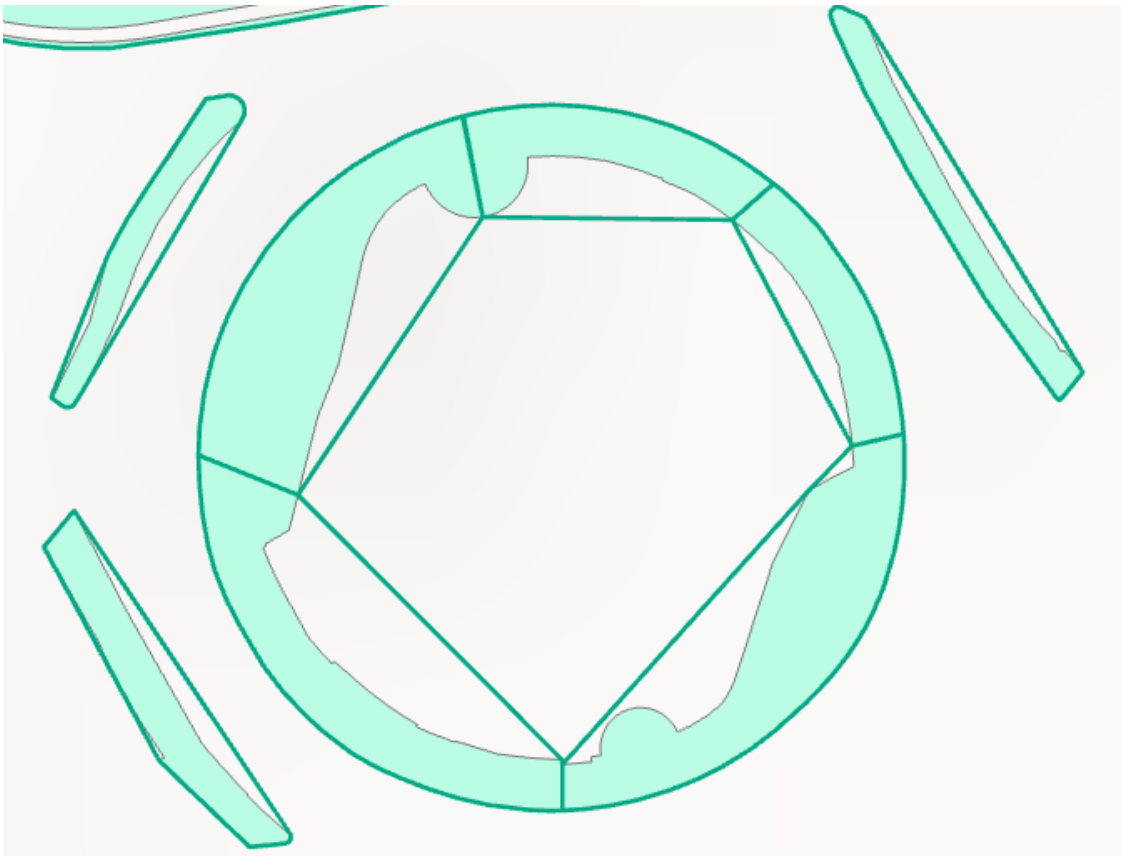
Si se busca una delimitación más ajustada a las características geométricas de la entidad, especialmente cuando la forma es irregular, puede ser más adecuado usar:

- **Envoltura Convexa**:



I7 *Ilustración 7. Herramienta para obtener envoltura convexa.*
***Fuente**: Elaboración propia.*

- **Descripción**: Es el polígono convexo más pequeño que puede encerrar completamente la entidad.
- **Aplicación**: Útil cuando se necesita una delimitación precisa, sin los detalles complejos de la forma original de la entidad.
- **Proceso**:
  - Use la herramienta de **Envoltura Convexa** en el software SIG.
  - Esta herramienta generará una forma sencilla que rodea la entidad, eliminando detalles no esenciales y permitiendo un análisis más general de la entidad.



18 *Ilustración 8. Generación de polígonos por Convex Hull*

***Fuente**: Elaboración propia.*

Cálculo de Dimensiones: Después de aplicar la herramienta de Envoltura Convexa, es necesario calcular las dimensiones del polígono resultante. A continuación, se describen los nuevos campos y mediciones relevantes para este tipo de geometría:

- MBG_Width: Distancia más corta entre dos vértices cualesquiera de la envoltura convexa. Este valor se obtiene buscando la distancia mínima entre un par de vértices de la envoltura convexa. Si hay varios pares de vértices con la misma distancia mínima, se tomará el primero que se encuentre.

- MBG_Length: Distancia más larga entre dos vértices cualesquiera de la envoltura convexa. Estos vértices se denominan pares de antípodas o puntos antipodales. Se mide la distancia máxima entre estos dos puntos y se utilizará el primer par de vértices que se encuentre con la mayor distancia.

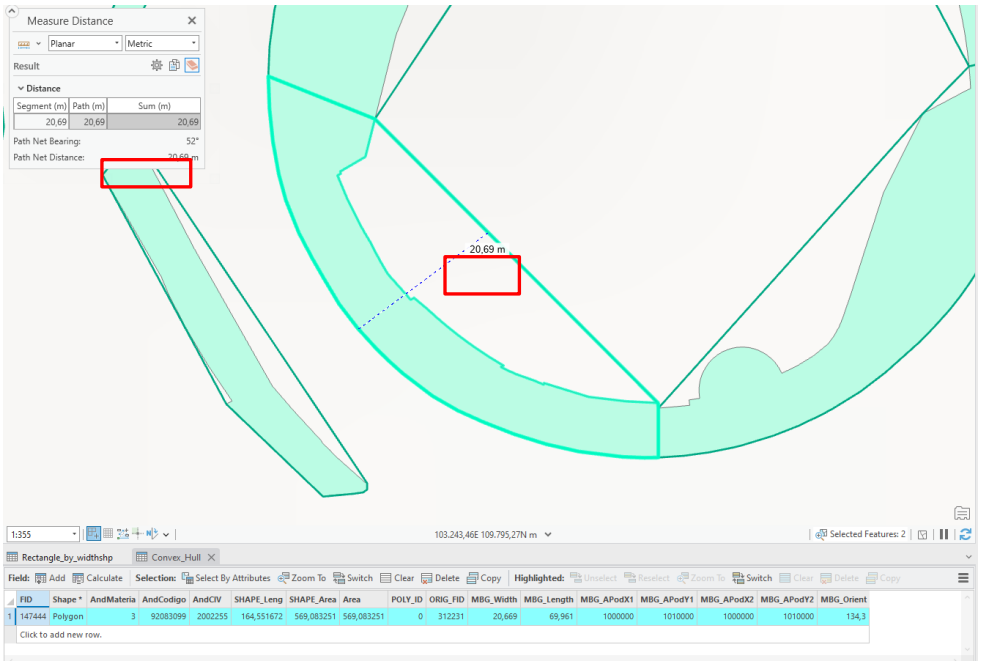
- MBG_APodX1: Coordenada X del primer punto de los pares de antípodas.

- MBG_APodY1: Coordenada Y del primer punto de los pares de antípodas.

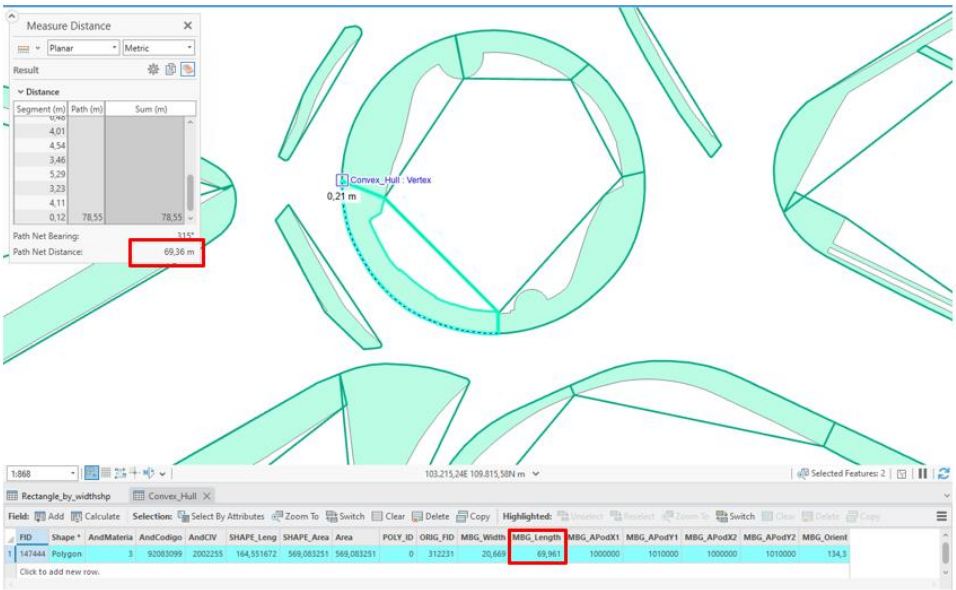
- MBG_APodX2: Coordenada X del segundo punto de los pares de antípodas.

- MBG_APodY2: Coordenada Y del segundo punto de los pares de antípodas.

- MBG_Orientation: Orientación de la línea imaginaria que conecta los pares de antípodas, que indica la dirección en la que se mide la distancia más larga.



I9 *Ilustración 9. Distancia más corta entre dos vértices cualesquiera de la envoltura convexa.*
***Fuente**: Elaboración propia.*



I10 *Ilustración 10. Distancia más larga entre dos vértices cualesquiera de la envoltura convexa.*
***Fuente**: Elaboración propia.*

Conclusiones sobre la geometría de los andenes: Al realizar la validación manual de las mediciones obtenidas mediante las herramientas de Rectángulo por Ancho y Envoltura Convexa, se comprobó que los valores generados por ambas herramientas coinciden con las mediciones manuales.

Las herramientas de **Rectángulo por Ancho** y **Envoltura Convexa** se complementan eficazmente. El Rectángulo por Ancho es particularmente útil para entidades con formas regulares, ya que proporciona una delimitación eficiente para medir el largo y el ancho de andenes con geometrías rectangulares. En cambio, la Envoltura Convexa es ideal para entidades con formas irregulares, dado que ajusta la delimitación de acuerdo con la forma real de la entidad, proporcionando una representación geométrica más ajustada y precisa.

2.2.2. Tipología de vía.

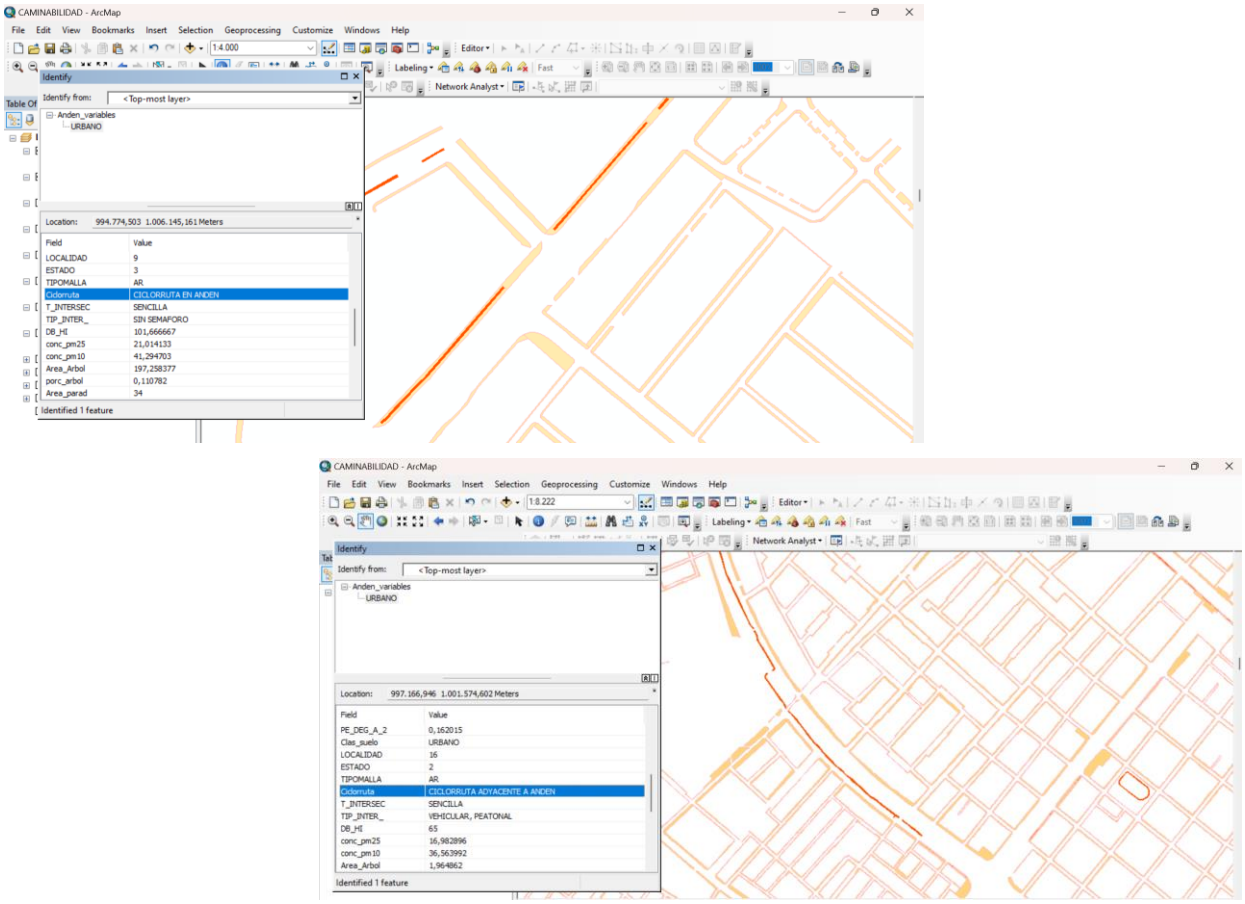
Esta variable es tomada directamente de la base de datos geográfica de andenes y se clasifica así:

	Puntuación		Criterios de calificación
🔴	**Puntuación 0**	Insuficiente	Arteria Troncal
🟠	**Puntuación 1**	Suficiente	Intermedia
🟡	**Puntuación 2**	Bien	Locales/rurales/expansión
🟢	**Puntuación 3**	Óptimo	Peatonal exclusivo

I11 *Ilustración 11. Criterios de calificación tipología víal.*
***Fuente**: Elaboración propia.*

2.2.3. Red ciclo viaria.

De acuerdo con varios de los estudios revisados, se encontró que la red cicloviaria incide de forma positiva para la Caminabilidad en aquellas zonas que cuentan con dicha infraestructura. Para esta variable se tomó como base la información consolidada de ciclorruta que tiene el Instituto de Desarrollo Urbano IDU dentro de su base de datos geográfica. Con dicha información se revisó cuales andenes cumplían con los requisitos de ciclorruta en anden y ciclorruta adyacente a los andenes por medio de un análisis espacial, estableciendo que andenes cumplen con dichas características.



I12 *Ilustración 12. Ciclorruta en anden y ciclorruta adyacente a los andenes.*
***Fuente**: Elaboración propia.*

2.2.4. Proximidad a espacios públicos.

En esta variable se hace la relación de las áreas de servicio de los diferentes espacios públicos efectivos, teniendo en cuenta las distancias de acuerdo con la tipología de espacio. Para el análisis por medio de áreas de servicio, se preparó la información para los diferentes cálculos. Dentro de la preparación de información se realizó:

- Consolidar la red que se tomaría como referencia para hacer el cálculo, tomando como base la información de la malla vial que tienen a su disposición la IDECA. Se realizaron algunos ajustes topológicos a la red para proceder a realizar los respectivos cálculos.

- Se tomaron los espacios públicos efectivos parques, plazas y plazoletas (las zonas verdes, dadas sus dimensiones y la cobertura tan amplia que tienen en la ciudad no fueron tomadas para el presente análisis). Los polígonos de los parques y las plazas fueron transformados a puntos, tomando como referencia el centroide del polígono para realizar el cálculo respectivo.

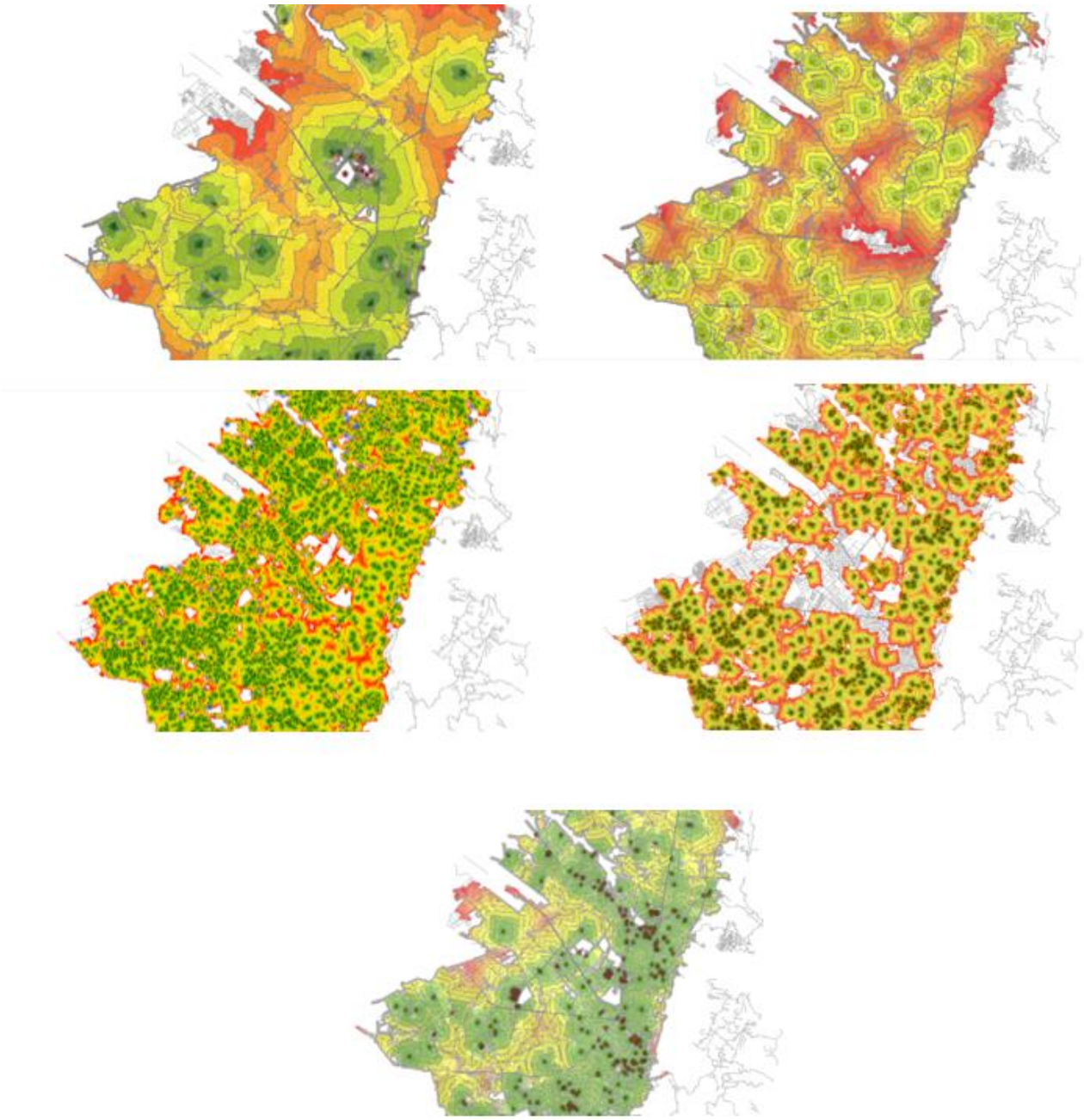
Así mismo, se estableció que el área de servicio se generaría a partir del tiempo estimado para llegar a estos espacios públicos, tomando como referencia tiempos prudentes para ir caminando a uno de estos espacios. De esta forma se establecieron los siguientes rangos de tiempo para cada elemento:

Tipo de parque POT	Categorización de los parques	Tiempo estimado para llegar caminando
Parques estructurantes	Parques Metropolitanos	<10 minutos 10 – 20 minutos 20 – 30 minutos 30 – 40 minutos 40 – 50 minutos >50 minutos
	Parques zonales	< 10 minutos 10 – 15 minutos 15 – 20 minutos

		20 – 30 minutos >30 minutos
Parques de proximidad	Parques vecinales	1 – 3 minutos 3 – 5 minutos 5 – 7 minutos 7 -9 minutos 9 – 11 minutos
	Parques de bolsillo	1 – 3 minutos 3 – 5 minutos 5 – 7 minutos 7 -9 minutos 9 – 11 minutos
Plazas y plazoletas	Plazas y plazoletas	< 10 minutos 10 – 20 minutos 20 – 30 minutos 30 – 40 minutos 40 – 50 minutos >50minutos

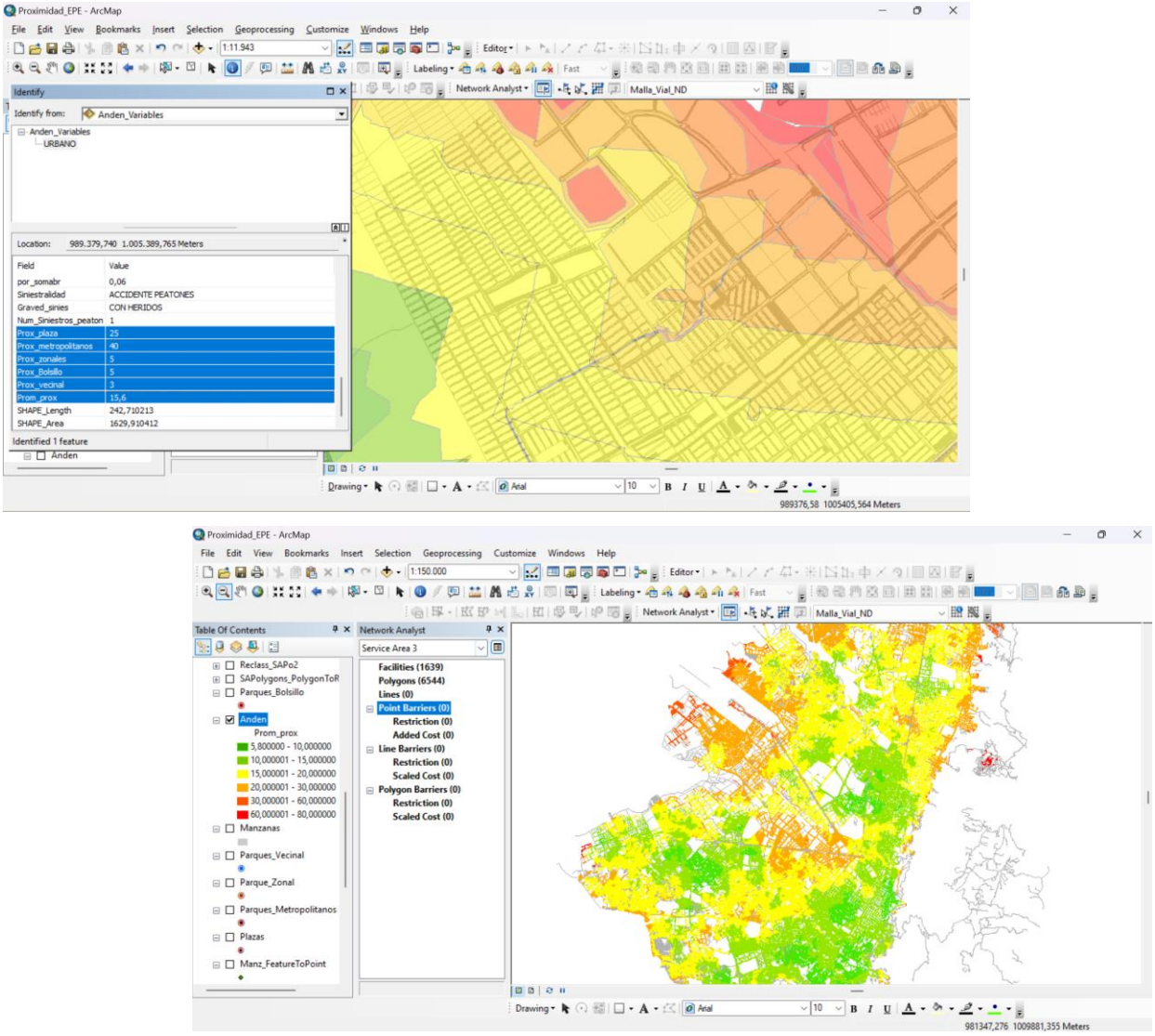
T3 *Tabla 3.* Tiempos caminando para llegar a los diferentes tipos de parque en la ciudad.
Fuente: Elaboración *propia.*

Con esta información utilizando la herramienta de Áreas de Servicio del Network Analyst del programa ArcGis se calcularon las respetivas áreas, teniendo los siguientes resultados:



I13 *Ilustración 13. Áreas de servicio para la proximidad a espacios públicos.*
***Fuente**: Elaboración propia.*

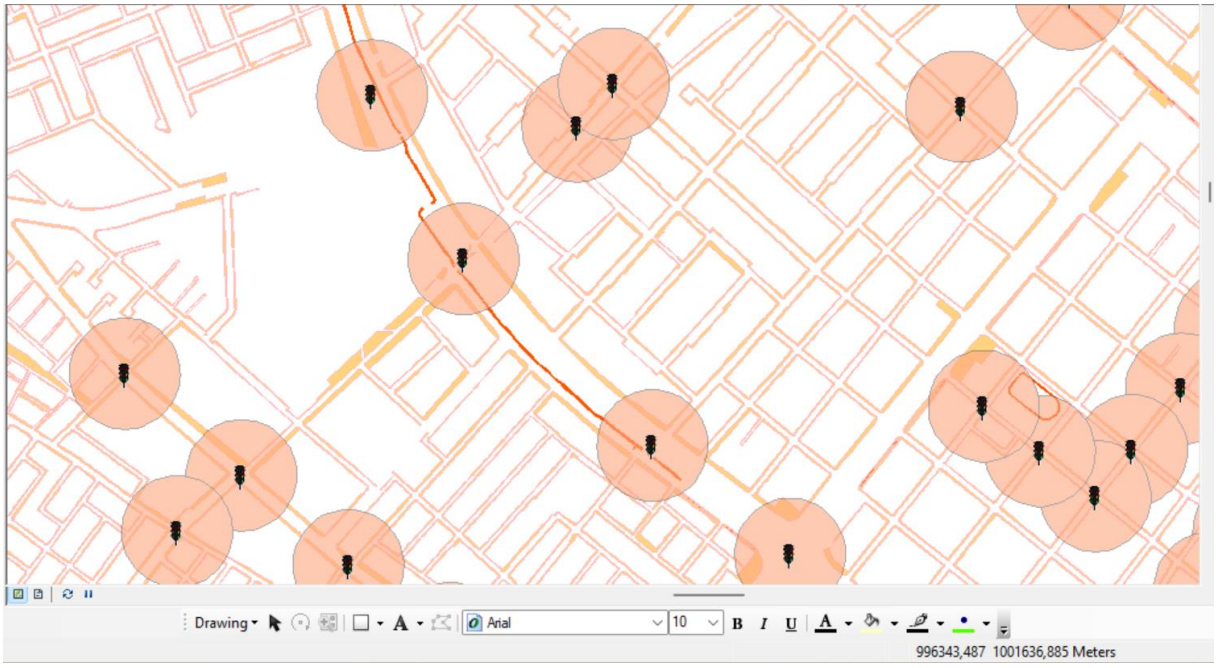
Con estas áreas de servicio se procedió a asignarle un valor a los diferentes andenes de la ciudad para establecer su distancia cada uno de los elementos. Luego se procedió a establecer la proximidad a nivel general para los andenes, haciendo un promedio entre las 5 distancias generadas para cada elemento.



I14 *Ilustración 14. Clasificación para la proximidad a espacios públicos.*
***Fuente**: Elaboración propia.*

2.2.5. Intersecciones y cruces.

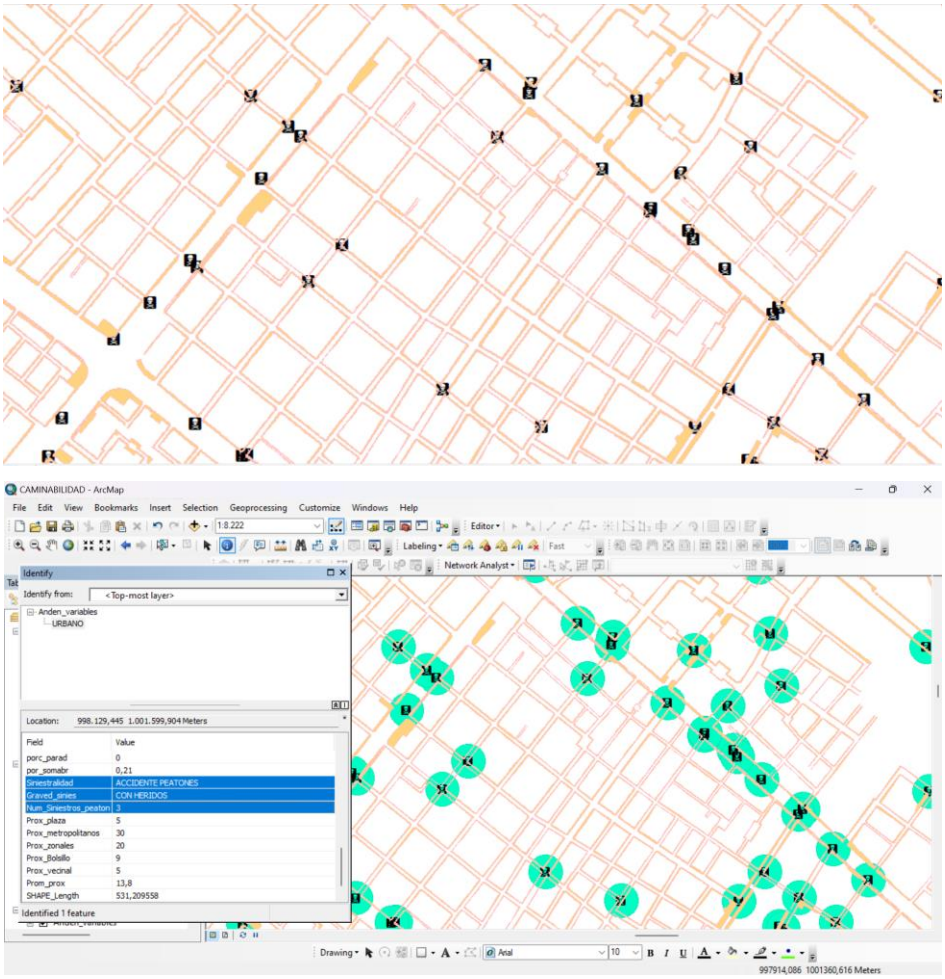
Para esta variable se tomó como referencia la información de la Red Semafórica de la ciudad suministrada por la Secretaría de Movilidad. Esta información se revisó y se procesó generando un área de influencia de cada uno de los semáforos y asignando de esta forma la información de que tipo de anden impacta a los andenes. El área de influencia utilizada fue de 100 metros.



I15 *Ilustración 15. Áreas de influencia a partir de la red semafórica.*
***Fuente**: Elaboración propia.*

2.2.6. Siniestralidad vial.

La información de esta variable proviene de los datos entregados por la Secretaría Distrital de Movilidad en su Anuario de Siniestralidad Vial para el año 2023. De esta información se tomó la respectiva para peatones (siniestros que afectaron a peatones). Esta información viene en formato Excel con las respectivas coordenadas donde se registró el incidente. Con estos datos se procedió a realizar la georreferenciación correspondiente.



I16 *Ilustración 16. Georreferenciación de siniestros y áreas de influencia a partir de estos.* ***Fuente****: Elaboración propia.*

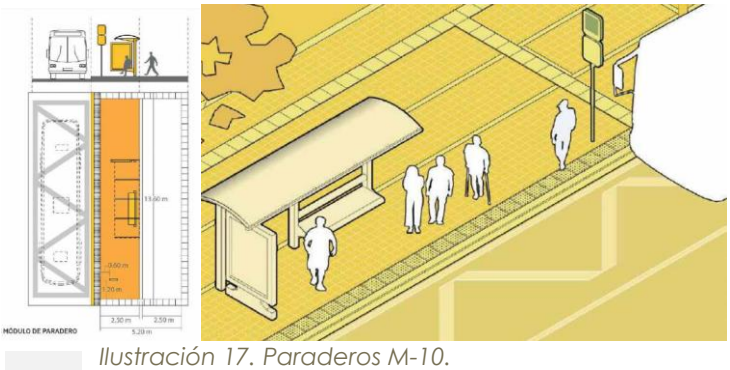
Una vez georreferenciados los siniestros que involucran peatones, se procedió a establecer un área de influencia de cada uno de ellos para determinar cuáles andenes presentan un mayor registro de estos siniestros y que tipo de siniestro se presentó. Esta área de influencia se generó a 50 metros. De esta forma en cada anden se registra la cantidad de siniestros registrados, el tipo de siniestro y su gravedad.

2.2.7. Sombra y abrigo.

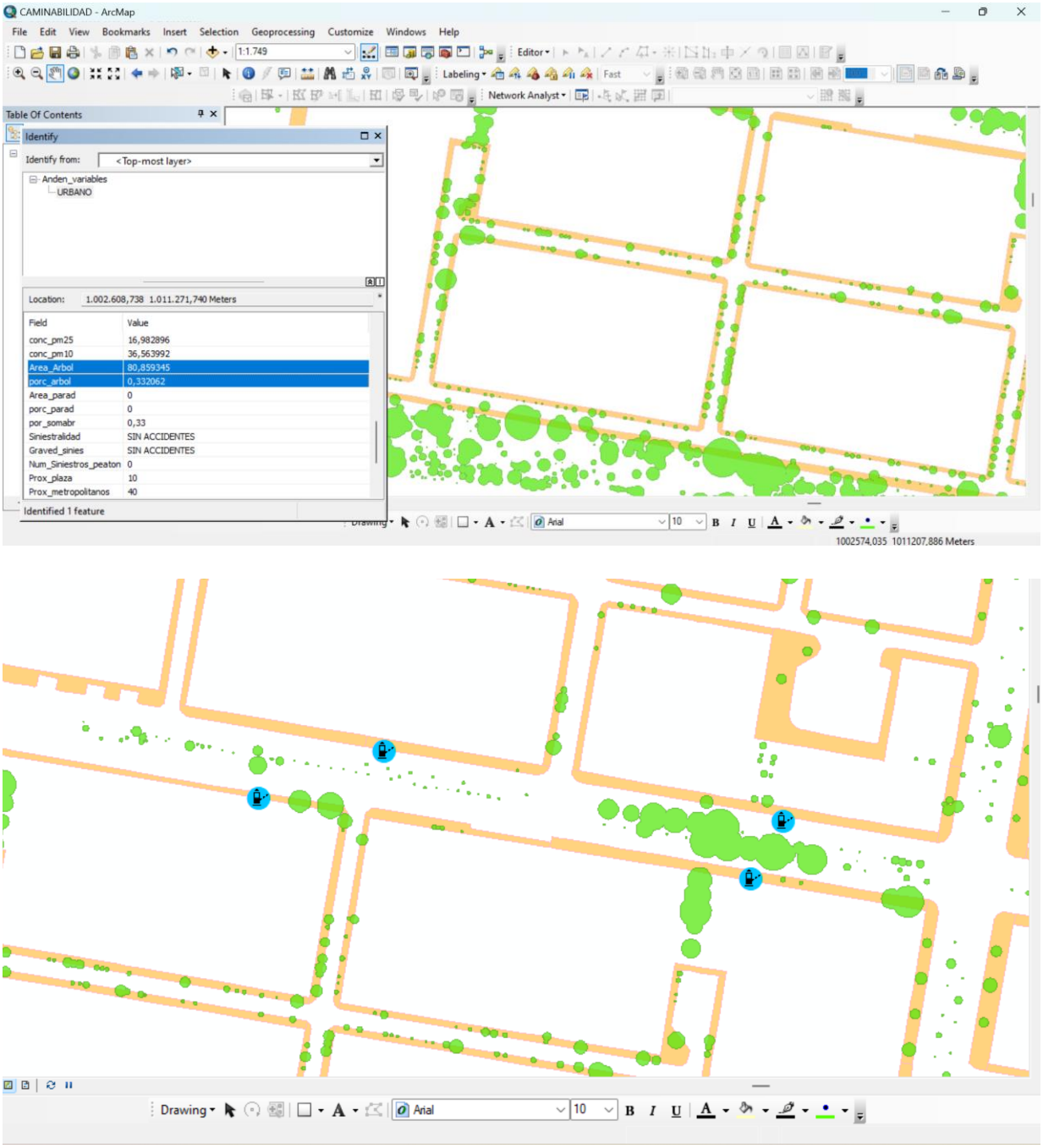
Para la variable de sombra y abrigo, se tomaron como fuente dos elementos complementarios al espacio público. En primer lugar, se tomó la información del área de las copas de los árboles de acuerdo con la información del inventario de arbolado urbano enviada por el Jardín Botánico de Bogotá. Con esta información se procedió a realizar el cálculo espacial, de que área es ocupada en cada uno de los andenes y su porcentaje.

El otro elemento que se contempló dentro de esta variable corresponde a los paraderos M-10 localizados en diferentes andenes de la ciudad. Estos paraderos son aquellos que cuentan con mupi y cobertizo y resguardos a las personas del sol y la lluvia. Para esto se tomó como base la información consolidada que tienen la Defensoría del Espacio Público por medio del contrato de concesión que tiene la ciudad con EUCOL.

Se procedió a georreferenciar dicha información, y tomando como base la información dispuesta en el Manual del Espacio Público y en los datos de referencia de este tipo de mobiliario, se establece el área de cobertura de cada paradero.



I17 *Ilustración 17. Paraderos M-10.*
***Fuente**: Manual del espacio público. SDP, 2023.*

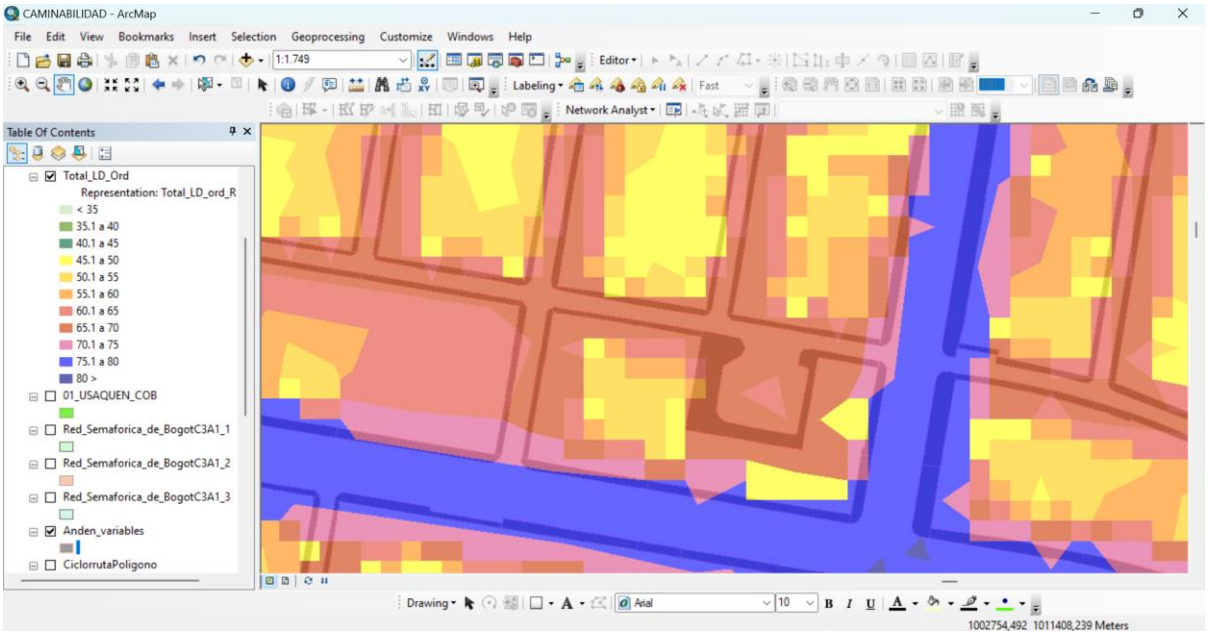


I18 *Ilustración 18. Georreferenciación de mobiliario y arbolado para las áreas de influencia a partir de estos.*
***Fuente**: Elaboración propia.*

Esta información es consignada en la base de datos geográfica para el análisis del índice y luego se suma al área de cobertura del arbolado urbano. Seguido a esto se procedió a establecer el porcentaje de cobertura de cada uno de los andenes analizados.

2.2.8. Contaminación sonora.

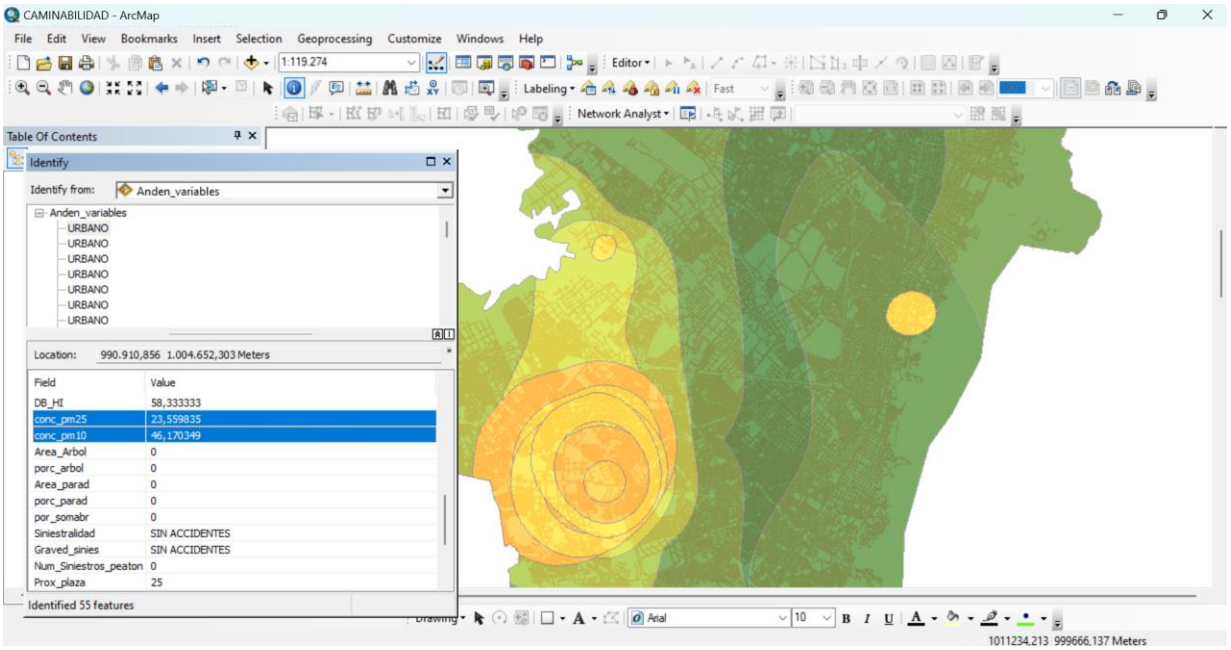
Para obtener la información de ruido de la ciudad, se tomó la información enviada por la Secretaría Distrital de Ambiente. Para establecer este dato, se procedió a tomar la información enviada que corresponde al valor total registrado en día hábil normal, y para el cálculo para el índice de Caminabilidad se procesó el valor más alto que se traslapa en cada uno de los andenes y se le asigna dicho dato.



I19 *Ilustración 19. Traslape de información de contaminación sonora con andenes.*
***Fuente**: Elaboración propia.*

2.2.9. PM 10 y PM2,5.

Para estas variables asociadas a la calidad del aire en la ciudad, se tomó como base la información enviada por la Secretaría Distrital de Ambiente relacionada con el PM-10 y el PM 2.5. Así se procedió a realizar el respectivo análisis espacial de la información, para asignarle a cada uno de los andenes un valor respectivo de la información de PM – 10 y PM 2.5 respectivamente para la ciudad.



I20 *Ilustración 20. Traslape de información de contaminación del aíre con andenes. Fuente: Elaboración propia.*

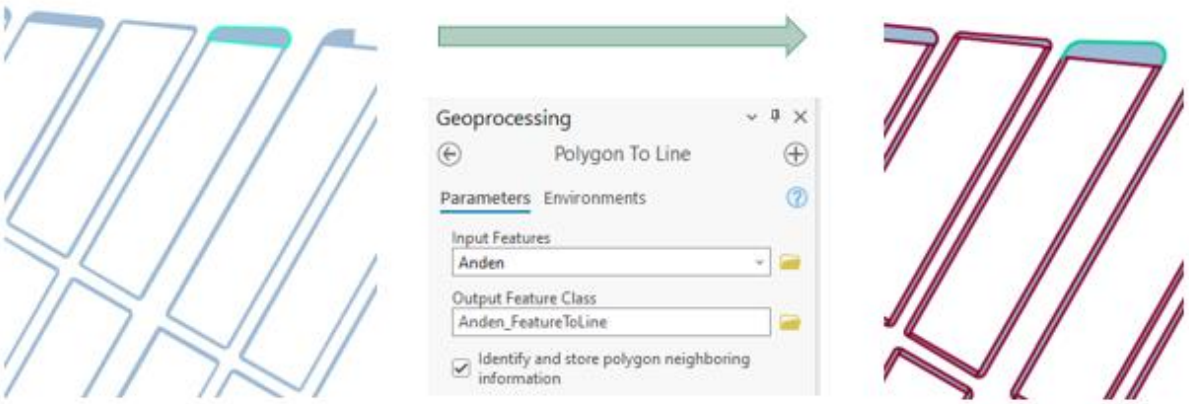
2.2.10. Pendiente topográfica para los andenes.

El proceso metodológico para el cálculo de pendientes consistió en:

- Conversión de Polígonos a Líneas:

Los polígonos de entrada se convierten a líneas mediante la herramienta FeatureToLine.

Salida: Anden_FeatureToLine.



I21 *Ilustración 21. Conversión de tipo de geometría.*
***Fuente**: Elaboración propia*

➢ Definición de Rutas de Entrada y Salida:

Se define la geodatabase de entrada: E:\CATASTRO\CATASTRO2024\Caminabilidad\Caminabilidad\Default.gdb.

Datos de entrada inicial: polígono que representa los andenes.

Raster de modelo digital de terreno (DEM): DTM_5.tif, DTM_2.tif ó DTM_1.tif.

Se definen las rutas para las capas intermedias y finales.

```
# Definir las rutas de entrada y salida
input_gdb = r"E:\CATASTRO\CATASTRO2024\Caminabilidad\Caminabilidad\Default.gdb"
input_fc = "Anden_FeatureToLine"
output_fc_longest = "Anden_FeatureToLine_LongitudMaxima"
output_fc_selected = "Anden_FeatureToLine_LongitudMaxima_Selected"
output_fc_simplified = "Anden_FeatureToLine_Simplificado2"

# Definir el raster DEM para cálculo de pendientes
dem_raster = r"E:\CATASTRO\CATASTRO2024\Caminabilidad\MDT_GENERADO_LIDAR\DTM_5.tif"

# Definir la feature class de salida para pendientes
output_lines_with_slope = "LineasConPendiente_5"
```

I22 *Ilustración 22. Script para la definición de entrada y salida.*
***Fuente**: elaboración propia.*

➢ Selección de las Líneas Más Largas

Copiar Datos:

Los datos convertidos de polígonos a líneas se copian a una nueva feature class: Anden_FeatureToLine_LongitudMaxima.

Cálculo de Longitud:

Se añade el campo "Longitud" y se calcula el valor para cada línea.

Obtención de Longitud Máxima por Categoría:

Se genera una tabla de estadísticas para determinar la longitud máxima por atributo AndCodigo.

Selección de Líneas Más Largas:

Se seleccionan las líneas que coincidan con la longitud máxima y se guardan en una nueva feature class: Anden_FeatureToLine_LongitudMaxima_Selected.

```python
# Copiar las features de entrada a una nueva feature class
arcpy.management.CopyFeatures(input_fc_path, os.path.join(input_gdb, output_fc_longest))
print(f"Feature class copiada a: {output_fc_longest}")

# Añadir el campo "Longitud" si no existe
longest_fc_path = os.path.join(input_gdb, output_fc_longest)
if not arcpy.ListFields(longest_fc_path, "Longitud"):
    arcpy.management.AddField(longest_fc_path, "Longitud", "DOUBLE")
    print("Campo 'Longitud' añadido.")
else:
    print("Campo 'Longitud' ya existe.")

# Calcular la longitud de cada línea en metros
arcpy.management.CalculateGeometryAttributes(
    longest_fc_path,
    [["Longitud", "LENGTH"]],
    "METERS"
)
print("Longitud calculada para cada línea.")

# Crear una tabla de estadísticas para obtener la longitud máxima por AndCodigo
summary_table = os.path.join("in_memory", "summary")
arcpy.analysis.Statistics(
    longest_fc_path,
    summary_table,
    [["Longitud", "MAX"]],
    "AndCodigo"
)
print("Tabla de estadísticas creada.")
```

123

Ilustración 23. Script para el cálculo de la longitud máxima.
***Fuente**: elaboración propia.*

- Creación de Líneas Simplificadas

Configuración de la Capa Simplificada:

Se crea una nueva feature class para almacenar las líneas simplificadas: Anden_FeatureToLine_Simplificado2.

Simplificación de Líneas:

Se aplica el método BEND_SIMPLIFY para preservar la curvatura con una tolerancia de 5 metros.

Validación y Visualización:

Se verifica que las geometrías simplificadas se hayan creado correctamente y se añaden al mapa activo en ArcGIS.

```
# ------------------------------
# 4. Crear líneas simplificadas Preservando la Curvatura
# ------------------------------

try:
    # Verificar si la feature class seleccionada existe y contiene datos
    selected_fc_path = os.path.join(input_gdb, output_fc_selected)
    if not arcpy.Exists(selected_fc_path):
        raise FileNotFoundError(f"La feature class seleccionada '{output_fc_selected}' no existe.")

    selected_count = int(arcpy.management.GetCount(selected_fc_path).getOutput(0))
    if selected_count == 0:
        raise Exception(f"La feature class seleccionada '{output_fc_selected}' está vacía.")

    # Obtener la referencia espacial de la feature class seleccionada
    desc = arcpy.Describe(selected_fc_path)
    spatial_ref = desc.spatialReference
    print("Referencia espacial obtenida.")

    # Crear una nueva feature class para las líneas simplificadas si no existe
    simplified_fc_path = os.path.join(input_gdb, output_fc_simplified)
    if not arcpy.Exists(simplified_fc_path):
        arcpy.management.CreateFeatureclass(
            input_gdb,
            output_fc_simplified,
            "POLYLINE",
            spatial_reference=spatial_ref
        )
        print(f"Feature class '{output_fc_simplified}' creada para líneas simplificadas.")
    else:
        print(f"Feature class '{output_fc_simplified}' ya existe.")

    # Añadir el campo "AndCodigo" si no existe
    if not arcpy.ListFields(simplified_fc_path, "AndCodigo"):
        arcpy.management.AddField(
            simplified_fc_path,
            "AndCodigo",
            "TEXT"
        )
        print("Campo 'AndCodigo' añadido a la feature class simplificada.")
    else:
        print("Campo 'AndCodigo' ya existe en la feature class simplificada.")

    # Simplificar las líneas preservando la curvatura usando SimplifyLine
    arcpy.management.SimplifyLine(
        selected_fc_path,
        simplified_fc_path,
        "BEND_SIMPLIFY",        # Método que preserva las curvas
        tolerance=5,            # Ajustar según la precisión requerida (en unidades de la referencia espacial)
        preserve_endpoints="NO_PRESERVE"
    )
    print("Simplificación de líneas completada preservando la curvatura.")

    # Verificar si la simplificación ha creado geometrías
    simplified_count = int(arcpy.management.GetCount(simplified_fc_path).getOutput(0))
    print(f"Número de líneas en '{output_fc_simplified}': {simplified_count}")

    if simplified_count == 0:
        print("La feature class simplificada está vacía. Revisa los parámetros de SimplifyLine.")
    else:
        # Añadir la feature class simplificada al mapa actual
        aprx = arcpy.mp.ArcGISProject("CURRENT")
        mapa = aprx.activeMap
        mapa.addDataFromPath(simplified_fc_path)
        print(f"Feature class '{output_fc_simplified}' añadida al mapa actual.")

except arcpy.ExecuteError:
    print("Error de ArcPy durante la simplificación de líneas:")
    print(arcpy.GetMessages(2))
except FileNotFoundError as fnf_error:
    print(fnf_error)
except Exception as e:
    print(f"Error inesperado durante la simplificación de líneas: {e}")
```

I24

Ilustración 24. Script para la creación capa de salida.
***Fuente**: elaboración propia.*

- Cálculo de Pendientes

1. Preparación de Campos y Capas Temporales:

Se añaden campos para almacenar elevaciones iniciales y finales, así como pendientes en porcentaje y grados.

```
# Añadir campos para almacenar la elevación inicial, final, pendiente en % y en grados
fields_to_add = [("ELEV_INI", "DOUBLE"), ("ELEV_FIN", "DOUBLE"),
                 ("PENDIENTE_PCT", "DOUBLE"), ("PENDIENTE_DEG", "DOUBLE")]
for field_name, field_type in fields_to_add:
    if not arcpy.ListFields(output_lines, field_name):
        arcpy.management.AddField(output_lines, field_name, field_type)
        print(f"Campo '{field_name}' añadido.")
    else:
        print(f"Campo '{field_name}' ya existe.")
```

I25 *Ilustración 25. Script para la adición de campos.*
***Fuente**: elaboración propia.*

Se extraen valores de elevación para los vértices iniciales y finales de cada línea utilizando el raster DEM.

```
# Extraer valores de elevación para los puntos inicial y final de cada línea
arcpy.management.FeatureVerticesToPoints(output_lines, temp_start_points, "START")
arcpy.management.FeatureVerticesToPoints(output_lines, temp_end_points, "END")
print("Puntos de inicio y fin generados.")

arcpy.sa.ExtractValuesToPoints(temp_start_points, dem_raster, temp_start_elev, "NONE", "VALUE_ONLY")
arcpy.sa.ExtractValuesToPoints(temp_end_points, dem_raster, temp_end_elev, "NONE", "VALUE_ONLY")
print("Valores de elevación extraídos.")
```

I26 *Ilustración 26 Script para la extracción de valores de elevación.*
***Fuente**: elaboración propia.*

2. Cálculo de Pendientes:

Se calcula la pendiente en porcentaje y grados

```
# Calcular pendiente en porcentaje
slope_pct = ((elev_fin - elev_ini) / length) * 100

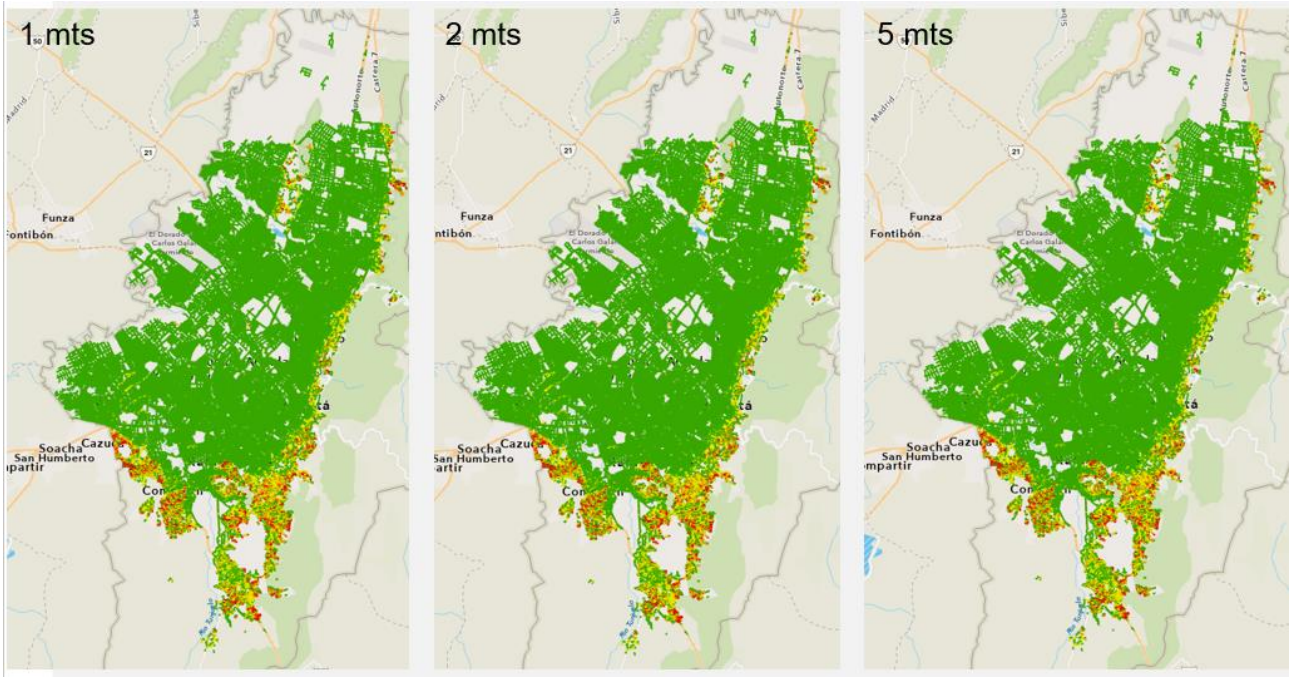
# Calcular pendiente en grados
slope_rad = math.atan((elev_fin - elev_ini) / length)
slope_deg = math.degrees(slope_rad)

# Actualizar los campos
row[2] = elev_ini
row[3] = elev_fin
row[4] = slope_pct
row[5] = slope_deg
cursor.updateRow(row)
```

127 *Ilustración 27. Script para el cálculo de pendientes.*
***Fuente**: elaboración propia.*

3. Almacenamiento y visualización de Resultados:

Los resultados se guardan en una nueva feature class: LineasConPendiente_5.



128 *Ilustración 28. Visualización del cálculo de pendientes a diferentes niveles de detalle.*
***Fuente**: elaboración propia.*

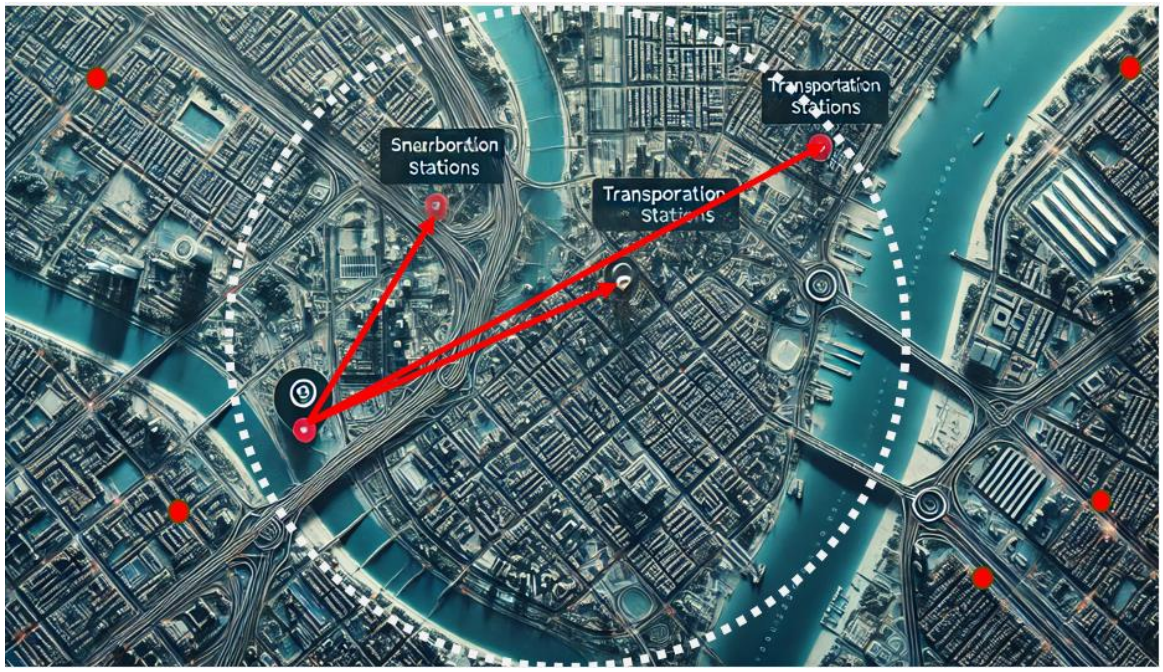
4. Conclusiones cálculo de pendiente topográfica.

En este estudio se aplicaron dos metodologías para el cálculo de pendientes. La primera consistió en el análisis de pendientes a través de estadísticas zonales empleando un raster de pendientes. La segunda se basó en la obtención de la pendiente topográfica utilizando una feature class con geometría tipo línea. En este caso, se derivaron los valores máximos de elevación a partir de modelos digitales de terreno (MDT) y se consideró la longitud máxima de las líneas.

Tras validar los resultados, se observó una consistencia en los cálculos obtenidos, lo que coincide con el conocimiento previo de las características topográficas de la zona urbana analizada.

2.2.11. Distancia al sistema de transporte.

Para realizar un primer filtro a los puntos de interés más cercanos a un andén particular, se calcula la distancia euclidiana hacia todas las estaciones, se filtran las más cercanas a un radio de n metros y posteriormente se realiza la solicitud a la API para el cálculo de la distancia exacta.



129 *Ilustración 29. Metodología cálculo puntos de interés más cercanos.*
***Fuente**: elaboración propia*.

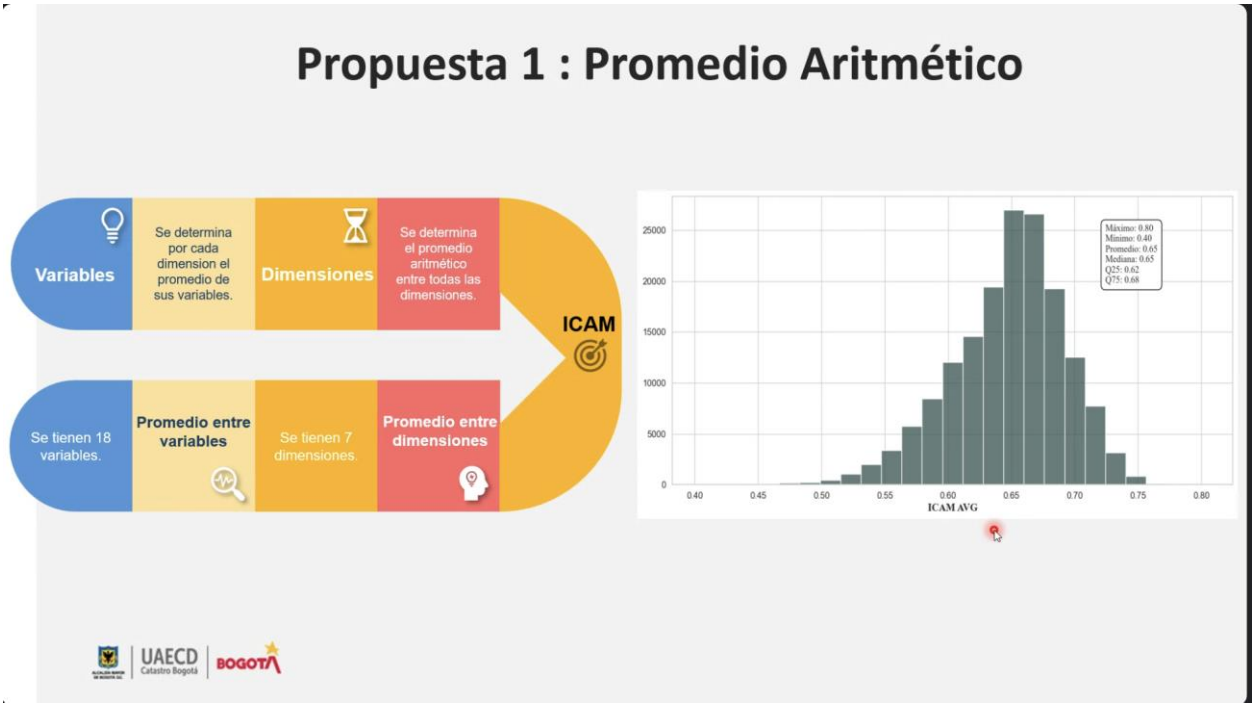


I30 *Ilustración 30. Resultados distancias andenes-estaciones.*
***Fuente**: elaboración propia*.

2.3.Propuesta

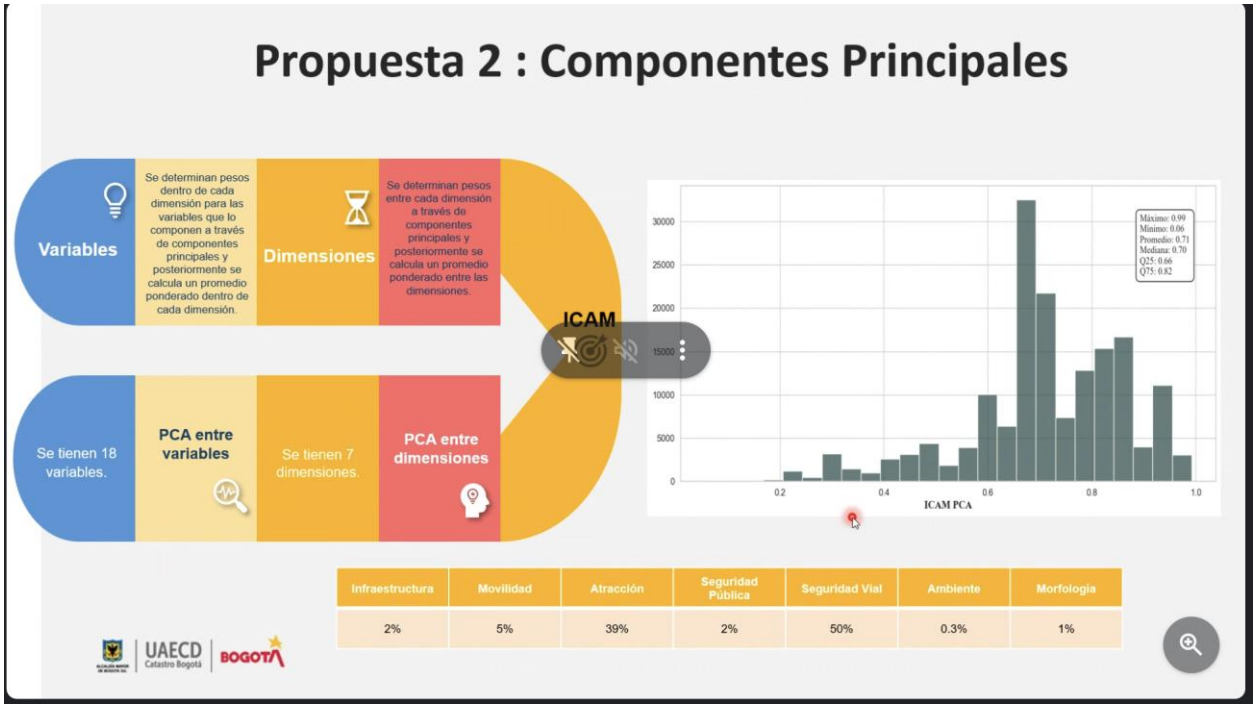
Se presentan dos propuestas metodológicas para el cálculo del índice de Caminabilidad como se describe a continuación:

- Propuesta 1: Calcular el índice de Caminabilidad promediando todas las 18 variables con un mismo peso. Esta es la misma metodología que se utilizó para el cálculo del índice de Caminabilidad en la versión 1 del modelo. En la siguiente figura se observa la distribución del índice para un conjunto de andenes:



I31 *Ilustración 31. Propuesta 1 promedio aritmético.*
***Fuente**: elaboración propia*.

- Propuesta 2: Utilización de la técnica estadística conocida como Análisis de Componentes Principales (PCA por sus siglas en inglés). Se propone utilizar PCA para encontrar la importancia (ponderación) de las 18 variables en su respectiva dimensión. Posteriormente se vuelve a utilizar PCA para encontrar la importancia de cada una de las 7 dimensiones. En la siguiente figura se muestra la distribución del índice de acuerdo con esta propuesta.



I32 *Ilustración 32. Propuesta 2 componentes principales.*
***Fuente**: elaboración propia*.

Análisis de las propuestas

- Propuesta 1: Dado que todas las variables tienen el mismo peso, el valor del índice no tiene en cuenta variables que pudieran ser más importantes que otras, lo cual podría interpretarse como un índice que no refleja totalmente la Caminabilidad de un andén.

- Propuesta 2: En esta propuesta se resuelve el problema de tener el mismo factor de ponderación para todas las variables. La metodología permite que esta ponderación emerja de los datos. Sin embargo,

dimensiones como "Morfología" son prácticamente despreciables (1%) con respecto a otras dimensiones como por ejemplo "Seguridad Vial" (50%). Esto permite pensar en que una persona experta en el tema podría desconocer estas ponderaciones. Es importante mencionar que tanto la propuesta 1 como la propuesta 2 desconocen el juicio experto y utilizan solamente la información que emerge de los datos.

Recomendaciones

- Cualquiera de las dos propuestas metodológicas podría ser utilizada para el cálculo del ICAM V2. Incluso se podría pensar en tener a disposición las 2 versiones del índice de Caminabilidad.
- Propuesta 3: Se podrían definir las ponderaciones mediante la metodología de juicio experto, en la que al menos 3 personas expertas en el tema (funcionarios del DADEP y/o IDECA) definan los factores de ponderación de las 18 variable o de las 7 dimensiones. Los participantes llegarían a un consenso en la definición de las ponderaciones. Es importante que participe un número impar de expertos para que se resuelvan empates en la definición de las ponderaciones, en caso de que se presenten.
- Propuesta 4: Promediar las ponderaciones encontradas en la Propuesta 2 y la Propuesta 3, de tal forma que el índice de Caminabilidad tenga en cuenta no solamente los datos, sino también el juicio experto.
- Propuesta 5: Incluir un componente de medición de percepción de Caminabilidad de un grupo de ciudadanos. Para esto se requeriría diseñar la metodología y los instrumentos para que un conjunto representativo de ciudadanos pudiera calificar la percepción de Caminabilidad de los andenes mediante la utilización de estos. Esta propuesta requeriría financiación dado que habría que pensar en dar algún tipo de incentivo a los participantes. Esto se podría pensar para una tercera versión del índice de Caminabilidad.

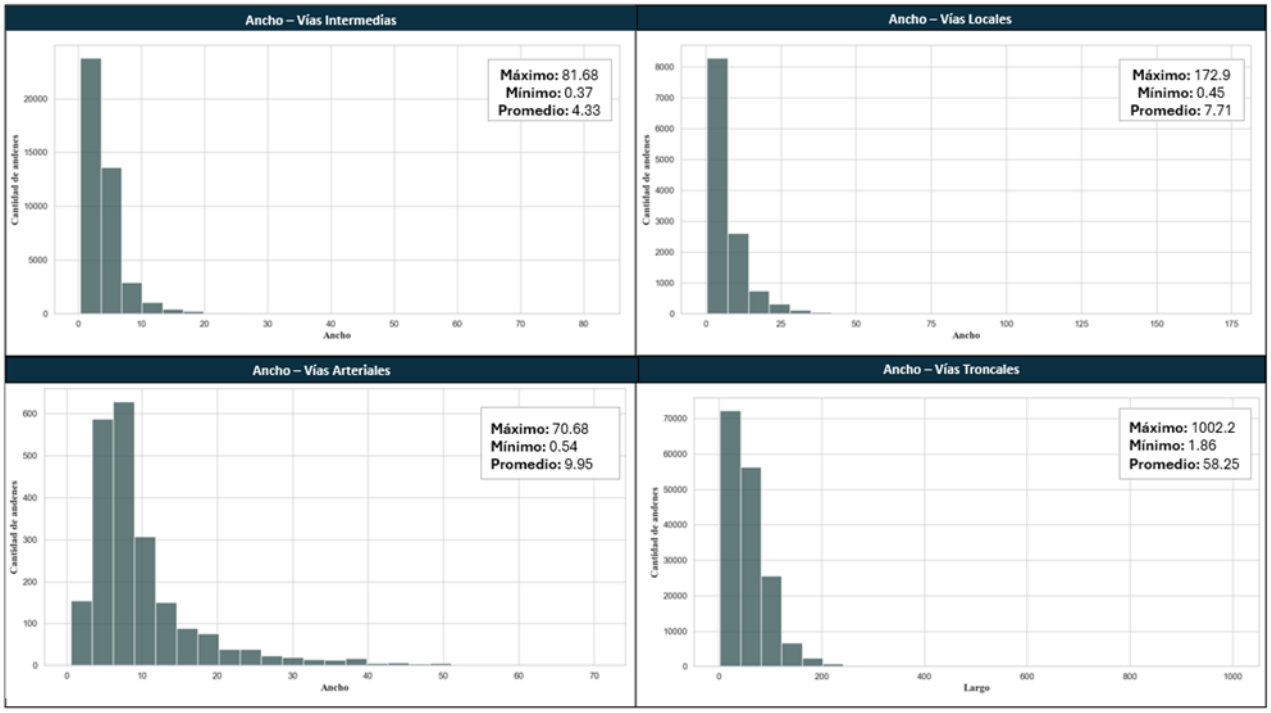
Describir de forma general lo que se ha prototipado, es decir, qué se ha materializado. El prototipado es el encargado de materializar el diseño de la propuesta, es la manera como avanzamos en la consecución de nuestros objetivos y obtenemos feedback.

3. Prototipar

Análisis descriptivo variables Caminabilidad:

3.1 Dimensión infraestructura

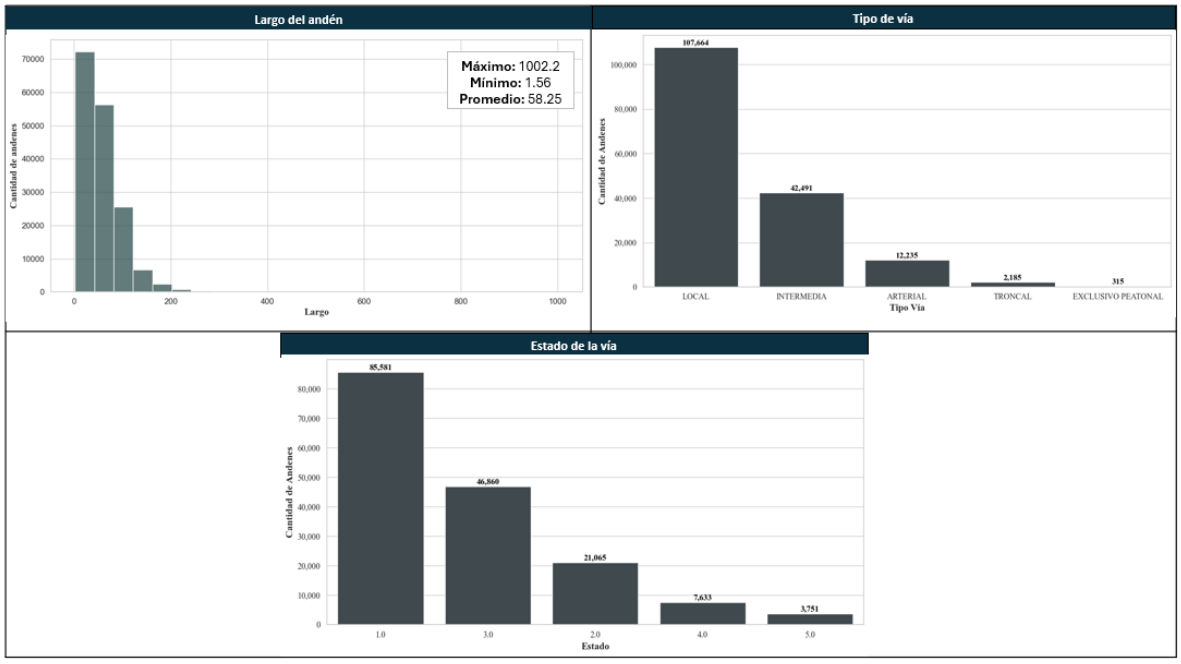
El ancho y el largo de los andenes son variables físico-espaciales clave para evaluar la infraestructura peatonal según el tipo de vía. En la Gráfica 33 se muestra que, para las vías intermedias (42,491 andenes), el ancho promedio es de 4.33 metros, con un rango de 0.37 a 81.68 metros, siendo la mayoría menores a 10 metros. En las vías locales (107,664 andenes), el promedio es de 3.36 metros, con un rango de 0.26 a 114.11 metros, destacándose que la mayoría tienen menos de 20 metros de ancho. Las vías arteriales (12,235 andenes) presentan un ancho promedio de 7.71 metros, con valores entre 0.45 y 172.9 metros, mientras que en las vías troncales (2,185 andenes), el promedio es de 9.98 metros, con un rango de 0.54 a 70.68 metros, predominando también anchos menores a 20 metros.



I33 *Ilustración 33. Distribución del ancho de andén por tipo de vía.*

Fuente: elaboración propia.

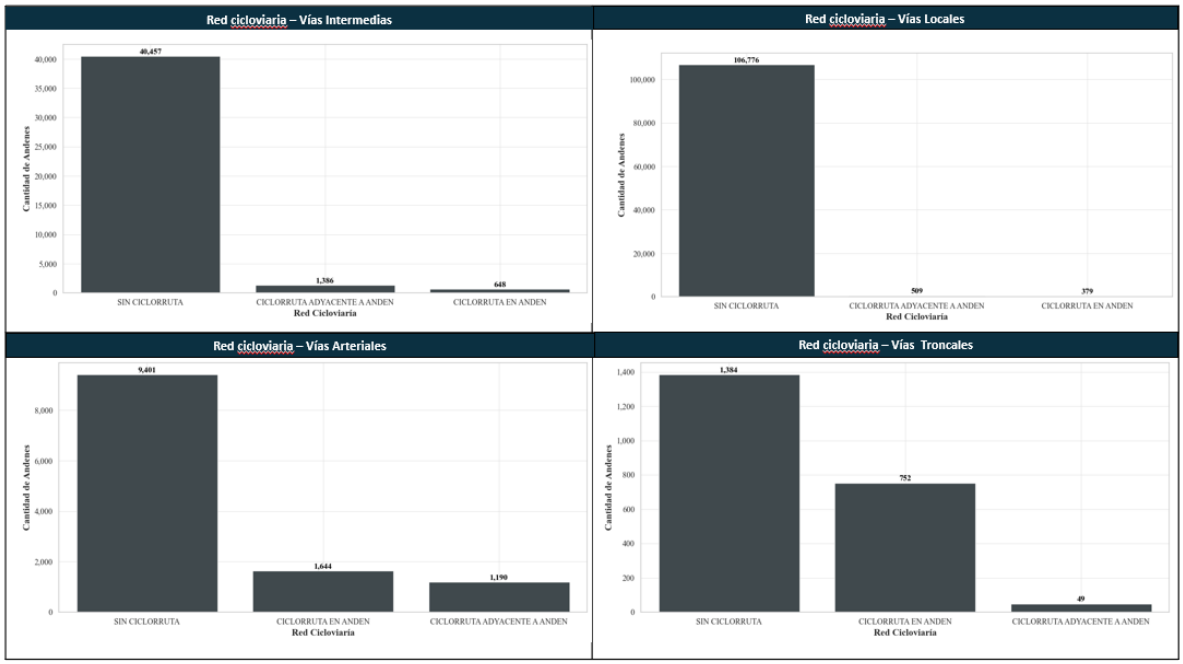
En la Gráfica 34 se analiza la distribución del largo, tipo y estado de los andenes. Con un total de 164,890 andenes, el largo promedio es de 58.25 metros, variando entre 1.86 y 1,002.2 metros, y con la mayoría de los tramos siendo inferiores a 200 metros. Por tipología, el 65.29% corresponde a vías locales (107,664 andenes), seguidas de intermedias (42,491 andenes, 25.76%), arteriales (12,235 andenes, 7.4%), troncales (2,185 andenes, 1.3%) y peatonales exclusivas (315 andenes, 0.19%). En cuanto al estado, predominan los andenes clasificados en los estados 1 y 3, con 85,581 y 46,860 andenes respectivamente, siendo el estado 1 el mejor, mientras que los estados 2, 4 y 5 agrupan el resto.



I34 *Ilustración 34. Distribución del largo, tipo y estado de la vía.*
Fuente: elaboración propia.

La gráfica 35 presenta la distribución de la red cicloviaria por tipo de vía. Los estudios consultados indican que la disponibilidad para caminar mejora en las zonas donde existe infraestructura para la bicicleta.

En las vías intermedias, que suman un total de 42,491 andenes, se observa que la gran mayoría, 40,457 andenes, no cuentan con ciclorruta. Les siguen 1,386 andenes con ciclorruta adyacente y, por último, 648 andenes con ciclorruta integrada en el andén. En las vías locales, con un total de 107,664 andenes, también predomina la falta de ciclorruta, con 106,776 andenes sin infraestructura ciclista. A continuación, se encuentran 509 andenes con ciclorruta adyacente y 379 andenes con ciclorruta integrada en el andén. En las vías arteriales, que suman 12,235 andenes, la mayoría, 9,401 andenes, no disponen de ciclorruta. Seguidos de 1,644 andenes con ciclorruta integrada en el andén y 1,190 andenes con ciclorruta adyacente. Finalmente, en las vías troncales, que suman 2,185 andenes, la mayoría, 1,384 andenes, no cuentan con ciclorruta. Les siguen 752 andenes con ciclorruta integrada en el andén y 49 andenes con ciclorruta adyacente.

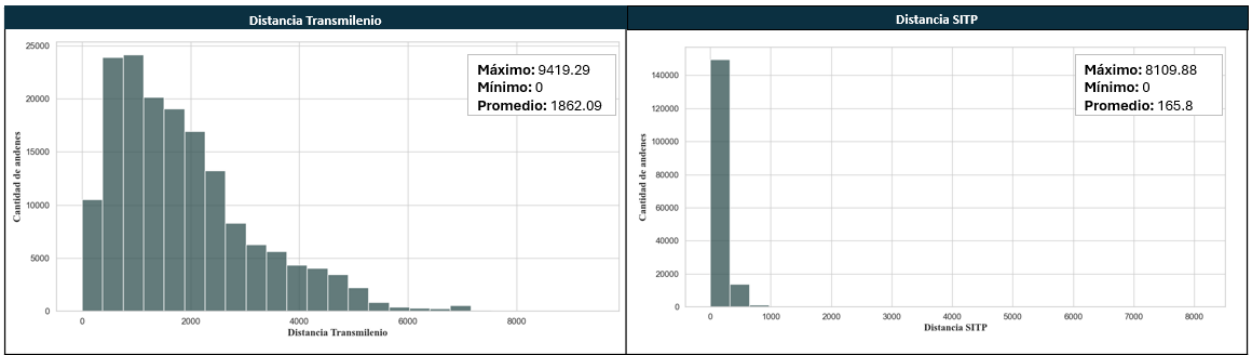


I35 *Ilustración 35. Distribución de la red cicloviaria por tipo de vía.*
Fuente: elaboración propia.

3.2 Dimensión movilidad peatonal

En la Gráfica 36 se presenta la distribución de las variables correspondientes a la distancia a estaciones de Transmilenio y a paraderos del SITP. La variable de distancia a paraderos de SITP está relacionada con la conectividad y proximidad al transporte público, lo cual favorece los flujos de peatones y fomenta el uso de la caminata. El análisis muestra que la distancia promedio a estos paraderos es de 165.8 metros, con un valor máximo de 8,109.88 metros y un mínimo de 0 metros. Al observar los datos, se destaca una alta concentración de andenes ubicados a menos de 1000 metros de los paraderos, lo que refleja una proximidad significativa al transporte público en la mayoría de los casos.

Por otro lado, al analizar la distancia a las estaciones de Transmilenio, se observa que el valor promedio es de 1,862.09 metros, con un máximo de 9,419.29 metros y un mínimo de 0 metros. En este caso, también se identifica una alta concentración de andenes situados a menos de 4,000 metros de las estaciones, aunque en general, las distancias a Transmilenio son considerablemente mayores que a los paraderos del SITP.



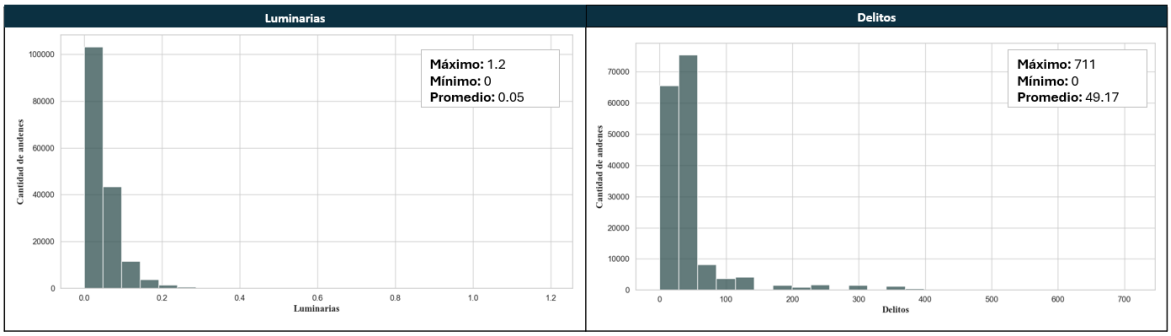
I36 *Ilustración 36. Distribución del largo, tipo y estado de la vía.*
Fuente: elaboración propia.

3.3 Dimensión seguridad pública

En la gráfica 37 se presenta la distribución de la variable de luminarias y seguridad a nivel de andén. La variable luminarias se calcula como el número de luminarias por metro cuadrado de andén. Al analizar esta variable, se observa una distribución sesgada hacia la derecha, lo que indica que la mayoría de los andenes presentan una baja cantidad de luminarias por metro

cuadrado. El valor promedio es de 0.05 luminarias por metro cuadrado, con un mínimo de 0 y un máximo de 1.2 luminarias por metro cuadrado.

El estudio calcula la tasa de delitos en función de la cantidad de habitantes, considerando delitos relacionados con lesiones, hurtos y delitos sexuales. Al analizar la variable delitos, también se observa una distribución sesgada hacia la derecha, lo que sugiere que la mayoría de los andenes registran menos de 50 delitos. El promedio de delitos por andén es de 49.17, con un valor mínimo de 0 y un máximo de 711.

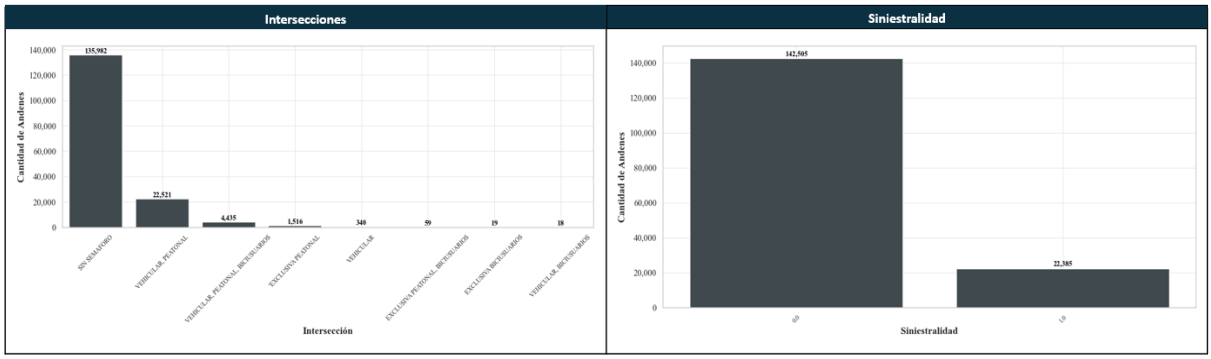


I37 *Ilustración 37. Distribución de las luminarias y delitos en los andenes.*
Fuente: elaboración propia.

3.4 Dimensión seguridad vial

La gráfica 38 muestra la distribución de las intersecciones y la siniestralidad vial en los andenes. La variable "Intersecciones" se refiere a la disposición de cruces seguros para los peatones, lo cual facilita la continuidad del camino. Al analizar esta variable, se observa que la mayoría de los andenes se agrupan en las categorías "Sin Semáforo", "Vehicular Peatonal" y "Vehicular, Peatonal, Biciusuarios", con 135,982, 22,521 y 4,435 andenes, respectivamente.

En cuanto a la siniestralidad vial, se utilizó información sobre los siniestros viales relacionados con peatones, asociándolos con los andenes afectados. De esta manera, se construyó una variable que indica si un andén estuvo involucrado en siniestros relacionados con peatones durante el año 2024. Al analizar la variable "Siniestralidad", que solo tiene dos valores posibles (0 para andenes sin siniestros y 1 para aquellos con siniestros), se observa que 142,505 andenes (86.42%) no registraron siniestros, mientras que 22,385 andenes (13.58%) sí estuvieron involucrados en siniestros.



138

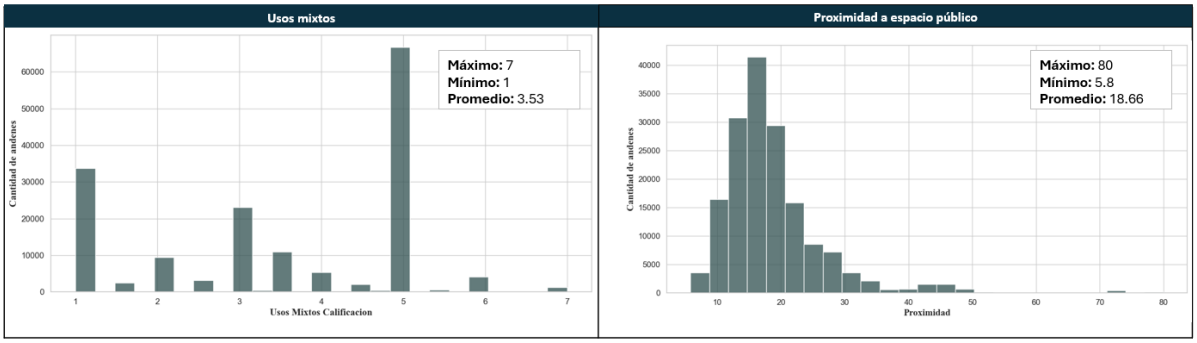
Ilustración 38. Distribución de las intersecciones y siniestralidad en los andenes.
Fuente: elaboración propia.

3.5. Dimensión de atracción

La gráfica 39 presenta la distribución de los usos mixtos y la proximidad a espacios públicos en los andenes. La variable "Usos Mixtos" se refiere a los usos actuales en la ciudad, y según la revisión realizada, algunos usos son más favorables para el desarrollo de la caminata que otros. Los usos mixtos fueron clasificados del 1 al 7, donde: 1 = Comercial y servicios, 2 = Espacio público, 3 = Recreacional y deportivo, 4 = Equipamientos, 5 = Residencial, 6 = Industrial, y 7 = No edificado.

Dado que la mejor calificación posible para la variable "Usos Mixtos" es 1 y la peor es 7, es importante destacar que un mismo andén puede presentar diferentes usos. Por ello, se calculó el promedio de las calificaciones de cada uso asociado a un mismo andén. Al observar la gráfica, se evidencia que la mayoría de los andenes tienen una calificación de 5 (correspondiente a usos residenciales), seguida de la calificación 1, que corresponde a los usos comerciales y de servicios exclusivamente.

Por otro lado, al analizar la variable de proximidad a espacio público, se observa una distribución sesgada hacia la derecha, lo que indica que la mayoría de los andenes se encuentran a menos de 20 minutos de distancia. En promedio, la distancia es de 18.66 minutos, con un valor mínimo de 5.8 minutos y un valor máximo de 80 minutos.



I39 *Ilustración 39. Distribución de los usos mixtos y proximidad a espacio público en los andenes.*
Fuente: elaboración propia.

3.6 Dimensión de ambiente

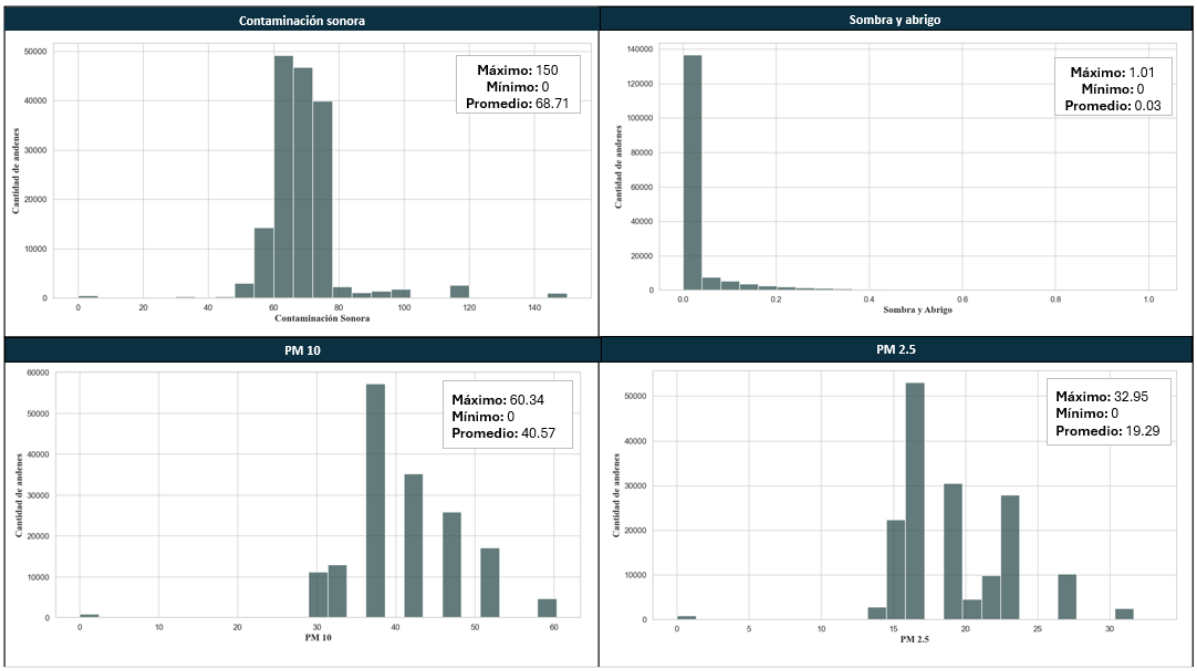
La gráfica 40 presenta la distribución de las variables de contaminación sonora, sombra y abrigo, PM 10 y PM 2.5. La primera variable hace referencia a los niveles de contaminación sonora medidos en decibelios durante el día, registrados a partir de los estudios realizados por la Secretaría Distrital de Ambiente. Al analizarla, se observa que la mayoría de los andenes presentan niveles de contaminación sonora entre 60 y 80 decibelios. El promedio registrado es de 68.71 decibelios, con valores mínimos de 0 decibelios y máximos de 150 decibelios.

La variable sombra y abrigo hace referencia a los elementos del entorno urbano que brindan confort a los peatones, protegiéndolos de la lluvia o el sol. Se evalúa el porcentaje del andén cubierto por estos elementos. Al analizar esta variable, se observa que la mayoría de los andenes tienen un porcentaje bajo de sombra, mostrando una distribución sesgada hacia la derecha. En promedio, el nivel de sombra es de 0.03, con valores mínimos de 0 y máximos de 1.01.

La variable PM 10 hace referencia al material particulado presente en la atmósfera con un tamaño de 10 micras. Al analizarla, se observa que la mayoría de los andenes tienen niveles de material particulado entre 35 y 50. El promedio de PM 10 es de 40.57, con valores mínimos de 0 y máximos de 60.34.

Por último, la variable PM 2.5 se refiere al material particulado con un tamaño de 2.5 micras. Al observar esta variable, se puede notar que la mayoría de los

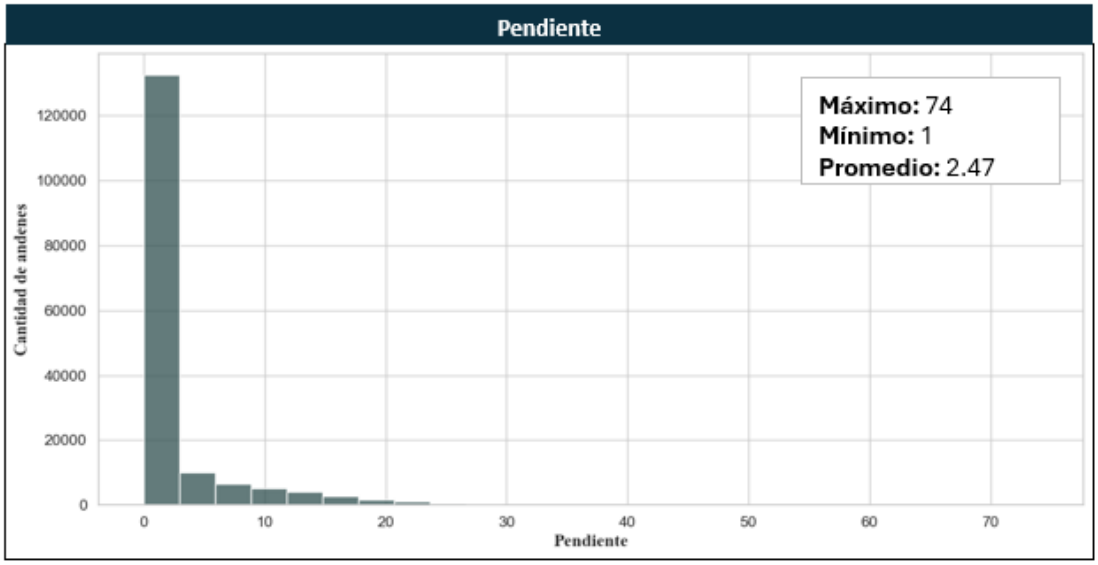
andenes tienen niveles de material particulado entre 15 y 25. El promedio de PM 2.5 es de 19.29, con valores mínimos de 0 y máximos de 32.98.



I40 *Ilustración 40. Distribución de la contaminación sonora, ambiental, sombra y abrigo en los andenes.*
Fuente: elaboración propia.

3.7 Dimensión de morfología

La gráfica 41 muestra la distribución de la variable "pendiente", que refleja el grado de elevación de los andenes, un factor que puede facilitar o dificultar la Caminabilidad, especialmente si la pendiente es muy pronunciada. Al analizarla, se observa que la mayoría de los andenes presentan pendientes muy bajas, lo que genera una distribución sesgada hacia la derecha. En promedio, el grado de inclinación es de 2.47, con valores mínimos de 0 y máximos de 74.



I41 *Ilustración 41. Distribución de la contaminación sonora, ambiental, sombra y abrigo en los andenes.*
Fuente: elaboración propia.

4. Categorización de las variables

Este proceso fue realizado con la finalidad de clasificar los andenes según la puntuación obtenida en cada variable. Los rangos varían según el atributo evaluado y se describen en cada sección de forma detallada.

4.1 Dimensión de infraestructura vial

La Gráfica 42 analiza el comportamiento del ancho de los andenes según el tipo de vía, mostrando patrones interesantes que revelan importantes desigualdades en la calidad de la infraestructura peatonal. En las vías intermedias, que representan 42,491 andenes, se observa una marcada predominancia de la categoría Insuficiente, con 35,401 andenes, lo que implica que la mayoría de estas vías no ofrecen anchos adecuados para el tránsito peatonal. Solo 5,056 andenes se clasifican como Óptimos y 2,034 como Suficientes, mientras que no hay registros en la categoría Bien, lo que sugiere un diseño limitado para estas vías en términos de comodidad y seguridad.

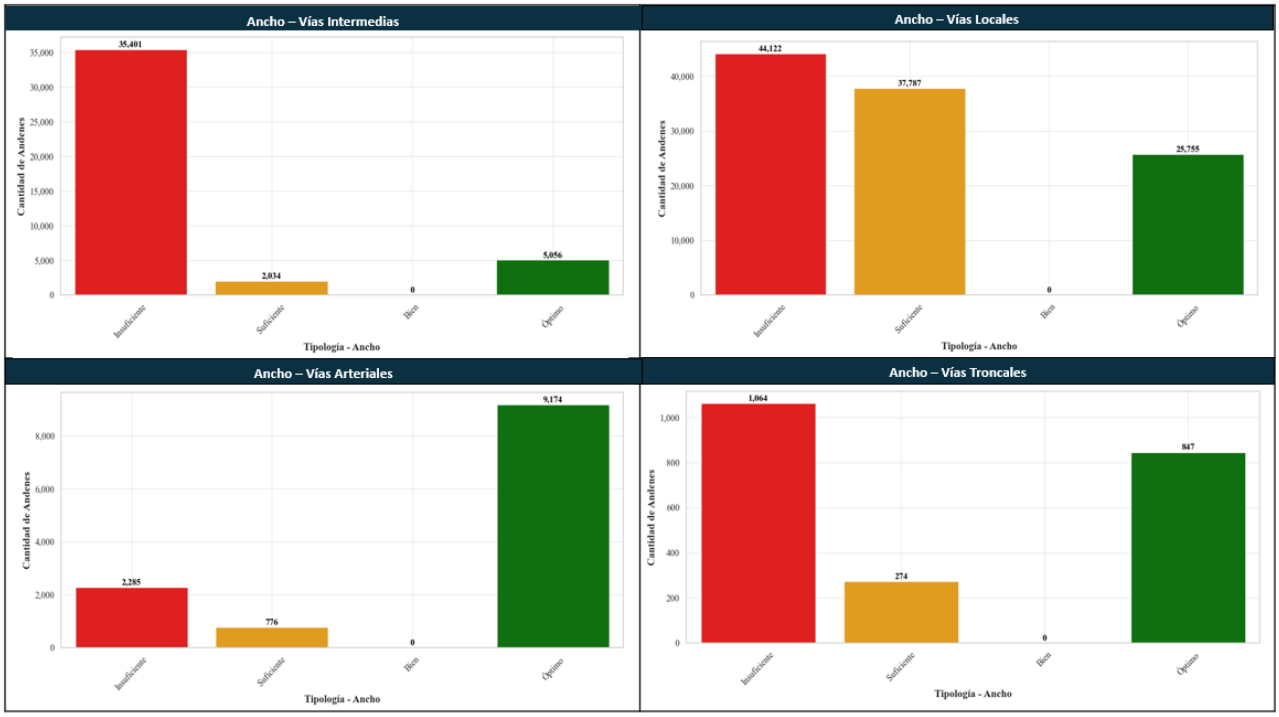
En las vías locales, que suman 107,664 andenes, también predomina la categoría Insuficiente, con 44,122 andenes, aunque hay una mejor distribución en las categorías superiores: 37,787 en Suficiente y 25,755 en Óptimo. Sin embargo, la ausencia de registros en la categoría Bien refleja que, aunque hay avances, todavía hay un margen considerable para optimizar la calidad de los andenes en estas vías, que son esenciales para el tránsito peatonal diario.

Por otro lado, en las vías arteriales, que abarcan 12,235 andenes, el panorama es más favorable, con una mayoría en la categoría Óptimo (9,174 andenes), aunque sigue habiendo 2,285 clasificados como Insuficientes y 776 como Suficientes. Este resultado indica una mejor priorización del ancho peatonal en estas vías principales, pero aún persisten casos donde el ancho no cumple con los estándares necesarios.

Finalmente, en las vías troncales, que suman 2,185 andenes, se mantiene una mayoría en la categoría Insuficiente, con 1,064 andenes, seguida por 847 clasificados como Óptimos y 274 como Suficientes, nuevamente sin registros en la categoría Bien. Esto sugiere que, a pesar de ser vías de alta relevancia, la infraestructura peatonal en estas rutas enfrenta desafíos importantes.

Tipo de vía	Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
Intermedias	Menor a 3 mts	Entre 3 mts y 3.5 mts	Igual a 3.5 mts	Mayores a 3.5 mts
Locales	Menor a 1.5 mts	Entre 1.5 mts y 2.5 mts	Igual a 2.5 mts	Mayores a 2.5 mts
Arteriales	Menor a 3.5 mts	Entre 3.5 mts y 4 mts	Igual a 4 mts	Mayores a 4 mts
Troncales	Menor a 3.5 mts	Entre 3.5 mts y 4 mts	Igual a 4 mts	Mayores a 4 mts

T4 *Tabla 4.* Rangos de calificación para el ancho de la vía.
Fuente: Elaboración *propia.*



I42 *Ilustración 42. Comportamiento del ancho del andén por categoría y tipo de vía.*
Fuente: elaboración propia.

La Gráfica 43 analiza el comportamiento del largo, tipo y estado de los andenes según su categoría, destacando diferencias significativas en la calidad de la infraestructura peatonal. En cuanto al largo de los andenes, se observa una marcada predominancia en la categoría Óptimo, con 149,585 andenes, lo que indica un diseño adecuado en términos de longitud en la mayoría de los casos. Sin embargo, aún persisten 5,271 andenes clasificados como Insuficientes y 3,382 como Suficientes, lo que muestra áreas que requieren intervención. La categoría

Bien, con 6,652 andenes, también evidencia oportunidades para mejorar el estándar general.

Respecto al tipo de vía, el análisis revela que la mayoría de los andenes se agrupan en la categoría Bien, con 107,644 andenes, lo que refleja una adecuada planificación en muchas áreas. Sin embargo, un número considerable de andenes aún se clasifica como Suficiente (42,491) y, en menor medida, como Insuficiente (14,420), lo que señala la necesidad de reforzar la calidad en estos segmentos. Cabe destacar que, solo 315 andenes alcanzan la categoría Óptimo en este criterio, lo que sugiere una oportunidad de mejora en este aspecto tomando en cuenta la comodidad del peatón.

Finalmente, al categorizar por estado, se destaca nuevamente la categoría Óptimo con 85,581 andenes, seguida por Bien con 67,925. Aunque estas cifras son alentadoras, es preocupante que 7,633 andenes sean clasificados como Suficientes y 3,751 como Insuficientes, indicando problemas de mantenimiento o deterioro en ciertas áreas.

Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
Mayor a 150 mts	Entre 150 mts y 130 mts	Entre 130 mts y 110 mts	Menor a 110 mts

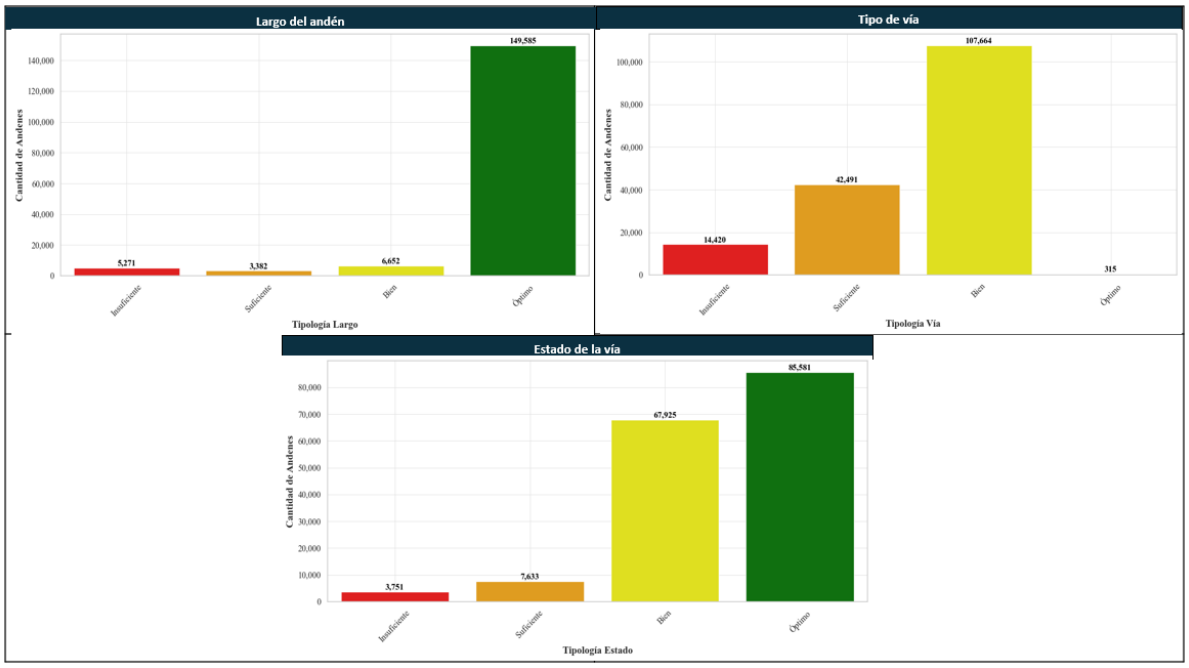
Rangos de calificación para el largo de la vía

Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
Troncal o arterial	Intermedia	Local	Exclusiva peatonal

Rangos de calificación para el tipo de vía

Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
5	4	2 y 3	1

Rangos de calificación para el estado de la vía



143

Ilustración 43. Comportamiento del largo, tipo y estado del andén por categoría.

Fuente: elaboración propia.

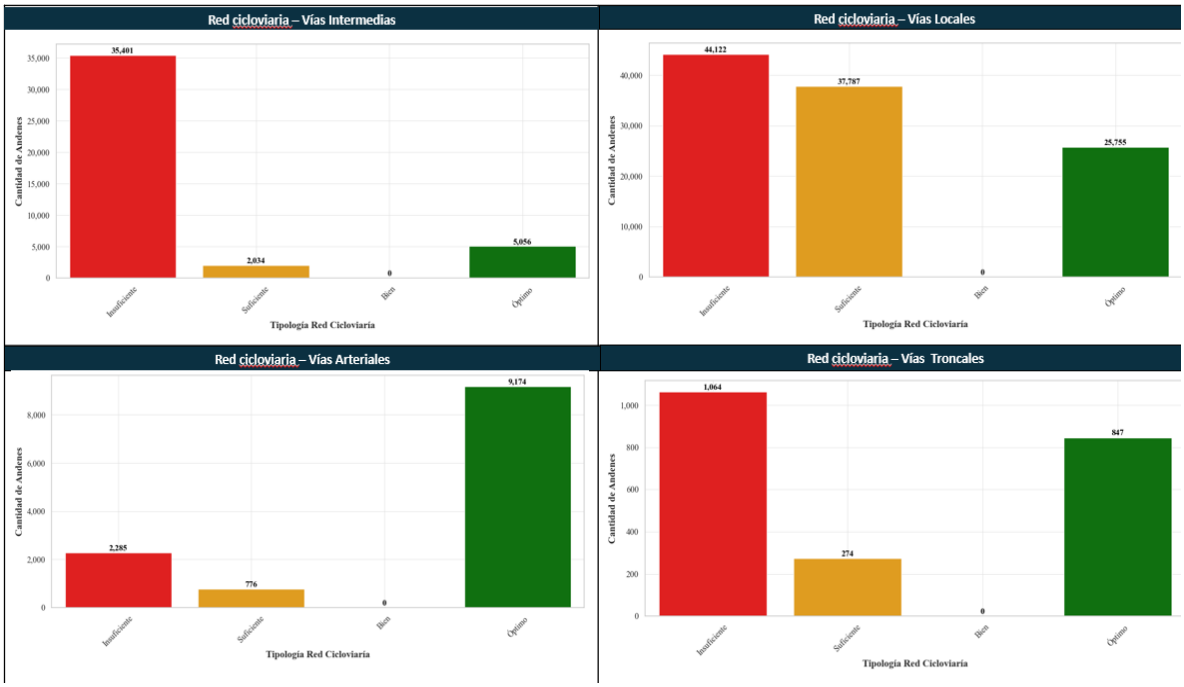
La Gráfica 44 muestra una evaluación de la red cicloviaria en los andenes según el tipo de vía y su categoría, destacando importantes contrastes en la calidad de la infraestructura. En las vías intermedias, que suman 42,491 andenes, se observa que más del 83% se clasifican como Insuficientes, lo que refleja importantes limitaciones en este aspecto para beneficiar al peatón. Solo 5,056 andenes alcanzan la categoría Óptimo, y 2,034 se consideran Suficientes, lo que deja un amplio margen de mejora. Las vías locales, con un total de 107,664 andenes, presentan un patrón similar, con el 41% clasificado como Insuficientes (44,122 andenes), aunque muestran un mejor desempeño en la categoría Óptimo, donde 25,755 andenes están adecuadamente diseñados. Sin embargo, todavía hay un número significativo en la categoría Suficiente (37,787), lo que señala áreas que requieren ajustes para mejorar su funcionalidad. En el caso de las vías arteriales, que comprenden 12,235 andenes, hay un contraste positivo: la mayoría, 9,174 andenes, se clasifican como Óptimos, lo que evidencia una mejor planeación en estas rutas principales. No obstante, persisten 2,285 andenes en la categoría Insuficiente, lo que podría ser una oportunidad de mejora en este aspecto. Por último, las vías

troncales, con 2,185 andenes, reflejan un desempeño mixto: aunque 847 andenes son Óptimos, más del 48% (1,064 andenes) se clasifican como Insuficientes, lo que indica problemas significativos en la integración de esta infraestructura al sistema de transporte.

Tipo de vía	Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
Intermedias	Menor a 3 mts sin ciclorruta o ciclorruta en andén	Entre 3 mts y 3.5 mts con ciclorruta adyacente	Igual a 3.5 mts con ciclorruta adyacente	Mayores a 3.5 mts con ciclorruta adyacente
Locales	Menor a 1.5 mts sin ciclorruta	Entre 1.5 mts y 2.5 mts con ciclorruta adyacente o sin ciclorruta	Igual a 2.5 mts con ciclorruta adyacente	Mayores a 2.5 mts con ciclorruta adyacente
Arteriales	Menor a 3.5 mts sin red de ciclorruta o con ciclorruta en andén	Entre 3.5 mts y 4 mts con ciclorruta adyacente	Igual a 4 mts con ciclorruta adyacente	Mayores a 4 mts con ciclorruta adyacente o en andén
Troncales	Menor a 3.5 mts sin red de ciclorruta o con ciclorruta en andén	Entre 3.5 mts y 4 mts con ciclorruta adyacente	Igual a 4 mts con ciclorruta adyacente	Mayores a 4 mts con ciclorruta adyacente o en andén

T5 *Tabla 5.* Rangos de calificación para la red cicloviaria.

Fuente: Elaboración *propia.*



144 *Ilustración 44. Comportamiento de la red cicloviaria por tipo de vía y categoría.*

Fuente: elaboración propia.

4.2 Dimensión de movilidad peatonal

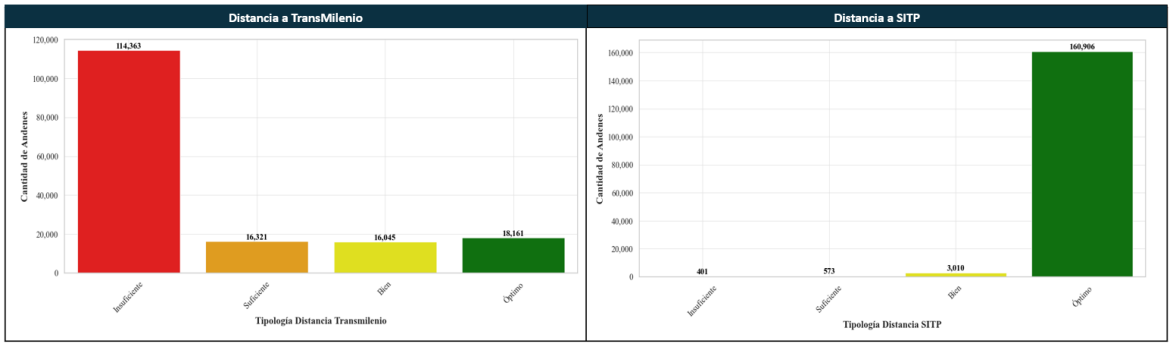
La Gráfica 45 analiza cómo las distancias de los andenes a las estaciones de TransMilenio y a los paraderos del SITP afectan la accesibilidad al transporte público. En cuanto a la variable "Distancia a TransMilenio", destaca que la mayoría de los andenes, 114,363, se clasifican como Insuficientes, lo que indica que una proporción significativa de la infraestructura peatonal está lejos de estas estaciones clave del sistema de transporte masivo. Esto puede ser una barrera para los usuarios, especialmente en términos de tiempo y comodidad para acceder a TransMilenio. Por el contrario, solo 18,161 andenes están en la categoría Óptimo, lo que muestra que el acceso directo y conveniente a estas estaciones es limitado, y representa un área de oportunidad para mejorar la conectividad.

En contraste, la variable de distancia al SITP refleja un panorama más favorable, con 160,906 andenes en la categoría Óptimo, lo que indica que la mayoría de

los andenes están bien ubicados en relación con los paraderos de este sistema de transporte público. Las categorías Bien, Suficiente e Insuficiente, con 3,010, 573 y 401 andenes respectivamente, muestran una menor proporción de andenes con problemas de accesibilidad al SITP. Esto podría sugerir que los paraderos del SITP están distribuidos de manera más uniforme y accesible en comparación con las estaciones de TransMilenio.

Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
Mayor a 1000 mts	Entre 1000 mts y 750 mts	Entre 750 mts y 500 mts	Menor a 500 mts

Rangos de calificación variable distancia a TransMilenio y SITP



145

Ilustración 45. Comportamiento de las distancias a las estaciones de Transmilenio y SITP.

Fuente: elaboración propia.

4.3 Dimensión de seguridad pública

La Gráfica 46 permite analizar la relación entre las luminarias y la incidencia de delitos en los andenes, proporcionando un panorama relevante para comprender cómo estas variables impactan la percepción de seguridad en el espacio público. En cuanto a las luminarias, se observa que una proporción considerable de andenes, 43,002, se clasifican como Insuficientes, lo cual podría estar asociado con áreas deficientemente iluminadas, potencialmente vulnerables a incidentes de seguridad. Por otro lado, las categorías Suficiente, Bien y Óptimo tienen una distribución bastante homogénea, con cifras de 40,632, 40,631 y 40,625 andenes respectivamente, lo que sugiere que existen

esfuerzos en diversas áreas para mejorar la iluminación, pero todavía queda un porcentaje considerable de andenes con necesidades críticas.

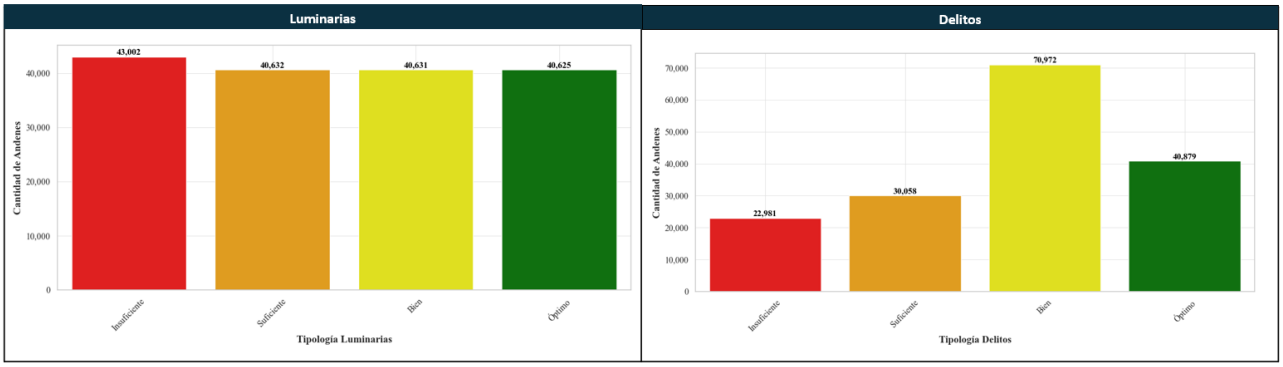
En lo que respecta a la variable de delitos, la mayoría de los andenes, 70,972, se clasifican en la categoría de Bien, lo que indica una menor incidencia de delitos en esas zonas. Sin embargo, resulta preocupante que todavía existan 22,981 andenes en la categoría de Insuficiente, ya que estos podrían corresponder a zonas con mayor vulnerabilidad y potenciales focos de inseguridad. Las categorías de Óptimo (40,879) y Suficiente (30,058) presentan cifras intermedias, reflejando áreas con una moderada incidencia de delitos.

Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
Menor a 0.022	Entre 0.022 y 0.038	Entre 0.038 y 0.063	Mayor a 0.063 mts

Rangos de calificación variable luminarias

Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
Mayor a 60	Entre 60 y 40	Entre 40 y 25	Menor a 25

Rangos de calificación variable delitos



146

Ilustración 46. Comportamiento de las luminarias y delitos en los andenes.

Fuente: elaboración propia.

4.4 Dimensión de seguridad vial

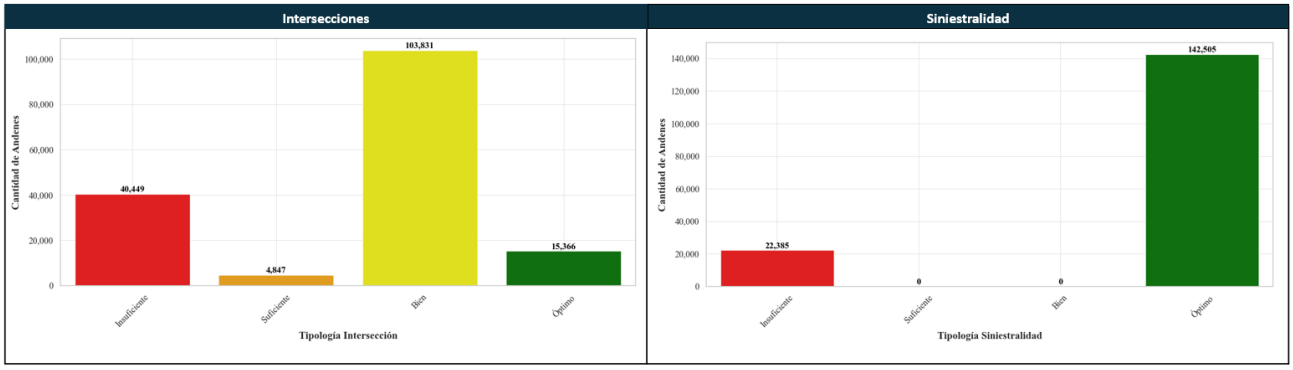
La Gráfica 47 analiza la relación entre las intersecciones y la siniestralidad en los andenes, revelando marcadas diferencias en la disponibilidad de infraestructura peatonal segura y la incidencia de accidentes. En lo referente a la variable Intersección, que mide la disponibilidad de semáforos y cruces peatonales, se observa que la mayoría de los andenes (103,831) se encuentran en la categoría Insuficiente, lo que indica una falta generalizada de elementos esenciales para garantizar cruces seguros. Aunque 40,449 andenes alcanzan la categoría Suficiente, este nivel implica que aún podrían ser necesarios ajustes para cumplir estándares óptimos. Solo 15,366 andenes están en la categoría Bien y apenas 4,847 son clasificados como Óptimos, lo que refleja una baja proporción de intersecciones con condiciones ideales para peatones.

En contraste, al analizar la variable Siniestralidad, que clasifica los andenes en función del riesgo asociado a accidentes, se observa un panorama más favorable: la mayoría de los andenes (142,505) se encuentran en la categoría Óptimo, lo que sugiere una baja incidencia de siniestros en estas áreas. Sin embargo, preocupa que 22,385 andenes estén clasificados como Insuficientes, lo que indica que en estas zonas la infraestructura podría no ser suficiente para mitigar riesgos y proteger a los peatones.

Tipo de vía	Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
Intermedias	Sin semáforo	Vehicular/biciusuarios o exclusivo vehicular	Vehicular/peatonal	Vehicular/peatonal/biciusuarios o exclusivo peatonal
Locales	*	Exclusivo vehicular	Sin semáforo	Vehicular/peatonal/biciusuarios o vehicular/peatonal o exclusivo peatonal
Arteriales	Sin semáforo	Exclusivo vehicular o vehicular/biciusuario o vehicular/peatonal	*	Vehicular/peatonal/biciusuarios o exclusivo peatonal
Troncales	Sin semáforo o exclusivo vehicular	Vehicular/biciusuarios	Vehicular/peatonal o Vehicular/peatonal/biciusuarios	Exclusivo peatonal

T6 *Tabla 6.* Rangos de calificación variable intersecciones.

Fuente: Elaboración *propia.*



147 *Ilustración 47. Comportamiento de las intersecciones y siniestralidad en los andenes.*

Fuente: elaboración propia.

4.5 Dimensión de atracción

La Gráfica 48 analiza dos aspectos clave de la infraestructura peatonal: los usos mixtos y la proximidad al espacio público, ofreciendo una visión sobre la calidad y funcionalidad de los andenes. En relación con la variable Usos Mixtos, que refleja la diversidad de uso del suelo y el nivel de confort para los peatones, la mayoría de los andenes (69,591) se encuentran clasificados como Suficientes, lo que sugiere que, aunque cumplen con ciertos criterios de diversidad, aún queda margen para mejorar su atractivo y funcionalidad. La categoría Bien, con 52,985 andenes, destaca como un grupo significativo que proporciona una experiencia peatonal positiva. Sin embargo, es notable que solo 36,152 andenes alcanzan la categoría Óptimo, lo que indica un estándar ideal en términos de diversidad de usos. Por otro lado, 6,162 andenes son clasificados como Insuficientes, lo que resalta áreas que necesitan intervención para incrementar su utilidad y confort.

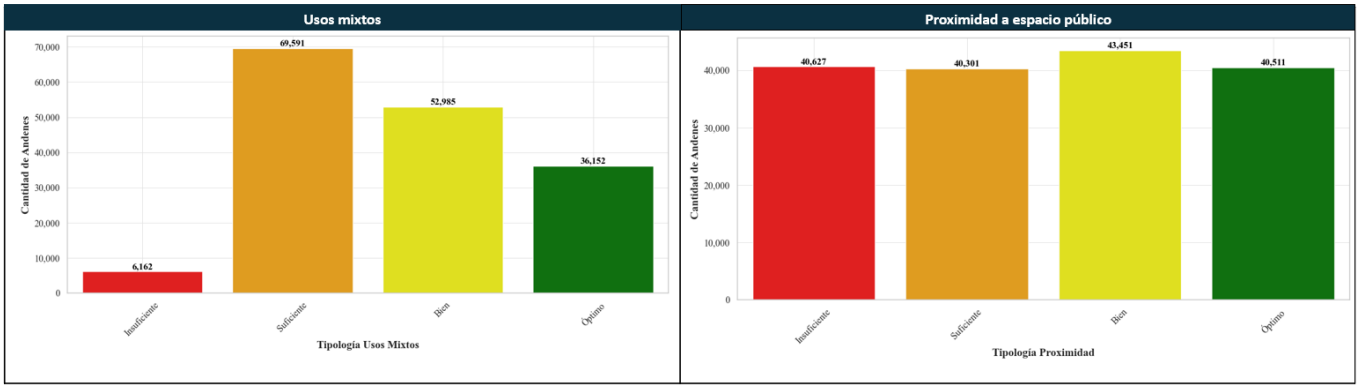
En cuanto a la variable Proximidad, que mide la distancia en minutos hasta un espacio público, se observa una distribución más equilibrada entre las categorías. La mayoría de los andenes (43,451) se clasifican como Bien, indicando que una proporción significativa de los peatones disfruta de un acceso razonable a espacios de interés. Sin embargo, un número comparable de andenes cae en las categorías Insuficiente (40,627), Óptimo (40,511) y Suficiente (40,301), lo que sugiere que existe una variabilidad significativa en la accesibilidad dependiendo de la ubicación.

Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
Mayor a 5	Entre 5 y 4	Entre 4 y 2	Menor a 2

Rangos de calificación variable usos mixtos

Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
Mayor a 21 mins	Entre 21 mins y 17 mins	Entre 17 mins y 14 mins	Menor a 14 mins

Rangos de calificación proximidad a espacio público



148 *Ilustración 48. Comportamiento de los usos mixtos y la proximidad al espacio público en los andenes.*
Fuente: elaboración propia.

4.6 Dimensión de ambiente

La Gráfica 49 presenta un análisis de los andenes en relación con factores ambientales clave: contaminación sonora, concentración de partículas contaminantes (PM 2.5 y PM 10) y la disponibilidad de sombra y abrigo, proporcionando una perspectiva integral sobre las condiciones ambientales que influyen en la experiencia peatonal.

En cuanto a la variable Contaminación Sonora, se observa un predominio de andenes clasificados como Bien, con 106,356 registros, lo que sugiere que la mayoría de los andenes ofrecen condiciones aceptables respecto al ruido ambiental. No obstante, 42,388 andenes se clasifican como Suficientes, reflejando áreas que podrían beneficiarse de medidas de mitigación sonora.

Por otro lado, solo 7,353 andenes alcanzan la categoría Óptimo, y 8,793 son clasificados como Insuficientes, lo que indica puntos críticos donde la exposición al ruido puede ser perjudicial.

En las variables relacionadas con la calidad del aire, PM 2.5 y PM 10, los resultados son homogéneos: la gran mayoría de los andenes (151,977) se clasifican como Óptimos, evidenciando una calidad del aire favorable en la mayor parte del área analizada. Las categorías Bien son significativamente menores, con 12,913 andenes en ambos casos, mientras que las categorías Suficiente e Insuficiente no presentan registros. Estos resultados sugieren que, al menos desde la perspectiva de las partículas contaminantes, la infraestructura peatonal se encuentra en un estado generalmente positivo.

En contraste, la variable Sombra y Abrigo presenta un panorama preocupante. La mayoría de los andenes (155,267) se clasifican como Insuficientes, indicando una marcada carencia de elementos que brinden confort climático al peatón, como árboles o estructuras de abrigo. Solo 4,581 andenes se encuentran en la categoría Suficiente, 2,903 en la categoría Óptimo, y 2,139 en la categoría Bien, lo que evidencia una necesidad urgente de intervenciones para mejorar estas condiciones en la infraestructura peatonal.

Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
Mayor a 80 dB	Entre 80dB y 70dB	Entre 70dB y 55dB	Menor a 55dB

Rangos de calificación contaminación sonora

Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
Menor a 20%	Entre 20% y 30%	Entre 30% y 40%	Mayor a 40%

Rangos de calificación sombra y abrigo

Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
Mayor a 100 µg	Entre 100µg y 75µg	Entre 75µg y 50µg	Menor a 50µg

Rangos de calificación PM10

Insuficiente	Suficiente	Bien	Óptimo
Mayor a 50 µg	Entre 50µg y 37.5µg	Entre 37.5µg y 25µg	Menor a 25µg

Rangos de calificación PM 2.5



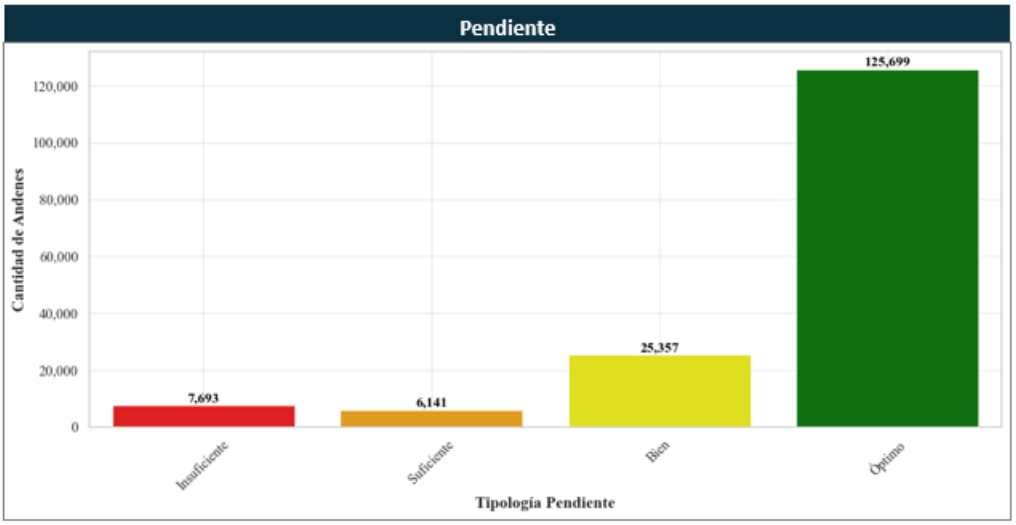
I49 *Ilustración 49. Comportamiento de la contaminación sonora, sombra y abrigo, PM 10 y PM 2.5 en los andenes*
Fuente: elaboración propia.

4.7 Dimensión de morfología

La Gráfica 50 analiza la distribución de los andenes en relación con la variable Pendiente, un factor clave que afecta la accesibilidad y comodidad de los peatones, especialmente para personas con movilidad reducida o necesidades especiales.

La mayoría de los andenes (125,699) se clasifican en la categoría Óptimo, lo que indica que, en general, el diseño de la infraestructura peatonal respeta estándares de inclinación que favorecen la movilidad cómoda y segura. Esta predominancia refleja un esfuerzo positivo en la planificación y construcción de los andenes.

Sin embargo, aún se registran 25,357 andenes clasificados como Bien, lo que sugiere inclinaciones ligeramente más pronunciadas, pero todavía dentro de márgenes aceptables. Por otro lado, 7,693 andenes se clasifican como Suficientes, indicando áreas con pendientes que podrían representar un desafío menor para ciertos peatones. Finalmente, 6,141 andenes se encuentran en la categoría Insuficiente, lo que evidencia zonas críticas donde la inclinación representa una barrera significativa para la movilidad.



I50 *Ilustración 50. Comportamiento de la pendiente en los andenes.*

Fuente: elaboración propia.

5. Resultados Metodología del cálculo ICAM2

5.1 Preliminares

5.1.1 Normalización de variables metodología min-max

La normalización Min-Max es una técnica utilizada para re escalar valores numéricos a un rango común, generalmente entre 0 y 1. Este método se aplica con el objetivo de garantizar que todas las variables sean comparables entre sí, evitando que aquellas con mayores magnitudes influyan desproporcionadamente en los análisis posteriores.

El procedimiento consiste en transformar cada valor original x utilizando la fórmula:

$$x' = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

Ecuación 1

Donde x_{min} y x_{max} representan el valor mínimo y máximo de la variable en el conjunto de datos, respectivamente. Esto asegura que el valor resultante x' se encuentre dentro del rango [0, 1].

En este trabajo, se aplicó esta metodología a 18 variables numéricas asociadas a 7 dimensiones, tales como, Infraestructura, Movilidad, Seguridad Pública, Seguridad Vial, Morfología, Ambiente y Atracción. La elección de este método se debió al comportamiento de los datos y a la necesidad de homogenizar las escalas, facilitando así su análisis comparativo y posterior modelado.

5.1.2 Análisis de componentes principales (PCA)

El Análisis de Componentes Principales es una técnica estadística utilizada para reducir la dimensionalidad de un conjunto de datos, preservando la mayor

cantidad posible de su variabilidad original. Esto se logra transformando las variables originales en un nuevo conjunto de variables no correlacionadas llamadas componentes principales.

Cada componente principal es una combinación lineal de las variables originales y se ordena según la proporción de la varianza explicada, es decir, la cantidad de información (variabilidad) que captura del conjunto de datos.

En el contexto del índice ICAM, el PCA se utiliza para:

Determinar los pesos de las variables dentro de cada dimensión: Basándose en la varianza explicada por el primer componente principal, los pesos reflejan la importancia relativa de cada variable en su dimensión.

Calcular los pesos de las dimensiones: Identificando cómo contribuyen las dimensiones al índice compuesto ICAM, en función de la variabilidad capturada.

El PCA permite derivar ponderaciones objetivas basadas en los datos, reduciendo el sesgo y maximizando la representatividad del índice.

5.2 Cálculo del Índice de Caminabilidad

El índice de Caminabilidad (ICAM) se desarrolló en tres etapas principales: cálculo de promedios ponderados por dimensión, determinación de pesos de las dimensiones y cálculo del índice final ICAM.

Cada dimensión del ICAM agrupa un conjunto de variables relevantes, que se seleccionan de la siguiente manera:

Dimensión Infraestructura: Incluye variables como Ancho, Largo, Estado, Tipo de Vía y Red Cicloviaria.

Dimensión Movilidad: Considera la Distancia a estaciones de Transmilenio y SITP.

Dimensión Atracción: Incluye Usos Mixtos y Proximidad a espacios públicos.

Dimensión Seguridad Pública: Se evalúan las variables de Luminarias y Delitos.

Dimensión Seguridad Vial: Incluye Intersecciones y Siniestralidad.

Dimensión Ambiente: Contempla variables como Sombra y Abrigo, Contaminación Sonora, PM 10 y PM 2.5.

Dimensión Morfología: Evalúa la variable de Pendiente.

5.2.1 Cálculo de Promedios Ponderados por Dimensión

Se aplica PCA sobre las variables de cada dimensión.

El peso relativo de cada variable se obtiene del primer componente principal, representando la máxima varianza explicada dentro del conjunto de variables.

La contribución específica de cada variable al primer componente principal está determinada por los vectores propios de la matriz de covarianza. Los vectores propios definen las direcciones principales en las que los datos varían, mientras que los valores propios asociados indican cuánta varianza corresponde a cada dirección. Estos pesos reflejan la importancia relativa de cada variable en la dimensión.

Los pesos derivados del primer componente principal se ajustan para garantizar su proporcionalidad y comparabilidad. Este proceso incluye los siguientes pasos:

Obtención de valores absolutos: Se toma el valor absoluto de cada peso para reflejar únicamente su magnitud, independientemente de su signo.

Escalamiento proporcional: Los pesos se escalan de forma que su suma total sea igual a 1, asegurando una distribución relativa coherente.

$$w_i = \frac{|p_i|}{\sum_{j=1}^{n} |p_j|}$$

Ecuación 2

Cálculo del promedio ponderado: Se calcula un promedio ponderado por cada observación utilizando los pesos normalizados. Este valor representa la contribución de cada dimensión.

5.2.2 Determinación de los pesos de las dimensiones

Los pesos de las dimensiones dentro del índice ICAM se calculan considerando dos enfoques complementarios:

5.2.2.1 Determinación de los pesos de las dimensiones

Se realiza un PCA sobre los puntajes de las dimensiones obtenidos en el paso anterior.

Los pesos se derivan del primer componente principal y se escalan de igual manera al paso previo para que sumen 1. La contribución específica de cada dimensión al primer componente principal está determinada por los vectores propios de la matriz de covarianza. Los vectores propios definen las direcciones principales en las que los datos varían, mientras que los valores propios asociados indican cuánta varianza corresponde a cada dirección.

5.2.2.2 Criterio experto

Se definen pesos iniciales basados en juicios de expertos en la materia, reflejando la relevancia teórica de cada dimensión en el índice.

5.2.2.3 Combinación de criterios

Para balancear la perspectiva empírica (criterio experto) y la teórica (PCA), se calcula el promedio de los pesos obtenidos por ambos enfoques. Este promedio se utiliza como el peso final de cada dimensión.

La combinación de PCA y criterio experto asegura un balance entre análisis estadístico y conocimiento contextual.

5.2.3 Cálculo del índice de caminabilidad

El índice compuesto final se obtiene calculando un promedio ponderado de las dimensiones utilizando los pesos combinados de la etapa anterior.

6. Resultados

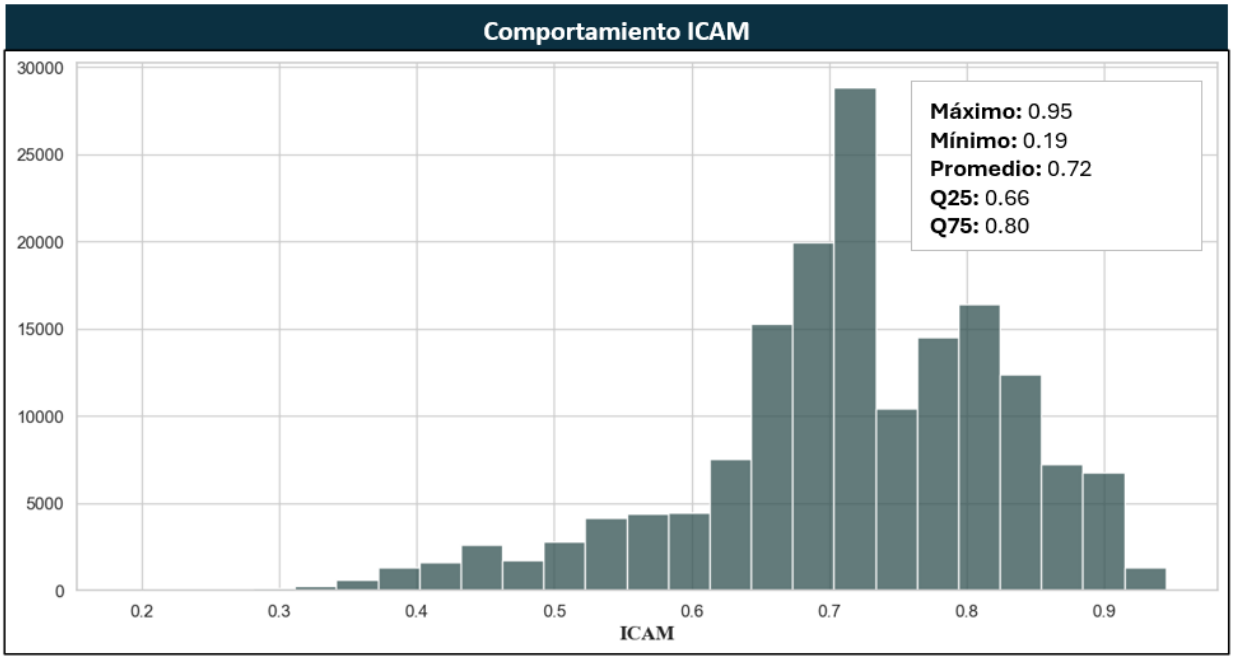
En la Tabla 7 se presentan los resultados de los pesos asignados a cada variable dentro de las distintas dimensiones, obtenidos mediante la implementación de la metodología de Análisis de Componentes Principales (PCA) previamente explicada. En la dimensión Infraestructura, la variable con mayor peso es Estado; en la dimensión Movilidad, la variable más representativa es Distancia a Transmilenio; para la dimensión Atracción, la variable predominante es Usos Mixtos; en la dimensión Seguridad Pública, destaca la variable Delitos; en la dimensión Seguridad Vial, la variable con mayor peso es Siniestralidad; para la dimensión Ambiente, las variables PM 10 y PM 2.5 presentan los valores más altos, con una ligera ventaja de la primera; finalmente, en la dimensión Morfología, todo el peso corresponde a la variable Pendiente, ya que es la única dentro de esta dimensión.

Dimensión	Variable	Peso
Infraestructura (8.47%)	Ancho	12.50%
	Largo	7.56%
	Tipo de vía	19.55%
	Estado	47.71%
	Red Cicloviaria	12.65%
Movilidad (5.16%)	Distancia TM	74.95%
	Distancia SITP	25.04%
Atracción (24.07%)	Usos Mixtos	82.34%
	Proximidad	17.65%
Seguridad Pública (13.31%)	Luminarias	24.84%
	Delitos	75.15%
Seguridad Vial (40.54%)	Intersecciones	26.58%
	Siniestralidad	73.41%
Ambiente (5.94%)	Sombra y Abrigo	11.70%
	PM 2.5	38.01%
	PM 10	35.54%
	Contaminación sonora	14.74%
Morfología (2.47%)	Pendiente	100.00%

T7 *Tabla 7.* Pesos asignados por variables y dimensiones ICAM2.

Fuente: Elaboración *propia.*

Por otro lado, al analizar los pesos obtenidos para cada una de las siete dimensiones, combinando el criterio experto y el análisis de componentes principales, se concluye que las dimensiones con mayor relevancia son Seguridad Vial, con un 35.25%, y Atracción, con un 28.58%. En contraste, las dimensiones con menor peso son Ambiente, con un 5.68%, y Morfología, con un 2.61%.



I51 *Ilustración 51. Comportamiento del ICAM2.*

Fuente: elaboración propia.

El análisis del índice de Caminabilidad de Bogotá (ICAM) revela una distribución donde la mayoría de los andenes presentan valores entre el 60% y el 80%, lo que indica que, en términos generales, la infraestructura peatonal en la ciudad es moderadamente buena, aunque no óptima. Estos resultados sugieren que la ciudad ha logrado avances en términos de accesibilidad y condiciones para caminar, pero aún queda trabajo por hacer para garantizar una Caminabilidad ideal en todas las zonas. El valor promedio del ICAM es del 72%, lo que refleja una calidad aceptable, pero con margen para mejorar. Además, el valor

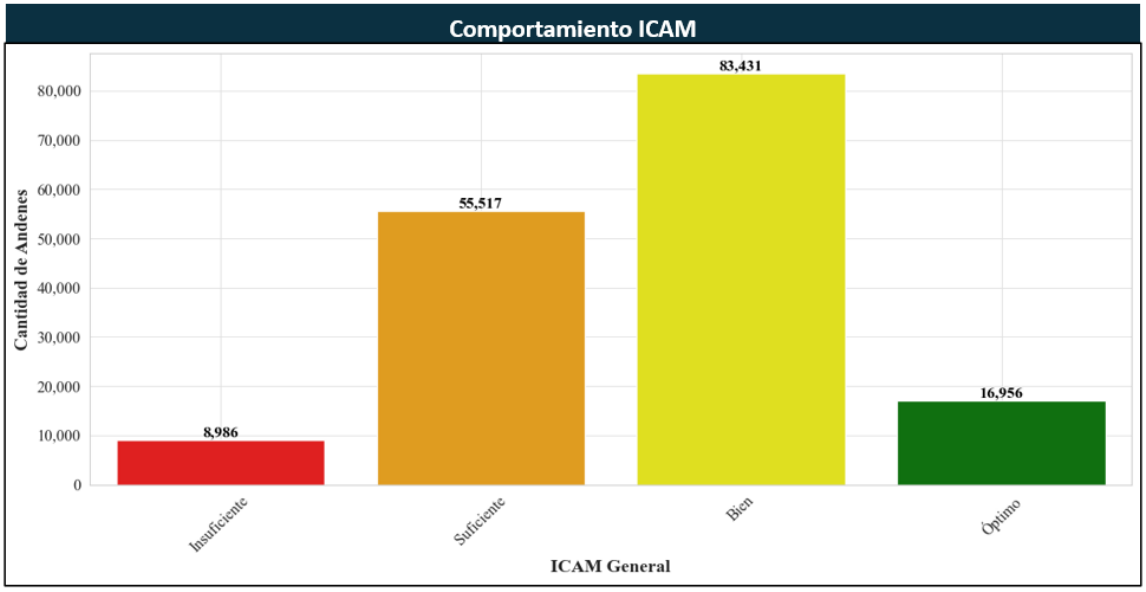
máximo de 95% indica que existen áreas con andenes en excelentes condiciones, mientras que el valor mínimo de 19% resalta la existencia de zonas con problemas significativos en la infraestructura peatonal. A pesar de que los andenes con un ICAM bajo son pocos, su presencia sugiere la necesidad de focalizar esfuerzos de mejora en estos casos específicos, con el fin de lograr una Caminabilidad más uniforme y accesible en toda la ciudad.

Tomando como base lo anterior, se establecieron los rangos para clasificar cada andén, tanto en cada dimensión como en el ICAM2 general, dentro de las categorías Insuficiente, Suficiente, Bien y Óptimo. En la Tabla 19 se presentan los rangos usados para definir cada categoría.

Rangos de calificación ICAM2

Insuficiente	Suficiente	Bien	Optimo
Menor a 25%	Entre 50% y 70%	Entre 70% y 85%	Mayor a 85%

A partir de estos rangos se realiza la categorización del ICAM2, lo cual muestra en la gráfica 52, donde se evidencia que la mayor parte de los andenes se agrupan en las categorías de "Bien" y "Suficiente", con 83.431 y 55.517 andenes respectivamente, lo que representa un 84.26% del total. Esto indica que la infraestructura peatonal de la ciudad está mayormente en un estado aceptable, con la mayoría de los andenes ofreciendo condiciones razonablemente adecuadas para los peatones. Sin embargo, también se observa que el 15.73% restante de los andenes se encuentra en las categorías de "Óptimo" (16.956 andenes) e "Insuficiente" (8.986 andenes), lo que refleja una distribución desigual. Mientras que una porción significativa de los andenes presenta condiciones excelentes, una fracción menor aún presenta deficiencias importantes que requieren atención para mejorar la accesibilidad y seguridad de los peatones. Esto resalta la necesidad de trabajar en aquellas áreas con puntajes más bajos para lograr una infraestructura peatonal más homogénea en toda la ciudad.



I52 *Ilustración 52. Resultado ICAM General.*

Fuente: elaboración propia.

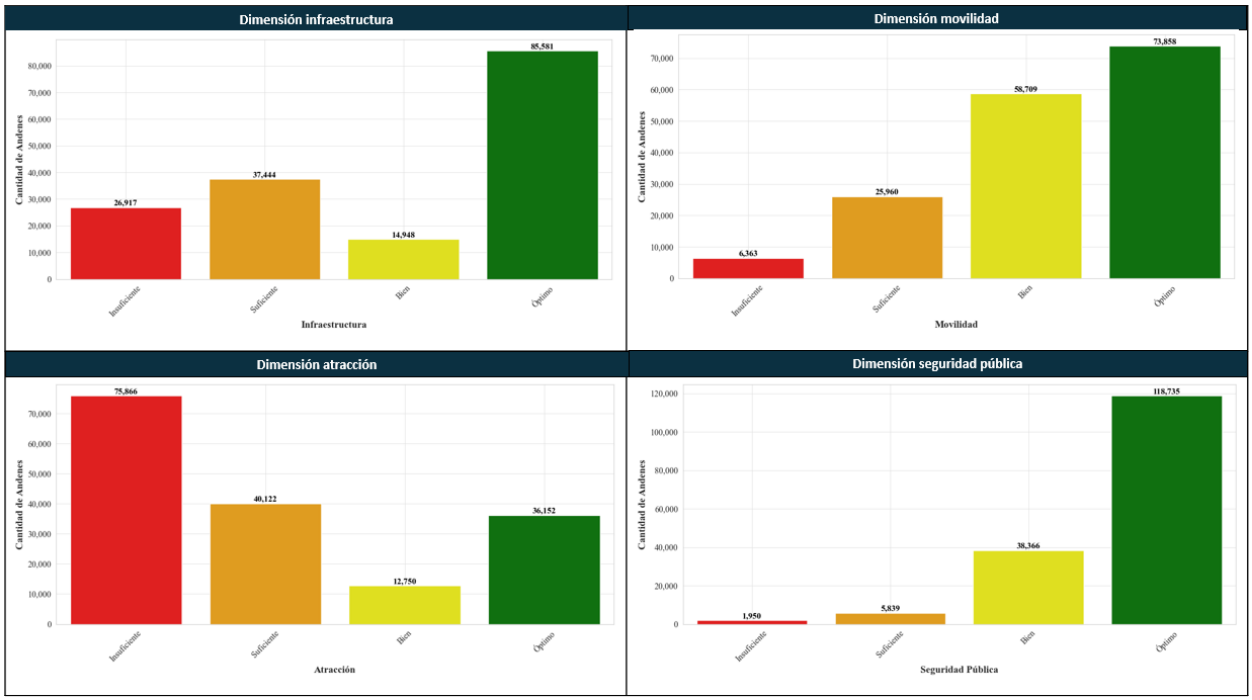
Al realizar el análisis por dimensiones (gráficas 53 y 54) se muestran variaciones significativas en la calidad de los andenes según el tipo de infraestructura. En la dimensión de Infraestructura, la mayoría de los andenes se agrupan en la categoría "Óptimo" (85.581 andenes), lo que refleja una infraestructura peatonal bien desarrollada en gran parte de la ciudad. Le siguen las categorías "Suficiente" (37.444 andenes), "Insuficiente" (26.917 andenes), y finalmente "Bien" (14.948 andenes), lo que sugiere que, aunque la infraestructura es en general adecuada, existen áreas que necesitan mejoras.

En la dimensión de Movilidad, nuevamente predomina la categoría "Óptimo" con 73.858 andenes, seguida por "Bien" (58.709 andenes), "Suficiente" (25.960 andenes), y "Insuficiente" (6.363 andenes), lo que indica que la movilidad peatonal es generalmente fluida, pero aún hay espacios para mejorar en términos de accesibilidad a transporte público.

En la dimensión de Atracción, se observa una situación contraria, con la categoría "Insuficiente" predominando (75.866 andenes), lo que señala que muchos andenes presentan condiciones deficientes en cuanto a factores que atraen a los peatones, como el entorno y la calidad de la experiencia. Las

categorías "Suficiente" (40.122 andenes), "Óptimo" (36.152 andenes) y "Bien" (12.750 andenes) siguen en orden descendente, lo que refleja una menor calidad en términos de atracción urbana.

Finalmente, en la dimensión de Seguridad Pública, la mayoría de los andenes están clasificados en la categoría "Óptimo" (118.735 andenes), lo que indica que la seguridad en las aceras es generalmente buena, mientras que las categorías "Bien" (38.366 andenes), "Suficiente" (5.839 andenes) y "Insuficiente" (1.950 andenes) muestran que solo una pequeña fracción de los andenes presenta deficiencias en términos de seguridad.



I53 *Ilustración 53. Resultado ICAM Dimensiones de infraestructura, movilidad, atracción y seguridad pública.*

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, el análisis de las dimensiones de seguridad vial, ambiente y morfología del índice de Caminabilidad en Bogotá muestra patrones diversos en la clasificación de los andenes. En la dimensión de Seguridad Vial, la mayoría de los andenes se clasifican en la categoría "Óptimo" (105.275 andenes), lo que indica que la seguridad vial en las aceras es bastante adecuada en gran parte de la ciudad. Le siguen las categorías "Bien" (37.230 andenes) e "Insuficiente" (22.835 andenes), con la categoría "Suficiente" ausente, lo que sugiere que, aunque la seguridad es generalmente buena, hay áreas con deficiencias que deben ser mejoradas.

En la dimensión de Ambiente, la situación es preocupante, ya que la mayoría de los andenes están clasificados como "Insuficiente" (157.472 andenes), lo que refleja un entorno poco atractivo y adecuado para los peatones en la mayoría de la ciudad. Las categorías "Suficiente" (6.519 andenes) y "Óptimo" (899 andenes) son mucho menores, y no existen andenes clasificados como "Bien", lo que destaca una gran área de oportunidad en términos de mejorar la calidad ambiental de los andenes.

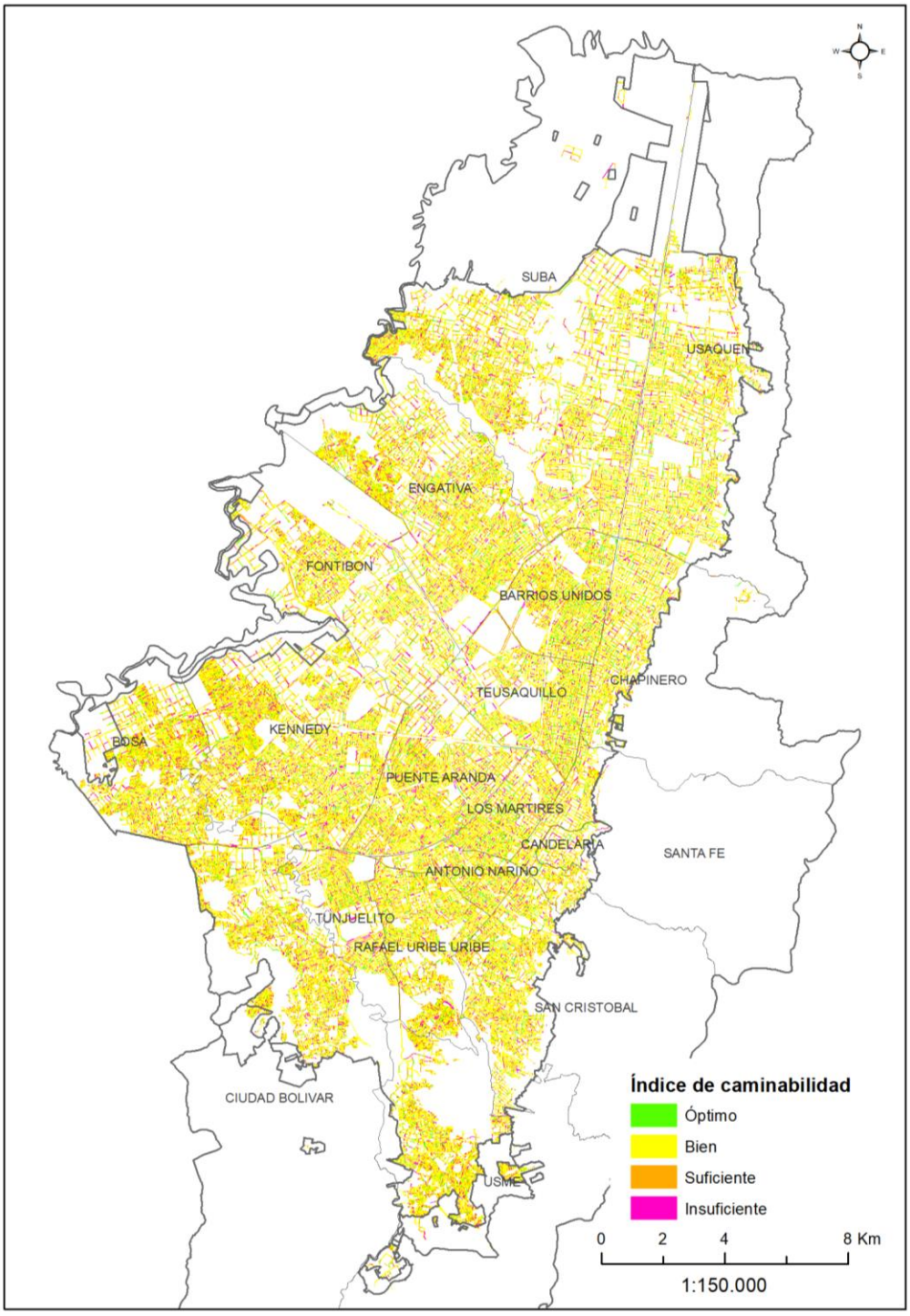
Por último, en la dimensión de Morfología, la mayoría de los andenes se encuentran en la categoría "Óptimo" (158.414 andenes), lo que refleja una buena conformación y diseño de los andenes en gran parte de la ciudad. Sin embargo, las categorías "Bien" (6.247 andenes), "Suficiente" (226 andenes) y "Insuficiente" (3 andenes) son mucho menos representativas, sugiriendo que los problemas en la pendiente de los andenes son limitados, pero aún hay algunas áreas que requieren atención. En resumen, mientras que la seguridad vial y la morfología son generalmente favorables, el ambiente presenta un reto considerable, con una gran cantidad de andenes que requieren mejoras en este aspecto.



I54

Ilustración 54. Resultado ICAM Dimensiones de seguridad vial, ambiente y morfología.

Fuente: elaboración propia.

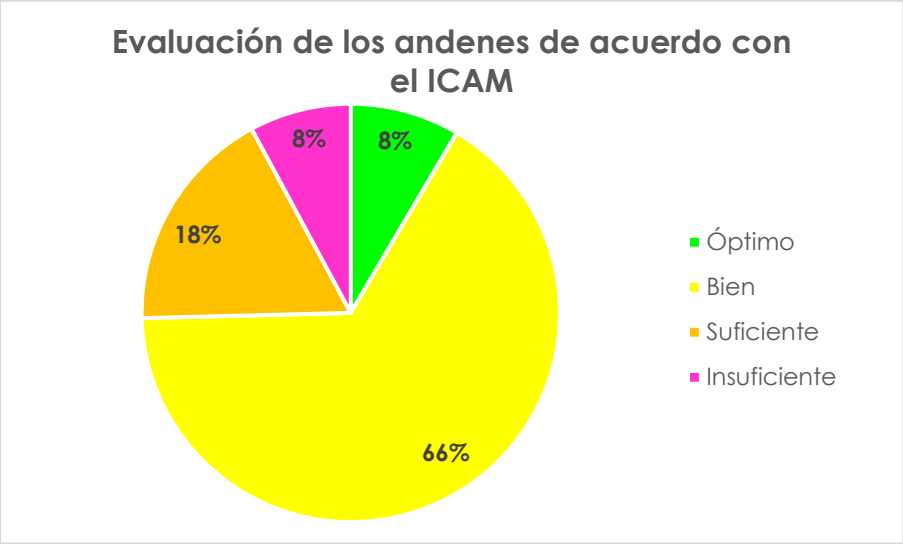

SUBA
USAQUEN
ENGATIVA
FONTIBON
BARRIOS UNIDOS
TEUSAQUILLO
CHAPINERO
KENNEDY
BOSA
PUENTE ARANDA
LOS MARTIRES
CANDELARIA
SANTA FE
ANTONIO NARIÑO
TUNJUELITO
RAFAEL URIBE URIBE
SAN CRISTOBAL
CIUDAD BOLIVAR
USME
Índice de caminabilidad
Óptimo
Bien
Suficiente
Insuficiente
0 2 4 8 Km
1:150.000

I55 *Ilustración 55. Mapa con la valoración de cada uno de los andenes de la ciudad.*

Fuente: elaboración propia.

La categorización del ICAM2 evidencia que la mayor parte de los andenes se agrupan en las categorías de "Bien" 66% y "Suficiente" 18%, con 109038 y 28916 andenes respectivamente, lo que representa un 84% del total. Esto indica que la infraestructura peatonal de la ciudad ofrece condiciones razonablemente adecuadas para los peatones.

Adicionalmente, se observa que el 8% restante de los andenes se encuentra en las categorías de "Óptimo" (13.971 andenes) e "Insuficiente" (12.965 andenes). Se evidencia una fracción muy baja de andenes que tienen las mejores condiciones para caminar y un bajo porcentaje de andenes que presentan deficiencias importantes que requieren atención para mejorar la accesibilidad y seguridad de los peatones. Esto resalta la necesidad de trabajar en aquellas áreas con puntajes más bajos para lograr una infraestructura peatonal más homogénea en toda la ciudad.



I56 *Ilustración 56. Evaluación de los andenes de acuerdo con el ICAM2.*

Fuente: elaboración propia.

7. Bibliografía

American Society for Photogrammetry and Remote Sensing [ASPRS]. (2024). ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data. 2, Versión 2 (2024).

Burrough, P., Mcdonnell, R., & Lloyd, C. (2015). Principles of Geographical Information Systems. Oxford: Oxford University Press.

Felicísimo, A. (1994). Modelos Digitakles del Terreno: Métodos y Aplicaciones. Cáceres: Pentalfa Ediciones.

Open Geospatial Consortium. (13 de 09 de 2021). OGC City Geography Markup Language (CityGML) Part 1: Conceptual Model Standard. Obtenido de https://docs.ogc.org/is/20-010/20-010.html#toc9

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

Dragović, D., Krklješ, M., Slavković, B., Aleksić, J., Radaković, A., Zećirović, L., Alcan, M., & Hasanbegović, E. (2023). A Literature Review of Parameter-Based Models for Walkability Evaluation. Applied Sciences, 13(7), Article 7. https://doi.org/10.3390/app13074408

Gehl, J. (2013). Cities for People. Island Press.

Hideg Viktoria & Mako Emese. (2023). Introducing the Walkability Index, an Index That Measures the Walkability of Public Spaces. Chemical Engineering Transactions, 107, 583-588. https://doi.org/10.3303/CET23107098

Ibrahim, S., Younes, A., & Abdel-Razek, S. A. (2024). Impact of Neighborhood Urban Morphologies on Walkability Using Spatial Multi-Criteria Analysis. Urban Science, 8(2), Article 2. https://doi.org/10.3390/urbansci8020070

Jeong, I., Choi, M., Kwak, J., Ku, D., & Lee, S. (2023). A comprehensive walkability evaluation system for promoting environmental benefits. Scientific Reports, 13(1), 16183. https://doi.org/10.1038/s41598-023-43261-0

Kwon, K., & Akar, G. (2022). People with disabilities and use of public transit: The role of neighborhood walkability. Journal of Transport Geography, 100, 103319. https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2022.103319

Medina-Ruiz, M. (2020). La caminabilidad como estrategia proyectual para las redes peatonales del Borde Urbano: Barrio Sierra Morena-Usme. Revista de Arquitectura. https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2993

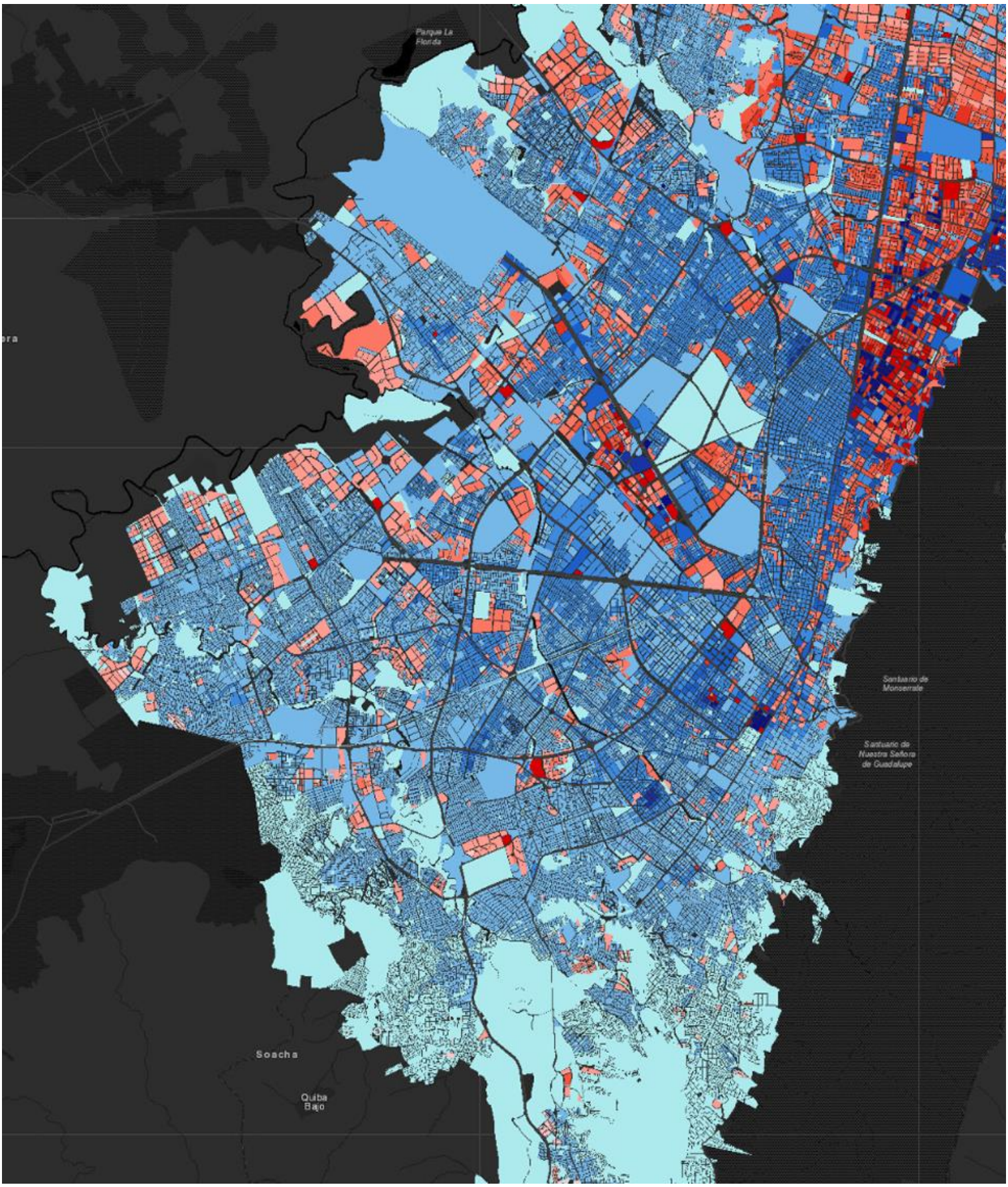
Motieyan, H., Kaviari, F., & Mostofi, N. (2022). Quantifying walking capability: A novel aggregated index based on spatial perspective and analyses. Papers in Regional Science, 101(2), 483-503. https://doi.org/10.1111/pirs.12652

Páramo, P., & Burbano, A. (2019). La caminabilidad en Bogotá: Propósitos y condiciones socioespaciales que facilitan y limitan esta experiencia. Revista de Arquitectura (Bogotá), 21(2), Article 2. https://doi.org/10.14718/RevArq.2019.21.2.2642

Sabino, L., Tini, B., Sato, B., Farias, D., Pitombo, F., Beaujon, A., Calero, L. M., Carvajal, V. B., Hobbs, J., & Guerrero, P. (2022). Metodología para calcular el índice técnico de caminabilidad sensible al género. Banco Interameticano de Desarrollo.

Speck, J. (2012). Walkable city: How downtown can save America, one step at a time. North Point Press.

Speck, J. (2018). Walkable city rules: 101 steps to making better places. Island Press.


Parque La Florida
Santuario de Monserrate
Santuario de Nuestra Señora de Guadalupe
Soacha
Quiba Bajo