

**DISEÑO GEOMÉTRICO EN FASE I DE LA CARRERA 5 ENTRE LAS CALLES 7  
NORTE Y 15 NORTE EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN (CAUCA)**



**ING. ÁNGELA MARÍA LÓPEZ LÓPEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE VÍAS Y TRANSPORTE  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES  
POPAYÁN DICIEMBRE DE 2022**

**DISEÑO GEOMÉTRICO EN FASE I DE LA CARRERA 5 ENTRE LAS CALLES 7  
NORTE Y 15 NORTE EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN (CAUCA)**

**INGENIERA ÁNGELA MARÍA LÓPEZ LÓPEZ**

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO MODALIDAD PROFUNDIZACIÓN  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER EN INGENIERÍA DE VÍAS  
TERRESTRES**

**Director:**

**M. Sc. HERNÁN NOPE RODRÍGUEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE VÍAS Y TRANSPORTE  
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE VÍAS TERRESTRES  
POPAYÁN NOVIEMBRE DE 2022**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios:**

Por darme todo lo que necesito, salud para afrontar un reto más en la vida, fortaleza en los días que lo más fácil era rendirse.

### **A mis padres, Pedro López y Omaira López Cajas**

Esos seres maravillosos con los que Dios en su misericordia y amor por mí, me permitió nacer de ellos, gracias por su apoyo invaluable todos estos años, gracias por creer en mí en ese 2009 y ser mi apoyo incondicional siempre.

### **A mi amado hijo, Juan Pablo**

Que sin darse cuenta cada día su sonrisa y su tierna voz diciendo mama te amo, es una fuente de inspiración y energía, para querer lograr todas las metas y sueños que me he planteado, gracias, hijo amado por ser la luz en mi camino y por entender todo el tiempo que no pase a tu lado por dedicarme a este sueño que hoy alcanzo y como prueba que todo se logra con esfuerzo y dedicación.

### **A mi hermano, Alex Armando López López**

Por su apoyo incondicional y por ser inspiración para mí desde siempre.

### **A mi director, Hernán Nope**

Que, con su guía, empeño y apoyo, lograron que fuese posible este logro.

A mi Universidad de Cauca, por abrir las puertas brindar educación pública y de calidad.

**Ángela María López López**

## Tabla de contenido

Resumen	7
CAPÍTULO I. GENERALIDADES	9
Introducción	9
Descripción del problema	9
Justificación	10
Justificación técnica	10
Justificación académica	11
Objetivos	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos	12
Alcance	13
CAPITULO II – MARCO TEÓRICO	14
Información preliminar.	14
Reconocimiento del estado actual del sitio y recolección de información primaria.	14
Estudio de tránsito.	15
Volúmenes de tránsito.	15
Flujo vehicular	15
Automóviles directos equivalentes, ade	16
Procesamiento de la información de tránsito.	17
Determinación de la tasa de crecimiento	17
Proyección del tránsito futuro	18
Capacidad vial y niveles de servicio	20
Nivel de servicio	21
Estudios topográficos	23
Estudio de diseño geométrico	24
Revisión de estudios previos	24
Definición de estrategias de trabajo	24
Reconocimiento de la infraestructura vial	24
Parámetros de diseño	24
Clasificación de las vías urbanas,	25
Diseño y evaluación	27
Edición final	28
Estudios de señalización	28

Metodología de la señalización y demarcación	28
Revisión de la bibliografía existente	28
Evaluación de la situación actual	29
Estudio de dispositivos para el proyecto	29
Inventario de la señalización y demarcación utilizada en el proyecto	29
Elaboración del documento final	29
CAPITULO III - METODOLOGÍA	30
Área de estudio.	30
Reconocimiento del estado actual del sitio y recolección de información primaria.	31
Sectores que actualmente conforman proyecto: El proyecto está dividido en dos sectores:	31
Tramo a habilitar	31
Información secundaria	34
Información topográfica	35
CAPITULO IV ESTUDIO DE TRÁNSITO	35
Información secundaria recolectada	35
Información secundaria	35
Procesamiento de información secundaria y condición actual del tránsito	37
Cálculo de la capacidad vial	37
CAPITULO V-DISEÑO GEOMÉTRICO	38
Criterios de diseño geométrico:	38
Velocidad de diseño de vía urbana	38
Dimensionamiento de los elementos	38
CAPÍTULO VI-RESULTADOS	44
CAPITULO VII -PARÁMETROS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	50
CAPITULO VIII-ESTUDIO DE SEÑALIZACIÓN	55
CAPITULO IX-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	59

## Lista de ilustraciones

<b>Ilustración 1</b>	Automóviles directos equivalentes.....	16
<b>Ilustración 2</b>	Calculo flujo – estación de conteo barrio Bolívar. ....	17
<b>Ilustración 3</b>	Crecimiento poblacional de Popayán. ....	18
<b>Ilustración 4</b>	Valores promedio capacidad.....	19
<b>Ilustración 5</b>	Capacidad de las vías urbanas .....	20
<b>Ilustración 6</b>	Cálculo capacidad y nivel de servicio.....	23
<b>Ilustración 7</b>	Localización general del proyecto.....	30
<b>Ilustración 8</b>	Localización general de la comuna 3 - Popayán .....	30
<b>Ilustración 9</b>	Localización específica de la vía .....	31
<b>Ilustración 10</b>	Planta calle 15 contrato adjudicado .....	34
<b>Ilustración 11</b>	Estación barrio Bolívar intersección de la carrera 6ª con calle 15N.....	36
<b>Ilustración 12</b>	Estación de conteo intersección medicina carrera 6 calle15.....	36
<b>Ilustración 13</b>	Anchos de vía urbana mínimos recomendables .....	39
<b>Ilustración 14</b>	Secciones transversales típicas. ....	39
<b>Ilustración 15</b>	Sección típica VAS-1 dos calzadas. ....	40
<b>Ilustración 16</b>	Estructura rígida en sentido sur norte de la vía calle 15n entre carreras 2 y 5	40
<b>Ilustración 17</b>	<i>Secciones trasversales típicas</i> .....	40
<b>Ilustración 18</b>	<i>Sección transversal sin reducción</i> .....	45
<b>Ilustración 19</b>	<i>Intervención al cauce del rio y a la estación de energía</i> .....	46
<b>Ilustración 20</b>	<i>Sección transversal calzada invadiendo el cauce del río</i> .....	46
<b>Ilustración 21</b>	<i>Sección transversal con reducción de calzada</i> .....	47
<b>Ilustración 22</b>	<i>Alternativa con sección trasversal reducida y planteamiento de Bahía</i> .....	48
<b>Ilustración 23</b>	<i>Calzada elevada con sección transversal reducida</i> .....	49
<b>Ilustración 24</b>	<i>Afectación predial en alternativa tres (3)</i> .....	49
<b>Ilustración 25</b>	<i>Sección trasversal en alternativa tres (3)</i> .....	50
<b>Ilustración 26</b>	Ejes de diseño geométrico para la alternativa seleccionada. ....	52

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> Cálculo del flujo futuro .....	19
<b>Tabla 2</b> Resumen del número de carriles requeridos.....	20
<b>Tabla 3</b> Niveles de servicio de vías urbanas .....	21
<b>Tabla 4</b> Calculo de capacidad vial .....	37
<b>Tabla 5</b> Longitud critica.....	41
<b>Tabla 6</b> Longitud critica.....	41
<b>Tabla 7</b> Radio mínima .....	42
<b>Tabla 8</b> Entretangencia mínima .....	43
<b>Tabla 9</b> <i>Valor de K curvas verticales</i> .....	43
<b>Tabla 10</b> <i>Longitud mínima de tangente</i> .....	44
<b>Tabla 11</b> <i>Parámetros de diseño para alternativa seleccionada</i> .....	50
<b>Tabla 12</b> <i>Secciones transversales típicas de la alternativa seleccionada.</i> .....	53

## **Resumen**

El presente trabajo de grado tiene como finalidad establecer una propuesta de corredor vial que permita conectar dos puntos estratégicos de la ciudad de Popayán como lo son el barrio Bolívar y la Estancia, en busca de mejorar el flujo de tránsito en la carrera sexta entre las calles 7N y 15N, en la comuna 3.

El proyecto consiste en elaborar el diseño geométrico en fase I de la carrera 5 entre las calles 7N y 15N, que servirá como alternativa de movilidad a la carrera 6, que presenta problemas de congestión.

Por tratarse de un estudio en Fase I se obtuvo información secundaria de tránsito y topografía, se determinaron los parámetros básicos de diseño geométrico, se plantearon tres alternativas, se evaluó cuál de ellas se ajusta más a los parámetros económico, social y técnico, se escogió y se diseñó la más viable.

De las tres alternativas planteadas, la primera cumple con los parámetros geométricos establecidos para el tipo de vía; en la segunda alternativa se reduce la sección trasversal para ajustarse al espacio disponible, y en la tercera, además de la reducción, se eleva el diseño en perfil.

Teniendo en cuenta el análisis de afectación de predios y la compatibilidad ambiental, se seleccionó la segunda alternativa.

Palabras clave: Diseño geométrico, seguridad vial, capacidad.



## **Abstract**

The purpose of this degree work is to establish a proposal for a road corridor that allows connecting two strategic points in the city of Popayán, such as the Bolívar neighborhood and La Estancia, in search of improving the traffic flow in the sixth race between the streets 7N and 15N, in commune 3.

The project consists of developing the geometric design in Phase I of Carrera 5 between Calles 7N and 15N, which will serve as a mobility alternative to Carrera 6, which presents congestion problems.

Because it is in Phase I, secondary information on traffic and topography was obtained, the basic parameters of the geometric design study were determined, three alternatives were proposed, and it was evaluated which of them best fit the economic, social, and technical parameters. the most viable was chosen and developed.

Of the three proposed alternatives, the first complies with the geometric parameters established for the type of road; in the second alternative, the cross section is reduced to adjust to the available space, and in the third, in addition to the reduction, the profile design is raised.

Taking into account the analysis of the affectation of properties and environmental compatibility, the second alternative was selected.

**Keywords:** Geometrical design, road safety, capacity.

# **CAPÍTULO I. GENERALIDADES**

## **Introducción**

El municipio de Popayán está ubicado al este del departamento del Cauca, en el valle de Pubenza, entre las cordilleras occidental y central al suroccidente de Colombia. El proyecto se localiza en la comuna 3 en la cabecera del municipio de Popayán, y comprende la carrera 5 entre las calles 7 norte y 15 norte, comunicando el barrio Bolívar con el sector de La Estancia.

Se trata de una zona comercial con alto flujo de camiones, lo que genera acumulación de vehículos en el barrio Bolívar, en el semáforo de la facultad de Medicina y en el sector de La Estancia, produciendo mayores tiempos de traslado y mayor afluencia de vehículos.

Debido a que no hay vías alternas para disminuir el tráfico en este sector, se plantea en fase I un trazado de vía paralelo a carrera sexta entre las calles séptima y quince norte, utilizando información secundaria de topografía y tránsito; con la topografía se creó el modelo digital que permitió, mediante el programa para diseño geométrico TOPO 3, plantear tres alternativas de trazado de vía, las cuales se analizaron en lo relacionado con la afectación de predios públicos, especialmente del hospital Universitario San José y de la Universidad de Cauca.

Se tuvo en cuenta también la invasión al cauce del río Molino; en las alternativas uno y tres la afectación es de un 70 %, lo que implica una intervención compleja y costosa.

Finalmente se seleccionó la alternativa dos, que tiene la menor afectación sobre los predios del hospital y de la universidad del Cauca, siendo la que mejor se ajusta a las condiciones existentes.

## **Descripción del problema**

En el sector del Barrio bolívar es una de las zonas más comerciales de la ciudad, provocando así un gran flujo vehicular y descargue de camiones.

La ciudad de Popayán se encuentra en etapa de rehabilitación de la infraestructura vial, por lo que actualmente se están interviniendo las vías de circulación del transporte urbano a cargo de Movilidad Futura S.A.S, como ente Gestor el Sistema Estratégico de Transporte Público de Pasajeros de la ciudad, creado mediante decreto Municipal No. 00470 del 10.

Producto de las intervenciones de rehabilitación de la calle 25 norte entre la carrera 2 y carrera 6, ha provocado que el tráfico que circula por la carrera 3 hacia el centro y el tráfico de la carrera 2, sea conducido hacia la facultad de Ingeniería Civil, esto hace que la ruta de las personas que van del este de la ciudad hacia el barrio Bolívar sea más larga en el retorno, debido a la acumulación de vehículos que se generan en el barrio Bolívar, en el semáforo de la facultad de Medicina y en el sector de La Estancia, produciendo mayores tiempos de traslado y mayor afluencia de vehículos debido a que no hay vías alternas para disminuir el tráfico en este sector.

## **Justificación**

### **Justificación técnica**

El desarrollo de las comunidades en el ámbito social y económico se ve influenciado fuertemente por la apertura de vías que ayuden a la comunicación de las regiones; dichas vías deben surtir todos los procesos de planeación y ejecución del proyecto para determinar la mejor alternativa que sea técnica y económicamente viable.

En este caso particular, se propone unir el barrio Bolívar y el barrio La Estancia con una vía alterna a la carrera 6 (es decir la carrera 5), que comunique las calles 7 norte y 15 norte en la ciudad de Popayán, teniendo en cuenta el desarrollo y fortalecimiento de su infraestructura vial.

Actualmente, para mejorar el flujo de tránsito, se han materializado cambios de sentido de la carrera 2, que se convierte en un círculo vicioso empeorando el tránsito en la carrera 2 norte, calle 1 norte y en especial en la carrera 6.

Para el desarrollo de la propuesta de grado planteada, se pondrán en práctica los conocimientos de la ingeniería de tránsito, evaluación de proyectos, estadística, diseño geométrico de vías urbanas, ambientales y en general las bases teóricas que se imparten en la maestría de Ingeniería de Vías Terrestres, conocimientos que permitirán el desarrollo y presentación el diseño geométrico a nivel de Fase I de la alternativa seleccionada, cabe resaltar

que el alcance es netamente desde el diseño geométrico, no incluirá aspectos geológicos, geotécnicos, estructurales, prediales, ambientales y socioeconómicos.

### **Justificación académica**

La Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres contempla el análisis de todos los campos como vías urbanas y movilidad, del mismo modo abarca todos los componentes estudiados durante las clases impartidas en la maestría, que se relacionan de forma directa o indirecta en el momento de diseñar y analizar una vía, haciendo que cada una sea un caso particular. En efecto, con esta propuesta académica se busca aplicar los conocimientos adquiridos durante los periodos cursados en la Maestría, al realizar los estudios y diseños a nivel de fase I, para mejorar los niveles de servicio de un anillo vial muy importante para Popayán.

Para desarrollar dichos estudios y diseños a nivel de fase I, es necesario tener conocimientos de estadística, topografía, tránsito vehicular y peatonal, diseño geométrico de carreteras, diseño asistido por computador, sistemas de información geográfica, administración vial, construcción de obras viales, formulación y evaluación de proyectos, análisis del medio ambiente, entorno social, predial y drenaje vial, todo lo cual forma parte del conocimiento que se adquiere en desarrollo de la maestría en ingeniería de vías terrestres.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Formular una propuesta a nivel fase I, planteando un corredor vial que permita la conexión entre dos sectores estratégicos de la ciudad de Popayán, contribuyendo a la movilidad del tráfico que se presenta en dicho sector, comprendido específicamente en la carrera 6, entre las calles 7 norte y 15 norte, de la ciudad de Popayán, Cauca.

### **Objetivos específicos**

- Evaluar la capacidad y nivel de servicio de la carrera 5 y la carrera 6, entre calle 7 norte y 15 norte.
- Proponer una alternativa de diseño geométrico a nivel de Fase I, de la vía alterna a la carrera 6, específicamente carrera 5 entre calles 7 norte y 15 norte, en el municipio de Popayán Cauca.
- Proponer alternativas de intersección con la calle 7 y calle 15 norte, como complemento a la alternativa de diseño geométrico planteada.
- Proponer señalización básica para el corredor elegido.

## **Alcance**

Mediante el presente trabajo de grado en la modalidad de profundización, se busca plantear una vía alterna a la carrera 6, (carrera 5) entre la calle 7 norte y calle 15 norte, así como también se plantearán las alternativas de intersección con las calles anteriormente mencionadas (calles 7 y 15 norte), como solución al problema de movilidad en la carrera 6 en la ciudad de Popayán, teniendo en cuenta los peatones, el espacio público y una adecuada movilidad para el vehículo de diseño.

La vía se diseñará asignando un periodo de funcionamiento adecuado y un nivel de servicio de acuerdo al crecimiento del parque automotor de la ciudad de Popayán.

El diseño geométrico propuesto ayudará a mejorar el funcionamiento de las vías del barrio Bolívar, la intersección con semáforo de la carrera 6 y el sector de La Estancia.

Cabe resaltar que en el presente trabajo la alternativa a formular tiene un alcance netamente desde el diseño geométrico, no incluirá aspectos geológicos, geotécnicos, estructurales, prediales, ambientales y socioeconómicos.

## CAPITULO II – MARCO TEÓRICO

Para diseñar las alternativas de vía urbana planteadas, se utilizó los siguientes documentos de apoyo “Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de Colombia”<sup>1</sup>, libro guía de diseño de “vías urbanas una ciudad para todos”<sup>2</sup>, manual de diseño geométrico mexicano “manual de proyecto geométrico de carreteras 2018”<sup>3</sup>, “Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Carreteras de dos Carriles”<sup>4</sup> y el “plan de ordenamiento territorial de Popayán Cauca”<sup>5</sup>. “manual de señalización vial colombiano”<sup>6</sup>; los cuales dieron las pautas para la elaboración de un buen diseño geométrico, con una vía de características y parámetros mínimos que requiere la zona.

### **Información preliminar.**

En las entidades estatales como Movilidad futura y la alcaldía Municipal, intervinieron en proyectos aledaños a la vía de estudio, se deberá solicitar la información secundaria, esencial para dar inicio al desarrollo del proyecto, respecto al trazado y características geométricas iniciales de la vía aledañas, para identificar los aspectos más representativos a tener en cuenta en el momento de desarrollar el diseño.

### **Reconocimiento del estado actual del sitio y recolección de información primaria.**

La recolección de la información como fotografías y hacer mediciones de las características de la vía actual, tales como ancho de vía, número de carriles y reconocimiento de la zona de estudio, identificar predios contiguos al proyecto, lo cual permite tener una aproximación más certera de la vía en estudio al momento de definir el diseño geométrico.

---

1 Colombia. Ministerio de Transporte. (2008. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Instituto Nacional de Vías, INVIAS)

2 Arboleda Vélez, German; (1a. Ed). (2020); Vías Urbanas Una Ciudad Para Todos.

3 Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Subsecretaría de Infraestructura Dirección General de Servicios Técnicos. (2018). Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras 2018. Tercera edición 2018 Corregida y aumentada.

4 Colombia. Ministerio de Transporte. (2018. Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Carreteras de dos Carriles. 3ra Versión. Instituto Nacional de Vías, INVIAS)

<sup>5</sup>Alcaldía Municipal. (2002) Plan de ordenamiento territorial de Popayán Cauca”.

<sup>6</sup> Colombia. Ministerio de Transporte. (2015. Manual de Señalización Vial, Dispositivos Uniformes para la Regulación del Tránsito en las Calles, carreteras y Ciclorutas de Colombia. Instituto Nacional de Vías, INVIAS)

## **Estudio de tránsito.**

La Ingeniería de Tránsito ha sido definida como "La rama de la Ingeniería relacionada con la planeación, proyecto geométrico y la operación vehicular de calles y carreteras, terminales, colindancias y correspondencias con otros modos de transporte, con el fin de lograr la seguridad, eficiencia y movimiento adecuado de personas y cosas"<sup>7</sup>.

## **Volúmenes de tránsito.**

El conocimiento de los volúmenes de tránsito tanto en número como en comportamiento permiten tener las armas necesarias para realizar un estudio congruente de las necesidades de los conductores de vehículos y de los peatones.

Se define como volumen vehicular, el número de vehículos que pasan por un punto dado ya sea de un camino o de un carril en particular, durante un periodo específico.<sup>8</sup>

## **Flujo vehicular**

Las mediciones de tráfico se llevan a cabo para determinar la magnitud de los movimientos existentes y los tipos de vehículos motorizados que circulan en un área de estudio. Esta información ayuda a identificar los períodos críticos a lo largo de un día, semana o temporada, determinando la influencia relativa de cada tipo de vehículo y movimiento en el funcionamiento del área de estudio.<sup>9</sup>

Con ayuda de la recopilación secundaria facilitada por las empresas públicas como lo son Movilidad futura y la Alcaldía Municipal, son la base para estimar el tránsito que podría pasar por la vía en estudio.

Con la información obtenida de los conteos que se realizaron en las zonas definidas por los ejecutores de los estudios y diseños facilitados, se identifican las estaciones de conteos cuyo flujo incida en la vía de estudio, de la cual se identifican dos estaciones de conteos,

---

<sup>7</sup> Lazo Margáin, L. y Sánchez Ángeles, G. (1981). Una fisonomía de la ingeniería de tránsito. México D.F, Mexico: Editorial Miguel Ángel Porrúa. Recuperado de <https://elibro-net.acceso.unicauca.edu.co/es/ereader/unicauca/72416?page=272>.

<sup>8</sup> Lazo Margáin, L. y Sánchez Ángeles, G. (1981). Una fisonomía de la ingeniería de tránsito. México D.F, Mexico: Editorial Miguel Ángel Porrúa. Recuperado de <https://elibro-net.acceso.unicauca.edu.co/es/ereader/unicauca/72416?page=272>.

<sup>9</sup> Fernández Aguilera, R. (2014). Temas de ingeniería y gestión de tránsito. RIL editores. <https://elibro-net.acceso.unicauca.edu.co/es/ereader/unicauca/67305?page=38>.



estación Barrio Bolívar entrando por el sur y saliendo por el norte y Estación intersección facultad de medicina sobre la carrera sexta con calle15, se procesa la información asignando un porcentaje de los movimientos que se presentan e intervienen en la vía de estudio.

### Automóviles directos equivalentes, **ade**

En la medida de la capacidad de las vías y de las intersecciones, el volumen de tránsito variable se expresa en automóviles directos equivalentes, **ade**, debido a que los distintos tipos de vehículos requieren espacios de vía de diferentes magnitudes, en razón a la variación en los tamaños y operación de estos.

Los factores de ponderación para los diferentes tipos de vehículos, en las distintas situaciones en que puedan estar operando, se presentan en el cuadro 2.2 <sup>10</sup>

### Ilustración 1 Automóviles directos equivalentes

Cuadro 2.2 AUTOMÓVILES DIRECTOS EQUIVALENTES, <b>ade</b>				
Tipo de vehículo	Automóviles directos equivalentes ( <b>ade</b> )			
	Vía urbana	Carretera	Glorieta	Intersección semaforizada
> Bicicletas	0,33	0,50	0,50	0,20
> Motocicletas	0,75	1,00	0,75	0,33
> Buses	3,00	3,00	2,80	2,25
> Automóviles, taxis, vehículos comerciales livianos (camiones pequeños y camionetas)	1,00	1,00	1,00	1,00
> Vehículos comerciales medianos y pesados (camiones), vehículos de tracción animal	2,00	3,00	2,80	1,75

*Fuente:* Vías urbanas una ciudad para todos, German Arboleda.

<sup>10</sup> Arboleda Vélez, German; (1a. Ed). (Pág. 40); (2020); Vías Urbanas.

## Procesamiento de la información de tránsito.

Los datos aportados están tabulados en periodos de 15 minutos y clasificados en autos, buses y camiones, se procede a calcular los automóviles directos equivalentes, ade, para cada vehículo de cada movimiento aportado; se toma, los valores de buses y se multiplica por su factor que en este caso sería 3, según **Ilustración 1** Automóviles directos equivalentes, posteriormente se calcula el volumen por hora y flujo cada 15min.

### Ilustración 2 Calculo flujo – estación de conteo barrio Bolívar.

ESTACION DE CONTEO INTERSECCIÓN BARRIO BOLÍVAR									Volumen 15'	Volumen Hora	Flujo 15'
ENTRANDO POR EL ORIENTE - SALIENDO POR EL NORTE (CARRERA SEXTA)											
Hora	Periodo	Autos	Buses	Camiones							
				C2p	C2g	C3-C4	C5	>C5			
07:00 - 08:00	00 - 15	1	1	0	0	0	0	0	2	6	4
	15 - 30	1	0	0	0	0	0	0	1	4	1
	30 - 45	1	0	0	1	0	0	0	2	6	3
	45 - 00	1	0	0	0	0	0	0	1	4	1

Fuente: Elaboración Propia

Para la hora 7:00 a las 8:00 el periodo de tiempo 00-15, se encuentran los ADES así:

De la tabla 1, se eligen los factores de vía urbana y se calcula de la siguiente manera:

$$A = \{(a * 1) + (b * 3) + (C2p * 1.0) + ([C2g + C3 + C4 + C5 + C6 >] * 2.0)\}$$

$$A = 1 * 1 + 3 * 1 + 0 * 1 + 0 * 2 = 4 \text{ ADE}$$

Obteniendo como valor que para la hora 7:00 a las 8:00 el periodo de tiempo 00-15 pasan 4 ADE.

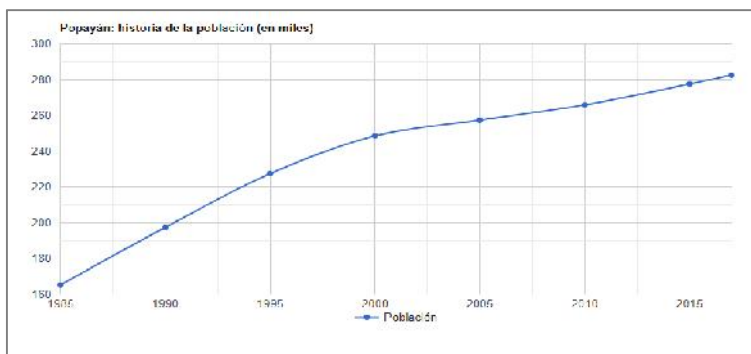
### Determinación de la tasa de crecimiento

Teniendo los flujos vehiculares de cada movimiento, se proyecta los flujos a 10 años. Para ello se utiliza el crecimiento del parque automotor el cual es similar al crecimiento poblacional; estos datos obtuvieron del sitio web:

<http://poblacion.population.city/colombia/popayan/#:~:text=Responder%3A%20Aguzul%2C%20Colombia%20.>

A continuación, se muestra el crecimiento poblacional del Municipio de Popayán con su respectivo cambio anual.

**Ilustración 3** *Crecimiento poblacional de Popayán.*



*Fuente:* population.city

*Cambio anual de la población.*

CAMBIO ANUAL DE LA POBLACIÓN	
AÑO	PORCENTAJE (%)
1985-1990	3.62
1990-1995	2.88
1995-2000	1.78
2000-2005	0.7
2005-2010	0.65
2010-2015	0.87
2015-2017	0.88

*Fuente:* population. city

Promediando los datos del crecimiento se obtiene una tasa de **1.62 %** anual.

### **Proyección del tránsito futuro**

Conociendo la tasa de crecimiento anual ( $i$ ), se acumula el tránsito calculado para los años del periodo de diseño, utilizando la siguiente expresión:

$$P_f = P_0 * (1 + i)^t$$

Donde:

$P_f$ : p f ,  $P_0$ : p i r ,  $i$ : t a d c i ,  
 $t$ : p d p

Siguiendo con el cálculo tipo de ejemplo anterior se tiene:

$$P_f = 108 * (1 + 0.0162)^2 \text{ año} = 151a / \text{hor}$$

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los cálculos del tránsito futuro entre las 7:00 y 8:00 en el conteo del Barrio Bolívar.

**Tabla 1** Cálculo del flujo futuro

ESTACION DE CONTEO INTERSECCIÓN BARRIO BOLÍVAR									Volumen 15'	Volumen Hora	Flujo 15'	Volumen Hora	Hora Pico	Flujo Futuro 10 años
ENTRANDO POR EL ORIENTE			SALIENDO POR EL NORTE [CARRERA SEXTA]											
Hora	Periodo	Autos	Buses	Camiones										
				C2p	C2g	C3-C4	C5	>C5						
07:00 - 08:00	00 - 15	1	1	0	0	0	0	0	2	5	4	16	108	151
	15 - 30	1	0	0	0	0	0	0	1	4	1	12		
	30 - 45	1	0	0	1	0	0	0	2	5	3	28		
	45 - 00	1	0	0	0	0	0	0	1	4	1	28		

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de la capacidad, se adoptan los valores promedio por carril de vías secundarias esto es igual a 900 ades/hora por carril.

**Ilustración 4** Valores promedio capacidad

CAPACIDAD (Arboleda, 2015, p. 33)	
Los valores promedio por carril de la capacidad de una vía se presentan a continuación:	
<b>Vías Arterias:</b>	
Calzadas principales:	1000 ades/hora por carril.
Vías secundarias:	900 ades/hora por carril.
<b>Intersecciones a Desnivel:</b>	
Calzadas principales:	1350 ades/hora.
Vías de enlace:	1200 ades/hora.
<b>Intersecciones Semaforzadas:</b>	
Capacidad por carril:	800 ades/hora

Fuente: Vías Urbanas, Una ciudad Para Todos, German Arboleda.

**Tabla 2** Resumen del número de carriles requeridos.

MOVIMIENTO	HORA PICO	FLUJO FUTURO	SENTIDO	FLUJO FUTURO	# CARRILES	# CARRILES SELECCIONADO
1	304	424	N-S	424	0.47	1
2	116	162	S-N	313	0.35	1
	108	151				

Fuente: Elaboración propia

### Capacidad vial y niveles de servicio

El concepto de capacidad vial se refiere al máximo flujo vehicular que el dispositivo analizado permite evacuar. En consecuencia, la capacidad vial dependerá del tipo de regulación existente y del propio dispositivo analizado, no siendo una constante universal para la gestión de tránsito. Para normalizar esta característica, se define el flujo de saturación como aquel flujo vehicular máximo que el dispositivo analizado permite evacuar, sin considerar su regulación, bajo condiciones de saturación.<sup>11</sup>

Para determinar la capacidad de la vía en estudio se adoptó de acuerdo 950 ade/h según dado que la vía en estudio tiene un ancho promedio de 6m y de acuerdo con la **Ilustración 5**.

### Ilustración 5 Capacidad de las vías urbanas

Tipo de vía	Ancho total de las calzadas disponibles para el movimiento vehicular en ambos sentidos (m)		Capacidad de la vía en una dirección (ade/h)
Una calzada para los dos sentidos, sin separador central. Aplicable a VAS-2, VC, VMP y VL con flujo vehicular en ambos sentidos.	4,81	6,15	400
	6,16	7,70	600
	7,71	9,25	800
	9,26	10,80	1.000
	10,81	12,35	1.250
	12,36	13,90	1.350
	13,91	15,45	1.500
	15,46	17,00	1.750
	17,01	18,55	2.000
	18,56	20,10	2.200
20,11	21,65	2.400	
Mayor que	21,65	2.600	
Dos calzadas con separador central. Aplicable a VAP y VAS-1.	10,81	12,35	1.300
	12,36	13,90	1.450
	13,91	15,45	1.800
	15,46	17,00	1.750
	17,01	18,55	2.000
Anchos mayores		Aplicar lo valores del tipo de vía anterior	
Calles para un solo sentido. Aplicable a VC y VL con flujo vehicular en un solo sentido.	4,00	6,15	950
	6,16	7,70	1.450
	7,71	9,25	2.000
	9,26	10,80	2.400
	10,81	12,35	2.750
	12,36	13,90	3.350

Fuente: Vías Urbanas Una Ciudad Para Todos, German Arboleda.

<sup>11</sup> Fernández Aguilera, R. (2014). Temas de ingeniería y gestión de tránsito. RIL editores. <https://elibro-net.acceso.unicauca.edu.co/es/ereader/unicauca/67305?page=38>.

## Nivel de servicio

El nivel de servicio, NS, es un concepto que se utiliza para medir la calidad del flujo en una vía, vehicular o peatonal, o del espacio disponible para los peatones en áreas de espera, como, por ejemplo, la esquina de un cruce peatonal en intersecciones semaforizadas o en plataformas.

En el caso de vías, el nivel de servicio es una medida cualitativa que describe las condiciones de operación del flujo y la percepción de las mismas por parte de conductores, pasajeros y peatones. Estas condiciones se expresan en términos de velocidad, de tiempo de recorrido, de libertad en la maniobrabilidad, de comodidad y de seguridad en la movilidad.

En el caso de zonas de espera, su nivel de servicio se expresa con base en el espacio peatonal promedio disponible, el confort personal y el grado de movilidad interna.<sup>12</sup>

En términos prácticos el nivel de servicio NS, de una vía vehicular urbana se fija de acuerdo con la relación volumen / capacidad,  $v / c$ , así:

**Tabla 3** Niveles de servicio de vías urbanas

$v/c$	0,00 - 0,43	0,44 - 0,70	0,71 - 1,00	1,01 - 1,30	1,31 - 1,70
NS	A	B	C	D	E

Fuente: Vías Urbanas Una Ciudad Para Todos, German Arboleda.

El calificativo y la descripción de cada nivel de servicio, NS, de una vía urbana son:

1. **Nivel de servicio 'A'**: excelente Condición de flujo libre, con bajos volúmenes de tránsito y altas velocidades. Los conductores tienen poca restricción para maniobrar y pueden mantener la velocidad deseada con poca demora.

2. **Nivel de servicio 'B'**: muy bueno

---

<sup>12</sup> Arboleda Vélez, German; (1a. Ed). (Pág. 77); (2020); Vías Urbanas.

Las velocidades de operación están un poco restringidas por las condiciones del tránsito. Los conductores mantienen una considerable libertad para maniobrar y mantener la velocidad deseada con poca demora

### 3. Nivel de servicio ' C ': bueno

Volúmenes de tránsito más altos controlan las velocidades y la posibilidad de maniobrar. Los conductores tienen restricciones para cambiar de carril, rebasar y mantener la velocidad deseada. Se producen demoras de bajas magnitudes.

### 4. Nivel de servicio ' D ': aceptable

La condición de flujo se acerca a la inestabilidad, con velocidades tolerables mantenidas, pero afectadas por los cambios operacionales del tránsito. Los conductores tienen poca libertad para maniobrar. Demoras de magnitudes aceptables

### 5. Nivel de servicio ' E ': capacidad

Condición de flujo inestable, con altos volúmenes de tránsito y bajas velocidades. Los conductores tienen muy poca libertad para maniobrar y el flujo puede tener interrupciones momentáneas. Demoras considerables.

### 6. Nivel de servicio " F": malo

Condición de flujo congestionado, la velocidad operacional es muy baja causando grandes demoras. La Figura 2.30 ilustra cada uno de los anteriores niveles de servicio.

Para clasificar en qué nivel de servicio está la vía, se hace la relación del flujo futuro en ADES por hora por carril, anteriormente obtenido entre la capacidad de la vía.

#### Cálculo tipo:

Continuando con el ejemplo anterior, se encuentra la relación volumen / capacidad,  $v / c$ , así:

Volumen: 424 ades/hora por carril (se toma el más crítico)

Capacidad: 424 ades/hora por carril

$$\text{Relación} = \frac{4}{9} = 0.45$$

Según los valores de tabla 3, el valor obtenido esta entre 0.44- 0.70, que define **Nivel de servicio B**.

**Ilustración 6** *Cálculo capacidad y nivel de servicio.*

CAPACIDAD Y NIVEL DE SERVICIO		
VOLUMEN DE DISEÑO	424	ades/hora por carril
CAPACIDAD DE LAS VIAS URBANAS	950	ades/hora por carril
Relacion	0.45	
Por lo tanto el nivel de servicio es		B

*Fuente:* Elaboración propia.

### **Estudios topográficos**

Es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la Tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre; es decir, estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada.<sup>13</sup>

De la información secundaria suministrada por las empresas públicas antes mencionadas, se toma la información topográfica como el plano de topografía y se exportan al programa empleado para el diseño geométrico, se exportan los puntos con características de coordenadas y elevación, así como también el dibujo de los elementos de la vía existente , como andenes , bordes de vía, cercas , linderos , viviendas , separador, etc.; información con la que el programa hace el modelo digital del terreno, permitiendo iniciar el proceso de diseñar de las alternativas de diseño.

<sup>13</sup> Alcántara García, D. (2014). Topografía y sus aplicaciones. México D.F, Grupo Editorial Patria. Recuperado de <https://elibro-net.acceso.unicauca.edu.co/es/ereader/unicauca/98297?page=15>.



## **Estudio de diseño geométrico**

El diseño geométrico de carreteras es el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso de las matemáticas, la física y la geometría. En este sentido, la carretera queda geoméricamente definida por el trazado de su eje en planta y en perfil y por el trazado de su sección transversal.

## **Revisión de estudios previos**

Se debe recopilar la información que exista en cuanto al trazado y características establecidas para los diseños, (características geométricas iniciales), para realizar los análisis y ajustes correspondientes, teniendo en cuenta la información topográfica actualizada.

Deben consultarse los estudios desarrollados (que por información y ejecución, se tiene la certeza de que los hay), para el proyecto como son: tránsito, hidráulico, geotécnico y paisajístico con el fin de seguir sus recomendaciones y lograr con ello el diseño que mejor se ajuste a los requerimientos, o por el contrario dar pautas a ellos para que sus diseños y recomendaciones finales den solución a los inconvenientes que se presenten por el trazado en zonas donde este no pueda ser modificado.

## **Definición de estrategias de trabajo**

Se establecen dentro de esta actividad, las diferentes alternativas o métodos con los que se llevarán a cabo los diseños de acuerdo con la topografía existente y se definen los procedimientos a emplear en la ejecución de cada actividad involucrada en el diseño.

## **Reconocimiento de la infraestructura vial**

En este aparte se establecen las características del corredor, de acuerdo con la información actualizada dada por los estudios topográficos, con el fin de definir puntos de control que obliguen a ajustar de una u otra forma los trazados iniciales y sus elementos.

## **Parámetros de diseño**

Este capítulo de gran relevancia tanto como el de topografía ha sido evaluado muy detalladamente para no incurrir en incongruencias de tipo técnico, económicas y ambientales de acuerdo al tipo de vía que se debe diseñar.

En este aparte se estudian los diferentes parámetros que regirán los diseños de acuerdo con las normas vigentes en la medida de lo posible, teniendo en cuenta las recomendaciones y exigencias de los estudios realizados; de igual manera, se analizan las características del trazado existente con el fin de llevar a cabo los ajustes correspondientes de acuerdo con las especificaciones dadas.

### **Clasificación de las vías urbanas,**

Para la clasificación funcional de una vía urbana se debe tener en cuenta la importancia relativa de cada uno de los siguientes aspectos:

- ) Características del Tránsito: Volumen, composición, velocidad de operación.
- ) Características de la vía: ancho total, numero de calzadas, carriles por calzada, aislamiento laterales, pendientes, alineamientos.
- ) Usos del suelo: aquellos predominantes, existentes o proyectados a ambos lados de la vía.
- ) Funcionalidad accesibilidad, continuidad, visibilidad, distribución del tránsito.

Al involucrar estos aspectos, las vías urbanas se clasifican en once tipos principales:

#### **Vías Expresas, VE**

Son vías que sirven principalmente al tránsito de paso, correspondiente a viajes con origen y destino distantes entre sí. Conectan áreas urbanas con alta generación de tráfico, transportan altos volúmenes de vehículos, a velocidades altas, y con un control total de accesos.

Son la solución óptima para el tráfico directo, en condiciones de flujo libre, con velocidades de diseño entre 80 y 100 Km / h. El acceso a propiedades adyacentes a la vía se debe realizar a través de calzadas laterales de servicio; En todo su recorrido está prohibido el estacionamiento de vehículos, el tránsito de bicicletas, peatones y motocicletas y cargue y descargue de mercancías.

#### **Corredor multimodal, CM**

Es un corredor de transporte que combina de manera integral las diferentes formas de transporte dentro del corredor con vías exclusivas para el transporte público las motocicletas las bicicletas y el tránsito mixto con separadores verdes que facilitan la conformación de un

corredor verde el acceso a las propiedades adyacentes al corredor se debe realizar a través de las calzadas laterales de servicio lo ideal es que la franca del corredor multimodal tenga un ancho superior a 75 m.

### **Vías Arterias, VA**

Son las que conforman la red Vial básica de la ciudad considerada como un todo o del área en particular que se esté analizando y por lo tanto son determinantes de la estructura y forma urbana.

El tránsito que canalizan corresponde a tránsitos urbanos y suburbanos distantes, integrándolos a la actividad urbana propiamente dicha, No debe tener en lo posible limitaciones a su comunidad con el fin de que puedan alojar frutos de tránsito intenso saberlo ciudades medias y deben contar con las posibilidades personales que permitan un cruce seguro de las mismas.

### **Vías Colectoras, VC**

Consultorías urbanas que a partir de vías secundarias distribuye el tránsito dentro de las distintas áreas que conforman la ciudad es decir permiten la sensibilidad directa a zonas residenciales institucionales comerciales industriales y recreacionales son el vínculo entre las vías arterias secundarias y las vías locales.

### **Vías Locales, VL**

Tienen como función principal el acceso directo a las edificaciones y propiedades individuales a partir de las vías colectoras y con marcadas excepciones de las vías arterias en esencia soportan el tránsito de vehículos particulares livianos y permiten el estacionamiento sobre la vida con frecuencia en zonas diseñadas y reguladas para tal fin

### **Vías Marginales, VM**

Conjunto de vías que separan áreas urbanizables de áreas no urbanizables O áreas construidas de áreas destinadas a espacios libres o áreas construidas de áreas de reserva forestal recreacionales de servicios públicos etcétera

### **Vías Paisajísticas, VP**

Conjunto de vías que por su localización y características topográficas y ocupación de zonas colindantes deben tener un tratamiento especial en sus zonas de excremento por lo general son aquellas vías paralelas a los ríos que delimitan las zonas de protección de los ríos o localización de áreas visuales paisajísticas de interés casi siempre en zonas altas de las ciudades con alta riqueza visual paisajística por su naturaleza también son de carácter marginal y por eso con frecuencia se les denomina vías marginales paisajísticas

### **Vías Peatonales, VP**

Aquellas en las que predomina el área para circulación peatonal sobre la vehicular para lo cual solo se permite una Calzada con un solo carril de 3 m de ancho como mínimo con circulación en un solo sentido con bahías para el ascenso y descenso de pasajeros por lo menos de 80 metros.

### **Motovías, M**

Vías destinadas únicamente a la circulación de motocicleta

### **Ciclovías, C**

Vías destinadas únicamente la circulación de bicicletas se justifica una ciclovía adyacente a una vía arteria cuando el número de ciclistas en un período de 16 horas Jesús es superior a 1500 o Cuando se presenta un flujo grande de bicicletas a ciertas horas del día como ocurre con frecuencia en cercanías a las zonas industriales.

### **Diseño y evaluación**

Dentro de este capítulo se elaboran los diseños de tal manera que permitan realizar una evaluación general de la funcionalidad de la vía, afectación de predios, tipo de estructuras que deberán diseñarse y con ello hacer un análisis apreciativo de los costos de construcción, estimativo que permite, finalmente, decidir los cambios que deben efectuarse y proceder así a realizar los diseños definitivos.

Una vez estudiada la integración de la vía a la red vial existente y definidos todos y cada uno de los parámetros que rigen su diseño y especificaciones, se procede a precisar los diseños,

dimensionando todos los elementos que caracterizan los alineamientos horizontales, verticales y las secciones transversales.

Finalizada esta etapa, se cuenta con la información completa y precisa de todos los "PIs", alineamientos y demás elementos que permiten la localización del proyecto.

Por último, se procede a realizar el cálculo de los elementos que conforman las curvas verticales y horizontales (alineamiento), representados gráficamente en planos planta-perfil.

### **Edición final**

La representación gráfica de todos los elementos que conforman el diseño vial final del Corredor elegido, de las otras dos alternativas solo se mostrara los detalles que intervienen en la decisión de la elección de la alternativa, será la base fundamental para lograr llevar a cabo los análisis económicos y finalmente se lleve a etapa de construcción. Esta representación gráfica consiste en la elaboración de los planos planta-perfil que contienen:

**Diseño en planta:** Cuadro de coordenadas, elementos de las curvas, abscisado, norte, nomenclatura vial, dirección de flujos vehiculares, obras existentes, obras por construir, línea de paramentos, predios significativos

**Diseño en perfil:** Registro de la nueva rasante, registro de la rasante actual, abscisas, cota negra, cota roja

### **Estudios de señalización**

#### **Metodología de la señalización y demarcación**

Se describe brevemente el proceso para el estudio de señalización y demarcación.

#### **Revisión de la bibliografía existente**

Se debe recopilar la información existente sobre los métodos utilizados para la implementación de los dispositivos de control de tránsito que regulan el funcionamiento de las vías; así como también, las normas que rigen este parámetro a nivel nacional para llevar a cabo los ajustes correspondientes y definir el tipo de señales y demarcación que se va a emplear.

## **Evaluación de la situación actual**

Se establecen dentro de este aparte las características de los dispositivos de control que regulan el tránsito de los tramos que actualmente cuentan con una infraestructura determinada, de tal forma que se pueda evaluar su estado y funcionalidad, para con ello determinar las mejoras que deben llevarse a cabo como es el caso de la distribución de los sentidos viales y hacer las recomendaciones del caso.

## **Estudio de dispositivos para el proyecto**

En esta etapa se analiza de manera detallada los sectores en los que esté dividida la totalidad de la vía y los cruces de ella con vías de igual o menor jerarquía, sus características geométricas y su funcionalidad de tal manera que se defina el tipo de señal que debe emplearse y la ubicación exacta donde debe situarse.

De igual manera se define el tipo de demarcación que se debe complementar a la reglamentación e información dada por las señales, con lo cual se garantice la circulación en forma ágil y segura.

## **Inventario de la señalización y demarcación utilizada en el proyecto**

Una vez determinada la señalización y demarcación del proyecto definitivo, es necesario presentar un inventario de todas las señales utilizadas y la demarcación definida a fin de cuantificar este ítem, para que su costo se involucre dentro del análisis económico del proyecto como parte integral del funcionamiento de la vía y del mantenimiento de la misma.

## **Elaboración del documento final**

Para el resultado final de los estudios de señalización se elabora un documento junto con el plano representativo de las vías de diseño.

## CAPITULO III - METODOLOGÍA

### Área de estudio.

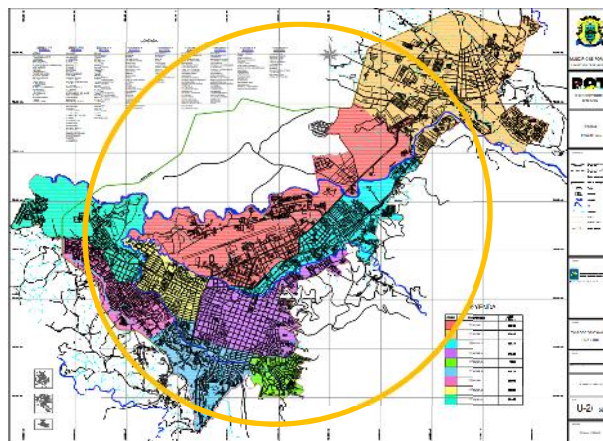
El municipio de Popayán está ubicado en el este del departamento del Cauca, en el valle de Pubenza, entre las cordilleras occidental y central al suroccidente de Colombia (ver figura 1). El proyecto se localiza en la comuna 3 (ver figura 2), en la cabecera del municipio de Popayán, sector donde se encuentra la carrera 5, entre calles 7 norte y 15 norte, que comunicará el Barrio Bolívar y Hospital Universitario San José con la calle 15 norte (ver figura 3).

### **Ilustración 7** Localización general del proyecto.



*Fuente:* Google.

### **Ilustración 8** Localización general de la comuna 3 - Popayán



*Fuente:* Alcaldía de Popayán.

## Ilustración 9 Localización específica de la vía



Fuente: Google Earth

### Reconocimiento del estado actual del sitio y recolección de información primaria.

Sectores que actualmente conforman proyecto, El proyecto está dividido en dos sectores:

#### Tramo a habilitar

Este primer sector se ubica sobre la carrera 5 entre las calles 7N y 10N, la cual ha sido invadida por los comerciantes ambulantes de la galería del barrio Bolívar. Sumado a ello se presenta un alto flujo de camiones de carga, que alimentan las bodegas que están sobre la vía.

Este tramo de vía existente tiene una sección transversal típica de 8 metros de ancho de calzada, 3 metros de ancho de carril derecho y andenes de 1 metro a cada lado. Es de aclarar que el andén izquierdo se ha perdido debido al deterioro progresivo del paso del tiempo.



## Registro Fotográfico



Carrera 5 – Inicio calle 7



Carrera 5 – calle 10



Carrera 5 – calle 10



Carrera 5 – Sector bodegas



Carrera 5 – calle 10







Carrera 5 – calle 10

J) Tramo de alternativa a diseñar

Este sector se ubica como continuación de la carrera 5, paralela a la zona interna del hospital universitario San José hasta llegar a la zona de residencias femeninas de la Universidad del Cauca, llegando a la carrera 15.

**Registro fotográfico**

	
Carrera 5 – inicio de vía a diseñar	Parte interna hospital Universitario
	
Parqueadero facultad de Medicina de la Universidad del Cauca	Residencias universitarias femeninas – calle 15

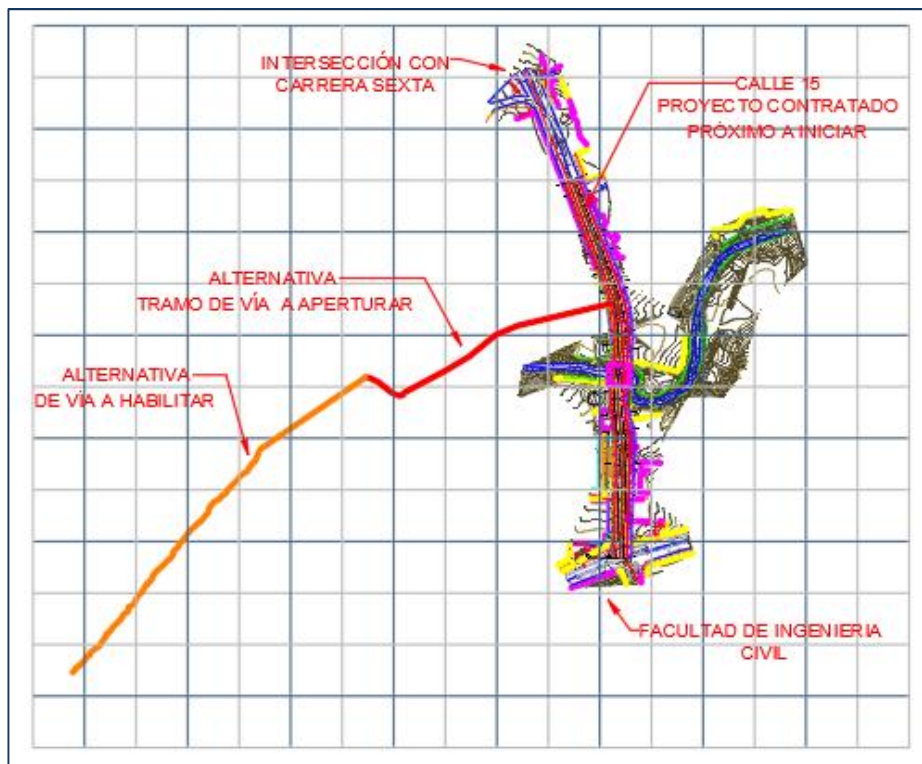
Cabe resaltar que sobre la calle 15, en donde empalma la vía que se plantea en el presente proyecto, se encuentra en ejecución el contrato 1621 de 2018 cuyo objeto es ‘Realizar

obras de rehabilitación y/o mejoramiento y/o pavimentación de vías urbanas y obras complementarias de la ciudad de Popayán de conformidad con el estudio previo’.

La intervención está programada desde el puente sobre el río Molino incluyendo su ampliación, realizando conexión con el tramo intervenido por el SETP, y conectando finalmente en la carrera 2 sector Tulcán.

Así pues, la vía planteada en el presente proyecto se complementa con la ejecución de esta obra.

### **Ilustración 10** *Planta calle 15 contrato adjudicado*



*Fuente:* Información suministrada por la Alcaldía Municipal de Popayán.

### **Información secundaria**

Se obtiene información sobre los planes y proyectos que actualmente se encuentran próximos a ejecutarse o en ejecución en el municipio, específicamente en el sector de influencia que tiene como objeto el presente trabajo de grado, encontrando que hay dos proyectos de gran impacto, como lo son calle 15, antes mencionado y carrera 26.

La información recompilada en cuanto al trazado y características establecidas para los diseños de las vías y sus características geométricas iniciales, permite realizar los análisis y ajustes correspondientes, teniendo en cuenta la información topográfica actualizada.

La alcaldía municipal en respuesta a la solicitud realizada, puso a disposición la información del malecón, de donde se obtuvo información de topografía del sector, la empresa Movilidad futura S.A.S, concedió la información de SISTEMA ESTRATEGICO DE TRANSPORTE PÚBLICO DE POPAYÁN Volumen II - Estudio de Ingeniería de Tránsito, con el cual fue posible hacer un análisis del tránsito del sector, así mismo con la información contenida en volumen de Diseño Geométrico se usó como referente de la sección transversal y definición de otros parámetros de diseño, teniendo en cuenta la información contenida en plan de ordenamiento como complemento de información para definir otros parámetros como tipo de jerarquización de la vía objeto del presente estudio.

### **Información topográfica**

Se tomó información de la topografía suministrada por la alcaldía municipal, que corresponde al proyecto LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO (PLANIMETRIA Y ALTIMETRIA) PARQUE LINEAL SECTOR ALEDAÑO RIO MOLINO-MUNICIPIO DE POPAYAN DEPARTAMENTO DEL CAUCA.

## **CAPITULO IV ESTUDIO DE TRÁNSITO**

### **Información secundaria recolectada**

La entidad movilidad Futura SAS amablemente concedió la información primaria base del volumen de tránsito realizado para el proyecto ELABORACIÓN DEL DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL REQUERIDA POR LA FASE UNO DEL PLAN DE TRANSPORTE PÚBLICO DE LA CIUDAD DE POPAYÁN, que incluye la carrera 6, entre carrera 7 y carrera 15; Se toma la información de los conteos de los siguientes sectores.

### **Información secundaria**

Para cuantificar el tránsito del proyecto en estudio se tomó información secundaria de las estaciones de conteo del Barrio Bolívar específicamente los que circulan sobre las carreras

6 y 6A, la Facultad de Medicina específicamente los que circulan sobre la Calle 15 N y la carrera 6 y la estación de la Calle 25N, para tener en cuenta los vehículos comerciales que se mueven desde el oriente hacia la plaza de mercado del Barrio Bolívar, como se muestran en las **Ilustración 11** e **Ilustración 12**.

**Ilustración 11** Estación barrio Bolívar intersección de la carrera 6ª con calle 15N.



Fuente: Elaboración propia.

**Ilustración 12** Estación de conteo intersección medicina carrera 6 calle 15.



Fuente: Elaboración propia.

## Procesamiento de información secundaria y condición actual del tránsito

Con los datos suministrados por Movilidad futura y la alcaldía Municipal, relacionados anteriormente, se logra establecer el volumen de vehículos que se movilizan en los alrededores del corredor en estudio, se su distribución por tipo de vehículo y por movimiento, con lo cual es posible asignar un volumen de vehículos para el proyecto y asignar una condición de tránsito actual y esperado con la implementación del proyecto.

De acuerdo a las características de la zona, donde predomina el comercio, tránsito de camiones de carga, cargue y descargue de mercancía, se asume un porcentaje del tránsito para hacer los cálculos y encontrar un tránsito de la vía en estudio.

De la estación de conteo de la Intersección de Intersección de la Carrera 6ª con calle 15N movimiento 1, se asumen un porcentaje del 25 %, de la estación de conteo intersección barrio bolívar, de sur a norte por la carrera sexta se asume un porcentaje de 20%, de la estación de conteo intersección barrio bolívar entrando por el oriente - saliendo por el norte (carrera sexta) se asume un 40%; y posteriormente se calculan los automóviles directos equivalentes, ade, y se el transito futuro, a continuación se anexa el reporte para cada estación de conteo tenidas en cuenta para el proyecto.

- ) Estación de conteo de Intersección de la Carrera 6ª con calle 15N (Ver anexo 2, libro1).
- ) Estación de conteo intersección barrio Bolívar, (Ver anexo 2, libro 2).
- ) Estación de conteo intersección barrio Bolívar ((Ver anexo 2, libro 3).

## Cálculo de la capacidad vial

**Tabla 4** *Calculo de capacidad vial*

MOVIMIENTO	HORA PICO	FLUJO FUTURO	SENTIDO	FLUJO FUTURO	# CARRILES	# CARRILES SELECCIONADO
1	304	424	N-S	424	0.45	1
2	116	162	S-N	313	0.33	1
	108	151				

*Fuente:* Elaboración propia.

## CAPITULO V-DISEÑO GEOMÉTRICO

### Criterios de diseño geométrico:

El proyecto diseño está dividido en dos sectores, uno es sobre una vía existente y el otro tramo es apertura de vía, sin embargo no es posible hacer afectación predial, debido a que los predios que le anteceden son públicos, se trata del Hospital Universitario San José y de la Universidad de Cauca, estas limitantes se presentan a ambos lados por la presencia de estos predios y al otro lado por presencia del cauca del rio Molino , por tal motivo el trazado se ciñe, en lo posible, al existente, restringiendo los controles de diseño geométrico a la infraestructura actual.

De acuerdo con las características de las vías el proyecto en estudio se clasifica en **Vía Colectora.**  
VC.

### Velocidad de diseño de vía urbana

Para las vías urbanas se recomienda las siguientes velocidades de diseño:

- ) Vías arterias principales: 60 u 80 km/h.
- ) Vías arterias secundarias: 60 km/h.
- **Vías colectoras:50 km/h.**
- ) Vías Marginales: 50 km/h.
- ) Vías paisajísticas: 50 km/h.
- ) Vías locales: 30 o 50 km/h.
- ) Vías semipeatonales: 30 km/h.

Por las características de la vía colectora la velocidad de diseño seccionada es de 50 km/h.

### Dimensionamiento de los elementos

Para esta labor es indispensable identificar previamente los aspectos que fundamentan la jerarquización y clasificación de una vía específica.

Es claro que un papel de la planificación es establecer el dimensionamiento apropiado de los diferentes tipos vías que conforman la red vial de la ciudad en estudio, con base en la magnitud de los flujos vehiculares que harán uso de cada una de las vías de dicha red.

**Ilustración 13** Anchos de vía urbana mínimos recomendables

• Vía arteria principal:	VAP-1	47,8 m
	VAP-2	36,4 m
	VAP-3	26,4 m
• Vía arteria secundaria:	VAS-1	28,4 m
	VAS-2	24,8 m
• Vía colector:	VC	15,2 m
• Vía local:	VL-1	12,6 m
	VL-2	10,8 m
• Vía marginal paisajística:	VMP	19,6 m
• Vía semipeatonal:	VSP	11,4 m
• Vía peatonal:	VP-1	5,6 m
	VP-2	1,8 m
	VP-3	10,0 m
• Motovía:	M	8,4 m
• Cidlovía:	C	8,4 m

Fuente: Vías Urbanas Una Ciudad Para Todos, German Arboleda.

**Ilustración 14** Secciones transversales típicas.

Cuadro 1.2  
**SECCIONES TRANSVERSALES TÍPICAS**

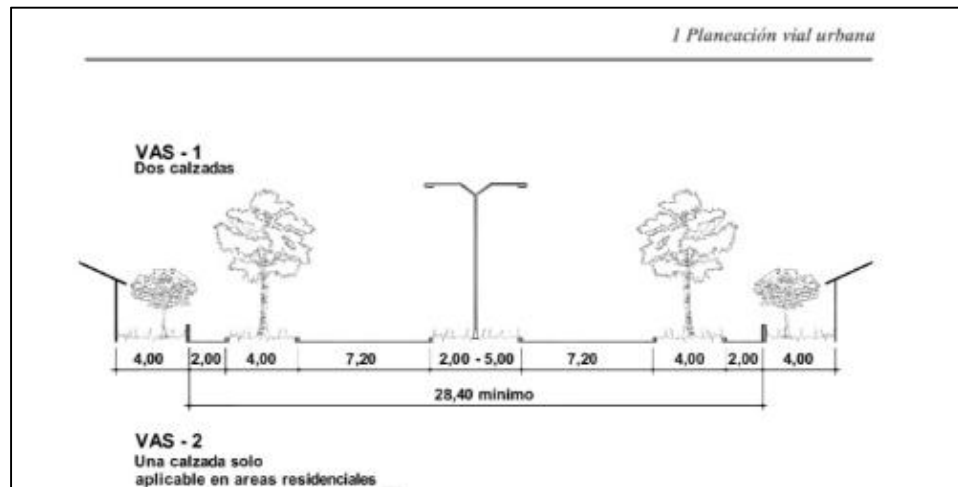
	Vía Arteria Principal			Vía Arteria Secundaria		Vía Colectora VC	Vía Local		Vía Marginal Paisajística	Vía Semi-peatonal	Vía Peatonal			Motovía	Cidlovía
	VAP-1	VAP-2	VAP-3	VAS-1	VAS-2		VL-1	VL-2	VMP	VSP	VP-1	VP-2	VP-3	M	C
• Antejardín	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	3,0			2,5	1,8			
• Andén	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	1,2	1,2	1,2	2,0	1,3	1,8	2,0	1,8	1,8
• Zona verde o de protección ambiental		2,0				2,0	1,5	1,2	1,2		3,0	1,0	1,5	1,5	
• Cidlovía		2,5													
• Zona de protección ambiental	3,0		3,0	4,0	4,0										
• Calzada lateral	7,2														
• Separador lateral	2,0	2,0													
• Calzada	7,2	7,2	7,2	7,2											
• Separador central	5,0	6,0	2,0 - 6,0	2,0 - 5,0											
• Calzada	7,2	7,2	7,2	7,2	10,8	7,2	7,2	6,0	7,2	3,0			4,0	1,8	1,8-3,5
• Separador lateral	2,0	2,0													
• Calzada lateral	7,2														
• Zona de protección ambiental	3,0		3,0	4,0	4,0				10 min						
• Cidlovía		2,5													
• Zona verde o de protección ambiental	2,0	2,0				2,0	1,5	1,2				1,0	1,5	1,5	
• Andén	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	2,0	1,2	1,2		6,4	1,3	2,0	1,8	1,8	
• Antejardín	5,0	5,0	5,0	4,0	4,0	3,5	3,0	3,0			2,5	1,8			
Ancho de vía *	47,8	36,4	26,4	28,4	24,8	15,2	12,6	10,8	19,6	11,4	5,6	1,8	10,0	8,4	8,4

\*El ancho de vía es la longitud entre líneas de demarcación, es decir, no incluye el antejardín.

Fuente: Vías Urbanas una Ciudad Para Todos, German Arboleda.



**Ilustración 15** Sección típica VAS-1 dos calzadas.



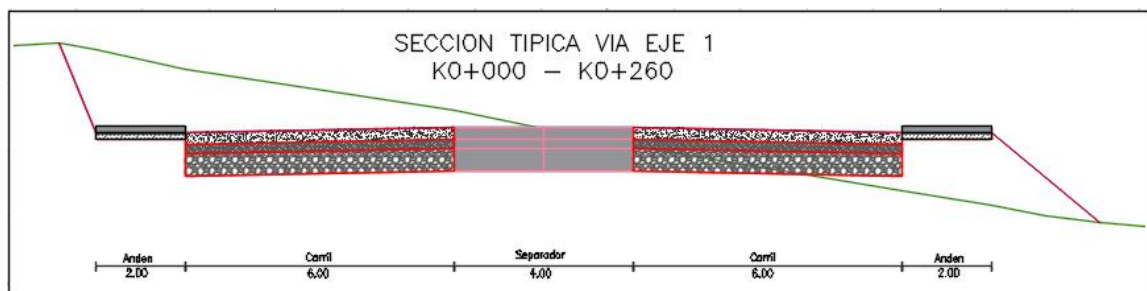
Fuente: Vías Urbanas una Ciudad Para Todos, German Arboleda.

**Ilustración 16** Estructura rígida en sentido sur norte de la vía calle 15n entre carreras 2 y 5

Espesor cm	CAPA	Módulo Kg/cm <sup>2</sup>	Módulo Mpa	Descripción Capa	
27	MR 45	256174	25131	Concreto Hidráulico MR 45 (INV-500-13)	LOSA
20	SBG-38	1162	114,0	Subbase Granular Clase A (INV-320-13)	SUBBASE
50	Capa de Mejoramiento	710	69,7	Material Seleccionado (INV-230-13) Mr=994 Kg/cm <sup>2</sup>	CONJUNTO SUBRASANTE MEJORADA Mr=69.7 MPa/m
	GEOTEXTIL DE ALTO MÓDULO TIPO BX 40 - O SIMILAR				
	SUBRASANTE NATURAL CBR 3.8% Mr=426 kg/cm <sup>2</sup>				
Espesor cm	CAPA	Módulo Kg/cm <sup>2</sup>	Descripción Capa		

Fuente: información suministrada por la Alcaldía Municipal Popayan Cauca Proyecto calle 15

**Ilustración 17** Secciones transversales típicas



Fuente: Elaboración propia.

) *Distancia de visibilidad.*

**Tabla 5** *Longitud crítica*

DISTANCIA MINIMA DE VISIBILIDAD		
	Distancia mínima de visibilidad (m)	
Tipo de vía	De parada	De adelantamiento
Vías arterias		
* V = 80 Km/h	130	360
* V= 60 km/h	90	270
Vías colectoras y vías paisajísticas		
* V= 50 km/h	70	210
Vías locales		
* V = 50 Km/h	70	210
* V= 30 km/h	30	135
Vías Semipeatonales		
* V= 30 km/h	30	135

*Fuente:* Vías Urbanas una Ciudad Para Todos, German Arboleda.

La vía colectoras con velocidad de 50 km/h entonces parada 70 y de adelantamiento 210.

) *Determinación de pendientes.*

**Tabla 6** *Longitud crítica*

Cuadro 2.5 LONGITUD CRÍTICA	
Pendiente (%)	Longitud crítica (m)
3	500
4	350
5	250
6	200

*Longitud crítica de la pendiente. Es aquella que causa en los vehículos pesados una reducción de 25 km/h.*

*Fuente:* Vías Urbanas una Ciudad para todos, German Arboleda.

La vía colectora no debe pendientes mayores a 6, buscar cumplir este parámetro en diseño. Tenemos que buscar que en un tramo la pendiente este presente por una longitud menor a la crítica.

## PENDIENTES

Pendientes de vías para vehículos automotores

En términos generales:

- ) Las vías colectoras y las vías colectoras no deben tener pendientes mayores al 6%.
- ) Las vías locales, que por lo general tienen que adaptarse a las características topográficas del sector donde se tracen, pueden tener pendientes mayores, pero sin exceder, en lo posible, el 10%.
- ) Las máximas longitudes críticas, recomendadas para los distintos tipos de pendientes, se presentan en el siguiente cuadro.

LONGITUD CRÍTICA	
Pendiente (%)	Longitud Crítica (m)
3	500
4	350
5	250
6	200

- ) Radio mínimo

**Tabla 7** Radio mínima

Cuadro 2.8  
RADIO MÍNIMO EN CURVAS HORIZONTALES  
(m)

	Radio mínimo (m)
• Vías arterias principales	150
• Vías arterias secundarias	150
• Vías colectoras y paisajísticas	75
• Vías locales	30
• Vías semipeatonales	30

Fuente: Vías Urbanas una Ciudad para todos, German Arboleda.

) Entretangencias

**Tabla 8** Entretangencia mínima

Cuadro 2.10  
**ENTRETANGENCIA MÍNIMA (m)**

	Entretangencia mínima para curvas de:	
	Sentido opuesto (m)	Igual sentido (m)
Vías arterias	80	240
Vías colectoras	60	180
Vías locales	40	120

*Fuente:* Vías Urbanas una Ciudad para todos, German Arboleda.

Parámetro entretangencia mínima en curvas de sentido es de 60 m y en curvas de diferente sentido es de 180 m.

***DISEÑO EN PERFIL***

**Tabla 9** Valor de K curvas verticales

Cuadro 2.6  
**VALOR DE K, EN CURVAS VERTICALES**

Tipo de vía	K mínimo de adelantamiento (m%)	K mínimo de parada y confort (m%)
Vías arterias		
• v=80 km/h		15
• v=60 km/h		10
Vías colectoras y vías paisajísticas		
• v=50 km/h	50	5
Vías locales		
• v=50 km/h	50	5
• v=30 km/h	25	3
Vías semipeatonales		
• v=30 km/h	25	3

*Fuente:* Vías Urbanas una Ciudad para todos, German Arboleda.

Parámetro k mínimo de parada 50 y confort 5 m%.

) Longitud mínima de tangente vertical

**Tabla 10** Longitud mínima de tangente

Cuadro 2.7 LONGITUD MÍNIMA DE LA CURVA VERTICAL (m)	
	Longitud mínima de la curva vertical
Vías arterias	
• v=80 km/h	45
• v=60 km/h	35
Vías colectoras y vías paisajísticas	
• v=50 km/h	25
Vías locales	
• v=50 km/h	25
• v=30 km/h	18
Vías semipeatonales	
• v=30 km/h	18

*Fuente:* Vías Urbanas una Ciudad para todos, German Arboleda.

Parámetro de la longitud mínima: 25 m.

## CAPÍTULO VI-RESULTADOS

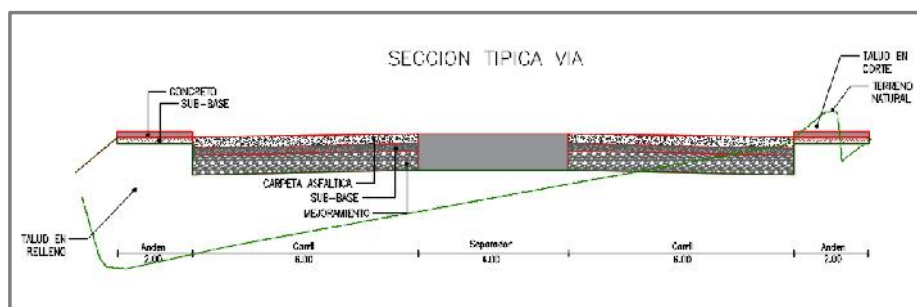
Como resultado del desarrollo del trabajo de grado modalidad profundización se formulan tres (3) propuestas que permiten la conexión entre los dos sectores planteados en la carrera 6, entre las calles 7 norte y 15 norte, de la ciudad de Popayán, Cauca, las cuales fueron posible determinarse mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos durante los periodos cursados en la Maestría.

Para las tres alternativas se calcula o hace el diseño geométrico en planta, perfil y definición de sección transversal, pero modificando condiciones propias de cada una de las alternativas que permiten opciones con diferencias en afectación de predios, proyección de obras estructurales e hidráulicas, a continuación, se muestran las tres alternativas:

### **Alternativa uno (1): Diseño geométrico con sección transversal sin reducción.**

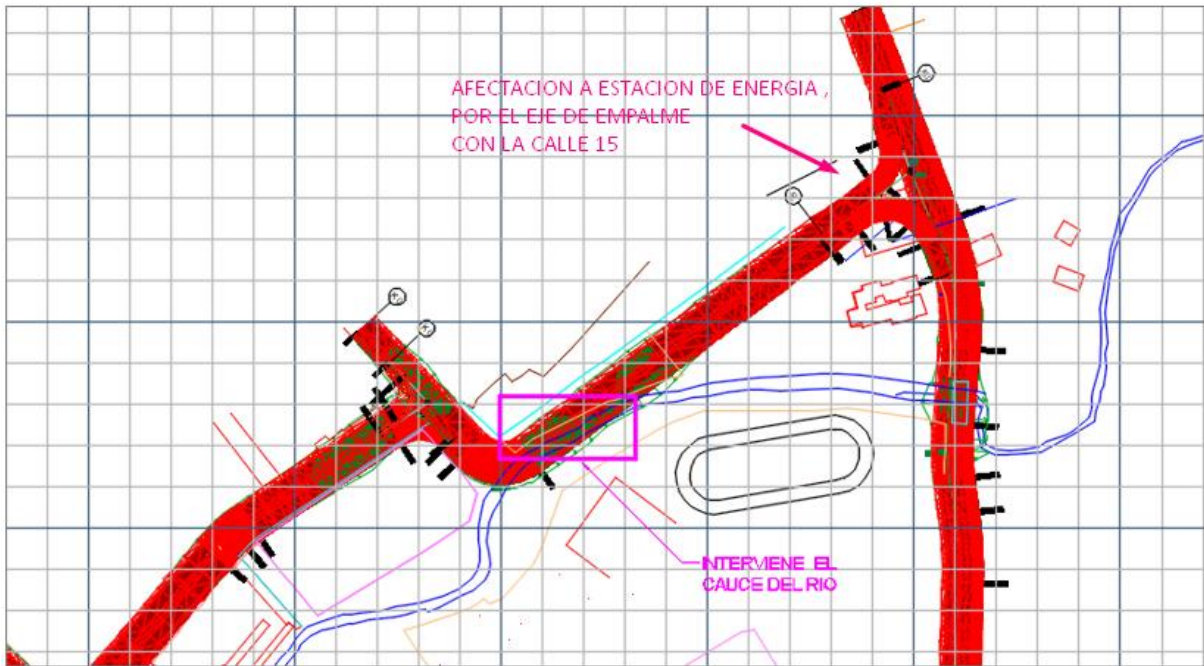
En esta alternativa se considera la sección transversal típica según los criterios de diseño geométrico, determinada en líneas anteriores, al hacer el diseño geométrico y comparar con la línea de chaflán se observa que, no se presenta afectación predial en los predios del hospital Universitario San José, sin embargo, en la estación de energía que actualmente funciona en la zona, el eje planteado en la intersección con la calle 15, afecta totalmente el predio de la estación eléctrica. Como se observa en el esquema de plano en planta presentado y en la sección transversal adjunta, la calzada derecha de la alternativa propuesta pasa por encima del río, lo que implica un análisis a profundidad en cuanto al estudio hidráulico, estudio estructural y estudio presupuestal, por esta razón se descarta esta alternativa. En el Anexo 4, en la carpeta 3\_ALTERNATIVA\_03 se encuentra la información de esta alternativa, con los parámetros básicos, planta, perfiles, secciones transversales y transición de peralte.

**Ilustración 18** *Sección transversal sin reducción*



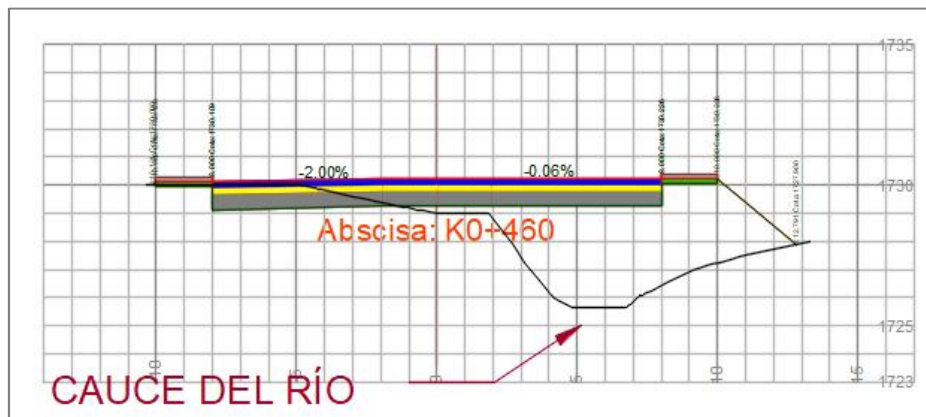
*Fuente:* Elaboración propia

**Ilustración 19** Intervención al cauce del río y a la estación de energía



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 20** Sección transversal calzada invadiendo el cauce del río



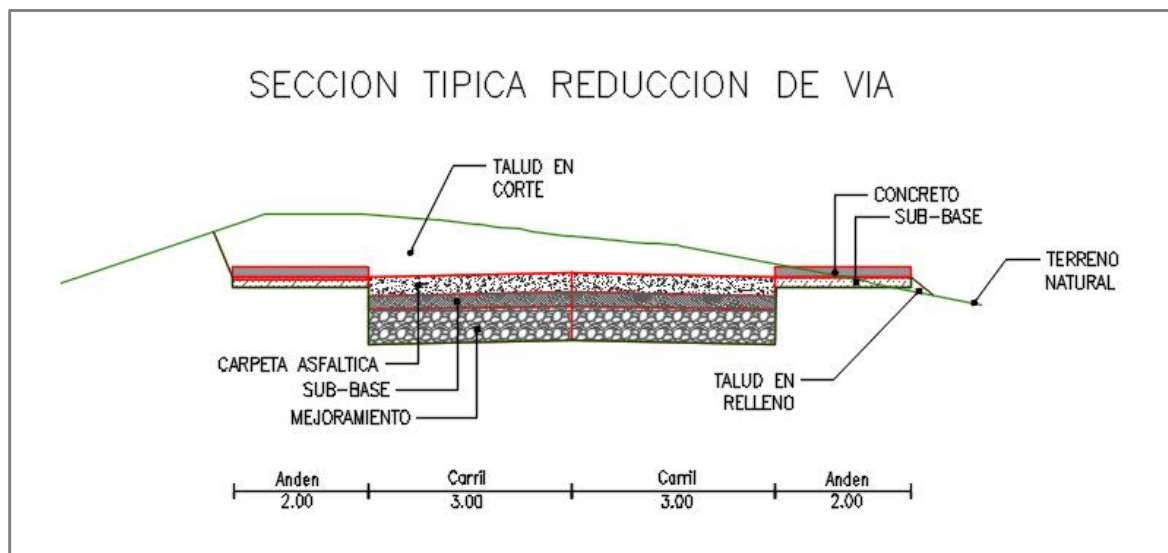
Fuente: Elaboración propia

## Alternativa dos (2): Diseño geométrico con sección transversal reducida

En esta alternativa se plantea la reducción de calzada, tal como se observa en la sección transversal típica mostrada, no hay un área de afectación sobre el predio del hospital Universitario San José, ni sobre los linderos de la universidad del Cauca, dado que se movieron los ejes 7 y 8, para evitar la afectación en estas predios, se debe tener en cuenta que dentro del alcance del proyecto desarrollado no se establece proyección de muro, dado que se debería tener en cuenta el análisis de suelos y estudio estructura en un análisis a nivel de Fase II, pero se deja como recomendación que se debe estudiar la posibilidad de proyectarlo. En Anexo 2 se encuentra la información de esta alternativa con los parámetros básicos, con edición de planos.

Las residencias universitarias femeninas, se afectan por el trazado, pero hay un proyecto a futuro, que considera reubicación de las mismas, lo que favorece al proyecto, al no haber zonas de afectación de del predial.

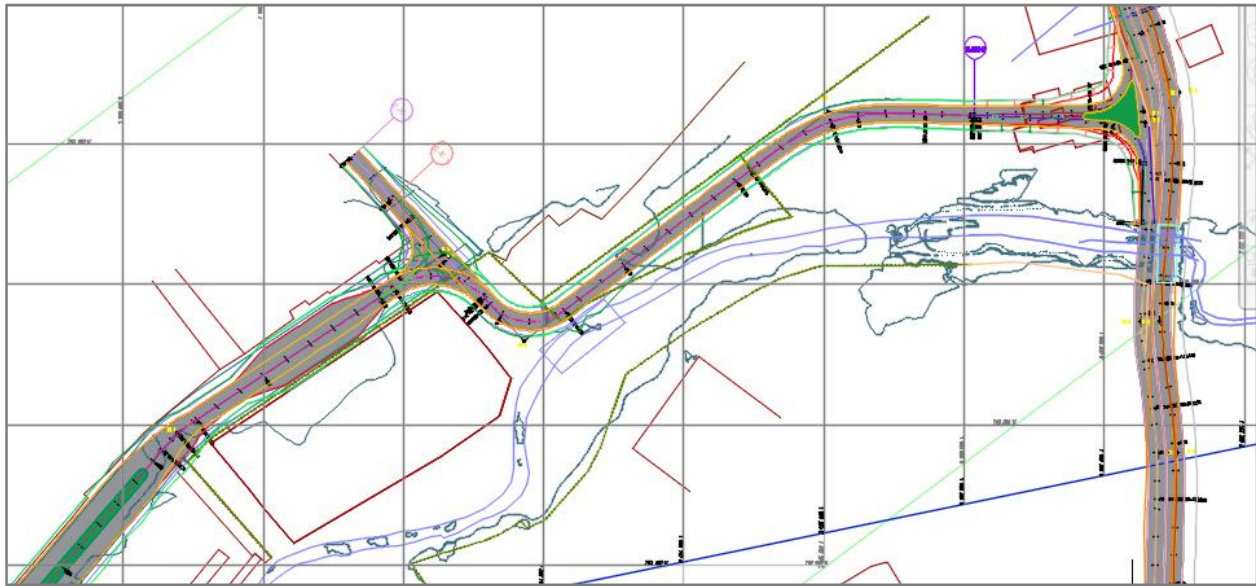
**Ilustración 21** Sección transversal con reducción de calzada



*Fuente:* Elaboración propia



**Ilustración 22** *Alternativa con sección transversal reducida y planteamiento de Bahía*



*Fuente:* Elaboración propia

**Alternativa tres (3): planteamiento de calzada con sección transversal con reducción y perfil elevado para protección contra inundaciones.**

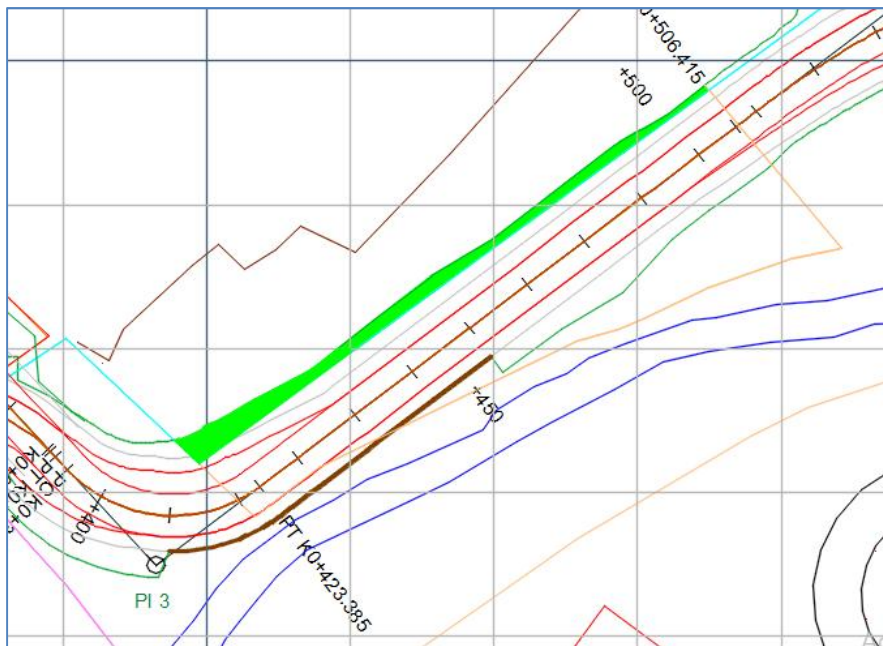
En esta alternativa hay un área de afectación sobre el área del hospital Universitario San José con área de 153.56 m<sup>2</sup> y una proyección de muro de longitud 50 metros y una altura de 5 m más la longitud que según el análisis de suelos y estudio estructura determine para su estabilización teniendo en cuenta que se encuentra en una zona aledaña al río. Ver el anexo 4.

**Ilustración 23** Calzada elevada con sección transversal reducida



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 24** Afectación predial en alternativa tres (3)



Fuente: Elaboración propia

**Ilustración 25** Sección transversal en alternativa tres (3)



Fuente: Elaboración propia

**CAPITULO VII -PARÁMETROS DE DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA**

Según los criterios de diseño geométrico determinados en el capítulo v y una vez seleccionada la vía a implementar, se determinan los parámetros de diseño geométrico para la alternativa dos (2).

**Tabla 11** Parámetros de diseño para alternativa seleccionada

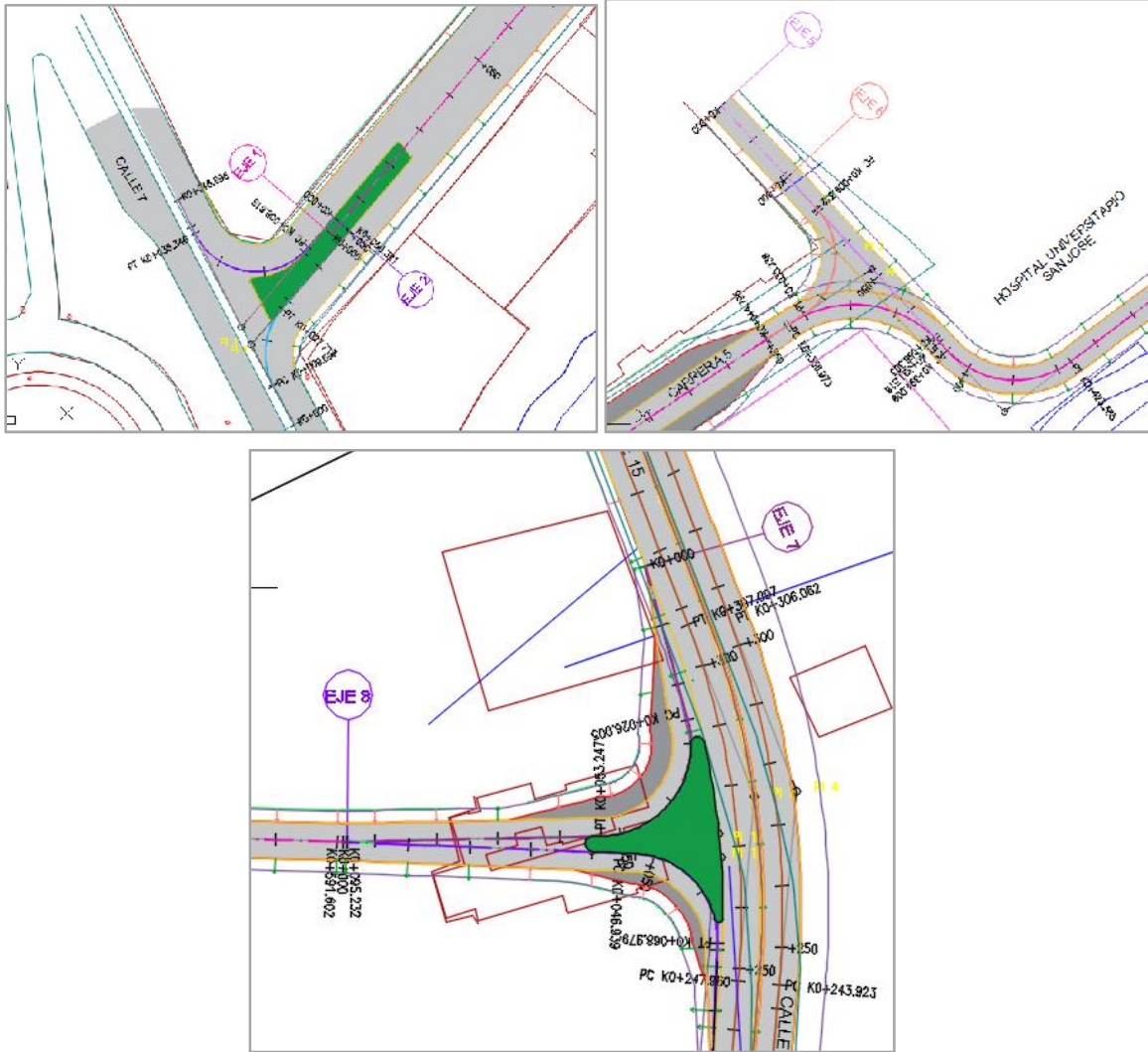
PARÁMETRO		VALOR
1	Clasificación de la vía urbana	Vía Colectora
2	Tipo de terreno	Plano
3	Velocidad de diseño de la vía urbana	50 km/h
4	Ancho de calzada vía a habilitar	15 m

PARÁMETRO		VALOR
5	Ancho de calzada vía nueva	10 m
5	Número de carriles	2
6	Ancho de carril	3.00 m
7	Ancho de berma-cuneta	- m
8	Radio mínimo de giro	75 m
9	Peralte máximo	6.00%
10	Pendiente máxima	6.0 %
11	Pendiente mínima	0.50%
12	Bombeo	2.00%
15	$\Delta$ s máximo	1.35%
16	s mínimo	0.30%

*Fuente:* Elaboración propia

Para llevar a cabo el diseño de la alternativa seleccionada, se definieron 8 ejes que permitieron el diseño geométrico de todo el corredor:

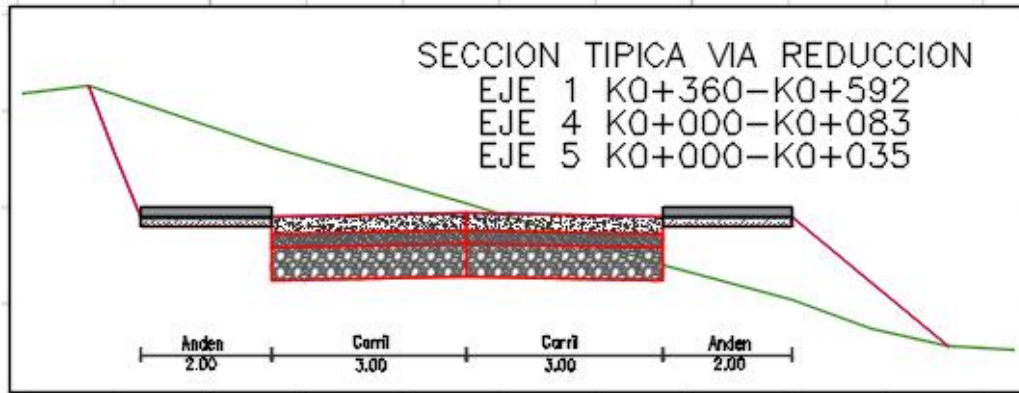
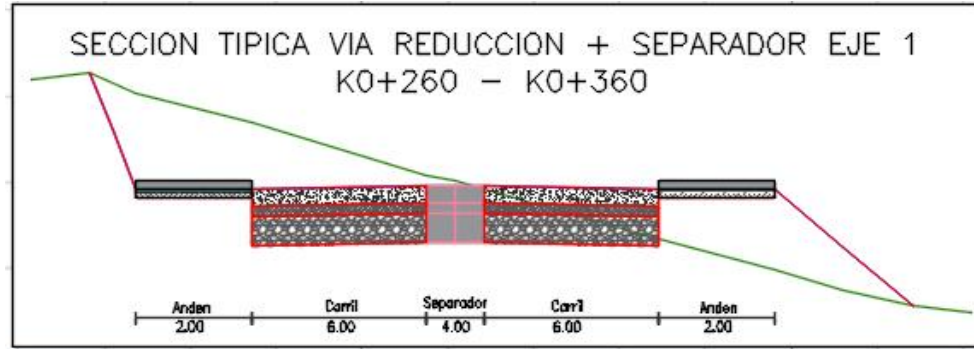
**Ilustración 26** Ejes de diseño geométrico para la alternativa seleccionada.

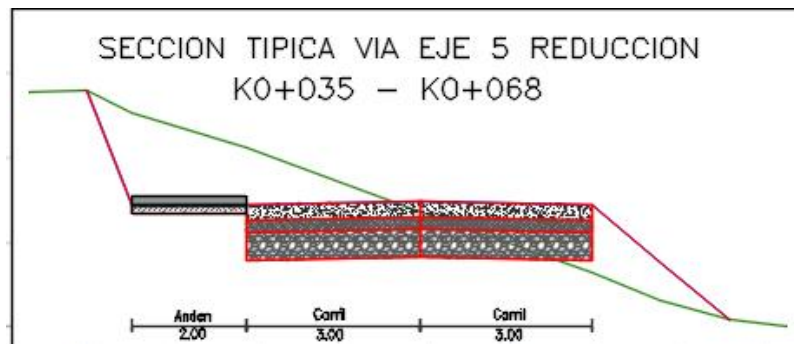
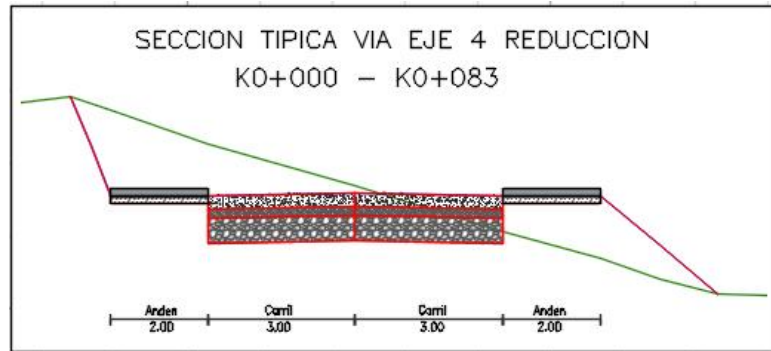
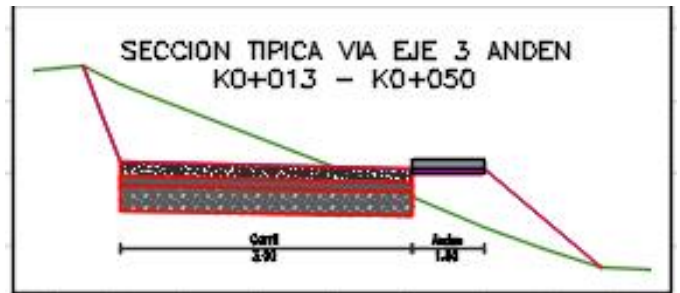
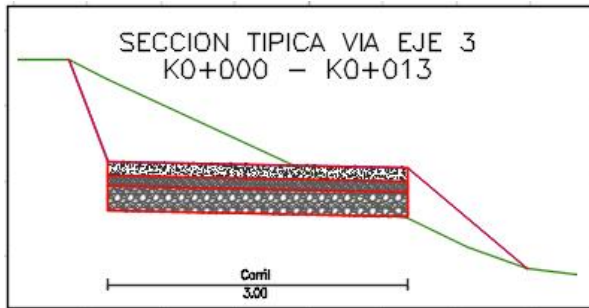
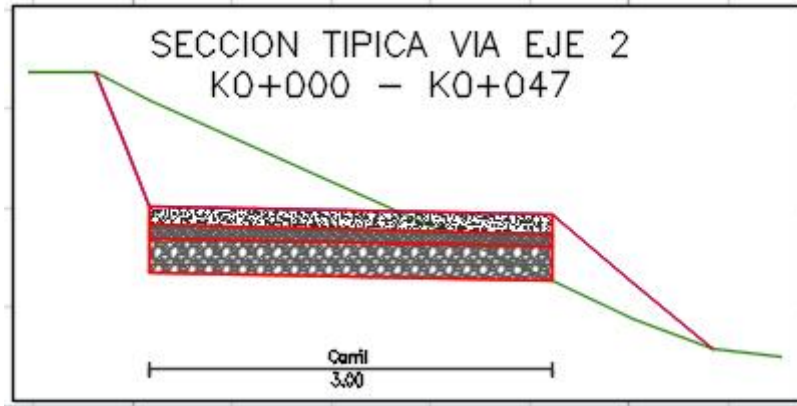


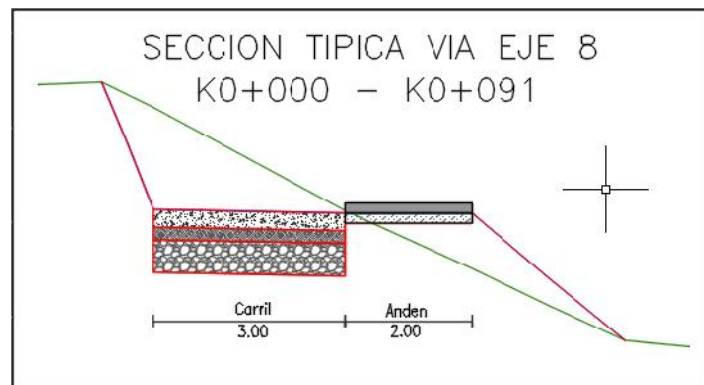
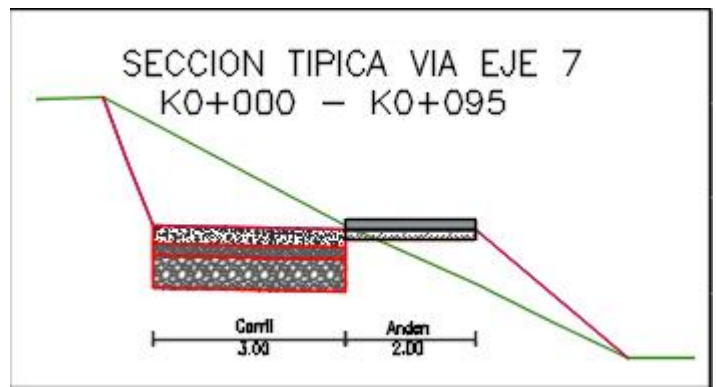
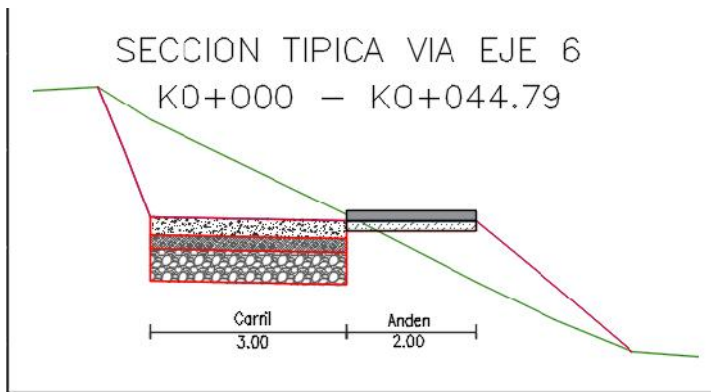
*Fuente:* Elaboración propia

Las secciones típicas definidas para estos ejes son:

**Tabla 12** Secciones transversales típicas de la alternativa seleccionada.







*Fuente:* Elaboración propia

## CAPITULO VIII-ESTUDIO DE SEÑALIZACIÓN

Se plantea señalización horizontal para alertar al conductor la presencia de una reducción de carril, para cual se colocan líneas logarítmicas, para alertar al conductor que disminuya su velocidad, en esta zona que se acerca a la reducción de la calzada, así mismo se coloca la señal vertical de disminución de carril.

Se coloca la señal reglamentaria de velocidad máxima, que indica que la máxima velocidad a la que se puede transitar por la vía es de 30 km/cabe resaltar que dentro de los parámetros de



diseño geométrico definidos la velocidad determinada fue de 50 km/h, sin embargo, por ser una zona comercial con alta tránsito de peatones se asume una velocidad de 30 km/h.

Se implementa la señalización horizontal de pare, en los puntos de intersección con la calle 7 y con calle 15 norte, donde se emplea la señal horizontal de para, acompañada con la señal vertical de seda el paso.

En bahía se emplea la señal horizontal para demarca zona de parqueo que dentro de las consideraciones del manual estaba establecida para parqueo y recarga de vehículos eléctricos.

Las líneas horizontales demarcan los carriles de las vías y se emplean las fechas para indicar sentido de las vías planteadas.

## **CAPITULO IX-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- ) Teniendo en cuenta las condiciones de afectación a predios y la proximidad al río que requieren de una atención estructural más compleja y el historial de crecientes que ha tenido el rio Molino, se elige la alternativa dos, de la cual se elaboró el diseño geométrico con todos sus parámetros y planos editados.
- ) Al evaluar la capacidad y niveles servicio de la vía proyectada, se encontró que la alternativa dos ofrece nivel de servicio B, es decir que durante su periodo de diseño (10 años) operará con buenas condiciones de capacidad.
- ) De la información secundaria suministrada por la empresa Movilidad Futura, se escogieron dos estaciones de conteo que inciden en la vía de estudio: la Estación intersección carrera sexta con calle 15N, con dos movimientos, y la estación de conteo en el barrio Bolívar en la carrera sexta con calle 7N, de los cuales se adoptó un porcentaje para ser considerados en el análisis de la vía de estudio.

- ) Las tres alternativas de diseño geométrico planteadas pueden servir de modelo u orientación, en caso de que la Alcaldía de Popayán desee continuar los estudios a nivel de Fase II o Fase III.
- ) La topografía utilizada para el presente trabajo no es de precisión; se recomienda, en caso de continuar con estudios Fase II y Fase III, que se emplee una topografía de precisión.
- ) Se recomienda realizar la simulación del tráfico del proyecto, con el fin determinar el comportamiento vehicular, capacidad y nivel de servicio durante el desarrollo de estudios de Fase II y Fase III.

## BIBLIOGRAFÍA

Arboleda, G. (2020). *Vías Urbanas: Una ciudad para todos*. Alpha Editorial.

Alcaldía Municipal. (2013). *Plan de Ordenamiento Territorial de Popayán –Cauca: POT*.

Colombia. Ministerio de Transporte. INVIAS. (2008). *Manual de Diseño Geométrico de Carreteras. Instituto Nacional de Vías*.

Paz Ante, L (2018). *Guía para el Diseño Geométrico de vías Urbanas para Ciudades Intermedias con Sistemas Estratégico de Transporte Público*.

United States of America. American Association of State Highway and Transportation Officials. AASHTO. (2018). *A policy on geometric design of highways and streets*. AASHTO Journal.

## **ANEXOS**

Anexo 1. Información secundaria.

Anexo 2. Tránsito

Anexo 3. Topografía

Anexo 4. Diseño geométrico