



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
de Colombia

ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD A PARTIR DE LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE  
SERVICIO EN EL SECTOR POR LA IMPLEMENTACIÓN DEL CARRIL DE  
BICICLETA EN LA CARRERA SÉPTIMA ENTRE LAS CALLES 72 Y 85. BOGOTÁ -  
COLOMBIA.

EDWIN MAURICIO SALDAÑA ALVARADO  
HAROLD FRANCISCO AVELLANEDA PRECIADO

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA**  
de Colombia

ANÁLISIS DE LA MOVILIDAD A PARTIR DE LA DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE  
SERVICIO EN EL SECTOR POR LA IMPLEMENTACIÓN DEL CARRIL DE  
BICICLETA EN LA CARRERA SÉPTIMA ENTRE LAS CALLES 72 Y 85. BOGOTÁ -  
COLOMBIA.

EDWIN MAURICIO SALDAÑA ALVARADO  
HAROLD FRANCISCO AVELLANEDA PRECIADO

Trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil

Director  
YELINCA MADERO SALDENO  
Ingeniero civil

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.  
2020



La presente obra está bajo una licencia:  
**Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)**

Para leer el texto completo de la licencia, visita:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

**Usted es libre de:**



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra  
hacer obras derivadas

**Bajo las condiciones siguientes:**



**Atribución** — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

## Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

**Firma del Presidente del Jurado**

---

**Firma Jurado**

---

**Firma Jurado**

**Bogotá D.C.**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto de investigación queremos dedicarlo a cada uno de los docentes que se tomaron un minuto de su tiempo a compartir su conocimiento con nosotros, a ellos quienes buscan educar no solo a grandes profesionales, sino a grandes personas, quienes serán parte del desarrollo del, mañana.

De igual manera a nuestros amigos y compañeros por haber compartido las largas jornadas de estudios, por acompañarnos en esta etapa tan grata, a ustedes les deseamos grandes éxitos.

## AGRADECIMIENTOS

A nuestras Madres, quienes hicieron todos los sacrificios posibles para que nosotros llegásemos a esta etapa de nuestras vidas; a ellas quienes sacrificaron sueños para hacer realidad los de nosotros, a ellas quienes se merecen todo el reconocimiento por su gesto de bondad y nobleza. A ellas que tienen la maestría que solo otorga el tiempo, la dedicación y el amor y es el título de ser Madre, a ellas que solo buscan el bienestar de sus hijos.

A María Isabel Preciado Sánchez, que, aunque no te encuentres en este plano, me dejaste una gran enseñanza la del respeto, la honestidad, la del trabajo duro, tú que me ensañaste que con constancia y sacrificio podemos lograr lo que me proponga, a ti gracias por todo el apoyo.

## CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>1 GENERALIDADES .....</b>	<b>16</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	16
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
1.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	17
1.3 OBJETIVOS.....	17
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	18
1.5 DELIMITACIÓN.....	19
1.5.1 ESPACIO .....	19
1.5.2 TIEMPO.....	19
1.5.3 CONTENIDO .....	20
1.5.4 ALCANCE.....	21
1.5.5 MÉTODOS DE DIFUSIÓN .....	22
<b>2 MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>23</b>
2.1 MARCO TEÓRICO.....	23
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	26
2.2.1. CLASIFICACIÓN DE LAS VÍAS.....	26
2.2.2. INTERSECCIÓN VIAL.....	27
2.2.3. VELOCIDAD DE RECORRIDO .....	29
2.2.4. VELOCIDAD DE MARCHA .....	30
2.2.5. NIVEL DE SERVICIO. ....	30
<b>3 METODOLOGÍA .....</b>	<b>39</b>
3.1 TIPO DE ESTUDIO.....	48

3.2	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	48
<b>4</b>	<b>DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....</b>	<b>49</b>
4.1	CENTROS GENERADORES DE TRÁFICO.....	50
4.2	CORREDORES VIALES .....	54
4.2.1	Estado de las vías. ....	55
4.2.2	Sentidos de circulación. ....	60
4.2.3	Zonas de parqueo. ....	61
4.2.4	Paraderos de Buses.....	63
<b>5</b>	<b>INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....</b>	<b>65</b>
5.1	INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS KR 7 CON CALLE 72.....	65
5.2	INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA KR 7MA CON CALLE 82 .....	71
5.3	INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA CARRERA SÉPTIMA CON CALLE 85 75	
<b>6</b>	<b>NIVEL DE SERVICIO.....</b>	<b>82</b>
6.1	CARTERA DE CAMPO DE LOS TIEMPOS DE RECORRIDO ENTRE TRAMO. MOVIMIENTO 1. SENTIDO S-N ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BICI CARRIL EXCLUSIVO .....	83
6.2	CARTERA DE CAMPO DE LOS TIEMPOS DE RECORRIDO ENTRE TRAMO. MOVIMIENTO 2. SENTIDO N-S ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BICI CARRIL EXCLUSIVO .....	84
<b>7</b>	<b>ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>	<b>92</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>94</b>
8.1	CONCLUSIONES .....	94
8.2	RECOMENDACIONES .....	96
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>98</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>101</b>



## Lista de Figuras

Figura 1 Bogotá alcanza los 80 kilómetros de Ciclo vías temporales	14
Figura 2 Flujograma para determinar nivel de servicio de una arteria urbana	31
Figura 3 Mapa general de la zona de estudio	39
Figura 4 Estado de la malla vial arterial	40
Figura 5 Estado de la malla vial intermedia	41
Figura 6 Estado de la malla vial local	42

## ÍNDICES DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Sentidos de circulación .....	28
Ilustración 2 Estado vial de la carrera séptima sentido N-S.....	43
Ilustración 3 Estado vial de la carrera séptima sentido N-S.....	44
Ilustración 4 Estado vial de la carrera séptima sentido N-S.....	44
Ilustración 5 Estado vial de la carrera séptima sentido S-N.....	45
Ilustración 6 Estado vial de la carrera séptima sentido S-N.....	45
Ilustración 7 Mapa de ubicación fotográfica del sitio de estudio.....	46
Ilustración 8 Mapa de estado vial de la zona de estudio escala 1:1000 .....	47
Ilustración 9 Mapa general de localización de la zona de estudio .....	49
Ilustración 10 Mapa de zonas atractores de tráfico.....	52
Ilustración 11 Mapa de Clasificación de las vías.....	55
Ilustración 12 Mapa tipo de pavimentó de las vías.....	57

Ilustración 13 Mapa de estado de las vías.....	57
Ilustración 14 Clasificación del estado de las vías.....	60
Ilustración 15 Mapa de dirección vial.....	61
Ilustración 16 Zona de parqueo Kr 7 con calle 78 .....	62
Ilustración 17 Zona de parqueo Kr 7 con calle 80a .....	62
Ilustración 18 Zona de parqueo Kr 7 con calle 80 <sup>a</sup> .....	62
Ilustración 19 Zona de parqueo Kr 8 con calle 81 .....	62
Ilustración 20 Zona de parqueo calle 81 con 78 .....	62
Ilustración 21 Zona de parqueo calle 80 con Kr 9 .....	62
Ilustración 22 Mapa de paraderos de buses.....	63
Ilustración 23 Carril exclusivo para buses en horario pico .....	64
Ilustración 24 Esquema general intersección semafórica .....	65
Ilustración 25 Composición vehicular horaria .....	66
Ilustración 26 Composición Vehicular.....	67
Ilustración 27 Accesos a la intersección de la calle 72 con carrera 7ma .....	68
Ilustración 28 Esquema general intersección semafórica Kr 7ma calle 82.....	71
Ilustración 29 Composición vehicular horaria Kr 7ma con calle 82.....	72
Ilustración 30 Composición Vehicular Kr 7ma con calle 82 .....	73
Ilustración 31 Accesos a la intersección Kr 7 con calle 82.....	74
Ilustración 32 Esquema general intersección Kr 7ma calle 85 .....	76
Ilustración 33 Composición vehicular horaria Kr 7ma con calle 85.....	77
Ilustración 34 Composición Vehicular Kr 7ma con calle 85. ....	78

Ilustración 35	Accesos a la intersección Kr 7 con calle 85.....	79
Ilustración 36	Mapa general del recorrido para determinar el nivel de servicio.....	<b>¡Error!</b>
	<b>Marcador no definido.</b>	
Ilustración 37	Velocidad de recorrido por tramo para el movimiento 1 elaboración propia sentido S-N.....	90
Ilustración 38	Velocidad de recorrido por tramo para el movimiento 2 elaboración propia sentido N-S.....	91

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Decodificación según el tipo de giro en una intersección semaforizada	28
Tabla 2 Nivel de servicio para arterias urbanas según su clasificación	34
Tabla 3 Estimación del tipo de vía para arterias urbanas según la velocidad a flujo libre y la densidad de semáforos.	35
Tabla 4 Estimación de tiempo de marcha por kilómetro	36
Tabla 5 Tabla de límites de la zona de estudio	50
Tabla 6 Tabla de estado actual de la vía fuente elaboración propia a partir de fotos tomadas por Google Earth.	59
Tabla 7 Información general de la intersección Kr 7ma con calle 72 elaboración propia con los datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.	68
Tabla 8 Información Total de la intersección Kr 7ma con calle 72	69
Tabla 9 Información hora máxima de demanda Kr 7ma con calle 72.	69
Tabla 10 Datos generales Intersección 7ma con calle 82 tomado de secretaria de movilidad.	74
Tabla 11 Información general del total aforado en la Kr 7ma con calle 82	75
Tabla 12 Información hora máxima de demanda Kr 7ma	75
Tabla 13 Información general intersección Kr 7ma con calle 85	79
Tabla 14 Información de composición de la intersección Kr 7ma con calle 85	80
Tabla 15 Información de composición de la intersección Kr 7ma con calle 85	80
Tabla 16 Información de composición de la intersección Kr 7ma con calle 85	80
Tabla 17 Información de composición de la intersección Kr 7ma con calle 85	81

---

Tabla 18 Cartera de campo de los tiempos de recorrido entre tramos. Movimiento 1 Sentido S-N	84
Tabla 19 Cartera de campo de los tiempos de recorrido entre tramos. Movimiento 2 Sentido N-S	84
Tabla 20 Tiempo de marcha evaluado de la zona en estudio. Movimiento 1 (sentido S-N)	85
Tabla 21 Tiempo de marcha evaluado de la zona de estudio. Movimiento 2 (sentido N-S)	85
Tabla 22 Tiempos y velocidades medias de recorrido y marcha.	86
Tabla 23 Cartera de campo de los tiempos de recorrido entre tramo. Movimiento 1	87
Tabla 24 Cartera de campo de los tiempos de recorrido entre tramo. Movimiento 2	87
Tabla 25 Tiempo de marcha evaluado de la zona en estudio. Movimiento 1 (sentido S-N), después de cuarentena.	88
Tabla 26 Tiempo de marcha evaluado de la zona en estudio. Movimiento 2 (sentido N-S), después de cuarentena.	88
Tabla 27 Tiempos y velocidades medias de recorrido y marcha elaboración propia.	89
Tabla 28 Velocidad de recorrido por tramo para el movimiento 1 elaboración propia sentido S-N	89
Tabla 29 Velocidad de recorrido por tramo para el movimiento 2 elaboración propia sentido N-S	91

## INTRODUCCIÓN

Esta investigación en principio se ve afectada por la pandemia de COVID-19, la cual ha modificado los hábitos cotidianos de las poblaciones, forzando al gobierno Nacional como local a implementar medidas en aras de mitigar los contagios y evitar así una mayor morbilidad y mortalidad a causa de esta. Una de estas disposiciones está centrada en la implementación de bici-carriles en casi 80 kilómetros sobre las calzadas viales en la ciudad de Bogotá DC, (Alcaldía de Bogotá 2020)

Figura 1 Bogotá alcanza los 80 kilómetros de Ciclo vías temporales



Fuente: Alcaldía de Bogotá, 2020

Con el fin de evitar aglomeraciones poblacionales en el transporte público masivo y en paralelo encontrar una alternativa cómoda de transporte se implementó carriles exclusivos para bicicletas en la calzada vial. No obstante, estas medidas podrían llegar a originar afectaciones en la calzada, una de estas, podría ser el cambio del nivel de servicio de la calzada. Es así,

que el propósito de este trabajo es estimar las afectaciones que estas implementaciones generarían, apoyados en los diferentes manuales de diseño y planeación vigentes para la ciudad de Bogotá DC.

# 1 GENERALIDADES

## 1.1 ANTECEDENTES

El propósito de este trabajo es mostrar las repercusiones tanto en nivel de servicio como el de la movilidad, por el hecho de disminuir el ancho de la calzada, debido a la implementación de bici carriles que fue realizado el 27 de abril del presente año (Radio Nacional de Colombia, 2020), focalizado en el tramo de la carrera Séptima entre las calles 72 y 85.

Para la fecha, no existe documentación oficial por parte de la Secretaria de Movilidad de Bogotá, al igual que no existe por parte de la Alcaldía de Bogotá, que respalde los cambios en cuanto a movilidad, ya que estos se realizaron como plan de contingencia a causa de la pandemia de COVID -19.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.2.1 Descripción del problema

En el diseño y la construcción de una vía se deben tener en claro en primera instancia para que tipo de tráfico esta va a ser diseñada, que de acuerdo el manual de INVIAS(INVIAS, 2008) para diseño de pavimentos, se divide en bajo, medio y alto, con estos estudios y los



respectivos ensayos del terreno se estima la altura de los espesores de cada una de las vías y así definir de igual manera el número de carriles que permite el terreno y las dimensiones optimas que exige la norma como ancho de cada carril, tipo de señalización, velocidad de diseño entre otras, todo esto a partir de aforos y poder determinar o estimar el número de ejes equivalentes al que estará sometida la vía, esto teniendo en cuenta los tipos de vehículos que transitarán sobre esta.

Por ende, si se somete a condiciones diferentes a las cuales fue diseñada esto podría repercutir en su vida útil y las condiciones de diseño para las cuales fue perfilada como en su capacidad, ya que el tipo de pavimento de la vía de estudio es asfáltico flexible, el cual tiene un comportamiento desfavorable a altas temperaturas y bajas velocidades, exigiendo así reparaciones antes de lo previsto, es aquí donde surge la siguiente pregunta.

### **1.2.2 Formulación del problema**

¿Cómo afectaría a la movilidad y al nivel de servicio, la implementación del carril de bicicletas en la carrera séptima entre las calles 72 y 85?

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo general.**

Determinar la incidencia en el nivel de servicio y la movilidad comprendida en la carrera séptima entre las calles 72 y 85 de la ciudad de Bogotá D.C, debido a la implementación de bici carriles en el 2020.

### 1.3.2 Objetivos específicos.

- Estimar el nuevo nivel de servicio de la vía, posterior a la implementación de los bici carriles.
- Estudiar las dinámicas de movilidad del sector antes de la implementación de los bici carriles.
- Analizar las consecuencias y soluciones a partir de los cambios de movilidad en el sector.

## 1.4 JUSTIFICACIÓN

Desde hace unos años y de acuerdo con los datos mostrados a lo largo de este documento, se puede apreciar como la Avenida Carrera séptima independientemente del sentido del tránsito ha sido un problema en temas de movilidad por los congestionamientos vehiculares que se presentan en este lugar, esto se ha intensificado por las medidas promovidas por gobierno Distrital para mitigar los contagios por la pandemia que atañe a esta época, el COVID-19, como lo fue la implementación de un carril exclusivo de bicicletas, restando espacio efectivo de la vía, esto ha generado un creciente descontento por parte de los usuarios motorizados al verse afectados por la implementación de estos carriles para bicicletas como se puede apreciar en el siguiente artículo publicado por el periódico El Tiempo “Carros vs. Bicicletas: un nuevo pulso en Bogotá”(Moreno Mauricio, 2020) genera la necesidad de un estudio que

determine que afectaciones tiene esto para las condiciones de servicio y la movilidad del sector.

## 1.5 DELIMITACIÓN

### 1.5.1 Espacio

Debido a las dificultades presentadas por el confinamiento y debido a las directrices institucionales de no realizar prácticas de campo, se imposibilita el registro actual de aforo en la zona. Por tal motivo, se recurre al uso de una base de datos, con aforos previos de los años 2013- 2015 que fueron suministrados por la Secretaria de Movilidad de Bogotá D.C.

### 1.5.2 Tiempo

Cronograma planteado en el anteproyecto.

Item	Actividad	Semanas												
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10			
1° Objetivo	Estimar el nuevo nivel de servicio de la vía, posterior a la implementación de los bici carriles.													
Actividades	Análisis de datos obtenidos de la Secretaria de Movilidad													

	Determinar las variables que describen el nivel de servicio																			
	Realizar mapas del estado actual y lo que se proyecta																			
2° Objetivo	Estudiar las dinámicas de movilidad del sector antes de la implementación del carril de bicicleta.																			
Actividades	Determinar las zonas de atracción y generación de tráfico																			
	Realización de mapas																			
	Determinación de sitios críticos para posibles soluciones																			
3° Objetivo	Analizar las consecuencias y soluciones a partir de los cambios de la movilidad en el sector.																			
Actividades	Determinar el nuevo nivel de servicio																			
	Ofrecer posibles soluciones																			

Fuente: Elaboración propia

### 1.5.3 Contenido

Los entregables serán los siguientes:

- Documento analizando las implicaciones que tiene la implementación de bici-carriles sobre la carrera séptima.
- Nivel de servicio actual y posterior a la implementación de los bici-carriles a partir de los datos de la secretaria de movilidad.
- Estimación del índice de serviciabilidad anterior y posterior a la implementación de bici-carriles a partir de fotos y el manual de diseño de pavimentos de INVIAS(INVIAS, 2008).
- Mapas que describan las situaciones anteriormente nombradas.

#### **1.5.4 Alcance**

Este trabajo de grado, tiene como propósito estimar la afectación en cuanto al nivel de servicio para la vía, como en temas de movilidad para los medios motorizados que se transportan por esta vía, este dado por la implementación de bici-carriles sobre la calzada de la carrera séptima, limitando la capacidad de la vía y generando velocidades menores, tiempos iniciales de cola más extensos que inciden directamente en el nivel de servicio para el caso del tránsito y en el índice de serviciabilidad en el caso del pavimento, se realizará la evaluación del nivel de servicio y movilidad a partir de datos de aforos llevados a cabo por la Secretaria de Movilidad según el radicado 2201142020, ya que al encontrarse Bogotá D.C en estado de emergencia sanitaria sería imposible la realización de estos muestreos de manera presencial como lo son los aforos para así determinar la composición vehicular, con esto se

determina las condiciones de servicio de la vía y el estado de la malla vial para posteriormente estimar las variaciones de éstas con la implementación de los bici-carriles.

### **1.5.5 Métodos de difusión**

Con ayuda de las nuevas plataformas académicas tecnológicas, se realizará la publicación del presente proyecto de grado en bibliotecas virtuales, incluyendo la de la Universidad Católica de Colombia; al igual que en plataformas de búsqueda académicas como Scrid, Google acadmic t Scholar entre otras.

También se presentará el presente documento ante la Secretaria de Movilidad de Bogotá para que sea Evaluado.

## 2 MARCO REFERENCIAL

### 2.1 MARCO TEÓRICO

Para la búsqueda bibliográfica se hizo uso de portales como Scopus y Google Scholar junto con un algoritmo de búsqueda a partir de palabras claves como lo son: mixed, roads, bicycles, motorized y vehicles.

De acuerdo con los resultados, se realizó un filtro teniendo en cuenta el año de publicación y la relación con el tema a tratar, de los cuales se destacaron los siguientes artículos.

Modeling and simulation of overtaking events by heterogeneous non-motorized vehicles on shared roadway segments(Liu et al., 2020). En este artículo se muestra los profundos efectos en el nivel de servicio y la seguridad de las carretas compartidas por vehículos motorizados y no motorizados a partir de la toma de datos empíricos de cerca de 490 trayectorias en horas pico en carretas compartidas en Shanghai, China.

En Predicting Bicycle Pavement Ride Quality: Sensor-Based Statistical Model(Qian et al., 2020). Se trata a los pavimentos y su interacción con las bicicletas en cuanto a comodidad, velocidades, capacidad y fatiga, utilizando 31 secciones de ciclovías y bici-carriles compartidos.

El artículo de Not all protected bike lanes are the same: Infrastructure and risk of cyclist collisions and falls leading to emergency department visits in three U.S. cities(Cicchino et

al., 2020), fue incluido ya que es indudable que la implementación de bici-carriles sin la debida protección física y solo definidos con líneas delimitantes o gorriones, son un problema en temas de accidentalidad y por ende, esto afecta el servicio que presta la vía, en caso de que algunos de éstos se presenten, el artículo cuenta con 604 pacientes que tuvieron una emergencia en estos lugares relacionados con el uso de la bicicleta en Washington, DC; Ciudad de Nueva York; y Portland, Oregon durante 2015-2017 esto con el propósito de determinar o estimar la probabilidad de accidentalidad en estos bici-carriles y discriminar dependiendo del tipo de protección o barrera física que tenga los mismos.

A travel mode comparison of commuters' exposures to air pollutants in Barcelona (de Nazelle et al., 2012). En este artículo se analiza en que proporción se puede ver afectado un ciclista o usuario de bicicleta como medio de transporte de manera recurrente al estar expuesto a diferentes concentraciones de CO<sub>2</sub> debido a la presencia de motorizados en un total de 172 viajes realizados en la ciudad de Barcelona, ya que como se sabe exponer a ciclistas a largos recorridos en donde hay emisiones de CO<sub>2</sub> importantes, como lo es la carrera séptima, sitio de estudio podría contribuir a afectaciones en la salud de los usuarios de estos bici-carriles.

El artículo Modelling automobile users' response pattern in defining urban street level of service (Jena et al., 2019), se tuvo en cuenta ya que el propósito de este proyecto es determinar el nivel de servicio de la vía anterior y posterior a la implementación de los bici-carriles, hecho que se trata en este artículo donde se evalúa la percepción de los usuarios en 34 segmentos urbanos, en condiciones de tráfico heterogéneas, con un total de 977 encuestados y así visibilizar que factores afectan en mayor medida el tráfico y la sensación del nivel de servicio.



Speeding behavior and speed limits for heterogeneous bicycle flow(Xu et al., 2019). Es importante determinar cuáles es la máxima velocidad permitida, ya que en estas calzadas no solamente se movilizarán medios convencionales de bicicletas si no también se movilizan medios eléctricos y los cuales deben tener un límite en cuanto a su velocidad de operación, por cuanto estos vehículos pueden generar accidentes por las condiciones especiales en las que operan. En este artículo, se muestra cuáles serían los limitantes a partir de la toma de datos a 11 segmentos de carriles en Hanezhou, China, así como determinar en qué condiciones de operación y diseño (ancho de los carriles) debería operar dichos vehículos.

En el artículo titulado Road capacity at bus stops with mixed traffic flow in China(Yang et al., 2009), destaca que en varias ciudades de China, los flujos de tráfico cerca de las paradas de autobús difieren de los que no poseen paradas de autobús. Ciertamente y por lo general, hay dos carriles en una parada de autobús, un carril no motorizado y un carril motorizado. Las paradas de autobús a menudo se encuentran en el carril no motorizado. Cuando un autobús hace una parada, los vehículos no motorizados, principalmente las bicicletas, se trasladan al carril motorizado. Por lo tanto, la presencia de paradas de autobús crea un conflicto temporal entre bicicletas y automóviles, reduciendo la capacidad de la carretera. Es así como se presenta un modelo de capacidad vial basado en la teoría de aceptación de brechas y la teoría de colas para el flujo de tráfico mixto en la parada y en la acera.

El documento Bicycle Traffic on Bicycle Lane: Characteristics and Influences on Motorized Vehicle Traffic(ZHOU, 2007). Se agrego ya que el propósito es investigar las características del tráfico de bicicletas en el bici carril y las influencias del tráfico de bicicletas en el tráfico

motorizado, separados por una línea de demarcación, a partir de relación de capacidad y flujo anualmente junto con su nivel de servicio.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

### 2.2.1. Clasificación de las vías.

El artículo 165 del Decreto 190 de 2004 (Plan de Ordenamiento Territorial) establece los componentes del subsistema vial así:

El Sistema vial este compuesto por las siguientes mallas:

*-Malla vial arterial principal:* Es la red de vías de mayor jerarquía, que actúa como soporte de la movilidad y la accesibilidad urbana y regional y de conexión con el resto del país.

*-Malla arterial complementaria:* Es la red de vías que articula operacionalmente los subsistemas de la malla arterial principal, facilita la movilidad de mediana y larga distancia como elemento articulador a escala urbana.

*-Malla vial intermedia:* Está constituida por una serie de tramos viales que permean la retícula que conforma las mallas arteriales principales y complementarias, sirviendo como alternativa de circulación a éstas, permite el acceso y la fluidez de la ciudad a escala zonal.

*-Malla vial local:* Está conformada por los tramos viales cuya principal función es la de permitir la accesibilidad a las unidades de vivienda.

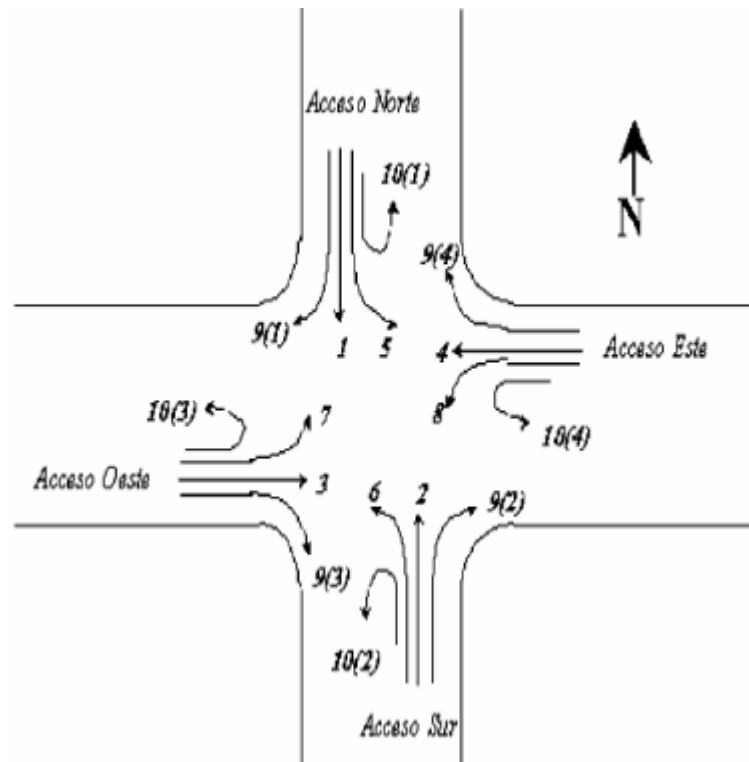
*-Malla vial rural:* Vías que comunican los asentamientos humanos entre sí, entre veredas, con la ciudad y la región. En el territorio rural, se definen tres tipos de vías: Principales, Secundarias y corredores de movilidad local rural (CMLR).

*-Intersecciones:* Son soluciones viales, tanto a nivel como a desnivel, que buscan racionalizar y articular correctamente los flujos vehiculares del sistema vial, con el fin de incrementar la capacidad vehicular, disminuir los tiempos de viaje y reducir la accidentalidad, la congestión vehicular y el costo de operación de los vehículos. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, Secretaria de Planeación, Pagina web)

### **2.2.2. Intersección Vial**

Según el manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte existen 16 movimientos según el tipo de intersección como se puede apreciar en la siguiente imagen.

Ilustración 1. Sentidos de circulación



Fuente: Alcaldía de Bogotá (2020).

De acuerdo con estos movimientos hay una decodificación como se puede apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 1 Decodificación según el tipo de giro en una intersección semaforizada

ACCESO	MOVIMIENTO	CODIGO
NORTE	Directo	1
	Giro a izquierda	5
	Giro a derecha	9 (1)

	Giro en U	10 (1)
Sur	Directo	2
	Giro a izquierda	6
	Giro a derecha	9 (2)
	Giro en U	10 (2)
Occidental	Directo	3
	Giro a izquierda	7
	Giro a derecha	9 (3)
	Giro en U	10 (3)
Oriental	Directo	4
	Giro a izquierda	8
	Giro a derecha	9 (4)
	Giro en U	10 (4)

Fuente: Alcaldía de Bogotá (2020).

### 2.2.3. Velocidad de recorrido

Llamada también velocidad global o de viaje, es el resultado de dividir la distancia recorrida, desde principio a fin del viaje, entre el tiempo total que se empleó en recorrerla. En el tiempo total de recorrido están incluidas todas aquellas demoras operacionales por deducciones de velocidad y paradas provocadas por la vía, el tránsito y los dispositivos de control, ajenos a la voluntad del conductor. No incluye aquellas demoras fuera de la vía, como pueden ser las correspondientes a gasolineras, restaurantes, lugares de recreación, etc.

Para todos los vehículos o para un grupo de ellos, la velocidad media de recorrido es la suma de sus distancias recorridas dividida entre la suma de los tiempos totales de viaje. Si todos o el grupo de vehículos recorren la misma distancia, la velocidad media de recorrido se obtiene dividiendo, así, puede verse que la velocidad media de recorrido es una velocidad media espacial con base en la distancia.

La velocidad de recorrido sirve principalmente para comparar condiciones de fluidez en ciertas rutas; ya sea una con otra, o bien, en una misma ruta cuando se han realizado cambios para medir los efectos. (Cal & Mayor y Asociados, 1994. p.218)

#### **2.2.4. Velocidad de marcha**

Para un vehículo la velocidad de marcha o velocidad de cruce es el resultado de dividir la distancia recorrida entre el tiempo durante el cual el vehículo estuvo en movimiento. Para obtener la velocidad de marcha en un viaje normal, se descontará del tiempo total de recorrido, todo aquel tiempo en que el vehículo se hubiese detenido, por cualquier causa. Por lo tanto, esta velocidad por lo general será de valor superior a la de recorrido. (Cal & Mayor y Asociados, 1994. p.218)

#### **2.2.5. Nivel de servicio.**

De acuerdo con el manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y transporte de Bogotá D.C, para determinar el nivel de servicio para una arteria urbana está basado en el promedio de la velocidad de viaje que realiza el recorrido en el segmento de vía

en cuestión a partir de los siguientes datos. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005)

- Velocidad media básica
- Tiempos de recorrido
- Demoras ocasionadas por dispositivos de control (semáforos)

Con referencia al manual, éste presenta un flujograma para determinar el nivel de servicios para arterias urbanas.

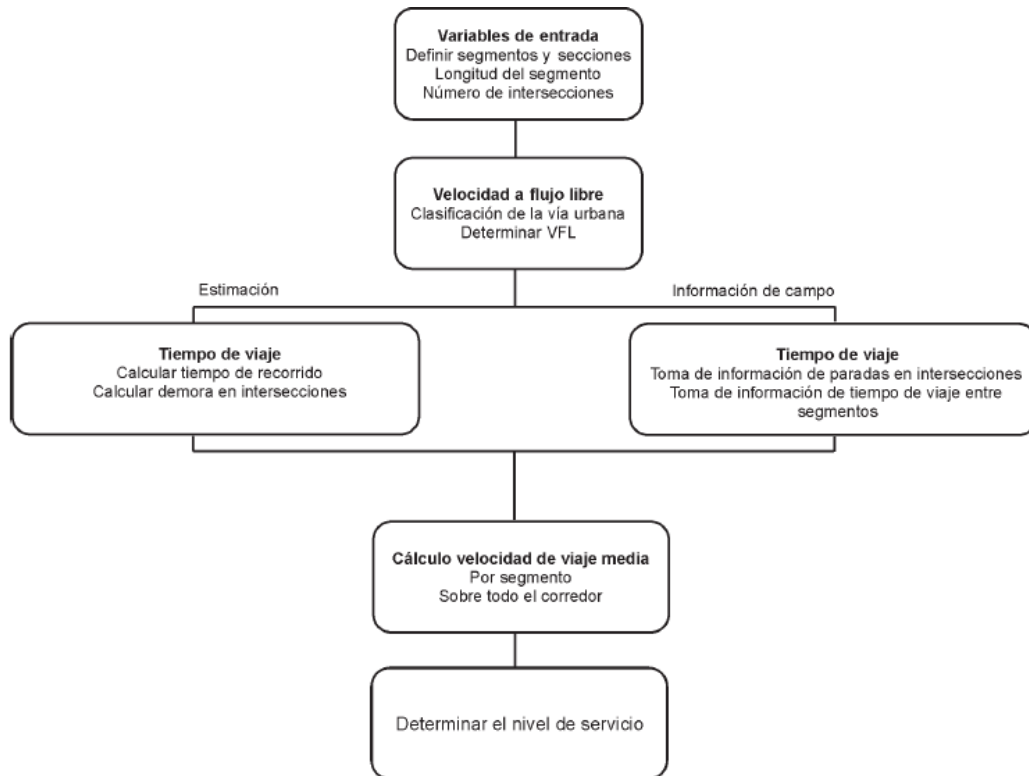


Figura 2 Flujograma para determinar nivel de servicio de una arteria urbana  
 Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, (2005)

Según este manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte, las vías urbanas se clasifican de acuerdo con las variables anteriormente nombradas con las letras A hasta la F.

- Nivel de servicio A: describe principalmente operaciones de flujo libre a velocidades medias de recorrido; en general cerca del 90% de la velocidad a flujo libre dada para cierta clase de vía. Los vehículos son casi libres para realizar maniobras en la corriente de tráfico. La demora de control no es significativa. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005, pag 361 a 362)
- Nivel de servicio B: describe operaciones a velocidad media de recorrido con leves dificultades para realizar maniobras, generalmente cerca del 70% de la velocidad a flujo libre. La demora de control las intersecciones son mínimas. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005, pag 361 a 362)
- Nivel de servicio C: describe operaciones estables; sin embargo, la capacidad de maniobrar y cambiar de carril en ubicaciones entre las intersecciones puede tener un poco más de restricciones que en el nivel de servicio B. Las largas colas o la descoordinación de semáforos pueden contribuir a una menor velocidad media de recorrido de cerca del 50% de la velocidad a flujo libre. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005, pag 361 a 362)



- Nivel de servicio D: bordea un rango en que pequeños incrementos en el volumen vehicular pueden causar un aumento sustancial en la demora y una disminución de la velocidad de recorrido. El nivel de servicio D puede deberse a la mala coordinación entre semáforos, ciclos semafóricos inapropiados, altos volúmenes de tráfico o una combinación de estos factores. La velocidad media de recorrido es aproximadamente del 40% de la velocidad a flujo libre. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005, pag 361 a 362)
- Nivel de servicio E: está caracterizado por la ocurrencia de demoras importantes y una velocidad media de recorrido de cerca del 33% de la velocidad a flujo libre. Estas operaciones son causadas por una mala coordinación semafórica, alta densidad de intersecciones semaforizadas, altos volúmenes, extensas demoras en intersecciones críticas y ciclos semafóricos inapropiados. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005, pag 361 a 362)
- Nivel de servicio F: está caracterizado por un flujo vehicular que opera a velocidades muy bajas, en general de un tercio a un cuarto de la velocidad a flujo libre. La congestión probablemente se debe a una intersección semaforizada crítica, con grandes demoras, altos volúmenes y largas colas. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005, pag 361 a 362)

Con base en lo anterior, en la tabla 1, se muestra los criterios de nivel de servicio basados en la velocidad de viaje y el tipo de vía para una arteria urbana.

Tabla 2 Nivel de servicio para arterias urbanas según su clasificación

Tipo de vía	I	II	III	IV
Rango de velocidad *	90-70 km/h	70-55 km/h	55-50 km/h	55-40 km/h
Velocidad típica	80 km/h	65 km/h	55 km/h	45 km/h
NS	Velocidad promedio de viaje (km/h)			
A	> 72	> 59	> 50	> 41
B	> 56 - 72	> 46 - 59	> 39 - 50	> 31 - 41
C	> 40 - 56	> 33 - 46	> 28 - 39	> 23 - 32
D	> 32 - 40	> 26 - 33	> 22 - 28	> 18 - 23
E	> 26 - 32	> 21 - 26	> 17 - 22	> 14 - 18
F	≤ 26	≤ 21	≤ 17	≤ 14

**Nota. \*** Velocidad a flujo libre.

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, (2005)

- Velocidad a flujo libre: esta velocidad se usa para determinar el tipo de vía urbana y para estimar el tiempo de recorrido de un tramo, esta también llamada velocidad de viaje en vías urbanas en condiciones de bajo tráfico y con semáforos en su corredor en fase verde en todo el recorrido. De esta manera, cualquier demora que se presenten en las intersecciones semaforizadas incluso en condiciones de bajo flujo vehicular, debe excluirse en el momento de cálculo de la velocidad a flujo libre. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005)
- Densidad de semáforos: la densidad de semáforos se refiere al número de intersecciones semaforizadas en el tramo de estudio en una longitud determinada. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005)

- **Factor de hora pico:** Si no se dispone de valores locales para el factor de hora pico, se puede usar aproximaciones, para horas de congestión 0.92 es un factor razonable, en caso de que no se pueda determinar la hora pico se recomienda usar 0.88. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005)
- **Duración del periodo de análisis:** el periodo típico de análisis es de 15 minutos, sin embargo si la demanda crea una cola residual en este periodo (es decir una relación v/c mayor a 1,0), se deben considerar periodos análisis adicionales de 15 minutos o un solo análisis más largo que se pueda mejorar la estimación, para este caso se deben tener cuenta la cola residual de un periodo a otro, la velocidad, la demora y el nivel de servicio pueden ser estimado en cada uno de estos periodos. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005)

Tabla 3 Estimación del tipo de vía para arterias urbanas según la velocidad a flujo libre y la densidad de semáforos.

Tipo de vía	Velocidad
I	85 km/h
II	65 km/h
III	55 km/h
IV	45 km/h

Tipo de vía	Semáforos
I	0.5 sem/km
II	2.0 sem/km
III	4.0 sem/km
IV	6.0 sem/km

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados (2005)

- **Determinación del tiempo de recorrido:** Existen dos componentes principales del tiempo total que un vehículo emplea en recorrer un segmento de vía dado: el tiempo de marcha y la demora de control en las intersecciones semaforizadas. Para calcular el tiempo de marcha, es necesario conocer el tipo de vía, la longitud del segmento y

la velocidad a flujo libre. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005)

Tabla 4 Estimación de tiempo de marcha por kilómetro

Tipo de vía	I			II			III		IV		
VFL (km/h)	90 <sup>a</sup>	80 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>	70 <sup>a</sup>	65 <sup>a</sup>	55 <sup>a</sup>	55 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	55 <sup>a</sup>	50 <sup>a</sup>	40 <sup>a</sup>
Longitud promedio	Tiempo de marcha por kilómetro (s/km)										
100 m	b	b	b	b	b	b	-	-	-	129	159
200 m	b	b	b	b	b	b	88	91	97	99	125
400 m	59	63	67	66	68	75	75	78	77	81	96
600 m	52	55	61	60	61	67	d	d	d	d	d
800 m	45	49	57	56	58	65	d	d	d	d	d
1.000 m	44	48	56	55	57	65	d	d	d	d	d
1.200 m	43	47	54	54	57	65	d	d	d	d	d
1.400 m	41	46	53	53	56	65	d	d	d	d	d
1.600 m	40 <sup>c</sup>	45 <sup>c</sup>	51 <sup>c</sup>	51 <sup>c</sup>	55 <sup>c</sup>	65 <sup>c</sup>	d	d	d	d	d

a Es mejor tener una estimación de la velocidad a flujo libre (VFL). Si no se dispone de la información necesaria, se recomiendan utilizar los siguientes valores:

Tipo de vía	VFL (km/h)
I	80
II	65
III	55
IV	45

b Si el Tipo I o II tienen una longitud menor de 400 m, se debe reevaluar la clasificación, y si sigue siendo un segmento distinto, utilizar los valores para 400 m.

c Para segmentos largos (mayores de 1.600 m) en vías tipo I y II, la velocidad a flujo libre puede usarse para calcular el tiempo de recorrido por kilómetro. Estos tiempos se observan en los accesos para segmentos de 1.600 m.

d De esta manera, las arterias urbanas de tipo III o IV con segmentos mayores de 400 m, primero deben ser reevaluadas. De ser necesario, pueden extrapolarse los valores por encima de 400 m.

Fuente: Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados (2005)

- Determinación de la demora: El cálculo de la velocidad en una arteria urbana requiere hallar las demoras de control en las intersecciones. Debido a que la función de una vía de este tipo es servir al tráfico que utiliza todo el corredor, el grupo de carriles de movimiento directo se usa para caracterizar la arteria. La demora de control para movimientos directos es el valor que se debe utilizar en la evaluación de una arteria

urbana. En general, esta información debe estar disponible ya que el análisis total debe incluir el análisis separado de cada intersección semaforizada. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005)

De acuerdo con lo anterior, la siguiente ecuación sirve para determinar la demora de control a partir de la demora uniforme, demora incremental, demora inicial por cola para determinar el nivel de servicio de la vía. (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005)

$$d = d1PD + d2 + d3$$

$$d1 = \frac{0.5c(1 - \frac{g}{c})^2}{1 - \left[ \min(1, X) \frac{g}{c} \right]}$$

$$d2 = 900T \left[ (X - 1) + \sqrt{(X - 1)^2 + \frac{8kLX}{cT}} \right]$$

Donde

d= demora de control (s/veh).

d= demora uniforme (s/veh).

d= demora incremental (s/veh).

d= demora inicial por cola (s/veh).

PF=Factor de ajuste por progresión.

X= relación volumen capacidad para el grupo de carriles ( $v/c$ ).

C=longitud del ciclo (s).

c= capacidad del grupo de carriles (veh/h).

g= tiempo efectivo de verde (s).

T=duración del periodo de análisis (h).

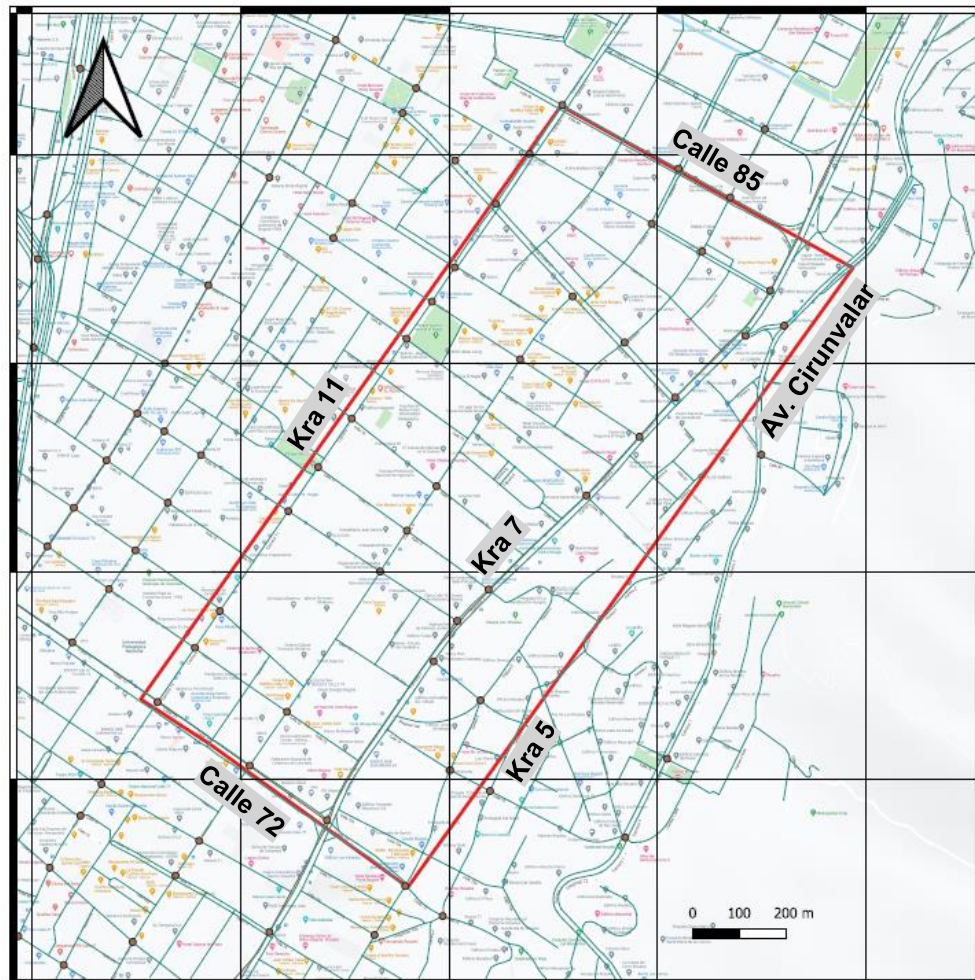
k= ajuste de la demora incremental debido al control.

l= ajuste de la demora incremental debido al semáforo corriente arriba. Tomado de (Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. & Cal & Mayor y Asociados, 2005, pag 363-366)

### 3 METODOLOGÍA

La metodología a seguir en primer lugar, de acuerdo con los datos tomados por la Secretaria de Movilidad de Bogotá D.C para el tramo en estudio (carrera 7 entre la calle 72 y 85), se delimitará la zona de estudio con la red de semáforos y la malla vial como se puede apreciar en el siguiente mapa el cual estará disponible en el anexo 1.

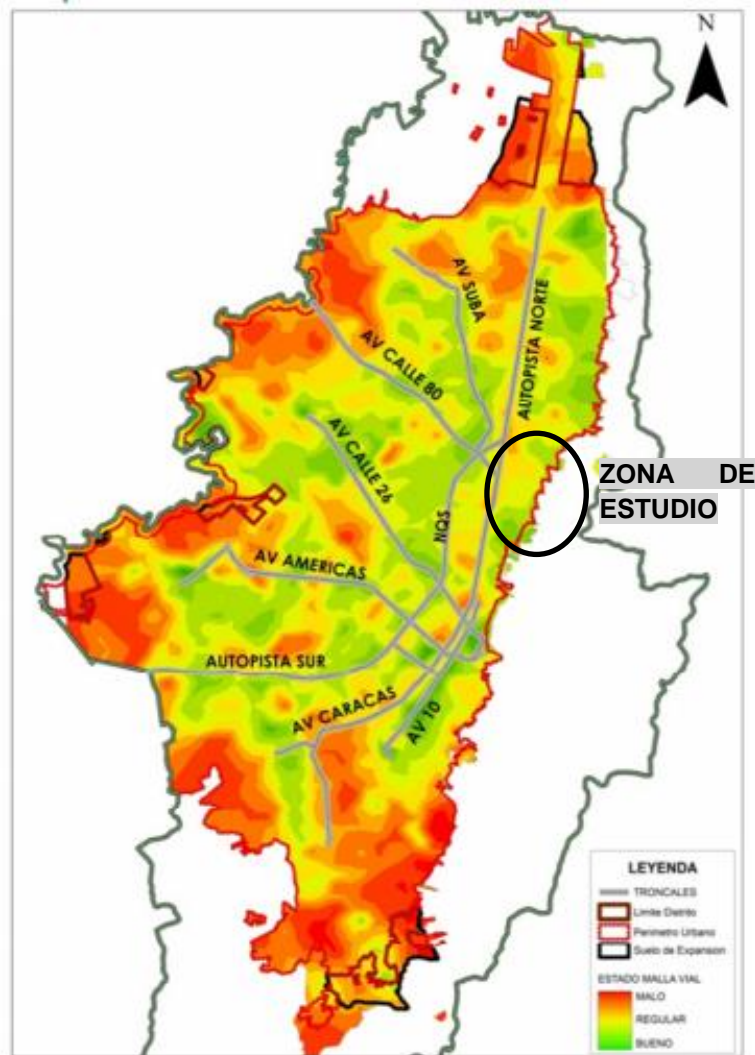
Figura 3 Mapa general de la zona de estudio e intersecciones semaforizadas



Fuente: Elaboración propia

Paso número 2, se realiza la evaluación del estado de la vía actual para determinar los puntos críticos, los cuales se pueden afectar en mayor medida en el índice de serviciabilidad, ya que de acuerdo con el Invias para el 2013 el estado de la malla vial para la ciudad de Bogotá era según, muestra la figura 4. (Subdirección General de Desarrollo Urbano, 2013).

Figura 4 Estado de la malla vial arterial

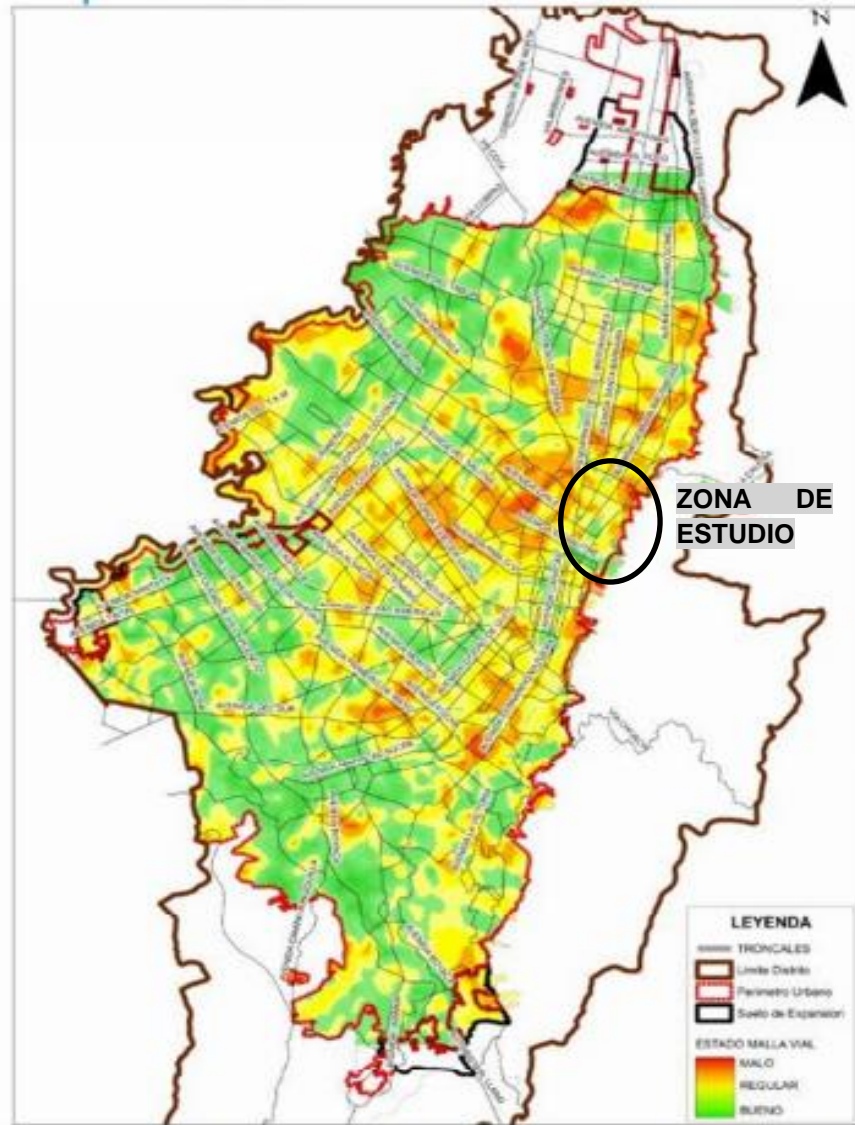


Fuente: Subdirección General de Desarrollo Urbano (2013).



Estaba en mal estado, pero esto no solo para la malla vial arterial, sino también para la malla vial intermedia y la malla vial local ya que no cambian en gran medida como se puede apreciar en las figuras 5.

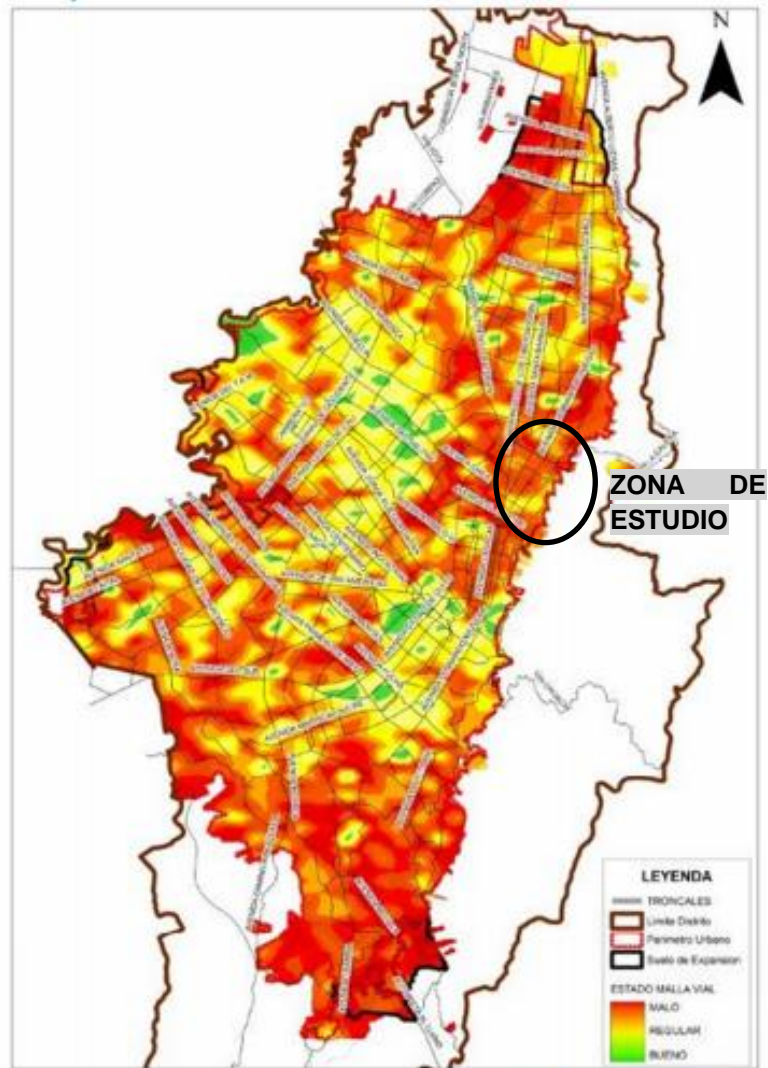
Figura 5 Estado de la malla vial intermedia



Fuente: Base de Datos del Inventario y Diagnóstico de la Malla Vial - IDU - Diciembre de 2013.

Fuente: Subdirección General de Desarrollo Urbano (2013).

Figura 6 Estado de la malla vial local



Fuente: Base de Datos del Inventario y Diagnóstico de la Malla Vial - IDU - Diciembre de 2013.


Fuente: Subdirección General de Desarrollo Urbano (2013).


Evidenciado de una mejor forma, por las imágenes tomadas por el coche Street View de Google que tomo nuevamente las fotos para mayo del 2019, mostrando que no han existido

mejoramientos en estas calzadas en lo corrido de este año, para la zona de estudio son válidas a nivel de comparación de la vía en la actualidad.

<b>Registro fotográfico</b>	<b>Nombre</b>	<b>Kr Séptima – Calle 79B</b>
<p>Ilustración 2 Estado vial de la carrera séptima sentido N-S</p> 	Número de carriles	3 por sentido de circulación
	Número de calzadas	Dos calzadas
	Ciclo-ruta	Si (SN)
	Sentido Vial	NS-SN
	Tipo y estado de pavimento	Pavimento Flexible en estado regular y malo
	Demarcación	Mala

<b>Registro fotográfico</b>	<b>Nombre</b>	<b>Kr Séptima – Calle 77</b>
	Número de carriles	3 por sentido de circulación
	Número de calzadas	Dos calzadas

<p>Ilustración 3 Estado vial de la carrera séptima sentido N-S</p> 	Ciclo-ruta	Si (SN)
	Sentido Vial	NS-SN
	Tipo y estado de pavimento	Pavimento Flexible en estado regular y malo
	Demarcación	Mala

<b>Registro fotográfico</b>	<b>Nombre</b>	KR SÉPTIMA – CALLE 76
<p>Ilustración 4 Estado vial de la carrera séptima sentido N-S</p> 	Número de carriles	3 por sentido de circulación
	Número de calzadas	Dos calzadas
	Ciclo-ruta	Si (NS)
	Sentido Vial	SN -NS
	Tipo y estado de pavimento	Pavimento Flexible en estado regular y malo
	Demarcación	Mala

Registro fotográfico	Nombre	Kr Séptima – Calle 75
Ilustración 5 Estado vial de la carrera séptima sentido S-N  	Número de carriles	3 por sentido de circulación
	Número de calzadas	Dos calzadas
	Ciclo-ruta	Si (NS)
	Sentido Vial	SN -NS
	Tipo y estado de pavimento	Pavimento Flexible en estado regular y malo
	Demarcación	Mala

Registro fotográfico	Nombre	Kr Séptima – Calle 75
Ilustración 6 Estado vial de la carrera séptima sentido S-N	Número de carriles	3 por sentido de circulación
	Número de calzadas	Dos calzadas
	Ciclo-ruta	Si (NS)



	Sentido Vial	SN -NS
	Tipo y estado de pavimento	Pavimento Flexible en estado regular y malo
	Demarcación	Mala

Ilustración 7 Mapa de ubicación fotográfica del sitio de estudio.

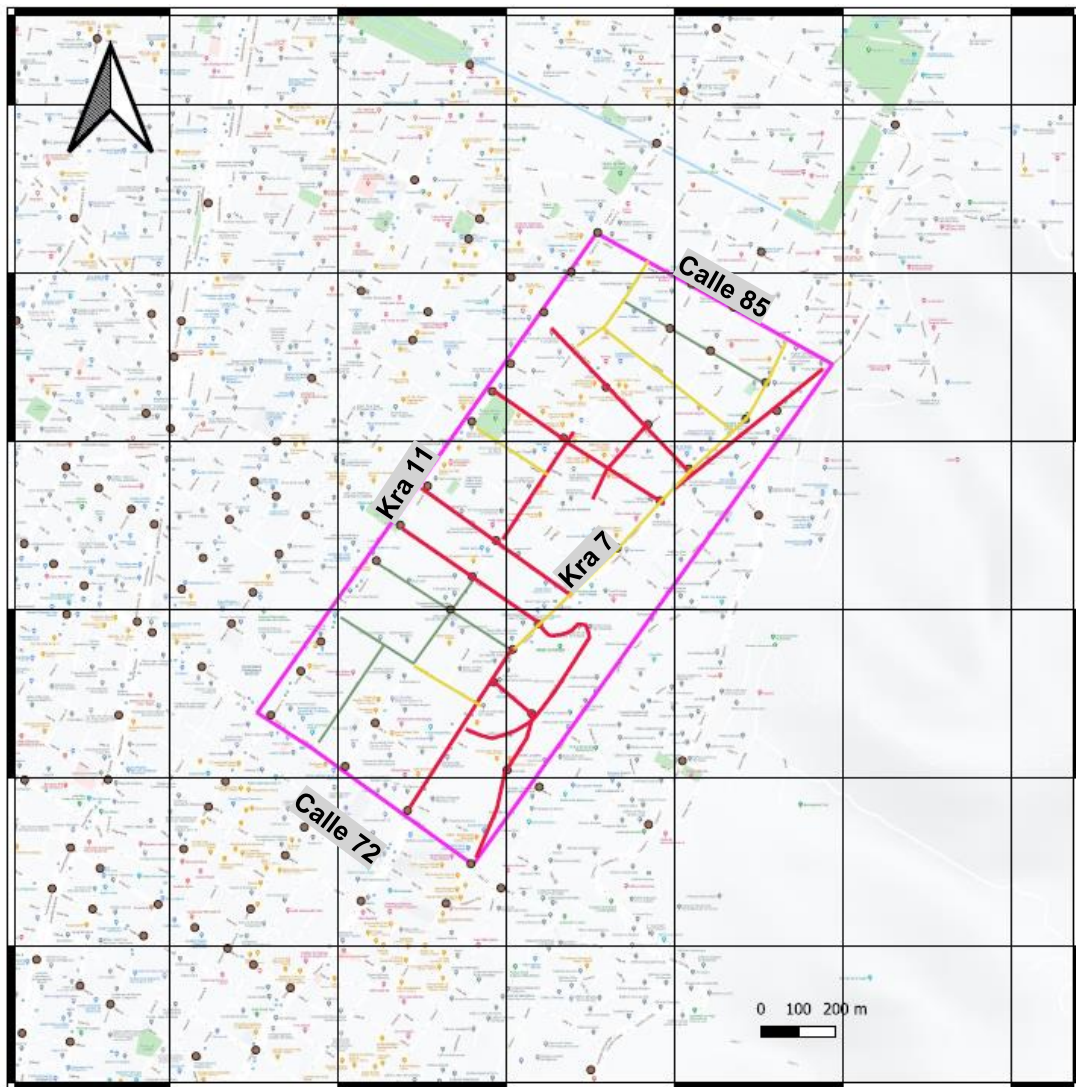


Fuente: Elaboración Propia

Además, como no solamente se ven afectada la malla vial de la carrera séptima también se afectarán vías alternas a esta y mallas intermedias ya que si esta se ve altamente congestionada forzará a los vehículos a que tomen rutas alternas.

Zonas de afectación más críticas de acuerdo con el mapa de estado actual de la vía, como se puede apreciar de mejor manera en el anexo 2.

Ilustración 8 Mapa de estado vial de la zona de estudio escala 1:1000



Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente se determina las velocidades de marcha y recorrido ubicadas en el corredor de estudio, además de establecer los tiempos promedios de marcha y recorrido del viaje en hora no pico, en un escenario anterior a la pandemia y en uno actual, y así definir las condiciones de funcionamiento de la vía con respecto a lo encontrado en la normativa anteriormente dicha, para así generar una clasificación en el nivel de servicio de la vía, para las diferentes intercepciones semaforizadas de acuerdo a los datos entregados para la Secretaria de Movilidad de Bogotá D.C. Donde a partir de este punto se realizará el estimativo de las nuevas velocidades de punto de marcha y recorrido con la reducción en el ancho del carril por cuenta de los bici carriles exclusivos y determinar así el nuevo nivel de servicio de la vía, y se plantearían nuevas dinámicas o soluciones para estos problemas.

### **3.1 TIPO DE ESTUDIO**

Estudio de tránsito con enfoque en el nivel de servicio de una vía.

### **3.2 FUENTES DE INFORMACIÓN**

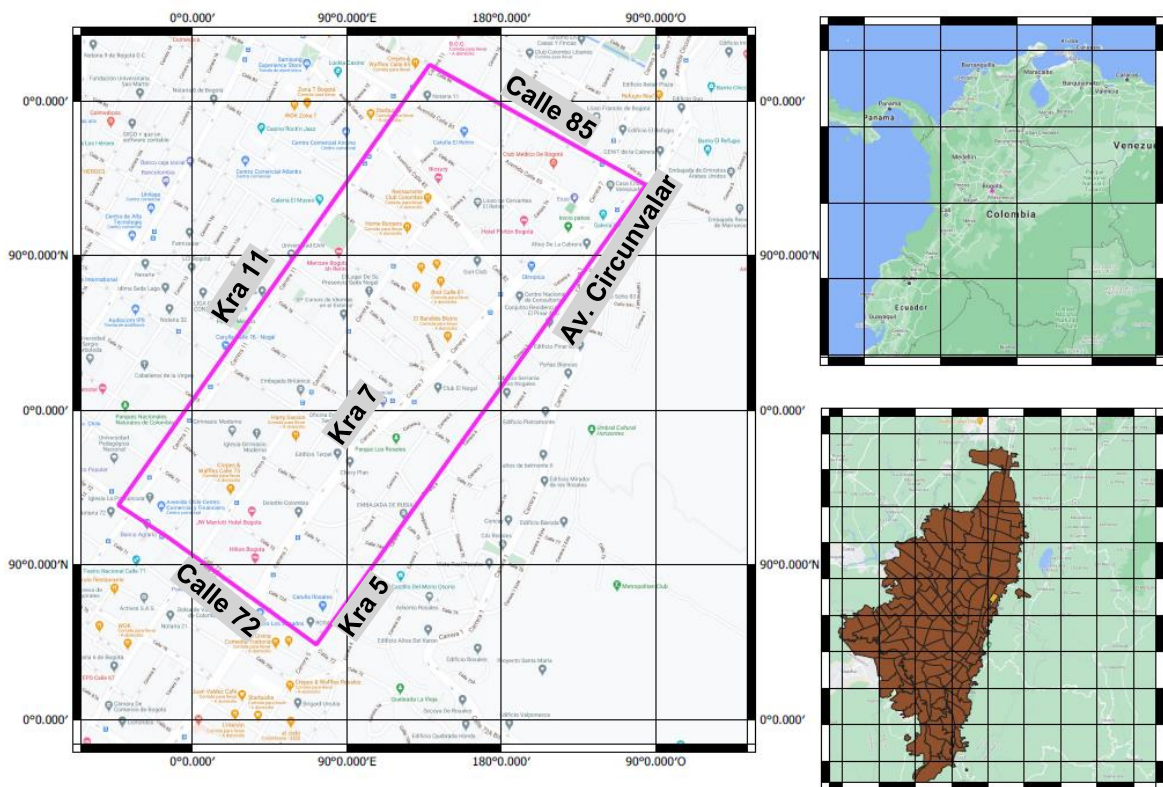
Secretaría de movilidad, Google maps y el manual de Planeación y Diseño Para La Administración Del Tránsito y El Transporte, tomo III.



## 4 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá-Colombia, en la localidad de Chapinero, donde corresponde a la UPZ 88, Barrio El refugio, en la carrera séptima entre las calles 72 y 85 como se puede apreciar en el siguiente mapa.

Ilustración 9 Mapa general de localización de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestran los límites en cuanto al área de estudio en cuestión de acuerdo con el mapa anteriormente mostrado.

Tabla 5 Tabla de límites de la zona de estudio

Orientación	Calle (Cil)	Carrera (Kra)
Norte	85	11
Occidente	72	11
Oriente	85	5
Sur	72	5

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1 CENTROS GENERADORES DE TRÁFICO

Se debe analizar los principales generadores de tráfico ya que estos hacen parte de las posibles soluciones o alternativas planteadas luego de determinar el nivel de servicio antes y después de la implementación de los carriles exclusivos.

- **Club el Nogal:** Ubicado sobre la carrera séptima entre las calles 79b y calle 75, se le considera un centro atractor de tráfico ya que al estar ubicado sobre una vía principal y ofrecer servicios de comercio, entretenimiento y trabajo genera una acumulación de viajes que en su mayoría están entre las 7:00 am y las 9:00 pm.
- **Zona residencial:** La alta zona residencial genera que los flujos de salida y retorno al hogar sean muy demandadas, generando que la movilidad en el sector sea lenta, generando grandes colas y aumentando los tiempos de viaje hasta de 30 minutos.

- **Zona Mixta:** Generan focos de atracción por los servicios que estos proveen, además están cerca de dos paradas de bus generan una dificultad a la hora de tomar el medio, por la congestión para entrar y salir de dichos lugares.

Se le denomina zona mixta a los siguientes lugares donde realicen las siguientes actividades:

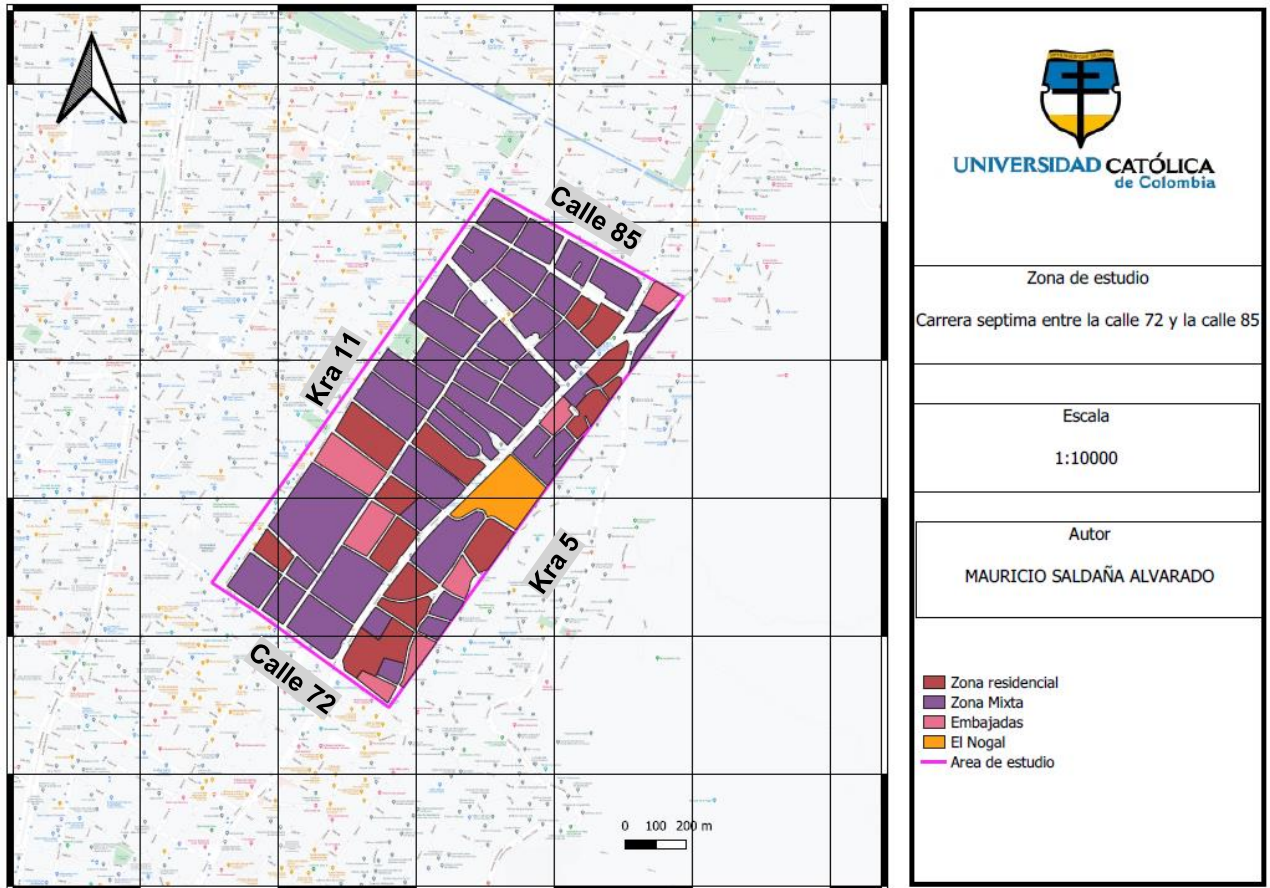
Residenciales.

Comercio con un área no mayor a 150 m<sup>2</sup>, tales como cigarrerías, licorerías, surtidoras, Fruver, etc.

Bancos o casas de cambio.

- **Embajadas:** las embajadas son muy comunes en esta zona, por lo general se llevan a cabo múltiples diligencias de documentación, lo cual hace que la misma pueda ser tomada como centro atractor de tráfico.

Ilustración 10 Mapa de zonas atrectores de tráfico.



Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a los aforos suministrados por la secretaria de movilidad a través del radicado 2201142020 se puede apreciar como la mayoría de las personas que transitan por carrera séptima se mueven en automóvil y moto lo cual es congruente al tipo de sector en cuestión a analizar mientras que la minoría usa el transporte público masivo.

Otros lugares para resaltar como atrectores de tráfico son los bancos ya que en la zona se cuentan con alrededor de 12 entre los cuales se pueden resaltar los siguientes:

- Davivienda.

- Citibank.
- Scotiabank.
- Bancolombia.
- Banco Caja Social.
- BBVA.
- COLPATRIA.
- Banco GNB SUDAMERIS S.A.
- BSCA.
- Financiera Comultrasan.
- Multibank.

Además de estos lugares también existen centros comerciales modestos entre estos encontramos.

- C.C Bahamas.
- Woah Store.
- Avenida Chile Centro Comercial y Financiera

Además de tener cedes de diferentes universidades entre las cuales se puede apreciar Universidad Santo Tomas y Facultad de Bellas Artes Universidad Pedagógica Nacional.

Además de ser una zona con una alta densidad de restaurantes formales y de comida rápida con cerca de 37 locales y un total de 13 hoteles.

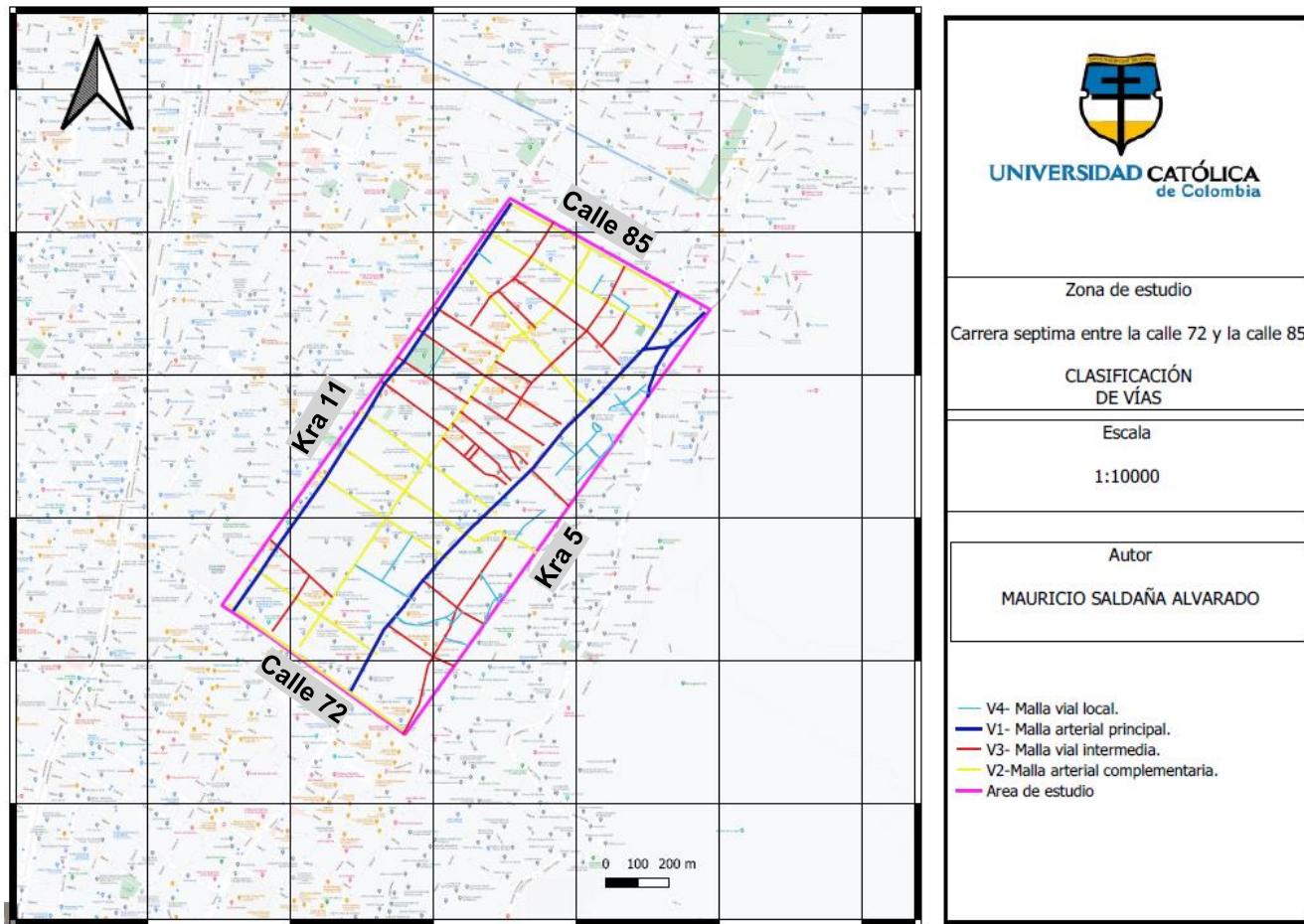
## 4.2 CORREDORES VIALES

El sistema vial está constituido según el artículo 165 del decreto 190 de 2004 en el plan de ordenamiento territorial (POT) por la interconexión de 4 mallas jerarquizadas de acuerdo con sus características funcionales en materia de centralidad, volumen de tránsito, y conectividad entre las mismas. De acuerdo con la clasificación del POT, se distinguen las siguientes mallas (IEU, 2019):

- La malla arterial principal (V1): es la red de vías de mayor jerarquía y actúa como soporte de la movilidad y la accesibilidad metropolitana y regional.
- La malla arterial complementaria (V2): la malla arterial complementaria articula operacionalmente a la malla vial principal y la malla vial intermedia; permite la fluidez del tráfico interior de los sectores conformados por la malla vial principal y determina la dimensión y forma de la malla vial intermedia, la cual se desarrolla en su interior. Esta malla es de soporte básico para el transporte privado y para las rutas alimentadoras del sistema de transporte masivo.
- La malla vial intermedia (V3): se constituye por una serie de tramos viales que permean la retícula que conforma las mallas arteriales principales y complementarias, sirviendo como alternativa de circulación a estas. Permite el acceso y fluidez de la ciudad a escala zonal.
- La malla vial local (V4): está constituida por los tramos viales que tienen como función principal permitir la accesibilidad a las unidades residenciales.

A continuación, se muestra un esquema de la zona estudiada con la respectiva clasificación de las vías que en ella se encuentran.

Ilustración 11 Mapa de Clasificación de las vías.



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.1 Estado de las vías.

Luego de realizar un análisis cualitativo del estado actual de las vías localizadas en el área de estudio, se identificaron dos tipos de pavimentos, pavimentos flexibles y pavimentos rígidos.

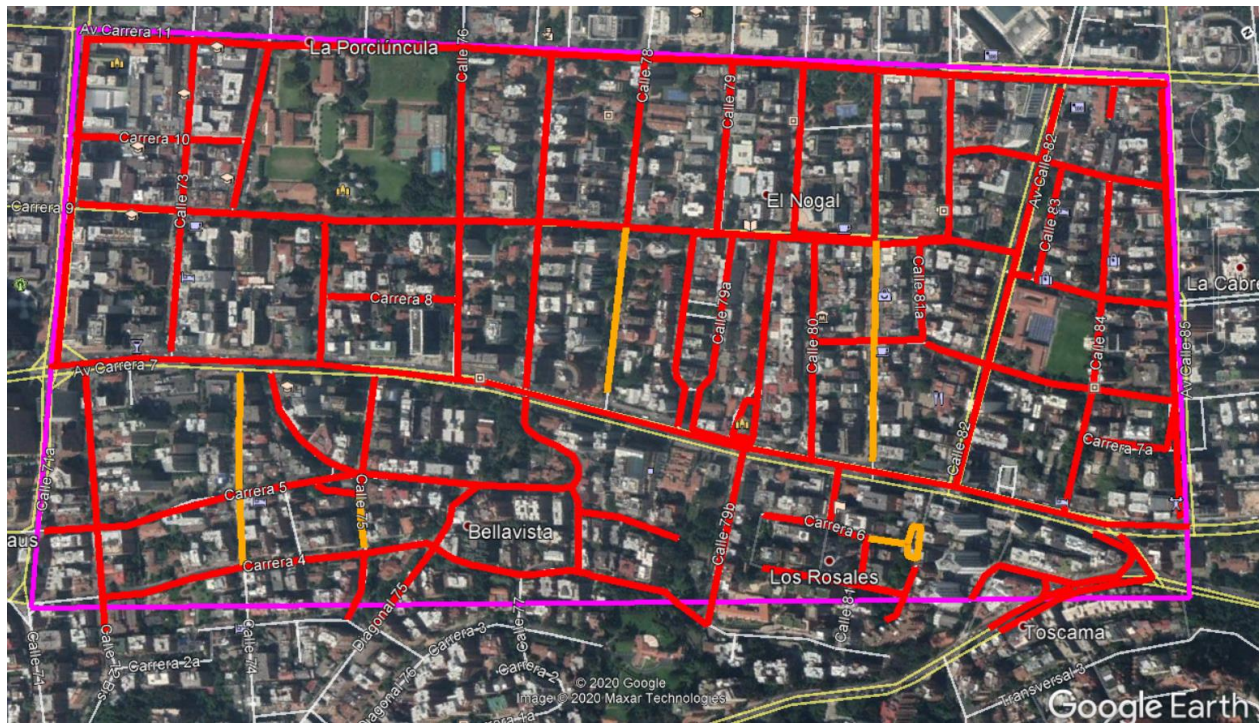
En un mayor porcentaje se encontró que el tipo de pavimento del sector de estudio es pavimento flexible y en menor porcentaje pavimento rígido, el cual solo se ubicó en las siguientes direcciones:

- Sobre la Calle 78 entre carrera 7 y Carrera 9
- Sobre la Calle 81 entre carrera 7 y Carrera 9
- Sobre la Calle 74 entre carrera 4 y Carrera 7
- Sobre la Calle 75 entre carrera 4 y Carrera 5
- Sobre la Carrera 6 entre Calle 81 y Calle 82

Las demás vías tienen pavimento flexible, a continuación, se observa gráficamente la ubicación del tipo de pavimento de las vías en el área de interés:



Ilustración 12 Mapa tipo de pavimentó de las vías.



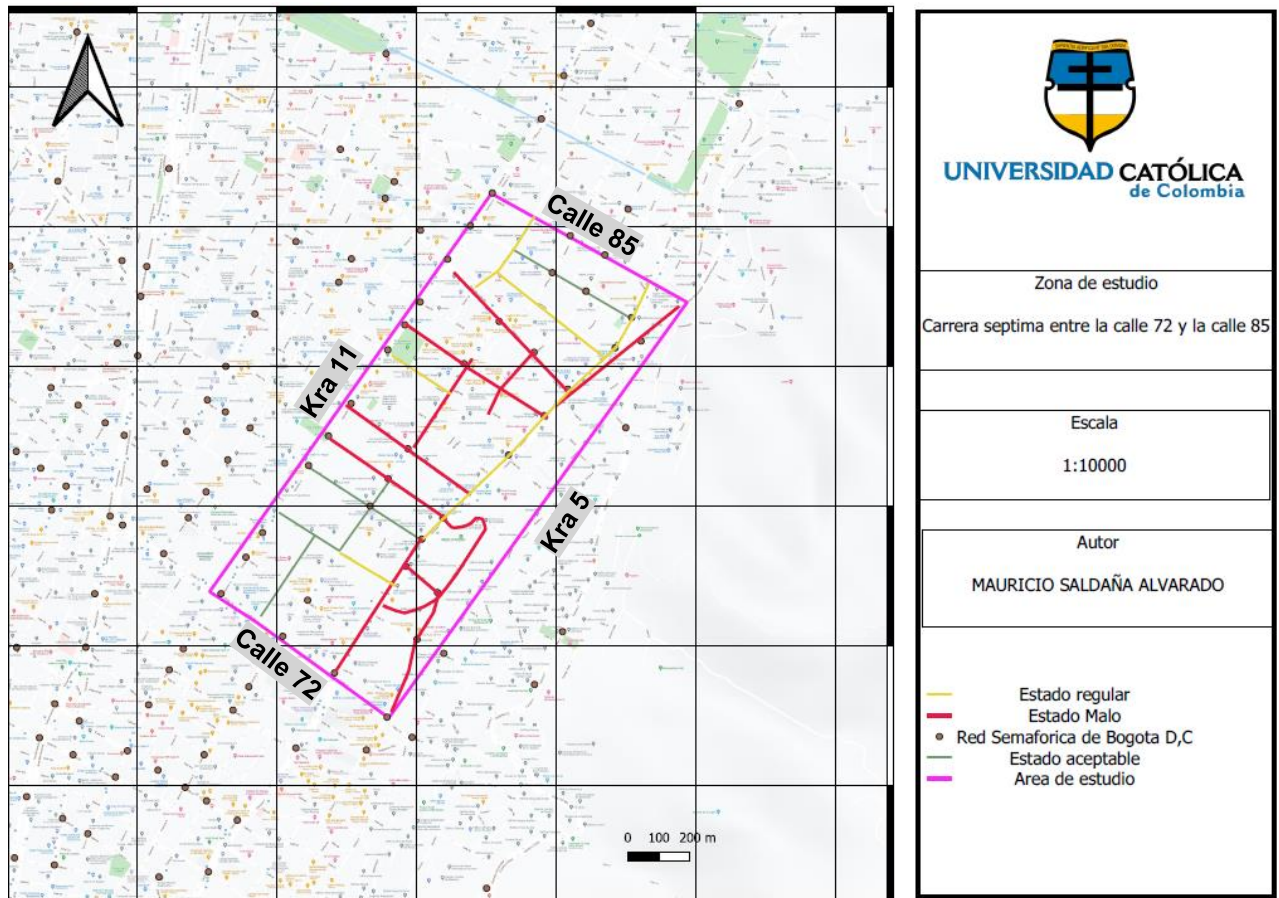
Pavimento Rígido ———

Pavimento Flexible ———

Fuente: Google Earth

Con esta información se permite hacer un mapa prediciendo las zonas de afectación más críticas de acuerdo con el mapa del estado actual de la vía.

Ilustración 13 Mapa de estado de las vías



Fuente: Elaboración propia.

Para las vías de pavimento flexible se observó que aquellas que presentaban un mayor deterioro (estado regular, con desgaste y fisuras en el pavimento) correspondían a las vías que tenían un mayor flujo de tránsito de vehículos pesados estos flujos se pueden apreciar en la gráfica 3,22 y 23, como es el caso de la carrera séptima hacia el sentido oriente - occidente, la calle 72 por el oriente y la calle 85. Mientras que la vía que presentó un mal estado (con huecos, desgaste y fisuras en el pavimento) fue la carrera quinta la cual es de pavimento flexible se hace la claridad entre las carreras quinta y séptima, ya que usualmente el grueso

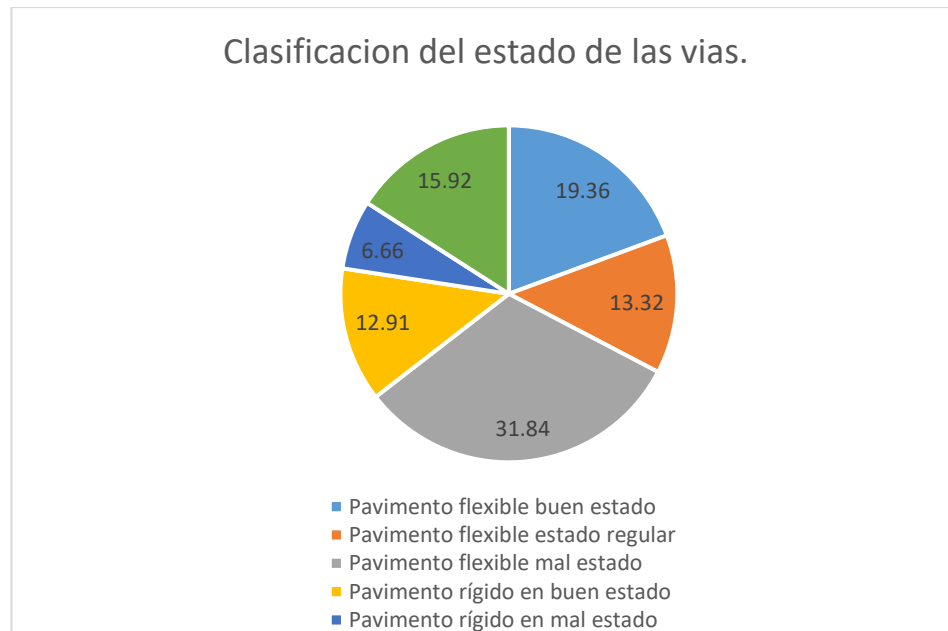
de vehículos toma desviaciones por esta carrera quinta cuando la séptima se encuentra muy congestionada ayudando a deteriorar de manera más rápida, debido al alto flujo de vehículos pesados y livianos que como anteriormente se dijo se puede apreciar en las ilustraciones 26, 30 y 34, que transitan en ella todo el día, lo que permite deducir que no han tenido un apropiado mantenimiento vial.

Tabla 6 Tabla de estado actual de la vía fuente elaboración propia a partir de fotos tomadas por Google Earth.

<b>Clasificación</b>	<b>Longitud(m)</b>	<b>Longitud(km)</b>	<b>Porcentaje</b>
Pavimento flexible buen estado	2162,4	2,1624	19,36
Pavimento flexible estado regular	1488	1,488	13,32
Pavimento flexible mal estado	3556	3,556	31,84
Pavimento rígido en buen estado	1441,6	1,4416	12,91
Pavimento rígido en mal estado	744	0,744	6,66
Vía carreteable en mal estado	1778	1,778	15,92
<b>Total</b>	<b>11170</b>	<b>11,17</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 14 Clasificación del estado de las vías



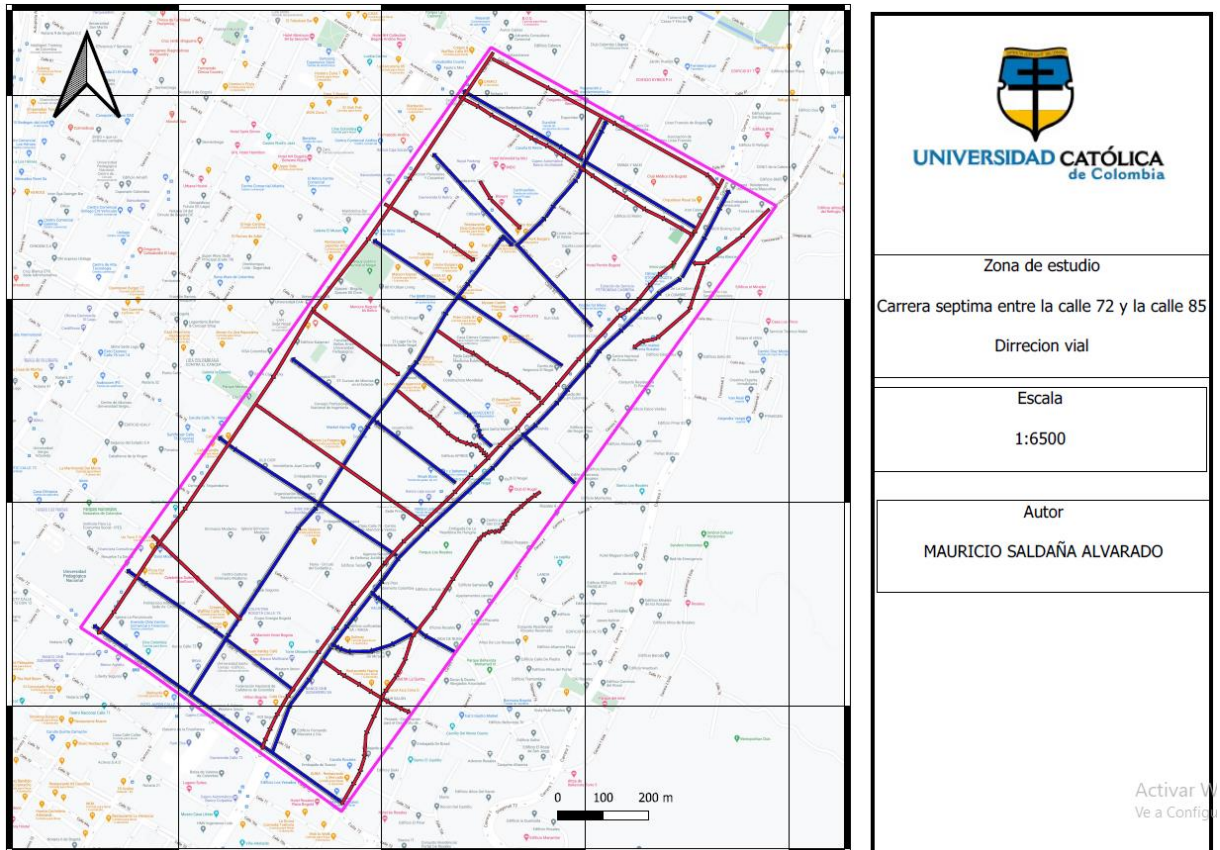
Fuente: Elaboración propia a partir de fotos tomadas por Google Earth

#### 4.2.2 Sentidos de circulación.

Luego de realizar el inventario cualitativo del estado de las vías se determinó el sentido de circulación de la malla vial. En la zona de estudio se clasificaron dos tipos de vías: unidireccionales y bidireccionales. Las vías unidireccionales se identificaron en: la intersección de la calle 72 de sentido oriente a occidente y la intersección que conecta la carrera 7 con la calle 85 (Ilustración 10 y anexos).



Ilustración 15 Mapa de dirección vial



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3 Zonas de parqueo.

Además de las zonas de parqueo del SITP y de los buses conectores de Transmilenio, se pudo observar diferentes zonas de parqueo a lo largo de la carrera séptima, generando mayores tiempos de cola y empeorando la calidad del servicio esto se puede apreciar en mayor medida en los datos proporcionados por la Secretaria de Movilidad de Bogotá D.C, que se mostraran posteriormente, algunos de los diferentes puntos de parqueo generalmente usados son los siguientes:



Ilustración 16 Zona de parqueo Kr 7 con calle 78



Ilustración 17 Zona de parqueo Kr 7 con calle 80a



Ilustración 18 Zona de parqueo Kr 7 con calle 80ª



Ilustración 19 Zona de parqueo Kr 8 con calle 81



Ilustración 20 Zona de parqueo calle 81 con 78

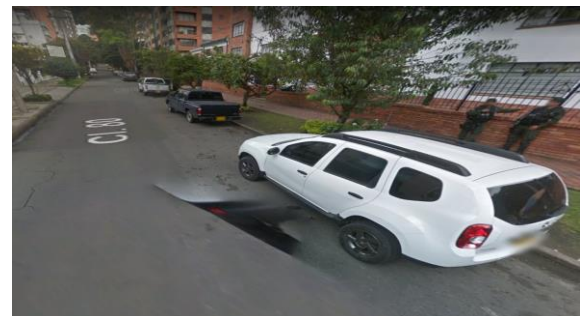


Ilustración 21 Zona de parqueo calle 80 con Kr 9

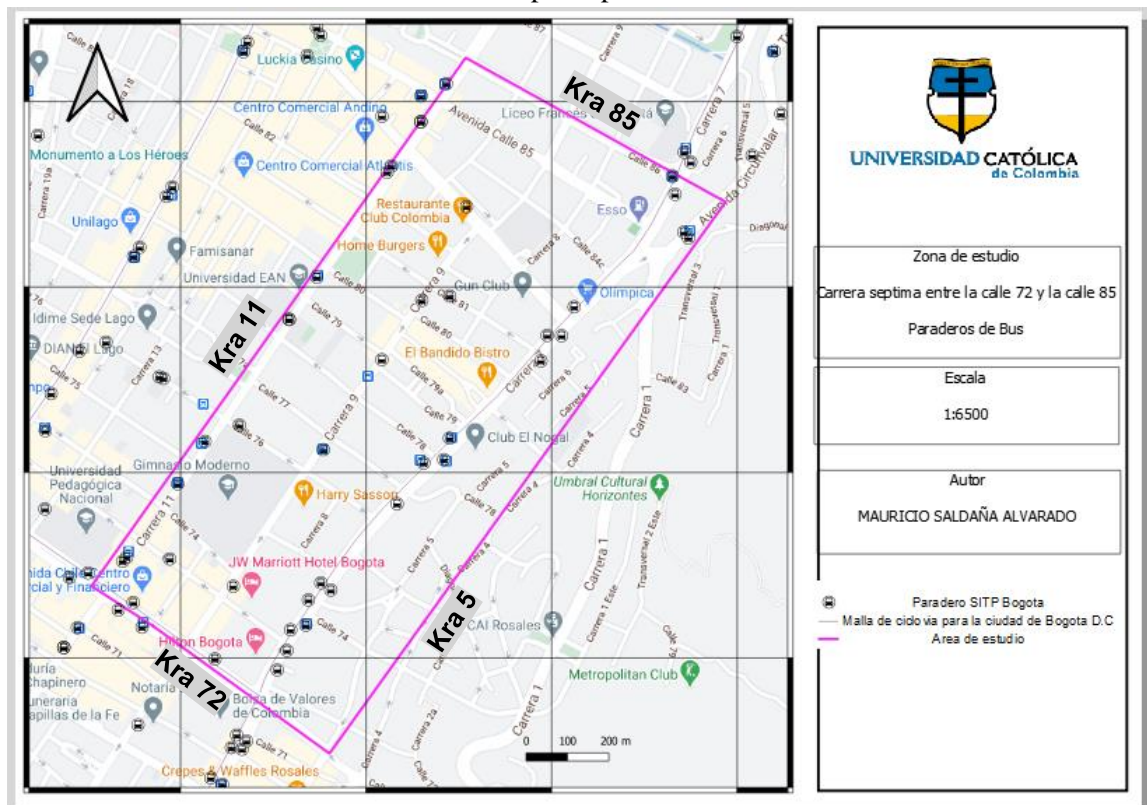
Como se puede apreciar la gran presencia de zonas de parqueo y además de un carril excluido para buses en horas pico dificulta la movilidad de los particulares y aumenta la congestión en el área en cuestión, además de contar con centros atractores de tráfico hablados anteriormente, también cuentan con lugares de parqueo exclusivos, siendo también parte del

problema esto se puede apreciar de manera más profunda en los datos analizados en el numeral 5.

#### 4.2.4 Paraderos de Buses.

Además de contar con zonas de parqueo informal, también se cuenta con paraderos para buses exclusivos del SITP como se puede apreciar en la siguiente ilustración.

Ilustración 22 Mapa de paraderos de buses.



Fuente: Elaboración propia

Adicional existe un carril exclusivo para buses en horario pico, que generara un notable descenso en el nivel de servicio de la carrera séptima, ya que reduce tanto en el sentido sur-



norte como norte- sur la calzada a solo 2 carriles para los demás actores del tránsito motorizados, es decir, reduce el área efectiva en un 33.33%.

Ilustración 23 Carril exclusivo para buses en horario pico



Fuente: Google maps, Street view

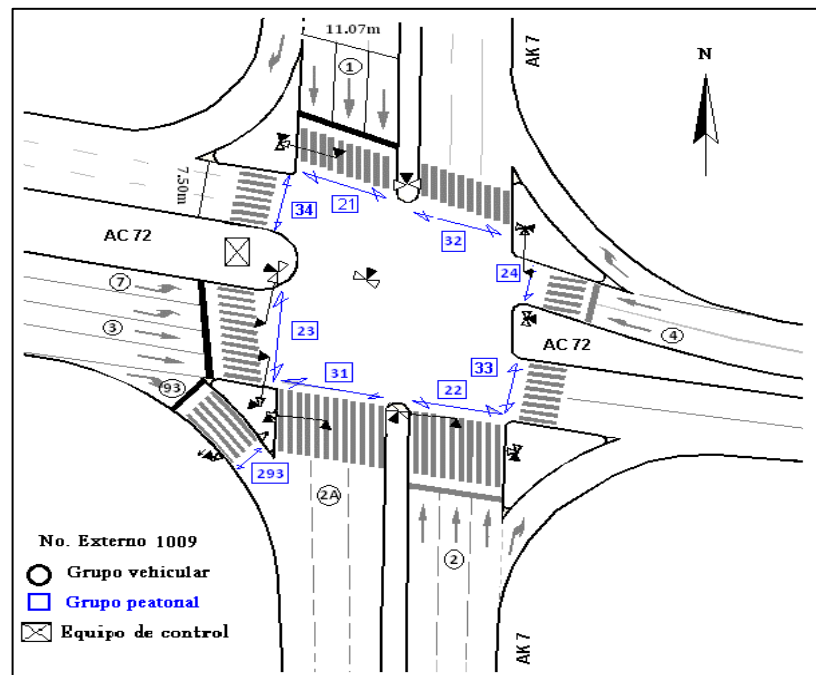


## 5 INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.

Las intersecciones semaforizadas a analizar para determinar el nivel de servicio de la carrera séptima en el segmento seleccionado son Kr 7 con calle 72, calle 82 y calle 85, ya que se cuentan con los aforos tomados por la Secretaria de Movilidad de Bogotá D.C, antes de la pandemia, a continuación, se mostrara la distintas intersecciones así como la composición vehicular y composición vehicular horaria, para los diferentes tipos de movimientos y así como una tabla resumen de las direcciones con mayor capacidad en horas pico.

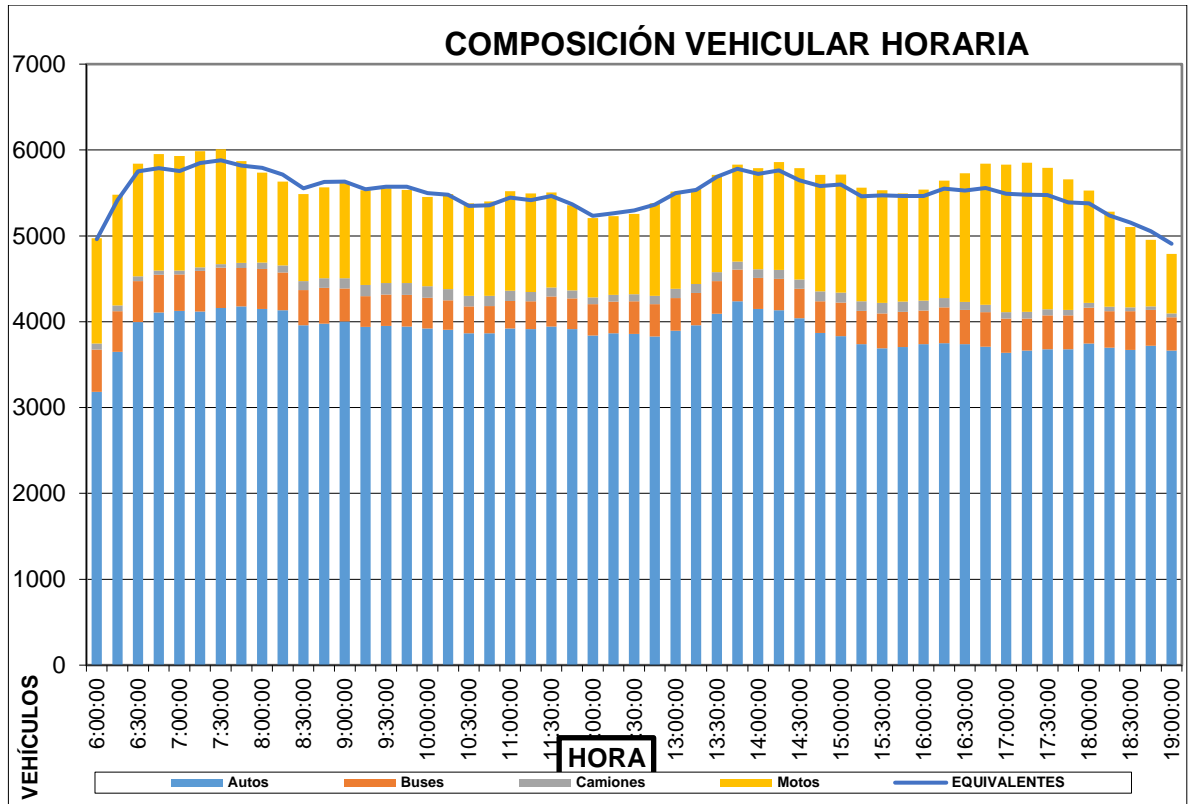
### 5.1 INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS KR 7 CON CALLE 72

Ilustración 24 Esquema general intersección semaforica



Fuente: Secretaria de Movilidad a partir del radicado 2201142020

Ilustración 25 Composición vehicular horaria



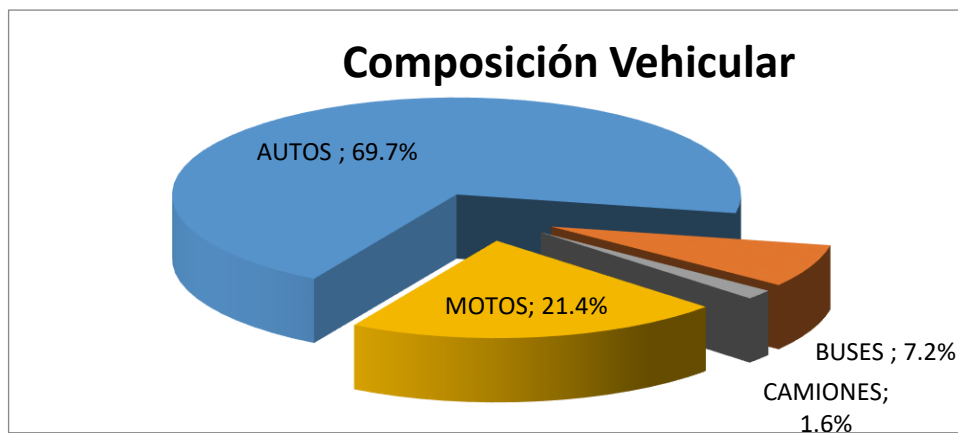
Fuente: Elaboración propia, con base a datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.

Los datos fueron tomados específicamente en la calle 72 de acuerdo con la ilustración 24, para todos los movimientos que en dicha ilustración se muestran en el marco teórico, los datos fueron tomados el martes 7 de abril del 2015 de 6:00 am a 7:00pm.

Como se puede apreciar en la ilustración No. 24 el mayor número de usuarios motorizados son los autos particulares, seguido por las motos y en menor proporción los buses y camiones de carga, con horas pico de 7:00 am a 7:30 am a lo largo del aforo se puede apreciar como los autos particulares nunca descienden a menos de 3000 en los intervalos de 30 minutos que se muestran en ilustración 25, en cuanto al transporte público se puede apreciar aun cuando

se ha priorizado carriles exclusivos para la época en la cual se tomó el aforo sigue representado una minoría, además se puede apreciar como las motos hacen parte significativa del aforo lo cual demuestra que parte de la carga vehicular no solamente está limitada por los vehículos sino que también por las motos, también se puede ver que hay un fuerte incremento vehicular entre las 2:00 pm a las 3:00 pm.

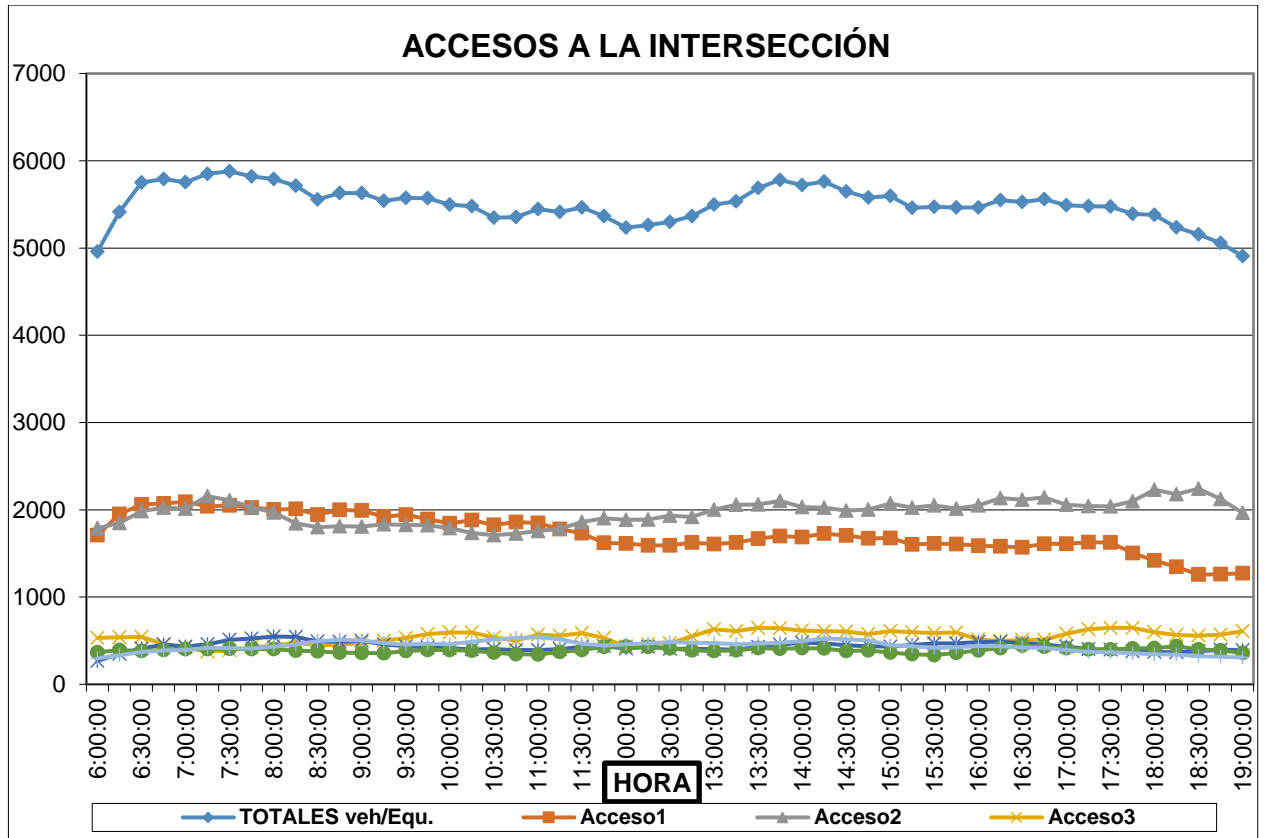
Ilustración 26 Composición Vehicular



Fuente: Elaboración propia, con base en datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.

A continuación, se mostrará la gráfica de accesos a la intersección de la carrera séptima con calle 72 de acuerdo con la ilustración 25 el acceso 1 y 2 corresponden al número de movimiento corresponde al marco teórico (ilustración 1).

Ilustración 27 Accesos a la intersección de la calle 72 con carrera 7ma



Fuente: Elaboración propia, con base en datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.

Se puede apreciar que el movimiento 7 recarga la carrera séptima en dirección 2 de acuerdo con la ilustración 20 un 9.39% en horario pico, lo mismo ocurre en el movimiento en dirección 9.3 que carga en dirección 1 la carrera séptima un 12.4% aproximadamente en hora pico, continuación se mostrará una tabla resumen de los datos obtenidos por Secretaria de Movilidad todo de acuerdo con la ilustración 1.

Tabla 7 Información general de la intersección carera séptima con calle 72 elaboración propia con los datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.

<b>Información General</b>					
<b>No. Externo</b>	<b>Nodo</b>	<b>Zona</b>	<b>Intersección</b>	<b>Fecha</b>	<b>Periodo de toma del aforo.</b>
1009	26040	21	AK_7_X_AC_72	07/04/15	06:00-20:00

Fuente: Elaboración propia, con base en datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.

Tabla 8 Información Total de la intersección carera séptima con calle 72

<b>Información Total del Aforo</b>								
<b>Vol. Total Mixtos Toma</b>	<b>% Vehículos / Toma</b>				<b>% De Aporte Por Acceso / Toma</b>			
	<b>Liv</b>	<b>Buses</b>	<b>Camiones</b>	<b>Motos</b>	<b>Norte</b>	<b>Sur</b>	<b>Occidente</b>	<b>Oriente</b>
77143	69,7%	7,2%	1,6%	21,4%	31,7%	35,0%	25,0%	8,3%

Fuente: Elaboración propia, con base en datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.

Tabla 9 Información hora máxima de demanda carera séptima con calle 72.

<b>Información Hora de Máxima Demanda</b>			
<b>HMD*</b>	<b>Vol. Mixtos HMD</b>	<b>% ACCESOS / HMD</b>	<b>FHP**</b>
		<b>Información General</b>	
		<b>Zona</b>	
		<b>Intersección</b>	
		<b>Fecha</b>	
		<b>Periodo de toma del aforo.</b>	

		<b>Información Hora de Máxima Demanda</b>				
		<b>% ACCESOS / HMD</b>				
		<b>FHP**</b>				
		Norte	Sur	Occidente	Oriente	
7:30-8:30	6007	33,3%	37,2%	20,5%	9,1%	0,95

\*HMD: Hora de máxima demanda.

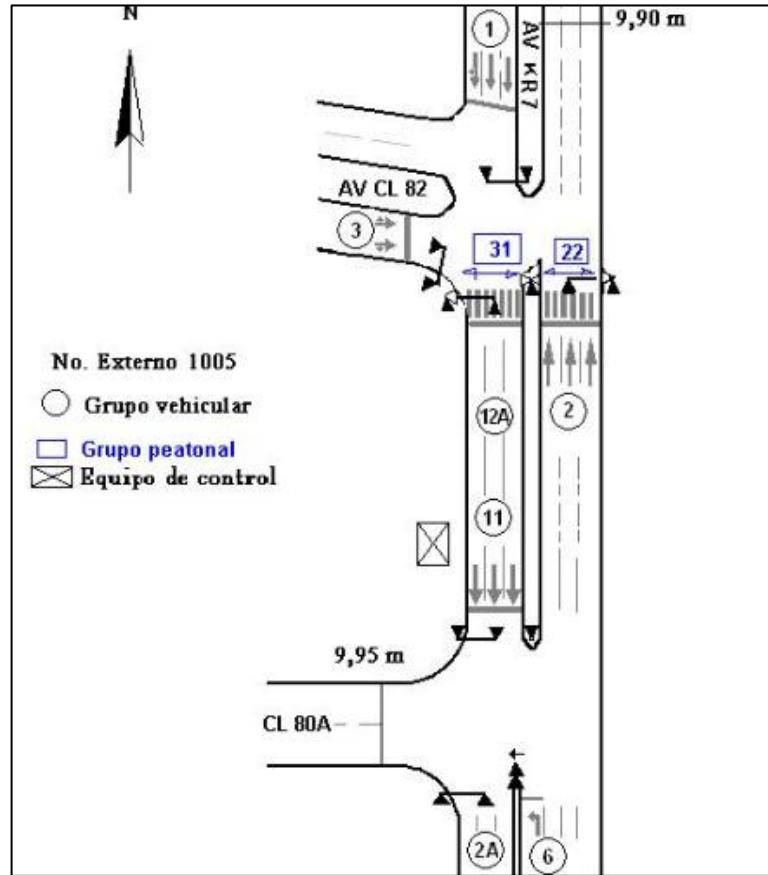
\*\*FHP: Factor de hora pico.

Fuente: Elaboración propia, con base a datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020

Como se puede apreciar en la tabla 9 y de acuerdo con la ilustración 1 y 24 se puede apreciar como los movimientos 1 y 2 en la calle 72 con carrera séptima representa el 70.5% del volumen de vehículos que trascurren de la hora pico en la intersección a analizar mientras que los movimientos 3 y 4 solo representan 29.6%.

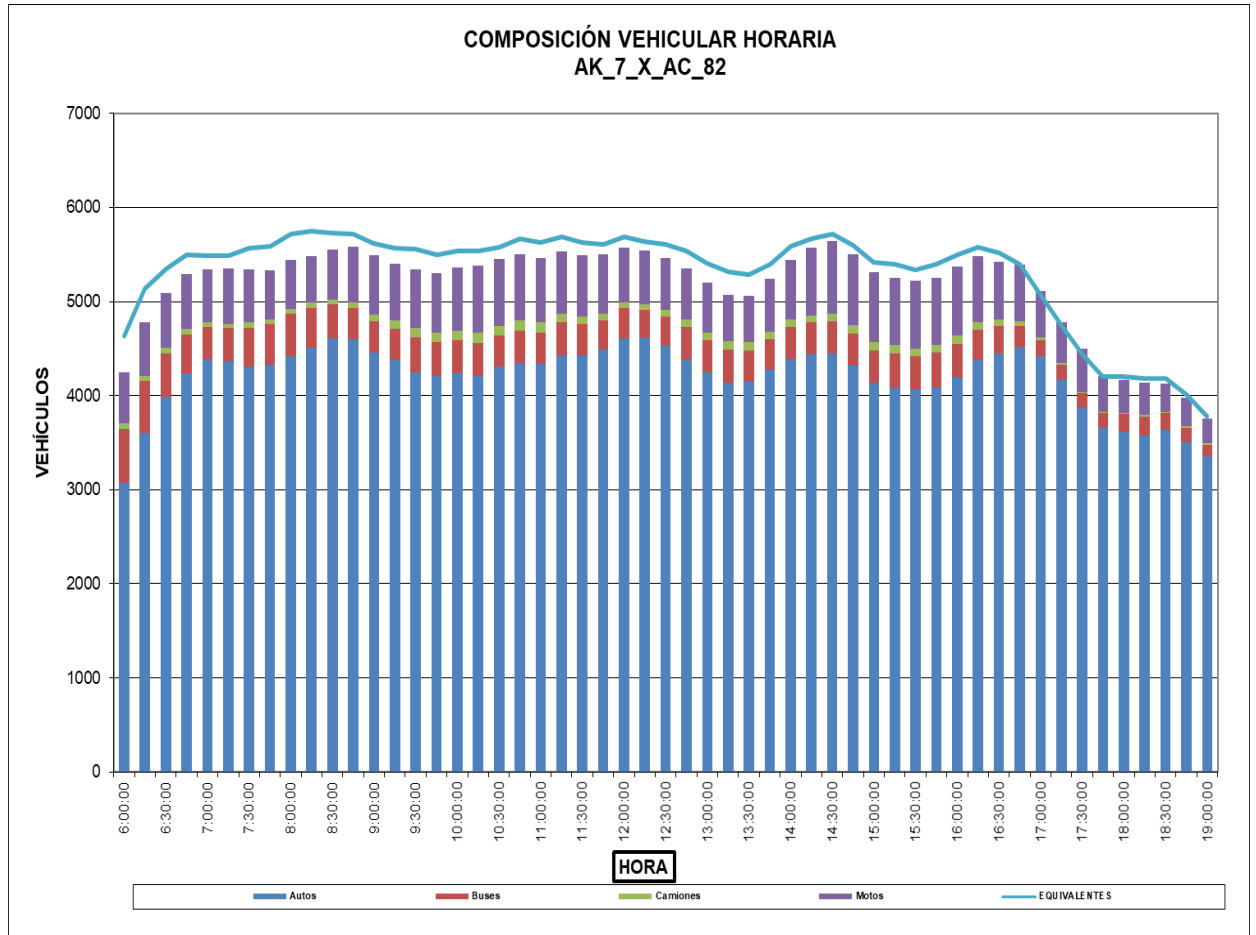
## 5.2 INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA KR 7MA CON CALLE 82

Ilustración 28 Esquema general intersección semafórica Kr 7ma calle 82



Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.

Ilustración 29 Composición vehicular horaria Kr 7ma con calle 82



Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.

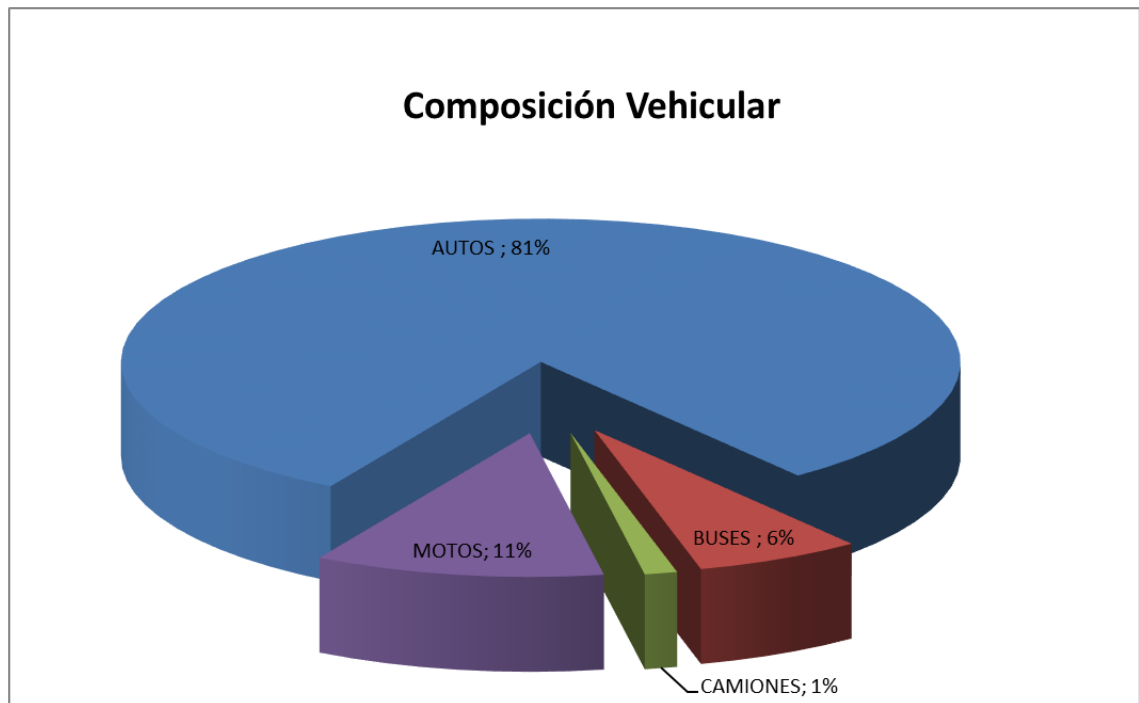
Los datos fueron tomados específicamente en la calle 82 de acuerdo con la ilustración 28 para todos sus movimientos que en esta se muestran de acuerdo con el marco teórico, los datos fueron tomados el lunes 13 de abril del 2015 de 6:00 am a 8:00 pm.

Como se puede apreciar la ilustración anterior el mayor número de usuarios motorizados son los autos particulares, seguido por las motos y en menor proporción los buses y camiones de carga en horas pico de 8:15 am a 9:15 am, a lo largo del aforo se puede apreciar como los



autos particulares nunca descienden a menos de 3000 en los intervalos de 30 minutos que se muestran en la ilustración 29, en cuanto al transporte público se puede apreciar aun cuando se ha priorizado carriles exclusivos, para la época en la cual se tomó el aforo sigue representado una minoría, además se puede apreciar como las motos son una parte significativa del aforo lo cual demuestra que parte de la carga vehicular no solamente está limitada por los vehículos sino que también por las motos, también se puede ver que hay un fuerte incremento vehicular de las 2:00 pm a las 3:00 pm.

Ilustración 30 Composición Vehicular Kr 7ma con calle 82



Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.

Haciendo el análisis al igual que en la intersección anterior se puede evidenciar que para este caso la gran mayoría de los medios motorizados de transporte que hacen uso de estas vías son autos particulares seguido de motos, buses y camiones respectivamente, pero a diferencia

de la intersección anterior vemos un incremento en casi 10% en los autos particulares, mientras que las motos se puede ver la misma disminución porcentual lo que quiere decir que la mayoría de las motos se desvían o toman rutas alternas entre las calles 72 y la calle 82.

Ilustración 31 Composición Vehicular Kr 7ma con calle 82

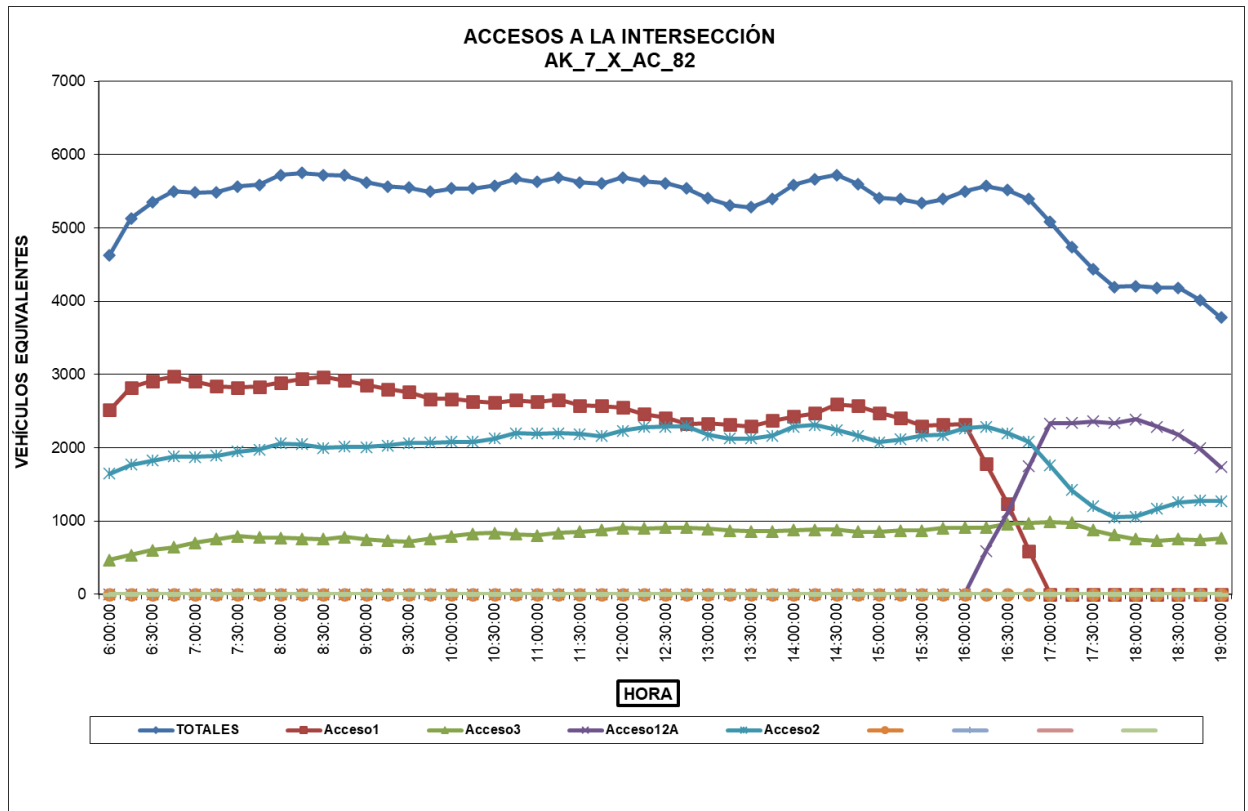


Ilustración 32 Accesos a la intersección Kr 7 con calle 82

Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.

Como se puede apreciar el movimiento 1 tiene el mayor flujo de vehículos en horas de la mañana, dato consistente con la intersección anterior, además se puede apreciar como el movimiento 3 carga con cerca un 30% la carga vehicular a la carrera séptima,

Tabla 10 Datos generales intersección carrera séptima con calle 82 tomado de Secretaria de Movilidad.

Externo	Nodo	Zona	Intersección	Periodo de Toma	Vol Total Mixtos Toma
1005	25263	Chapinero_1	Ak_7_X_Ac_82	06:00-20:00	71283

Fuente: Elaboración propia con base en datos

Tabla 11 Información general del total aforado en la carrera séptima con calle 82

Información Total Del Aforo								
Vol Total Mixtos Toma	% Vehículos / Toma				% De Aporte Por Acceso / Toma			
	% Liv	% Buses	% Camiones	% Motos	% Norte	% Sur	% Occidente	% Oriente
71283	81,19	6,40	1,26	11,16	38,99	45,65	15,36	0,00

Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.

Tabla 12 Información hora máxima de demanda carrera séptima

Información Hora de Máxima Demanda						
HMD	Vol. Hmd	% Vehículos / Hmd				FHP
		Liv	Buses	Camiones	Motos	
8:15-9:15	5750	81%	6%	1%	11%	0,97

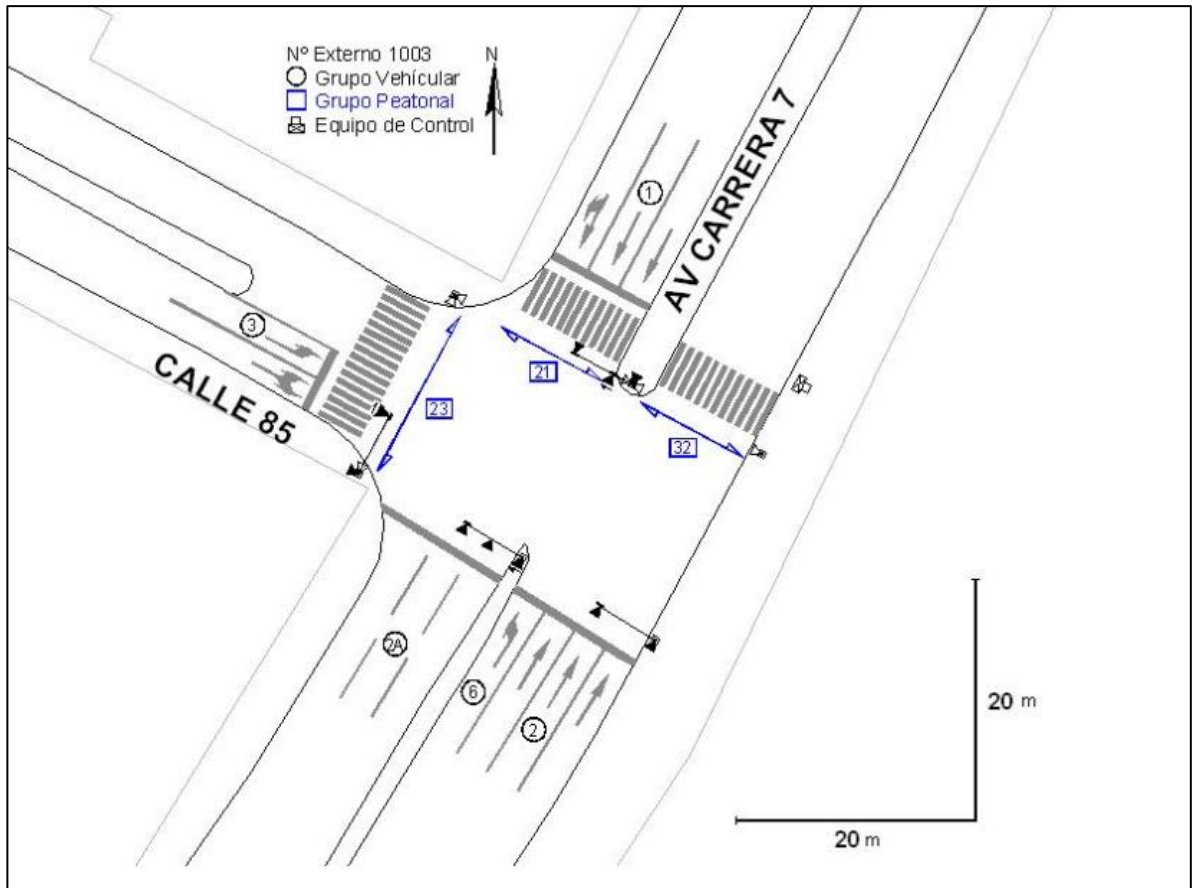
\*HMD: Hora de máxima demanda.

\*\*FHP: Factor de hora pico.

Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.

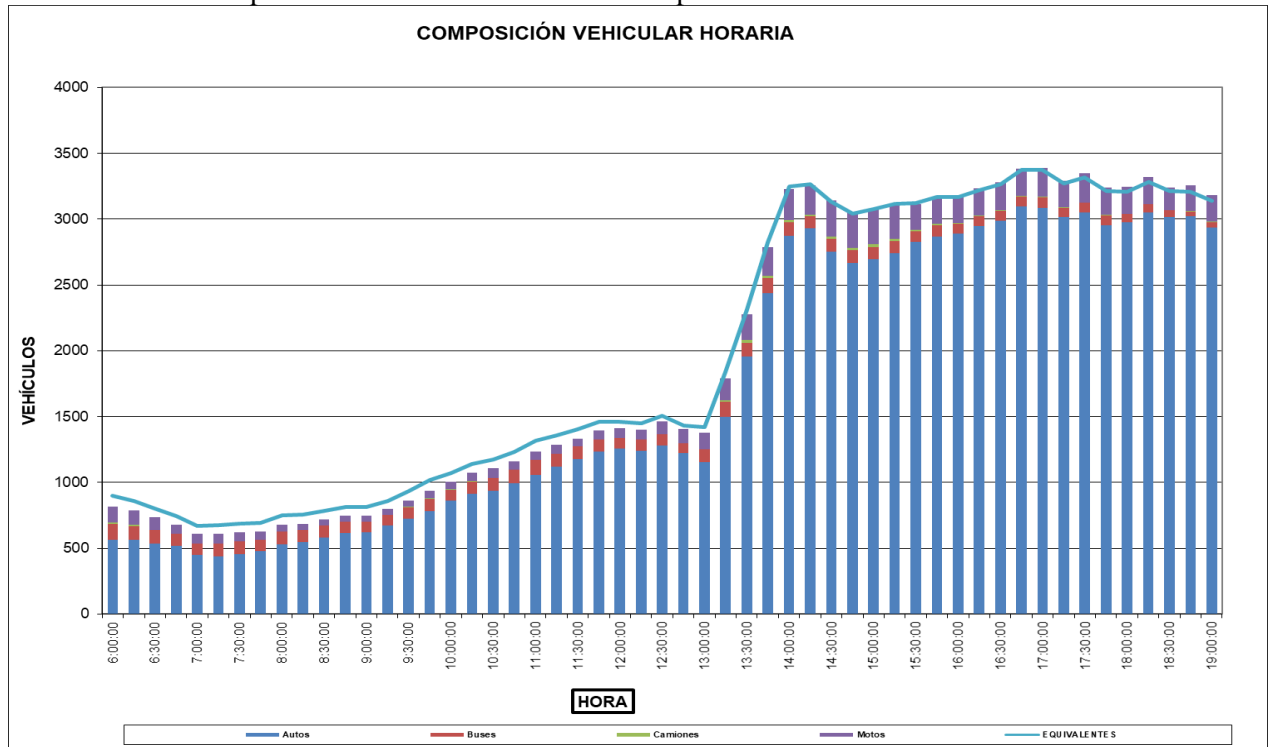
### 5.3 INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA CARRERA SÉPTIMA CON CALLE 85

Ilustración 33 Esquema general intersección carrera séptima con calle 85



Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.

Ilustración 34 Composición vehicular horaria carrera séptima con calle 85



Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020.

Los datos fueron tomados específicamente en la calle 85 de acuerdo con la ilustración 32 para todos sus movimientos que en esta se muestran de acuerdo con el marco teórico, los datos fueron tomados el domingo 10 de abril del 2013 de 6:00am a 8:00pm.

Como se puede apreciar la ilustración anterior el mayor número de usuarios motorizados son los autos particulares, seguido por las motos y en menor proporción los buses y camiones de carga, en con horas pico de 17:00 a 18:00, a lo largo del aforo se puede apreciar como los autos particulares nunca descienden a menos de 1000 en intervalos de 30 minutos que se muestran en la ilustración 33, en cuanto al transporte público se puede apreciar aun cuando se ha priorizado carriles exclusivos, para la época en la cual se tomó el aforo sigue representado una minoría, además se puede apreciar como las motos hacen parte significativa del aforo lo cual demuestra que parte de la carga vehicular no solamente está limitada por los vehículos sino que también por las motos, también se puede ver que hay un fuerte incremento vehicular de las 2:00 pm a las 3:00 pm ya que esta esté día estaba en uso la ciclovía por la

séptima, por tal motivo se limitó el acceso de los vehículos y por la razón de ser un día festivo la demanda vehicular también es más baja de lo normal por tal motivo no se realizará un mayor análisis.

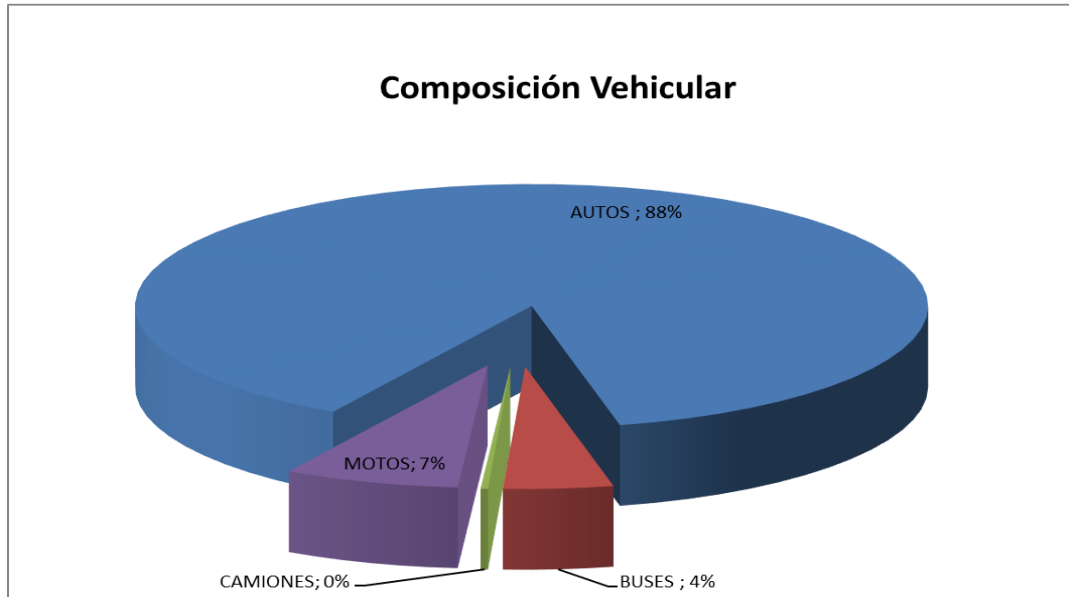
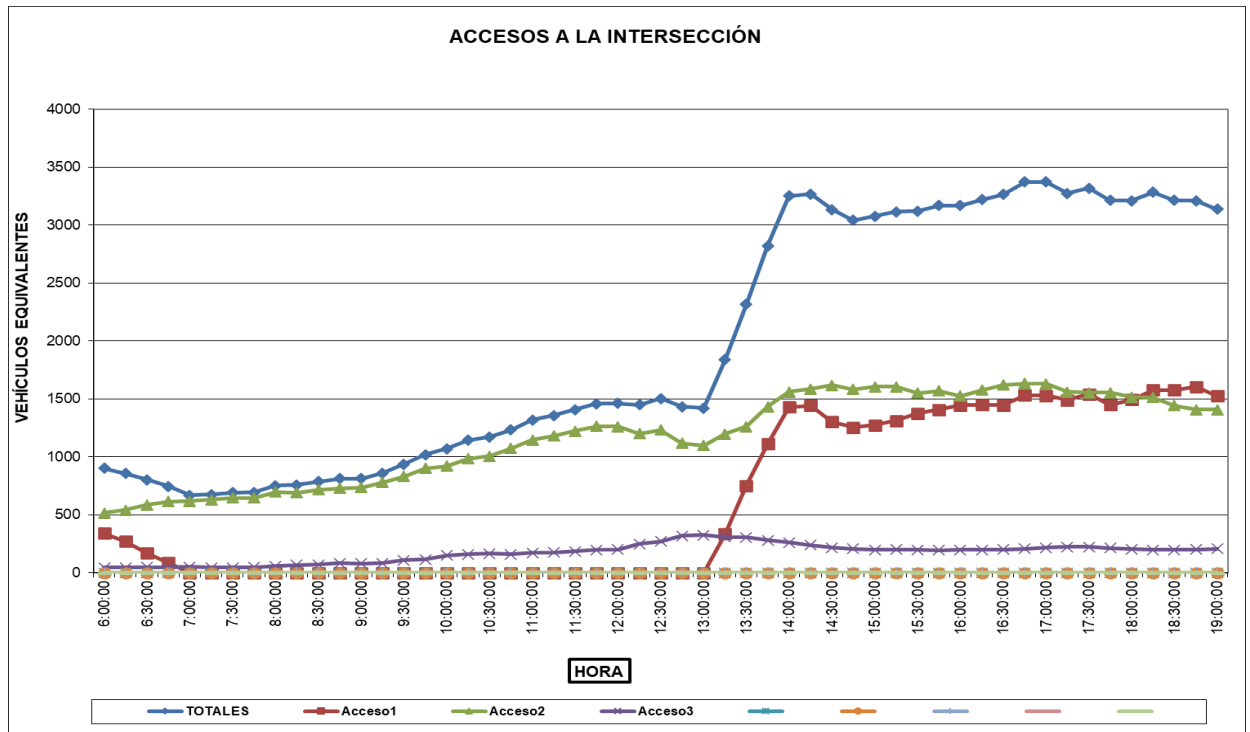


Ilustración 35 Composición Vehicular carrera séptima con calle 85.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en este inciso al igual que en los anteriores el grueso de vehículos motorizados son autos particulares, luego se encuentran motos y por último se encuentran los buses y los vehículos de carga respectivamente.

Ilustración 36 Accesos a la intersección Kr 7 con calle 85.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 13 Información general intersección carrera séptima con calle 85

Nombre Archivo	Fecha	Número Externo	Intersección	Longitud	Latitud	Ensayo
24931_1003_Ak_7_X_Ac_85_130310_Vdpl.Xlsx	10/03/2013	1003	Ak_7_X_Ac_85	-74°02'51,87"	04°39'54,66"	Volúmenes Vehiculares Direccionales Semaforizada

Fuente: Elaboración propia con base en datos tomado de secretaria de movilidad.

Tabla 14 Información de composición de la intersección carrera séptima con calle 85

Horario de la toma de información	Arribos vehículos livianos total toma	Arribos buses total toma	Arribos camiones total toma	Arribos motos total toma	%Aporte acceso norte total del día	%Aporte acceso sur total del día	%Aporte acceso oeste total del día	%Aporte acceso este total del día
Período	23948	1214	81	1941	32,7%	58,8%	8,5%	0,0%
Composición	88,1%	4,5%	0,3%	7,1%				

Fuente: Elaboración propia con base en datos de secretaria de movilidad.

Tabla 15 Información de composición de la intersección carrera séptima con calle 85

Volumen Total Toma (vehículos Mixtos)	HMD Periodo Mañana	Arribos vehículos Livianos Hora Máxima Demanda Mañana	Arribos Buses Hora Máxima Demanda Mañana	Arribos Camiones Hora Máxima Demanda Mañana	Arribos Motos Hora Máxima Demanda Mañana
27184	9:45-10:45	780	96	5	58

\*HMD: Hora de máxima demanda.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de secretaria de movilidad.

Tabla 16 Información de composición de la intersección carrera séptima con calle 85

Volumen Total Hora De Máxima Demanda Mañana (vehículos Mixtos)	FHP Hora De Máxima Demanda Mañana	HMD Periodo Medio Día	Arribos vehículos Livianos Hora Máxima Demanda Medio Día	Arribos Buses Hora Máxima Demanda Medio Día	Arribos Camiones Hora Máxima Demanda Medio Día	Arribos Motos Hora Máxima Demanda Medio Día
939	0,91	14:15-15:15	2929	94	13	219

\*HMD: Hora de máxima demanda.

\*\*FHP: Factor de hora pico.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de secretaria de movilidad.



Tabla 17 Información de composición de la intersección Kr 7ma con calle 85

Volumen Total Hora De Máxima Demanda Medio Día (vehículos Mixtos)	FHP Hora De Máxima Demanda Medio Día	HMD Periodo Tarde	Arribos vehículos Livianos Hora Máxima Demanda Tarde	Arribos Buses Hora Máxima Demanda Tarde	Arribos Camiones Hora Máxima Demanda Tarde	Arribos Motos Hora Máxima Demanda Tarde	Volumen Total Hora De Máxima Demanda Tarde (vehículos Mixtos)	FHP Hora De Máxima Demanda Tarde
3255	0,92	17:00-18:00	3086	79	6	219	3390	0,94

\*HMD: Hora de máxima demanda.

\*\*FHP: Factor de hora pico.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de secretaria de movilidad.

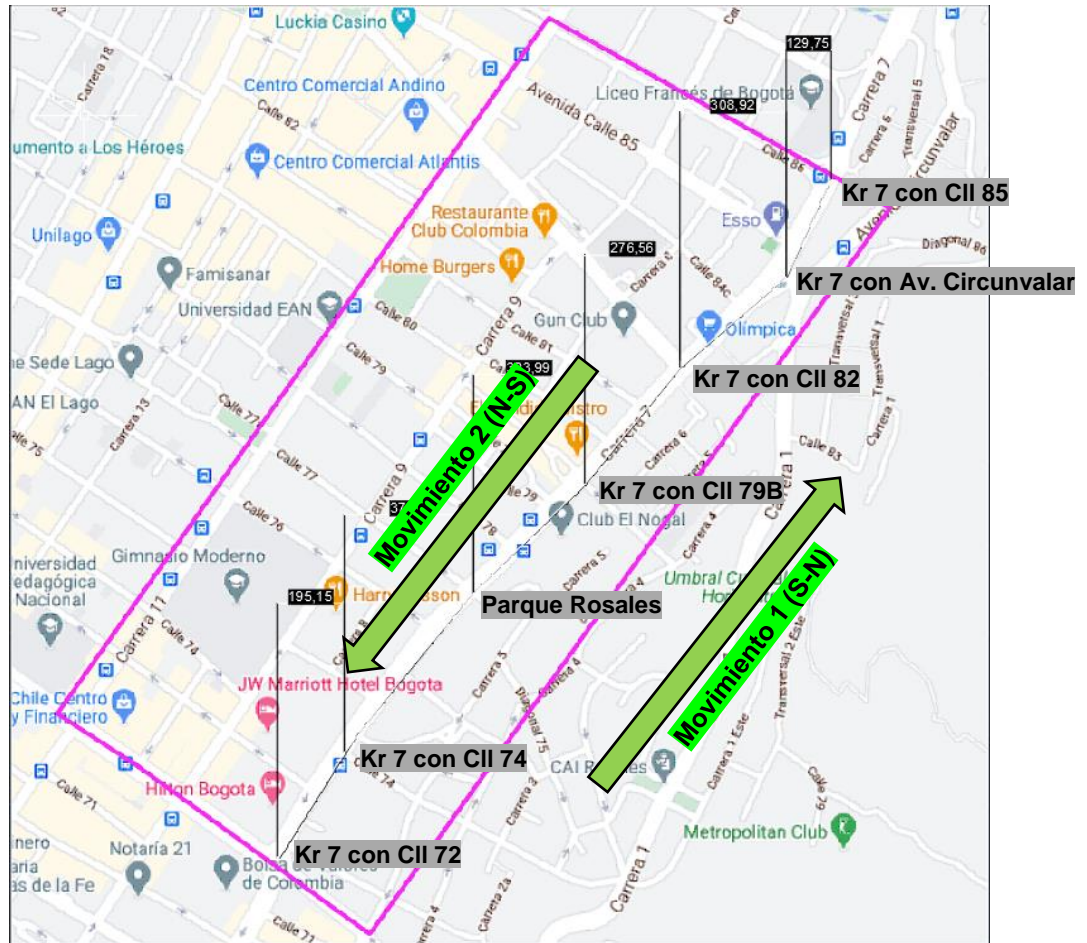
En este caso se puede apreciar que el grueso de vehículos se encuentra en horario de la tarde noche y en su mayoría son autos particulares, además de una disminución de los medios motorizados como lo son las motos buses y vehículos de carga.

## 6 NIVEL DE SERVICIO

Para determinar el nivel de servicio se realizaron 4 recorridos en carro para cada movimiento 1 y 2 (N-S y S-N) sobre la carrera séptima en los tramos deseados ( entre Calle 72 y 85) y poder determinar el tiempo de recorrido y de marcha, con los promedios de estos antes y después de la pandemia, los anteriores a la pandemia fueron suministrados por la Secretaria de Movilidad y los posteriores a esta fueron realizados por los autores ya que es necesaria esta información para determinar de manera contundente el nuevo nivel de servicio de la vía post pandemia, teniendo en cuenta las normas de bioseguridad para evitar padecer y transmitir el COVID-19 dentro del vehículo.

En primera instancia se determinará el nivel de servicio a partir de datos dados por la Secretaria de Movilidad de Bogotá D.C antes de la pandemia, para determinar la velocidad de recorrido y de marcha, se tomaron tres puntos de control, ubicados en las intersecciones carrera séptima con calle 72(punto inicial o final dependiendo del sentido de circulación), carrera séptima con calle 82 y por último carrera séptima con calle 85 (punto inicial o final dependiendo del sentido de circulación), además se tomaron 4 puntos intermedios con separaciones entre 200 a 400 metros, para medir la velocidad de recorrido y de marcha en el tramo de estudio, dicho recorrido es más explícito en la siguiente ilustración.

Ilustración 37 Mapa general del recorrido para determinar el nivel de servicio



Fuente: Elaboración propia con los datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado 2201142020

### 6.1 CARTERA DE CAMPO DE LOS TIEMPOS DE RECORRIDO ENTRE TRAMO. MOVIMIENTO 1. SENTIDO S-N ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BICI CARRIL EXCLUSIVO

La siguiente información fue tomada el martes 15-abril-2015 a las 11:00 a.m.

Tabla 18 Cartera de campo de los tiempos de recorrido entre tramos. Movimiento 1 Sentido S-N

Punto	Distancia (m).	Distancia acumulada (m).	Tiempo de recorrido (sg).				Tiempo de detención(sg).			
			R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Kr 7 con calle 72 (Punto Inicial).	0	0	18	15	16	13				
Parada de bus Kr 7 con calle 74	195,15	195,15	20	30	50	20				
Parque los Rosales.	374,3	569,45	37	36	40	40				
Kr 7 con calle 79b.	323,99	893,44	40	31	28	28				
Kr 7 con calle 82.	276,56	1170	50	36	26	25	40		35	15
Kr 7 con avenida circunvalar.	308,92	1478,92	25	20	28	26				
Kr 7 con calle 85 (Punto Final).	129,75	1608,67	19	22	18	25				
<b>Tiempo total de recorrido (sg)</b>			<b>209</b>	<b>190</b>	<b>206</b>	<b>177</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>35</b>	<b>15</b>

Fuente: Elaboración propia con los datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado

2201142020

## 6.2 CARTERA DE CAMPO DE LOS TIEMPOS DE RECORRIDO ENTRE TRAMO. MOVIMIENTO 2. SENTIDO N-S ANTES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA BICI CARRIL EXCLUSIVO

La siguiente información fue tomada el martes 15-abril-2015 a las 12:00 p.m.

Tabla 19 Cartera de campo de los tiempos de recorrido entre tramos. Movimiento 2 Sentido N-S

Punto	Distancia (m).	Distancia acumulada (m).	Tiempo de recorrido (sg).				Tiempo de detención(sg).			
			R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Kr 7 con calle 85. (Punto Inicial).	0	0	7.3	50.7	29	29.1				
Kr 7 con avenida circunvalar.	129,75	129,75	50.2	12	25.7	25.4	10	3	8	9
Kr 7 con calle 82.	308,92	438,67	46.9	40	43.4	42.2	10	8	7	10
Kr 7 con calle 79b.	276,56	715,23	7.8	13.8	10.8	10				
Parque los rosales.	323,99	1039,22	25	45	39	40	5	12	3	10
Parada de bus Kr 7 con calle 74	374,3	1413,52	29.3	20	21.3	20.3				
Kr 7 con calle 72 (Punto Final).	195,15	1608,67	28.5	51	39.8	40.1				
<b>Tiempo total de recorrido (sg)</b>			<b>195</b>	<b>233</b>	<b>209</b>	<b>207</b>	<b>25</b>	<b>23</b>	<b>18</b>	<b>29</b>

Fuente: Elaboración propia con base en datos suministrados por la Secretaria de Movilidad radicado

2201142020. Sentido S-N.

Para determinar el tiempo de marcha, es la diferencia entre el tiempo de recorrido y el tiempo de detención, de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$T_{marcha} = \text{Tiempo de recorrido} - \text{Tiempo de detencion.}$$

A continuación, se presentarán los tiempos obtenidos para cada tramo, es importante aclarar que los tiempos de detención se dieron solamente por cercanía a las intersecciones semaforizadas.

Tabla 20 Tiempo de marcha evaluado de la zona en estudio. Movimiento 1 (sentido S-N)

Punto	Distancia (m)	Distancia acumulada (m)	Tiempo de marcha (sg)			
			R1	R2	R3	R4
<b>Recorridos</b>						
Kr 7 con calle 72 (Punto Inicial).	0	0	18	15	16	13
Parada de bus calle 74 con Kr 7	195,15	195,15	20	30	50	20
Parque los rosales	374,3	569,45	37	36	40	40
Kr 7 con calle 79b	323,99	893,44	40	31	28	28
Kr 7 con calle 82	276,56	1170	10	36	-9	10
Kr 7 con avenida circunvalar	308,92	1478,92	25	20	28	26
Kr 7 con calle 85 (Punto Final).	129,75	1608,67	19	22	18	25
<b>Tiempo total de marcha (sg)</b>			<b>169</b>	<b>190</b>	<b>171</b>	<b>162</b>

Fuente: Elaboración propia, Datos de campo

Tabla 21 Tiempo de marcha evaluado de la zona de estudio. Movimiento 2 (sentido N-S)

Punto	Distancia (m)	Distancia acumulada (m)	Tiempo de marcha (sg)			
			R1	R2	R3	R4
Kr 7 con calle 85. (Punto Inicial).	0	0	7.3	50.7	29	29.1
Kr 7 con avenida circunvalar	129,75	129,75	40.2	9	17.7	16.4
Kr 7 con calle 82	308,92	438,67	36.9	32	36.4	32.2
Kr 7 con calle 79b	276,56	715,23	7.8	13.8	10.8	10
Parque los rosales	323,99	1039,22	20	33	36	30
Parada de bus calle 74 con Kr 7ma	374,3	1413,52	29.3	20	21.3	20.3
Kr 7 con calle 72 (Punto Final).	195,15	1608,67	28.5	51	39.8	40.1
<b>Tiempo total de marcha (sg)</b>			<b>170.0</b>	<b>209.5</b>	<b>191.0</b>	<b>178.1</b>

Fuente: Elaboración propia, Datos de campo

Ahora, para determinar las velocidades, el tiempo y recorrido promedio de marcha por cada sentido de circulación (movimientos 1 y 2), se tuvo en cuenta la distancia de cada tramo analizado (1608.67 m) y con el movimiento correspondiente.

Tabla 22 Tiempos y velocidades medias de recorrido y marcha.

Tiempo medio / Velocidad media	Movimiento 2 (1608,67 m)	Movimiento 1 (1608,67 m)
Tiempo medio de recorrido (sg)	210,90	195,50
Tiempo medio de marcha (sg)	187,15	173,00
Velocidad media de recorrido (km/h)	27,46	29,62
Velocidad media de marcha (km/h)	30,94	33,48

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con metodología y marco teórico anteriormente expuesto se puede apreciar como la vía puede quedar calificada como una de tipo IV lo que arroja un nivel de servicio C para los dos tipos de movimiento. Ahora si se pone en contraposición con los datos tomados el Día 17 octubre 2020 dentro de las horas 11:00 am a 12:00 pm, información recopilada

posterior a la implementación del carril exclusivo de bicicletas, para los mismos puntos se encuentra lo siguiente:

Tabla 23 Cartera de campo de los tiempos de recorrido entre tramo. Movimiento 1

Punto	Distancia (m).	Distancia acumulada (m).	Tiempo de recorrido (sg).				Tiempo de detención(sg).			
			R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Kr 7 con calle 72 (Punto Inicial).	0	0	50	39	61	45				
Parada de bus calle 74 con Kr 7	195,15	195,15	20	30	50	20				
Parque los rosales	374,3	569,45	37	36	40	40				
Kr 7 con calle 79b	323,99	893,44	40	31	38	32				
Kr 7 con calle 82	276,56	1170	170	150	145	132	101	63	64	55
Kr 7 con avenida circunvalar	308,92	1478,92	35	41	38	36				
Kr 7 con calle 85 (Punto Final).	129,75	1608,67	39	47	18	25				
<b>Tiempo total de recorrido (sg)</b>			<b>391</b>	<b>374</b>	<b>390</b>	<b>330</b>	<b>101</b>	<b>63</b>	<b>64</b>	<b>55</b>

Fuente: Elaboración propia Sentido S-N, Datos de campo

Tabla 24 Cartera de campo de los tiempos de recorrido entre tramo. Movimiento 2

Punto	Distancia (m).	Distancia acumulada (m).	Tiempo de recorrido (sg).				Tiempo de detención(sg).			
			R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
Kr 7ma con calle 85. (Punto Inicial).	0	0	73	50.7	45	50				
Kr 7ma con avenida circunvalar	129,75	129,75	110	125	100	108	50	43	25	32
Kr 7ma con calle 82	308,92	438,67	79	71.2	83	90	23	35	41	23
Kr 7ma con calle 79b	276,56	715,23	35	40	38	32				
Parque los rosales	323,99	1039,22	68	80	63	75	24	31	17	23
Parada de bus calle 74 con Kr 7ma	374,3	1413,52	40	38	41	37				
Kr 7ma con calle 72 (Punto Final).	195,15	1608,67	45	61	42	65				
<b>Tiempo total de recorrido (sg)</b>			<b>450.0</b>	<b>465.9</b>	<b>412.0</b>	<b>457.0</b>	<b>97.0</b>	<b>109.0</b>	<b>83.0</b>	<b>78.0</b>

Fuente: Elaboración propia. Sentido N-S, Datos de campo

A continuación, se presentarán los tiempos obtenidos para cada tramo, es importante aclarar que los tiempos de detención se dieron solamente por cercanía a las intersecciones semaforizadas.

Tabla 25 Tiempo de marcha evaluado de la zona en estudio. Movimiento 1 (sentido S-N), después de cuarentena.

Punto Recorridos	Distancia (m)	Distancia acumulada (m)	Tiempo de marcha (sg)			
			R1	R2	R3	R4
Kr 7ma con calle 72 (Punto Inicial).	0	0	50	39	61	45
Parada de bus calle 74 con Kr 7ma	195,15	195,15	20	30	50	20
Parque los rosales	374,3	569,45	37	36	40	40
Kr 7ma con calle 79b	323,99	893,44	40	31	38	32
Kr 7ma con calle 82	276,56	1170	69	87	81	77
Kr 7ma con avenida circunvalar	308,92	1478,92	35	41	38	36
Kr 7ma con calle 85 (Punto Final).	129,75	1608,67	39	47	18	25
<b>Tiempo total de marcha (sg)</b>			<b>290</b>	<b>311</b>	<b>326</b>	<b>275</b>

Fuente: Elaboración propia Sentido S-N, Datos de campo

Tabla 26 Tiempo de marcha evaluado de la zona en estudio. Movimiento 2 (sentido N-S), después de cuarentena.

Punto Recorridos	Distancia (m)	Distancia acumulada (m)	Tiempo de marcha (sg)			
			R1	R2	R3	R4
Kr 7 con calle 72 (Punto Inicial).	0	0	73	50.7	45	50
Parada de bus calle 74 con Kr 7	195,15	195,15	60	82	75	76
Parque los rosales	374,3	569,45	56	36.2	42	67
Kr 7 con calle 79b	323,99	893,44	35	40	38	32
Kr 7 con calle 82	276,56	1170	44	49	46	52
Kr 7 con avenida circunvalar	308,92	1478,92	40	38	41	37
Kr 7 con calle 85 (Punto Final).	129,75	1608,67	45	61	42	65
<b>Tiempo total de marcha (sg)</b>			<b>353</b>	<b>357</b>	<b>329</b>	<b>379</b>

Fuente: Elaboración propia Sentido S-N, Datos de campo



Desde este punto se puede apreciar como los tiempos de recorrido aumentaron sustancialmente por la presencia del bici carril exclusivo, esto se puede evidenciar de mejor manera en el siguiente cuadro.

Tabla 27 Tiempos y velocidades medias de recorrido y marcha elaboración propia.

<b>Tiempo medio / Velocidad media</b>	<b>Movimiento 2 (1608,67 m)</b>	<b>Movimiento 1 (1608,67 m)</b>
Tiempo medio de recorrido (sg)	446,23	371,25
Tiempo medio de marcha (sg)	354,48	300,50
Velocidad media de recorrido (km/h)	12,98	15,60
Velocidad media de marcha (km/h)	16,34	19,27

Fuente: Elaboración propia

En donde el nivel de servicio tiene un descenso dramático llegando a nivel de servicio F en el caso del movimiento 2 y nivel de servicio E para el movimiento 1 todo de acuerdo con el marco teórico y al Manual de Planeación y Diseño Para La Administración Del Tránsito y El Transporte.

Una mejor manera para entender como varia la velocidad para cada uno de los segmentos del recorrido se presentará en las siguientes tablas y gráficas.

Tabla 28 Velocidad de recorrido por tramo para el movimiento 1 elaboración propia sentido S-N

<b>Punto</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Distancia acumulada (m)</b>	<b>Vr (Km/h)</b>
Kr 7 con calle 72 (Punto Inicial).	0	0	0

Punto	Distancia (m)	Distancia acumulada (m)	Vr (Km/h)
Parada de bus calle 74 con Kr 7	195,15	195,15	23,41
Parque los rosales	374,3	569,45	35,22
Kr 7 con calle 79b	323,99	893,44	33,08
Kr 7 con calle 82	276,56	1170	6,67
Kr 7 con avenida circunvalar	308,92	1478,92	29,65
Kr 7ma con calle 85 (Punto Final).	129,75	1608,67	14,48

Fuente: Elaboración propia

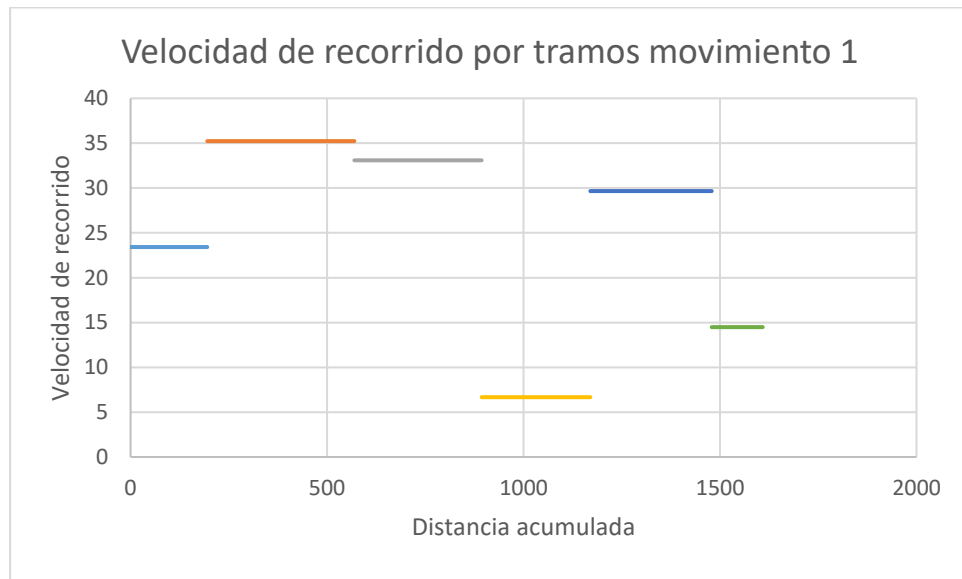


Ilustración 38 Velocidad de recorrido por tramo para el movimiento 1 elaboración propia sentido

S-N

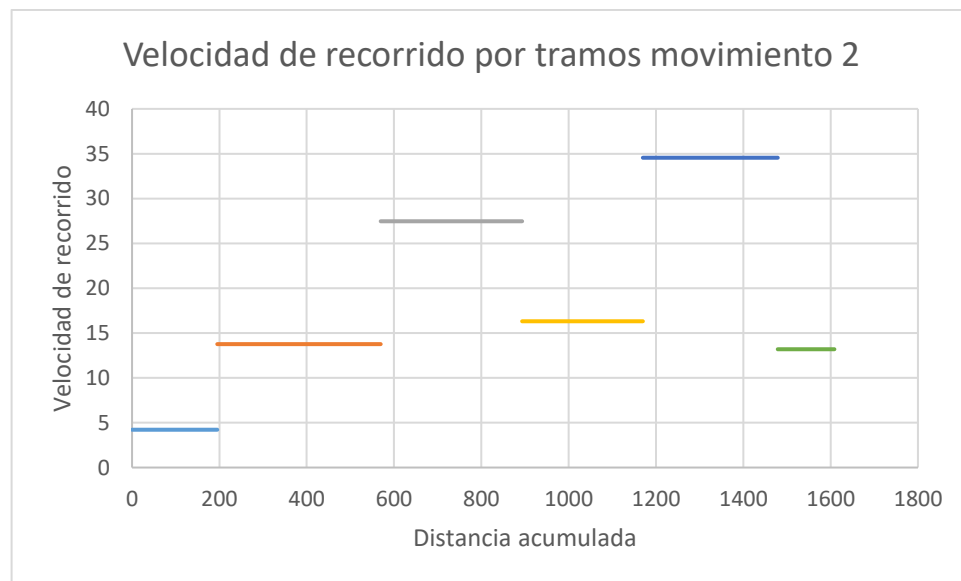
Fuente: Elaboración propia

Tabla 29 Velocidad de recorrido por tramo para el movimiento 2 elaboración propia sentido N-S

Punto movimiento	Distancia (m)	Distancia acumulada (m)	Vr (Km/h)
Kr 7 con calle 85. (Punto Inicial).	0	0	0
Kr 7 con avenida circunvalar	129,75	129,75	4,22
Kr 7 con calle 82	308,92	438,67	13,76
Kr 7 con calle 79b	276,56	715,23	27,46
Parque los rosales	323,99	1039,22	16,31
Parada de bus calle 74 con Kr 7	374,3	1413,52	34,55
Kr 7 con calle 72 (Punto Final).	195,15	1608,67	13,19323

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 39 Velocidad de recorrido por tramo para el movimiento 2 elaboración propia sentido N-S



Fuente: Elaboración propia

## 7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

- Para la intersección 1 en este caso la carrera séptima con calle 72 se puede apreciar como el movimiento 7 recarga la carrera séptima en la dirección 2 en un 9.39% en horario pico, lo mismo sería para el movimiento en dirección 9.3 que carga en dirección 1 un 12.4% aproximadamente en hora pico, así como se determinó que la hora de mayor demanda es 7:30am a 8:30 am.
- Para la intersección intermedia ubicada en la carrera séptima con calle 82 se determinó que además se puede apreciar como el movimiento 3 carga con cerca de un 30% la carga vehicular a la carrera séptima, con una hora de máxima demanda de 8:15am -9:15 am
- En cuanto a la intersección semafórica de la carrera séptima con calle 85 se puede encontrar que el movimiento tres en dirección N-S representa cerca del 10% de la carga vehicular de la vía, con una hora de máxima demanda de 5:00pm - 6:00 pm.
- La carga vehicular en su mayoría está representada por automóviles, luego motos buses y camiones respectivamente para cada una de las tres intersecciones.
- Por la implementación de los bici-carriles exclusivos por la carrera séptima hace que la velocidad de recorrido en los sentidos de movimiento uno y dos se vea afectado en un 52.67% y un 47.27% respectivamente.

- La carrera séptima con calle 82 tanto en el movimiento uno como en el dos presenta un punto de inflexión en cuanto al nivel de servicio de la vía posterior a implementación del bici-carril exclusivo.

## 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 CONCLUSIONES

La implementación de un bici carril exclusivo sin realizar un estudio previo de movilidad, derivó en un descenso crítico en el nivel de servicio que venía prestando la misma, generando diferentes preguntas, entre estas resaltan las siguientes ¿se realizó un estudio de oferta y demanda de bici usuarios para este carril? Ya que muchos de los usuarios de vehículos particulares han manifestado que los bici usuarios no hacen uso de este o que la demanda no corresponde al segmento del carril dado para circular, ¿se tuvo en cuenta a los autos particulares al implementar dicha decisión? Ya que como se sabe durante el tiempo de cuarentena estricta el pico y placa fue removido, entonces si se remueve el pico y placa, pero se disminuyen los anchos efectivos de las vías aumentando la densidad de vehículos y disminuyendo las velocidades de recorrido claramente pareciera que lo que se buscaba era que el usuario de vehículo particular dejara de usar el mismo.

Al ser una zona que en su mayoría es de uso mixto se puede observar como las zonas de parqueo son bastantes, dificultando la movilidad, además de regir las horas de mayor tráfico ya que como se puede observar en los gráficos de composición vehicular horaria la mayoría de los vehículos están presentes en las horas en donde se inicia o termina la jornada laboral usualmente, entonces si se llegara a un acuerdo con estas zonas atrayentes de tráfico para flexibilizar los horarios entrada y salida, las horas de máxima demanda mermarían en su duración así como el número de vehículos.

Si bien es cierto que la zona de estudio en Bogotá tiene un límite máximo de velocidad de 50 km/hora en la mayoría del tramo esta nunca se alcanza, y esa velocidad de flujo libre no corresponde con la densidad semafórica por kilómetro que debería ser de 45 km/h de media lo que permitirá niveles de servicio hasta del nivel C o incluso B.

Además de las siguientes conclusiones que se identificaron puntualmente:

- Debido a la implementación del bici carril el cual en esta zona se ubica en el sentido Norte- sur, genera una problemática ya que disminuye el área efectiva de tránsito para vehículos particulares a un solo carril, ya que el 2do carril es de uso exclusivo para el transporte público, generando así invasión de vehículos particulares a este carril.
- La implementación del bici carriles aumenta considerablemente los tiempo de recorrido y por ende disminuye la velocidad de recorrido generando el aumento en los tiempo de cola vehicular, se puede apreciar
- Realizando una comparación entre la tabla 22 ( Tiempos y Velocidades medias de recorrido y marcha ) con datos tomados del año 2015 y la tabla 27 ( Tiempos y Velocidades medias de recorrido y marcha elaboración propia) podemos concluir que para el movimiento 1 (sentido S-N) aumentó el tiempo medio de recorrido en un 89.9%,y el tiempo medio de marcha en un 73.7%, la velocidad media de recorrido pasó de 29.62 Km/h a 15.6 Km/, y la velocidad de marcha pasó de 33.48 Km/h a 19.27 Km/h, hay que tener en cuenta que en este movimiento no se tiene implementado el uso de bici carril, esto nos sugiere que en el transcurso de los últimos 5 años de diferencia de los aforos, se ha presentado un aumento en el volumen de vehículos a transitar por esta vía. Respecto al Movimiento 2 (sentido N-S) que si

cuenta con la implementación del bici carril, aumentó el tiempo medio de recorrido en un 111.58%, y el tiempo medio de marcha en un 89.4%, la velocidad media de recorrido pasó de 27.46 Km/h a 12.98 Km/, y la velocidad de marcha pasó de 30.94 Km/h a 16.34 Km/h, se debe entender que estos resultado pueden varias en función de la hora del día, ya que en horas pico estos tiempos podrían llegar a aumentar y las velocidades podrían disminuir aún más.

## 8.2 RECOMENDACIONES

### Planeación de soluciones

- En primera instancia si la intención es mejorar el nivel de servicio a corto plazo, se deberá remover el carril exclusivo de bicicletas, ya que como se puede ver los tiempos de recorrido aumentaron gramáticamente, ahora si lo que se plantea es no remover dichos carriles se plantearan las siguientes soluciones alternativas.
- Restringir la movilidad de autos particulares en horas valle, esto servirá para aumentar el número de buses que pasan por esta vía y ayudando a reducir los tiempos detenidos de los autos y desestibando el uso de vehículos particulares por encima de medios de transporte público masivo, ahora esta solución sería para una implementación post pandemia ya que por el momento y para la fecha que se realiza esta tesis la pandemia generada por el COVID-19 sería inviable la implementación de esta alternativa porque fomentaría grandes aglomeraciones y permitirá la expansión del virus.
- Aumentar las zonas donde se prohíba el parqueo ya que como se pudo observar en las fotos anteriormente mostradas estas solo generan mayores aglomeraciones de



vehículos y restringiendo aún más la movilidad en el sector, para esto se podrían realizar concesiones con grúas que levantaran los carros que infringieran estas normas para este sector o realizar parqueaderos para que los vehículos no sean estacionados sobre la vía.

- Restringir los giros que generen mayor porcentaje de carga vehicular a la carrera séptima en intersecciones semaforizadas de estudio ya que como se vio anteriormente que pueden presentar del 10 a 30% del total de vehículos que circulan sobre la carrera séptima
- Una solución a largo plazo es volver la carrera séptima una vía continua con una densidad semafórica de 1 semáforo/kilometro, aumentado de manera drásticamente nivel de servicio que ofrecería esta vía.
- La implementación de otro medio masivo de transporte que desincentive el uso de vehículo particular, tal como metro, tranvía, Transmilenio seria soluciones a largo plazo que ayudarían a la infraestructura de movilidad de la capital además de ser una alternativa de movilidad para los usuarios.

## BIBLIOGRAFÍA

AASHTO TP 62 (2007), Standard Method of Test for Determining Dynamic Modulus of Hot Mix Asphalt (HMA),

[https://global.ihs.com/doc\\_detail.cfm?document\\_name=AASHTO%20TP%2062&item\\_s\\_key=00496324](https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=AASHTO%20TP%2062&item_s_key=00496324)

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., & Cal & Mayor y Asociados. (2005). Tomo III. Tránsito. *Manual de Planeación y Diseño Para La Administración Del Tránsito y El Transporte*, 1–396.

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., & Cal & Mayor y Asociados. (2005). Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y transporte de Bogotá D.C Tomo III. Tránsito. *Manual de Planeación y Diseño Para La Administración Del Tránsito y El Transporte*, 1–396.

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, Secretaria Distrital de Planeacion/ Vias, transporte y servicios publicos / Vias, <http://www.sdp.gov.co>.

Cal R & Mayor S.(1994),ingenieria de transito fundamentos y aplicaciones.(ed.7). Mexico, D.F. Ediciones Alfaomega, S.A.

Cicchino, J. B., McCarthy, M. L., Newgard, C. D., Wall, S. P., DiMaggio, C. J., Kulie, P. E., Arnold, B. N., & Zuby, D. S. (2020). Not all protected bike lanes are the same: Infrastructure and risk of cyclist collisions and falls leading to emergency department

visits in three U.S. cities. *Accident Analysis and Prevention*, 141(February), 105490.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105490>

de Nazelle, A., Fruin, S., Westerdahl, D., Martinez, D., Ripoll, A., Kubesch, N., & Nieuwenhuijsen, M. (2012). A travel mode comparison of commuters' exposures to air pollutants in Barcelona. *Atmospheric Environment*, 59, 151–159.  
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.05.013>

INVIAS. (2008). *Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito*. [www.icpc.org.co](http://www.icpc.org.co)

Jena, S., Pradhan, D. K., & Bhuyan, P. K. (2019). Modelling automobile users' response pattern in defining urban street level of service. *Transport*, 34(3), 287–299.  
<https://doi.org/10.3846/transport.2019.9405>

Liu, Q., Sun, J., Tian, Y., & Xiong, L. (2020). Modeling and simulation of overtaking events by heterogeneous non-motorized vehicles on shared roadway segments. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 103(February), 102072.  
<https://doi.org/10.1016/j.simpat.2020.102072>

Moreno Mauricio. (2020, September 3). *Críticas por ciclorruta de la carrera Séptima que quitó espacio a los carros - Bogotá - ELTIEMPO.COM*. EL TIEMPO.  
<https://www.eltiempo.com/bogota/bogota-criticas-por-ciclorruta-de-la-carrera-septima-que-quito-espacio-a-los-carros-535597>

Qian, X., Moore, J. K., & Niemeier, D. (2020). Predicting Bicycle Pavement Ride Quality:

Sensor-Based Statistical Model. *Journal of Infrastructure Systems*, 26(3), 1–10.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000571](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000571)

Radio Nacional de Colombia. (2020, April 26). *Bogotá tendrá 80 kilómetros de ciclovía a partir de esta semana* | *Radio Nacional de Colombia*.  
<https://www.radionacional.co/noticia/actualidad/bogota-tendra-80-kilometros-de-ciclovia-a-partir-de-semana>

Subdirección General de Desarrollo Urbano, D. T. E. (2013). Estado de la Malla Vial de Bogotá 2013. *Estado de La Malla Vial de Bogotá 2013*.

Xu, C., Guo, H., Xu, L., & Jin, S. (2019). Speeding behavior and speed limits for heterogeneous bicycle flow. *Traffic Injury Prevention*, 20(7), 759–763.  
<https://doi.org/10.1080/15389588.2019.1642471>

Yang, X., Gao, Z., Zhao, X., & Si, B. (2009). Road capacity at bus stops with mixed traffic flow in China. *Transportation Research Record*, 2111, 18–23.  
<https://doi.org/10.3141/2111-03>

ZHOU, Y. (2007). *Bicycle Traffic On Bicycle Lane: Characteristics And Influences On Motorized Vehicle Traffic*. 2007(Icte), 1–6.

## **ANEXOS**