



**Estudio de movilidad en el cruce semaforizado entre la Avenida Colombia con la Avenida
Palacé para la implementación del primer cruce peatonal en diagonal del Distrito de
Medellín**

Andrea Carolina Iriarte Sejin

Trabajo de grado presentado para optar al título de Ingeniero Civil

Asesora

Vanessa Senior Arrieta, Doctor (PhD)

Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Ingeniería Civil
Medellín, Antioquia, Colombia
2023

Estudio de movilidad peatonal en el cruce semaforizado entre la Avenida Colombia con la Avenida Palacé para la implementación del primer cruce peatonal en diagonal del Distrito de Medellín

Cita	(Iriarte Sejin, 2023)
Referencia	Iriarte Sejin, A. C. (2023). <i>Estudio de movilidad peatonal en el cruce semaforizado entre la Avenida Colombia con la Avenida Palacé para la implementación del primer cruce peatonal en diagonal del Distrito de Medellín</i> [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano: Julio Cesar Saldarriaga Molina.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de Contenido

Resumen	9
Abstract	10
Capítulo I. Introducción y Planteamiento del Problema	11
1. Introducción	11
2. Antecedentes y Justificación	13
3. Alcance del Trabajo	15
4. Objetivos	16
4.1 Objetivo General	16
4.2 Objetivos Específicos	16
5. Limitaciones de la propuesta	17
Capitulo II. Marco Teórico	18
6. Jerarquía de la Movilidad Urbana	18
<i>6.1.1 Accesibilidad en la Movilidad Peatonal</i>	<i>19</i>
<i>6.1.2 Ley de la Universalidad</i>	<i>19</i>
<i>6.1.3 El Peatón</i>	<i>19</i>
<i>6.1.4 Transitabilidad</i>	<i>20</i>
<i>6.1.5 Velocidad de Caminata</i>	<i>20</i>
<i>6.1.6 Espacio Publico</i>	<i>21</i>
<i>6.1.7 Andén o Acera</i>	<i>21</i>
<i>6.1.8 Pasajes Peatonales</i>	<i>23</i>
<i>6.1.9 Calles Peatonales</i>	<i>24</i>
<i>6.1.10 Barreras Urbanísticas en el Espacio Publico</i>	<i>24</i>
<i>6.1.11 Espacio Físico requerido para Peatones</i>	<i>25</i>
7. Estudios de Campo para Peatones	26
7.1 Aforos en campo	26

7.2 Aforos Peatonales	26
7.2.1 Patrones en el Volumen Peatonal.....	27
7.2.2 Tamaño de Muestra.....	27
7.2.3 Equipo de Trabajo.....	27
8. Estudios de Inventario Semafóricos.....	29
8.1 Dispositivos Peatonales Semafóricos.....	29
8.1.1 Clasificación de Dispositivos Peatonales	29
8.2 Intersecciones o Cruces Semaforizados.....	30
8.2.1 Paso Peatonal regulado por Semáforo	30
8.2.2 Semáforos de Tiempos Fijos o Predeterminados.	30
8.2.3 Programación de Semáforos	31
8.2.4 Codificación de Movimientos Viales en Intersecciones	31
8.2.5 Montaje de Caras de Semáforos.....	33
8.2.6 Demarcaciones para cruces semaforizados.	34
8.2.7 Cruce Cebras.....	34
9. Estado del Arte.....	37
10. Metodología	39
10.1 Cronograma de Trabajo Propuesto	40
Capítulo III. Caracterización de la Intersección	41
11. Revisión de la literatura.....	41
11.1 Descripción y Caracterización de la Zona de Estudio.....	41
11.2 Uso del Suelo.....	41
11.3 Jerarquización Vial.....	42
11.4 Modos de Transporte	43
11.4.1 Rutas De Transporte Público, Paraderos Y Acopios De Taxis.....	43
11.4.2 Modos No Motorizados.....	45
11.5 Incidentalidad.....	45

11.6 Velocidad de Circulación.....	47
12. Observaciones en Campo	48
12.1 Observaciones de la Infraestructura Vial.....	48
12.2 Observaciones de las Conductas Viales	52
12.3 Inventario de la Señalización Vial del Equipamiento Semafórico.....	55
13. Programación Semafórica.....	60
13.1 Plan de Señales.....	60
Capítulo IV. Análisis de Operación Prueba Piloto	64
14. Cambios Previos a la Prueba Piloto	64
14.1 Cambios en la Señalización y Amoblamiento Semafórico.....	64
14.2 Optimización del Plan de Señales.....	65
15. Prueba Piloto	68
Capitulo V. Estudio de Volúmenes Peatonales	70
16. Cálculo de los Volúmenes Peatonales	70
16.1 Procedimiento.....	70
16.2 Tamaño de la Muestra	72
16.3 Aforos Peatonales	73
Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones	76
17. Conclusiones	76
18. Recomendaciones.....	78
19. Listado de Referencias	79

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Pirámide de la movilidad.	18
Ilustración 2. Franjas existentes en andenes.	21
Ilustración 3. Esquema de dimensiones para andenes según la NTC 4279.	22
Ilustración 4. Esquema de dimensiones para vados según la NTC 4279.	23
Ilustración 5. Pasajes peatonales.	24
Ilustración 6. Calles peatonales.	24
Ilustración 7. Representación esquemática de los movimientos vehiculares e intersecciones.	32
Ilustración 8. Codificación de los Movimientos peatonales.	32
Ilustración 9. Cruce con restricción de bloqueo (RAD).	34
Ilustración 10. Cruce peatonal con paso cebra.	35
Ilustración 11. Cruce peatonal con sendero peatonal.	36
Ilustración 12. Cruce Vehicular Regulado por Semáforo Todo en Rojo	36
Ilustración 13. Vista satelital de la zona de estudio.	41
Ilustración 14. POT48 2014 – Usos generales del suelo urbano.	42
Ilustración 15. POT48 2014 – Jerarquización de Segmentos viales.	43
Ilustración 16. POT48 2014 – Esquema de modos no motorizados.	45
Ilustración 17. Registro porcentual por clase del incidente.	46
Ilustración 18. Registro porcentual por clase del incidente.	47
Ilustración 19. Vista general de la intersección.	49
Ilustración 20. Evidencia de vendedores ambulante sobre la vía	50
Ilustración 21. Vista general de la intersección.	51
Ilustración 22. Vista general de la intersección.	51
Ilustración 23. Paradero de buses de transporte público.	53
Ilustración 24. Embotellamiento vehicular por parqueos prolongados.	53
Ilustración 25. Ingreso de vehículos por el acceso sur sobre el carril izquierdo (Carrera 50).	54
Ilustración 26. Represamiento en el acceso norte (Carrera 50).	54
Ilustración 27. Acceso Norte – Cruce peatonal en Cebra.	56
Ilustración 28. Acceso Sur - Cruce peatonal en cebra con rebajo.	57
Ilustración 29. Acceso Occidente – Cruce peatonal en Cebra.	58
Ilustración 30. Ilustración. Acceso Oriental – Cruce peatonal en Cebra.	59
Ilustración 31. Plan 6 previo a la optimización del planeamiento.	60
Ilustración 32. Esquema de movimientos vehiculares y peatonales previo a la optimización.	61

Estudio de movilidad peatonal en el cruce semaforizado entre la Avenida Colombia con la Avenida Palacé para la implementación del primer cruce peatonal en diagonal del Distrito de Medellín

Ilustración 33. Tiempo muerto en fase peatonal exclusiva.	62
Ilustración 34. Demarcación de pasos peatonales en diagonal previa (prueba piloto).....	65
Ilustración 35. Esquema de nuevos movimientos peatonales (codificación RILSA).	65
Ilustración 36. Optimización realizada al plan de señales.....	66
Ilustración 37. Cruce peatonal en diagonal.	66
Ilustración 38. Variación horaria de viajes de llegada de la zona de estudio.	71
Ilustración 39. Variación horaria de viajes de salida de la zona de estudio.	71
Ilustración 40. Diagrama de volumen peatonal total por cuartos de hora	74
Ilustración 41. Diagrama de volumen peatonal total por cuartos de hora (Diagonales)	75

Lista de Tablas

Tabla 1. Cronograma de Actividades.....	40
Tabla 2. Registro de Incidentalidad por tipo de incidente vial.	46
Tabla 3. Registro de Incidentalidad por gravedad del incidente vial.	46
Tabla 4. Resumen de la duración de las fases semaforicas vehiculares y peatonales.	61
Tabla 5. Resumen de optimización al plan de señales previo.	67
Tabla 6. Recopilación de datos en campo.	73

Resumen

Título: Estudio de movilidad en el cruce semaforizado entre la Avenida Colombia con la Avenida Palacé para la implementación del primer cruce peatonal en diagonal del Distrito de Medellín.

Los seres humanos desde nuestra naturaleza más primitiva, siempre hemos estado en constante movimiento, desde movernos a pie para asegurar la comida, hasta el día de hoy en donde para trasladarnos necesitamos la ayuda de medios de transporte como vehículos, buses o trenes para llegar de un lugar a otro, tanto así que el transporte se ha vuelto tan indispensable en la vida cotidiana como comer o dormir. Ahora en la actualidad los desafíos son aún más grandes, ya que nos hemos asentado en grandes urbes donde los problemas de movilidad son cada vez más complejos y donde se ha perdido la costumbre de movernos a pie por la falta de espacios que promuevan este tipo de medios, y donde se les ha dado mayor prioridad a otros medios de transporte. El centro de Medellín es un ejemplo de lo que se debe alcanzar en un futuro no muy lejano, ya que a pesar de ser un lugar de alta concurrencia, la reestructuración física que se implementó se pensó en torno a generar espacios para el tránsito peatonal y todos sus derivados. De acuerdo con lo anterior se plantea el estudio de las dinámicas y comportamientos viales de los peatones en la intersección ubicada en la carrera 50 con Diagonal 50 con el fin de caracterizar el volumen y la infraestructura vial, analizar las conductas y dinámicas sociales de los usuarios y optimizar el plan de señales de la intersección a uno donde se prioricen los actores viales más vulnerables, traducido en la implementación de los primeros pasos cebras peatonales en diagonal.

Palabras clave: peatón, movilidad, actores viales, cruces peatonales, intersecciones semaforizadas.

Abstract

Title: Mobility study at the traffic light crossing between Avenida Colombia and Avenida Palacé for the implementation of the first diagonal pedestrian crossing in the District of Medellín.

Human beings from our most primitive nature, we have always been in constant movement, from moving on foot to ensure food, until today, where, to move from one place to another we need the help of transport such as vehicles, buses, or trains. Even nowadays transportation has become as essential in our daily life as eating or sleeping. Now, the challenges are even bigger, since we have settled in large cities where mobility problems are increasingly complex and where the habit of moving around on foot has been lost due to the lack of spaces that promote this type of means, and what we see that other have been given higher priority. The center of Medellín is an example of what we must be achieved in the not-too-distant future, since despite being a place of high attendance, the physical restructuring that was implemented was thought around generating spaces for pedestrian traffic and all its derivatives. In accordance with the above, the study of the dynamics and road behavior of pedestrians at the intersection located at Carrera 50 with Diagonal 50 is proposed to characterize the volume and road infrastructure of the area, analyze behaviors and social dynamics of users, and optimize the intersection signal plan, to one where the most vulnerable road actors are prioritized, translated into the implementation of the first diagonal pedestrian zebra crossings.

Keywords: pedestrian, mobility, road actors, pedestrian crossings, signalized intersections.

Capítulo I. Introducción y Planteamiento del Problema

1. Introducción

En las últimas décadas, las ciudades se han expandido a un ritmo sin precedentes. Actualmente, más de la mitad de la población vive en áreas urbanas y se espera que esa cifra alcance el 68,4 % para 2050 (Mendiola y González, 2021). En vista de lo anterior uno de los aspectos más afectados ha sido la movilidad, especialmente cuando hablamos que los automóviles son el principal acelerador en el proceso de planificación urbana y del transporte (Oskraszewska et al., 2018). Estas circunstancias, que no pueden sostener un nivel de movilidad aceptable y una calidad de vida suficiente para todos, necesitan una perspectiva de planificación sostenible. Por lo tanto, las ciudades deben desarrollar estrategias que incluyan las medidas políticas adecuadas, con el fin de limitar esta realidad orientada al automóvil y dar más prioridad a las personas (Tsigdinos y Vlastos, 2020).

En el Seminario de Movilidad Peatonal: De la investigación a la Política Pública del 2015, Ruth Pérez expone, en el reglamento de tránsito de cualquier país, se estipula que el peatón tiene la prioridad sobre los demás modos de transporte, pero en la realidad es el gran olvidado de la vida urbana y, a su vez, el más vulnerable. Como algunos usuarios motorizados no cumplen la normatividad relacionada con la prioridad del peatón, cruzar la calle se vuelve uno de los mayores obstáculos, de igual forma, si cruzar la calle cada vez se está volviendo un desafío más para todos los diferentes tipos de transeúntes, una de las soluciones más claras si nos referimos a intersecciones semaforizadas, sería implementar un sistema de señalización, que detecte el acercamiento de los transeúntes al paso peatonal, y se destaque mediante iluminación ciertos elementos de señalización, previniendo al conductor del inminente cruce.

Cuando se realizan estudios de movilidad peatonal en cruces semaforizados, se deben tener en cuenta ciertos parámetros, como los perfiles viales, los tiempos de cruce en distintas condiciones, los niveles de servicio en los corredores peatonales, la infraestructura, la ubicación espacial de los entes generadores de viajes peatonales y por supuesto el aforo de los peatones que se desplazan en la zona, entre otros, los cuales servirán de ayuda para determinar qué tan eficiente es la movilidad peatonal a lo largo de la intersección.

Una de las ciudades donde se puede mirar a profundidad todos estos flagelos, es en el Distrito especial de Medellín, perteneciente al departamento de Antioquia, casco urbano que alberga una población de más de 2,5 millones de habitantes, y es considerada como la duodécima área metropolitana más poblada de Sudamérica, además según los Socios fundadores del modelo Cómo Vamos, en su artículo El Centro de Medellín: una mirada a corazón abierto, exponen que la zona Centro de Medellín es un referente para 1.500.000 de personas que a diario transitan por él. Es un espacio con enormes potencialidades derivadas de su riqueza cultural, patrimonial e histórica; pero que no obstante, en las dos últimas décadas ha venido evidenciando problemáticas muy graves en cuanto a la movilidad.

De acuerdo con lo anterior se plantea la realización de un diagnóstico vial en una de las áreas más concurridas de Medellín, se trata de la intersección semaforizada entre la Avenida Colombia y la Avenida Palace, ubicada en la zona centro, donde se desarrollará el primer cruce peatonal en diagonal del Distrito mediante la implementación de una fase peatonal exclusiva programada en los semáforos de la intersección, además se realizara un estudio de volúmenes peatonales con tal de estimar la cantidad promedio de personas que transcurren por la intersección y sus patrones de cruce, buscando mejorar la seguridad y transitabilidad del peatón. Cabe resaltar que esta propuesta se va a desarrollar en el marco de las actividades otorgadas por la Secretaria de Movilidad en la modalidad de practicante a partir de la necesidad de mejorar las condiciones de movilidad en la intersección y por solicitud de la Unidad de Planeación y Prospectiva.

2. Antecedentes y Justificación

Cuando se hacen estudios sobre las características comportamentales de los peatones estás en un principio se ven asociadas a un conjunto de referentes de naturaleza práctica, las cuales se ven guiadas por las experiencias previas y al conocimiento adquirido de cada individuo a lo largo de su vida, también se pueden subrogar factores como la intuición, las habilidades físicas (reflejos) y a la psicología interna de cada individuo, los cuales a su vez van de la mano del conocimiento del sistema normativo y del compromiso cívico. En muchas ocasiones el comportamiento de los peatones en la vía pública también se ve influenciado por diferentes factores externos que pueden llegar a arriesgar su propia vida, pero la experiencia nos ha demostrado que deambular por la calle es un proceso automático, que se realiza en paralelo a otras acciones y hoy en día hemos aumentado esa cantidad de tareas (escuchar música, mirar el celular, etc.)

En consecuencia, se argumentará que en la vida cotidiana los peatones orientan su comportamiento de acuerdo con un conjunto de referentes de naturaleza práctica, que les permiten movilizarse eficazmente por la ciudad. Es por esto que los estudios sobre el comportamiento vial y los modelos de peatonalización han demostrado como gran parte de las problemáticas se han podido solucionar a partir de la aplicación de estudios de ingeniería sobre las dinámicas de movilidad peatonal. (R. A. Pulido, 2020). Además, Guillén-Zambrano (2014) realizó un estudio en las ciudades de Pasaje y Santa Rosa (Ecuador), el cual, consistió en evaluar por qué los peatones caminaban a lo largo de la calzada y no por las aceras, teniendo en cuenta, que esta situación generaba conflicto entre los vehículos y los peatones. El desarrollo de este estudio e implementó el aforo tanto de vehículos como peatones, formuló entrevistas a peatones en los tramos representativos de cada ciudad, con el propósito de identificar los principales factores que generan esta problemática.

Así como Zambrano logró identificar estos factores, estas situaciones durante años las hemos observado, y más particularmente donde se les ha dado prioridad a los vehículos sobre los peatones, en consecuencia, esto ha generado que los peatones tengan una percepción negativa de seguridad, confort y de calidad al caminar por la ciudad. (R. A. Pulido, 2020). Sin embargo, diversos proyectos en el contexto colombiano le han apostado al mejoramiento integral de la calidad vial en aspectos medio ambientales, de espacio público, imagen y movilidad. Tanto así, que la ciudad de Bogotá se ha destacado entre las demás al ser una de las pioneras en proponer y

llevar a cabo iniciativas de mejoramiento del espacio público a favor de la movilidad de los peatones, ratificando la importancia de estos con relación a otros actores viales. Uno de estos proyectos es el caso del plan piloto de peatonalización de la calle 11 en el centro de la ciudad, que buscaba medir el flujo peatonal y vehicular en la zona y obtener información clave para trabajar en un proyecto definitivo (Cuevas, 2017).

De igual forma, la planificación urbana y los modelos metodológicos enfocados en entender las dinámicas del tráfico peatonal han sido fundamentales en las investigaciones sobre el comportamiento de los actores viales más vulnerables y han servido de base para proponer diferentes alternativas a la movilidad vehicular, como es el caso de la movilidad sostenible y las estrategias de peatonalización verde o eco-amigable que el Distrito de Medellín ha venido apostándole durante estos últimos años.

Por consiguiente, los estudios presentados anteriormente y el estudio de movilidad a llevar a cabo requieren necesariamente de la formulación de estrategias que permitan encaminar la problemática o proyecto a desarrollar, mediante la ejecución de aforos e inventarios para establecer la capacidad y las condiciones de la infraestructura del espacio público e identificar escenarios de conflicto que puedan afectar la movilidad de los peatones en especial los de movilidad reducida. (R. A. Pulido, 2020).

3. Alcance del Trabajo

La presente propuesta de práctica académica se dedica a estudiar el comportamiento y las condiciones de movilidad peatonal en la intersección comprendida entre la Av. Palacé (Carrera 50) y la Diagonal 50 en el barrio La Candelaria, mediante la optimización del plan de señales que opera en la intersección y la realización de estudios de volúmenes peatonales una vez que se implementen los nuevos cruces en diagonal con el objetivo de constatar si se presentó una mejora en términos de seguridad peatonal.

Teniendo en cuenta lo anterior, se dispone de un tiempo equivalente a un semestre para recopilar información en campo y generar los correspondientes resultados. Teniendo en cuenta, que este sector es uno de los lugares más concurridos del Distrito se propone realizar el estudio teniendo como énfasis las interacciones que se presenten entre de los diferentes actores viales, con el fin de caracterizar el tránsito e identificar los principales motivos de conflicto que presentan los peatones al movilizarse por el sector, además, se realizara una modificación del plan de señales que opera comúnmente en la intersección y se propondrá una nueva optimización mediante el Software computarizado LISA+ para poder llevar a cabo una fase peatonal exclusiva con una mayor holgura y garantizar entornos peatonales que permitan a los usuarios desplazarse de forma segura, eficiente y cómoda en el Distrito de Medellín.

4. Objetivos

4.1 Objetivo General

Analizar las características dimensionales y comportamientos del tráfico antes de la creación de un nuevo plan semafórico con fase peatonal exclusiva que permita implementar los cruces en diagonal para poder estimar el volumen de tráfico peatonal que transita y hace uso de la intersección una vez realizados los cambios de señalización y programación semafórica.

4.2 Objetivos Específicos

- Examinar las condiciones físicas del espacio público antes de la implementación del cruce en diagonal para precisar qué modificaciones previas se deben realizar antes de la ejecución.
- Inspeccionar las condiciones de movilidad peatonal y vehicular antes y después de la modificación en el plan de tránsito para cuestionar la efectividad del actual uso y determinar la influencia en la seguridad y calidad del tránsito.
- Optimizar por medio del programa LISA+ el plan de señales que se ajuste a las observaciones obtenidas en campo antes de la ejecución del nuevo cruce en diagonal.
- Realizar prueba piloto en la intersección una vez se haya implementado el nuevo plan de señales con la demarcación de los cruces en diagonal con el fin de evaluar mediante aforos peatonales las horas de máxima demanda y evaluar el comportamiento de los actores viales una vez realizados estos cambios.

5. Limitaciones de la propuesta

- La propuesta se limita a considerar únicamente la infraestructura y señalización peatonal y vehicular de la intersección y no de todas sus zonas aledañas.
- El aforo peatonal se realizará en intervalos de 15 minutos, en un solo día y únicamente en los dos periodos de mayor demanda peatonal de ese mismo día.
- No se realizarán aforos vehiculares debido a que esta propuesta está centrada en los actores viales más vulnerables, como lo son ciclistas, peatones y PMR.
- La identificación de peatones no se hará por grupo de edad, sexo u ocupación, sino que solamente se tendrá en cuenta el cruce y la velocidad de caminata de estos.
- La recolección de datos se realizó en el mes de octubre del año 2022.
- En el conteo u aforo se consideró únicamente a los peatones que cruzaban por la intersección, más no los que transitan por la acera o andén.

Capítulo II. Marco Teórico

Para el desarrollo teórico de este proyecto se consultaron diferentes referencias bibliográficas, entre ellas, el Manual del Peatón de la Secretaría Distrital de Movilidad Bogotá D.C, el cual brinda un marco general sobre la infraestructura que está disponible en la ciudad y de las señales que son destinadas para los peatones (J.L. Martínez, 2020), y por otro lado, tenemos el Manual de señalización vial del Ministerio de Transporte de 2015, el cual proporciona gran parte de este contenido en materia de dispositivos, señalización y justificación técnica para la implementación de dispositivos semaforicos y pasos seguros para peatones y por último, la Guía práctica de la movilidad peatonal urbana, la cual proporciona teoría en materia de accesibilidad y movilidad peatonal.

6. Jerarquía de la Movilidad Urbana

Como expresa el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (2013), la jerarquía de la movilidad urbana da prioridad alta a peatones (especialmente a PMR, niños, adultos mayores, etc.), mientras a vehículos motorizados da una prioridad baja. Promoviendo de esta manera una reducción en la contaminación hacia el medio ambiente y un beneficio social.

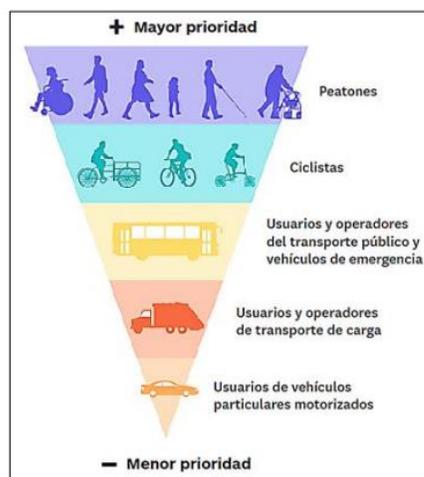


Ilustración 1. *Pirámide de la movilidad.*

Fuente: Tomado del Manual de calles. Diseño vial para ciudades mexicanas. (s.f.).

6.1.1 Accesibilidad en la Movilidad Peatonal

La accesibilidad se puede entender como: la facilidad en el desplazamiento de los peatones para acceder o interactuar en un espacio público. En términos prácticos implica que los peatones logren: llegar, ingresar, usar, salir, de los espacios de origen o destino referidos a intereses particulares (Guía práctica de la movilidad peatonal urbana, 2018).

6.1.2 Ley de la Universalidad

El diseño universal aplicado a la movilidad peatonal tiene por objetivo principal simplificar la vida del peatón. El entorno construido debe contemplar la posibilidad de ser utilizado por el mayor número de peatones como sea posible a un costo mínimo, beneficiando a todas las personas de diferentes edades y capacidades. Una rampa o un pasamanos son algo tan bienvenido para alguien que traslade un bebe en un coche como para alguien que use silla de ruedas. (Guía práctica de la movilidad peatonal urbana, 2018).

6.1.3 El Peatón

El peatón se puede definir como toda persona que transita a pie por el espacio público o privado. Pero también referido a una realidad como son los peatones que requieren de una atención especial en caso de lesiones o discapacidad compleja, que les impide desplazarse con facilidad por el espacio público. Últimamente son denominados Peatones con Movilidad Reducida, PMR. (Guía práctica de la movilidad peatonal urbana, 2018). Otras entidades como la Dirección General de Tráfico (2014) y NZ Transport Agency (2009), exponen que un peatón es la persona que viaja por la ciudad, lo puede hacer caminando, corriendo, manejando un vehículo no motorizado de pequeñas ruedas (cochecito para bebe, patinetas) o con ruedas grandes (silla de ruedas con o sin motor) y con otros usuarios más. Además, como se evidenció anteriormente, el peatón está situado en el eslabón más alto de la pirámide invertida de movilidad debido a que es el actor vial más vulnerable, y es al que se le debe brindar mayor importancia.

6.1.4 Transitabilidad

Estará determinada por la cantidad y características de los elementos que presente el recorrido, con mayor o menor facilidad de accederlos. El disponer de estos espacios indicados, mejoran la forma como se mueve un peatón por la infraestructura peatonal dependiendo de cómo se encuentran vinculados sus espacios contiguos y las posibles alternativas longitudinales o transversales que genere una ruta o mapa mental. Cada peatón transita en términos del menor tiempo y distancia posibles. (Guía práctica de la movilidad peatonal urbana, 2018).

6.1.5 Velocidad de Caminata

Este proceso representa la relación entre la distancia caminada por un peatón y el tiempo que este emplea en hacerlo. La velocidad de caminata es la variable de flujo más importante ya que permite prever condiciones operativas de la infraestructura. Esta generalmente se encuentra expresada en m/s (Guio, 2008)

La velocidad con que se desplazan los peatones depende de la edad, sexo y ciertas características del entorno según la Guía práctica de la movilidad peatonal urbana (2018):

- Si la población de muestra contiene una porción equivalente al 20% de peatones mayores de 65 años, su velocidad se estima en 1.2 m/s.
- Si la población de muestra contiene una proporción mayor al 20% de peatones mayores de 65 años, su velocidad se estima en 1.0 m/s.
- Una rampa del 10% de pendiente, reduce la velocidad en 0.1 m/s.
- En andenes a flujo libre, la velocidad de peatones es de 1.5 m/s.
- Peatones jóvenes en uso pleno de sus facultades, alcanzan velocidades de 1.8 m/s.
- La velocidad de peatones en silla de ruedas depende del tipo de muestra poblacional o flujo en que se desplace, su velocidad es 1.0 a 1.2 m/s según el caso.
- La velocidad promedio para cruce regulado por semáforo es 1.2 m/s.
- Las escaleras, el clima, la temperatura, la hora del día, el propósito del viaje; afectan las velocidades de desplazamiento de los peatones.

6.1.6 Espacio Publico

El espacio público es el lugar de todos y para todos, está formado por las áreas destinadas a la circulación libre de peatones y vehículos (plazas, avenidas, pasajes, calles, bibliotecas públicas, hospitales, parques, jardines, etc.) Su calidad, accesibilidad y seguridad son necesarios para los niños, mujeres gestantes y PMR. (Salazar, 2013).

6.1.7 Andén o Acera

Según el CNTT, el andén o acera es la franja de las vías urbanas que está destinada exclusivamente a la circulación de los peatones. Allí se permite el tránsito peatonal de manera segura y, dependiendo de la vía, se cuenta con elementos adicionales como mobiliario, vegetación o iluminación que complementan las condiciones de la caminata. Está prohibido el estacionamiento de vehículos y motos sobre esta zona. Además, el andén está compuesto por diferentes franjas que tienen funciones diferenciadas: de circulación peatonal, de paisajismo, de ciclorrutas en andén, de antejardín y franja ambiental o de transición como se muestra a continuación:

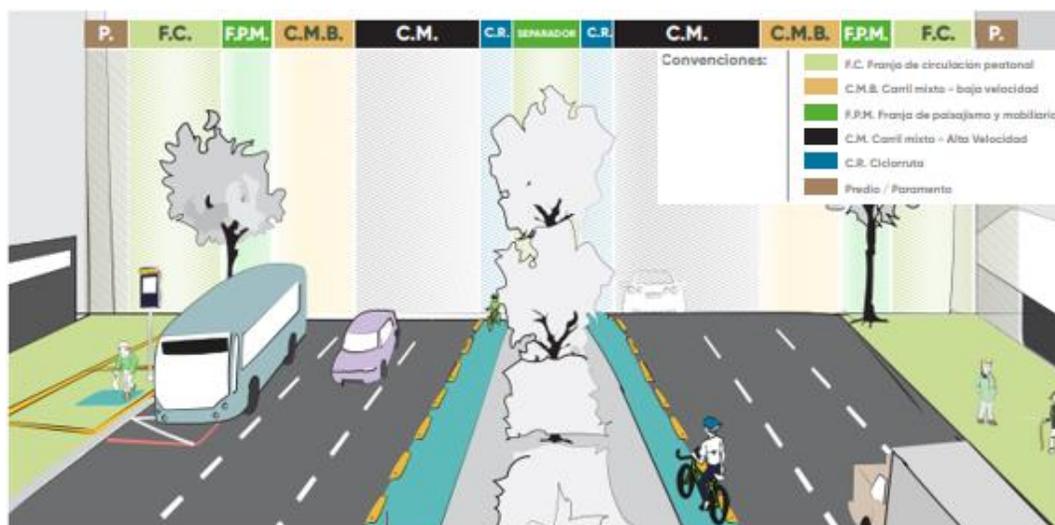


Ilustración 2. *Franjas existentes en andenes.*

Fuente: Manual del Peatón, Secretaría de movilidad Bogotá, D. C. s.f.

En cuanto al diseño de andenes e infraestructura dedicada a los peatones, existen varias Normas técnicas colombianas la cual establece los valores de dimensión mínima que debe tener un andén, las especificaciones características y de diseño que debe cumplir y se aplica a andenes, alamedas, plazas y plazoletas. (Bogotá S. d., 2018)

La Guía práctica de la movilidad peatonal urbana (2018) expone las dimensiones y aspectos constructivos de los andenes y complementos como vados y rampas:

Andenes (NTC 4279):

Dimensiones

Ancho mínimo: 1.5 m

Posibilidad de giro a 90°, ancho libre 1.5 m

Alto libre de obstáculos: 2.20 m

Pendiente longitudinal máxima 12 %

Pendiente transversal máxima 2 %

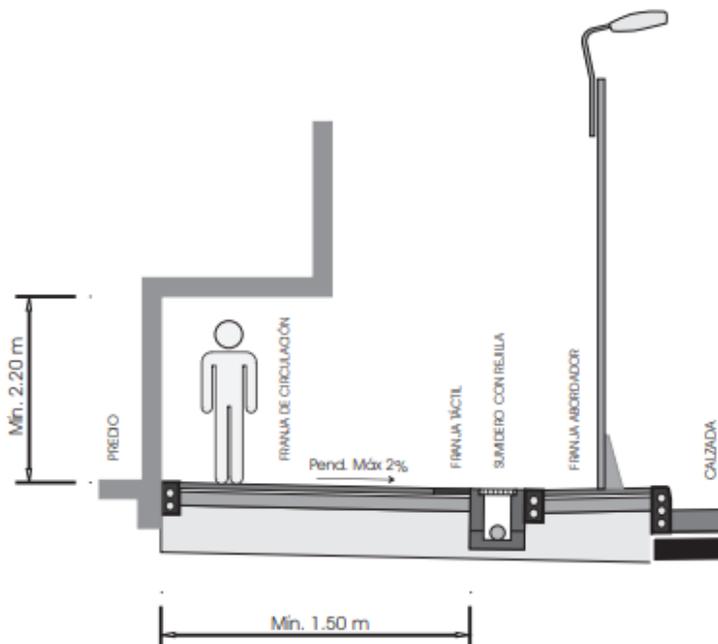


Ilustración 3. Esquema de dimensiones para andenes según la NTC 4279.
Fuente: Obtenido de la guía práctica de la movilidad peatonal urbana, 2018.

Vados (NTC 4279): Se encuentran o deberían encontrarse en todos los cruces peatonales a nivel, en los remates de los separadores, en los cruces por isletas, en los andenes que conecten a mitad de manzana con una boca-calle.

Dimensiones

Ancho mínimo: 0.90 m

Longitud máxima de desarrollo: 3m.

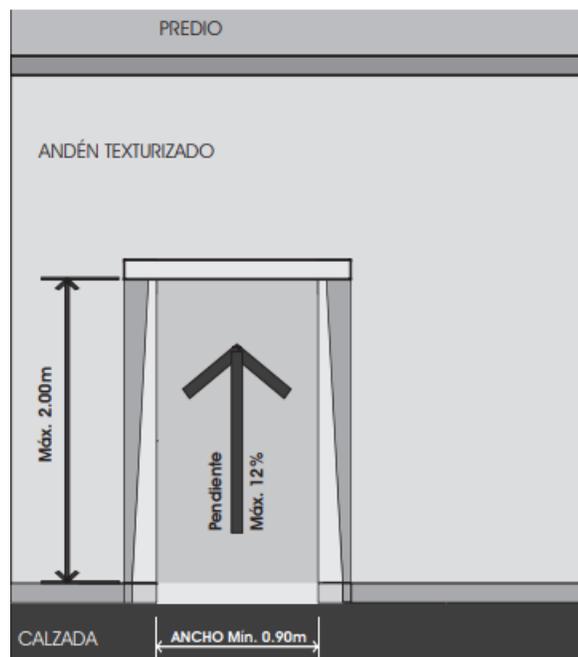


Ilustración 4. Esquema de dimensiones para vados según la NTC 4279.
Fuente: Obtenido de la guía práctica de la movilidad peatonal urbana, 2018.

6.1.8 Pasajes Peatonales

Parte de uno o varios edificios que es destinada a la circulación peatonal entre una cuadra y otra, a través de una manzana. Facilita la movilidad peatonal y brinda un recorrido paralelo sin el ruido y la contaminación del exterior. (Manual del Peatón, Secretaria de movilidad Bogotá, D.C., s.f.)



Ilustración 5. *Pasajes peatonales.*

Fuente: Manual del Peatón, Secretaria de movilidad de Bogotá, D.C., s.f.

6.1.9 Calles Peatonales

Vía dedicada exclusivamente para el tránsito de peatones, en la cual está prohibido el tránsito o estacionamiento de vehículos. (Manual del Peatón, Secretaria de movilidad Bogotá, D.C., s.f.).



Ilustración 6. *Calles peatonales.*

Fuente: Manual del Peatón, Secretaria de movilidad de Bogotá, D.C., s.f.

6.1.10 Barreras Urbanísticas en el Espacio Público

Según la Guía práctica de la movilidad peatonal urbana (2018) las barreras urbanísticas son los impedimentos que presentan la infraestructura y mobiliarios urbanos, los sitios históricos y los espacios no edificados de dominio público y privado frente a las distintas clases y grados de discapacidad. Los espacios sin barreras deben ofrecer las siguientes características: Transitabilidad,

estacionamiento y acceso al mobiliario urbano al que se aproxima, cuando se dispone de transitabilidad y estacionamiento.

6.1.11 Espacio Físico requerido para Peatones

Corresponde al área promedio, que usa cada peatón en un área determinada. Se expresa en pies o metros cuadrados por peatón. Se considera además que el espacio que normalmente requieren las personas aumenta con la velocidad de caminata, el tipo y características específicas de los peatones. (L. F. Márquez, 2013).

7. Estudios de Campo para Peatones

Según L. F. Márquez (2013) estos estudios están orientados a conocer el comportamiento y desempeño de los peatones cuando se encuentran compartiendo los derechos de vía con las corrientes vehiculares. La caracterización del comportamiento peatonal generalmente se hace mediante la cuantificación de uno o varios de los siguientes parámetros:

- Volúmenes peatonales.
- Velocidad de marcha peatonal.
- Determinación y estudio de la brecha mínima segura en el tránsito.
- Conflictos con los vehículos.
- Comprensión y obediencia ante los semáforos y dispositivos de control de tránsito.

7.1 Aforos en campo

Los Aforos en campo son significativos porque no solo el aforador puede dedicarse a las hacer el conteo del volumen vehicular sino que también puede observar las dinámicas sociales de los peatones y los comportamientos vehiculares para cierto periodo de tiempo. Además, estos estudios son de vital importancia para crear el planeamiento y diseño de los controladores peatonales.

7.2 Aforos Peatonales

Según Guío (2011), el volumen peatonal se refiere a la cantidad de transeúntes que caminan por un punto o una sección transversal de una vía peatonal durante un lapso determinado, y el volumen registrado en un aforo peatonal se denomina volumen actual y se expresa en unidades de peatones/hora. La toma de datos se realiza por medio de un contador mecánico, o en su defecto un formato de campo, previamente diseñado, en donde se puede registrar discriminando por clase de vehículo y maniobra u movimiento, el volumen vehicular/ peatonal que pasa por un punto determinado. Estas actividades tienen como objetivo, medir los volúmenes de personas que

circulan en una instalación peatonal e identificar los sitios críticos de flujos peatonales que ameriten un estudio más detallado para la planeación y diseño de mejoras.

7.2.1 Patrones en el Volumen Peatonal

En este caso se pueden detallar aquellos comportamientos que influyen en el volumen de tránsito al transcurrir el día, por ejemplo, el volumen tiende a aumentar en las horas de la mañana, medio día y al término de la jornada laboral; pues en estos momentos los peatones transcurren con prisa, usuarios de transporte público transcurren con premura, los conductores manejan con mayor velocidad, entre otros. (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2005). Es por esta razón que se deben cuantificar los volúmenes de tránsito mediante aforos en las horas de mayor demanda, es decir, que es necesario preestablecer las condiciones y el tiempo de realización de aforos buscando que se presente la mayor cantidad de tránsito para obtener mejores resultados. Así mismo, en una zona específica el volumen de tránsito puede mantenerse o variar durante determinada hora del día, o durante diferentes días de la semana, dependiendo de la geometría, ubicación y condiciones de movilidad en el sector.

7.2.2 Tamaño de Muestra

Para los aforos peatonales se toma como muestra a los transeúntes que pasan por determinada vía o pasillo vial en determinado intervalo de tiempo. Esta muestra es medida en tiempos mayores o iguales a una hora, frecuentemente se utiliza una muestra de 2 horas para un solo periodo pico o de máxima demanda, las cuales se miden y dividen en intervalos de 15 minutos, pero esto puede en ocasiones variar en intersecciones semaforizadas donde se puede resumirse la información por ciclos de semáforo. Así mismo, estos periodos de mayor demanda se pueden presentar en una misma hora, o día de la semana o variar en diferentes días de la semana.

7.2.3 Equipo de Trabajo

Para la realización de la actividad es necesario contar con un personal encargado de realizar el conteo manual, el cual hará las labores de observación. Según (L. F Márquez, 2013), una sola

persona puede aforar una intersección semaforizada de cuatro accesos, con un solo carril con bajos volúmenes de peatones y si no se requieren clasificaciones ni conteos direccionales. Al incrementar los parámetros a observar se incrementa la complejidad y la necesidad de aforadores adicionales. Normalmente se requieren dos aforadores por intersección.

Los conteos manuales solo requieren de cronómetro, tabla de apoyo, lápiz y formatos y si hay disponibilidad, de contadores mecánicos. Siempre se requiere un período de capacitación y entrenamiento de los aforadores u observadores, para que se familiaricen con el procedimiento y el uso de los equipos.

8. Estudios de Inventario Semaforicos

En esta etapa se realiza una distinción de las características físicas y señalización existente en la infraestructura peatonal, en donde se detallan las condiciones del entorno que favorecen y perjudican el tránsito peatonal. (Rojas y Segura, 2019).

8.1 Dispositivos Peatonales Semaforicos

La principal función de los dispositivos peatonales es dar seguridad a los peatones que desean cruzar la vía en una sección determinada, reduciendo y previniendo los riesgos de accidentes, en particular de atropellos, y reduciendo las demoras peatonales que se presentan al cruzar. Lo anterior puede lograrse:

- a. Evitando que los peatones enfrenten más de un flujo de tránsito vehicular y/o que crucen más de dos carriles de circulación de una sola vez
- b. Otorgándoles derecho a paso sobre la calzada en forma permanente o durante un intervalo de tiempo.
- c. Proporcionándoles una ruta alternativa, segregada del tránsito de vehículos motorizados, de manera que se elimine todo conflicto con estos últimos.

8.1.1 Clasificación de Dispositivos Peatonales

- Isla o Refugio Peatonal Zona de protección para los peatones instalada generalmente en la parte central de la calzada sobre el separador, con el objeto de posibilitar el cruce de una vía en dos etapas.
- Paso Cebrado demarcado en la calzada, normalmente perpendicular al eje de esta, o en un ángulo cercano al perpendicular, en la cual los peatones tienen prioridad sobre los vehículos que se aproximan a ella.
- Paso Peatonal Regulado por Semáforo, se refiere a sendas demarcadas en la calzada, generalmente perpendicular al eje de esta, o en un ángulo cercano al perpendicular, respecto de la cual un semáforo reparte alternadamente el derecho a paso de peatones y vehículos.

- Cruces semaforizados en tramos de vía, es decir, levemente alejados de la intersección, se presentan cuando el semáforo otorga una fase exclusiva para los peatones, esto quiere decir que, el semáforo atiende a la necesidad de regular la circulación peatonal en el cruce dándole una fase todo rojo al vehicular para permitir la circulación libre de los peatones.

8.2 Intersecciones o Cruces Semaforizados

Es un cruce en el que los semáforos instalados regulan la circulación según la dirección a la cual los vehículos y peatones se dirigen. Generalmente, se acompaña de un semáforo peatonal que indica con precisión los momentos seguros para el cruce de peatones. Cuando un semáforo peatonal está en rojo, el peatón debe abstenerse de cruzar (Secretaría Distrital de Movilidad Bogotá D.C., 2020).

8.2.1 Paso Peatonal regulado por Semáforo

Este dispositivo peatonal se caracteriza por permitir el paso seguro de los peatones en las intersecciones y grandes corredores viales de la ciudad. Estos regulan los cruces donde confluyen peatones con bicicletas y vehículos. Están distribuidos a lo largo de todas las vías de la ciudad, donde los volúmenes vehiculares los hacen necesarios. Estos semáforos le indican, tanto al ciclista como al peatón, cuándo es seguro cruzar y cuándo deben detenerse. (Secretaría Distrital de Movilidad Bogotá D.C., 2020).

8.2.2 Semáforos de Tiempos Fijos o Predeterminados.

En este tipo de semáforos el ciclo, la duración y secuencia de intervalos son invariables y están definidos por un programa establecido con anticipación. Un semáforo puede tener varios programas, con el objeto de activarlos a diferentes horas del día y en distintos días de la semana, para satisfacer mejor las demandas del tránsito. Este tipo de semáforos son convenientes cuando la demanda de tránsito permanece relativamente estable durante el periodo de diseño correspondiente. Los semáforos de control de tiempo fijo o predeterminado se adaptan mejor a las intersecciones en

donde los patrones del tránsito son relativamente estables y constantes, o en donde las variaciones del tránsito que se registran pueden tener cabida mediante una programación pre-sincronizado sin causar demoras o congestión no razonables. El control pre-sincronizado es particularmente adaptable a intersecciones en donde se desee coordinar la operación de semáforos con instalaciones existentes o planificadas en intersecciones cercanas en la misma calle o calles adyacentes o en intersecciones cuya capacidad vehicular esté en el límite. (Manual de Señalización vial, 2015).

8.2.3 Programación de Semáforos

Los equipos de control pueden contener tres mecanismos de control. Los semáforos para el control del tránsito de vehículos, según el mecanismo de operación de sus unidades de control, se clasifican de la siguiente forma:

- Tiempo fijo, es un sistema con el cual ninguna fase del ciclo es activada por el tránsito.
- Semi-accionado, es un controlador con el cual algunas de las fases de la intersección se activan por el tránsito.
- Totalmente accionado, es un controlador con el cual todas las fases de la intersección se activan por el tránsito

8.2.4 Codificación de Movimientos Viales en Intersecciones

En una intersección se pueden llegar a presentar diferentes tipos de movimientos tanto vehiculares como peatonales que obedecen a una codificación que actualmente está basada en la Norma Alemana Rilsa (1992), y que es empleada por la Secretaria de Movilidad del Distrito de Medellín, como se presenta a continuación:

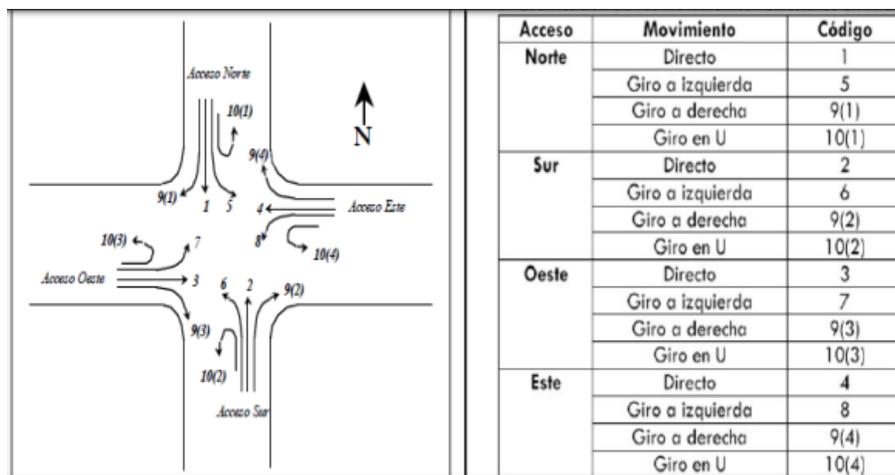


Ilustración 7. Representación esquemática de los movimientos vehiculares.

Fuente: Subsecretaría técnica – Unidad de Planeación y prospectiva – Cal y Mayor y Asociados, S.C, 2005

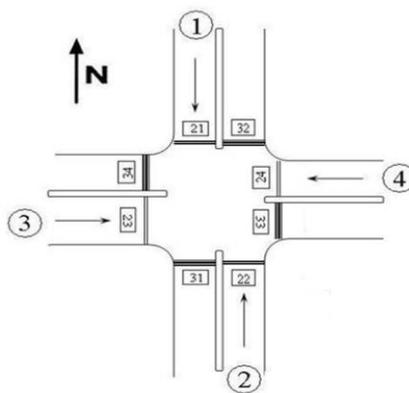


Ilustración 8. Codificación de los Movimientos peatonales.

Fuente: Subsecretaría técnica – Unidad de Planeación y prospectiva – Cal y Mayor y Asociados, S.C, 2005.

Para el caso de los movimientos peatonales estos difieren de la codificación de los movimientos vehiculares, utilizando los movimientos e identificación de estos, con la diferencia que se antecederá al grupo principal un número 2 y su paralelo al grupo principal de un número tal como se muestra en el esquema anterior.

8.2.5 Montaje de Caras de Semáforos

La decisión de cómo y dónde montar las caras debe implementarse en función de la configuración y número de carriles de cada acceso a la intersección, del número y ubicación de las caras, la compatibilidad entre las caras, de la altura libre disponible, del tipo de montaje y del ángulo de colocación entre otras.

Dicho lo anterior, otras de las consideraciones que se debe tener en cuenta para ubicar y disponer cierto número de caras peatonales es el movimiento principal que normalmente es el de continuar con la misma dirección con que se llega a la intersección, el cual debe contar como mínimo con dos caras por acceso. En el caso de tres o más carriles de movimiento principal, se debe colocar una cara para cada carril. Éstas deben ser complementadas con semáforos peatonales donde sean requeridos, los cuales se deben ubicar a cada lado del paso peatonal.

Los semáforos peatonales se deben usar en combinación con caras vehiculares bajo las condiciones que especifican el manual de señalización en su **capítulo 6, numeral 7.8.2. Requisitos y consideraciones que justifican la instalación de semáforos peatonales**, para nuestro caso, la condición que obedece al proyecto es la implementación de una fase exclusiva peatonal, la cual es proporcionada para el movimiento peatonal en una o más direcciones, estando detenidos todos los movimientos de vehículos.

Una de las formas en que se pueden combinar y operar las fases de los semáforos de peatones con las fases de los semáforos para el control vehicular, es como especifica el manual de señalización en su **numeral 7.8.4.4. Fase exclusiva para peatones**, en donde se disponen fases que permite a los peatones cruzar la intersección en cualquier dirección durante una fase exclusiva en la que todos los vehículos están detenidos, lo que es justamente lo que se implementó en la intersección de estudio.

En condiciones normales, el tiempo mínimo de la indicación de pase no deberá ser menor de 7 segundos para que los peatones tengan oportunidad de completar el cruce antes de que aparezca el intervalo de despeje.

8.2.6 demarcaciones para cruces semaforizados.

Las intersecciones de vías, o cruces, a menos que presenten muy bajos volúmenes de flujos vehiculares, requieren de una señalización vertical o semaforización que establezca la prioridad entre ellos. En el caso de vías pavimentadas, las señales, deben ser complementadas con demarcaciones que definan los lugares por los que debe realizarse el cruce de peatones, combinados todos estos elementos, se reduce la posibilidad de confusión por parte de todos los usuarios y se incrementa la eficiencia de las intersecciones.

Debido a la geometría y tipo de intersección y la relación e integración que debe existir entre las señales y semáforos, las demarcaciones deben implementarse teniendo en cuenta las siguientes condiciones operativas del mismo:

- **Cruce con restricción de bloqueo:** Esta demarcación tiene por objeto notificar a los conductores la prohibición de obstruir una intersección por cualquier razón, impidiendo u obstruyendo la circulación transversal. Por lo tanto, estas marcas se instalan en cualquiera de los cruces anteriormente mencionados que presentan altos niveles de congestión.

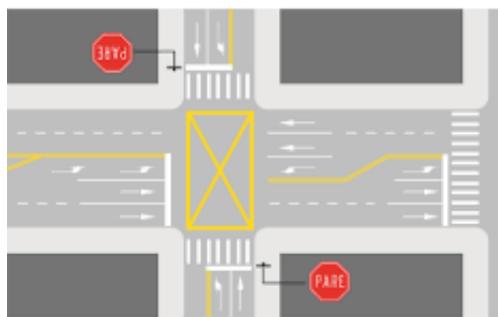


Ilustración 9. *Cruce con restricción de bloqueo (RAD)*
Fuente: Manual de Señalización Vial, Apéndice C, 2015.

8.2.7 Cruce cebras

Las demarcaciones transversales de los cruces o pasos peatonales se emplean para indicar el lugar y la trayectoria que deben seguir los peatones al atravesar una calzada y definir el área donde un conductor podría anticipar la presencia de un peatón, ciclista, persona en silla de ruedas,

o similar. Estas marcas son de color blanco, y pueden ser como una algunas de las cuales se describen más detalle a continuación:

- **Cruce CEBRA:** En intersecciones controladas por semáforos peatonales no es necesario la demarcación con cebra, en estos casos se demarca con sendero. Estos cruces pueden estar ubicados en tramos de la vía a no menos de 30 m de la intersección.

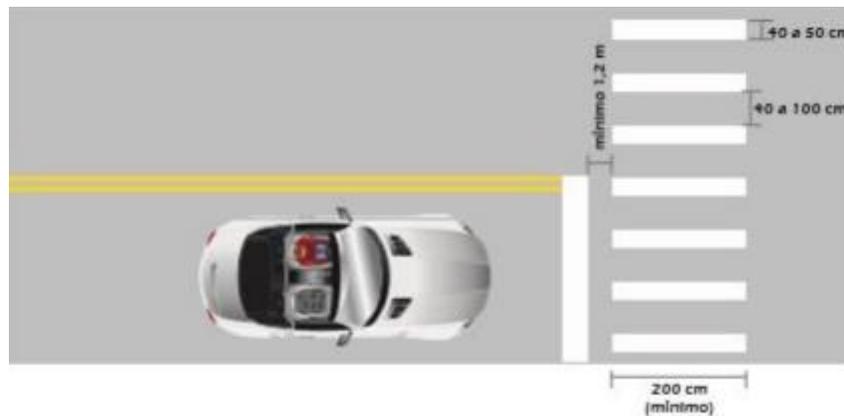


Ilustración 10. *Cruce peatonal con paso cebra.*

Fuente: Manual de Señalización Vial, Apéndice C, 2015.

- **Cruce Sendero Peatonal:** Esta demarcación se puede aplicar a cualquier cruce peatonal ubicado en los accesos o salidas de vías, con o sin semáforos, donde la velocidad operativa sea de 50 km/h o menor. Su demarcación consiste en dos líneas continuas paralelas transversales a la vía, de 30 cm de ancho como mínimo y de color blanco, trazadas con una separación entre ambas que se determina por el ancho de las aceras entre las que se encuentren situadas. En ningún caso estos cruces tendrán un ancho menor a 2,0 m ni mayor a 4,0 m.



Ilustración 11. *Cruce peatonal con sendero peatonal.*
Fuente: Manual de Señalización vial, apéndice C, 2015.

- **Cruce peatonal TODO ROJO:** Permite al peatón cruzar en diagonal: Se presenta cuando un cruce peatonal, en una intersección vehicular, cuenta con una fase protegida Todo Rojo durante la cual se permite al peatón cruzar en forma diagonal y en todas direcciones en la misma fase, se debe demarcar la intersección según lo mostrado en la siguiente ilustración.

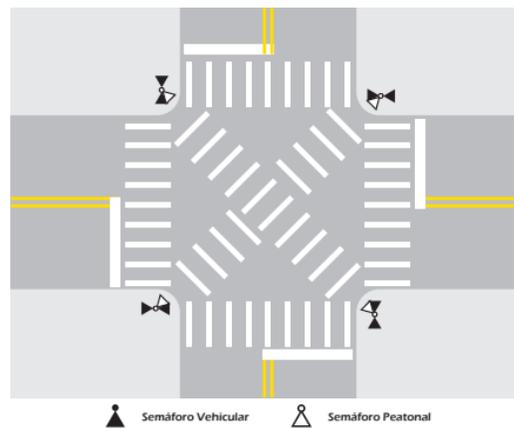


Ilustración 12. *Cruce Vehicular Regulado por Semáforo Todo en Rojo*
Fuente: Manual de Señalización - Ministerio de transporte (2015)

9. Estado del Arte

Un modelo de transporte ayuda a representar el movimiento de personas y mercancías en una red vial dentro de un área que tiene ciertas características socioeconómicas y de uso del suelo. Es una herramienta que ayuda a simular el comportamiento del sistema de transporte de una ciudad y sus usuarios a lo largo del tiempo y la respuesta a cambios en la oferta y demanda de transporte. Así mismo, el nivel estratégico de planificación de la movilidad implica establecer una visión clara de la ciudad (Oskraszewska et al., 2018). Por esta razón, la planificación eficaz del tráfico se ha convertido en un desafío tarea que implica un análisis de comportamiento complejo de escenarios viales (Rakkesh et al., 2016), en donde no solo se deberá considerar los vehículos y motocicletas como únicos actores viales, sino que se deberá agregar a la suma otros modos de transporte activos como caminar, andar en bicicleta, o montar en monopatín.

La ITDP de México expone en la Pirámide de jerarquía de Movilidad Urbana que los principales actores viales son los peatones, ciclistas y usuarios del transporte público, por tal razón estos cambios de paradigma deben establecer un cambio en la planificación del transporte basándose en diseños de intersecciones urbanas priorizando a los peatones y modos no motorizados (Unda, 2018). En ese sentido, las intersecciones o cruces semaforizados toman vital importancia debido a que en ellas se generan conflictos y se pueden llegar a presentar demoras, haciendo que sean puntos críticos en términos de incidentalidad.

Para realizar un estudio de movilidad peatonal, es necesario tener en cuenta diversos componentes que permitan contextualizar y analizar lo que realmente sucede en un cruce semafórico. Uno de estos componentes serían los semáforos, estos se dividen en tres clases, vehiculares, peatonales y direccionales, según el uso que tengan.

El semáforo peatonal por ejemplo se encuentra instalado en combinación con los vehiculares y tienen por objeto regular el paso de los peatones en intersecciones con alto volumen de tráfico, en las cuales se indica por medio de una silueta de color si se puede o no se puede cruzar, además, este dispositivo es muy parecido a los vehiculares, solo que estos tienen tres colores, rojo, amarillo y verde y que también indican a los peatones si los vehículos están o no cruzando por dicho sector y permitir que puedan cruzar con seguridad.

El funcionamiento de un semáforo está basado en la ejecución de planes. Estos planes están formados por una serie de fases o combinaciones de luces, las cuales tienen una duración

determinada y se ejecutan en un horario establecido. Estas fases se agrupan en lo que se conoce como ciclos (Villalonga y Arteaga., 2014). Sin embargo, en un estado ideal los semáforos deberían de dar solución a los conflictos que se generan en las intersecciones entre vehículo - peatón o en unas más complejas vehículo - peatón - ciclistas.

Por esta razón es que se buscan realizar estudios de movilidad, para poder brindar una mayor seguridad y calidad de viaje para todos los actores viales tomando como prioridad a los peatones a través de la implementación de planes semafóricos con una fase exclusiva, donde se dé derecho de vía a todos los cruces peatonales simultáneamente. Esta fase exclusiva para peatones se lleva a cabo deteniendo todo movimiento de tráfico motorizado para permitir los cruces peatonales en cualquier dirección, incluso en diagonal (Kattan et al., 2009).

10. Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo de este proyecto plantea realizar un diagnóstico vial inicial en la intersección comprendida entre la Avenida Colombia (Diagonal 50) con Avenida Palacé (Carrera 50) ubicada en la zona centro del Distrito de Medellín, en donde se plantea con base a una sugerencia hecha por la Secretaría de Movilidad del Distrito de Medellín la implementación de un cruce en diagonal para que los peatones crucen la calle sin tener que realizar grandes desplazamientos o pasar por al menos tres semáforo antes de llegar al otro lado, a su vez en este diagnóstico se deberán identificar los conflictos vehiculares existentes, realizar una inspección visual de la infraestructura para determinar qué tipo de señalización colocar, que trabajos menores se deberán realizar y que equipo semafórico peatonal y vehicular nuevo se deberá instalar para la adecuación del cruce en diagonal, al igual que medir el tiempo de demora de los peatones en cruzar la intersección entre los dos puntos más alejados.

De esta forma será posible llevar a cabo la implementación del nuevo cruce en diagonal una vez se haya seleccionado la fase peatonal apropiado en el ya existente plan de señales que mejor se ajuste a las necesidades en la intersección, buscando maximizar los beneficios de seguridad mientras se mantiene un flujo de tráfico eficiente, por medio de un balance o “trade-off” entre los peatones y el tráfico motorizado (Iván et al., 2016). Por lo tanto, con la ayuda del software especializado LISA se ingresarán los datos nuevos y se hará la reprogramación de la nueva fase peatonal. Se debe mencionar que esta parte es vital para el buen desarrollo de la propuesta, debido a que esta programación se hará desde la oficina de control de semáforos en conjunto con la Unidad de Planeación y Prospectiva encargada de toda la programación del plan de señales y coordinación de semáforos, y de la Unidad de Circulación encargada de la parte del mobiliario, mantenimiento de semáforos y señalización.

Una vez se realicen los cambios tanto en infraestructura como en la programación, se llevará a cabo la prueba piloto y se continuaran realizando visitas a campo con labores de seguimiento a la operación programada en los semáforos, con el fin de comprobar y constatar que los nuevos tiempos otorgados al peatón, no congestionen las vías que la comprenden, y además, buscando optimizar tiempos de viaje para los peatones y poder garantizarles un paso seguro. Después de la

implementación se medirá el volumen peatonal mediante la realización de aforos en campo en las horas de mayor demanda en la intersección, y que al igual que las visitas de seguimiento, proporcionará un valor estimativo del uso y los tiempos de viaje de los usuarios.

10.1 Cronograma de Trabajo Propuesto

En la siguiente tabla se presentan las actividades necesarias para realizar el proyecto de investigación propuesto con su respectivo tiempo para realizarse.

Tabla 1.
Cronograma de Actividades.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES							
ACTIVIDADES	QUINCENAS						
	1	2	3	4	5	6	7
1. Diagnostico tecnico en campo	■						
2. Realización del informe final	■	■	■	■	■		
3. Creación de nuevo plan de transito		■	■				
4. Ejecución del plan de transito		■	■	■			
5. Analisis de parametros				■	■		
6. Entrega Final						■	
7. Sustentación							■

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo III. Caracterización de la Intersección

11. Revisión de la literatura

11.1 Descripción y Caracterización de la Zona de Estudio

El presente estudio se llevó a cabo en la intersección comprendida entre la Avenida Palacé (Carrera 50) y la Avenida Colombia (Diagonal 50), de la comuna 12: La Candelaria en la zona Centro del Distrito de Medellín.



Ilustración 13. *Vista satelital de la zona de estudio.*
Fuente: Aplicativo web MapGIS5.

11.2 Uso del Suelo

De acuerdo con el Artículo 241, del Acuerdo 48 – POT 2014, los usos generales del suelo urbano del Distrito de Medellín están distribuidos espacialmente según las actividades desarrolladas por agentes públicos y privados, los cuales permiten establecer las características de animación de la ciudad y la utilización y ocupación del suelo. En la siguiente imagen, podemos observar que la zona de estudio se encuentra delimitada más que todo por Áreas y corredores de

alta mixtura (Centralidades con predominancia económica) y espacios públicos existentes, también se puede apreciar la cercanía que esta zona tiene con la estación Parque Berrio del Sistema Metro de Medellín. 11

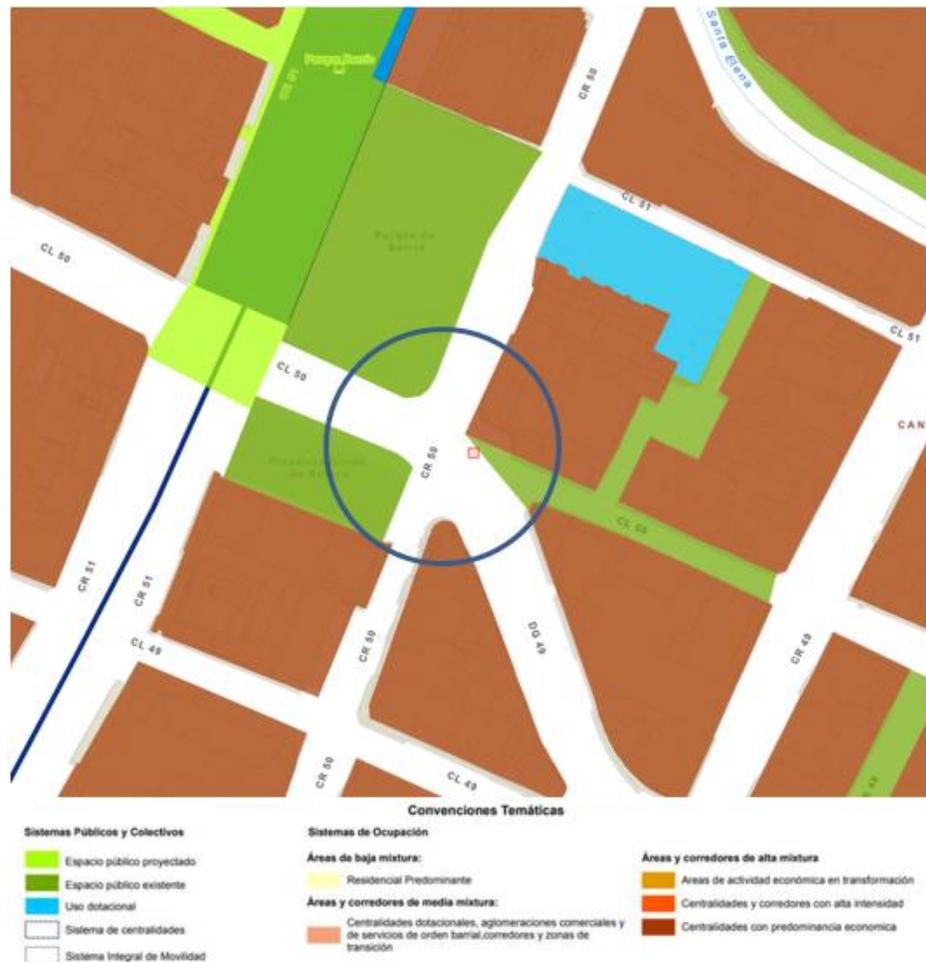


Ilustración 14. POT48 2014 – Usos generales del suelo urbano.
Fuente: Aplicativo web MapGis5.

11.3 Jerarquización Vial

La jerarquía de las calles en el Distrito de Medellín obedece a lo establecido en el Artículo 48 de 2014 del Plan de Ordenamiento Territorial, de esta manera se identificó que los segmentos viales comprendidos en la intersección están categorizados de la siguiente manera:

Avenida Palacé: Vía colectora: Calzada de dos carriles con un único sentido de circulación, con alta presencia de rutas de transporte público.

Avenida Colombia: Vía Arteria menor. Esta calzada cuenta con cuatro carriles de circulación con un único sentido vial. En el tramo Oeste se presenta una reducción en el ancho de la calzada a su margen derecha dejando solo tres carriles para el paso vehicular.

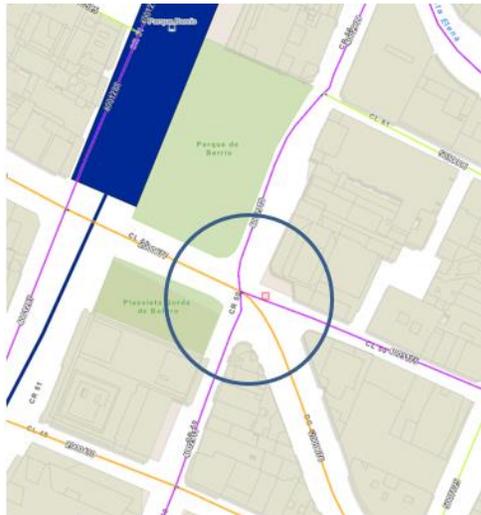


Ilustración 15. POT48 2014 – Jerarquización de Segmentos viales.
Fuente: Aplicativo web MapGis5.

11.4 Modos de Transporte

11.4.1 Rutas De Transporte Público, Paraderos Y Acopios De Taxis

Según el POT 048, esta clasificación comprende los siguientes medios de transporte: metro, tranvía, cables, buses, camiones, automóviles y motos. En la zona de estudio y específicamente sobre el tramo vial analizado se identificaron cada una de las rutas de transporte público que atraviesan la intersección.

Carrera 50:

- Ruta 90220 (Campo Valdez – Centro)
- Ruta 90136 (El Hueco – Parque Berrio)
- Ruta 90320 (La Divisa)
- Ruta 90321 (La Quiebra)
- Ruta 90143 (Belén La Gloria)
- Ruta 90238 (El Jardín)
- Ruta 90212 (Popular Centro)
- Ruta 90215 (Popular Centro – San Diego)

Calle 50:

- Ruta 90199 (Ávila – Cataluña)
- Ruta 90074 (Margaritas)
- Ruta 90015 (Circular 315)
- Ruta 90008 (Directa Circular)
- Ruta 90318 (La Divisa)
- Ruta 90319 (La Quiebra)
- Ruta 90002 (Circular 286)
- Ruta 90172 (Terminal de Transporte Norte)
- Ruta 90285 (Laureles Nogal #2)
- Ruta 90283 (Laureles Éxito)
- Ruta 90207 (Playón de los comuneros – Oriental)
- Ruta 90291 (Barrio Cristóbal – Oriental)
- Ruta 90301 (San Javier – Eduardo Santos – Oriental)
- Ruta 90299 (Belencito – Corazón – Oriental)
- Ruta 90140 (Parque Los Periodistas)
- Ruta 90067 (Robledales)
- Ruta 90075 (Kennedy)

11.4.2 Modos No Motorizados

El POT48 determina una concepción integral y equilibrada del espacio público tomando como indicador las relaciones funcionales vehiculares como las peatonales y ambientales, de tal manera que se pueda tener una concepción integral y equilibrada del entorno. En la siguiente grafica se observa la clasificación que tiene se presentan en términos de movilidad sostenibles y modos de transporte activos.

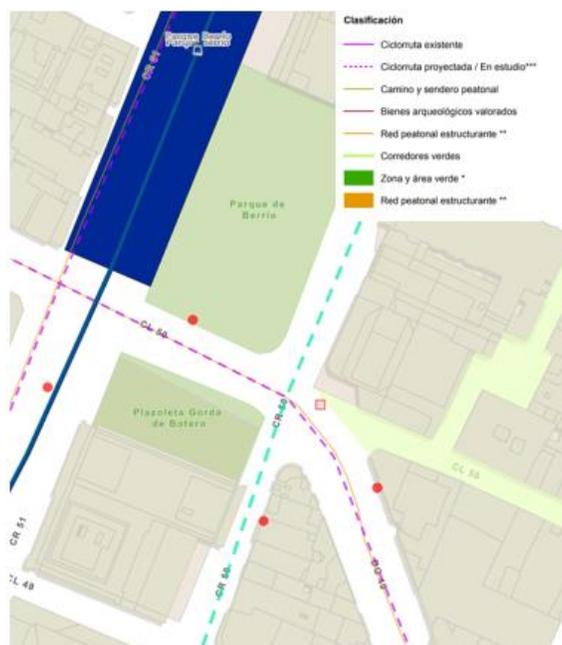


Ilustración 16. POT48 2014 – *Esquema de modos no motorizados.*
Fuente: Aplicativo web MapGis5.

11.5 Incidentalidad

De acuerdo con el observatorio de movilidad de la Secretaria de Movilidad, la intersección de estudio presenta los siguientes registros de Incidentalidad en los últimos 4 años como se observa en la *tabla 2* y *tabla 3*.

Tabla 2. Registro de Incidentalidad por tipo de incidente vial.

Dirección	Clase de Incidente	2018	2019	2020	2021	Total
Av. Palace x Av. Colombia	Choque	8	3	6	4	21
	Volcamiento			1		1
	Atropello	2	1	2	1	6
	Caida ocupante		1		1	2
	Otros			1		1
Total		10	5	10	6	31

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Registro de Incidentalidad por gravedad del incidente vial.

Dirección	Gravedad del Incidente	2018	2019	2020	2021	Total
Av. Palace x Av. Colombia	Solo daños	7	3	6	4	20
	Heridos	3	2	4	2	11
Total		10	5	10	6	31

Fuente: Elaboración propia.

Durante el periodo analizado 2019-2021 para esta intersección, se han presentado un total de **31 incidentes** de tránsito; de los cuales **11** han sido incidentes con **heridos** y **20** incidentes **Solo daños**. La mayoría de los incidentes han sido de clase Choque con un número de 21 del total, seguido de atropellos con un total de 6. A continuación, se muestra un resumen grafico por porcentajes de los datos suministrados por el Observatorio de Movilidad de Medellín.



Ilustración 17. Registro porcentual por clase del incidente.

Fuente: Elaboración propia.

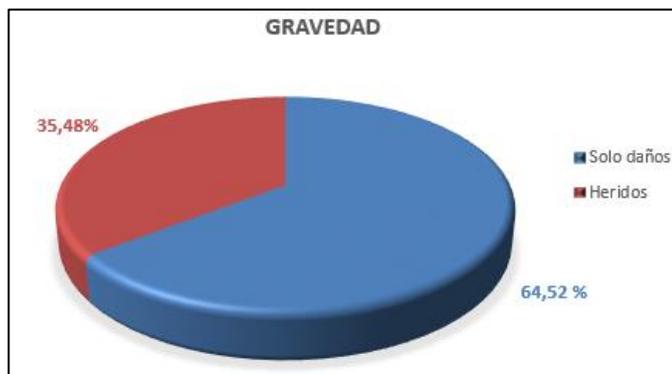


Ilustración 18. Registro porcentual por clase del incidente.
Fuente: Elaboración propia.

11.6 Velocidad de Circulación

Según el Decreto 171 de 2012 en su artículo primero y sus posteriores actualizaciones, establece que la velocidad para vehículos de servicio público o particular en vías urbanas y carreteras municipales en ningún caso puede sobrepasar los 50 kilómetros por hora. Para este caso, la vía cuenta con una señalización vertical indicando una velocidad máxima de **30 Km/h**; por consiguiente, tomaremos este valor como la velocidad reglamentaria para cada tramo vial.

12. Observaciones en Campo

Para el desarrollo de la propuesta se llevó a cabo una visita técnica el día 4 de Septiembre de 2020 a la zona de estudio con el objetivo de realizar un levantamiento preliminar antes de la implementación del cruce en diagonal y tomar un registro fotográfico que permitiera identificar la infraestructura (ancho de andén, número de carriles por acceso, pendientes, estado actual de la estructura de pavimento, sección transversal), el inventario de señalización horizontal y vertical (cruces peatonales, sentidos viales), los dispositivos de control y el equipamiento semafórico (tiempo de ciclo, grupos de señales, y tiempos intermedios).

12.1 Observaciones de la Infraestructura Vial

La inspección de la intersección de la Av. Palacé con la Av. Colombia nos permitió identificar el diseño geométrico de la intersección, constituida en forma de cruz y donde no se evidenció ninguna condición de agrietamiento o desgaste en la superficie de rodadura del pavimento, pese a la demanda vehicular constante que esta diariamente esta presenta. Cabe mencionar que previamente en la zona de estudio donde se encuentra la intersección, se realizaron obras de mejoramiento y reconstrucción de andenes para mejorar la transitabilidad de los peatones y convertir estos pasajes peatonales en redes camineras.



Ilustración 19. *Vista general de la intersección.*

Fuente: Registro fotográfico propia.

Esta zona, según el POT 2014, esta denominada como un sector comercial de alta mixtura, debido a que se encuentran ubicados establecimientos los cuales tiene como fin ofrecer productos y servicios al consumidor. Además debido a la cercanía de diversos sitios atractores, como la estación del metro Parque Berrio, el Banco de la Republica al costado suroccidental, el Banco popular y el Éxito al costado nororiental, al norte la Av. La playa y el Hotel Nutibara, entre otros., permiten que esta zona a lo largo del día siempre presente constante flujo peatonal y se evidencia la presencia de vendedores ambulantes en la intersección, sobre la vía, en los andenes conjuntos a esta y en los alrededores del sector. Esto último, se menciona debido a que las personas, al colocar sus carretillas y puestos móviles sobre la vía o sobre el andén o acera, imposibilitan el paso vehicular y la visibilidad de los vehículos y no permiten el correcto flujo de los peatones sobre la misma, generando que el estado o nivel de servicio general de la intersección descienda, debido a que la comodidad y libertad de movimiento se limita.

La disposición de señales verticales para la regulación del tránsito vehicular era escasa, en consecuencia esto generaba que los vehículos circularan con velocidades medias a bajas sin tener en consideración el alto nivel de tráfico peatonal que la zona presenta, teniendo en cuenta lo anterior, se observó que los peatones en ocasiones cruzaban ambas vías de manera imprudente para

acceder a los diversos puntos de atracción del sector, en zonas donde no es claro quien tiene prelación.

Por otro lado, el costado nororiental fue donde se encontró cierto deterioro en la superficie del andén, con presencia de huecos y desniveles sobre la Av. Colombia, la cual actualmente es un pasaje peatonal, la cual sirve de conectividad con la carrera 49 hacia el costado oriente de la intersección.



Ilustración 20. *Evidencia de vendedores ambulantes sobre la vía y en el andén del costado nororiental.*

Fuente: Registro fotográfico propio.

En general, el estado actual de la infraestructura vehicular y peatonal se encuentra en buen estado, con andenes que garantizan la existencia de diferentes modalidades de señales que aseguren que el espacio para el tránsito peatonal sea inclusivo. Además, tal como se ha expuesto en el marco teórico, todos los andenes que convergen en la intersección cumplen con los valores de dimensiones mínimas definidas en el Código Nacional de Tránsito NTC 4279, en donde se establece que la circulación peatonal en la vía pública debe hacerse de manera que no obstaculice las áreas destinadas al tránsito de vehículos y que al cruzar las vías debe hacerlo por los pasos destinados a ese fin (legislativa, 2002).

Así mismo, la ubicación y estado general de las señales podotáctiles en el suelo para las personas invidentes, rampas de acceso para personas en discapacidad y sillas de ruedas se encuentra acorde con la normativa, por lo que no representan un obstáculo para el peatón.



Ilustración 21. *Vista general de la intersección*
Fuente: Registro fotográfico propio.



Ilustración 22. *Vista oriental y sur de la intersección.*
Fuente: Registro fotográfico propio.

12.2 Observaciones de las Conductas Viales

De lo observado en campo se pudieron identificar ciertas conductas irregulares e inapropiadas por parte de los vehículos y peatones en la micro zona de estudio y sobre los cruces cebras de la intersección, las cuales se hicieron muy constantes durante toda la visita y son las que se presentan a continuación:

La visita se realizó en las horas de la mañana coincidiendo con la hora promedio de entrada laboral y de instituciones educativas aledañas, en donde se caracterizó que los peatones que realizaban el cruce por la intersección o circulaban en los andenes continuos, principalmente eran estudiantes o trabajadores. Ahora, hablando en materia del comportamiento de los usuarios, se evidencio que los peatones tienen zonas de mayor preferencia que otras para caminar y cruzar la intersección. Estas zonas tienden a estar más en ubicaciones aleatorias que por el paso peatonal o cebrá (Ravishankar & Nair, 2018). Esto puede deberse en gran medida a los amplios andenes y pasajes peatonales diseñados para soportar el alto volumen considerable de personas que son atraídas a esta zona. En adición a lo antes expresado, se logró identificar un fenómeno llamado **“líneas de deseo”**, es decir, son caminos imaginarios de circulación que los peatones emplean. Estos caminos generalmente representan la trayectoria más corta o de más fácil acceso para llegar a un destino determinado (Taboada, 2016).

Este flagelo se presenta debido a la necesidad de los usuarios de buscar las rutas más cortas y efectivas hacia los diferentes destinos en la zona, considerando que en la mayoría de los casos el peatón debe recorrer distancias muy largas para cruzar por un puente peatonal o por un ancho de calzada muy largo. (R. A. Pulido, 2020).

En términos de comportamiento vehicular, se pudo observar y contabilizar el parqueo prologando de las rutas de transporte público a lo largo de la carrera 50, en las anotaciones de la visita, se registró un tiempo de 14 minutos aprox. en la que los buses demoran parqueados sobre la vía. Aunque se debe mencionar que en esta vía se cuenta con paraderos autorizados para el embarque y desembarque de peatones, falta más control por falta de las autoridades de tránsito para la mayor circulación de los vehículos.

Otra particularidad que se pudo evidenciar fue sobre el tramo de vía de la carrera 50 hacia el costado sur, donde se observó que la señalización vertical de velocidad máxima permisible y señalización vertical para indicar los paraderos de buses no era respetada. Como se mencionó antes

en la caracterización de la intersección, la velocidad máxima permitida es de 30 Km/h, estipulada por la demarcación en la superficie de rodadura de la vía. Esta reglamentación no la acatan los vehículos, debido a que como los tiempos semafóricos de verde vehicular son muy cortos, los vehículos tienden a aumentar drásticamente la velocidad para no quedarse en el rojo y continuar su recorrido, situación que si lo sumamos con el parqueo prolongado de buses sobre la carrera 50, esto limita la visibilidad del conductor al momento de llegar al paso cebra ubicado más adelante, poniendo el riesgo la seguridad de los peatones.



Ilustración 23. *Paradero de buses de transporte público.*
Fuente: Registro fotográfico propio.



Ilustración 24. *Embotellamiento vehicular por parqueos prolongados.*
Fuente: Registro fotográfico propio.

Además, se pudo establecer en campo el rumbo de las rutas de buses de transporte público mencionadas anteriormente en esta propuesta, y la influencia que están ejercen en la movilidad de la intersección. Se evidencio que algunas de las rutas que procedían del sur continuaban hacia el

norte y hacia el occidente, y desde el acceso oriente solo se dirigen hacia el occidente. Estos vehículos en ocasiones generan truncamientos debido a los paraderos que se encuentran a la margen derecha de la carrera 50 (Av. Palacé) en el acceso sur, ocasionando que los vehículos que entran a la intersección por este acceso solo puedan hacerlo por medio del carril izquierdo.



Ilustración 25. *Ingreso de vehículos por el acceso sur sobre el carril izquierdo.*
Fuente: Registro fotográfico propio.

Así mismo, este segmento vial posee una longitud de 70 metros aproximadamente de esquina a esquina, lo que ocasiona que en la calle siempre se evidencie acumulamiento de vehículos y que se ocasione represamiento de vehículos en el acceso norte de la intersección semaforizada de la Carrera 50 con Calle 49.



Ilustración 26. *Represamiento en el acceso norte (Carrera 50).*
Fuente: Registro fotográfico propio.

12.3 Inventario de la Señalización Vial del Equipamiento Semaforico

La zona de estudio es una intersección semaforizada señalizada con líneas antibloqueo amarillas en forma de cuadrilátero para evitar puntos de conflicto en caso de un aumento inesperado en el volumen vehicular, como se observa en la **Ilustración 12**. Recibe tráfico desde su acceso Sur por la carrera 50 (Palacé) compuesta por dos carriles de circulación y desde su acceso Oriente por la Diagonal 50 (Colombia) compuesta por tres carriles. Esta intersección consta de cuatro pasos peatonales, como se expuso anteriormente, tres de las cuatro demarcaciones se encuentran en buen estado, sin embargo la cebra del acceso occidente se encontró muy deteriorada por falta de mantenimiento.

La intersección semaforizada de la Av. Palacé con Colombia la componen elementos físicos como: Postes, ménsulas, semáforos vehiculares, complementos peatonales, un controlador, el cableado interno y el tendido eléctrico que da la energía para el funcionamiento continuo, y que además brinda conectividad con el centro de control CIOS. Se inventario un equipamiento de 14 semáforos, 2 ménsulas, 5 postes, y 4 complementos peatonales.

Acceso Norte (Carrera 50):

- Ancho de vía de 7 m, con dos carriles de circulación de 3,5 m cada uno.
- No hay presencia de semáforos vehiculares.
- Dos postes apoyados en pedestales, con 3 complementos peatonales en el costado noroccidental y dos complementos peatonales en la esquina nororiental.
- Franja para circulación de peatones con un ancho de 50 cm y largo de 5m.
- Rampas (rebajos) para facilitar el tránsito de peatones con movilidad reducida únicamente sobre el costado occidental.
- Demarcación en piso por medio de señalización podo táctil para darle prioridad al peatón con discapacidad visual, indicando el cruce seguro únicamente sobre el costado occidental.
- Ventas ambulantes sobre ambos costados de la vía.



Ilustración 27. Acceso Norte – Cruce peatonal en Cebra.
Fuente: Registro fotográfico propio.

Acceso Sur (Carrera 50)

- Ancho de vía de 7 m, con dos carriles de circulación de 3,5 m cada uno.
- Dos postes apoyados en pedestales, con caras vehiculares para el flujo en sentido sur-norte ubicados en la esquina suroriental y suroccidental del acceso.
- Dos caras o complementos peatonales apoyados en pedestales para el flujo de los peatones en sentido perpendicular al flujo vehicular.
- Franja para circulación de peatones con ancho de franja de 50 cm con un largo de 4m.
- Rampas (rebajos) para facilitar el tránsito de peatones con movilidad reducida sobre ambos costados de la vía.
- Demarcación en piso por medio de señalización podotáctil para darle prioridad al peatón con discapacidad visual, indicando el cruce seguro.
- Ventas ambulantes sobre ambos costados de la vía.
- Demarcación horizontal con flechas para indicar el sentido o los sentidos de circulación del tránsito permitidos en el carril.
- Presencia de paraderos de buses de transporte público sobre costado oriental.



Ilustración 28. Acceso Sur - Cruce peatonal en cebra con rebajo.
Fuente: Registro fotográfico propio.

Acceso Occidental (Diagonal 50)

- Ancho de vía de 10,5 m, con tres carriles de circulación de 3,5 m cada uno.
- No hay presencia de semáforos vehiculares.
- Dos caras o complementos peatonales apoyados en pedestales, ubicado en el costado sur de la vía.
- Franja para circulación de peatones con ancho de 50 cm con un largo de 5m.
- Rampas (rebajos) para facilitar el tránsito de peatones con movilidad reducida sobre ambos costados de la vía.
- Demarcación en piso por medio de señalización podotáctil para darle prioridad al peatón con discapacidad visual, indicando el cruce seguro en ambos costados de la vía.
- Ventas ambulantes sobre ambos costados de la vía.

- Paraderos de buses con bahía para el arribo y desembarque de pasajeros de manera segura sobre el costado norte de la vía.
- Presencia de paraderos de buses de transporte público sobre costado oriental.



Ilustración 29. *Acceso Occidente – Cruce peatonal en Cebra.*
Fuente: Registro fotográfico propio.

Acceso Oriental (Diagonal 50)

- Ancho de vía de 11m, con tres carriles de circulación, dos 3,6 m aprox. cada uno.
- Dos ménsulas apoyadas en pedestales con semáforos vehiculares ubicadas en la esquina nororiental y sur oriental de la vía.
- Dos caras o complementos peatonales anclados a las ménsulas para el flujo de peatones que cruza de manera perpendicular al flujo vehicular.
- Franja para circulación de peatones con ancho de 50 cm con un largo de 5m.
- Rampas (rebajos) para facilitar el tránsito de peatones con movilidad reducida sobre ambos costados de la vía.

Estudio de movilidad peatonal en el cruce semaforizado entre la Avenida Colombia con la Avenida Palacé para la implementación del primer cruce peatonal en diagonal del Distrito de Medellín

- Demarcación en piso por medio de señalizaciones podotáctiles para darle prioridad al peatón con discapacidad visual, indicando el cruce seguro en ambos costados de la vía.
- Ventas ambulantes sobre ambos costados de la vía.
- Demarcación horizontal con flechas para indicar el sentido o los sentidos de circulación del tránsito permitidos en el carril.



Ilustración 30. *Ilustración. Acceso Oriental – Cruce peatonal en Cebra.*
Fuente: Registro fotográfico propio.

13. Programación Semafórica

13.1 Plan de Señales

La siguiente información fue proporcionada por el CIOS – Centro de ingeniería de operación de semáforos de la Secretaria de movilidad de Medellín.

La intersección semaforizada puede ser buscada en la plataforma de SIGMOV en la página de la Secretaria de Movilidad de Medellín con el número de Id_332. Esta intersección cuenta un solo plan de señales, el cual pretende regular el tráfico del sitio. Este plan está dividido en 5 grupos, 3 movimientos vehiculares y dos peatonales. La **Ilustración 31** muestra el plan de señales que operaba en la intersección antes de la optimización.

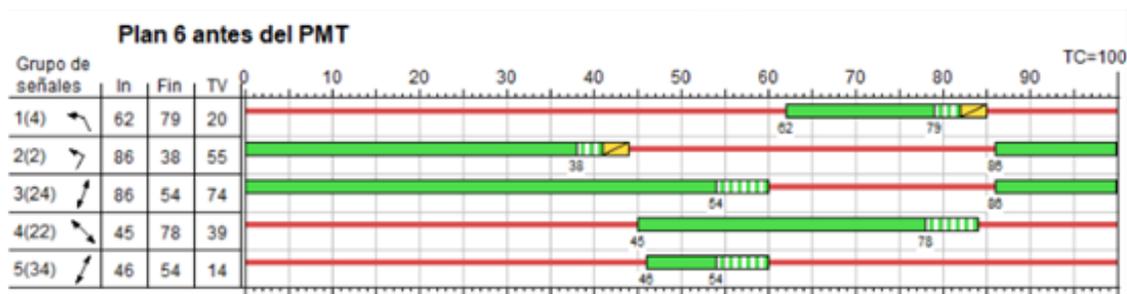


Ilustración 31. Plan 6 previo a la optimización del planeamiento para la implementación del cruce diagonal.

Fuente: Aplicativo web SIGMOV.

El diagrama de bandas es la representación gráfica de la duración de cada grupo de señales, donde se evidencia el tiempo de ciclo y los tiempos por colores para cada fase. Se tiene un plan 6 que opera todo el día, con 5 grupos de señales y un tiempo de ciclo de 100 segundos, los cuales podemos identificar de la siguiente manera: El número encerrado en el paréntesis, representa los diferentes tipos de movimientos y trayectorias tanto vehiculares como peatonales permitidas en la intersección, y el número por fuera, representa el número de cable, el cual está conectado con el controlador semafórico en campo y nos permite reconocer a que grupo pertenece. Cabe mencionar que el tiempo de verde total es la suma del verde pleno más 6 segundos de verde intermitente. La fase amarilla se presenta únicamente para las fases vehiculares, y se le proporciona 3 segundos

para que los vehículos, vayan disminuyendo la velocidad antes de llegar a la línea de detención del semáforo, tal como se encuentra estipulado en el Manual de Señalización de 2015.

Tabla 4.

Resumen de la duración de las fases semafóricas vehiculares y peatonales.

Tiempo de ciclo: 100 seg				
Acceso	Codificación Rilsa (Grupo de señales)	Tiempo de fase verde (seg)	Tiempo de fase amarilla (seg)	Tiempo de fase roja (seg)
Norte	34	14	N/A	86
Sur	2	55	3	42
	22	39	N/A	61
Occidente	34	14	N/A	86
Oriente	4	20	3	77
	24	74	N/A	26

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se presentan los movimientos vehiculares permitidos en la intersección:

Desde el acceso oriente se permite el giro a derecha hacia la carrera 50 (Av. Palacé) y el paso directo, mientras que para el acceso Sur se permite el giro a Izquierda hacia la Calle 50 (Colombia) y el paso directo.

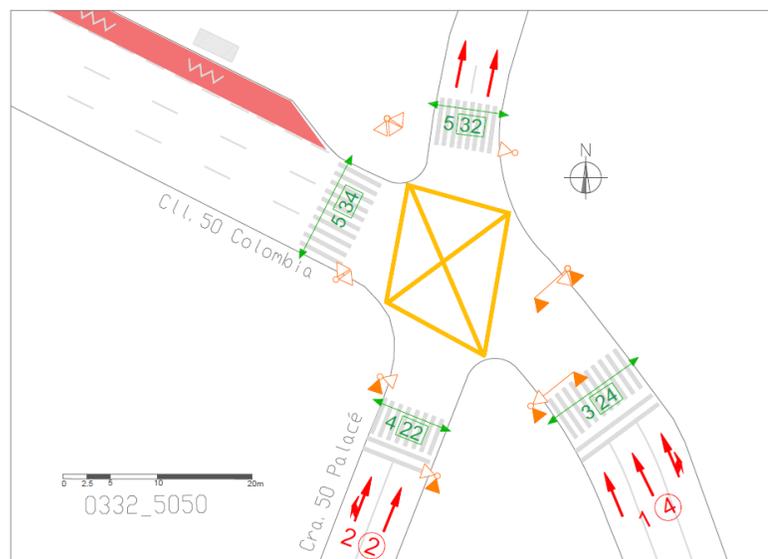


Ilustración 32. *Esquema de movimientos vehiculares y peatonales previo a la optimización.*

Fuente: Elaboración propia.

13.2 Análisis del Plan de Señales

Una vez realizada la inspección en campo y el inventario de la señalización se logró analizar el comportamiento vehicular y peatonal en el sector, con el objetivo de verificar si las condiciones operacionales de la intersección son las más óptimas. Analizando los tiempos de ciclo de cada fase, se pudo evidenciar que los tiempos de verde de los accesos norte y occidente son los que menos duración poseen, pero considerando que solo hay semáforos peatonales en estos accesos solo se observó el comportamiento peatonal cuando se daba la señal de verde.

Estos dos accesos son controlados por el mismo grupo de señales, por lo que están empalmados el uno con el otro, esto quiere decir que van a tener el mismo tiempo de duración, así mismo, se evidencio que estos puntos contaban con tiempo de verde de 14 segundos, de los cuales 8 segundos eran de verde pleno + 6 segundos de verde intermitente. Además, debido a la longitud de calzada, algunos peatones se veían en la necesidad de correr de un costado a otro debido al corto tiempo.

Realizando la comparación del análisis del plan de señales con lo constatado en campo, se pudo evidenciar que la intersección ya contaba con una fase peatonal exclusiva muerta, la cual no se le estaba dando el debido uso y manejo, y la cual estaba regulado por la duración total del grupo de señales de los accesos ya antes mencionados como se muestra a continuación:

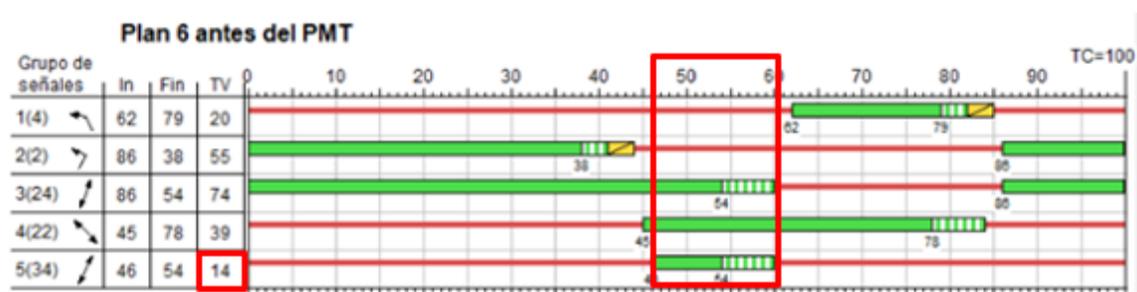


Ilustración 33. *Tiempo muerto en fase peatonal exclusiva.*

Fuente: Registro fotográfico propio.

Tomando como referencia los tiempos de señales vehiculares cuando estos dos semáforos peatonales están fase roja y con base en la interpretación de la **Ilustración 32** presenta la siguiente característica:

Una vez que se habilita el paso vehicular del acceso sur, es decir, cuando se encuentra en verde, únicamente los semáforos peatonales del acceso oriente se encuentra en fase roja, mientras que cuando se habilita el paso vehicular en el acceso oriente, los pasos peatonales del sur se encuentran en rojo, demostrando un comportamiento y desarrollo normal en la operatividad de la intersección debido a que no hay cruces o conflictos entre fases.

Por último, se analizó antes de poder implementar la optimización del plan de señales, la fase peatonal exclusiva, la cual garantizaba, en pequeña escala, que los peatones al momento de desplazarse por la intersección lo lograrán hacer con una mayor comodidad y holgura, permitiéndole al usuario poder trazar su propia ruta, aunque solo por un corto intervalo de tiempo.

Capítulo IV. Análisis de Operación Prueba Piloto

14. Cambios Previos a la Prueba Piloto

Para llevar a cabo la implementación de la prueba piloto se tuvieron que realizar pequeñas obras en la intersección para poder garantizar las mejores condiciones de operabilidad.

El día previo a la implementación del nuevo cambio en la programación semafórica, los funcionarios de la Oficina de CIOS, pertenecientes a la Unidad de Circulación de la Subsecretaría Técnica, realizaron mediante el contrato de mantenimiento semafórico vigente hasta Diciembre de 2022, la señalización horizontal por medio de la demarcación de los pasos peatonales cebras en diagonal y la instalación de nuevas caras o complementos peatonales en el actual amoblamiento. Por parte de la Unidad de Planeación y prospectiva, se realizó la optimización del viejo plan de señales para darle más holgura al peatón por medio de la fase peatonal exclusiva, la cual se programó desde los controles semafóricos de la oficina para que entrara en operación a las 6:00 am del día siguiente.

14.1 Cambios en la Señalización y Amoblamiento Semaforico

Como se expuso anteriormente, se realizaron obras de interventoría previas para demarcar la zona con los nuevos pasos peatonales cebras en diagonal teniendo en cuenta lo estipulado el *Manual de señalización de 2015 en el Capítulo 3. Numeral 3.16. Demarcaciones para cruces, Capítulo 6 . Numeral 6. 1. Dispositivos para peatones* y en términos de dimensión, tamaño de línea, grosor y espaciamiento en campo de la señalización, y en el *Capítulo 7. Semáforos. Numerales 7.7, 7.8. Montaje de caras de semáforos y semáforos para pasos peatonales*, para todo lo relacionado con la instalación y ubicación de los complementos peatonales. Estos parámetros tuvieron que ser aplicados desde los dos puntos más alejados, de tal medida que las diagonales convergieran en el centro de la intersección como se muestra a continuación:



Ilustración 34. Demarcación de pasos peatonales en diagonal para la realización de la prueba piloto.

Fuente: Registro fotográfico propio.

14.2 Optimización del Plan de Señales

La intersección contaba con una fase peatonal exclusiva de 14 segundos, la cual se aumentó permitiendo una fase verde peatonal para todos los semáforos más amplia. Habiendo dicho esto, se mantuvo el mismo tiempo de ciclo de 100 segundos, y se dejó la misma tarjeta de programación con los 5 grupos de señales previos debido a temas de presupuesto, manteniendo los mismos grupos de señales vehiculares y peatonales, pero quedando anidado al grupo 5, los movimientos previos más los dos nuevos cruces peatonales en diagonal.

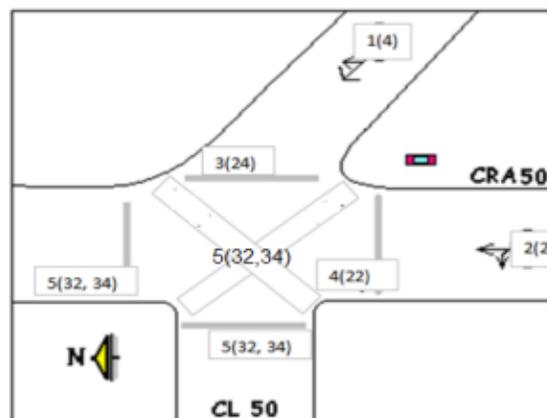


Ilustración 35. Esquema de nuevos movimientos peatonales agregados según codificación RILSA.

Fuente: Elaboración propia.

El nuevo plan de señales quedó de la siguiente manera:

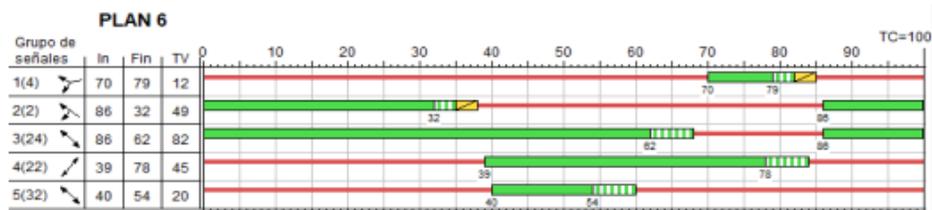


Ilustración 36. *Optimización realizada al plan de señales.*

Fuente: Elaboración propia tomada del Software computarizado LISA+

Para poder cruzar de manera diagonal, los ciclos semaforicos aumentaron su tiempo de 14 a 21 segundos, así los peatones alcanzarán a cruzar de un lado a otro de la vía. (Tele Medellín, 2022). Los pasos en diagonal priorizan al peatón, por lo que en estos sitios se amplían los tiempos semaforicos para este actor vial. En el cruce de la carrera 50 con diagonal 50 antes se tenía un tiempo de verde exclusivo de 14 segundos y como la distancia de recorrido era menor se tenían 2 segundos para el despeje al terminar el verde. Ahora se cuenta con 20 segundos de verde y un tiempo de despeje de 10 segundos. (Alcaldía de Medellín, 2022).



Ilustración 37. *Cruce peatonal en diagonal.*

Fuente: Tele Medellín, Julio Montoya, 2 de Noviembre, 2022.

Así mismo, el exsecretario de movilidad Víctor Hugo Piedrahita expreso lo siguiente: “Cada peatón tenía que hacer para llegar de un punto A, a un punto B de manera diagonal, esperar dos ciclos semaforicos donde pasaban los vehículos, carros, motos y transporte público. Ahora, en un solo ciclo se detiene toda la intersección para que el peatón pueda hacer cruce seguro”

Tabla 5.

Resumen de optimización al plan de señales previo.

Tiempo de ciclo: 100 seg					
Acceso	Codificación Rilsa	Grupo de señales	Tiempo de fase verde (seg)	Tiempo de fase amarilla (seg)	Tiempo de fase roja (seg)
Norte	32	5	20	N/A	80
Sur	2	2	49	3	48
	22	4	45	N/A	55
Occidente	32	5	20	N/A	80
Oriente	4	1	12	3	85
	24	3	74	N/A	26
Diagonal (Corta)	32	5	20	N/A	80
Diagonal (Larga)	32	5	20	N/A	80

Fuente: Elaboración propia.

15. Prueba Piloto

La prueba piloto se llevó a cabo el día 6 de Octubre comenzando a operar desde las 6:00 de la mañana como se había programado el día anterior. Ese mismo día se realizó una visita en sitio para observar cómo estaba trabajando la intersección en dos tiempos: Mañana, y tarde. De igual forma se mantuvieron haciendo visitas esporádicas en la intersección en días posteriores para hacer seguimiento de la correcta operabilidad de los cambios realizados.

En la visita realizada en las horas de la mañana y de la tarde se pudo realizar el proceso de observación de la conducta y el comportamiento de los peatones sobre el sector. En donde, fue posible identificar lo siguiente:

Los peatones notaron el nuevo cruce cebra en diagonal, pero se veían temerosos en cuanto a realizar o no el cruce sobre la diagonal.

Los peatones tendían a realizar el cruce sobre las cebras diagonales en tiempos de verde que no correspondían con la fase exclusiva peatonal debido al desconocimiento del funcionamiento de estos tiempos, permitiendo que llegaran al centro de la intersección y al ver que cambiaba el semáforo vehicular a verde, les tocaba correr para llegar hacia el otro costado.

Los peatones que se aventuraban a realizar el cruce en diagonal se impacientaban por el largo tiempo de espera antes que se completara nuevamente todo el ciclo semafórico, por lo que optaban en cruzar de manera perpendicular y atravesar dos semáforos para llegar al otro costado de la vía.

Se presentó una línea de deseo muy particular, que a pesar de tener una trayectoria más larga, los usuarios tendían a cruzar por ese punto. Esta sale del costado nororiental de la intersección justo al lado del semáforo peatonal ubicado en el acceso norte en el andén derecho hacia el costado suroccidental.

Se evidenciaron obstáculos por parte de vendedores informales que se ubicaban en frente de las cebras en diagonal afectando nuestra actividad de evaluación.

En cuanto a la operación vehicular, en general se evidenciaron condiciones de tráfico normales, sin situaciones graves de embotellamientos o congestiones que perjudicaran los tiempos de viaje de los usuarios tanto sobre la Diagonal 50 como la Av. Palace. Lo que si se pudo observar, fue el represamiento de vehículos nuevamente sobre el acceso norte por consecuencia del parqueo no permitido de rutas de transporte público sobre la carrera 50 hacia la Av. de Greiff.

Otra particularidad que se observó fue en los semáforos sobre la Diagonal 50, los cuales al ser un corredor vial ya preestablecido por el CIOS, no se había hecho el empalme de los nuevos cambios de tiempos de planes, por lo que el corredor no estaba coordinado, y no había cierta continuidad, o como lo denominan hoy en día “Ola verde”.

Capítulo V. Estudio de Volúmenes Peatonales

16. Cálculo de los Volúmenes Peatonales

Para el correcto desarrollo de la propuesta se necesitó realizar la caracterización del comportamiento peatonal por medio de un aforo o conteo con el objetivo de cuantificar la variación (espacial y temporal) del comportamiento de los usuarios, la distribución por sentidos o cruces en cada uno de los accesos, y de corroborar que una vez implementando el cambio, los peatones estén haciendo uso de los pasos peatonales en diagonal.

En este caso, medir el volumen peatonal en la intersección permitirá definir que mejoras se pueden implementar para garantizar la seguridad de los peatones, y a su vez sugerir si estos cambios en las fases peatonales están funcionando para mirar la viabilidad de hacerlo en más intersecciones.

16.1 Procedimiento

Para garantizar el buen desarrollo de la actividad los volúmenes se deben aforar en los accesos de una intersección, en los pasos peatonales o en una acera o un punto a mitad de cuadra. Los períodos de aforo normalmente corresponden a los días y horas críticas o de máxima demanda, que es cuando normalmente se presentan la mayoría de los problemas.

Para identificar estos periodos se utilizó la matriz de Encuesta Origen y Destino del Valle de Aburrá del 2017, por medio de la cual se tomó una macrozona en donde estuviera contenida la infraestructura vial de interés con respecto al resto del Valle de Aburrá.

Estudio de movilidad peatonal en el cruce semaforizado entre la Avenida Colombia con la Avenida Palacé para la implementación del primer cruce peatonal en diagonal del Distrito de Medellín

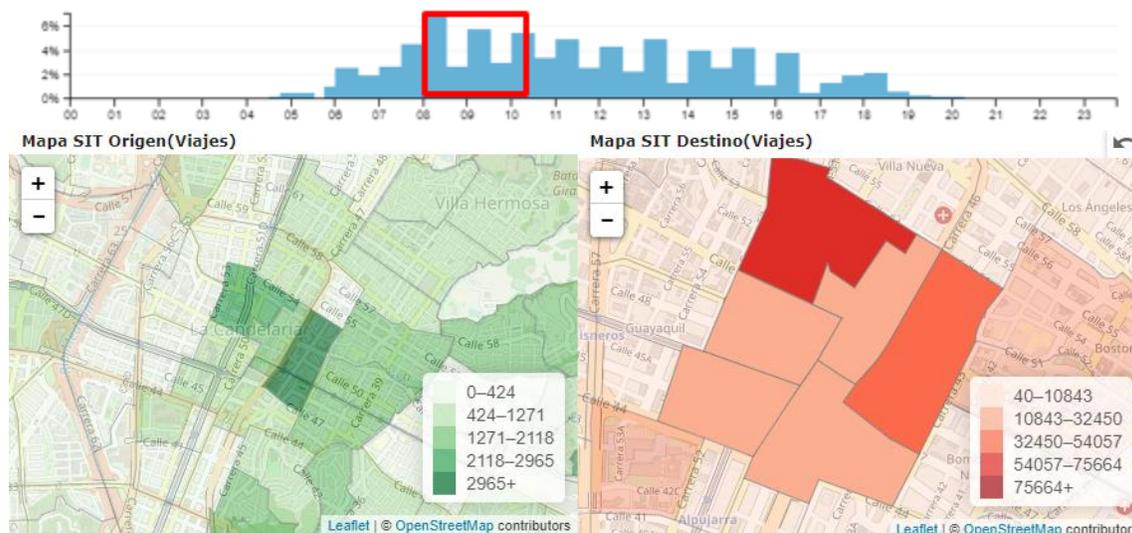


Ilustración 38. Variación horaria de viajes de llegada de la zona de estudio.
Fuente: Tomado de la Encuesta de Origen – Destino del Valle de Aburrá.

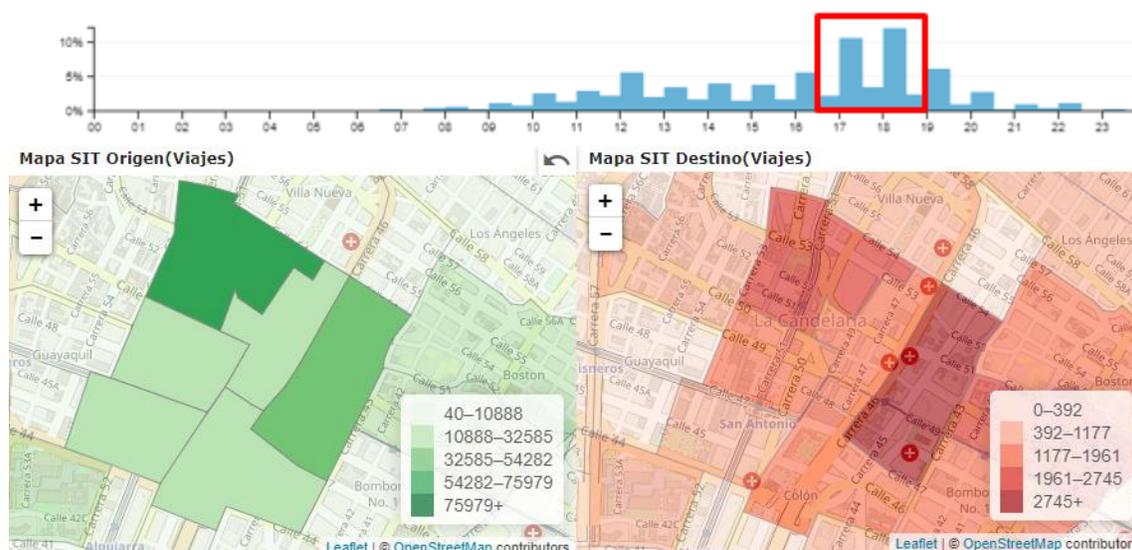


Ilustración 39. Variación horaria de viajes de salida de la zona de estudio.
Fuente: Tomado de la Encuesta de Origen – Destino del Valle de Aburrá.

Las personas encargadas del realizar el conteo fueron el practicante de Excelencia de la Unidad de Circulación, David Felipe Cano y la practicante de Excelencia de la Unidad de Planeación y prospectiva, Andrea C. Iriarte Sejin.

Para la realización del conteo, cada aforador se situó a un lado de la vía dentro de la intersección a aforar y registrar en periodos sucesivos de 15 minutos todo el volumen peatonal que cruce por dicho punto en ese intervalo de tiempo como se indica a continuación:

1. Familiarizar al personal con su tarea asignada: Determinar claramente las maniobras a aforar y desde que accesos se permite los cruces peatonales.

2. Escoger un punto de referencia en la zona de estudio en donde se tenga completa visibilidad de la intersección.

3. Realizar una pequeña prueba antes de comenzar el aforo: Esto con el objetivo de familiarizar al personal con el trabajo que debe realizar, y de solucionar dudas o preguntas que puedan surgir.

16.2 Tamaño de la Muestra

Horarios: Considerando los volúmenes picos de la mañana y la tarde obtenidos de la Encuesta Origen – Destino del Área metropolitana como se pudo observar en las *ilustraciones 38 y 39*, se obtuvieron las siguientes Horas de máxima demanda:

HMD mañana: 8:00 – 10:30 am

HMD tarde: 5:00 – 7:30 pm

Cabe resaltar que la zona de estudio se encuentra en el pleno centro de la ciudad, cercano con la estación del metro de Parque Berrio en dirección noroeste, dicha estación maneja un alto flujo de peatones, de los cuales un porcentaje de estas personas destinan tomar esta intersección en su recorrido de viaje para llegar a su destino final. Según la encuesta de origen destino, en la mañana se evidencian viajes de llegada, debido a que la mayoría de la población trabaja en la zona centro, y en el horario de la tarde se originan viajes de salida, indicativo de que es la finalización de la jornada laboral. Teniendo esto en consideración y tomando la HMD, se recomienda hacer el aforo en la siguiente franja horaria:

Aforo AM: 8:15 – 10:15 am

Aforo PM: 04:00 – 6:00 pm

Día: Se realizó el aforo en un día típico sobre la segunda semana de octubre siguiendo este marco conceptual:

Típico: Día de la semana comprendido entre el lunes y jueves, donde la mayoría de la población se encuentra estudiando, trabajando y realizando actividades cotidianas.

16.3 Aforos Peatonales

El aforo peatonal se realizó el día 18 de Octubre de 2022 entre las 08:15 - 10:15 am / 16:00 - 18:00 pm, encontrando el siguiente volumen máximo horario por acceso:

Tabla 6.

Recopilación de datos en campo.

Aforo peatonal											
	Perido	Dirección	Acceso Norte	Acceso Sur	Acceso Occidente	Acceso Oriente	Diagonal (Corta)	Diagonal (Larga)	Volumen total (diagonales)	Volumen peatonal total	VHMD
AM	08:15 - 08:30	Cra 50 x Calle 50	220	116	57	142	2	2	4	539	
	08:30 - 08:45	Cra 50 x Calle 50	363	197	72	236	2	6	8	876	
	08:45 - 09:00	Cra 50 x Calle 50	398	175	66	235	2	3	5	879	
	09:00 - 09:15	Cra 50 x Calle 50	299	155	48	224	2	3	5	731	3025
	09:15 - 09:30	Cra 50 x Calle 50	272	182	61	242	5	1	6	763	3249
	09:30 - 09:45	Cra 50 x Calle 50	310	179	82	154	2	3	5	730	3103
	09:45 - 10:00	Cra 50 x Calle 50	307	189	103	222	0	2	2	823	3047
	10:00 - 10:15	Cra 50 x Calle 50	289	179	96	280	2	5	7	851	3167
Total Acceso AM			2458	1372	585	1735	17	25	42		
PM	16:00 - 16:15	Cra 50 x Calle 50	268	182	125	251	2	7	9	835	3239
	16:15 - 16:30	Cra 50 x Calle 50	309	235	139	335	8	5	13	1031	3540
	16:30 - 16:45	Cra 50 x Calle 50	349	254	125	387	4	2	6	1121	3838
	16:45 - 17:00	Cra 50 x Calle 50	411	198	137	259	2	2	4	1009	3996
	17:00 - 17:15	Cra 50 x Calle 50	500	203	184	273	4	4	8	1168	4329
	17:15 - 17:30	Cra 50 x Calle 50	567	228	236	323	2	3	5	1359	4657
	17:30 - 17:45	Cra 50 x Calle 50	320	196	189	225	1	2	3	933	4469
	17:45 - 18:00	Cra 50 x Calle 50	275	154	175	215	2	2	4	823	4283
Total Acceso PM			2999	1650	1310	2268	25	27	52		
Volumen total x Acceso			5457	3022	1895	4003	42	52	94	14471	

Fuente: Elaboración propia.

El resultado anterior muestra que el acceso norte de la intersección presenta los mayores flujos peatonales en las horas de máxima demanda tanto de la mañana como de la tarde, con un total de **5457 peatones**, que representan el 38% del volumen total, por lo tanto, y como lo estipula el manual de señalización vial, se toma el paso peatonal del acceso norte sobre la carrera 50 como el cruce principal. De igual manera, se evidencia que el acceso oriente también presenta un flujo peatonal alto con un total de **4003 vehículos**, que representan un **27,8%** del volumen total.

El cuarto de hora de mayor demanda se presentó entre las **17:30 – 17:45 pm** con un total de **1359 vehículos**. El promedio total de peatones por cuarto de hora es de **904 peatones/15 min.**

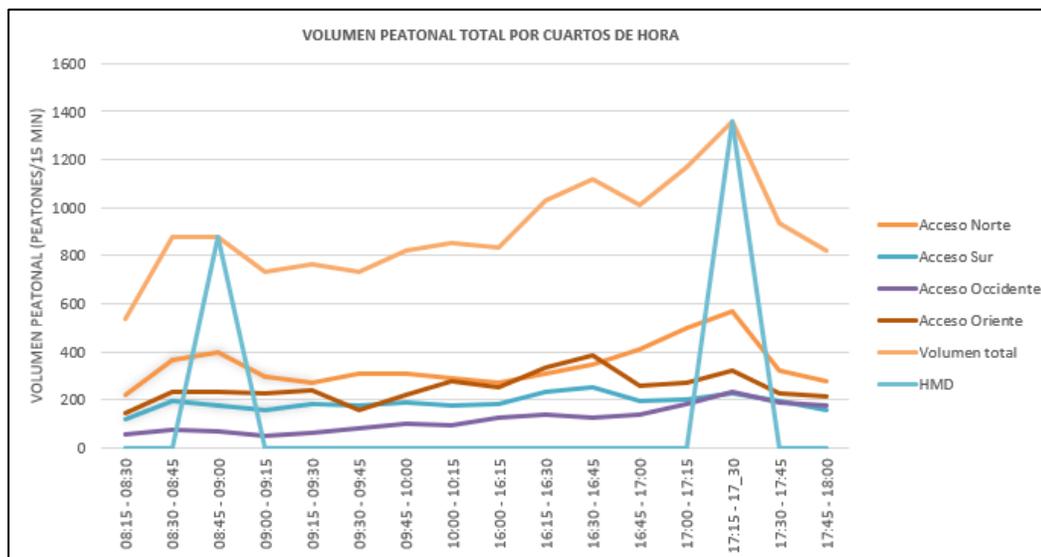


Ilustración 40. Diagrama de volumen peatonal total por cuartos de hora.

Fuente: Elaboración propia.

De la **Ilustración 40** se define lo siguiente:

La línea de tendencia muestra que los valores pico de la mañana y de la tarde, se presentan al comienzo y final de los periodos de máxima demanda respectivamente (tomados de la encuesta Origen Destino del 2017), esto quiere decir que en la mañana este flagelo se origina porque el intervalo de tiempo esta cercana a las horas promedio de entrada laboral de los comercios cercanos a la intersección. Mientras que por la tarde pasa lo contrario, se presenta al final, ya que alrededor de las 18:00 pm la gran mayoría de los comercios, entidades bancarias, entre otros, terminan su jornada, y todo el personal que ingreso desde la mañana, regresa y hace el retiro para sus casas.

Las líneas de tendencia de los volúmenes peatonales presentan comportamientos similares durante cada una de las horas aforadas, por lo que se puede inferir que el flujo peatonal siempre es constante y alto durante casi todo el día.

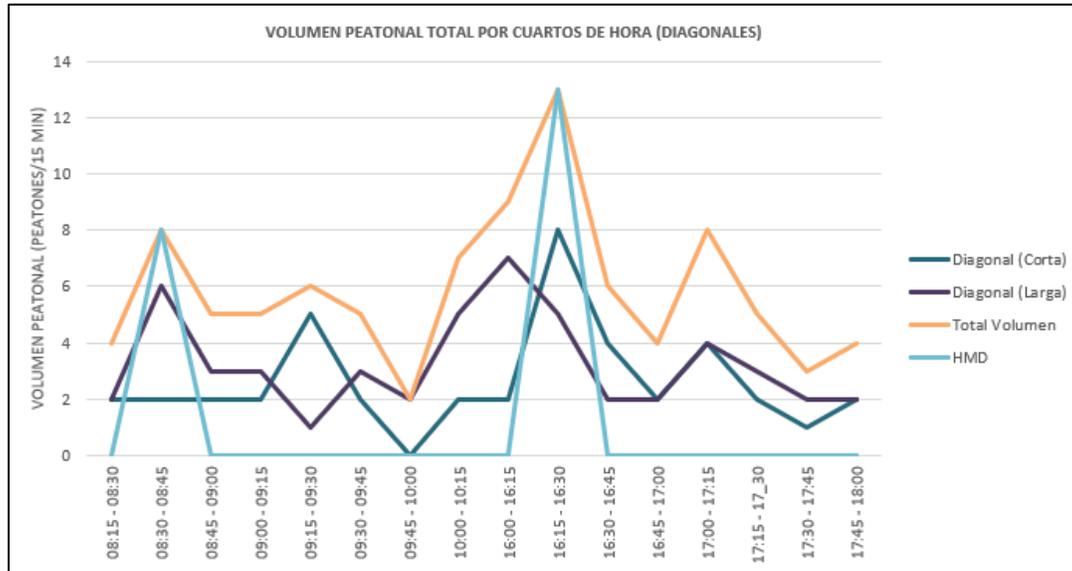


Ilustración 41. Diagrama de volumen peatonal total por cuartos de hora (Diagonales).

Fuente: Elaboración propia.

Los volúmenes peatonales en los cruces en diagonal no son muy significativos comparados con el volumen total por acceso. Comparando las *ilustraciones 40 y 41* podemos notar que el pico de la mañana se presenta en tiempos contiguos, por lo que se puede inferir que los peatones han empezado a utilizar el cruce para ahorrar tiempos de viaje, y poder llegar más rápido a su destino.

Así mismo, podemos apreciar que la diagonal más larga, la cual ya se explicó con anterioridad a que cruce corresponde, es la que mantiene una media de peatones por cuarto de hora más real y estable.

Capítulo VI. Conclusiones y Recomendaciones

17. Conclusiones

En conclusión, se alcanzó el objetivo general de la propuesta ya que se pudo llevar a cabo este informe que buscaba crear soluciones para los actores viales más vulnerables y generar espacios de calidad en el Distrito de Medellín, ¿Cómo? Realizando cambios en la programación semafórica de la intersección, se implementaron los cruces en diagonal y se obtuvieron por medio de aforos peatonales, mostrar la cantidad actual de peatones que transitan en la intersección y la cantidad de personas que después de finalizar la prueba piloto comenzaron a cruzar por los pasos peatonales en diagonal a los cuales denominamos volúmenes peatonales, estos a su vez servirán de ayuda en otras investigaciones. Además, a raíz de los buenos resultados de esta propuesta, la administración distrital buscará nuevas oportunidades para implementar estos cruces en diferentes zonas de la ciudad.

Por otro lado, para que un estudio de movilidad de fruto se debe partir de un principio fundamental y es la capacitación vial, esta debe ser enseñada y a su vez implementada por todos los actores viales que transitan por las vías, desde el conductor de un vehículo articulado hasta un peatón o PMR. Es por eso que las entidades encargadas de la seguridad y movilidad vial deben asegurar el cumplimiento de las normas, señalizaciones de tránsito y respeto por el espacio público. Esta información resulto siendo muy necesaria ya que se necesitaba constatar que los cruces estuvieran funcionando y que los actores viales que pasan regularmente por la zona estuvieran al tanto de los cambios en la programación, para poder así inaugurar oficialmente los primeros pasos peatonales en diagonal del Distrito de Medellín, la cual se realizó el 2 de noviembre de 2022 a las 8:30 am, con el acompañamiento del Exsecretario de movilidad Víctor Piedrahita, demás funcionarios de la secretaria de movilidad y medios de comunicación.

Se puede decir que los resultados obtenidos en los aforos arrojaron valores bastante representativos de peatones que cruzaron por la intersección en un intervalo horario de 2 horas, lo cual indica que la intersección podría estar operando a su capacidad máxima pero presentando un nivel de servicio de circulación muy bajo, lo cual no es de naturaleza extraña, puesto que la intersección está localizada en pleno centro del Distrito.

La Administración Federal de Carreteras de Estados Unidos en el “Reporte de Seguridad Peatonal” (2008) establece que para implementar de manera efectiva la EPP es necesario realizar

Estudio de movilidad peatonal en el cruce semaforizado entre la Avenida Colombia con la Avenida Palacé para la implementación del primer cruce peatonal en diagonal del Distrito de Medellín

estudios para determinar los beneficios de seguridad para los peatones, lo cual en esta propuesta se realizó, analizando su infraestructura, capacidad, volumen y conductas viales, lo cual en consecuencia, generó avances y aportes significativos en el mejoramiento de la calidad de vida de la ciudadanía.

18. Recomendaciones

Se recomienda seguir realizando campañas pedagógicas con la ciudadanía con el fin de generar conciencia y mejorar la cultura vial de la población, dando prioridad a la movilidad de los peatones, PMR y ciclistas, implementando más redes camineras, más kilómetros de ciclo rutas y mejorando la infraestructura pública para las personas con alguna discapacidad, a su vez seguir realizando investigaciones complementarias en la zona a lo largo del año para tener resultados más cercanos a la realidad utilizando aparatos modernos de conteo vehicular y peatonal.

Las agentes de tránsito y seguridad vial deberían realizar monitoreo constante sobre la zona para evitar que no se presenten las problemáticas ya expuestas en el desarrollo del trabajo. Velando por cumplir con las normas y así mismo, generar espacios de capacitación vial de uno a dos minutos a los actores viales, en pro de engendrar una cultura ciudadana que le apueste a la seguridad vial.

Por otra parte, se recomienda realizar un levantamiento topográfico para tener un plano de la intersección más adecuado debido a que la última ortofoto de la intersección montada en los sistemas de georreferenciación de la secretaria de movilidad está desactualizada.

Adicional a esto, se recomienda realizar un control por parte de la Subsecretaria defensa de espacio público, sobre los espacios aledaños a la intersección, con el fin de mitigar el uso de andenes, rampas, vados e incluso la misma vía pública como puesto de trabajo, para así recuperar el espacio público y mejorar el tránsito peatonal de la zona. Lo que se puede hacer es: reubicar el comercio ambulatorio, eliminar por completo obstáculos como postes, bancos, teléfonos públicos que estén muy deteriorados, controlar a los diferentes establecimientos comerciales cercanos a la intersección a no colocar en el andén o en la puerta de su local carteles publicitarios, debido a que causa la reducción del área peatonal, entre otros.

19. Listado de Referencias

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2005). Manual de Planeación y Diseño para la Administración del tránsito y transporte. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá, secretaría de tránsito y transporte.

Basto H. L. (2022). Efectos de la implementación de planes semafóricos con fase peatonal exclusiva (EPP) sobre peatones y tráfico motorizado. Universidad de los Andes Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental. Bogotá, D.C. https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/58449/LauraBasto_ProyectoGradoCivil.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Cerquera Escobar, F. Á. (2007). Capacidad y Niveles de Servicio de la Infraestructura Vial. Universidad Pedagógica y tecnológica de Colombia Escuela Ingeniería de Transporte y Vías, Tunja.

Cuevas, A. M. (2017). Arranca plan piloto de peatonalización en la calle 11 en el centro de Bogotá. Obtenido de Alcaldía de Bogotá, D. S. <https://bogota.gov.co/miciudad/cultura-deporte-y-recreacion/arranca-plan-piloto-de-peatonalizacion-en-lacalle-11-en-el>

Guillén Zambrano, D. A. (2014). Estudio del Comportamiento Peatonal en los Cantones: Pasaje y Santa Rosa, Provincia de el Oro. (Monografía de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Guio Burgos, F. A. (2008). Flujos peatonales en infraestructuras continuas: marco conceptual y modelos representativos. Facultad de Ingeniería, 17(25), pp.75-88

Instituto de Desarrollo Urbano. (2018). Guía Práctica de la Movilidad Peatonal Urbana. Bogotá. Obtenido de Instituto de Desarrollo Urbano.

Ivan, J. N., McKernan, K., Zhang, Y., Ravishanker, N., & Mamun, S. A. (2016). A study of pedestrian compliance with traffic signals for exclusive and concurrent phasing. Accident Analysis and Prevention, 98, 157–166. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.10.003>.

K. Daga Guillén. (2018). Propuesta de mejora en el nivel de servicio peatonal para la intersección de la av. Angamos con la av. Tomás Marsano ubicado en el distrito de Surquillo-Lima., Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú. doi: <http://doi.org/10.19083/tesis/625026>

Legislativa, C. d.-R. (13 de 09 de 2002). Código Nacional de Tránsito Terrestre. Bogotá, Colombia

Márquez, L. F. (2013) Determinación de Niveles de Servicio en Pasillos de Acceso a las Estaciones Perisur y Villa Olímpica del BRT- Metrobús. México.

Martínez O. M., León O.D. (2020). Análisis de la Influencia de la Accesibilidad en la Movilidad Peatonal en el Espacio Público Próximo al Hospital Universitario de Santander (HUS) de la Ciudad de Bucaramanga: Una Revisión Metodológica Universidad Santo Tomás, Bucaramanga. División de Ingenierías y Arquitectura. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/31150/2020MartinezOscar.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Mendiola, L., & González, P. (2021). Urban Development and Sustainable Mobility: A Spatial Analysis in the Buenos Aires Metropolitan Area. *Land*, 0(2), 157. <https://doi.org/10.3390/land10020157>.

NZ Transport Agency. (2009). Pedestrian planning and design guide. <https://www.nzta.govt.nz/resources/pedestrian-planning-guide/>

Oskraszewska, R., Romanowska, A., Wołek, M., Oskarsbki, J., Krystian B., & Jamroz, K. (2018). Integration of a Multilevel Transport System Model into Sustainable Urban Mobility Planning. *Sustainability*, 10(2), 479. <https://doi.org/10.3390/su10020479>

Ramírez Prado D. C., Rivera Ortega J. A. (2005). Programación semaforal para mejorar el nivel de servicio peatonal en la intersección de la Av. Caracas con Calle 13 en la ciudad de Bogotá D.C. Universidad la Gran Colombia. Facultad de Ingeniería civil. Bogotá. https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3409/Programaci%C3%B3n_semaforal_intersecc%C3%ADon_%20Bogot%C3%A1.pdf?sequence=1

Rakkesh, S.T., Weerasinghe, A.R., & Ranasingue, R.A.C. (2016). Effective urban transport planning using multi-modal traffic simulations approach. *Moratuwa Engineering Research Conference*. 10.1109/MERCon.2016.7480158

Ravishankar, K., & Nair, P. (2018). Pedestrian risk analysis at uncontrolled midblock and unsignalised intersections. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, 5(2), pp. 137-147

Rojas Pulido L. F., Segura J. C. (2019). Estudio de movilidad peatonal: dinámicas del desplazamiento de estudiantes y empleados de la Universidad Católica de Colombia en las inmediaciones de la Institución en Bogotá - Colombia. Universidad Católica de Colombia. Bogotá.

Ruiz Villalonga, Alejandro, & Alpizar Arteaga, Ernesto. (2014). Método de sincronización de planes en un controlador semaforico. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones*, 35(1), 50-56. Recuperado en 26 de enero de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59282014000100005&lng=es&tlng=es.

Salazar Botero, N. (2013). Accesibilidad y movilidad peatonal en la avenida Circunvalar (Mosquera), desde el Parque Olaya hasta el parque La Rebeca. Hacia una Movilidad Urbana Sostenible. [Tesis de Pregrado, Universidad Católica de Pereira]. Archivo Digital. <https://repositorio.ucp.edu.co/handle/10785/1330>

Santos Amado H. A., Velandia Acevedo L. S. (2018). Caracterización de la movilidad peatonal en los accesos y salidas de una estación BRT, caso Transmilenio. Cevedo - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia., Facultad de Ingeniería., Ingeniería de Transporte y Vías. Tunja Boyacá. https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3071/1/TGT_1637.pdf

Secretaría de Tránsito y Transporte. (2005). Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y transporte. Obtenido de Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.

Taboada, J. (2016). Las líneas de deseo, una forma inteligente de diseñar ciudades. TYS MAGAZINE. <https://www.tysmagazine.com/las-lineas-de-deseo-de-los-ciclistas-una-forma-inteligente-de-disenar-ciudades/>

Unda, J. (2018). Medida de desempeño (indicador) multimodal de la operación de intersecciones semaforizadas. Universidad de los Andes.