

EVALUACIÓN DE VARIABLES DE TRÁNSITO ASOCIADAS A PEATONES ADULTOS MAYORES EN LA RED VIAL URBANA: ANÁLISIS DE CASO A PARTIR DE LA VELOCIDAD DE CAMINATA EN INTERSECCIONES DE ALTA SINIESTRALIDAD VIAL EN BOGOTÁ, COLOMBIA

Martín Alexander Bejarano ¹, Yina Fernanda Castiblanco ^{1*}

¹ Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Colombia

*Autor para correspondencia:

fcastiblanco@correo.udistrital.edu.co

RESUMEN

El estudio realizado aborda el análisis de la velocidad de caminata y otras variables relevantes del tránsito peatonal de adultos mayores en Bogotá, Colombia, mediante la recolección de datos en las intersecciones semaforizadas de mayor siniestralidad vial asociada a estos usuarios. El planteamiento del estudio radica en la necesidad de profundizar el conocimiento actual sobre el peatón adulto mayor, en su interacción con la red vial urbana, considerando que, en Bogotá, estos peatones cuentan con la tasa de mortalidad más alta en incidentes viales y por tanto, la poca o nula investigación con respecto a las características de su movilidad, limita la posibilidad de diseñar medidas urbanas para garantizar una movilidad incluyente y segura. Adicionalmente al análisis de las variables de tránsito peatonal, fue evaluada la percepción de estos usuarios con respecto a sus experiencias en intersecciones de la ciudad, buscando relaciones entre los datos recolectados en campo y las respuestas reveladas por los usuarios. En ese sentido, este estudio de caso es de carácter exploratorio y busca aportar elementos de evaluación con el fin interiorizar el concepto de movilidad peatonal inclusiva, equitativa y segura en las urbes actuales, partiendo del grupo actualmente más afectado en Bogotá, los adultos mayores.

Palabras clave tránsito peatonal, velocidad de caminata, peatones adultos mayores, incidente de tránsito, movilidad peatonal inclusiva.

ABSTRACT

The study addresses the analysis of walking speed and other relevant variables of pedestrian traffic of elderly adults in Bogota, Colombia, by collecting data at the traffic-light intersections with the highest accident rates associated with these users. The approach of the study lies in the need to deepen the current knowledge about the elderly pedestrian, in their interaction with the urban road network, considering that in Bogota, these pedestrians have the highest mortality rate in road incidents and therefore, little or no research regarding the characteristics of their mobility, limits the possibility of designing urban measures to ensure inclusive and safe mobility. In addition to the analysis of pedestrian traffic variables, the perception of these users regarding their experiences at intersections in the city was evaluated, seeking relationships between the data collected in the field and the responses revealed by the users. In this sense, this case study is exploratory in nature and seeks to provide elements of evaluation in order to internalize the concept of inclusive, equitable and safe pedestrian mobility in today's cities, starting with the group currently most affected in Bogota, the elderly.

Keywords pedestrian traffic, walking speed, elderly pedestrians, traffic accidents, inclusive pedestrian mobility.

1. INTRODUCCIÓN

El estudio nace con el objetivo de encontrar respuestas respecto a la situación negativa relacionada con el alto número de incidentes viales asociados a los peatones adultos mayores en la ciudad de Bogotá, Colombia, de acuerdo con el registro histórico obtenido de la Secretaria de Movilidad de Bogotá (SDM) entre los años 2015 y 2019. En Bogotá en los últimos cinco años el peatón adulto mayor ha sido el actor vial con el segundo puesto de ocurrencia de incidentes viales y el primero en mortalidad por esta causa (SDM, 2020). Entre las causas de incidentes registradas para el actor vial en cuestión, se destacan: el cruzar sin observar con un 19,6%, desobedecer señales 3,8%, cruzar en estado de embriaguez 2,2% y transitar por la calzada 3% (SDM, 2020). Adicionalmente con respecto al lugar en donde se presentan los incidentes viales, las intersecciones semaforizadas, son el tipo de cruce que ocupa el segundo lugar después de los tramos viales (sector de vía comprendido entre intersecciones sin pasos peatonales), donde se presentan la mayor cantidad de accidentes de tránsito en la ciudad. (SDM, 2020).

Con respecto al desarrollo de lineamientos, manuales y guías que involucren variables de tránsito peatonal asociadas a los adultos mayores, y que propendan por su inclusión en los diseños de la red vial urbana, especialmente en los sitios de conflicto con modos motorizados (intersecciones viales), se encuentra que en el caso colombiano, el ministerio de salud, aborda el concepto de peatón y accesibilidad en la red vial, mediante la expedición de las normas técnicas colombianas (NTC) del año 2000, NTC 4774 “Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, cruces peatonales a nivel señal y sonora para semáforos peatonales” y NTC 4902 “Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, cruces peatonales a nivel señal y sonora para semáforos peatonales”, sin detallar o diferenciar las tipologías de peatones y su relación con el tiempo semafórico peatonal y el flujo vehicular. En ese sentido, si bien, existen en Colombia normas para la accesibilidad al medio físico, en las cuales se involucran los valores mínimos y recomendaciones para el diseño del espacio urbano, no se mencionan variables como la velocidad de caminata o la reacción de los usuarios, las cuales pueden implicar variaciones en la localización de los elementos físicos, como lo es el caso de una intersección vial, en donde entre mayor sea la distancia entre la infraestructura peatonal, mayor será la zona de conflicto con los modos motorizados y por tanto la desventaja de usuarios que tengan movilidad reducida. Según la Guía de movilidad y desarrollo urbano de Bogotá, los peatones con movilidad reducida son denominados “usuarios ambulantes”, definiéndolos como personas que ejecutan determinados movimientos con dificultad debido a que pueden requerir o no la ayuda de aparatos ortopédicos, encontrando entre ellos: peatones con hemiplejía y amputados, peatones en estado de embarazo, peatones con carga pesada, peatones con alguna extremidad enyesada, y finalmente, peatones de la tercera edad y que debido a sus condiciones físicas menores a las de un peatón promedio tendrán mayor probabilidad de ocurrencia de un incidente vial (Instituto de Desarrollo Urbano, 2005).

Adicionalmente, se une a esta situación el hecho de que durante el tránsito peatonal existen diversas variables con las cuales se debe sortear para poder realizar un cruce, tales como: flujo vehicular, tiempo de espera en semáforos peatonales y vehiculares, diseño y condiciones de la infraestructura y accesibilidad; dado a que los anteriores aspectos no son tenidos en cuenta para determinar las variables de flujo peatonal, esto conllevará a tiempos prolongados de espera peatonal, demoras al realizar el cruce y desobediencia de las señales de tránsito peatonales; lo cual, a la luz de los fines de este estudio son importantes causas de la ocurrencia de los incidentes viales..

Por lo tanto, se resalta que la investigación no se enfoca en las consideraciones normativas o técnicas que tienen que ver con el diseño de la infraestructura física vial y peatonal en intersecciones viales urbanas, sino con las características del tránsito peatonal de adultos mayores, especialmente la velocidad de caminata, que en combinación con la espacialidad de los elementos físicos y el desarrollo del tránsito motorizado, pueden llegar a generar accidentes de personas mayores e inclusive su muerte.

A partir de esta situación y dado que la literatura respecto a investigaciones específicas en el medio colombiano con respecto a la movilidad peatonal de este grupo poblacional es limitada, se formula la hipótesis de que las medidas tomadas en materia de seguridad vial y como tal diseño de la trama urbana, son aún insuficientes para la adecuada inclusión de estos actores viales en el entorno urbano, por lo que este estudio tiene como objetivo realizar su caracterización a partir de la observación de sus desplazamientos y de su entorno, para de esta manera generar elementos guía que contribuyan al planteamiento de mejores medidas de inclusión y seguridad vial.

Con base en lo anterior, se ejecutó una metodología de estudio con la cual se logró conocer la percepción de los usuarios de análisis y relacionarla con los principales indicadores obtenidos en la evaluación de las intersecciones semaforizadas observadas ubicadas en las localidades con mayor número de incidentes viales en Bogotá: Las localidades de Kennedy, Chapinero y San Cristóbal (SDM, 2020); Así entonces, los principales indicadores de movilidad peatonal obtenidos correspondieron a la tasa de flujo, los percentiles de tiempo de arranque y velocidad de caminata, y el nivel de servicio. Estos indicadores fueron asociados en el proceso de análisis a características propias del entorno de estudio (ancho de la calzada, señalización vial, estado de la infraestructura, tiempos semafóricos, entre otros) y como tal de los peatones (sexo, ayudas para la movilidad, desobediencia).

Los resultados del estudio arrojaron un conjunto de indicadores que permitieron identificar fallas en lo concerniente a la inclusión de este grupo específico de usuarios, luego de contar con un número de incidentes viales significativos en las zonas de evaluación. Dichos resultados, permiten aseverar que las condiciones de inclusividad y equidad aún se encuentran lejos de ser una realidad a pesar de contar con normatividad en torno al correcto diseño de redes peatonales urbanas.

2. ANTECEDENTES: ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DE CAMINATA Y OTRAS VARIABLES DEL TRÁNSITO PEATONAL PARA ADULTOS MAYORES

2.1 Perspectiva internacional

Actualmente se encuentran en la literatura, algunos estudios asociados al tránsito de peatones adultos mayores. Si bien, la cantidad de investigaciones al respecto es mínima, los datos localizados en el espectro internacional son una importante referencia para el análisis de la investigación.

Un estudio llevado a cabo en Dublín (Irlanda), publicado en el año 2012 y elaborado por profesionales del University College Dublin, determinó valores de referencia con respecto a la velocidad de caminata de los adultos mayores en los cruces peatonales. Los resultados obtenidos reflejaron una velocidad media de caminata en los participantes del estudio de $0,82 \pm 0,27$ m/s, donde “El 94,2% de los participantes tuvo una velocidad de caminata en estado estable inferior a la velocidad mínima recomendada que es de 1,2 m/s” (Bollard y Fleming, 2013, p. 146). Al respecto

los autores del estudio indicaron “Los resultados son de especial importancia teniendo en cuenta que esta es la velocidad mínima recomendada en vías de Irlanda, EE. UU. y el Reino Unido” (Bollard y Fleming, 2013, p. 146).

Específicamente en Reino Unido en el “Traffic Signs Manual”, se adoptan 1,2 m/s como valor de velocidad estándar para calcular los tiempos de cruce, no obstante, se indica que puede ser usada una velocidad de diseño más baja, 1 m/s por ejemplo, en los casos donde hay una gran cantidad de peatones más lentos (Department for Transport, 2019, p. 137). En concordancia con estos datos, los investigadores concluyen, que la importancia de analizar dichos factores ha permitido diseñar medidas de tráfico asociadas a ciclos semafóricos, pacificación del tránsito y accesibilidad en las principales zonas de conflictos de las ciudades en mención, articulando así la relación entre el flujo peatonal y el flujo vehicular.

Por otra parte, como referente internacional principal en cuanto a estudios de tránsito y transporte, existe el Highway Capacity Manual (HCM), el cual es una de las herramientas más usadas a nivel mundial en el diseño y gestión de operación de instalaciones viales tales como autopistas, vías multicarriles y en general todos los tipos de instalaciones viales; de origen estadounidense y utilizado como herramienta en las políticas de elaboración y gestión de proyectos de infraestructura y transporte (Thenoux, 2004, p. 29). En dicho manual, identificando específicamente lo relacionado con variables de tránsito peatonal asociadas a adultos mayores, se observa inicialmente que, para la velocidad de caminata desarrollada por pelotones, se indica lo siguiente: “Si menos del 20% de los peatones que circulan son adultos mayores de 65 años, la velocidad de caminata promedio se estima en 80,30 m/min (1.33 m/s)”, en contraste, “si la población de adultos mayores a 65 años es superior al 20%, la velocidad de caminata promedio recomendada es de 60,35min/m (1,01 m/s); adicionalmente “por cada 10% de aumento en la proporción de adultos mayores, la velocidad de caminata promedio disminuirá en 5,48 m/min (0,09 m/s)”(Transportation Research Board, 2010, p. 46).

En cuanto a la velocidad individual, el HCM no especifica un valor estándar para la circulación de los adultos mayores, pero sugiere una velocidad de caminata que va desde los 48 m/min (0,8 m/s) hasta los 108 m/min (1,8 m/s), donde se indica que los peatones adultos mayores suelen ser el grupo más lento. En síntesis, de forma general el HCM, adopta una velocidad de caminata de 72 m/min (1,2 m/s) en los cruces semafóricos, para todos los peatones.

Como complemento al análisis de las variables técnicas del HCM y en función de la ejecución de medidas a partir de dichos datos, también de origen estadounidense, la “Guidelines and Recommendations to Accommodate Older Drivers and Pedestrians”, contiene una serie de pautas y directrices asociadas al diseño vial y el entorno urbano, donde menciona respecto al diseño de cruces peatonales “Para adaptarse a la zancada más corta y la marcha más lenta de los menos capaces (15 percentil) peatones mayores, y su exagerado tiempo de "puesta en marcha" antes de salir de la acera, el tiempo de la señal de control de peatones se basa en una probable velocidad de caminata de 0,85 m/s (Staplin et al., 2001, p. 33).

En el contexto Latinoamericano los estudios y estándares específicos relacionados con las variables de tránsito de adultos mayores son escasos, uno de los más relevantes en el tema es el elaborado con adultos mayores en Uruguay, publicado en el año 2018 y elaborado por profesionales de la Universidad de la República, donde se obtuvo que la velocidad de la marcha media fue 1,10 m/s

(Rango 0, 60-1,47 m/s). Para el grupo de menos de 75 años fue de 1,20 m/s, entre los mayores de 80 fue de 1,0 m/s” (Sgaravatti et al., 2018, p. 93), entre los resultados del estudio se concluyó además que existe una relación entre la edad y la velocidad de caminata, donde está última se vea disminuida en la población mayor.

De otra parte, en el Manual de proyecto geométrico de carreteras de 2018 de México, se determina que “al caminar, la velocidad del peatón varía de 0,8 a 1,8 m/s. Para fines de proyecto suele considerarse un valor de 1,2 m/s; aunque esta velocidad es menor a medida que la densidad del tránsito peatonal es mayor” (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2018, p. 7), junto con algunos recomendaciones tales como: la consideración de peatones con velocidades bajas y la localización de semáforos vehiculares y peatonales de forma estratégica; hacen parte de las directrices para la planeación y diseño de las vías peatonales.

En el caso chileno, el estándar de velocidad de caminata es distinto haciendo una distinción entre dos grupos poblacionales, el primero de ellos: la población en general principalmente adultos y jóvenes, con una velocidad de 1,1 m/s y adultos mayores, niños, personas con movilidad reducida de 0,9 m/s (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, 2003, p. 37). Estos parámetros son los establecidos para el cálculo del tiempo de verde mínimo del semáforo peatonal. Al respecto, el manual indica sobre la velocidad de caminata que está “depende de las características de las personas, principalmente su edad y las eventuales limitaciones de movilidad que presenten” (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, 2003, p. 37) y aconseja usar los valores estándar de no contar con información adicional.

2.2 Perspectiva local

En el entorno local colombiano, el Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y Transporte del año 2005, describe los parámetros o valores de entrada para la medición de variables de flujo peatonal, los cuales provienen de dos fuentes principales que son: los valores estándar descritos en dicho Manual (en su mayoría provenientes del HCM) y valores o estimaciones derivadas de información local. Para las variables tales, como velocidad de caminata y tiempo de arranque el manual sugiere el uso de los siguientes valores de entrada estándar, basados en el HCM en caso de no contar con estudios locales propios (ver Tabla 1).

Tabla 1 Variables de tránsito peatonal estándar, adoptados por el Manual de Planeación y diseño para la Administración del tránsito y transporte del año 2005. Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá (2005, p. 17)

Parámetro	Valor
Datos geométricos	
Longitud	-
Ancho efectivo	1,5 m
Radio de la esquina	Ver Tabla 1.5, Tabla 1.6 y Tabla 1.7
Longitud cruce	-
Datos de demanda	
Periodo de análisis	-
No. de peatones en un pelotón	Ver Ecuación 1.3
Velocidad de caminata	1,2 m/s
Tiempo de arranque	3,0 s

Para la velocidad de caminata, el manual colombiano indica un valor estándar de 72 m/min (1,2 m/s), con base en los valores que establece el HCM, sin embargo, un estudio elaborado por los autores establece nuevos parámetros de velocidad de caminata, con respecto a los valores estándar del HCM, estos resultados se pueden ver a continuación en Tabla 2.

Tabla 2 Velocidad de caminata peatonal en instalaciones peatonales. Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá (2005, p. 18)

Velocidades	Cruces peatonales m/min	Escaleras m/min	Puentes (aceras) m/min	Rampas m/min
Velocidad promedio	85,91	111,69	82,96	68,83
Percentil 50	85,48	109,76	85,76	81,28
Percentil 85	93,94	126,95	90,93	87,82
Percentil 90	97,99	136,68	93,69	90,04
Velocidad mínima	57,19	80,85	59,49	23,47
Velocidad máxima	147,61	152,44	96,04	96,16

Respecto al tiempo de arranque, el manual colombiano menciona que estudios previos no han sugerido que “la presencia de peatones mayores y muy jóvenes en los pelotones haya afectado sus tiempos de arrancada” (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2005, p. 18). El manual está vinculado con los modelos del HCM y sugiere que, en caso de no disponer de información local respecto a los tiempos de arrancada para cada uno de los tipos de peatones, se puede hacer uso de valores estándar definidos por el HCM, y que están descritos a continuación en Tabla 3.

Tabla 3 Tiempos de arranque, adoptados por el Manual de Planeación y diseño para la Administración del tránsito y transporte del año 2005. Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá (2005, p. 18).

	Percentil 50	Percentil 85
Hombre joven	1,8 s	-
Mujer joven	2,0 s	-
Hombre mayor	2,4 s	3,7 s
Mujer mayor	2,6 s	4,0 s

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

La metodología definida para el estudio, tuvo tres fases de trabajo enfocadas en evaluar cada uno de los elementos que conforman el proceso de desplazamiento peatonal de un adulto mayor en un cruce semaforizado, bajo diferentes escenarios (ver Ilustración 1).

La primera fase de trabajo se enfocó en la definición de las intersecciones viales semaforizadas de la ciudad, para la recolección de la información asociada a los peatones adultos mayores.

La segunda fase de trabajo correspondió a la planificación de la toma de información, en las intersecciones viales definidas y la ejecución de las labores de recolección de datos. Esta fase

aborda el principal componente de análisis, correspondiente al tipo de datos que se debían tomar para evaluar de manera integral, el desplazamiento peatonal de los adultos mayores.

La tercera y última fase, correspondió al análisis de la información recolectada en los lugares de estudio. A partir de los análisis, fueron generados indicadores y valores comparativos con respecto a los actuales planteamientos en Bogotá, para la inclusión de los peatones adultos mayores en los procesos de diseño urbano, específicamente en intersecciones viales.

Las consideraciones para cada fase son descritas a continuación.

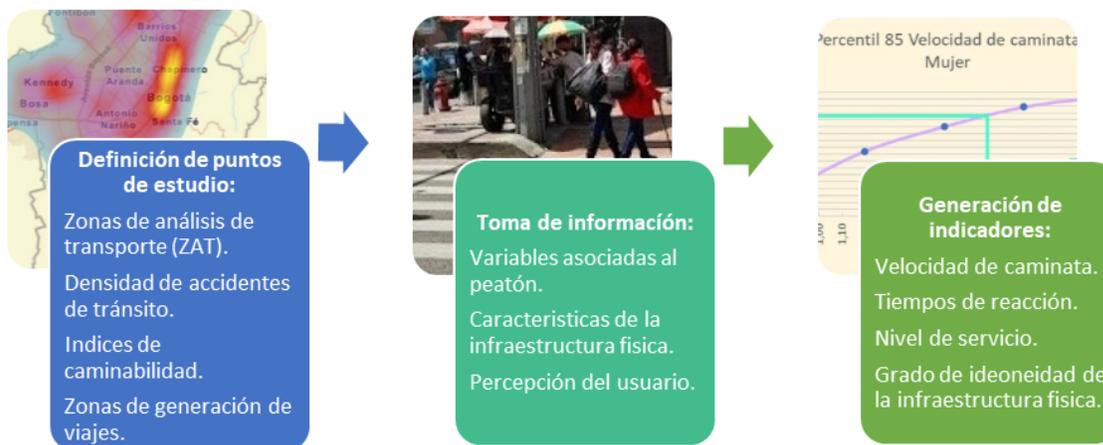


Ilustración 1 Metodología de estudio. Fuente: Elaboración propia

3.1 Criterios para la definición de puntos de toma de información

Inicialmente el empleo de las Zonas de Análisis de Transporte (ZAT), como delimitador geográfico y referente para la posterior determinación de los pasos viales semaforizados de estudio, fue de gran utilidad para la visualización de la densidad de accidentes, debido a su distribución espacial en la ciudad de Bogotá. Los datos fueron obtenidos de la página oficial de Datos abiertos de Bogotá, del archivo “Histórico Siniestros Bogotá DC”, el cual contiene el reporte de accidentes de tránsito en la ciudad desde los años 2015 al 2019, para un total de 160.884 incidentes viales registrados, de los cuales 4634 de ellos corresponde a incidentes viales relacionados con peatones adultos mayores (SDM, 2020).

La Ilustración 2 representa la densidad de los incidentes viales en la ciudad de Bogotá, a partir de la generación de un mapa de calor, en donde las zonas localizadas principalmente alrededor de la localidad de Chapinero y Santa Fe (centro de la ciudad), son las que concentran la mayor cantidad de eventos.

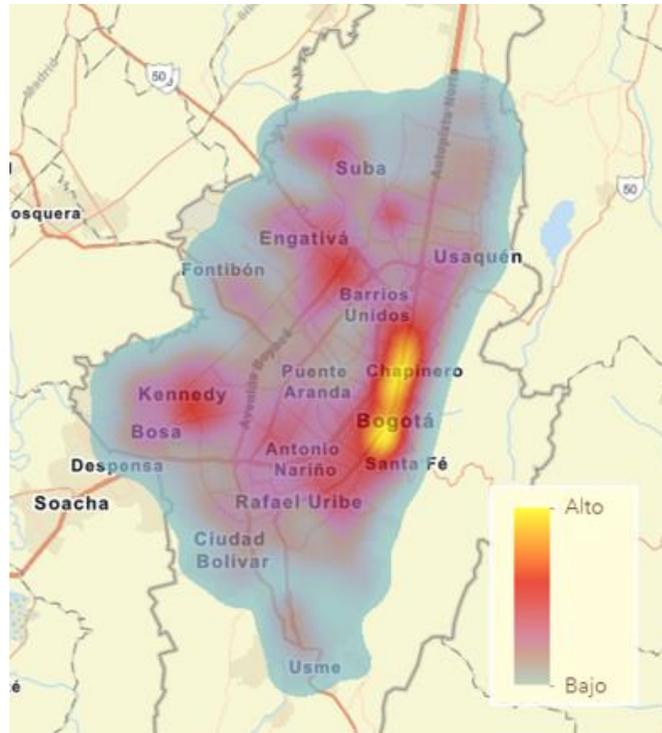


Ilustración 2 Mapa de calor de incidentes viales con peatones adultos mayores en Bogotá.
Fuente: Elaboración propia a partir de información SIMUR, SDM

Al trasladar la información geográfica hacia la densificación de incidentes viales por ZAT, se identificaron zonas muy específicas dentro de las 922 que existen en Bogotá. Esta representación, permitió realizar un filtro considerable que llevó al estudio preliminar y definición puntual de intersecciones relacionadas con incidentes viales (ver Ilustración 3).

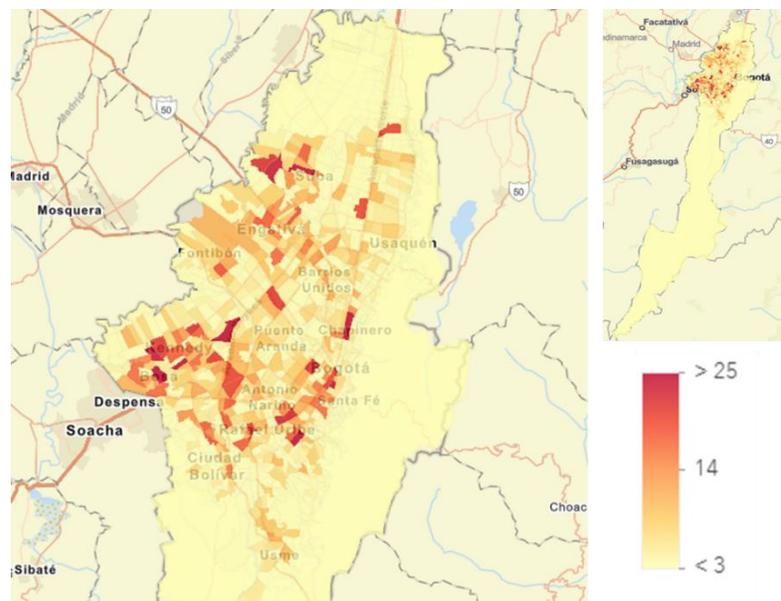


Ilustración 3 Mapa de densidad de incidentes viales con peatones adultos mayores por Zona de Análisis de Transporte (ZAT). Fuente: Elaboración propia a partir de información SIMUR, SDM

El índice de caminabilidad se utilizó con el propósito de hacer una selección de los sectores de la ciudad que, por sus características de infraestructura peatonal, son fuertes espacios de generación y atracción de viajes a pie en Bogotá, además de considerar la presencia de importantes actividades económicas y de servicios que aumentan la posibilidad de muestras para el tipo de peatones de estudio. Al respecto, la Universidad Católica de Colombia en su Revista “Arquitectura”, cuenta con el estudio titulado “Índices de caminabilidad en la ciudad de Bogotá”, donde se plantea la construcción y medición del índice de caminabilidad basado en cinco componentes (ver Tabla 4): calidad ambiental, densidad, confort, proximidad y entropía aplicados en las Unidades de Planeamiento Zonal (UPZ), mediante el análisis de bases de datos espaciales y herramientas de sistemas de información geográfica (SIG)” (Gutiérrez-López et al., 2019, p. 8).

Tabla 4 Variables para la Construcción del Índice de Caminabilidad en la Ciudad de Bogotá.
Fuente: Revista Arquitectura, Universidad Católica de Colombia (Gutiérrez-López et al., 2019)

Subíndice	Variables que lo conforman
Calidad ambiental	Arbolado urbano Proporción de área de parque Material particulado menor a 10 micras
Densidad	Densidad habitacional Índice de ocupación Índice de construcción
Proximidad	Distancia a equipamientos en un rango de 1 km
Confort	Disponibilidad de andén Conectividad Pendiente Dotación
Entropía	Mezcla de usos Empleo

A partir de esta información, se realizó una exploración más específica con el fin identificar las intersecciones aledañas a sectores con una mayor cantidad de comercio, zonas bancarias, instituciones, hospitales, centros de distribución de medicamentos y lugares de culto; donde según las características propias de este grupo poblacional habría una mayor probabilidad de encontrar adultos mayores, definiendo tres situaciones de referencia en lo que respecta a su presencia:

- Alta: Presencia significativa de zonas de comercio, instituciones, hospitales, centros de distribución de medicamentos y lugares de culto.
- Media: Presencia significativa de hospitales, centros de distribución de medicamentos y lugares de culto.
- Baja: Presencia de zonas de comercio e instituciones.

A partir de lo anterior, fueron identificadas y combinadas las zonas con altos índices de caminabilidad y a su vez las zonas con los mayores índices de siniestralidad (ver Ilustración 4).

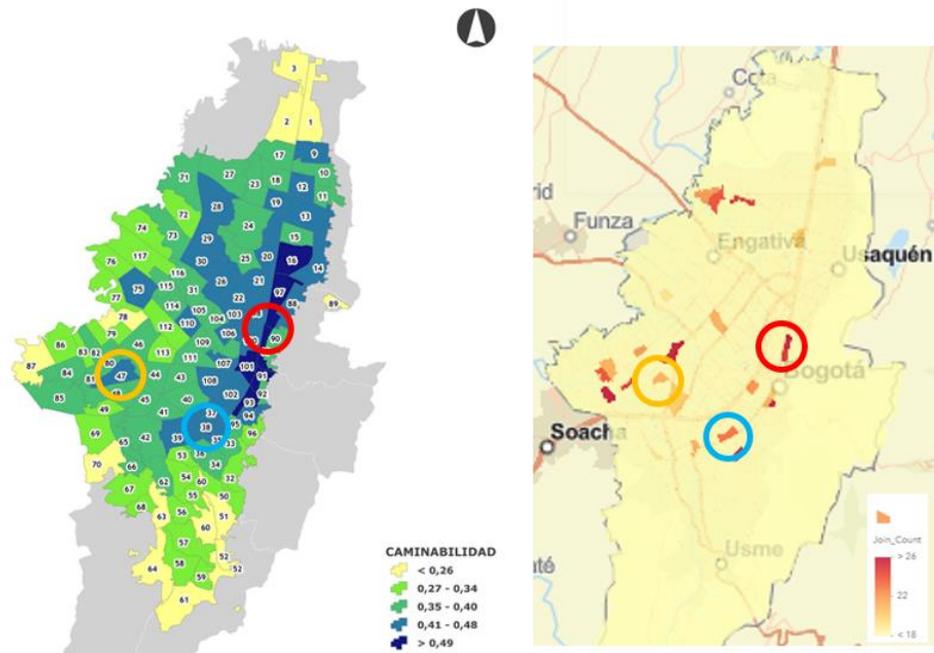


Ilustración 4 Comparación Mapa de Caminabilidad vs Mapa Densidad (ZAT) en la Ciudad de Bogotá. Fuente: Elaboración propia a partir de información SIMUR, SDM.

Dentro de las zonas identificadas previamente por su condición de alto flujo peatonal y de siniestralidad, fueron seleccionadas aquellas intersecciones semaforizadas que en su mayoría se registran en los reportes de accidentalidad (ver Ilustración 5 y 6).



Ilustración 5 Registro fotográfico de la intersección semaforizada seleccionada, localidad de Chapinero. Fuente: Elaboración propia

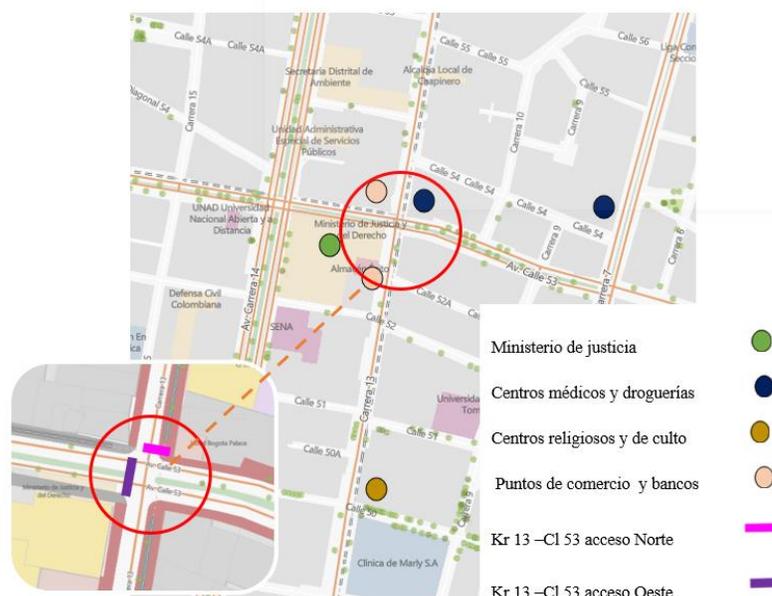


Ilustración 6 Intersección semaforizada seleccionada, localidad de Chapinero. Fuente: Elaboración propia, a partir de Mapas Bogotá

Se seleccionaron pasos semaforizados con y sin separadores (para este estudio se determinaron como estructuras de tipo isleta que dividen la calzada y la cual el peatón requiere atravesar para completar cruce) y con distintos anchos de sección transversal, con el fin de conocer si esto podría llegar a tener alguna incidencia en la velocidad de la caminata del peatón. En total fueron seleccionados seis pasos peatonales semaforizados. A continuación, en la Tabla 5, se presentan la relación de criterios para cada caso y las características de cada intersección.

Tabla 5 Criterios de selección de pasos semaforizados. Fuente: Elaboración propia

Lugar	Tipo de sección vial	Siniestralidad	Presencia de peatones
Calle 53 Carrera 13 Acceso Oeste	2 calzadas de 2 carriles (2 sentidos) con separador	ZAT 506 Chapinero (25 incidentes viales)	Alta
Calle 53 Carrera 13 Acceso Norte	1 calzada de 3 carriles (1 sentido)	ZAT 506 Chapinero (25 incidentes viales)	Alta
Transversal 74f Calle 40S Acceso Oeste	2 calzadas de 3 carriles (2 sentidos) con separador	ZAT 545 Kennedy (21 incidentes viales)	Alta
Transversal 74f Calle 40S Acceso Sur	1 calzada de 6 carriles (2 sentidos)	ZAT 545 Kennedy (21 incidentes viales)	Alta
Calle 22s Carrera 10 Acceso Norte	4 calzadas de 2 carriles (2 sentidos) con separador y transporte público (Transmilenio)	ZAT 335 San Cristóbal (28 incidentes viales)	Alta
Carrera 14 Calle 45 Acceso Sur	4 calzadas de 2 carriles (2 sentidos) con separador y transporte público (Transmilenio)	ZAT 335 San Cristóbal (28 incidentes viales)	Media

Tabla 6 Intersecciones de estudio. Fuente: Elaboración propia

Paso semaforizado	Registro fotográfico	Descripción																														
<p>Calle 53 Carrera 13 Acceso Norte</p>		<table border="1"> <tr><td>Localidad</td><td>Chapinero</td></tr> <tr><td>UPZ</td><td>Chapinero</td></tr> <tr><td>Barrio</td><td>Chapinero Central</td></tr> <tr><td>Nombre de la vía</td><td>Sin nombre</td></tr> <tr><td>Código de identificación vial</td><td>2001705</td></tr> <tr><td>Tipo de clasificación</td><td>Malla vial intermedia</td></tr> <tr><td>Tipo de vía</td><td>Carrera</td></tr> <tr><td>Tipo de superficie</td><td>Flexible</td></tr> <tr><td>Nomenclatura</td><td>Carrera 13</td></tr> <tr><td>Ancho de calzada (mts)</td><td>9,21</td></tr> <tr><td>Carriles por calzada</td><td>3</td></tr> <tr><td>Sentido de la vía</td><td>Hacia desde</td></tr> <tr><td>Cantidad de rampas</td><td>1</td></tr> <tr><td>Clasificación por sección</td><td>V4</td></tr> </table>	Localidad	Chapinero	UPZ	Chapinero	Barrio	Chapinero Central	Nombre de la vía	Sin nombre	Código de identificación vial	2001705	Tipo de clasificación	Malla vial intermedia	Tipo de vía	Carrera	Tipo de superficie	Flexible	Nomenclatura	Carrera 13	Ancho de calzada (mts)	9,21	Carriles por calzada	3	Sentido de la vía	Hacia desde	Cantidad de rampas	1	Clasificación por sección	V4		
Localidad	Chapinero																															
UPZ	Chapinero																															
Barrio	Chapinero Central																															
Nombre de la vía	Sin nombre																															
Código de identificación vial	2001705																															
Tipo de clasificación	Malla vial intermedia																															
Tipo de vía	Carrera																															
Tipo de superficie	Flexible																															
Nomenclatura	Carrera 13																															
Ancho de calzada (mts)	9,21																															
Carriles por calzada	3																															
Sentido de la vía	Hacia desde																															
Cantidad de rampas	1																															
Clasificación por sección	V4																															
<p>Calle 53 Carrera 13 Acceso Oeste</p>		<table border="1"> <tr><td>Localidad</td><td>Chapinero</td></tr> <tr><td>UPZ</td><td>Chapinero</td></tr> <tr><td>Barrio</td><td>Chapinero Central</td></tr> <tr><td>Nombre de la vía</td><td>Avenida Pablo VI</td></tr> <tr><td>Código de identificación vial</td><td>2001706</td></tr> <tr><td>Tipo de clasificación</td><td>Malla vial arterial</td></tr> <tr><td>Tipo de vía</td><td>Avenida Calle</td></tr> <tr><td>Tipo de superficie</td><td>Flexible</td></tr> <tr><td>Nomenclatura</td><td>Calle 53</td></tr> <tr><td>Ancho de calzada sin separador (mts)</td><td>13,43</td></tr> <tr><td>Ancho de calzada con separador (mts)</td><td>15,23</td></tr> <tr><td>Carriles por calzada</td><td>2</td></tr> <tr><td>Sentido de la vía</td><td>Hacia desde</td></tr> <tr><td>Cantidad de rampas</td><td>3</td></tr> <tr><td>Clasificación por sección</td><td>V3E</td></tr> </table>	Localidad	Chapinero	UPZ	Chapinero	Barrio	Chapinero Central	Nombre de la vía	Avenida Pablo VI	Código de identificación vial	2001706	Tipo de clasificación	Malla vial arterial	Tipo de vía	Avenida Calle	Tipo de superficie	Flexible	Nomenclatura	Calle 53	Ancho de calzada sin separador (mts)	13,43	Ancho de calzada con separador (mts)	15,23	Carriles por calzada	2	Sentido de la vía	Hacia desde	Cantidad de rampas	3	Clasificación por sección	V3E
Localidad	Chapinero																															
UPZ	Chapinero																															
Barrio	Chapinero Central																															
Nombre de la vía	Avenida Pablo VI																															
Código de identificación vial	2001706																															
Tipo de clasificación	Malla vial arterial																															
Tipo de vía	Avenida Calle																															
Tipo de superficie	Flexible																															
Nomenclatura	Calle 53																															
Ancho de calzada sin separador (mts)	13,43																															
Ancho de calzada con separador (mts)	15,23																															
Carriles por calzada	2																															
Sentido de la vía	Hacia desde																															
Cantidad de rampas	3																															
Clasificación por sección	V3E																															
<p>Transversal 74F Calle 40S Acceso Sur</p>		<table border="1"> <tr><td>Localidad</td><td>Kennedy</td></tr> <tr><td>UPZ</td><td>Timiza</td></tr> <tr><td>Barrio</td><td>Timiza</td></tr> <tr><td>Nombre de la vía</td><td>Avenida Poporo Quimbaya</td></tr> <tr><td>Código de identificación vial</td><td>8007559</td></tr> <tr><td>Tipo de clasificación</td><td>Malla vial intermedia</td></tr> <tr><td>Tipo de vía</td><td>Calle</td></tr> <tr><td>Tipo de superficie</td><td>Flexible</td></tr> <tr><td>Nomenclatura</td><td>Calle 40S</td></tr> <tr><td>Ancho de calzada (mts)</td><td>16,06</td></tr> <tr><td>Carriles por calzada</td><td>3</td></tr> <tr><td>Sentido de la vía</td><td>Doble sentido</td></tr> <tr><td>Cantidad de rampas</td><td>2</td></tr> <tr><td>Clasificación por sección</td><td>V4</td></tr> </table>	Localidad	Kennedy	UPZ	Timiza	Barrio	Timiza	Nombre de la vía	Avenida Poporo Quimbaya	Código de identificación vial	8007559	Tipo de clasificación	Malla vial intermedia	Tipo de vía	Calle	Tipo de superficie	Flexible	Nomenclatura	Calle 40S	Ancho de calzada (mts)	16,06	Carriles por calzada	3	Sentido de la vía	Doble sentido	Cantidad de rampas	2	Clasificación por sección	V4		
Localidad	Kennedy																															
UPZ	Timiza																															
Barrio	Timiza																															
Nombre de la vía	Avenida Poporo Quimbaya																															
Código de identificación vial	8007559																															
Tipo de clasificación	Malla vial intermedia																															
Tipo de vía	Calle																															
Tipo de superficie	Flexible																															
Nomenclatura	Calle 40S																															
Ancho de calzada (mts)	16,06																															
Carriles por calzada	3																															
Sentido de la vía	Doble sentido																															
Cantidad de rampas	2																															
Clasificación por sección	V4																															

Paso semaforizado	Registro fotográfico	Descripción																														
Transversal 74F Calle 40S Acceso Oeste		<table border="1"> <tr><td>Localidad</td><td>Kennedy</td></tr> <tr><td>UPZ</td><td>Timiza</td></tr> <tr><td>Barrio</td><td>Timiza</td></tr> <tr><td>Nombre de la vía</td><td>Avenida 1 de Mayo</td></tr> <tr><td>Código de identificación vial</td><td>8007487</td></tr> <tr><td>Tipo de clasificación</td><td>Malla vial arterial</td></tr> <tr><td>Tipo de vía</td><td>Transversal</td></tr> <tr><td>Tipo de superficie</td><td>Flexible</td></tr> <tr><td>Nomenclatura</td><td>Tv 74 F</td></tr> <tr><td>Ancho de calzada sin separador (mts)</td><td>24,29</td></tr> <tr><td>Ancho de calzada con isleta (mts)</td><td>28,79</td></tr> <tr><td>Carriles por calzada</td><td>3</td></tr> <tr><td>Sentido de la vía</td><td>Hacia y desde</td></tr> <tr><td>Cantidad de rampas</td><td>0</td></tr> <tr><td>Clasificación por sección</td><td>V2-E</td></tr> </table>	Localidad	Kennedy	UPZ	Timiza	Barrio	Timiza	Nombre de la vía	Avenida 1 de Mayo	Código de identificación vial	8007487	Tipo de clasificación	Malla vial arterial	Tipo de vía	Transversal	Tipo de superficie	Flexible	Nomenclatura	Tv 74 F	Ancho de calzada sin separador (mts)	24,29	Ancho de calzada con isleta (mts)	28,79	Carriles por calzada	3	Sentido de la vía	Hacia y desde	Cantidad de rampas	0	Clasificación por sección	V2-E
Localidad	Kennedy																															
UPZ	Timiza																															
Barrio	Timiza																															
Nombre de la vía	Avenida 1 de Mayo																															
Código de identificación vial	8007487																															
Tipo de clasificación	Malla vial arterial																															
Tipo de vía	Transversal																															
Tipo de superficie	Flexible																															
Nomenclatura	Tv 74 F																															
Ancho de calzada sin separador (mts)	24,29																															
Ancho de calzada con isleta (mts)	28,79																															
Carriles por calzada	3																															
Sentido de la vía	Hacia y desde																															
Cantidad de rampas	0																															
Clasificación por sección	V2-E																															
Calle 22S Carrera 10 Acceso Norte		<table border="1"> <tr><td>Localidad</td><td>San Cristobal</td></tr> <tr><td>UPZ</td><td>20 de Julio</td></tr> <tr><td>Barrio</td><td>El Sosiego</td></tr> <tr><td>Nombre de la vía</td><td>Avenida 1 de Mayo</td></tr> <tr><td>Código de identificación vial</td><td>15001431</td></tr> <tr><td>Tipo de clasificación</td><td>Malla vial arterial</td></tr> <tr><td>Tipo de vía</td><td>Calle</td></tr> <tr><td>Tipo de superficie</td><td>Rígido</td></tr> <tr><td>Nomenclatura</td><td>Calle 22 s</td></tr> <tr><td>Ancho de calzada sin separador (mts)</td><td>27,64</td></tr> <tr><td>Ancho de calzada con isleta (mts)</td><td>32,64</td></tr> <tr><td>Carriles por calzada</td><td>2</td></tr> <tr><td>Sentido de la vía</td><td>Hacia y desde</td></tr> <tr><td>Cantidad de rampas</td><td>1</td></tr> <tr><td>Clasificación por sección</td><td>V-1</td></tr> </table>	Localidad	San Cristobal	UPZ	20 de Julio	Barrio	El Sosiego	Nombre de la vía	Avenida 1 de Mayo	Código de identificación vial	15001431	Tipo de clasificación	Malla vial arterial	Tipo de vía	Calle	Tipo de superficie	Rígido	Nomenclatura	Calle 22 s	Ancho de calzada sin separador (mts)	27,64	Ancho de calzada con isleta (mts)	32,64	Carriles por calzada	2	Sentido de la vía	Hacia y desde	Cantidad de rampas	1	Clasificación por sección	V-1
Localidad	San Cristobal																															
UPZ	20 de Julio																															
Barrio	El Sosiego																															
Nombre de la vía	Avenida 1 de Mayo																															
Código de identificación vial	15001431																															
Tipo de clasificación	Malla vial arterial																															
Tipo de vía	Calle																															
Tipo de superficie	Rígido																															
Nomenclatura	Calle 22 s																															
Ancho de calzada sin separador (mts)	27,64																															
Ancho de calzada con isleta (mts)	32,64																															
Carriles por calzada	2																															
Sentido de la vía	Hacia y desde																															
Cantidad de rampas	1																															
Clasificación por sección	V-1																															
Carrera 14 Calle 45 Acceso Sur		<table border="1"> <tr><td>Localidad</td><td>Chapinero</td></tr> <tr><td>UPZ</td><td>Chapinero</td></tr> <tr><td>Barrio</td><td>Sc. Sucre</td></tr> <tr><td>Nombre de la vía</td><td>Avenida Caracas</td></tr> <tr><td>Código de identificación vial</td><td>2001971</td></tr> <tr><td>Tipo de clasificación</td><td>Malla vial arterial</td></tr> <tr><td>Tipo de vía</td><td>Carrera</td></tr> <tr><td>Tipo de superficie</td><td>Flexible</td></tr> <tr><td>Nomenclatura</td><td>Carrera 14</td></tr> <tr><td>Ancho de calzada (mts)</td><td>25,75</td></tr> <tr><td>Carriles por calzada</td><td>2</td></tr> <tr><td>Sentido de la vía</td><td>Desde hacia</td></tr> <tr><td>Cantidad de rampas</td><td>3</td></tr> <tr><td>Clasificación por sección</td><td>V-2</td></tr> </table>	Localidad	Chapinero	UPZ	Chapinero	Barrio	Sc. Sucre	Nombre de la vía	Avenida Caracas	Código de identificación vial	2001971	Tipo de clasificación	Malla vial arterial	Tipo de vía	Carrera	Tipo de superficie	Flexible	Nomenclatura	Carrera 14	Ancho de calzada (mts)	25,75	Carriles por calzada	2	Sentido de la vía	Desde hacia	Cantidad de rampas	3	Clasificación por sección	V-2		
Localidad	Chapinero																															
UPZ	Chapinero																															
Barrio	Sc. Sucre																															
Nombre de la vía	Avenida Caracas																															
Código de identificación vial	2001971																															
Tipo de clasificación	Malla vial arterial																															
Tipo de vía	Carrera																															
Tipo de superficie	Flexible																															
Nomenclatura	Carrera 14																															
Ancho de calzada (mts)	25,75																															
Carriles por calzada	2																															
Sentido de la vía	Desde hacia																															
Cantidad de rampas	3																															
Clasificación por sección	V-2																															

3.2 Planificación y ejecución de las mediciones en las intersecciones de estudio

El estudio de campo se integró por tres actividades: el aforo de los peatones adultos mayores en los cruces seleccionados y su caracterización, el inventario del entorno físico, y el desarrollo de encuestas a una muestra de los peatones observados.

Las labores fueron desarrolladas en días típicos (entresemana), durante los periodos de máxima demanda peatonal de cada zona de evaluación los cuales fueron identificados durante visitas previas y que corresponden a los descritos a continuación en la Tabla 7.

Tabla 7 Fecha y franjas de recolección de datos en campo. Fuente: Elaboración propia

Lugar	Fecha	Franja horaria
Calle 53 Carrera 13 Acceso Oeste	28/12/2020	09:45:00 am a 11:15:00 am
Calle 53 Carrera 13 Acceso Norte	28/12/2020	11:45:00 am a 13:00:00 pm
Transversal 74f Calle 40S Acceso Oeste	27/01/2021	09:00:00 am a 10:30:00 am
Transversal 74f Calle 40S Acceso Sur	27/01/2021	10:30:00 am a 11:00:00 am
Calle 22s Carrera 10 Acceso Norte	9/02/2021	09:00:00 am a 10:30:00 am
Carrera 14 Calle 45 Acceso Sur	7/02/2021	09:00:00 am a 10:00:00 am

El aforo fue realizado haciendo uso de la aplicación móvil UrbanActor, la cual es un desarrollo propio que se realizó haciendo uso del framework Ionic. Esta herramienta se elaboró con fines específicos del estudio y sus funcionalidades incluyen la de recolectar las características y tiempos de paso del peatón adulto mayor mientras se realizaba el cruce, así como la de almacenar las características y condiciones de la infraestructura en los sitios de aforo; mediante esta aplicación fue mucho más efectiva la identificación de características de cada peatón, en comparación con el método tradicional de conteo manual con formatos.



Ilustración 7 Icono de la aplicación móvil UrbanActor. Fuente: Elaboración propia

La aplicación se configuró teniendo en cuenta los roles necesarios para desarrollar las actividades durante el aforo, los cuales son:

- **Contador:** Esta tarea consiste en contabilizar a los peatones que cruzan durante el lapso de registro en el paso semaforizado, con base en su clasificación etaria. También este rol registra las características y condiciones de la infraestructura.
- **Colector:** Esta tarea está diseñada para medir y recolectar datos del paso de los peatones, que esperan la señal del semáforo en verde y para los cuales es posible medir el tiempo de arranque.



Ilustración 8 Interfaz gráfica de la aplicación móvil Urban Actor. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallan los parámetros tenidos en cuenta para la recolección de la información. Se identifican las variables asociadas al peatón para la caracterización. Particularmente, el registro de peatones fue llevado a cabo, diferenciando las particularidades de cada peatón adulto mayor. Entre estas se encuentran:

- Condición del flujo peatonal: Los peatones adultos mayores aforados, fueron considerados bajo condiciones de flujo libre, es decir, sin presencia de pelotones. De esta manera se buscó identificar su velocidad de caminata sin restricciones diferentes al medio físico (infraestructura) y operación del tránsito motorizado.
- Sexo: Este dato fue recolectado con el fin de identificar las posibles diferencias entre los desplazamientos de hombres y mujeres.
- Elementos o persona de apoyo: Este dato fue recolectado con el fin de identificar el uso de elementos tales como bastones, caminadores, muletas etc., o la ayuda de una persona. La velocidad de caminata se ve afectada en mayor medida por dicha condición, por lo que requiere de un análisis diferenciado.
- Carga objetos: Este dato fue recolectado debido a que, para cualquier tipo de peatón cuando carga objetos, puede verse afectada su velocidad de caminata. Para su recolección se tuvieron en cuenta solo objetos de dimensiones considerables, y que pudiesen representar afectación en el desplazamiento peatonal del cruce observado.
- Desobediencia: Este dato fue recolectado considerando que según los informes de siniestralidad en Bogotá del 2015 - 2019 entre las causas de incidentes viales registrados para peatones adultos mayores, la desobediencia de señales semafóricas fue del 3,8% de los siniestros presentados, en un grupo total en el que el 87% de las causas representan cada una menos del 2% (SDM, 2020).
- Tiempo de arranque: Se contabilizó con el fin de comparar los tiempos de arranque del estudio con los tiempos señalados en los manuales de la ciudad. Correspondió a la diferencia entre el segundo en el que el semáforo peatonal cambió a verde y el segundo en el que el adulto mayor inicia su movimiento.

- Tiempo de cruce: Se contabilizó con el fin de realizar el cálculo y análisis de la velocidad de caminata para los peatones adultos mayores, en función de la longitud del cruce. Corresponde al tiempo desde que el peatón inició su movimiento hasta que se ubica en el andén de destino.

Por su parte se identificaron las variables asociadas con la infraestructura vial y peatonal. La descripción y análisis de las condiciones de la infraestructura de la vía, son aspectos a tener en cuenta como factores que influyen y condicionan la forma en que se movilizan los peatones. El Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) en su Guía de Movilidad Urbana, lo confirma cuando indica que para que la comodidad de circulación de los usuarios (peatones) se optimice, “la infraestructura debe contar con un mínimo de elementos que conecten los espacios y permitan realizar el recorrido” (Instituto de Desarrollo Urbano, 2005, p. 53).

La infraestructura de una vía debe ser óptima para todos los peatones que circulan en ella; no obstante, la movilidad de peatones adultos mayores debe tener una atención especial, ya que en este grupo pueden existir usuarios que por sus condiciones físicas naturales y su comportamiento asociados a la edad, están mayormente condicionados al estado de la infraestructura por la que transitan. Las personas con limitaciones físicas al igual que los niños y los adultos mayores, ven afectada su movilidad por impedimentos visuales o auditivos, uso de sillas de ruedas, muletas, lazarillos etc.; estas condiciones alteran la forma en que ven su entorno o la cantidad y calidad de la recibida (Burgos, 2008, p. 42). Por ello, en el análisis de los datos recolectados en el presente estudio, se hizo una descripción del tránsito de los peatones no solo con base en las características de sus desplazamientos, sino también de las condiciones de la infraestructura vehicular y peatonal.



Ilustración 9 Evaluación de infraestructura, Calle 53 Kr 13 Acceso Norte. Fuente: Elaboración propia

Con el objeto de identificar situaciones del entorno de evaluación, específicamente lo concerniente a la infraestructura vial y peatonal, se desarrolló el inventario de cada intersección semafORIZADA recolectando la siguiente información

Tabla 8 Información de inventario vial y peatonal, recolectada en cada paso semaforizado.
Fuente: Elaboración propia

Accesibilidad	Infraestructura vial	Dimensiones y estado	Señalización vial y dispositivos de control
Rampas	Sentidos viales	Calzada vial (metros)	Estado de las marcas viales
Separadores	Número de calzadas	Separador (metros)	Estado de las señales verticales
Isletas	Número de carriles	Cebra (metros)	Estado del semáforo
Ancho mínimo	Separador	Zona de espera (metros)	Tiempo de verde (segundos)
Material antideslizante	Jerarquía vial	Andén (metros)	Tiempo de rojo (segundos)
Color contrastante	Tipo de pavimento	Estado de la vía	
Sin obstáculos		Estado de la rampa	
Rampa en zona de espera		Estado de la zona de espera	
Rampa en separador		Estado de la cebra	

Antes de llevar a cabo el trabajo en campo fue necesario determinar la muestra de aforo peatonal necesaria, para cada una de las UPZ (Unidades de Planeamiento zonal) donde se elaboró la recolección de datos. Fue calculada con base en la población de estas unidades, y a partir de un margen de error del 10% y un nivel de confianza de 90%. Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla 9.

Tabla 9 Muestra del estudio. Fuente: Elaboración propia

Localidad	UPZ		Muestra tomada (peatones aforados)	Población Adultos Mayores	Muestra calculada
	Numero	Nombre			
Kennedy	48	Timiza	82	22990	68
Chapinero	99	Chapinero	125	2913	66
San Cristóbal	34	20 de Julio	54	10830	67

Con el fin de conocer la percepción de los peatones adultos mayores, fueron formuladas diferentes preguntas relacionadas con las experiencias previas en cruces semaforizados de la ciudad. La aplicación de esta encuesta se elaboró de forma digital durante el mes de febrero de 2021, contando con el apoyo de los estudiantes de la asignatura de tránsito y transporte de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, quienes formularon las preguntas a 70 adultos mayores de sexo femenino y masculino (con edades \geq a 60 años) y que habitan en la ciudad de Bogotá. Las preguntas formuladas se muestran en la Tabla 10.

Tabla 10 Preguntas de la encuesta de percepción. Fuente: Elaboración propia

<i>Cuando está esperando cruzar un paso con semáforos, usted inicia a caminar cuando ve que:</i>	Semáforo se pone en verde	Los vehículos se detienen	Las personas a su lado empiezan a cruzar			
<i>¿Considera que, en los semáforos peatonales de la ciudad de Bogotá, el tiempo de verde es suficiente para pasar?</i>	De acuerdo	En desacuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente en desacuerdo		
<i>¿Al cruzar intersecciones con semáforos en Bogotá, usted ha presentado dificultad en distinguir los colores del semáforo?</i>	De acuerdo	En desacuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente en desacuerdo		
<i>¿Qué elementos o situaciones le han representado un inconveniente al cruzar en verde?</i>	Otros peatones	Daños en la vía	Falta de rampas	Vehículos que invaden la cebrá	Vendedores ambulantes	Bicusuarios
<i>¿Ha tenido dificultad para desplazarse en los cruces con semáforos debido al mal estado de la vía?</i>	A veces		Nunca	Siempre		
<i>¿Cómo califica los cruces semaforizados en la ciudad de Bogotá para el desplazamiento de personas en condición de discapacidad o adultos mayores?</i>	Adecuados	Inadecuados	Muy inadecuados	Neutro		

4. RESULTADOS

4.1 Características de los peatones

A partir de la información recolectada en campo respecto a las características de los peatones adultos mayores que realizaron el cruce, se obtuvieron los siguientes indicadores para 261 peatones aforados en las intersecciones semaforizadas de evaluación:

- 61% de los peatones fueron mujeres y 39% hombres.
- 16% de los peatones cruzaron con persona de apoyo.
- 20% de los peatones desobedecieron la señal de semáforo, de los cuales el 65% fueron mujeres y 35% hombres.
- 10% de los peatones usaba elementos de apoyo; de los cuales el 70% de ellos fueron mujeres y 30% hombres.

4.2 Velocidad de caminata

Se identificó que el valor general de P85 para los cruces evaluados, varió con respecto al valor señalado por el manual colombiano (1,57 m/s) en +0,17 m/s, lo cual señala que los peatones evaluados en general, fueron levemente más rápidos que el valor de manual.

Tabla 11 Valores comparativos de la velocidad de caminata P85 del manual colombiano y resultados de estudio. Fuente: Elaboración propia

P85 General						
Variable	Ancho (m)	Dirección	Acceso	Separador	P85 m/s	Diferencia de velocidad m/s con respecto a manual colombiano
Velocidad de caminata m/s	9,21	Calle 53 Carrera 13	Norte	No	2,11	0,54
	13,43	Calle 53 Carrera 13	Oeste	Si	1,65	0,08
	16,06	Tv 74f Calle 40s	Sur	No	1,45	-0,12
	24,29	Tv 74f Calle 40s	Oeste	Si	1,71	0,14
	25,75	Carrera 14 Calle 45	Sur	Si	1,62	0,05
	27,64	Calle 22S Carrera 10	Norte	Si	1,71	0,14
General					1,74	0,17

Con respecto a los valores máximos y mínimos, se encontraron variaciones que principalmente son peculiares con respecto a la velocidad mínima de caminata, pues los datos de estudio arrojaron velocidades menores a la del manual, el cual señala 0,95 m/s.

Tabla 12 Valores comparativos de la velocidad de caminata máxima y mínima del manual colombiano y resultados de estudio. Fuente: Elaboración propia

Velocidades de caminata máximas y mínimas							
Variable	Ancho (m)	Dirección	Acceso	Velocidad máxima m/s	Diferencia de velocidad m/s con respecto a manual colombiano	Velocidad mínima m/s	Diferencia de velocidad m/s con respecto a manual colombiano
Velocidad de caminata m/s	9,21	Calle 53 Carrera 13	Norte	2,55	0,09	0,52	-0,43
	13,43	Calle 53 Carrera 13	Oeste	2,62	0,16	0,71	-0,24
	16,06	Tv 74f Calle 40s	Sur	1,72	-0,74	0,77	-0,18
	24,29	Tv 74f Calle 40s	Oeste	2,68	0,22	0,33	-0,63
	25,75	Carrera 14 Calle 45	Sur	1,72	-0,74	0,77	-0,18
	27,64	Calle 22S Carrera 10	Norte	2,26	-0,20	1,00	0,04
	General			2,68	0,22	0,33	-0,63

Con respecto a la velocidad de caminata por sexo, se encontró que el percentil 85 de velocidades de los hombres, tendió levemente a ser mayor que el de las mujeres.

Tabla 13 Indicadores de velocidad de caminata obtenidos por paso semaforzado y sexo del peatón. Fuente: Elaboración propia

P85 por sexo						
Variable	Ancho	Dirección	Acceso	P85 m/s		
				Mujer	Hombre	
Velocidad de caminata m/s	9,21	Calle 53 Carrera 13	Norte	2,08	2,18	
	13,43	Calle 53 Carrera 13	Oeste	1,72	1,50	
	16,06	Tv 74f Calle 40s	Sur	1,03	1,61	
	24,29	Tv 74f Calle 40s	Oeste	0,9	2,0	
	25,75	Carrera 14 Calle 45	Sur	1,51	1,63	
	27,64	Calle 22S Carrera 10	Norte	1,70	1,72	
	General			1,7	1,82	

En cuanto a los indicadores de velocidad de caminata del percentil 85, se identificó además que los peatones adultos mayores tuvieron una velocidad inferior en vías con separadores en comparación con aquellas que no los tienen.

Tabla 14 Indicadores de velocidad de caminata obtenidos por presencia de separador en el paso semaforzado. Fuente: Elaboración propia

Variable	Dirección	Acceso
Velocidad de caminata m/s	Con separador	1,70
	Sin separador	1,91

Con respecto al tiempo de arranque, se encontraron diversas variaciones con respecto al mayor P85 señalado por el manual (mujer mayor) que es de 4 s, dentro de las cuales resaltan dos cruces en los cuales dicho valor fue muy cercano.

Tabla 15 Indicadores de velocidad de caminata y tiempo de arranque según acceso. Fuente: Elaboración propia

P85 tiempo de arranque			
Dirección	Acceso	Tiempo de arranque (seg)	Diferencia de velocidad m/s con respecto a manual colombiano
Calle 53 Carrera 13	Oeste	1,76	-2,24
Calle 53 Carrera 13	Norte	4,13	0,13
Tv 74f Calle 40s	Oeste	4,33	0,33
Tv 74f Calle 40s	Sur	2,12	-1,88
Calle 22S Carrera 10	Norte	2,11	-1,89
Carrera 14 Calle 45	Sur	2,23	-1,77

4.3 Nivel de servicio

Los niveles de servicio según los criterios del manual colombiano, para cada uno de los cruces viales semaforizados, evidencian que la probabilidad de desobediencia a la señal semafórica oscila desde alta a muy alta, teniendo en cuenta los valores de tiempo de rojo peatonal. Debe resaltarse, que los semáforos en cuestión cuentan actualmente con tiempos fijos, independientemente de la hora o día de la semana.

Tabla 16 Tiempos semafóricos peatonales, probabilidad de desobediencia y nivel de servicio de pasos viales estudiados. Fuente: Elaboración propia

Punto vial de estudio	Acceso	Nivel de Servicio	Probabilidad de desobediencia	Tiempos semafóricos	
					
Calle 53 Carrera 13	Oeste	F	Muy alta	102	17
Calle 53 Carrera 13	Norte	E	Alta	48	69
Tv 74f Calle 40s	Oeste	F	Muy alta	83	34,9
Tv 74f Calle 40s	Sur	E	Alta	47	70
Calle 22S Carrera 10	Norte	E	Alta	40,4	44,1
Carrera 14 Calle 45	Sur	F	Muy alta	87,4	37,3

4.4 Percepción de los usuarios

Se elaboró una encuesta a 71 adultos mayores. Las respuestas de mayor interés tienen que ver con el inicio del desplazamiento peatonal en los cruces, no al ver el semáforo, sino las detenciones vehiculares, el desacuerdo con los tiempos de verde en los semáforos peatonales y la valoración de “inadecuado”, para los cruces semaforizados en la ciudad (ver Tabla 17).

Tabla 17 Indicadores de la encuesta asociados a la experiencia del peatón con respecto al cruce semafórico. Fuente: Elaboración propia

<i>Cuando está esperando cruzar un paso con semáforos, usted inicia a caminar cuando ve que:</i>	Semáforo se pone en verde	Los vehículos se detienen	Las personas a su lado empiezan a cruzar
	41%	46%	13%

Tabla 18 Indicadores de la encuesta con respecto a los tiempos y características de los semáforos peatonales, en los pasos viales semaforizados de Bogotá. Fuente: Elaboración propia

	De acuerdo	En desacuerdo	Totalmente de acuerdo	Totalmente en desacuerdo
¿Considera que, en los semáforos peatonales de la ciudad de Bogotá, el tiempo de verde es suficiente para pasar?	42%	45%	1%	11%
¿Al cruzar intersecciones con semáforos en Bogotá, usted ha presentado dificultad en distinguir los colores del semáforo?	14%	48%	8%	30%

Tabla 19 Indicadores de la encuesta con respecto al nivel de accesibilidad de los peatones, en los pasos viales semaforizados de Bogotá. Fuente: Elaboración propia

¿Qué elementos o situaciones le han representado un inconveniente al cruzar en verde?	Otros peatones	Daños en la vía	Falta de rampas	Vehículos que invaden la cebra	Vendedores ambulantes	Bicisuarios
	21%	17%	15%	30%	13%	4%
¿Ha tenido dificultad para desplazarse en los cruces con semáforos debido al mal estado de la vía?				A veces	Nunca	Siempre
				80%	7%	13%
¿Cómo califica los cruces semaforizados en la ciudad de Bogotá para el desplazamiento de personas en condición de discapacidad o adultos mayores?	Adecuados	Inadecuados	Muy inadecuados	Neutro		
	6%	46%	23%	25%		

4.5 Condiciones de la infraestructura peatonal

Fue elaborada una evaluación de las condiciones de la infraestructura peatonal con base en el inventario vial de cada uno de los pasos viales de estudio. La calificación otorgada en los aspectos evaluados se basa en los criterios expuestos a continuación:

- Accesibilidad andén:
 - Bueno: Cuenta con rampas en todas las zonas de espera y cumple con los criterios de dimensión establecidos en las normas de diseño urbano, sin obstáculos, el material es antideslizante y de color contrastante, un peatón adulto mayor puede identificar y acceder cómodamente al andén.
 - Regular: No cuenta con rampas en todas las zonas de espera y/o cumple solo con algunos de los criterios de dimensión establecida, sin obstáculos, material antideslizante y de color contrastante existentes en algunos puntos, un peatón adulto mayor podría tener molestias al acceder al andén.
 - Malo: No cuenta con rampas en ninguna las zonas de espera y/o no cumple con los criterios de dimensión establecida, con obstáculos, sin material antideslizante y de color contrastante, un peatón con movilidad reducida no podría acceder de manera cómoda al andén.
- Calzada vehicular de cruce:
 - Bueno: Tiene una superficie completamente uniforme, la cebra tiene un alto contraste con la vía, sin parches, con pintura totalmente visible; un peatón adulto mayor puede cruzar cómodamente.
 - Regular: Presenta fisuras en la calzada vial, en la cebra la pintura cuenta con un contraste leve con la vía; un peatón adulto mayor podría tener molestias o demoras al cruzar en el caso de emplear elementos de apoyo o alguna limitante visual.

- Malo: Presenta baches o parches protuberantes en la calzada vial, en la cebra la pintura se encuentra totalmente borrada; un peatón adulto mayor presentaría demoras al cruzar buscando evitar los daños de la calzada, o definitivamente no podría cruzar por el área de paso desarrollando el cruce por áreas lejanas a la intersección.

Los resultados de las condiciones de la infraestructura vial y peatonal son presentados a continuación en la Tabla 20.

Tabla 20 Evaluación del entorno físico. Fuente: Elaboración propia

Lugar	Accesibilidad andén	Calzada vehicular de cruce	Registro fotográfico
Calle 53 - Carrera 13 Acceso Oeste	Regular: Cuenta con rampas en todas las zonas de espera y cumple con los criterios de dimensión establecidos, sin obstáculos, no obstante, el material no es antideslizante ni de color contrastante. La zona de espera de peatones es insuficiente para el flujo observado.	Malo: La delimitación de la cebra está deteriorada, con grandes parches. En cuanto a la superficie de la vía presenta algunos baches y fisuras.	
Calle 53 - Carrera 13 Acceso Norte	Regular: No cuenta con rampas en todas las zonas de espera, la existente cumple con los criterios de dimensión establecidos, sin obstáculos, no obstante, el material no es antideslizante ni de color contrastante.	Bueno: La delimitación de la cebra es óptima. En cuanto a la superficie de la vía, está en buenas condiciones, sin fisuras visibles.	
Transv. 74F - Calle 40S Acceso Sur	Regular: No cuenta con rampas en todas las zonas de espera y en las existentes se cumple con los criterios de dimensión establecidos, sin obstáculos y color contrastante, no obstante, el material no es antideslizante	Regular: La delimitación de la cebra está ligeramente deteriorada, con algunas zonas borrosas. En cuanto a la superficie de la vía, está en buenas condiciones, sin fisuras visibles.	

Lugar	Accesibilidad andén	Calzada vehicular de cruce	Registro fotográfico
Transv. 74F - Calle 40S Acceso Oeste	Malo: No cuenta con rampas acordes a lo reglamentado, en ninguna de las zonas de espera. La infraestructura peatonal no es acorde con la señalización tipo cebrá, guiando a los usuarios hacia zonas con obstáculos o zonas viales con riesgo de incidente vial por radios de giro.	Regular: La delimitación de la cebrá está ligeramente deteriorada, con algunas zonas borrosas. En cuanto a la superficie de la vía, está en buenas condiciones, sin fisuras visibles.	
Carrera 14 - Calle 45 Acceso Sur	Regular: No cuenta con rampas en todas las zonas de espera, las existentes cumplen con los criterios de dimensión establecidos, sin obstáculos, no obstante, el material no es antideslizante ni de color contrastante.	Regular La delimitación de la cebrá es indistinguible en varias zonas. En cuanto a la superficie de la vía, está en buenas condiciones, sin fisuras visibles.	
Calle 22 S - Carrera 10 Acceso Norte	Malo: A pesar de cumplir con el ancho mínimo de rampas, la dimensión no es acorde con el flujo peatonal observado en la hora de máxima demanda. La cebrá dispuesta para el cruce, se ve enfrentada con bordes altos de andén, canecas de basura y otros obstáculos.	Bueno: La delimitación de la cebrá es óptima. En cuanto a la superficie de la vía, está en buenas condiciones, sin fisuras visibles.	

5. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio de caso permiten en primera instancia identificar, que las variables del tránsito peatonal, para el grupo de adultos mayores, pueden ser diversas en su magnitud, considerando que los rangos determinados tanto en velocidad de caminata como en tiempo de arranque no señalan patrones específicos, o similitudes con los valores del manual colombiano. Solamente en el caso de velocidades mínimas, se pudo identificar que los valores de estudio muestran peatones más lentos en todos los cruces, en relación con la velocidad mínima del manual colombiano.

Al respecto, es importante señalar que la variabilidad de las velocidades de caminata en este grupo específico de peatones, puede ser mucho más diversa en comparación con datos de peatones adultos o jóvenes, considerando que las limitaciones físicas por edad o enfermedad representan un espectro más considerable. En este sentido, los resultados obtenidos en cuanto a velocidad mínima de caminata en este estudio, sugieren que el valor de 0,95 m/s adoptado en Bogotá como estándar para esta variable, no permitió que la totalidad de peatones adultos mayores en los puntos semaforizados evaluados, realizaran un cruce de forma cómoda y segura, lo cual señala que las condiciones actuales de operación peatonal con las que están configurados semáforos como los del estudio, se

sitúan en un estándar sesgado que pudo repercutir considerablemente en la tasa de incidentes viales presentada para cada caso; otro estudio como el realizado por la University College Dublin, donde la velocidad mínima es de 1,2 m/s y los valores medios arrojadas por el estudio fueron de $0,79 \pm 0,25$ m/s, también encontraron que el tiempo estándar es insuficiente para que los adultos mayores crucen de forma segura (Bollard y Fleming, 2013).

Por lo tanto, es necesario contar con mayor detalle en la información correspondiente a peatones, pues los valores estándar pueden dejar de lado, situaciones de relevancia, como las que en el estudio se dieron, con peatones de menor velocidad de caminata.

Así mismo, al identificar los tiempos de rojo peatonal y en consecuencia los niveles de servicio en el caso más crítico (tiempo de espera total de la fase de rojo), se puede señalar que la priorización de los flujos vehiculares, independientemente de su volumen, genera importantes efectos negativos en zonas de la ciudad en donde la cantidad de peatones es significativa, situación que juega un papel importante en la prevención de incidentes viales. Para todos los cruces evaluados, los tiempos fueron elevados y por tanto la probabilidad de desobediencia es alta, lo cual no solo es una alerta, sino también un mensaje contundente a los planeadores del tránsito, en lo que respecta a la evaluación previa de los niveles de servicio peatonal, para cualquier programación de semáforo.

Por otra parte, con respecto a la percepción de los usuarios, se hace evidente el desacuerdo con la configuración actual de las intersecciones. Cerca de la mitad de los usuarios encuestados está en desacuerdo con señalar que las intersecciones semaforizadas son acordes a sus necesidades. Esta situación puede verse representada no solo por los tiempos de rojo peatonal, sino también por las condiciones de infraestructura que se encontraron en los lugares de estudio. Ninguno de los cruces, tuvo una calificación óptima, por lo que ya no solo se aúna, la excesiva priorización del flujo vehicular motorizado en las intersecciones, sino también, la falta de mantenimiento en estos importantes puntos de la ciudad. Ante esta situación, la discusión respecto al propósito de contar con redes viales equitativas e inclusivas, pasa necesariamente por la falta de articulación entre el espacio físico, la funcionalidad del tránsito, la priorización de los actores viales y el continuo seguimiento de este tipo de zonas de la ciudad.

Es necesario señalar que la cantidad de peatones adultos mayores con discapacidad, que requieren personas de apoyo y/o que hacen uso de elementos de soporte, son considerables según lo observado y registrado durante el estudio. Esto lo hace un actor vial especialmente vulnerable. Al respecto, la discusión se profundiza en lo que respecta a la necesidad de diseñar de intersecciones más inclusivas o mayormente estructuradas en función de la movilidad peatonal, cuando se cuenta con zonas en donde la presencia peatonal de personas con mayores limitaciones físicas es significativa (Inquilinatos, centros de estudio para personas con movilidad reducida, hospitales, entre otros).

Con respecto al nivel de servicio obtenido para los pasos semafóricos de estudio, se evidencia que la probabilidad de desobediencia en los peatones es alta, lo cual señala, que uno de los detonantes que puede llevar a la ocurrencia de un incidente vial, es la impaciencia de realizar el cruce. Las observaciones en campo relacionadas con desobediencia, mostraron que el 20% de los adultos mayores realizó el cruce bajo esta situación. Un importante número dentro de los datos del estudio. En cuanto a los resultados de los tiempos de arranque, tanto en las observaciones en campo como en las encuestas se evidenció que los peatones no siempre miran el semáforo, sino otras personas

o la detención de los vehículos, lo cual les quita tiempo de verde efectivo; esta situación debe brindarles a los encargados de la planeación del tránsito la idea de considerar aspectos como la limitación en la visión o el efecto social al realizar el cruce.

Finalmente, es necesario precisar que estos resultados no pueden generalizar el comportamiento general de los adultos mayores, por lo que futuros estudios deberían abarcar mayores espacios de análisis y diferentes condiciones, como las relacionadas con la topografía y la presencia de pelotones.

6. CONCLUSIONES

Las condiciones físicas de la infraestructura de los pasos viales semaforizados evaluados en los sectores identificados de mayor siniestralidad vial en Bogotá, no garantizan en su totalidad la accesibilidad para los peatones adultos mayores, esto se traduce en un aumento o continuidad de la tasa de incidentes viales, en especial, considerando que la calificación otorgada para los pasos de estudio fue regular o mala, presentando como datos reiterados, la falta de rampas o la ausencia de materiales acordes para el desplazamiento de los peatones.

Los peatones adultos mayores, a diferencia de otros grupos poblacionales presentan velocidades de cruce mayormente diferenciados entre ellos, esto debido a que por su clasificación etaria suelen presentar disminución en su capacidad física, sin ser esto una generalidad para todos ellos; lo anterior también se puso en evidencia en un estudio realizado por la Universidad de la República en Uruguay, donde se encontró que en cuanto al comportamiento de la marcha fue evidente una disminución de la misma conforme mayor edad tenía el individuo (Sgaravatti et al., 2018).

Los resultados del estudio con respecto a los tiempos actuales de rojo peatonal, que en su mayoría indican altos índices de probabilidad de desobediencia, permiten recomendar a las autoridades encargadas, una evaluación de la pertinencia de estos tiempos especialmente en las zonas de investigación. De igual manera la posibilidad de construir un indicador de correlación entre tiempos de semáforos peatonales y presencia de incidentes viales, será de vital importancia en cuanto a las medidas de seguridad vial con las que debería contar la ciudad al encontrar datos de relevancia.

Con respecto al diseño de la infraestructura peatonal, si bien existen las normas técnicas de accesibilidad, se identifica con las intersecciones de estudio, que a pesar de que se encuentran en zonas de alta presencia de peatones, no se ha realizado la debida adecuación en función de dichas normas por parte de los entes de desarrollo urbano de la ciudad.

Las velocidades de caminata obtenidas de los peatones evaluados, son distintas entre mujeres y hombres, siendo este último el más veloz; esto sugeriría que las disposiciones de tránsito específicas, no deberían estar enfocadas solo en la tipología del peatón, sino que deben ser diferenciadas respecto a las necesidades de tránsito de cada sexo.

Los resultados de los tiempos de arranque evidencian valores en su mayoría inferiores a los del manual colombiano que es de 4 segundos; sin embargo se debe realizar un estudio detallado de las reacciones, pues en este estudio no se alcanzó ese nivel de detalle.

REFERENCIAS

Alcaldía Mayor de Bogotá (2005). Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y Transporte. Bogotá.

Bollard, E. y Fleming, H. (2013) A study to investigate the walking speed of elderly adults with relation to pedestrian crossings. *Physiotherapy Theory and Practice*, 29, 142-149.

Burgos, F.A. (2008) Recomendaciones de diseño para infraestructura peatonal en Colombia. *Revista Facultad de Ingeniería UPTC*, 17, 39-52.

Department for Transport (2019) Traffic Signs Manual. Recuperado el 7 de octubre 2021 en: <https://www.gov.uk/government/publications/traffic-signs-manual>

Gutiérrez-López, J.A. Caballero-Pérez, Y.B. y Escamilla-Triana, R.A. (2019) Índice de caminabilidad para la ciudad de Bogotá. *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 21, 8-20.

Instituto de Desarrollo Urbano (2005) Guía práctica de la movilidad peatonal urbana. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile (2003) Manual de Señalización de Tránsito. Chile.

SDM (2020). Datos Abiertos Bogotá. Recuperado el 17 de febrero de 2020 en: <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/historico-siniestros-bogota-d-c>
<https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/siniestros-viales-consolidados-bogota-d-c>

Secretaria de Comunicaciones y Transportes (2018) Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras 2018. Ciudad de México.

Sgaravatti, A. Santos, D. Bermúdez, G. y Barboza, A. (2018) Velocidad de marcha del adulto mayor funcionalmente saludable. In *Anales de la Facultad de Medicina, Universidad de la República*, 5, 93-101.

Staplin, L. Lococo, K. Byington, S. y Harkey, D. (2001) Guidelines and recommendations to accommodate older drivers and pedestrians. Publication No. FHWA-RD-01-051, Federal Highway Administration, US Department of Transportation, Washington, D.C.

Thenoux, G.A. (2004) Aplicación y calibración del Highway Capacity Manual versión 2000 (HCM 2000) en una autopista chilena. *Revista Ingeniería de Construcción*, 29, 29-36.

Transportation Research Board (2010) Highway Capacity Manual. Washington D.C.