

**Mejoramiento Vía Puente Quemado – Toribio Cauca**  
**Tramo 1. 0 km – 3 km**

Cristian Andrés Martínez

Karol Yulieth Bravo

Manuela Collazos

Mario Alejandro Quijano

Yulieth Manuela Delgado

Pontificia Universidad Javeriana Cali

Facultad de Ingeniería y Ciencias

Programa de Ingeniería Civil

Diseño II

Ing. Javier Alexander Pérez

4 de junio de 2024

## Tabla de contenido

<b>Introducción .....</b>	<b>3</b>
<b>Definición del Problema .....</b>	<b>5</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>5</b>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>5</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>6</b>
<b>Objetivo general.....</b>	<b>6</b>
<b>Objetivos específicos .....</b>	<b>6</b>
<b>Marco Referencial.....</b>	<b>7</b>
<b>Aspectos Generales .....</b>	<b>7</b>
<b>Localización del Proyecto.....</b>	<b>7</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>8</b>
<b>Bases Conceptuales .....</b>	<b>8</b>
<b>Velocidad de diseño de tramo homogéneo (<math>V_{TR}</math>).....</b>	<b>11</b>
<b>Bases teóricas.....</b>	<b>15</b>
<b>Información Secundaria sobre el municipio Toribio .....</b>	<b>15</b>
<b>Demográficos .....</b>	<b>16</b>
<b>Población.....</b>	<b>16</b>
<b>Grupos étnicos.....</b>	<b>17</b>
<b>Red pública Hospitalaria.....</b>	<b>17</b>
<b>Educación .....</b>	<b>18</b>
<b>Acueducto .....</b>	<b>19</b>
<b>Alcantarillado.....</b>	<b>19</b>
<b>Infraestructura Vial.....</b>	<b>20</b>
<b>Tipo de Suelo .....</b>	<b>21</b>
<b>Escenarios de riesgo asociados con fenómenos de origen geológico y geográfico .....</b>	<b>21</b>
<b>Hidrología .....</b>	<b>23</b>
<b>Cuerpos de Agua.....</b>	<b>23</b>
<b>Medio Ambiente .....</b>	<b>24</b>
<b>Metodología .....</b>	<b>25</b>
<b>Etapa 1. ....</b>	<b>26</b>
<b>Trabajo de campo y procesamiento de datos .....</b>	<b>26</b>
<b>Etapa 2. ....</b>	<b>26</b>

Diseño geométrico .....	26
Diseño de pavimentos .....	29
Diseño hidráulico .....	31
Geotecnia y muros.....	37
Gestión Predial.....	42
<b>Resultados.....</b>	<b>42</b>
Diseño Geométrico .....	42
Diseño pavimentos.....	48
Diseño hidráulico .....	49
Geotecnia .....	50
<i>Diseño Y estabilización de taludes</i> .....	50
<i>Muros</i> .....	51
Presupuesto.....	68
<b>ANEXOS.....</b>	<b>71</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>72</b>

## Introducción

El diseño y mantenimiento de infraestructuras viales juegan un papel muy importante en la actualidad, el desarrollo de las vías como canal de comunicación entre un lugar y otro, se convierte en una necesidad para garantizar el desarrollo socioeconómico de estas poblaciones y con ello, el mejoramiento de la calidad de vida de la comunidad. En relación con esto, el presente proyecto de mejoramiento de la vía que une el municipio de Toribio con la vereda de Puente Quemado, pertenecientes al departamento del Cauca, más precisamente en el primer tramo vial que va desde el kilómetro 0 hasta el kilómetro 3, busca restaurar un tramo vial ya existente y elegir la propuesta más adecuada para mejorar la movilidad, seguridad y la eficiencia en el transporte de estas comunidades, así como de las que se encuentran en el tramo.

El proyecto se abordará desde las diferentes fases que lo componen, explorando las necesidades y condiciones existentes de la vía para poder obtener un diseño óptimo, así como los desafíos que se pueden presentar durante la ejecución del proyecto, realizando análisis parcial de los diferentes aspectos relevantes que componen el proyecto y así lograr elegir la mejor solución.

### **Definición del Problema**

La vía terciaria Puente Quemado de Toribio perteneciente al departamento del Cauca se encuentra en un estado de deterioro que impide la movilidad adecuada de esta zona. ¿Es pertinente el diseño de factibilidad para el mejoramiento de la vía terciaria en Toribio?

### **Justificación**

El presente informe está enfocado en realizar los estudios de la fase inicial y observar la disponibilidad de los recursos necesarios para efectuar los objetivos estipulados del proyecto vial en el municipio de Toribio, es decir, realizar los estudios de prefactibilidad y factibilidad de este proyecto asignado entre los tres primeros kilómetros de la vía terciaria, que busca unir este municipio con la vereda Puente Quemado, debido a que es notorio el mal estado de la infraestructura vial y se ha afectado la movilidad en la zona. Se busca analizar los diferentes estudios y alternativas que sean propuestos para dar una solución óptima a la dificultad que se está presentando en la zona establecida.

Es por ello, que la vía terciaria antes mencionada, entre el kilómetro 0 y el kilómetro 3, deberá tener un mejoramiento vial con el que se busca aumentar la movilidad entre estas dos poblaciones, llevando a un desarrollo socioeconómico en el sector, incrementando la comercialización de sus productos agrícolas y el desarrollo de la economía en sus territorios.

### **Hipótesis**

El mal estado de las infraestructuras viales en las vías terciarias de Toribio-Puente Quemado, dificulta la intercomunicación entre comunidades y el desarrollo de la economía en la zona.

## Objetivos

### Objetivo general

Diseñar a detalle la Fase III de la rehabilitación del tramo comprendido entre las abscisas K0+000 y K3+150 de la vía terciaria que une el municipio de Toribio con la vereda de Puente Quemado.

### Objetivos específicos

- Evaluar las condiciones del suelo para el diseño de estructuras, pavimento y taludes que cumplan con los estándares de resistencia y estabilidad necesarios para la rehabilitación de la vía.
- Desarrollar los estudios hidrogeológicos y topográficos en el tramo de K0+000 al K3+150, mediante visitas en campo y la recopilación de datos necesarios para analizar la influencia de factores hidrológicos y topográficos en el diseño de la rehabilitación.
- Calcular los costos asociados tanto al diseño, construcción y mantenimiento de la vía.

## Marco Referencial

### Aspectos Generales

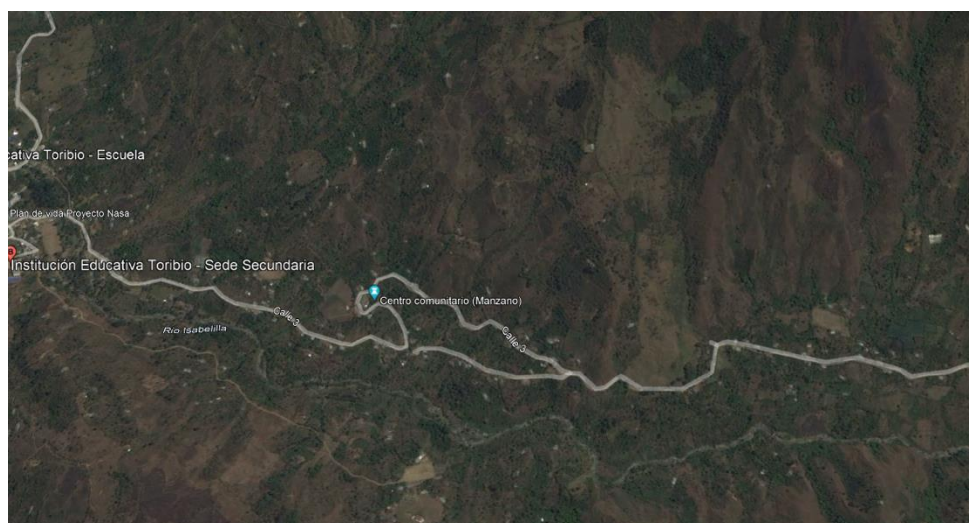
**Descripción del área de influencia:** El proyecto vial se encuentra ubicado en el nororiente del departamento del Cauca, en el municipio de Toribio que se encuentra a una altitud de 1700 msnm, el cual está compuesto por diferentes zonas climáticas, entre; páramo, frío y templado, lo cual permite el adecuado desarrollo de su economía principal que se basa en actividades agrícolas y ganaderas. De acuerdo con la proyección del departamento administrativo Nacional de Estadística (DANE) en 2023 Toribio tiene 37.166 habitantes, gran porcentaje de su población es perteneciente a cabildos indígenas.

### Localización del Proyecto

El tramo vial asignado se encuentra entre el kilómetro 0 y el kilómetro 3 de la vía terciaria que comunica el municipio de Toribio con la vereda de Puente Quemado, siendo el primer tramo de esta vía de intercomunicación municipal.

### Figura 1

*Vista en Planta corredor vial existente Tramo 1 Vía Toribio - Puente Quemado*



*Nota.* Imagen tomada de Google Earth ( <https://earth.google.com/web/search/Toribio>)

## **Antecedentes**

### **Bases Conceptuales**

Para el planteamiento de un proyecto vial como en este caso lo es la rehabilitación de la vía que comunica el municipio de Toribio con la vereda de Puente Quemado, es necesario tener en cuenta las condiciones en las que se encuentra el tramo vial, así como también las condiciones de las comunidades aledañas. Además de esto es necesario contar con un conocimiento previo sobre cómo realizar el estudio de este tipo de proyectos, los cuales se han ido adquiriendo en el transcurso de la carrera de Ingeniería Civil, algunos de los conocimientos necesarios son:

- **Geotecnia:** la cual nos permite desde la mecánica de suelos, estudiar y analizar el tipo de suelo sobre el cual se encuentra el tramo vial y el que lo rodea, para así poder clasificarlo, conocer su capacidad portante, su capacidad máxima, entre otras propiedades que pueden influir en la realización del proyecto.
- **Hidráulica e hidrología:** el agua es un aspecto muy importante para tomar en cuenta al realizar cualquier proyecto, ya que las cuencas, aguas subterráneas o cualquier tipo de agua que pase o esté cercano al proyecto vial que no sea tomada en cuenta puede afectar de forma negativa a este mismo, por ello es importante conocer la hidrología de la zona para así poder tomar en cuenta estas aguas, definiendo si afectan o no al proyecto y en caso de hacerlo, plantear posibles soluciones por medio de la hidráulica.
- **Topografía:** que permite realizar la localización del proyecto y conocer su naturaleza, logrando así definir el tipo de terreno, sus curvas de nivel para poder realizar el trazado vial.
- **Diseño Geométrico de Vías:** permite desarrollar un diseño detallado del trazado, incluyendo la geometría, intersecciones, carriles, pendientes máximas, velocidad de diseño, curvas, entre otros.



- Tránsito: el volumen y tipo de vehículos que pasan por el tramo vial y los que se proyecta pasarán a futuro, ayudan para realizar un diseño adecuado para soportar esta cantidad de tránsito.
- Pavimentos: el diseño del tipo de pavimento para el tramo vial depende de aspectos como el tránsito, tipo de vehículos, tipo de vía, presupuestos, entre otros. Con esto se llega a definir una opción óptima.
- Evaluación de rutas: debido a que se debe escoger la mejor alternativa de la prefactibilidad de la vía, se pueden utilizar distintos métodos.

Método de Bruce: es una comparación entre una distancia equivalente en un terreno plano y la distancia real que se tiene de la ruta, se debe tener varios aspectos, el mayor esfuerzo que realizan los vehículos cuando están subiendo cuestas muy empinadas, el mayor riesgo y el desgaste de los frenos cuando estaban bajando una cuesta.

$$X_0 = X + k * \sum Y$$

Donde:

$X_0$  : Longitud resistente

$X$  : longitud real total de la ruta

$k$  : inverso del coeficiente de tracción

$\sum (y)$ : sumatoria de las diferencias de nivel ascendentes en el sentido de evaluación

El valor de la incógnita de  $k$  está en función del tipo de capa de rodadura del pavimento de la vía:

**Tabla 1**

*Valor de k en función del tipo de superficie*

<b>Tipo de superficie</b>	<b>Valor medio de k</b>
Carretera en tierra	21
Acondicionamiento McAdam	32
Pavimento asfáltico	35
Pavimento rígido	44

Nota. Diseño Geométrico de Carreteras. Cárdenas Grisales, James (2002).

- Radio: la ASSTHO () \*agrupa los vehículos de la siguiente manera para así asociarle a cada uno las dimensiones de giro
  - Pasajeros
    - Vehículos P: automóviles, furgones pequeños y camionetas
  - Camiones
    - Vehículos SU: camión sencillo de dos ejes
    - Vehículos BUS: buses
    - Vehículos A-BUS: buses articulados
    - Vehículos WB-12: semi-tráiler intermedio
    - Vehículos WB-15: semi-tráiler largo
    - Vehículos WB-18: semi-tráiler doble fondo – tráiler completo
    - Vehículos WB-19: semi-tráiler interestado
    - Vehículos WB-20: semi-tráiler interestado
    - Vehículos WB-29: triple semi-tráiler
    - Vehículos WB-35: turnpike doble semi-tráiler

○ Vehículos recreativos

Vehículos MH: carro - casa

Vehículos P/T: carro y remolque

Vehículos P/B: carro y bote

Vehículos MH/B: carro – casa y bote

## Figura 2

*Radio mínimo de giro en función del tipo de vehículo*

TIPO	DIMENSIONES			VOLADIZOS		DIST. EJES			RADIO MIN.DE GIRO	
	Alto	Ancho	Largo	Del.	Tras.	1°-2°	2°-3°	3°-4°	Ext.	Int.
P	1.30	2.15	5.80	0.90	1.50	3.40			7.30	4.20
SU	4.10	2.40	9.10	1.20	1.80	6.10			12.80	8.50
BUS	4.10	2.60	12.10	2.10	2.45	7.60			12.80	7.40
ABUS	3.20	2.60	18.30	2.60	2.90	5.50			11.60	4.30
WB-12	4.10	2.60	15.20	1.20	1.80	4.00	8.25		12.20	5.70
WB-15	4.10	2.60	16.70	0.90	0.60	6.10	9.15		13.70	5.80
WB-18	4.10	2.60	19.90	0.60	0.90	3.00	6.10	6.40	13.70	6.80
WB-19	4.10	2.60	21.00	1.20	0.90	6.10	12.80		13.70	2.80
WB-20	4.10	2.60	22.50	1.20	0.90	6.10	14.30		13.70	0
WB-29	4.10	2.60	31.00	0.80	1.00	4.10	6.30	6.60*	15.20	6.30
WB-35	4.10	2.60	35.90	0.60	0.60	6.70	12.20	13.40	18.30	5.20
MH		2.40	9.10	1.20	1.80	6.10			12.20	7.90
P/T		2.40	14.90	0.90	3.05	3.40			7.30	0.60
P/B		2.40	12.80	0.90	2.40	3.40			7.30	2.00
MH/B		2.40	16.10	1.20	2.40	6.10			15.20	10.70

Nota. Norma de AASTHO (2002)

**Velocidad de diseño** “Se usan para establecer los controles de diseño que acomodan vehículos del tipo designado” (glosario de manual de diseño geométrico de carreteras ,2018)

**Velocidad de diseño de tramo homogéneo ( $V_{TR}$ )**

El INVIAS (2008) define la velocidad de diseño del tramo homogéneo

En función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno. A un tramo homogéneo se le puede asignar una Velocidad de diseño ( $V_{TR}$ ) en el rango que se indica en la Tabla 3. En ella se resume el equilibrio entre el mejor nivel de servicio que se puede ofrecer a los usuarios de las carreteras colombianas y las posibilidades económicas del país. (P. 37)

### Figura 3

*Valores de la velocidad de Diseño de los tramos homogéneos ( $V_{TR}$ ) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno*

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO $V_{TR}$ (km/h)										
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	
Primaria de dos calzadas	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Primaria de una calzada	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Secundaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											
Terciaria	Plano											
	Ondulado											
	Montañoso											
	Escarpado											

Nota. Diseño Geométrico de Carreteras. INVIAS (2008).

- Pendiente “Inclinación longitudinal negativa de una carretera (descendente), expresada como un porcentaje” (PIARC,2023)

En la siguiente tabla a continuación se estipula cuáles son las pendientes máximas que se debe de utilizar en función de la categoría de la carretera y la velocidad de diseño.

**Figura 4**

*Pendiente máxima en función de la categoría de la carretera y la velocidad de diseño del tramo homogéneo*

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	VELOCIDAD DE DISEÑO DEL TRAMO HOMOGÉNEO $V_{TR}$ (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	-	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-

Nota. Diseño Geométrico de Carreteras. INVIAS (2008).

- Drenaje “Es una Obra proyectada para eliminar el exceso de agua superficial sobre la franja de la carretera y restituir la red de drenaje natural, la cual puede verse afectada por el trazado” (glosario de manual de diseño geométrico de carreteras ,2018).

Su principal función es evacuar o drenar el agua que es procedente las lluvias no provoque encharcamiento en la capa de rodadura y así prevenir accidentes y daños del mismo pavimento. La pendiente mínima recomendable para el drenaje es que la pendiente longitudinal no sea inferior al 0,5%.

Cuneta: Es un carril excavado, que puede estar revestida en concreto o sin revestir, estas se encargan de recolectar y de filtrar las aguas lluvias. Para calcular las dimensiones se debe de tener en cuenta la intensidad de la lluvia, la naturaleza del terreno y la pendiente de la cuneta. (MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO,2008)

Se utiliza la ecuación de Manning para el cálculo del flujo uniforme.

$$V = \frac{1}{n} \cdot R_h^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

V: velocidad media ( $m^2$ )

n: coeficiente de rugosidad de Manning

R: radio hidráulico (m) (área de la sección entre el perímetro mojado)

S: pendiente del canal (m)

## Tabla 2

*valores del coeficiente de Manning respecto al tipo de materia del sueño*

Tipo de materia	Valores de “n”
Tierra común, nivelada y aislada	0.02
Roca lisa y uniforme	0.03
Rocas con salientes y sinuosa	0.04
Lechos pedregosos y bordes	0.03
<b>enyerbados</b>	
Plantilla de tierra, taludes	0.03
<b>ásperos</b>	

Nota: elaboración propia

### Determinación de área hidráulica

- Área hidráulica: Es el área de la sección transversal ocupada por el líquido dentro del conducto (Manual de Apuntes de la Experiencia Educativa de Tuberías y Canales, 2013, P.17)

$$Q = C * I * A$$

Donde:

Q: Caudal de diseño ( $m^3/Seg$ )

C: Coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de Litros/ Seg/ Has

A: Área de la micro cuenca en Has

### Bases teóricas

#### Información Secundaria sobre el municipio Toribio

El municipio Toribio del departamento del Cauca cuenta con una extensión de 412 Km<sup>2</sup>, Lo que equivale aproximadamente al 1% del total del departamento. De acuerdo al DANE (2005), la población del Municipio de Toribio para el año 2015 fue de 29.187 personas, teniendo una población está distribuida de 1.754 habitantes en la zona urbana y 26.807 habitantes en la zona rural.

La densidad es de 71 Hab/Km<sup>2</sup> en el territorio municipal, que alcanza su máxima altura de 4.150 msnm y una altura cabecera municipal de 1700 m.s.n.m (DANE, 2013)

De acuerdo con el Clima en esta zona, se tiene una precipitación media anual de 190 mm, con periodos lluviosos del año entre abril - junio y Septiembre –Diciembre, por otro lado, un periodo de verano entre Enero – Marzo y Julio – Agosto.

#### Figura 5

*Clima de la vereda de Toribio.*

Clima	Altitud (m.s.n.m)	Precipitación (mm/año)	Temperatura (°C)
Tierra Templada Húmeda	1300 - 2000	1200 - 2000	16 -20
Tierra Moderada fría Tierra fría Sub húmeda	2000 - 2800 2800 - 3500	1000 - 2098 800 - 1200	12 – 16 7 – 12
Paramo	> 3500		< 7

*Nota.* Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (2012).

Por otra parte, el relieve del municipio de Toribio está enmarcado dentro del macro relieve de la cordillera central, siendo los paisajes de Montaña Fluvio - Gravitacional los más

comunes en el municipio, presentando pendientes mayores al 50% y capacidad de drenaje que va desde imperfecto hasta excesivo. Este consta de un total de 47534,10 hectáreas de paisaje con Montaña Fluvio - gravitacional y un total de 310,48 hectáreas de paisaje con Montaña Glacio – volcánica

Con respecto a su zona sísmica, este municipio cuenta con una zona sísmica alta, teniendo un alto riesgo en todo el territorio del municipio.

La red vial del municipio consta de 193.6 kilómetros de carreteras de los cuales 26 kilómetros se encuentran pavimentados y 167.6 Kilómetros no pavimentados. El 42% de la red de vías y caminos corresponde a caminos de herradura (no vehículos). Sólo el 12% de la red permite acceso vehicular durante cualquier época del año. El 46% tiene restricciones en época de lluvia o requiere de vehículos de doble tracción.

Para este municipio, las principales actividades económicas son la agricultura en un 85,7% y la actividad pecuaria en un 9,4 %; en menor medida se encuentra la piscícola con un 2,5%, de otro lado el 18,1% de los establecimientos se dedican a la industria; el 62,0% al comercio; el 19,3% a servicios y el 0,6% a otra actividad.

## **Demográficos**

### **Población**

Según los datos conciliados en las proyecciones de población municipales 2005-2020 del departamento administrativo nacional de estadísticas DANE, la población del municipio de toribio es de 28.561 personas, en la tabla se muestra como está distribuida los habitantes de la zona urbana y los habitantes de la zona rural.

### ***Figura 6***

*Población total, cabecera y resto*



Área Poblacional	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Población total	26.512	26.695	26.915	27.157	27.408	27.672	27.958	28.253	28.561
Población cabecera	1.701	1.710	1.719	1.727	1.734	1.740	1.745	1.750	1.754
Población resto	24.811	24.985	25.196	25.430	25.674	25.932	26.213	26.503	26.807
Tasa de Crecimiento	-	0,69%	0,82%	0,90%	0,92%	0,96%	1,03%	1,06%	1,09%

*Nota:* DANE -información estadística, proyecciones de población municipales (2005-2020)

### Grupos étnicos

Según el DANE (2013), define la pertenencia étnica como “el reconocimiento que una persona hace de un conjunto de características socioeconómicas y culturales, que se considera como propias tales como, el idioma, la cosmovisión, formas de producción, relaciones de parentesco, etc.”

En la tabla 8 se especifica la cantidad de personas pertenecientes a cada grupo étnico, se debe tener presente que estos datos no han sido actualizados al año 2023

### Figura 7

#### *Grupos étnicos en Toribio*

Población	Personas Indígenas	Personas Rom	Personas Negros	Total Personas con Pertenencia Étnica	% Participación Frente a la Población Total
26.512	25.425	0	53	25.478	96,1%

*Nota.* DANE-Boletín de censo general,2005

### Red pública Hospitalaria

Esta variable permite hacer el respectivo análisis del estado en el que se encuentra el sector de salud en el municipio de toribio.

La siguiente tabla muestra cuatro ítems importantes que integran esta variable:

1.                                    Números de hospitales públicos
2.                                    Números de camas hospitalarias
3.                                    Número de salas hospitalarias existentes

## 4. Numero de ambulancias que circula en el municipio

**Figura 8***Red pública hospitalaria.*

Información	2012
Número de hospitales públicos	1
Número de camas hospitalarias	12
Pediátricas	4
Adultos	6
Obstetricia	2
Número de salas hospitalarias existentes	1
Ambulancias	2

*Nota:* Observatorio salud pública- secretaria de salud del cauca (2012)

**Educación**

La universidad del cauca manifiesta que, aunque el departamento del cauca ha mostrado progresos importantes en la educación, el mejoramiento de las vías terciarias ayuda a que el pueblo se desarrolle.

**Figura 9***Cobertura neta educación básica.*

<b>Matricula Básica 6 a 14 Años</b>	2008	Oficial	6.133
		No Oficial	0
	2009	Oficial	6.471
		No Oficial	0
<b>Matricula Básica 5 a 16 Años</b>	2010	Oficial	1.031
		No Oficial	0
	2011	Oficial	1.167
		No Oficial	0
<b>Población 6 a 14 Años</b>	2008	Hombre	3.306
		Mujer	3.147
	2009	Hombre	3.273
		Mujer	3.121
<b>Población 5 a 16 Años</b>	2010	Hombre	4.249
		Mujer	4.051
	2011	Hombre	4.199
		Mujer	4.006
<b>Cobertura Neta Básica</b>	2008		74,4%
	2009		79,2%
	2010		72,0%
	2011		85,2%

*Nota:* Ministerio de Educación - estadísticas del sector educativo (2012)

### **Acueducto**

El DANE (2007) define el acueducto como:

Un servicio público domiciliario de agua por tubería u otro ducto que está conectado a una red y cuyo suministro es relativamente permanente. Este servicio debe estar dado por una empresa especializada. Si la conexión del servicio está hecha de forma ilegal se considera que la vivienda tiene acueducto. No se considera que la vivienda tiene acueducto cuando en forma particular se haya construido un sistema de conducción por medio de cañas, guaduas, o mangueras desde un río, pozo o desde otra vivienda.

El municipio de toribio no cuenta con suficiente información que describa la cobertura del servicio de acueducto en las tablas 5, se muestra: el número de viviendas que cunen tan con el servicio.

### ***Figura 10***

*Cobertura de acueducto.*

Año	Número de Viviendas			Viviendas con Acceso al Servicio			Cobertura		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
2005	5.127	435	4.692	-	-	-	-	-	-
2006	5.127	435	4.692	-	-	-	-	-	-
2007	5.158	374	4.784	-	-	-	-	-	-
2008	5.166	382	4.784	-	-	-	-	-	-
2009	5.166	382	4.784	-	-	-	-	-	-
2010	5.214	388	4.826	-	-	-	-	-	-
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-

*Nota:* Sistema único de información servicios públicos SUI. Acueducto (2012).

### **Alcantarillado**

El indicador a analizar es el servicio de alcantarillado; el DANE (2007) lo define como el “Servicio público domiciliario de eliminación de excretas (materias fecales y orines) y aguas

servidas (agua del lavaplatos, etc.) mediante un sistema de desagüe por tuberías, prestado por una empresa especializada”.

### **Figura 11**

#### *Cobertura de alcantarillado*

Año	Número de Viviendas			Viviendas con Acceso al Servicio			Cobertura		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
2005	5.127	435	4.692	-	-	-	-	-	-
2006	5.127	435	4.692	-	-	-	-	-	-
2007	5.158	374	4.784	-	-	-	-	-	-
2008	5.166	382	4.784	-	-	-	-	-	-
2009	5.166	382	4.784	-	-	-	-	-	-
2010	5.214	388	4.826	-	-	-	-	-	-
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2012	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nota: Servicio de Alcantarillado (2012).

### **Infraestructura Vial**

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, aclara que:

El medio de articulación de un sistema espacial es conocido como redes de transporte y comunicación, pues a través de ellas se establecen las relaciones, se conocen los pueblos, se intercambian productos, ideas, culturas; las redes constituyen la plataforma por donde fluyen los vínculos regionales y son el sistema arterial de la organización espacial. IGAC (como se citó en gobernación del Cauca, 2013).

En el departamento hay tres tipos de redes carreteras: las primarias, secundarias y terciarias.

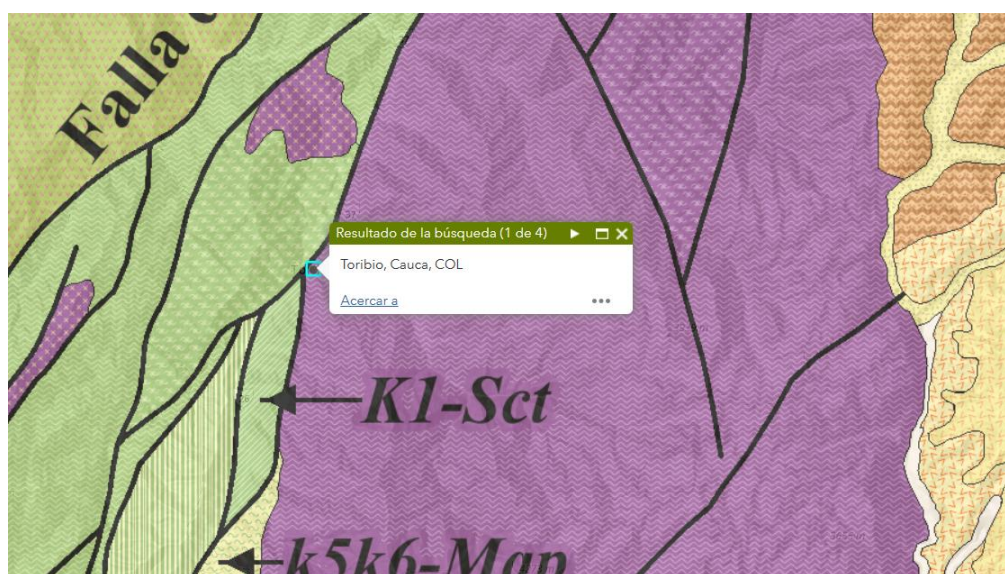
Las vías primarias están a cargo del INVIAS, las vías secundarias están a cargo de la gobernación del cauca y su principal función es conectar la red principal con las cabeceras municipales.

### Tipo de Suelo

Los relieves predominantes en el municipio de Toribio corresponden a: crestas ramificadas, lomas y colinas. Por esta razón Toribio tiene una topografía empinada con altas pendientes, fallas geológicas que cruzan el subsuelo, 40% de los suelos son arcillosos e inestables. En el punto de ubicación del proyecto Tramo 1, se encuentra un tipo de suelo K1-Sct siendo este: conglomerados y cuarzo arenitas que gradan limolitas y lodolitas oscuras con interacciones de arenitas y conglomerados.

**Figura 12.**

*Tipos de Suelo Municipio de Toribio*



*Nota:* tomado de Mapa Geológico Colombiano (2020).

### Escenarios de riesgo asociados con fenómenos de origen geológico y geográfico

Toribio está ubicado en la cordillera central, esto implica que el municipio se encuentre en una zona de alto riesgo sísmico, a esta zona de convergencia entre placas tectónicas se le denomina el Cinturón del Fuego el Pacífico, en este sentido, el municipio de Toribio tiene alta

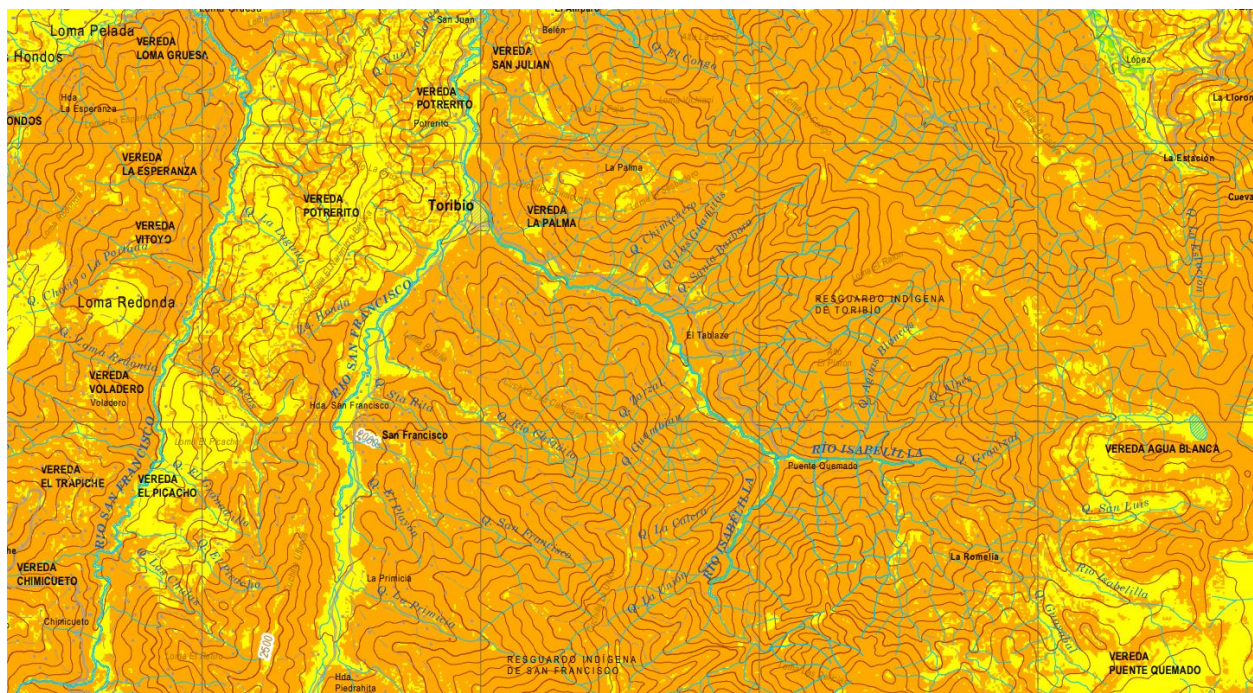
probabilidad de ocurrencia de eventos sísmicos de alta magnitud, además la norma NRS-10 clasifica el municipio en zona de amenaza sísmica alta.

El relieve del municipio de Toribio está enmarcado dentro del relieve de la cordillera central, contando con características del terreno montañosas en la mayoría de su territorio, presentando pendientes mayores al 50%. Esto implica que los escenarios de riesgo geológico como; avenidas torrenciales, avalanchas, deslizamiento de tierras debido a la inestabilidad de taludes, hundimientos en vía por fallas geológicas, entre otras, aumenten y generen un alto peso de importancia en el momento de diseñar este tramo vial.

El servicio geológico colombiano, define un mapa donde clasifican las diferentes zonas del territorio, según la categoría de amenaza geológica, de la siguiente manera; Muy alta (rojo), Alta (naranja), Media (amarilla), Baja (verde). Como se observa en la Figura 3, el tramo vial 1 del municipio de Toribio, se encuentran en una zona de riesgo Alta (naranja), lo cual indica que hay alta probabilidad de que en esta zona se presenten este tipo de escenarios de origen geológico y por ello es un ítem importante para evaluar en el diseño.

***Figura 13.***

*Mapa de amenaza relativa por movimientos en masa*



 ALTA	<p>Los sectores relacionados con amenaza alta corresponden al 53,87%, con un cubrimiento de 1.292,27 km<sup>2</sup>, en una franja que se extiende de noreste a suroeste donde se localizan los municipios de Corinto, Toribio, Jambaló, Caldono y Páez, y corresponde a zonas de susceptibilidad alta frente a los fenómenos de movimientos en masa. Geomorfológicamente corresponden a unidades como sierras, ganchos de flexión, cerros estructurales, laderas estructurales, sierras denudadas, lomas, lomeríos, escarpes de erosión, colinas, escarpes, flujos laháricos aterrazados, escarpes de flujos de lava y mantos de piroclastos. Litológicamente en la zona afloran rocas paleozoicas como los Esquistos Verdes de la Mina, Esquistos Básicos de Bugalagrande, Complejo Cajamarca, entre otras; y a las formaciones Neógenas como Esmita, Nevado del Huila, Del Galeón y a cuerpos intrusivos menores. En cuanto al detonante clima, los valores de precipitación diaria están entre 50 mm y 100 mm en la mayor parte de la zona; mientras los valores de máxima aceleración sísmica horizontal se encuentran entre en el rango 150 a 200 cm/s<sup>2</sup>, en la mayor parte de la zona. Se pueden presentar movimientos en masa tipo deslizamiento, caídas y flujos, de manera más propicia en los sectores central y oriental, donde las rocas se encuentran afectadas por diaclasamiento.</p>
----------	---

*Nota:* Servicio Geológico Colombiano (2015)

## Hidrología

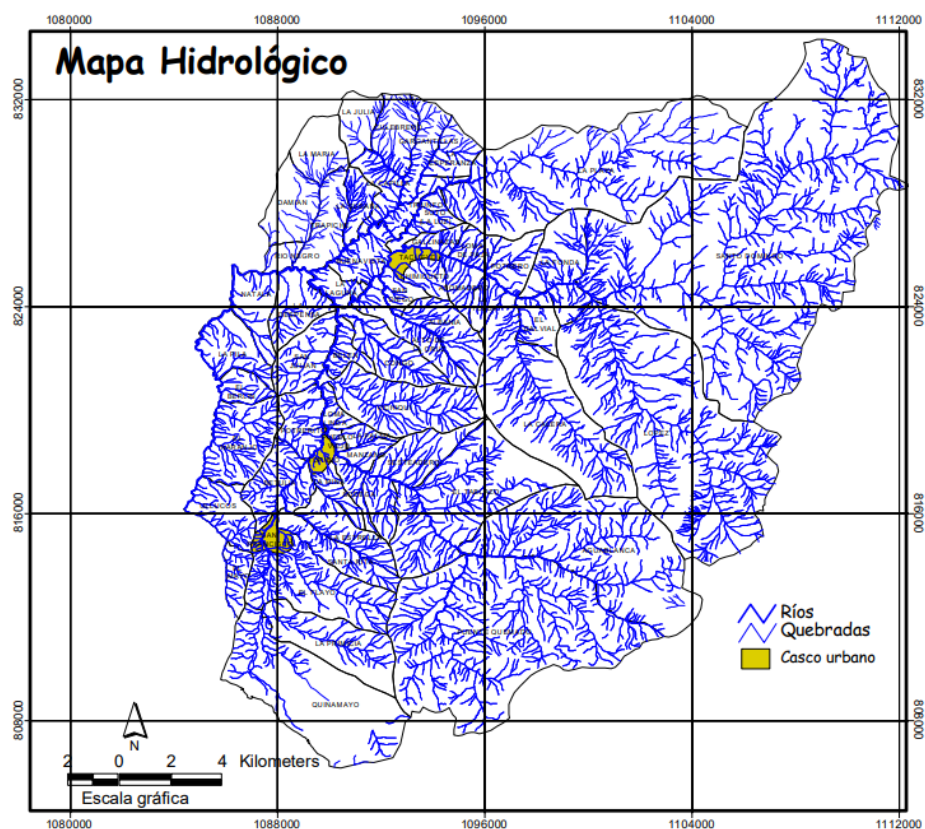
### Cuerpos de Agua

El municipio de toribio cuenta innumerables cuerpos de agua, tiene varios ríos que son principales; el rio isabelilla, río San Francisco, rio Santo Domingo, río Jámبالo y el río López, estos conjuntos de ríos constituyen la cuenca del río de palo, siendo una de las cuencas más importantes de la región.

Este río, tiene un recorrido hasta de 92 kilómetros y tiene un caudal de 38 mts<sup>3</sup>, también es la encargada de producción de energía de varios municipios del cauca, tales como Caloto, Padilla, y Guachené, y es la fuente que abastece los municipios de Caloto y Puerto Tejada.

**Figura 14**

## Red Hidrológica



Nota: Imagen suministrada por la COMISIÓN DE REGULACIÓN DE COMUNICACIONES (CRC).

### Medio Ambiente

Debido a que en el municipio de toribio predomina la etnia indígena. Tienes tres resguardos que datan desde 1701, los resguardos son los siguientes, Resguardo Indígena de Toribio, Resguardo Indígena de San Francisco, Resguardo Indígena de Tacueyó.

Se debe tener en cuenta que cada resguardo indígena cuenta con su cabildo, este tiene como finalidad representar legalmente a la comunidad, ejercer la autoridad y realizar actividades que le atribuyen todo lo que tenga que ver con leyes y usos de sus costumbres.



El IDEAM (citado por la Universidad del Cauca, 2011) especifica que, De acuerdo con el documento de análisis socioambiental del Departamento del Cauca, realizado por la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), el Departamento posee 12 tipos de biomas con representación de 78 ecosistemas de los cuales el 43% corresponde a áreas en buen estado de conservación, destacándose por su importancia los bosques naturales (49,19%) y los herbazales – páramos (2,57%). Por su gran riqueza ecosistémica existen en el Departamento aproximadamente 263.000 hectáreas declaradas como áreas del sistema de parques, a partir de los cuales se generan corredores de gestión y conservación ambiental.

En la tabla 6, se observa el área de zonas de reserva y de las cuencas en kilómetros cuadrados.

### **Figura 15**

#### *Medio ambiente*

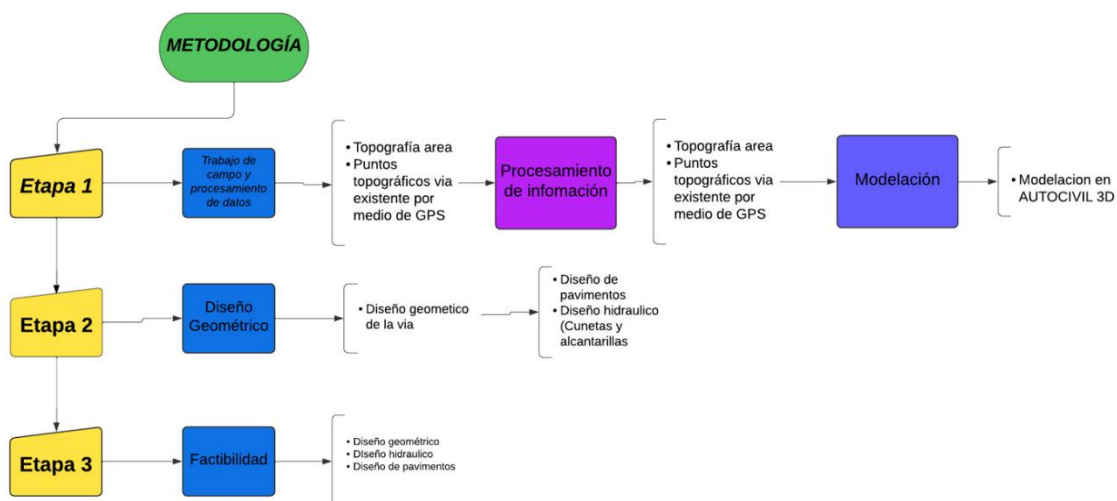
Área de Bosques km <sup>2</sup>	Área de Zonas de Reserva km <sup>2</sup>	Área de Cuencas Y Micro cuencas km <sup>2</sup>	Área de Zonas Reforestadas km <sup>2</sup>
	1.660,9	478,3	

Nota: Corporación autónoma regional del cauca CRC.

### **Metodología**

#### **Figura 16.**

Diagrama de flujo



*Nota.* Elaboración propia

## **Etapa 1.**

### **Trabajo de campo y procesamiento de datos**

A la hora de realizar la metodología se plantearon 3 etapas, la cual involucra información que se obtuvo en el trabajo de campo realizado los días 9 y 10 de febrero del presente año, donde se realizó en campo el trabajo de la medición topográfica por medio de dos equipos los cuales fueron GPS, donde fueron tomados puntos topográficos cada 20m y en curvas cada 10, tanto en el alineamiento central como en cada uno de los costados de la vía existente y con DRON donde se realizaron aproximadamente 20 vuelos a unas alturas entre 40 y 90 m, los cuales se georreferenciaron por medio de puntos georreferenciados los cuales se tomaron por el GPS nombrado anteriormente. Ya con los puntos obtenidos de la topografía estos se procesaron en los programas de AUTOCAD

## **Etapa 2.**

### **Diseño geométrico**

La información tomada en campo como lo fueron los puntos mediante GPS y las fotos tomadas mediante Dron se procesaron mediante diferentes programas como; Pix4D, ReCap, AutoCAD Civil 3D, las cuales posibilitaron la inclusión y análisis de la información, logrando

obtener una topografía a detalle del lugar, así como de la vía existente para lograr con esto realizar un diseño geométrico adecuado normativamente y adaptado a las condiciones topográficas del sitio, después de obtener una topografía mediante fotografías se procede a realizar un recorte en el tramo I debido al peso del archivo, excluyendo los objetos que obstruyan la visualización adecuada del terreno como la vegetación y solo dejando el suelo, después de esto se procede a obtener las curvas de nivel con ayuda de civil 3D. Este procedimiento aseguró la obtención precisa de las curvas de nivel, esenciales para comprender la topografía y las particularidades del terreno.

Para llevar a cabo el diseño geométrico de la vía, se optó por utilizar AutoCAD Civil 3D debido a su gran capacidad como una herramienta integral y altamente eficiente en el campo de la ingeniería civil, en este caso en el ámbito vial. AutoCAD Civil 3D ofrece una amplia gama de funcionalidades especializadas que resultan fundamentales en el proceso de diseño de infraestructuras viales, incluye funciones específicas para la generación de alineamientos, la definición de curvas horizontales y verticales, la gestión de pendientes y la optimización de la geometría vial en general.

En una primera instancia, se procedió a iniciar el proceso de generación de superficies, reconocido como un paso esencial en el diseño geométrico de vías. Este procedimiento resulta crucial para alcanzar una comprensión detallada de la configuración topográfica del terreno en el que se pretende desarrollar la infraestructura vial, así como la inclusión de la vía existente como guía para realizar el alineamiento de la vía a diseñar. Posteriormente, se centró la atención en la creación de alineamientos, una etapa decisiva que implica el meticuloso delineado de la disposición y trayectoria de la vía, así como de las curvas existentes y las que van a quedar en el diseño final. Uno de los aspectos críticos que destacaron en el desarrollo de este proyecto fue la

fase dedicada al diseño de curvas geométricas, tanto en su dimensión vertical como horizontal. Este proceso representó un hito fundamental en la configuración de la vía, ya que se logró concebir curvas que aseguraron pendientes suaves y uniformes, con pendientes que estuvieran dentro del rango permitido por la norma para el tipo de vía, teniendo en cuenta el radio de curva, longitud de curva, entre otros aspectos.

Una vez establecido el alineamiento vial de acuerdo con las especificaciones requeridas, se procede a realizar un análisis detallado del perfil del terreno. Este análisis permite trazar las curvas verticales que definirán la geometría altimétrica de la vía. Durante este proceso, se sigue rigurosamente las restricciones y recomendaciones establecidas por la normativa del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), garantizando así el cumplimiento de los estándares de seguridad y funcionalidad vial.

Posteriormente, se lleva a cabo la creación del corredor vial, utilizando el diseño previamente elaborado para los pavimentos y los elementos hidráulicos, como las cunetas. Este paso implica un minucioso cálculo que considera aspectos como la resistencia del pavimento, la adecuada gestión de aguas pluviales y el cumplimiento de las normativas de accesibilidad y seguridad vial. Una parte fundamental de este proceso es la obtención del diagrama de peraltes, el cual proporciona una representación visual del peralte de la vía en relación con su trazado. Este diagrama es esencial para evaluar y garantizar que las curvas verticales cumplan con los requisitos de seguridad y comodidad para los usuarios. Además, se realizan análisis detallados de las secciones transversales, que permiten visualizar la configuración del terreno en términos de cortes y rellenos. Estos análisis son fundamentales para optimizar el diseño vial, minimizando la necesidad de movimientos de tierra excesivos.

Finalmente, se realiza la elaboración meticulosa de los planos detallados, los cuales constituyen una representación exhaustiva de cada elemento del proyecto vial. Estos planos contienen toda la información necesaria para comprender en detalle la configuración y especificaciones de la infraestructura vial proyectada.

### **Diseño de pavimentos**

Para el desarrollo del pavimento, se tuvo en cuenta diferentes factores, tales como:

- Tránsito; el volumen y tipo de vehículos que pasan por el tramo vial y los que se proyecta pasarán a futuro, ayudan para realizar un diseño adecuado para soportar esta cantidad de tránsito.
- Pavimentos; el diseño del tipo de pavimento para el tramo vial depende de aspectos como el tránsito, tipo de vehículos, tipo de vía, presupuestos, entre otros. Con el fin de definir una opción óptima.
- Evaluación de rutas; debido a que se debe escoger la mejor alternativa de la prefactibilidad de la vía, se pueden utilizar distintos métodos.

De tal manera, el tipo de pavimento que se implementará será el pavimento flexible con la metodología AASHTO que se encuentra constituido con materiales menos rígidos que el hormigón, más deformables, que transmiten a la subrasante las cargas de manera más concentrada, distribuyendo el total de la carga en menos área de apoyo, teniendo en cuenta el tránsito, la confiabilidad, desviación estándar del sistema, módulo resiliente efectivo, módulo resiliente para la subrasante, módulo resiliente para la subbase, base y concreto asfáltico, coeficientes estructurales, drenaje y análisis de resultados.

Posteriormente, teniendo los datos mencionados anteriormente, se realiza el diseño del pavimento, donde se obtienen los espesores para cada capa, teniendo así tres capas para esta vía

Donde:

CR: Es la capa de rodadura flexible, apoyada en capas de materiales granulares.

BE: Es la base, capacitada para soportar, transmitir y distribuir las cargas aplicadas en la superficie de rodadura del pavimento.

SBG: Es la subbase granular con materiales granulares gruesos compuestos por triturados, arenas y material grueso, protegiendo la base aislándola de la tierra acumulada en los terraplenes, puesto que, si esta tierra se introduce en la base puede sufrir cambios volumétricos que provocan una disminución en la resistencia de la base.

En la siguiente figura se muestra cuáles son los respectivos espesores que tendrá las capas del pavimento flexible esto partiendo del diseño realizado

La mezcla utilizada para la carpeta asfáltica es la MDC-19 que es mezcla densa en caliente de gradación continua, con agregado de tamaño máximo 19 mm. La MDC-19 tipo INVIAS se usa generalmente para construir capas de rodadura en vías con tráfico medio y alto.

Se tiene en cuenta los siguientes espesores para la carpeta asfáltica

***Figura 57.***

*Tabla espesores capa con mezcla MCD-19*

TIPO DE CAPA	ESPELOR COMPACTO (mm)	TIPO DE MEZCLA
Rodadura	30 – 40	MDC-10
	40 – 60	MDC-19, MSC-19
	> 60	MDC-25, MDC-19, MSC-19
Intermedia	> 50	MDC-25, MSC-25
Base	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25
Alto módulo	60 - 130	MAM-25
Bacheos	50 – 75	MSC-25, MGC-25
	> 75	MSC-25, MGC-38, MGC-25

### Diseño hidráulico

Inicialmente se sacó la cuenca de alrededor de la vía terciaria para así tener certeza de los cuerpos de aguas aledaños a la vía, con esto también se estimaron y calcularon:

Los datos hidrológicos esenciales tales como, Precipitación promedio anual, intensidad de lluvia máxima, frecuencias de lluvia, etc.

Ya con estos datos hidrológicos se procede a determinar el caudal de diseño para las cunetas y para las alcantarillas; para la determinación del caudal de diseño, Se consideró las precipitaciones, la cuenca de drenaje y los coeficientes de escorrentía.

En el diseño de las cunetas y las alcantarillas se tuvieron en cuenta varios aspectos, forma, dimensiones, revestimiento, ubicación y material.

Se realizó una simulación del flujo para así poder verificar su capacidad hidráulica.

Para el desarrollo de este ítem se basó en el manual de drenaje para carreteras del INVIAS, las cunetas longitudinales encontradas a ambos lados de la vía terciaria, con una longitud de 3150 metros revestida, siendo capaces de conducir y evacuar de forma adecuada el agua superficial encontrada, por medio de la topografía asignada en la zona de Toribio, siendo un factor importante a considerar al diseñar las cunetas. Además, las pendientes pronunciadas en la vía, en este caso, entre el 8% y 12%, las cunetas deben ser más profundas y anchas para que puedan transportar el agua de lluvia de manera efectiva. Por otro lado, los materiales disponibles en el sitio también se consideraron al diseñar las cunetas, incluyendo así, tierra, piedra y

concreto. El flujo de agua es un factor importante a considerar, teniendo la capacidad de las dimensiones tanto ancha y profunda para que el agua fluya sin tener obstrucciones y, por tanto, se tuvo en cuenta la durabilidad de esta, puesto que debe ser estar completamente adecuada para soportar las condiciones climáticas y el uso del tráfico. Además, se tiene alcantarillado con un diámetro de 250 milímetros para alcantarillados de aguas lluvias y aguas combinadas, cada 200 metros durante toda la vía.

Para realizar el respectivo diseño de la cuneta se siguió lo establecido por el manual de diseño del INVIAS 2009

### Caudal de diseño

Para realizar los cálculos del caudal de diseño, se tomó los valores de la tabla 16 y tabla 17 para así poder saber el coeficiente de escorrentía en las diferentes topografías

### **Figura 18.**

#### *Valores de coeficientes de escorrentía en áreas rurales*

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
<b>BOSQUES</b>			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
<b>PASTOS</b>			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
<b>TIERRAS CULTIVADAS</b>			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82

Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.



*Nota.* Tomado del manual de drenaje para carreteras (INVIAS,2009)

**Figura 19**

*Valores del coeficiente de escorrentía en áreas urbanas*

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C
<b>PRADOS</b>	
Suelos arenosos, planos, 2%	0.05 - 0.10
Suelos arenosos, promedio, 2 -7 %	0.15 - 0.20
Suelos pesados (arcillosos), planos, 2%	0.13 - 0.17
Suelos pesados (arcillosos), promedio, 2 -7 %	0.18 - 0.22
Suelos pesados (arcillosos), pendientes, 7%	0.25 - 0.35
<b>DISTRITOS COMERCIALES</b>	
Áreas de centro de ciudad	0.70 - 0.95
Áreas vecinas	0.50 - 0.70
<b>RESIDENCIAL</b>	
Casas individuales separadas	0.30 - 0.50
Casas multifamiliares separadas	0.40 - 0.60
Casas multifamiliares unidas	0.60 - 0.75
Suburbana	0.25 - 0.40
Áreas de apartamentos de vivienda	0.50 - 0.70
<b>INDUSTRIAL</b>	
Áreas livianas	0.50 - 0.80
Áreas pesadas	0.60 - 0.90
PARQUES CEMENTERIOS	0.10 - 0.25
CAMPOS DE JUEGOS	0.20 - 0.35
ÁREAS DE PATIOS DE FERROCARRILES	0.20 - 0.40
ÁREAS NO DESARROLLADAS	0.10 - 0.30
<b>CALLES</b>	
Asfaltadas	0.70 - 0.95
Concreto	0.80 - 0.95
Ladrillo	0.70 - 0.85
CALZADAS Y ALAMEDAS	0.75 - 0.85
TECHOS	0.75 - 0.95

*Nota.* tomado del manual de drenaje para carreteras (INVIAS,2009)

### Funcionamiento hidráulico

Se debe verificar la capacidad hidráulica de la estructura, esta debe ser mayor al caudal de diseño y se estima con la expresión de Manning.

$$Q = \frac{1}{n} \left( A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \right)$$

Donde:

Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

n: Coeficiente de Manning

A: Área mojada (m<sup>2</sup>)

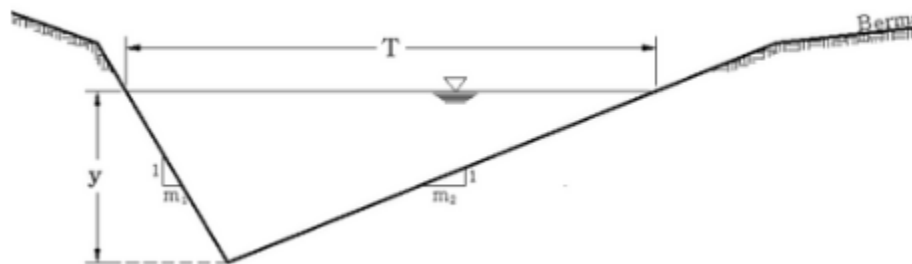
R: Radio hidráulico (m)

S: pendiente (m)

Se optó por diseñar las cunetas en forma trapezoidal debido a los cortes de talud y a las pendientes que se tienen.

**Figura 20**

*Sección de cuneta típica y propiedades geométricas*



*Nota.* tomado del manual de drenaje para carreteras (INVIAS,2009)

**Figura 21.**

Variables hidráulicas en las cunetas

$$T = 2yz \quad A = y^2 * z \quad P = 2y * \sqrt{1 + z^2}$$

*Nota.* tomado del manual de drenaje para carreteras (INVIAS,2009)

Donde:

A: Área de la sección (m<sup>2</sup>)

P: Perímetro de la sección (m)

T: Ancho superficial(m)

B: Base (m)

Z: Relación de la pendiente de la cuneta (m)

y: Profundidad (m)

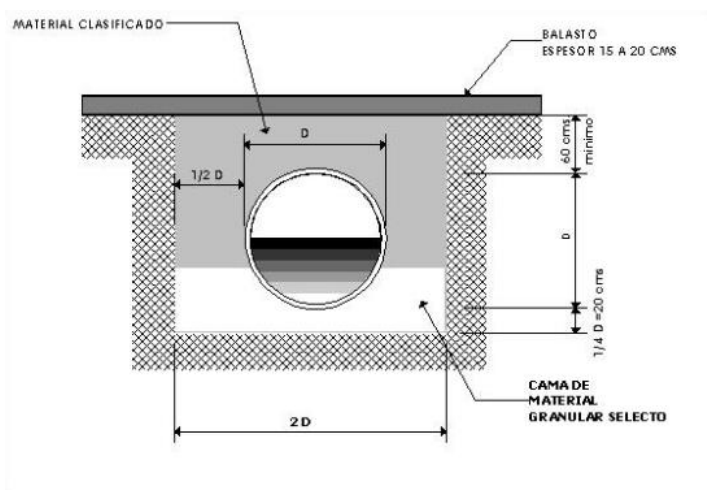
**Figura 22**

Tipo de alcantarillas

Tipo	Función	Tipo de Caudal y capacidad máxima estimada
TMC 600 mm Ó tubos de concreto	Solamente como pase de riego.	$Q_{max} = 0.40 \text{ m}^3/\text{s}$
TMC 900 mm	Pluvial, de dimensiones mínimas por mantenimiento	$Q_{max} = 0.90 \text{ m}^3/\text{s}$
TMC 1200 mm	Para quebradas menores	$Q_{max} = 1.20 \text{ m}^3/\text{s}$
TMC 1500 mm	Para quebradas medianas	$Q_{max} = 2.00 \text{ m}^3/\text{s}$
TMC 1800 mm	Para quebradas grandes	$Q_{max} = 4.00 \text{ m}^3/\text{s}$
Marcos de concreto	Quebradas	Caudal variable, poca cobertura de la carretera.

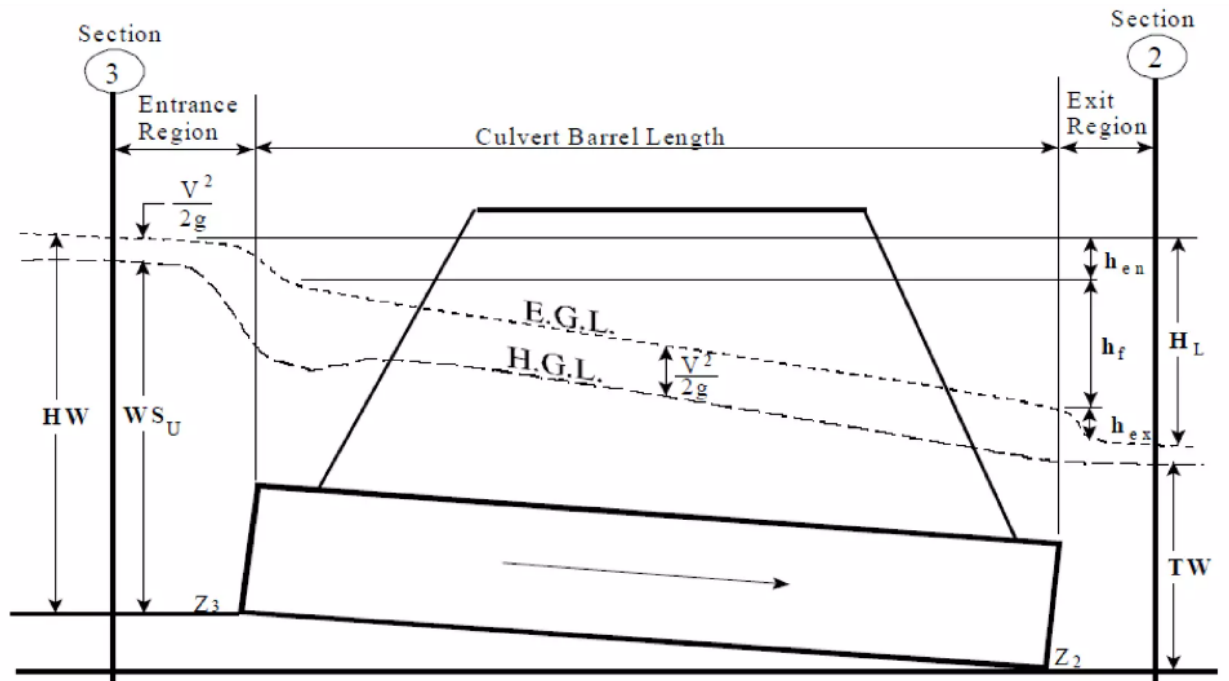
**Figura 23**

Especificaciones de medidas del diseño de una alcantarilla circular



**Figura 24**

Variables hidráulicas en las alcantarillas



### Geotecnia y muros

Teniendo en cuenta el estudio geotécnico de un municipio aleñado y por medio de resultados encontrados en la web se logra dar con el tipo de suelo que hay en el sector donde se desea trabajar, se logra obtener el peso específico y cohesión del suelo. A continuación, se mostrará los resultados obtenidos en él.

*Figura 25*

## Resultados de compresión simple, pesos unitarios húmedos y secos

UBICACIÓN: CORREGIMIENTO DE TIMBA – MUNICIPIO DE BUENOS AIRES (CAUCA)

SOLICITA: ING. JAIR FERNANDO TERAN MOSQUERA

Unidades: Compresión Simple :  $q_u$  (Tn/m<sup>2</sup>); Peso Unitario Húmedo :  $Y_h$  (Tn/m<sup>3</sup>); Peso Unitario Seco :  $Y_s$  (Tn/m<sup>3</sup>); Cohesión :  $c$  (Tn/m<sup>2</sup>)

Consistencia del Suelo (INVIAS E-152-07): MUY BLANDA :  $q_u < 2,5$  Tn/m<sup>2</sup>; BLANDA:  $2,5 < q_u < 5,0$  Tn/m<sup>2</sup>; MEDIANA:  $5,0 < q_u < 10,0$  Tn/m<sup>2</sup>; FIRME :  $10,0 < q_u < 20,0$  Tn/m<sup>2</sup>; MUY FIRME :  $20,0 < q_u < 40$  Tn/m<sup>2</sup>; DURA:  $q_u > 40$  Tn/m<sup>2</sup>

CUADRO RESUMEN DE RESULTADOS DE COMPRESIÓN SIMPLE, PESOS UNITARIOS HÚMEDOS Y SECOS																							
Prof (m)		SUELO TIPO	SONDEO 1			SUELO TIPO	SONDEO 2			SUELO TIPO	SONDEO 3			SUELO TIPO	SONDEO 4			VALOR PONDERADO					
De	a		$q_u$	$Y_h$	$Y_s$		$q_u$	$Y_h$	$Y_s$		$q_u$	$Y_h$	$Y_s$		$q_u$	$Y_h$	$Y_s$	$q_u$	$c$	$Y_h$	$Y_s$		
0.00	1.00	CH	15.9	1.70	1.25	CH	13.2	1.61	1.16														
1.00	2.00	CH	10.1	1.55	1.14					CH	15.3	1.65	1.11	CH	12.9	1.67	1.15	10.10	5.05	1.55	1.11		
2.00	3.00					CH	10.2	1.63	1.20	CH	7.8	1.65	1.18	CH	9.6	1.64	1.10	7.80	3.90	1.63	1.10		
3.00	4.00	CH	3.2	1.70	1.27	CH	4.4	1.65	1.23					CH	5.7	1.60	1.20	3.20	1.60	1.60	1.20		
4.00	5.00	CH	3.5	1.64	1.26					CH	5.5	1.62	1.26	CH	5.4	1.65	1.27	3.50	1.75	1.62	1.26		
5.00	6.00	CH	3.8	1.69	1.28	CH	4.5	1.61	1.21	CH	5.0	1.68	1.30	CH	4.9	1.63	1.27	3.80	1.90	1.61	1.21		
CONSISTENCIA DEL SUELO (INVIAS E-152)										MEDIANA										6.93	3.47	1.60	1.17
Prof. Nivel Freático (m)	N/A					N/A					N/A					N/A					Prof. De diseño del N.F.		

Debido a que se encontraban en unidades diferente a las que se necesitan para realizar el trabajo, se calculó el peso específico en kN/m<sup>3</sup> y la cohesión en kPa, para ello el valor pondera del peso que se obtuvo, se multiplico por el valor de la gravedad  $g=9.81$ m/s<sup>2</sup>, para así dar con los datos necesarios para trabajar que se presentaran a continuación:

**Figura 26**

Características del suelo

Características del suelo				
Tipo	h (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'$ (°)	$C'$ (kPa)
<b>Limoso Arcilloso</b>	15	15.68	28	34

Luego de tener el tipo de suelo característico del sector, se inicia a revisar que tipo de suelo es el indicado para realizar los rellenos necesarios, para dar así una estabilización del mismo. En la siguiente tabla se muestra con que material se realizó el diseño, teniendo en cuenta las especificaciones requeridas:

**Figura 27**

Elección del material

Material	% PN	w (%)	$\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi'_o$ (°)	$\Delta\phi'$ (°)
	105	6	19.5	46	10
Gravas y arenas bien gradadas GW, SW	100	6	19.1	43	8
	95	6	18.8	40	6
	90	6	18.4	37	4

Como se puede ver, se trabaja con material que pertenece al grupo de gravas y arenas bien gradadas, con un buen peso específico, para dar así cumplimiento a los requerimientos.

Teniendo en cuenta la anterior información se da inicio al diseño de muros en los sectores donde eran necesarios para poder realizar una buena estabilización dando así cumplimiento tanto de los factores estáticos y pseudoestáticos requeridos. Se analizan los factores de deslizamiento, volcamiento y capacidad portante. En la siguiente figura se muestran los valores mínimos de los factores, que se deben cumplir:

**Figura 28**

valores mínimos de los factores

Escenario (condición)	Construcción	Estático	Seudo-estático
Deslizamiento	1.60	1.60	1.05
Volcamiento			
$\frac{\sum M_{res}}{\sum M_{act}}$	$\geq 3.00$	$\geq 3.00$	$\geq 2.0$
$e/B$	$\leq 1/6$	$\leq 1/6$	$\leq 1/4$
Capacidad portante	--	3.0	1.5
Estabilidad global			
Permanente (> 6 meses)	1.20	1.50	1.05
Temporal (< 6 meses)	1.20	1.30	1.00
Laderas adyacentes (>2.5H)	1.20	1.50	1.05

*Ilustración 7. Tabla de los factores de seguridad para el análisis de estabilidad estática.*

teniendo en cuenta lo anterior se utilizó la metodología de Rankine, que se denota con la siguiente ecuación:

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi'}{1 + \sin \phi'} = \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\phi'}{2} \right)$$

Después de todo lo anterior se da inicio a calcular los momentos actuantes y momentos resistentes teniendo en cuenta que la fórmula para calcular, es la siguiente:

$$M = W d$$

Donde:

M= Momento

W= Peso

D=distancia



Teniendo en cuenta lo anterior se mostrará como se calculó el peso, donde es dependiente de la figura a la que se desea trabajar:

$$W = A \gamma$$

Donde:

A= área de la figura

Y= peso específico del suelo.

Con ello ya se da inicio a calcular los factores de seguridad estáticos y pseudo estáticos, para ello el primero que se calcula, es el factor de seguridad de deslizamiento:

$$FSdes = \sum FV \tan(R1\phi2) + B(R2c2) + Ep$$

Luego se calcula el factor de seguridad al volcamiento:

$$FSvolc = \frac{\sum Mr}{\sum Mact}$$

Donde:

*FSvolc: Factor de seguridad al volcamiento*

*Mr: Momento resistente*

*Mact: Momento actuante*

Seguido de ello el factor de seguridad de capacidad portante:

$$FScp = \frac{q_{ult}}{q_{max}}$$

Donde:

FScp: Factor de seguridad de capacidad portante

qult: Carga ultima

Qmax: Carga máxima

### **Gestión Predial**

La afectación de viviendas por la rehabilitación del mejoramiento en la vía terciaria, Toribio-Cauca, implica una serie de pasos y consideraciones para asegurar que el proceso sea justo y equitativo. Teniendo en cuenta lo siguiente;

Se debe de involucrar a la comunidad en el proceso de planificación y ejecución del proyecto para asegurar que sus necesidades y preocupaciones sean abordadas, posteriormente, realizar una respectiva evaluación de impactos ambientales para identificar y mitigar posibles efectos negativos en el medio ambiente, de manera que se desarrolle un plan de reasentamiento para las familias afectadas, asegurando viviendas adecuadas y compensaciones justas, y por último, estar en constante monitoreo para evaluar el progreso del proyecto y su impacto en la comunidad, ajustando las estrategias según sea necesario.

## **Resultados**

### **Diseño Geométrico**

Para realizar el de diseño geométrico a detalle se tuvo en cuenta los resultados obtenidos de las alternativas planteadas en la fase de prefactibilidad, que se realizó mediante calificaciones en diferentes parámetros en una matriz de decisión, la cual se puede observar en la tabla 16.

*Figura 29*

		Puntaje					Alternativas				
		Variable	1	2	3	4	5	I	II	III	
20%	Geométrico	Tiempo de viaje con velocidad de diseño	0-20 km/h (10-15 min)	5-25 km/h (8-12 min)	21-30 km/h (7-10 min)	25-35 km/h (6-9 min)	30-40 km/h (5-8 min)	1.75	1.75	1.05	
		Radio de curva mínimo	15-20 m	17-21 m	21-20 m	22-23 m	Mayor a 30 m	0.6	0.6	0.6	
		Tramos en pendiente longitudinal máxima (%)	Todo el tramo	Más del 80 % del tramo	Entre el 60% y 80 % del plano	Menor al 55% del tramo	Menor al 40% del tramo	0.15	0.15	0.2	
		Longitud de desarrollo (accesos)	Mayor a 4.5 km	Mayor a 4 km	Mayor a 3.5	Entre 3 y 3.5 km	Menor igual 3km	0.5	0.5	0.5	
		Volumen cortes	Mayor a 500 mil	Mayor a 450 mil	Entre 450 y 400 mil	Entre 400 y 350 mil	Igual o menor a 200 mil	0.2	0.25	0.2	
		Volumen rellenos	Mayor a 100 mil	Mayor a 95 mil	Entre 85 y 90 mil	Entre 50 y 60 mil	Igual o menor a 40 mil	0.05	0.25	0.25	
		Confort diseño	Más de 50 curvas	Entre 40 y 50 curvas	Entre 35 y 45 curvas	Menos de 30 curvas	Menos de 20 curvas	0.8	1	1	
		Porcentaje vía existente	Menos del 10%	Entre 10 % y 20%	Entre 30% y 50%	Entre 50% y 70%	Más del 80%	0.5	0.3	0.4	
		Total						0.91	0.96	0.84	
		50%						0.5	0.5	0.5	
25%	Predial	Afectación a la viviendas	Alto			Intermedio			Mínimo		
		Accesibilidad a la vía	Mínimo			Intermedio			Alto		
Total							0.75	0.625	0.5		
15%	Geotecnia	Tipos de suelo	Suelo orgánico	Suelo expansivo (Arcilla)	Arenas compactadas	Limos	Arena y Grava	1.6	1.6	1.6	
		Cantidad de obras geotécnicas	Mayor a 50	Entre 20 y 35	Entre 15 y 20	Entre 10 y 15	Menor o igual a 10	0.6	0.4	0.6	
		Altura cortes	Mayor a 20 m	Mayor a 15 m	Entre 10m. y 15 m	Entre 8m y 10 m	Menor o igual a 5 m	0.2	0.2	0.2	
		Altura rellenos	Mayor a 20 m	Mayor a 15 m	Entre 10m y 15 m	Entre 6m y 10 m	Menor o igual a 5 m	0.2	0.2	0.8	
		Total						0.39	0.36	0.48	
10%	Hidraulica	Cantidad de obras hidráulicas	5	3	Entre 2 y 3	2	Menor o igual a 2	2.5	2.5	2.5	
		Quebradas o Rios	10	Entre 8 y 10	Entre 5-8	Entre 4-7	Igual o menor a 200 mil	1.5	1.5	1.5	
		Total						0.4	0.4	0.4	
20%	Costo	Apu	2000 millones	Entre 2000 y 1900 millones	1800 millones	Entre 1800 y 1500 millones	Menor o igual a 1400 millones	4	2	3	
		Total						0.8	0.4	0.6	
10%	100%	Pavimentos	Tipo			Rápido			3	3	3
			Semirrígido			Flexible			0.3	0.3	0.3
Total							3.55	3.045	3.12		

### Matriz de decisión con resultados

*Nota.* Elaboración propia

Por medio de diferentes ítems, clasificaciones y porcentajes respectivamente asignados, se observa que los resultados de dicho análisis arrojaron que la mejor alternativa a este problema es la primera opción, puesto que cuenta con la mayor calificación al ser evaluada, teniendo en cuenta los criterios geométricos, prediales, geotécnicos, hidráulicos, costos y pavimentos. Por ello en esta fase se procede a realizar el diseño a detalle tomando en cuenta esta alternativa seleccionada.

Teniendo en cuenta los parámetros establecidos para el diseño geométrico tales como velocidad de diseño, ancho de calzada, pendientes máximas, entre otros, en el tramo de k0+000 al k2+881 para este se realiza el alineamiento vial y del mismo modo el corredor vial, contando con 26 curvas, cumpliendo con las especificaciones de diseño que se consignan en la Tabla 17.

**Tabla 3**

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	
TIPO DE TERRENO	Montañoso
VELOCIDAD DE DISEÑO	40 km/h
RELACIÓN PENDIENTE MÁXIMA Y VTV	13
ANCHO CALZADA	7.0 m
NÚMERO DE CARRILES	2
CARRILES POR SENTIDO	1
PERALTE MÁXIMO	6%
PERALTE MÍNIMO	2%
PENDIENTE LONGITUD MÁXIMA	7%
RÁDIO MÍNIMO	43 m
COEFICIENTE $K_{min}$ CURVAS VERTICALES	7%
	CÓNCAVAS 8.5
	CONVEXAS 3.8

### Especificaciones de diseño

*Nota.* Elaboración propia

Las especificaciones de las curvas del trazado se muestran en la siguiente tabla como lo son los radios de las curvas del trazado, junto con todos los elementos geométricos de la vía y respectivas abscisas de PC, PT, y PI.

### **Figura 30**

Tabla de curvas													
PI	DIRECCIÓN	DELTA	RADIO	T	L	L.C	E	M	PI	P.C.	P.T.	PI NORTE	PI ESTE
PI:26	S63° 31' 43"E	3.0820	200.000	5.380	10.758	10.757	0.072	0.072	2+775.11	2+789.73	2+780.49	817804.1234	817625.0274
PI:25	N77° 54' 49"E	80.1979	56.184	47.310	78.642	72.377	17.266	13.207	2+642.51	2+595.20	2+673.84	817822.9869	817694.8083
PI:24	S88° 03' 28"E	29.6856	172.904	45.821	89.584	88.585	5.969	5.709	2+406.00	2+420.17	2+509.76	817767.3094	817588.5395
PI:23	S45° 36' 55"E	55.1993	48.951	25.591	47.160	45.357	6.288	5.570	2+342.11	2+316.52	2+363.68	817864.9532	817625.4777
PI:22	S58° 12' 01"E	80.3696	22.000	18.581	30.800	28.391	6.797	5.193	2+304.24	2+285.68	2+316.52	817843.0068	817667.4841
PI:21	S64° 12' 55"E	68.3397	44.000	29.869	52.481	49.425	9.180	7.695	2+231.77	2+201.91	2+254.39	817703.7442	817655.8589
PI:20	S57° 39' 35"E	20.9064	145.686	28.875	53.151	52.857	2.458	2.418	2+141.10	2+114.22	2+167.37	817835.2031	817710.0550
PI:19	S31° 50' 26"E	30.7317	100.022	27.487	53.649	53.008	3.708	3.575	2+057.77	2+030.28	2+083.93	817822.2884	817767.5648
PI:18	S57° 03' 43"E	81.1744	82.154	70.383	118.392	106.899	26.026	19.765	1+945.95	1+875.58	1+991.98	817807.3760	817898.1673
PI:17	S51° 28' 49"E	92.3379	43.000	44.791	69.299	62.039	19.091	13.221	1+845.40	1+800.61	1+869.91	817930.6633	817882.0839
PI:16	S31° 24' 27"E	52.1925	43.000	21.062	39.170	37.830	4.881	4.384	1+789.34	1+748.28	1+787.45	817935.8008	817980.7527
PI:15	S81° 36' 01"E	92.9546	50.016	52.664	81.144	72.533	22.614	15.573	1+558.18	1+505.51	1+588.68	818053.6901	818125.5409
PI:14	N23° 34' 01"W	150.9789	24.562	94.900	64.722	47.568	73.466	18.407	1+470.39	1+375.49	1+440.21	818033.4539	817994.2605
PI:13	N53° 24' 01"W	91.3121	86.756	88.766	138.263	124.088	37.365	26.117	1+325.99	1+237.23	1+375.49	817923.6239	818023.1709
PI:12	N62° 10' 25"E	139.8356	30.601	83.702	74.685	57.481	58.520	20.094	1+243.60	1+159.90	1+234.58	817928.4678	817849.6525
PI:11	S63° 14' 52"E	30.6780	200.000	54.860	107.088	105.812	7.388	7.124	1+103.71	1+048.85	1+155.93	817780.0004	817945.1894
PI:10	S80° 36' 25"E	35.9593	229.136	74.361	143.808	141.459	11.764	11.190	0+978.08	0+903.72	1+047.53	818180.9104	817971.0207
PI:9	S57° 32' 01"E	29.8127	185.207	49.302	96.369	95.285	6.450	6.233	0+830.32	0+781.02	0+877.39	817919.6839	818081.3863
PI:8	S54° 54' 08"E	35.0757	130.482	41.236	79.879	78.638	6.361	6.065	0+742.37	0+701.14	0+781.02	818220.6629	818108.7018
PI:7	S66° 10' 58"E	37.6367	155.147	52.872	101.914	100.091	8.762	8.293	0+652.10	0+599.22	0+701.14	818047.3198	818183.4979
PI:6	S82° 29' 07"E	25.0316	140.510	31.191	61.386	60.899	3.420	3.339	0+569.03	0+537.84	0+599.22	818332.9038	818205.2535
PI:5	S88° 33' 15"E	37.1698	154.746	52.032	100.389	98.638	8.514	8.070	0+481.81	0+429.77	0+530.16	818111.7631	818263.7189
PI:3	S81° 16' 57"E	51.7134	145.976	70.746	131.753	127.327	16.240	14.614	0+368.77	0+298.02	0+429.77	818412.1098	818269.8468
PI:1	S29° 23' 56"E	40.8604	172.793	64.365	123.227	120.632	11.599	10.869	0+102.80	0+038.43	0+161.66	818420.3447	818510.8599
PI:2	S22° 11' 50"E	26.4571	182.639	42.934	84.336	83.589	4.978	4.846	0+204.59	0+161.66	0+246.00	818475.7544	818404.8734

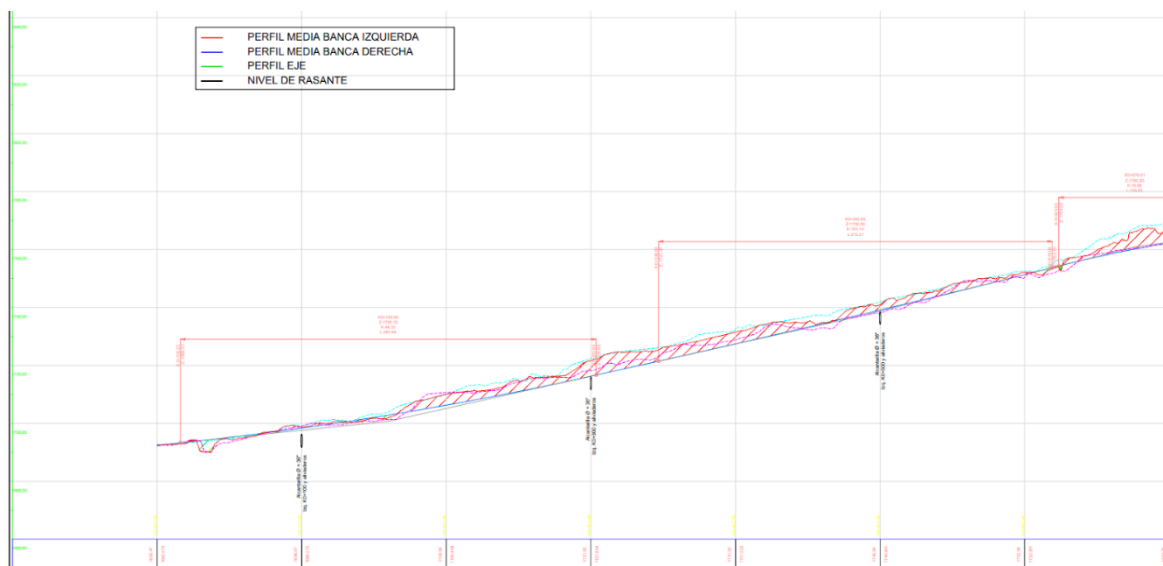
### Tabla de curvas tramo vial

*Nota.* Elaboración propia

En cuanto al diseño del perfil, se realizó un perfil del terreno en su eje central, así como en los bordes izquierdo y derecho, en este mismo se realizó el trazado del perfil longitudinal de la vía y de las curvas verticales, teniendo en cuenta la pendiente máxima del 10% y el cumplimiento de  $K_{min}$ , así como se encuentran las alcantarillas y las especificaciones de las mismas. En la figura 7 Se puede observar la composición del perfil en una parte del tramo, el tramo completo se puede observar en los planos a detalle encontrados en los anexos.

**Figura 31**

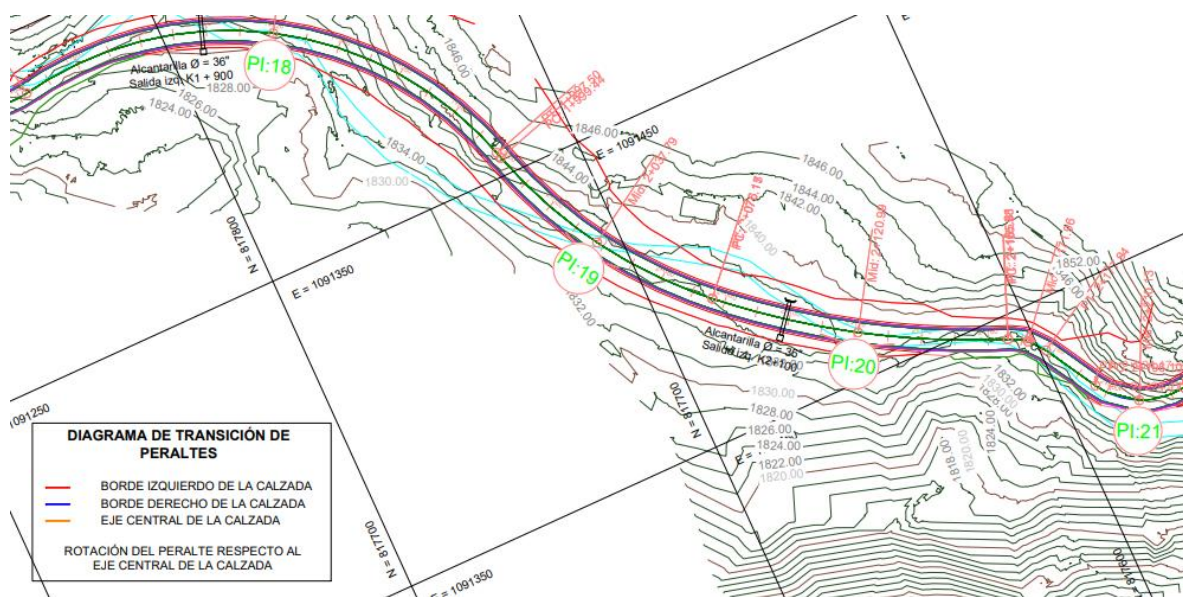
Composición perfil tramo vial

*Nota.* Elaboración propia

En el plano de diseño en detalle también se encuentra el diagrama de peraltes, en la parte superior junto al diseño geométrico se encuentra la tabla de curvas, especificaciones, sección típica de diseño de pavimentos. En la parte inferior se encuentra el perfil ejemplificado anteriormente, en la Figura 31. En los anexos también se encuentran las secciones transversales del tramo vial en el cual se observa la sección de pavimentos, los taludes, así mismo el corte y relleno que se debe realizar en el terreno para la adecuación del terreno y posterior ejecución de la vía, en las Figuras 32 y 33, se puede observar la composición de estas zonas, recordando que los planos se encuentran en los anexos a este documento.

**Figura 32**

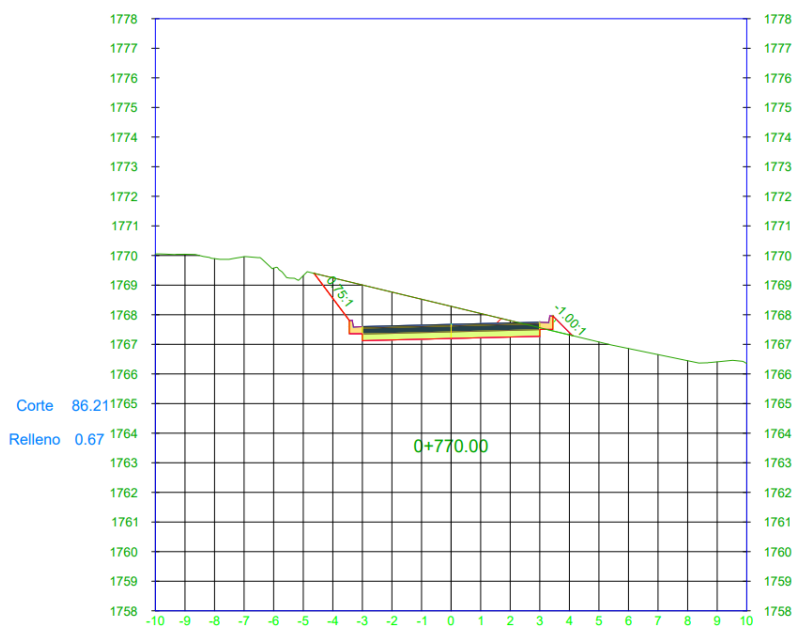
Vista en planta y especificaciones del corredor vial



Nota. Elaboración propia

Figura 33

Vista secciones transversales



Nota. Elaboración propia

## Diseño pavimentos

El pavimento flexible es una solución clave en la infraestructura vial, especialmente en vías terciarias donde se requiere durabilidad, resistencia y bajo mantenimiento. Los espesores específicos de cada capa, como subbase, base y carpeta asfáltica, son importantes para la eficacia y vida útil del pavimento. Por tanto, a continuación, se encuentran los resultados e importancia de cada capa en una vía terciaria con los espesores dados:

### Subbase (25 cm):

- Actuando como una capa de soporte para el pavimento, distribuyendo las cargas del tráfico de manera uniforme.
- Su espesor de 25 cm proporciona una base sólida que ayuda a prevenir la deformación y el hundimiento del pavimento.

### Base (25 cm):

- Proporciona una capa adicional de soporte y distribución de cargas, aumentando la resistencia estructural del pavimento.
- Con un espesor de 25 cm, la base contribuye significativamente a la capacidad de carga del pavimento, permitiendo que soporte tráfico pesado sin deteriorarse prematuramente.

### Carpeta Asfáltica (5 cm):

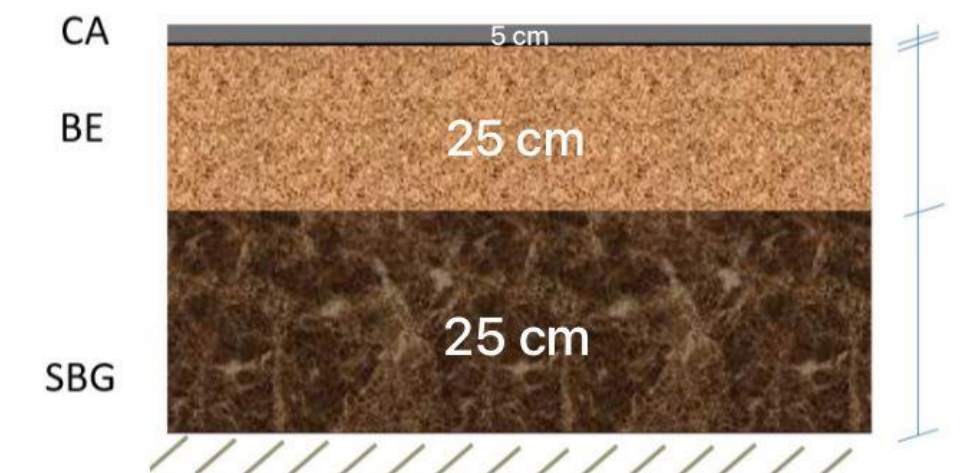
- Es la capa diseñada para resistir el desgaste causado por el tráfico y los elementos climáticos.



- Con un espesor de 5 cm, la carpeta asfáltica proporciona una superficie lisa y uniforme que mejora la comodidad y seguridad del viaje.

**Figura 34**

Diseño de pavimentos



*Nota.* Elaboración propia

### **Diseño hidráulico**

Los resultados específicos del diseño de alcantarillas son los siguientes:

**Tamaño y tipo de alcantarilla:** El tamaño y tipo de alcantarilla necesarios para transportar el caudal de diseño se determinó por la metodología de diseño.

**Ubicación y alineamiento de la alcantarilla:** Para reducir el costo de construcción y maximizar la eficiencia del sistema, la metodología de diseño determinará la ubicación y el alineamiento ideal de la alcantarilla.

**Material de la alcantarilla:** Según las condiciones del sitio, las necesidades de durabilidad y los límites financieros, la metodología de diseño determinará el material de la alcantarilla más adecuado.

Estructuras de entrada y salida: El tipo y diseño de las estructuras de entrada y salida de la alcantarilla, como pozos de registro, muros de cabeza, se determinará por la metodología de diseño.

Para determinar las medidas de las alcantarillas y su distancia, con el manual de diseño de vías.

Las cunetas es un aliviadero de ancho igual o mayor al ancho de la cuneta y profundidad mínima de 0.30m y una alcantarilla normal de diámetro 100 cm. Esta alcantarilla también puede servir para evacuar las aguas de las hondonadas en el caso de que se presente la coincidencia de la longitud máxima de la cuneta y la hondonada.

## **Geotecnia**

### ***Diseño Y estabilización de taludes***

En función del tipo de diseño y las características del terreno, se plantearon taludes con dos diferentes configuraciones: 1V:1H y 1H:0.5V. Específicamente, desde la cota 0+000 m hasta la cota 1+899.73 m y desde la cota 1+959.73 m hasta la cota 2+885.63 m, se trabajó con taludes de 1V:1H. Por otro lado, entre las cotas 1+899.73 m y 1+959.73 m se emplearon taludes de 1H:0.5V.

Para la correcta implementación de estos taludes, se tomaron en consideración estudios geotécnicos realizados en una plaza cercana. De acuerdo con estos estudios, se determinó que el suelo natural posee un peso específico de 15.68 kN/m<sup>2</sup> y una cohesión de 34 kPa, características que corresponden a un suelo arcilloso.

Esta información geotécnica fue crucial para asegurar la estabilidad y la seguridad del diseño propuesto, garantizando que las configuraciones de los taludes sean adecuadas para las condiciones del terreno y las cargas esperadas.

### ***Muros***

Con el estudio de suelos completado, se procedió a la estabilización del terreno mediante el diseño de muros de contención. Se proyectaron un total de siete muros con alturas que oscilan entre 2.5 y 5.5 metros, y longitudes comprendidas entre 10 y 50 metros. Para cada muro, se consideró que la base debería ser el 70% de la altura correspondiente.

El diseño de estos muros incluyó evaluaciones de estabilidad tanto estática como pseudoestática. Los análisis se centraron en los factores de seguridad contra el volcamiento, el deslizamiento y la capacidad portante. En todos los casos, se realizaron rellenos utilizando un suelo con un peso específico de  $19.1 \text{ kN/m}^2$  y una cohesión de 30 kPa, caracterizado como un material de grava bien gradada.

Para la construcción de los muros, se utilizó concreto de 4000 psi, con un peso específico de  $24 \text{ kN/m}^2$  y una cohesión superior a 30 kPa. A continuación, se presentarán imágenes de cada uno de los muros modelados en el programa Slide, donde se verificó que el factor de seguridad estático fuera superior a 1.5 y el factor de seguridad pseudoestática superara 1.05. Estos valores aseguran que todos los muros diseñados cumplen con los requisitos de seguridad establecidos.

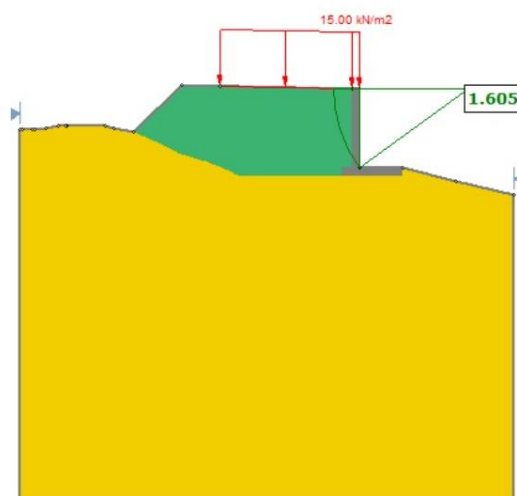
#### **Muro 1**

Cota 1+100m hasta 1+110m

Altura=3.5m

***Figura 35***

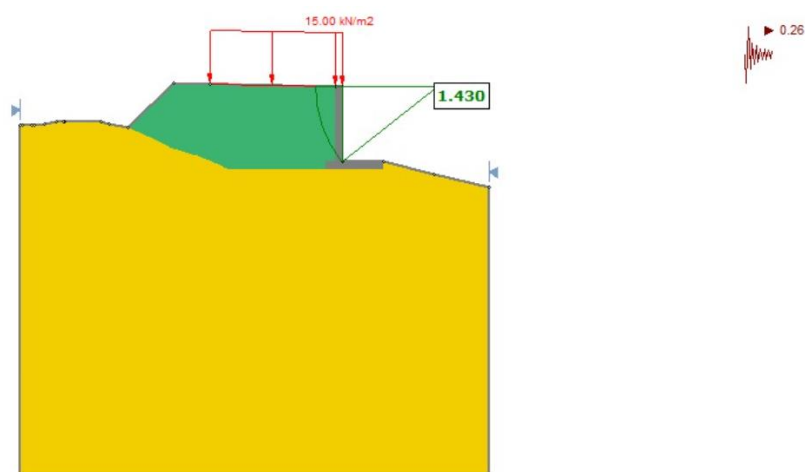
### Estabilidad estática



*Nota.* Elaboración propia

**Figura 36**

### Estabilidad seudoestática



*Nota.* Elaboración propia

Las dimensiones del muro 1 se pueden ver en la tabla 4 y su plano a detalle con la especificación de aceros se encuentra inmerso en el ANEXO D, pero para ejemplificación de la composición de este plano se muestra la figura 37.

**Tabla 4**

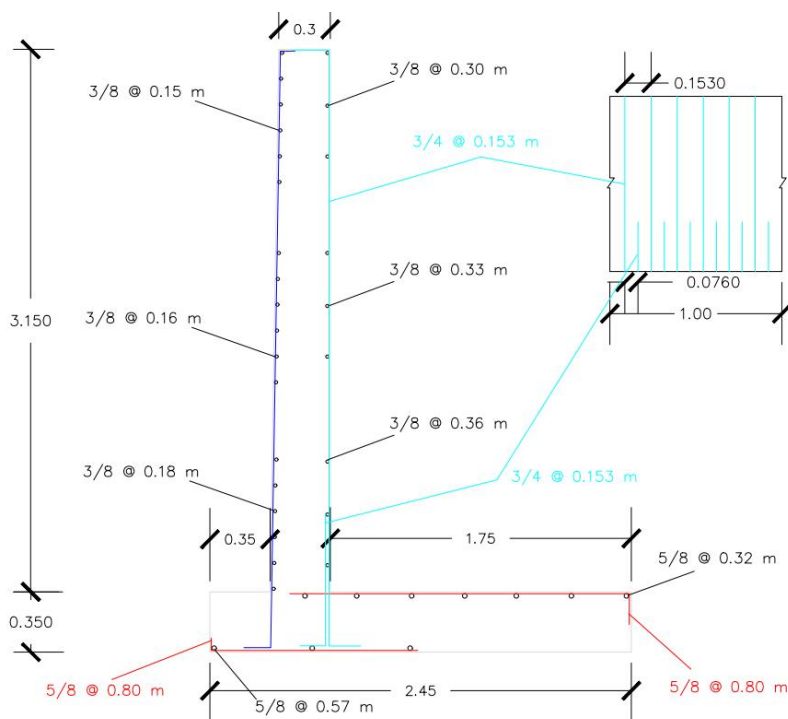
**Dimensiones principales y características Muro 1**

Características del muro	
Altura H (m)	3,5
Corona (m)	0,3
Base B (m)	2,45
Puntera (m)	0,35
Talón (m)	1,75
Longitud (m)	10,00
Concreto	4000 psi

Nota. Elaboración propia

**Figura 37**

**Plano a detalle muro 1**



Características del muro	
Altura H (m)	3,5
Corona (m)	0,3
Base B (m)	2,45
Puntera (m)	0,35
Talón (m)	1,75
Longitud (m)	10,00
Concreto	4000 psi



Nota. Elaboración propia

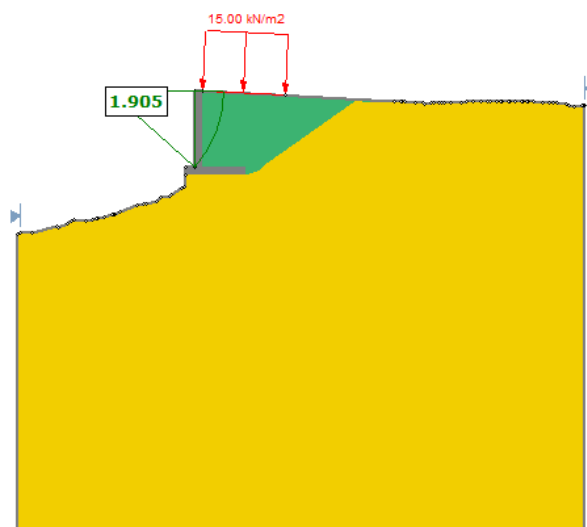
**Muro 2**

Cota 1+430m hasta 1+1440

Altura=3.0m

**Figura 38**

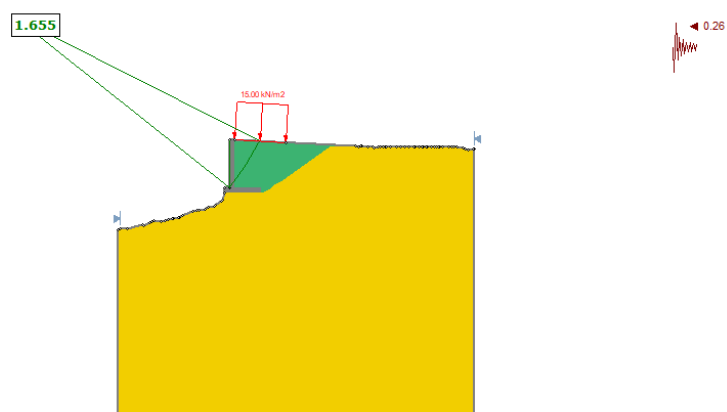
Estabilidad estática



*Nota.* Elaboración propia

**Figura 39**

Estabilidad Seudoestática



*Nota.* Elaboración propia

Las dimensiones del muro 2 con las que se logra cumplir los factores de seguridad requeridos se pueden ver en la tabla 5 y su plano a detalle con la especificación de aceros se encuentra inmerso en el ANEXO D.

**Tabla 5**

**Dimensiones principales y características Muro 2**

Características del muro	
Altura H (m)	3,0
Corona (m)	0,3
Base B (m)	2,10
Puntera (m)	0,30
Talón (m)	1,50
Longitud (m)	10,00
Concreto	4000 psi

*Nota.* Elaboración propia

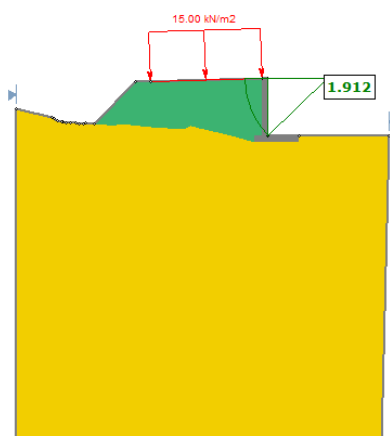
**Muro 3**

Cota 1+900 hasta 1+910

Altura=2.5m

**Figura 40**

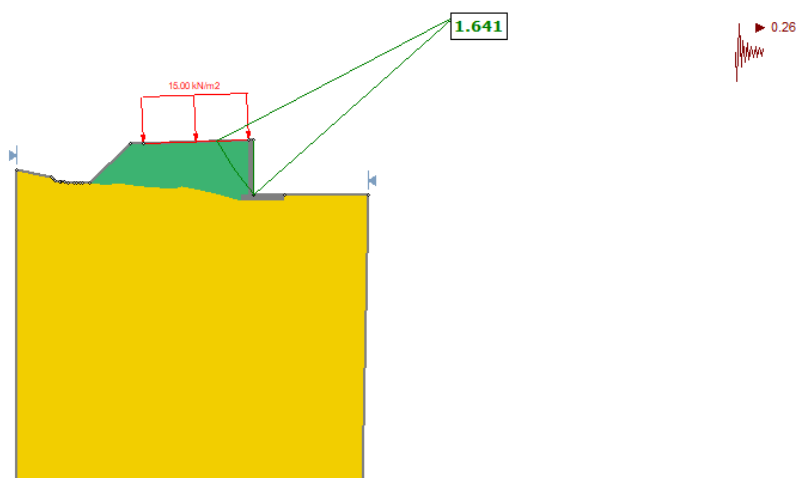
Estabilidad estática



*Nota.* Elaboración propia

**Figura 41**

## Estabilidad Seudoestática



*Nota.* Elaboración propia

Las dimensiones del muro 3 con las que se logra cumplir los factores de seguridad requeridos se pueden ver en la tabla 6 y su plano a detalle con la especificación de aceros se encuentra inmerso en el ANEXO D.

**Tabla 6**

***Dimensiones principales y características Muro 3***

Características del muro	
Altura H (m)	2,5
Corona (m)	0,3
Base B (m)	2,00
Puntera (m)	0,25
Talón (m)	1,50
Longitud (m)	10,00
Concreto	4000 psi

*Nota.* Elaboración propia

**Muro 4**

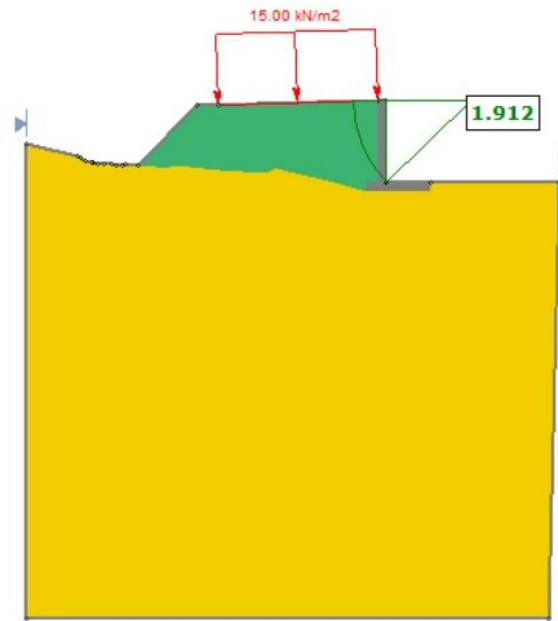
Cota 2+050 hasta 2+100

Altura=3.5m

**Figura 42**

Estabilidad estática

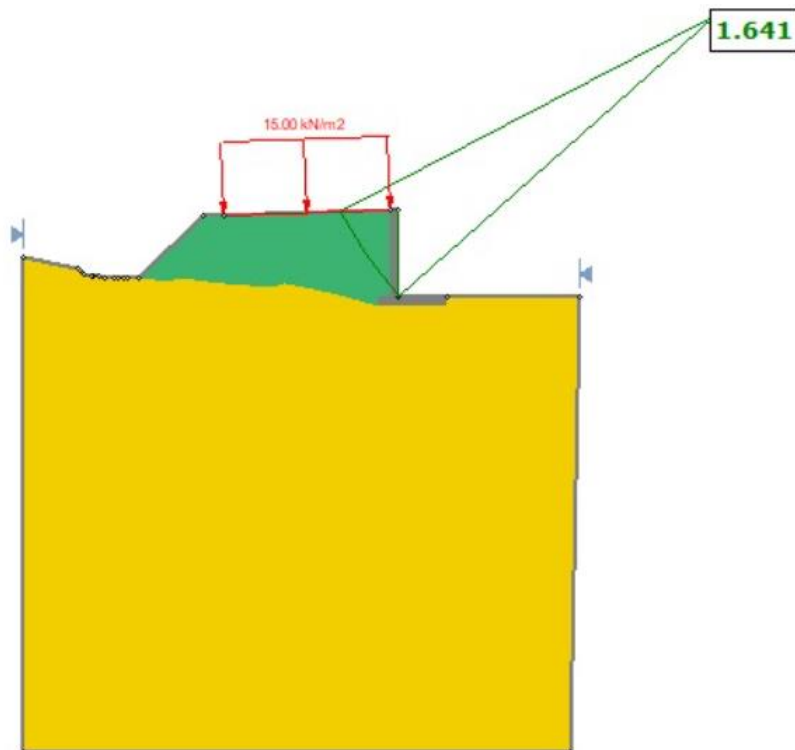




*Nota.* Elaboración propia

**Figura 43**

Estabilidad Seudoestática



*Nota.* Elaboración propia

Las dimensiones del muro 4 con las que se logra cumplir los factores de seguridad requeridos se pueden ver en la tabla 7 y su plano a detalle con la especificación de aceros se encuentra inmerso en el ANEXO D.

**Tabla 7**

***Dimensiones principales y características Muro 4***

Características del muro	
Altura H (m)	3,5
Corona (m)	0,3
Base B (m)	2,45
Puntera (m)	0,35
Talón (m)	1,75
Longitud (m)	50,00
Concreto	4000 psi

*Nota.* Elaboración propia

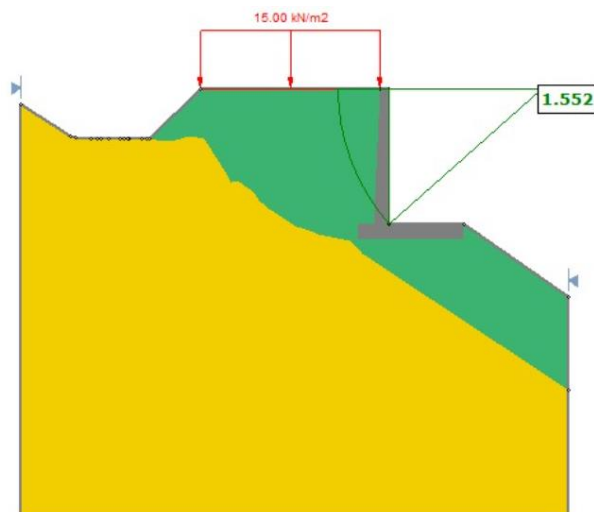
**Muro 5**

Cota 2+160m hasta 2+190m

Altura=5.5m

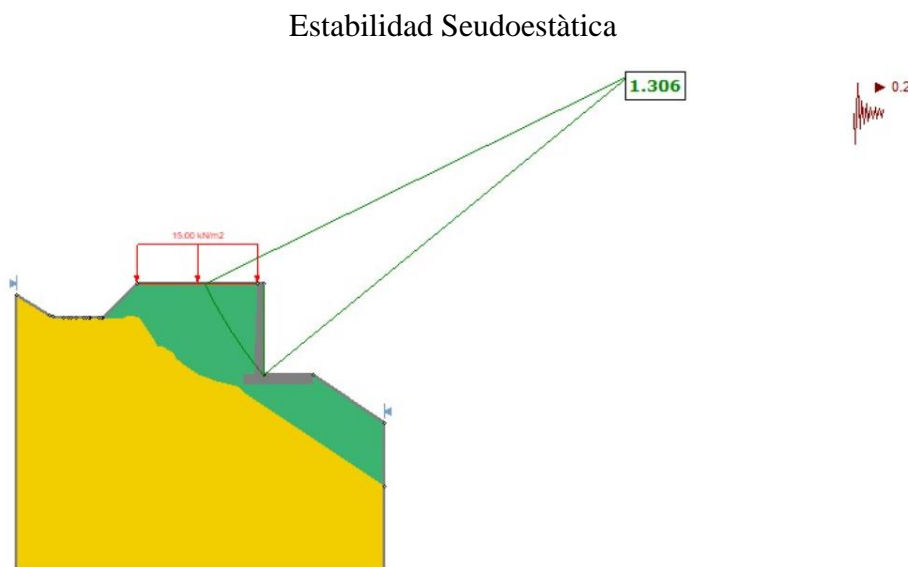
**Figura 44**

Estabilidad estática



Nota. Elaboración propia

**Figura 45**



Nota. Elaboración propia

Las dimensiones del muro 5 con las que se logra cumplir los factores de seguridad requeridos se pueden ver en la tabla 8 y su plano a detalle con la especificación de aceros se encuentra inmerso en el ANEXO D.

**Tabla 8**

**Dimensiones principales y características Muro 5**

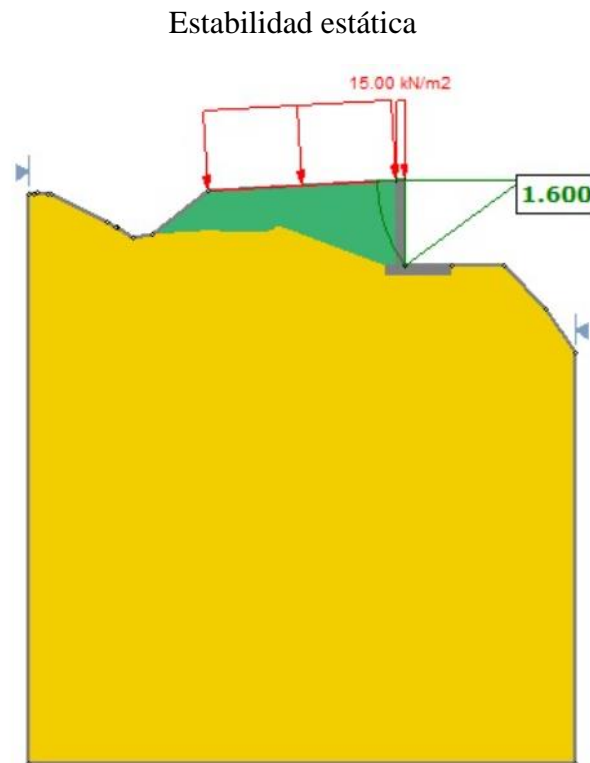
Características del muro	
Altura H (m)	5,5
Corona (m)	0,3
Base B (m)	3,85
Puntera (m)	0,55
Talón (m)	2,75
Longitud (m)	30,00
Concreto	4000 psi

Nota. Elaboración propia

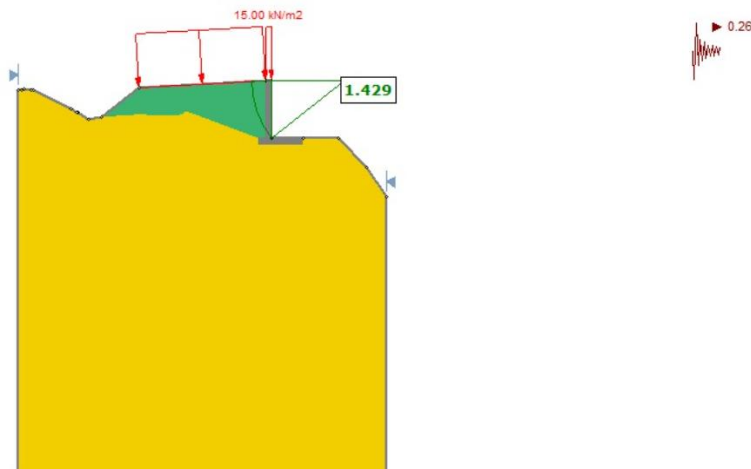
**Muro 6**

Cota 2+320m hasta 2+340m

Altura=3.5m

**Figura 46***Nota.* Elaboración propia**Figura 47**

Estabilidad Seudoestática



*Nota.* Elaboración propia

Las dimensiones del muro 6 con las que se logra cumplir los factores de seguridad requeridos se pueden ver en la tabla 9 y su plano a detalle con la especificación de aceros se encuentra inmerso en el ANEXO D.

**Tabla 9**

***Dimensiones principales y características Muro 6***

<b>Características del muro</b>	
<b>Altura H (m)</b>	3,5
<b>Corona (m)</b>	0,3
<b>Base B (m)</b>	2,45
<b>Puntera (m)</b>	0,35
<b>Talón (m)</b>	1,75
<b>Longitud (m)</b>	20,00
<b>Concreto</b>	4000 psi

*Nota.* Elaboración propia

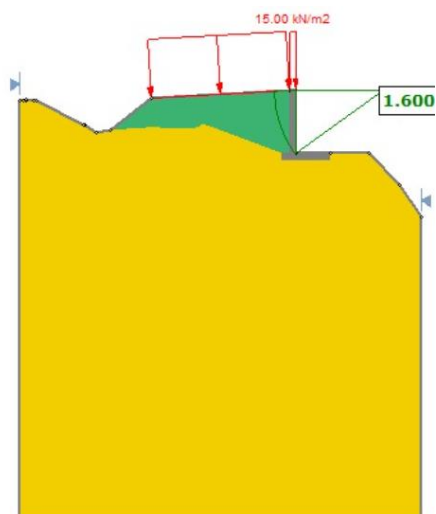
**Muro 7**

Cota 2+820m hasta 2+830m

Altura=3.5m

**Figura 48**

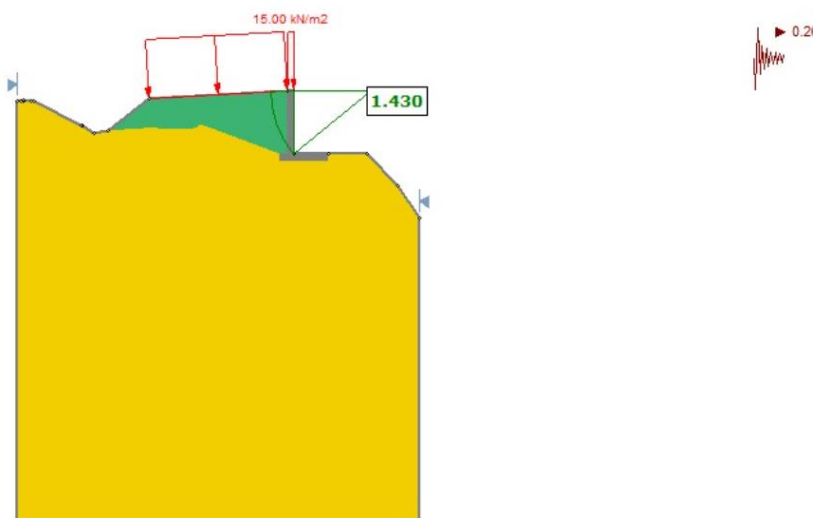
Estabilidad estática



*Nota.* Elaboración propia

**Figura 49**

Estabilidad Seudoestática



*Nota.* Elaboración propia

Las dimensiones del muro 7 con las que se logra cumplir los factores de seguridad requeridos se pueden ver en la tabla 10 y su plano a detalle con la especificación de aceros se encuentra inmerso en el ANEXO D.

**Tabla 10****Dimensiones principales y características Muro 7**

<b>Características del muro</b>	
<b>Altura H (m)</b>	3,5
<b>Corona (m)</b>	0,3
<b>Base B (m)</b>	2,45
<b>Puntera (m)</b>	0,35
<b>Talón (m)</b>	1,75
<b>Longitud (m)</b>	10,00
<b>Concreto</b>	4000 psi

*Nota.* Elaboración propia

Finalmente se presentan los datos resumidos en la tabla 11 de los muros realizados y en la tabla 12 se presentan de igual forma los datos calculados de los factores de seguridad requeridos, dando así verificación y cumplimiento de cada uno de ellos.

**Tabla 11****Dimensiones y características principales muros**

<b>Muros</b>	<b>Abscisa inicial</b>	<b>Abscisa final</b>	<b>H (m)</b>	<b>B (m)</b>	<b>L (m)</b>	<b>Df(m)</b>
1	1+100	1+110	3,5	2,45	10,00	0,5
2	1+430	1+440	3	2,10	10,00	0,5
3	1+900	1+910	2,5	2,00	10,00	0,5
4	2+050	2+100	2,45	2,45	50,00	0,5
5	2+160	2+190	5,5	3,85	30,00	0,5
6	2+320	2+340	3,5	2,45	20,00	0,5
7	2+820	2+830	3,5	2,45	10,00	0,5

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 12****Factores de seguridad muros**

Muros	Estabilidad Estática					Estabilidad Seudoestática				
	Fsdes	Fsvol	Fscap	B/6 (m)	e (m)	Fsdes	Fsvol	Fscap	B/4 (m)	e (m)
1	4,24	4,77	12,06	0,41	0,18	2,71	2,22	6,26	0,61	0,49
2	4,34	4,35	14,33	0,35	0,14	2,83	2,06	7,10	0,53	0,45
3	5,29	5,25	18,74	0,33	0,10	3,53	2,53	10,13	0,50	0,33
4	4,14	4,65	12,20	0,41	0,14	2,65	2,17	5,92	0,61	0,48
5	4,22	6,55	10,37	0,64	0,10	2,46	2,78	4,94	0,96	0,55
6	4,21	4,79	12,06	0,41	0,15	2,69	2,23	6,07	0,61	0,48
7	4,21	4,79	12,72	0,41	0,15	2,69	2,23	6,44	0,61	0,48

*Nota.* Elaboración propia


**Gestión predial**

En la siguiente figura, se muestra detalladamente las viviendas afectadas, en este caso doce, junto con la densidad respectiva en este sector de la vía Toribio-Cauca.

**Figura 49**

*Ficha predial*



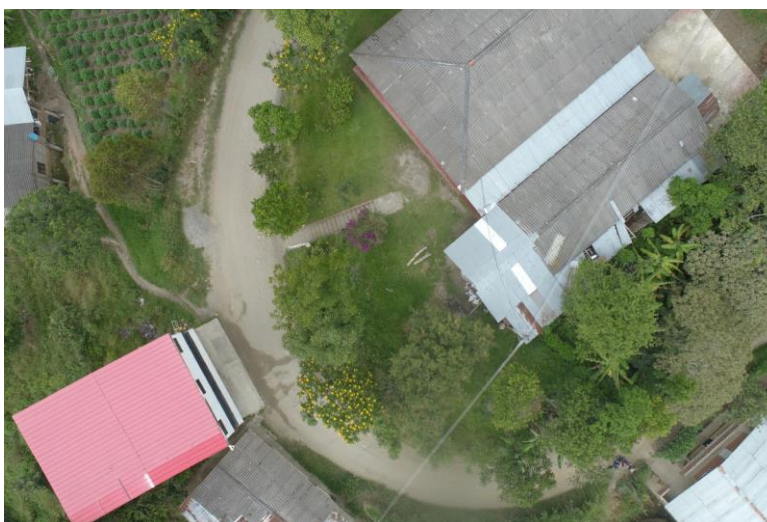
 <b>INSTITUTO NACIONAL DE VIAS</b> INVIAS <b>FICHA PREDIAL</b>	Nombre proyecto		REHABILITACION DE LA VIA TERCIARIA TORIBIO CAUCA- TRAMO 0KM -3KM		Periodo No.	1				
	ZONA	rural	FECHA INICIO	NA	TIPO PREDIO	suburbanos				
SISTEMA	NA	FECHA FIN	NA	ID FICHAS	1		DPTO:	cauca		
NOMBRE SECTOR	via toribio-Puente Quemado		IDENTIFICACION DEL PREDIO		DIRECCION	NA				
PROPIETARIO PRED	NA		VEREDA O BARRIO		NA					
CEDULA	NA		TELEFONO	NA		MUNICIPIO		toribio		
LIND:	NOR:	LONG:	ORI:	LONG:	SUR:	LONG:	OCC:	LONG:		
PROP:	comunidad del municipio toribio									
ESPECIE	CANT:	DENS:	UN:	ASPECTO JURIDICO DEL PREDIO A ADQUIRIR		NOTARIA	NA			
predios afectados	12	1041.29	m <sup>2</sup>	TIPO TENENCIA	NA		FECHA	21/09/2024	LIBRO	NA
				MATRIC. INMOB	NA		CIUDAD	Toribio	TOMO	NA
				No. ESCRITURA	NA		No. CASTR	NA	PAGINA	NA
				DESCRIPCION DE LAS CONSTRUCCIONES REQUERIDAS				OFIC. REG	NA	
se realizara la rehabilitacion de la via toribio cauca, esto probocara que varios predios se vean afectados por este proyecto							CANTIDAD	UN		

*Nota.* Elaboración propia

A continuación, se adjuntaras las fotografías donde se evidencias cuáles son las viviendas o predios que se verán afectados con el proyecto de la vía terciaria

### **Fotografía 1**

Viviendas afectadas



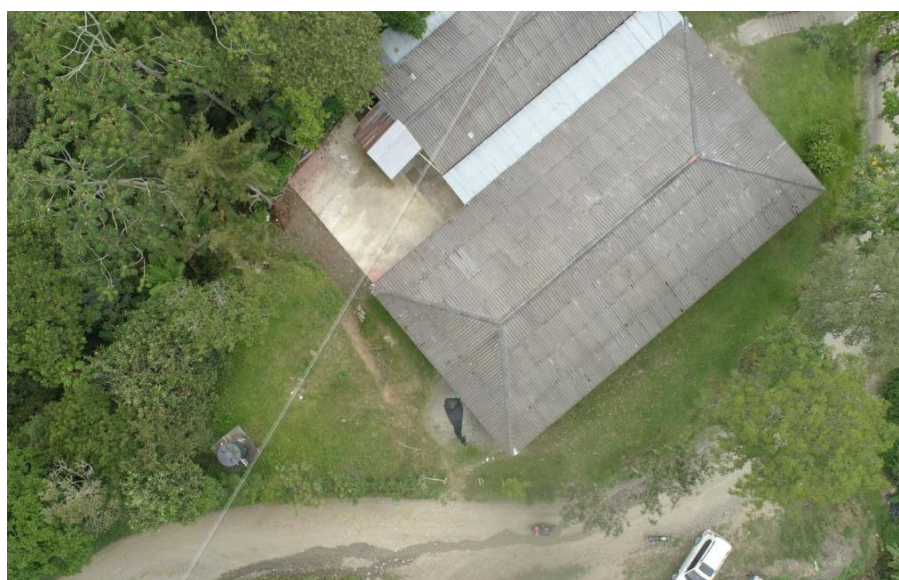
*Nota.* Elaboración propia

***Fotografía 2***

Viviendas afectadas

*Nota.* Elaboración propia***Fotografía 3***

Viviendas afectadas



*Nota.* Elaboración propia

***Fotografía 4***

Viviendas afectadas



*Nota.* Elaboración propia

***Fotografía 5***

Viviendas afectadas



*Nota.* Elaboración propia

### ***Fotografía 6***

Viviendas afectadas



*Nota.* Elaboración propia

### **Presupuesto**

En este ítem se presenta el presupuesto detallado para la rehabilitación del tramo I de la vía terciaria en el municipio de Toribio, Cauca que une el municipio con la vereda Puente Quemado. Este presupuesto es una estimación preliminar basada en las condiciones actuales y podría estar sujeto a cambios según las especificaciones técnicas definitivas y las condiciones del terreno. Se

recomienda realizar un monitoreo y ajuste continuo del presupuesto durante la ejecución del proyecto para asegurar el cumplimiento de los objetivos y la calidad esperada.

Para la elaboración del presupuesto se tuvieron en cuenta los ítems anteriormente descritos en este informe, calculando sus cantidades de obra y para cada uno su APU (análisis de precios unitarios) los cuales se pueden observar de una manera detallada en el ANEXO E, basando los precios en la base de datos de la gobernación del Cauca, teniendo en cuenta que su última actualización es del año 2023 y por ello se aplica a los valores obtenidos el incremento del IPC del 2023 al 2024. La división de categorías en el presupuesto es:

#### 1. Trabajos preliminares

- Localización y replanteo
- Desmante y limpieza de la zona

#### 2. Movimiento de Tierras

- Volumen de corte
- Acarreo de material de corte
- Volumen de relleno

#### 3. Pavimentos

- Capa de subbase granular
- Capa de base estabilizada con emulsión asfáltica
- Carpeta asfáltica

#### 4. Muros

- Muros de contención de tierras
- Acero de refuerzo  $F_y = 420$  MPa

#### 5. Drenaje

- Cunetas
- Alcantarillado

## 6. Señalización y Seguridad Vial

- Pintura Vial Blanca
- Pintura Vial Amarilla

Estos ítems fueron los calculados en el costo directo, obteniendo los resultados que se muestran en la Figura 50.

**Figura 50**

### *Costo Directo presupuesto tramo 1*

Descripción	Und	Cantidad	Precio Unitario	Costo Directo
<b>I. Trabajos Preliminares</b>				
Localización y Replanteo	ml	2885,63	\$ 834,42	\$ 2.407.825,13
Desmonte y limpieza de la zona	Ha	0,61	\$ 702.702,26	\$ 425.825,13
<b>II. Movimiento de tierras</b>				
Volumen de corte	m3	75078,33	\$ 13.890,56	\$ 1.042.880.280,86
Acarreo de material de corte	m3	65871,01	\$ 5.385,00	\$ 354.715.370,54
Volumen de relleno	m3	10708,89	\$ 25.213,32	\$ 270.006.712,18
<b>III. Pavimientos</b>				
Capa de subbase granular	m3	3956,40	\$ 111.508,77	\$ 441.173.284,62
Capa de base estabilizada con emulsion asfáltica	m3	4396,00	\$ 160.486,59	\$ 705.499.049,63
Carpeta asfáltica	m3	1099,00	\$ 341.896,27	\$ 375.744.004,12
<b>IV. Muros</b>				
Muros de contención de tierras	m3	320,975	\$ 711.654,08	\$ 228.423.167,80
Acero de refuerzo Fy= 420 MPa	kg	8383,54	\$ 7.796,85	\$ 65.365.203,85
<b>V. Drenaje</b>				
Cuneta	m3	632,55	\$ 656.704,62	\$ 415.400.476,60
Alcantarillado	und	16,00	\$ 7.334.098,07	\$ 117.345.569,11
<b>VI. Señalización y Seguridad vial</b>				
Pintura vial - Blanca	ml	6280,00	\$ 2.779,78	\$ 17.457.018,90
Pintura vial - Amarilla	ml	3140,00	\$ 2.779,78	\$ 8.728.509,45
<b>Costo directo total</b>				<b>\$ 4.045.572.298</b>

Y para el costo indirecto se muestran los cálculos en la Figura 51, en esta misma se encuentra el presupuesto total estimado del proyecto siendo \$ 5.579.980.493.

**COSTOS INDIRECTOS**

**Costo directo** \$ 4.045.572.298  
**Plazo** 13,00 meses

<b>Costo indirecto</b>	\$ 1.293.696.643
------------------------	------------------

<b>Gasto de administración de obra</b>	\$ 1.293.696.643
--	------------------

Remuneraciones Personal	Und	N° personal	Duración	Costo neto	Costo de empresa	Total	\$ 1.251.550.643
Ingeniero Director de obra	Mes	1,00	13,00	\$ 14.319.040	\$ 18.614.752	\$ 241.991.776	
Ingeniero Residente de obra	Mes	2,00	13,00	\$ 10.739.280	\$ 13.961.064	\$ 362.987.664	
Auxiliar del residente de obra	Mes	2,00	13,00	\$ 4.969.440	\$ 6.460.272	\$ 167.967.072	
Ingeniero Residente Ambiental	Mes	2,00	13,00	\$ 8.949.400	\$ 11.634.220	\$ 302.489.720	
Ingeniero Supervisor	Mes	1,00	13,00	\$ 468.558	\$ 609.126	\$ 7.918.635	
Topógrafo	Mes	1,00	13,00	\$ 1.280.235	\$ 1.664.305	\$ 21.635.970	
Maestro de Obra	Mes	2,00	13,00	\$ 1.280.235	\$ 1.664.305	\$ 43.271.940	
Brigada de aseo	Mes	1,00	13,00	\$ 4.400.112	\$ 5.720.146	\$ 74.361.893	
Vigilante 2 turnos	Mes	1,00	13,00	\$ 1.711.596	\$ 2.225.075	\$ 28.925.972	

Servicios y alquileres							\$ 26.000.000
Agua y Luz	Mes	1,00	13,00	\$	500.000	\$ 6.500.000	
Alquiler de computadoras	Mes	1,00	13,00	\$	1.500.000	\$ 19.500.000	

Útiles							\$ 13.130.000
Impresiones de planos	Mes	1,00	13,00	\$	10.000	\$ 130.000	
Útiles de oficina	Mes	1,00	13,00	\$	1.000.000	\$ 13.000.000	

Seguro							\$ 3.016.000
Póliza	Mes	1,00	13,00	\$	232.000	\$ 3.016.000	

**Resumen**

<b>Costo directo</b>	\$	4.045.572.298	
<b>Costo indirecto</b>	\$	1.293.696.643	31,98%
<b>Utilidad</b>	5%	\$ 202.278.615	
<b>Subtotal</b>	\$	<b>5.541.547.556</b>	
<b>Impuesto (19%)</b>	\$	<b>38.432.937</b>	
<b>Total presupuesto</b>	\$	<b>5.579.980.493</b>	

**ANEXOS**

Anexo A. Diseño geométrico (Civil 3D), Entrega final (PDF)

Anexo B. Diseño pavimentos

Anexo C. Diseño Cunetas

Anexo C. Diseño Alcantarillas

Anexo D. Muros (Excel)

Anexo E. Presupuesto tramo 1

Anexo F. ficha predial

