



**Revisión de los estudios y diseños de las alcantarillas contempladas en la pavimentación de la vía terciaria entre las veredas la Pavita y Playas del Bojaba en el Municipio de Saravena, Departamento de Arauca.**

Cristian Ricardo Somosa Pabón

Informe de prácticas para optar al título de Ingeniero Civil

Asesor Interno

Wilber Humberto Vélez Gómez, Doctor (PhD) en Ingeniería Estructural

Asesor Externo

Wilson Hernando Roa Gamboa, Ingeniero Electrónico

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil

Medellín, Antioquia

2024

<b>Cita</b>	(Somosa Pabón, 2024)
<b>Referencia</b>	(Somosa Pabón, 2024). <i>Revisión de los estudios y diseños de las alcantarillas contempladas en la pavimentación de la vía terciaria entre las veredas la Pavita y Playas del Bojaba en el Municipio de Saravena, Departamento de Arauca</i> . [Informe de práctica]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	



Centro de Documentación de Ingeniería (CENDOI)

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

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

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

## **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado con todo mi amor y gratitud a mi familia: Mi padre Ricardo Somosa Camperos, mi querida madre María Eugenia Pabón Rincón y mi hermana María Fernanda Somosa Pabón, quienes han sido mi inspiración y mi apoyo constante en cada paso de este camino. Agradezco profundamente sus sacrificios, su inquebrantable fe en mí y su amor incondicional, que han sido la fuerza motriz detrás de mis logros. Este triunfo es tanto mío como de ustedes. Gracias por creer en mí y por ser mi mayor fuente de motivación!

## **Agradecimientos**

En primer lugar, quiero darle gracias a Dios por ser mi guía y permitirme culminar este logro tan importante.

A mi asesor de prácticas Wilber Humberto Vélez Gómez, le agradezco su guía, paciencia y conocimientos compartidos.

A todos los docentes de esta hermosa Universidad, quienes han contribuido a mi formación académica y profesional.

A mis amigos y compañeros de estudio, gracias por su apoyo, por las horas compartidas y por los momentos vividos durante esta vida académica.

A mi familia y seres queridos, quienes siempre han estado presente para brindarme su cariño y apoyo incondicional.

## Tabla de contenido

Resumen .....	8
Abstract .....	9
Introducción .....	10
3 Objetivos .....	12
3.1 Objetivo general .....	12
3.2 Objetivos específicos.....	12
4 Marco teórico .....	13
4.1 Marco normativo .....	13
4.2 Alcantarilla .....	14
4.3 Carga-D .....	14
4.4 Carga muerta .....	15
4.5 Carga viva .....	16
4.6 Camión de diseño .....	17
5 Metodología .....	18
6 Resultados .....	19
Proyecto 1.....	19
Proyecto 2.....	28
8 Conclusiones .....	37
9 Recomendaciones.....	38
10 Referencias .....	39

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Cargas transmitidas al conducto .....	16
<b>Figura 2.</b> Camiones tipo C2 y C3.....	17
<b>Figura 3.</b> Pesos y dimensiones de vehículo de diseño C3.....	17
<b>Figura 4.</b> Plano de localización de la vía terciaria, acceso a la vereda Unión Alto Satoca – Planta de Tratamiento de Agua Potable .....	19
<b>Figura 5.</b> Formato para inspección visual de alcantarillas .....	20
<b>Figura 6.</b> Alcantarilla simple.....	21
<b>Figura 7.</b> Alcantarilla doble.....	21
<b>Figura 8.</b> Box-Couvert .....	22
<b>Figura 9.</b> Formato para inspección visual de box-couvert .....	22
<b>Figura 10.</b> Puente .....	23
<b>Figura 11.</b> Formato para inspección visual de puentes y pontones.....	24
<b>Figura 12.</b> Levantamiento topográfico en planta y perfil de los tramos K2+850 - K3+670.....	25
<b>Figura 13.</b> Diseño geométrico de la vía, primeros avances.....	26
<b>Figura 14.</b> Topografía en la sección del puente alternativa 1 .....	27
<b>Figura 15.</b> Topografía en la sección del puente alternativa 2 .....	27
<b>Figura 16.</b> Plano de localización de la vía terciaria entre las veredas La Pava y Playas del Bojaba .....	28
<b>Figura 17.</b> Resumen del estudio de suelos .....	29
<b>Figura 18.</b> Detalle en planta de alcantarilla tipo aleta-aleta.....	30
<b>Figura 19.</b> Detalle longitud de alcantarilla tipo aleta-aleta .....	30
<b>Figura 20.</b> Vista frontal muro pantalla y aletas .....	30
<b>Figura 21.</b> Sección transversal de la alcantarilla ubicada en el K0+200.....	31
<b>Figura 22.</b> Sección transversal de la alcantarilla ubicada en el K0+360.....	31
<b>Figura 23.</b> Sección transversal de la alcantarilla ubicada en el K0+650.....	32

<b>Figura 24.</b> Sección transversal de la alcantarilla ubicada en el K+860.....	32
<b>Figura 25.</b> Factor de carga para condición de terraplén.....	33
<b>Figura 26.</b> Factor de carga en condición terraplén.....	38

### **Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> Clase de tubería respecto a la Carga - D .....	15
<b>Tabla 2.</b> Valores del coeficiente de impacto. ....	16
<b>Tabla 3.</b> Coordenadas de localización de las estructuras hidráulicas existentes .....	25
<b>Tabla 4.</b> Ubicación de las alcantarillas.....	29
<b>Tabla 5.</b> Carga - D alcantarilla K0+200 .....	33
<b>Tabla 6.</b> Carga - D alcantarilla K0+346 .....	34
<b>Tabla 7.</b> Carga - D alcantarilla K0+650 .....	35
<b>Tabla 8.</b> Carga - D alcantarilla K0+860 .....	36

### **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

<b>INVIAS</b>	Instituto Nacional de Vías
<b>DPS.</b>	Departamento Administrativo de Prosperidad Social
<b>ART</b>	Agencia de Renovación del Territorio
<b>SUCS</b>	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

## Resumen

Este informe de prácticas se centra en la revisión de los estudios y diseños de las alcantarillas para el proyecto de pavimentación en placa huella entre las veredas la Pavita y Playas del Bojaba en el municipio de Saravena, Departamento de Arauca. Este proyecto, actualmente en fase de formulación por la Alcaldía Municipal, busca mejorar la infraestructura vial de la región. El objetivo principal es identificar posibles errores en los estudios y diseños iniciales, comparar los resultados obtenidos y proponer soluciones que garanticen la integridad y seguridad de la infraestructura vial. Para ello, se realizó una revisión detallada de los informes y planos estructurales de las alcantarillas, lo que permitió calcular la carga de diseño (Carga – D) y determinar la clase de tubería de concreto adecuada a emplear en cada una de las cuatro alcantarillas incluidas en el proyecto. Este análisis es importante para asegurar que las tuberías seleccionadas puedan soportar las cargas previstas y cumplir con los estándares técnicos y de seguridad necesarios para la durabilidad y eficiencia de la obra.

*Palabras clave:* Revisión, planos de diseño, Carga D, alcantarilla, tubería de concreto.



## **Abstract**

This internship report focuses on the review of the studies and designs of the culverts for the road paving project between the Pavita and Playas del Bojaba villages in the municipality of Saravena, Department of Arauca. This project, currently in the formulation phase by the municipal mayor's office, seeks to improve the region's road infrastructure. The main objective is to identify possible errors in the initial studies and designs, compare the results obtained and propose solutions that guarantee the integrity and safety of the road infrastructure. To this end, a detailed review of the reports and structural drawings of the culverts was carried out, which made it possible to calculate the design load (Load - D) and determine the appropriate type of concrete pipe to be used in each of the four culverts included in the project. This analysis is important to ensure that the selected pipes can withstand the expected loads and meet the technical and safety standards necessary for the durability and efficiency of the project.

*Keywords:* Review, design drawings, Load D, culvert, concrete pipe.

## Introducción

El presente informe de prácticas detalla el trabajo realizado durante la formulación de dos proyectos de infraestructura vial en el municipio de Saravena, departamento de Arauca. Estas prácticas académicas se llevaron a cabo en colaboración con la Alcaldía Municipal de Saravena, enfocándose en la mejora de la red de vías terciarias, las cuales desempeñan un papel fundamental en el desarrollo económico y social de las comunidades, especialmente en áreas rurales donde estas vías son la conexión principal con centros urbanos y servicios básicos (Borrero, 2018).

Desde la Alcaldía del Municipio de Saravena se pretende la financiación del proyecto, con objeto “MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO SATOCA – PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE”, a través del fondo de inversiones OCAD PAZ, el cual comprende la construcción de 5,1 km de pavimento flexible, incluyendo la planificación y construcción de obras hidráulicas como alcantarillas, box couvert, un puente y un muro de estabilización necesarios para la infraestructura de la vía terciaria entre las veredas la Pavita, Campo Alegre, Alto los Placeres, Alto San Miguel, Playas del Bojaba y Unión Alto Satoca. Para la formulación de este proyecto, inicialmente se realizaron visitas de campo para obtener un diagnóstico detallados de las obras hidráulicas existentes, siguiendo los formatos de inspección del Instituto Nacional de Vías (INVIAS). Posteriormente, se entregó la información a la empresa contratada por la Alcaldía Municipal de realizar la consultoría de los estudios y diseños necesarios para el desarrollo del proyecto. Desde la oficina de Banco de Proyectos de la Alcaldía Municipal de Saravena se realizó el seguimiento correspondiente a los avances del proyecto. Durante las reuniones virtuales realizadas con los especialistas encargados, se evidenciaron dificultades en los diseños del proyecto, los cuales ocasionaron retrasos en la entrega. Debido a las dificultades presentadas y al tiempo limitado para finalizar la práctica académica, se decidió, en conjuntos con los asesores, optar por analizar de manera similar los estudios y diseños de otro proyecto.

El segundo proyecto, denominado “MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA ENTRE LAS VEREDAS LA PAVA Y PLAYAS DEL BOJABA”, se pretende financiar a través del Departamento Administrativo de Prosperidad Social (DPS), el cual abarca la construcción de 1,1 km de placa huella y las obras hidráulicas correspondientes, entre esas cuatro alcantarillas de 36in. En este contexto, se llevaron a cabo análisis detallados de los estudios hidráulicos, geotécnicos,

topográficos y estructurales, como también la revisión a los planos de diseño estructural de las alcantarillas proporcionados por la empresa consultora.

La trascendencia de esta revisión reside en realizar una revisión que permita identificar posibles discrepancias o errores en los diseños entregados y proponer ajustes necesarios para garantizar la precisión y viabilidad del proyecto.

### **3 Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Realizar la revisión de los estudios y planos de diseño de las alcantarillas implementadas en el proyecto de pavimentación en placa huella entre las veredas La Pavita y Playas del Bojaba.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Analizar detalladamente los informes entregados, tales como: hidráulico, geotécnico, topográfico y geométrico.
- Calcular la clasificación de la clase de tubería a utilizar en cada alcantarilla y comparar los resultados con los especificados en los informes.
- Revisar los planos de las estructuras auxiliares como lo son el muro pantalla y aletas de las alcantarillas.

## 4 Marco teórico

La revisión de los planos de diseño implica un análisis detallado de la documentación técnica que describe las dimensiones, materiales y especificaciones de los elementos estructurales del proyecto. Este proceso busca garantizar la coherencia entre el diseño y las especificaciones técnicas, así como identificar y corregir posibles errores o inconsistencias que puedan surgir durante la fase de construcción (Chacón, 2020).

### 4.1 Marco normativo

- **Manual de Drenaje para Carreteras (2009):** Proporciona pautas para la planificación y el diseño de los sistemas hidráulicos asociados con la infraestructura de transporte terrestre administrada por el Instituto Nacional de Vías. Este manual abarca aspectos relacionados con la hidrología, el drenaje superficial y subterránea, así como la erosión, con el objetivo de mejorar las condiciones de circulación segura y cómoda para los usuarios, además de proteger las carreteras nacionales de los efectos adversos de las aguas superficiales y subterráneas.
- **Cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales:** Esta cartilla refleja una ayuda para el diseño, el presupuesto y construcción de cunetas, filtros, alcantarillas, box-couvert, pontones, puentes, muros de contención y pavimentos tanto rígidos como flexibles, para entidades del estado, y es responsabilidad del usuario final asegurarse que se cumplan con todas las premisas de diseño y constructivas para la implantación final de los elementos contenidos en ella.
- **Tubería de concreto reforzado (Artículo 661-13, INVIAS):** Consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tubería de concreto reforzado, con los diámetros, armaduras, alineamientos, cotas y pendientes mostrados en los planos del proyecto o acordados ordenados con el Interventor; comprende, además, el suministro de los materiales para las juntas de los tubos y la construcción de éstas, así como las conexiones a cabezales u obras existentes o nuevas, y la remoción y disposición de los materiales sobrantes.
- **Norma Técnica Colombiana (NTC 401):** Esta norma establece los requisitos que deben cumplir y los ensayos a que deben someterse los tubos de concreto reforzado utilizados en la conducción de aguas lluvias, de aguas negras y de residuos líquidos industriales, para la

---

construcción de alcantarillas, y en general, como conductos no sometidos a presión hidrostática interna.

## 4.2 Alcantarilla

Una alcantarilla es un conducto de longitud limitada que facilita el paso del agua de un lado a otro debajo de una vía. Puede tener diferentes formas geométricas, como circular o rectangular. El proceso de diseño de una alcantarilla implica encontrar el diámetro más eficiente para permitir el flujo deseado sin exceder la carga máxima, al mismo tiempo que se consideran factores como la sedimentación y la accesibilidad para el mantenimiento (INVIAS, 2009)

## 4.3 Carga-D

Es el cociente que resulta de dividir la carga total aplicada al tubo, hasta obtener un agrietamiento de 3mm o su rotura, por el producto del diámetro nominal y la longitud ensayada. La unidad de medida es N/m/mm (kgf/m/cm). Para poder determinar esta carga requerida, se utiliza la siguiente ecuación:

**Ecuación 1. Carga - D**

$$Carga - D = \frac{Wl + Wc}{Lf * \phi_i} * FS$$

Donde:

- $Wl$  es la carga viva sobre el conducto.
- $Wc$  es la carga muerta (del lleno) sobre el conducto.
- $Lf$  es el factor de carga; mide la mayor resistencia del conducto por la condición de apoyo o tipo de cimentación en zanja.
- $\phi_i$  es el diámetro interior del tubo.
- $FS$  es el factor de seguridad, se toma un valor de 1,0 para concreto reforzado y de 1,5 para concreto simple.

La resistencia de las tuberías ensayadas por el método de los tres apoyos debe cumplir con los valores de la Carga – D que se indica en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Clase de tubería respecto a la Carga - D

Clase de tubería	Carga D para producir una grieta de 0,30mm (Kg/m/cm)	Carga para producir rotura (Kg/m/cm)
Clase I	40	60
Clase II	50	75
Clase III	65	100
Clase IV	100	150
Clase V	140	175

#### 4.4 Carga muerta

Para calcular la carga muerta sobre el conducto, se utiliza la ecuación de Marston la cual depende del coeficiente de carga, del peso unitario del suelo y ancho extremo del conducto

##### **Ecuación 2.** Carga del lleno transmitida al conducto

$$Wc = Cc * \gamma * Bc^2$$

Donde

- $Wc$  es la carga del lleno transmitida al conducto (carga muerta) por unidad de longitud de tubería
- $Cc$  coeficiente de carga del conducto
- $\gamma$  peso unitario del suelo
- $Bc$  es el ancho extremo del conducto

##### **Coefficiente de carga del conducto**

##### **Ecuación 3.** Coeficiente de carga

$$Cc = \frac{e^{2KU' * H/Bc} - 1}{2KU'}$$

Donde

- $K$  es el empuje activo, relación entre la presión horizontal de Rankine y la presión vertical sobre la tubería.

##### **Ecuación 4.** Empuje activo

$$K = \frac{1 - \text{sen } \phi}{1 + \text{sen } \phi}$$

- $U'$  factor de fricción entre el lleno y las paredes de la zanja.

##### **Ecuación 5.** Factor de fricción

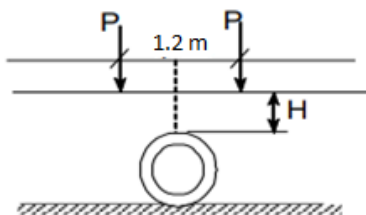
$$U' = \tan(\phi)$$

- $H$  es la altura del lleno sobre la clave superior del conducto.

#### 4.5 Carga viva

Cuando se debe emplear la carga de un camión actuando ambos ejes sobre el conducto, la expresión que se utiliza es la siguiente:

**Figura 1.** Cargas transmitidas al conducto



**Ecuación 6.** Carga viva

$$Wl = We (1 + I)$$

Donde

- $I$  es el coeficiente de impacto dependiendo de la profundidad de la clase de la tubería, tal como se especifica en el manual de diseño de alcantarillas TITAN.

**Tabla 2.** Valores del coeficiente de impacto.

Profundidad (m)	$I$
0.00 – 0.30	0.30
0.31 – 0.60	0.20
0.61 – 0.90	0.10
0.91 en adelante	0

- $We$  es la carga estática, por unidad de longitud aplicada sobre el conducto.

**Ecuación 7.** Carga estática

$$We = Pv * Bc$$

- $Pv$  es la presión vertical equivalente sobre el conducto.

**Ecuación 8.** Presión Vertical

$$Pv = \frac{3 * P}{\pi * H^2} * \left( \cos \left( \operatorname{atan} \left( \frac{0.6 - \frac{Bc}{2}}{H} \right) \right) \right)^5$$

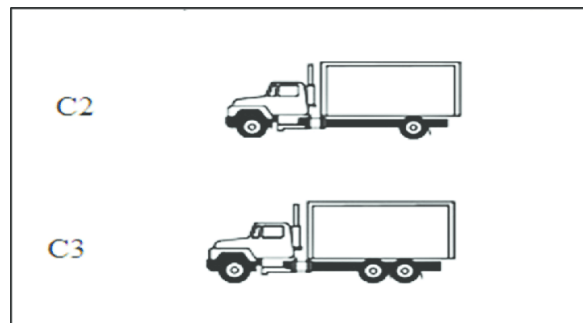
- $P$  es la carga estática concentrada de una llanta, como se evidencia en la **Figura 3**.



#### 4.6 Camión de diseño

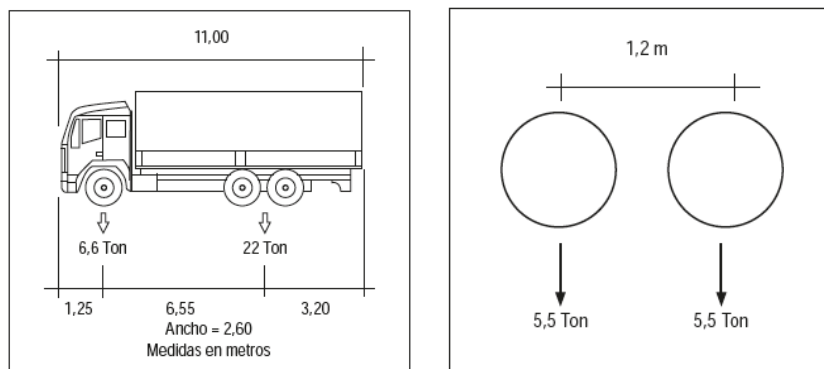
En el estudio de tránsito se contempló el diseño de pavimentos para vehículos comerciales, es decir, tipo camiones C2 y C3 como se muestra en la siguiente **Figura 2**. Dónde el camión C2 está compuesto por un ESRS de 2.5 ton y un ESRD de 6 ton, es decir un peso total de 8.5 ton. De forma similar, para el camión tipo C3, compuesto por un ESRS de 6.0 ton y un tándem de 22 ton, con un peso total de 28 ton. Dónde los ejes traseros están separados a una distancia de 1,2 metros cómo se muestra en la **Figura 3**

**Figura 2.** Camiones tipo C2 y C3



Fuente: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Tipo-y-peso-maximo-de-los-ejes-vehiculares-Source-2\\_fig1\\_310671091](https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Tipo-y-peso-maximo-de-los-ejes-vehiculares-Source-2_fig1_310671091)

**Figura 3.** Pesos y dimensiones de vehículo de diseño C3



Fuente: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-33242018000100069](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-33242018000100069)

---

## 5 Metodología

La metodología empleada en el desarrollo de la practica empresarial se dividió en dos proyectos, los cuales se describen a continuación:

Para el primer proyecto con objeto “MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA, ACCESO A LA VEREDA UNIÓN ALTO SATOCA - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SARAVERENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA”

- **Diagnóstico de la vía a intervenir:** Inicialmente se realizaron visitas de campo con el fin de obtener un diagnóstico detallado de las obras hidráulicas existentes
- **Procesado de información:** Con la información recopilada en las visitas de campo, se permitió obtener la información necesaria siguiendo el formato de inspección proporcionado por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS).
- **Seguimiento en los diseños:** Desde la oficina de Banco de Proyectos de la Alcaldía Municipal de Saravena se realizó el seguimiento a los estudios y diseños elaborados por la empresa consultora.

Para el segundo proyecto con objeto “MEJORAMIENTO DE LA VÍA TERCIARIA MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA ENTRE LAS VEREDAS LA PAVA Y PLAYAS DEL BOJABA EN EL MUNICIPIO DE SARAVERENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.”

- **Recopilación de informes:** Se comenzó recopilando la información del estudio hidráulico, geotécnico, topográfico, geométrico y realizando la revisión a los planos de diseño del proyecto de pavimentación. Esto proporcionó una interpretación detallada de los requisitos técnicos y las estructuras hidráulicas contempladas en el proyecto para garantizar que cumplan con los estándares técnicos y de seguridad establecidos.
- **Cálculo para la clase de tubería:** Basándose en los planos de diseño de las alcantarillas proporcionadas y con las notas vistas en cursos anteriores como Estructuras Hidráulicas y Obras de Saneamiento, se determinó la clase de tubería más adecuada a emplear para cada alcantarilla, con el objetivo de hacer una comparativa respecto a los informes entregados.
- **Revisión del refuerzo en muros y aletas:** Con la ayuda de una plantilla de Excel proporcionada en el curso de estructuras hidráulicas se realizó el cálculo del refuerzo para el muro pantalla y las aletas de la alcantarilla.

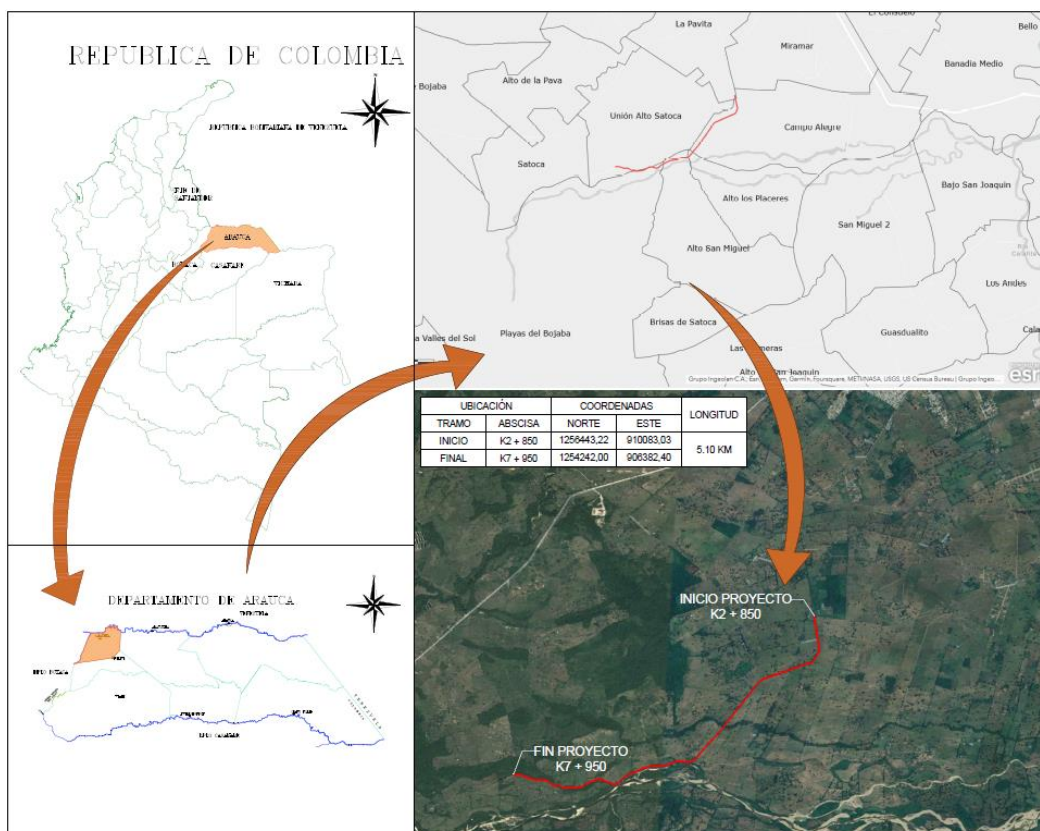
## 6 Resultados

### Proyecto 1

Durante la visita a la vía a intervenir del primer proyecto ubicado entre las veredas la Pavita, Campo Alegre, Alto los Placeres, Alto San Miguel, Playas del Bojaba y Unión Alto Satoca, como se muestra en la **figura 1**, se llevaron a cabo varias actividades clave para establecer un diagnóstico preciso de las condiciones actuales de la vía y sus estructuras asociadas. Las actividades realizadas incluyeron:

- Se inspeccionó toda la extensión de los 5.1 km de vía, identificando características y posibles problemas.
- Se evaluaron las estructuras hidráulicas existentes, incluyendo alcantarillas sencillas y dobles, box – coulvert y puentes. Durante esta inspección se realizaron mediciones detalladas de cada uno sus elementos y se registraron las coordenadas con la ayuda de un GPS

**Figura 4.** Plano de localización de la vía terciaria, acceso a la vereda Unión Alto Satoca – Planta de Tratamiento de Agua Potable



Estas actividades permitieron recopilar la información necesaria siguiendo el formato de inspección proporcionado por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), tal como se muestra a continuación.

**Figura 5. Formato para inspección visual de alcantarillas**

**FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE ALCANTARILLAS**

**EVALUACIÓN DE LAS OBRAS DEL CONTRATO No:** \_\_\_\_\_ **DE** \_\_\_\_\_

TERRITORIAL: SARAVENA  
 NOMBRE DE LA VÍA: VDA UNION ALTO SATOCA  
 CÓDIGO DE LA VÍA: \_\_\_\_\_  
 UBICACIÓN (PR): K3+316

MANTENIMIENTO INTEGRAL:   
 CONCESIÓN:   
 A.M.V:   
 SECTOR ADM. VIAL No. \_\_\_\_\_

FECHA: 15/02/2024  
 HOJA: 1 DE 8

LEVANTADO POR: \_\_\_\_\_

TIPO DE ALCANTARILLA		CARACTERÍSTICAS DEL DUCTO(S)		ELEMENTOS DE LA ALCANTARILLA	
CAJÓN:	ANCHO (m): _____	LONGITUD (m): 5.75	ANGULO DE ESVAJE (°): 0	ESTRUCTURA DE CONDUCCIÓN:	ENTRADA: <input type="checkbox"/> SALIDA: <input type="checkbox"/>
TUBERÍA:	DIAMETRO (pulg): 36	MATERIAL DE TUBERÍA:	CONCRETO: <input checked="" type="checkbox"/>	MURO CABEZAL:	<input type="checkbox"/>
SIMPLE:	No. DE DUCTOS: _____	MATERIAL DE TUBERÍA:	METÁLICA: <input type="checkbox"/>	GUARDA RUEDAS:	<input type="checkbox"/>
DOBLE:		MATERIAL DE TUBERÍA:	OTRA: <input type="checkbox"/>	ALETAS:	<input type="checkbox"/>
MÚLTIPLE:		MATERIAL DE TUBERÍA:	CUAL: <input type="checkbox"/>	MURO DE ACOMPAÑAMIENTO:	<input type="checkbox"/>
OTRA:	CUAL: _____			POCETA O LAVADERO:	<input type="checkbox"/>
				SOLADO:	<input type="checkbox"/>

ELEMENTOS	REGISTRO DE DAÑOS	CUANTIFICACIÓN		FOTOGRAFÍA No.	ESQUEMAS (VER FOTOS)
		CANT.	UN.		
<b>ESTRUCTURA DE ENTRADA:</b>					
ENCOLE:	Estado estructural satisfactorio; sin embargo, se encuentra obstruido por			2	
Longitud (m): 1.10	Sección:				
MURO CABEZAL:	No se detectan daños estructurales. Se requieren labores de limpieza vegetal				
Longitud (m): 2.50	Altura (m): 1.30				
GUARDA RUEDAS:	Buen estado estructural, pero con presencia de cobertura vegetal			3	Fotografía 1:
Longitud (m): 2.50	Espesor (m): 0.20				
ALETAS:	Buen estado general, sin daños				
Longitud (m): 2.00	Altura inicial (m): 1.30				
MURO DE ACOMPAÑAMIENTO:	estructurales evidentes. Presencia de				
Longitud (m):	Altura final (m): 0.80				
ESQUEMA:					Fotografía 2: Vista estructura de entrada (encole)
ESQUEMA:					Fotografía 3: Vista panorámica
ESQUEMA:					Fotografía 4: Vista estructura de salida (descole)
<b>DUCTOS:</b>	Buen estado; sin embargo, se encuentra obstruido por material vegetal				
ENCOLE:					
Longitud (m):	Sección:				
MURO CABEZAL:	No se detectan daños estructurales. Se requieren labores de limpieza vegetal				
Longitud (m): 2.50	Altura (m): 1.30				
GUARDA RUEDAS:	Buen estado estructural, pero con presencia de cobertura vegetal				
Longitud (m): 2.50	Espesor (m): 0.20				
ALETAS:	Buen estado general, sin daños				
Longitud (m): 2.00	Altura inicial (m): 1.30				
MURO DE ACOMPAÑAMIENTO:	estructurales evidentes. Presencia de				
Longitud (m):	Altura final (m): 0.80				
ESQUEMA:					Fotografía 4: Vista estructura de salida (descole)
<b>ESTRUCTURA DE SALIDA:</b>					
ENCOLE:	Se encuentra cubierta totalmente por vegetación.			4	
Longitud (m): 1.10	Sección:				

**OBSERVACIONES GENERALES:**  
 LA ALCANTARILLA MUESTRA UN BUEN ESTADO ESTRUCTURAL; SIN EMBARGO, SE OBSERVA UNA OBSTRUCCIÓN CONSIDERABLE DE MATERIAL VEGETAL EN LAS ENTRADAS Y SALIDAS DE LA ESTRUCTURA. SE SUGIERE EVALUAR LA CAPACIDAD HIDRAULICA DE LA ALCANTARILLA, CONSIDERANDO LA POSIBILIDAD DE AMPLIAR LA ESTRUCTURA.

En los 5.1 km de vía evaluados, se identificaron un total de 8 alcantarillas, distribuidas de la siguiente manera:

- 5 alcantarillas sencillas de 36in
- 3 alcantarillas dobles de 36in

La inspección reveló que la mayoría de las estructuras hidráulicas presentaban obstrucciones significativas debido a la acumulación de material vegetal. Esta vegetación impide el flujo libre del agua, comprometiendo el correcto funcionamiento de las alcantarillas y aumentando el riesgo de daños en la vía durante eventos de lluvia intensa.



**Figura 6.** *Alcantarilla simple*



**Figura 7.** *Alcantarilla doble*



Además de las alcantarillas, durante la inspección se identificaron dos box-couvert. Estas estructuras presentaban un buen estado general, con muy poca presencia de material vegetal. Las dimensiones registradas para ambos box-couvert fueron de 3 metros de ancho y 2 metros de alto.

**Figura 8. Box-Culvert**



**Figura 9. Formato para inspección visual de box-culvert**

EVALUACIÓN DE LAS OBRAS DEL CONTRATO No:		DE		FECHA: 15/02/2024	
TERRITORIAL:	SARAVENA	MANTENIMIENTO INTEGRAL:	<input type="checkbox"/>	CONCESIÓN:	<input type="checkbox"/>
NOMBRE DE LA VÍA:	VDA UNION ALTO SATOCA	A.M.V.:	<input type="checkbox"/>	HOJA:	2 DE 2
CÓDIGO DE LA VÍA:		SECTOR ADM. VIAL No.:		LEVANTADO POR:	HENRY LOPEZ
UBICACION (PR):	K5+702				
<b>TIPO DE ALCANTARILLA</b> CAJON: <input checked="" type="checkbox"/> ANCHO (m): 3.00 ALTURA (m): 2.00 TUBERIA: <input checked="" type="checkbox"/> DIAMETRO (pulg): _____ SIMPLE: <input checked="" type="checkbox"/> DOBLE: <input type="checkbox"/> MULTIPLE: <input type="checkbox"/> No. DE DUCTOS: _____ OTRA: <input type="checkbox"/> CUAL: _____		<b>CARACTERÍSTICAS DEL DUCTO (S)</b> LONGITUD (m): 5.00 ANGULO DE ESVAJAE (*): _____ MATERIAL DE TUBERÍA: CONCRETO: <input checked="" type="checkbox"/> METÁLICA: <input type="checkbox"/> OTRA: <input type="checkbox"/> CUAL: _____		<b>ELEMENTOS DE LA ALCANTARILLA</b> ESTRUCTURA DE CONDUCCIÓN: <input checked="" type="checkbox"/> ENTRADA: <input checked="" type="checkbox"/> (ENCOLE DESCOLE) SALIDA: <input checked="" type="checkbox"/> MURO CABEZAL: <input type="checkbox"/> GUARDA RUEDAS: <input type="checkbox"/> ALETAS: <input checked="" type="checkbox"/> MURO DE ACOMPAÑAMIENTO: <input type="checkbox"/> POCETA O LAVADERO: <input type="checkbox"/> SOLADO: <input type="checkbox"/>	

ELEMENTOS	REGISTRO DE DAÑOS	CUANTIFICACIÓN		FOTOGRAFIA	ESQUEMAS (VER FOTOS)
		CANT.	UN.	No.	
<b>ESTRUCTURA DE ENTRADA:</b>					
ENCOLE:					
Longitud (m): 1.30	Sección:			3	
MURO CABEZAL:					
Longitud (m): N/A	Altura (m): N/A				
GUARDA RUEDAS:	Espesor (m): 0.20				
Longitud (m): 3.50	Altura (m): 0.20			3	Fotografía N°1:
ALETAS:	Altura inicial (m): 2.25				
Longitud (m): 2.20	Altura final (m): 1.80			4	
MURO DE ACOMPAÑAMIENTO:					
Longitud (m): 5.00	Espesor (m): 0.25				
POCETA:	Altura (m):				
Ancho (m):	Largo (m):				
SOLADO:					
<b>DUCTOS:</b>	Buen estado				Fotografía N°2: Vista panorámica box culvert
<b>ESTRUCTURA DE SALIDA:</b>					
ENCOLE:					
Longitud (m):	Sección:				
MURO CABEZAL:					
Longitud (m):	Altura (m):				
GUARDA RUEDAS:	Espesor (m): 0.20				
Longitud (m): 3.50	Altura (m): 0.20				Fotografía N°3: Vista panorámica estructura de entrada (encole)
ALETAS:	Altura inicial (m): 2.25				
Longitud (m): 2.20	Altura final (m): 1.80				
MURO DE ACOMPAÑAMIENTO:					
Longitud (m): 5.00	Espesor (m): 0.25				
POCETA:	Altura (m):				
Ancho (m):	Largo (m):				
SOLADO:					
DESCOLE:					
Longitud (m): 1.30	Sección:			4	Fotografía N°4: Vista panorámica estructura de salida (descole)

**OBSERVACIONES GENERALES:**  
 EL CUERPO DEL BOX CULVERT Y LAS ESTRUCTURAS DE ENTRADA Y SALIDA NO PRESENTAN NINGUN DAÑO ESTRUCTURAL. NO SE OBSERVA ACUMULACION DE SEDIMENTOS U OBSTRUCCIONES QUE PUEDEN AFECTAR SU CAPACIDAD HIDRÁULICA.

Finalmente, se inspeccionó un puente tipo losa sobre vigas simplemente apoyadas. Durante esta inspección, se tomaron las medidas correspondientes, registrando una longitud total de 11.90 metros. Se identificaron varios problemas significativos en la estructura del puente:



- Problemas de ubicación: El puente actual se encuentra en una ubicación que presenta grandes dificultades con respecto al eje de la vía, generando inconvenientes en los radios de giro para vehículos grandes. Este problema es especialmente crítico para la maquinaria utilizada por la empresa de acueducto del municipio.
- Desprendimiento de las aletas de los estribos: Este daño compromete la estabilidad y el soporte lateral del puente.
- Contaminación del concreto: Se observó la presencia de material vegetal que afecta la integridad del concreto.
- Corrosión en las vigas: La corrosión reduce la capacidad estructural de las vigas, poniendo en riesgo la seguridad del puente.
- Socavación en la cimentación: La socavación en los cimientos puede desestabilizar la estructura, especialmente durante eventos de lluvias intensas o crecidas.

**Figura 10.** *Puente*



**Figura 11. Formato para inspección visual de puentes y pontones**

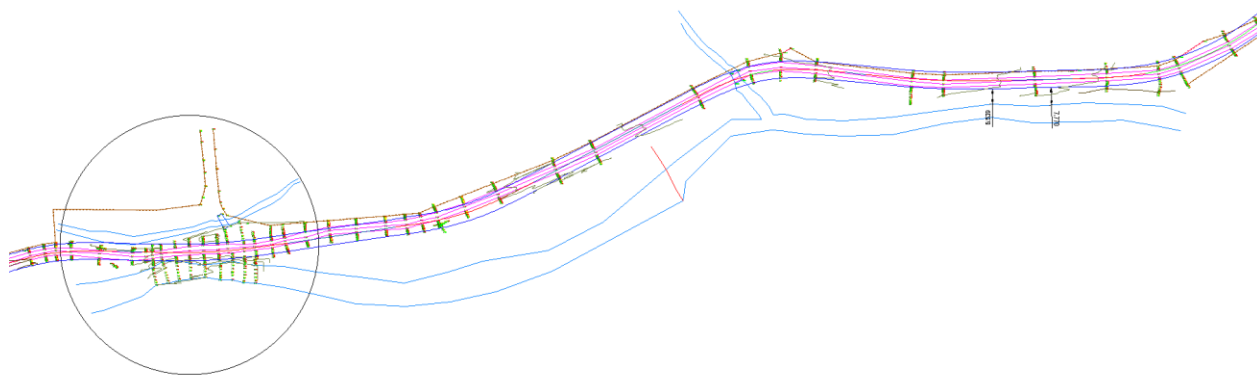
FORMATO PARA INSPECCIÓN VISUAL DE PUENTES Y PONTONES									
EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LAS OBRAS DEL CONTRATO No. _____ DE _____									
REGIONAL: _____		SARAVENA			FECHA: 15 / 02 / 2024		HOJA: 1 DE 1		
LEVANTÓ: _____		VDA UNION ALTO SATOCA			CODIGO DE LA VÍA: VÍA EN CONCESIÓN		MANTENIMIENTO INTEGRAL GRUPO ADM. VIAL: _____		
NOMBRE DE LA VÍA: _____									
ID.	PR. DEL PUENTE	K7 - 335							
	NOMBRE DEL PUENTE	NOMBRE DEL RIO							
	OBSTÁCULO QUE SALVA	RIO, QUEBRADA O VÍA		ESVIAJAMIENTO		01 - Vigas simplemente apoyadas			
	TIPO DE PUENTE (1)	LONGITUDINAL	01 - Losa sobre vigas		TRANSVERSAL				
ELEMENTO		REGISTRO DE DAÑOS				OBSERVACIONES			
SUPERFICIE Y EQUIPAMIENTOS	SUPERFICIE DEL PUENTE Y ACCESOS	La losa del puente presenta desprendimiento de material, debido al explosión prolongada a condiciones climáticas adversas, el tráfico y falta de mantenimiento adecuado.							
	Tipo (2):	02 - Concreto							
	JUNTAS DE EXPANSIÓN	Sello		Perfiles		Guardacantos		Otros	
	Tipo (3):								
	ANDENES / BORDILLOS	Deportillamiento		Acero expuesto		Dimensiones insufiente		Otros	
	Dimensiones:	0.25 m x 0.20 m		AC		AC			
	BARANDAS	Pintura		Postes		Pasamanos		Otros	
	Material (4):								
	ILUMINACIÓN	El puente no cuenta con ningún elemento de iluminación. <b>Fotografía N°2</b>							
	SEÑALIZACIÓN	Horizontal		Vertical		Reductores		Otros	
DRENAJES	Taponamiento		Ausencia		Long. Insuficiente		Otros		
SUBESTRUCTURA	ALETAS	Diseño		Construcción		Funcionamiento		Otros	
	Material (5):	03 - Concreto reforzado		VO		CTC			
	ESTRIBOS	Diseño		Construcción		Funcionamiento		Otros	
	Material (5):	03 - Concreto reforzado				CTC		SOC	
PILAS	Diseño		Construcción		Funcionamiento		Otros		
Tipo (6):	Sección (7):								
SUPERESTRUCTURA DE CONCRETO	LOSA	Diseño		Construcción		Funcionamiento		Otros	
	Tipo (8):	04 - Macizas				CTC			
	VIGAS	Diseño		Construcción		Funcionamiento		Otros	
	Tipo (9):	01 - Reforzadas				CTC		COA	
	RIOSTRAS	Diseño		Construcción		Funcionamiento		Otros	
APCAYOS	Desplazamiento		Descomposición		Deformación		Otros		
Tipo (11):	04 - Apoyo fijo				CTC				
ARCOS (CONCRETO / MAMPOSTERÍA)	Diseño		Construcción		Funcionamiento		Otros		
Material:									
SUPERESTRUCTURA METALICA	ARCOS METALICOS	Arco izquierdo		Arco derecho		Arriostamiento lateral		Otros	
	PERFILES METÁLICOS	Vigas		Largueros		Diafragmas		Otros	
	Tipo (12):								
	ARMADURA	Cordones		Montantes		Diagonales		Otros	
	Tipo (13):								
	CONEXIONES	Con Soldadura		Con conectores		Con pasadores		Otros	
CABLE / PENDOLONES / TORRES	Cables		Pendolones		Torres		Otros		
OTROS	ACCESO PEATONAL (ESCALERA / RANPA)	Peldaños / Losa		Viga gualdera		Barandas		Otros	
	Tipo:								
	OTROS ELEMENTOS								
Tipo:									
CAUSE									
PUENTE EN GENERAL	Se han identificado varios problemas significativos en la estructura, entre ellos el desprendimiento de las aletas de los estribos. Además, se ha observado contaminación del concreto debido a la presencia de material vegetal, así como corrosión en las vigas y socavación en la cimentación								





propuesta inicial tendría un impacto ambiental significativo en el corredor vial y afectaría algunas viviendas ubicadas al costado derecho de la vía. Por lo cual, se realizaron recomendaciones para ajustar el diseño con el fin de minimizar estos impactos.

**Figura 13.** *Diseño geométrico de la vía, primeros avances*

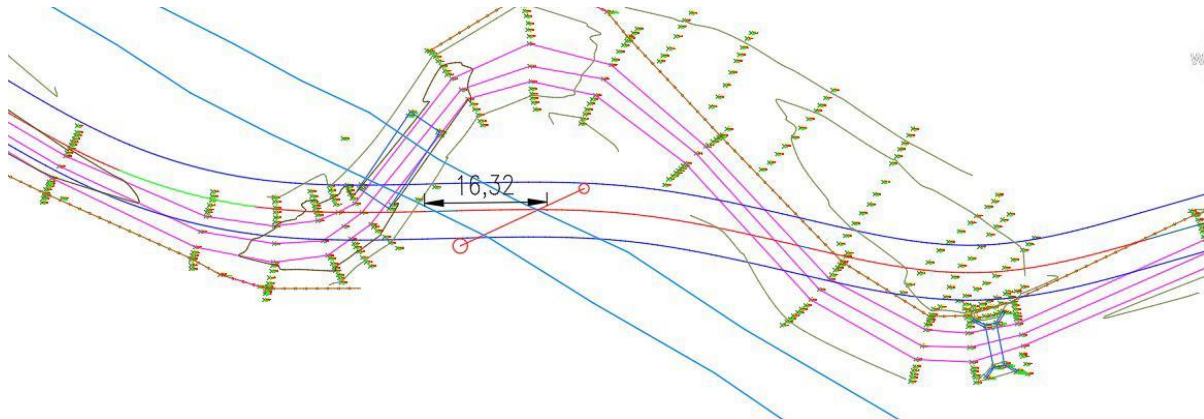


*Fuente: Empresa Consultora*

Además, un inconveniente adicional reportado fue sobre el diseño del puente, el especialista hidráulico pidió una topografía más amplia en la sección del puente debido a necesitaba información más detallada acerca del cauce del río en cuestión, por lo que esto hizo que se realizara nuevamente una topografía en la abscisa K7 + 335 donde está ubicada la estructura.

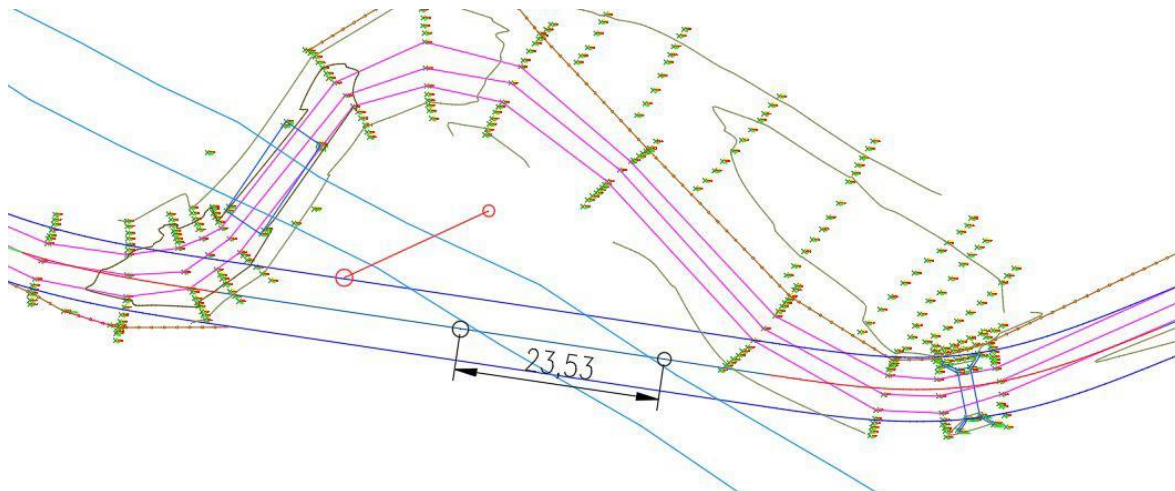
Al realizar la nueva topografía, la empresa consultora presentó dos alternativas para la construcción del nuevo puente, tomando en consideración la longitud del puente y las zonas afectadas por el nuevo eje de la vía. En la alternativa 1, como se muestra en la **Ilustración 12**, se propuso la construcción de un puente con una longitud de 16.32 metros y un cambio en el eje de la vía. De forma similar, la alternativa 2 registra una longitud del puente de 23,53 metros, tal como se evidencia en la **Ilustración 13**, representando así un diseño de puente postensado por lo que aumentaría los costos, por tal razón se decidió la alternativa 1 como la mas viable hasta el momento.

**Figura 14.** *Topografía en la sección del puente alternativa 1*



*Fuente: Empresa consultora*

**Figura 15.** *Topografía en la sección del puente alternativa 2*



*Fuente: Empresa consultora*

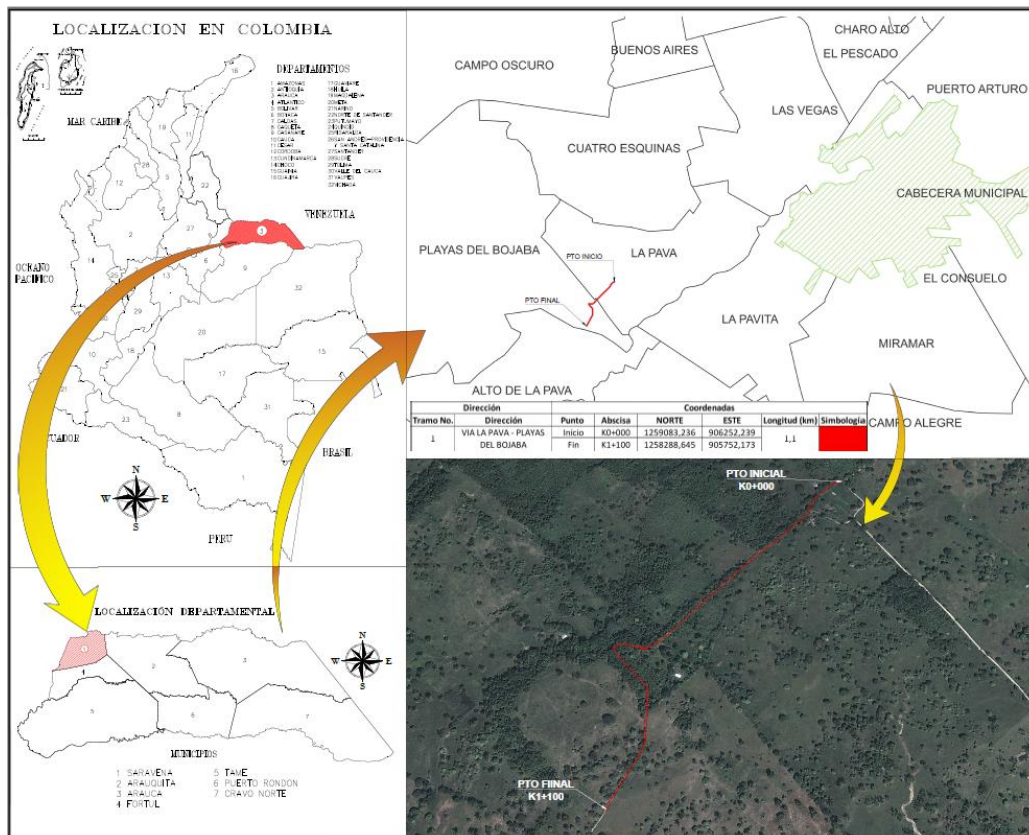
Finalmente, tras la socialización del proyecto con la comunidad y la elaboración de las actas de concordancia con la Agencia de Renovación del Territorio (ART), se presentaron subsanaciones para el proyecto. Entre las correcciones destacadas se incluyó la ubicación del proyecto, debido a que inicialmente no se había considerado las veredas correspondientes que sería beneficiarias. Esto resultó en mayores retrasos en la entrega de los estudios y diseño del proyecto.

Por lo tanto, en conjuntos con los asesores internos y externos de la práctica, se decidió optar por la revisión de otro proyecto que ya contaba con estudios previos realizados y que estaba pendiente de revisión por parte de la oficina del Banco de Proyectos de la Alcaldía del Municipio de Saravena.

## Proyecto 2

Para el segundo proyecto, “MEJORAMIENTO DE LA VÍA Terciaria MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN PLACA HUELLA ENTRE LAS VEREDAS LA PAVA Y PLAYAS DEL BOJABA EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA”, el cual consiste en la construcción de 1.1km en placa huella y se encuentra ubicado tal como se muestra a continuación.

**Figura 16.** Plano de localización de la vía terciaria entre las veredas La Pava y Playas del Bojaba



En el informe de suelos presentados por la empresa SEINCO se realizaron 6 apiques con una profundidad de 1.50 metros a una distancia cada 250 metros, iniciando en el K0+000 hasta el K1+200, dónde se encontró un suelo tipo grava limosa (GM) según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y como A-1-b (0), según el sistema de clasificación AASHTO. De igual forma se realizaron ensayos en campo y laboratorio registrando un porcentaje de CBR promedio de 7.91, una humedad del 8.20 %, un peso unitario de 1.81 t/m<sup>3</sup> y para el ensayo de Penetración Dinámica de Cono un promedio de 17.30 mm/golpe.



**Figura 17. Resumen del estudio de suelos**

**Cuadro 2-3 Resumen de exploración**

Abscisa	Apique No.	Mira No.	Litología	Hum. a la Prof.		L.L. %	I.P. %	Granulometría % pasa				Índice de grupo	Clasificación		Nivel Freático Ms	CBR			Fecha Junio de 2024 Hoja 1 de 1 Descripción
				%	Ms			No. 4	No. 10	No. 40	No. 200		AASHTO	USC		CBR %	Exp %	PDC mm/golpe	
K0+000	A-01	1		7.60	0.20 - 1.50	-	-	44.90	44.12	35.12	17.52	-	A-1-b	GM	-	7.50	0.06	17.80	COBERTURA VEGETAL
K0+250	A-02	1		7.17	0.20 - 1.50	-	-	48.43	47.25	36.05	16.56	-	A-1-b	GM	-	8.89	0.05	17.00	GRAVALIMOSA CON ARENA CON SOBRETAMAÑOS HASTA DE 4", COLOR AMARILLO.
K0+500	A-03	1		7.71	0.20 - 1.50	-	-	48.75	47.39	36.90	17.49	-	A-1-b	GM	-	8.01	0.04	18.70	GRAVALIMOSA CON ARENA CON SOBRETAMAÑOS HASTA DE 4", COLOR AMARILLO.
K0+750	A-04	1		10.15	0.20 - 1.50	-	-	42.65	41.25	32.98	16.60	-	A-1-b	GM	-	8.16	0.07	17.50	GRAVALIMOSA CON ARENA CON SOBRETAMAÑOS HASTA DE 4", COLOR AMARILLO.
K1+000	A-05	1		8.56	0.20 - 1.50	-	-	45.30	44.60	31.91	18.58	-	A-1-b	GM	-	7.86	0.05	16.50	GRAVALIMOSA CON ARENA CON SOBRETAMAÑOS HASTA DE 4", COLOR AMARILLO.
K1+200	A-06	1		8.02	0.20 - 1.50	-	-	45.07	43.58	31.83	19.40	-	A-1-b	GM	-	7.05	0.06	16.30	GRAVALIMOSA CON ARENA CON SOBRETAMAÑOS HASTA DE 4", COLOR AMARILLO.
			Minimo	7.17		-	-	42.65	41.25	31.83	16.56					7.05	0.04	16.30	
			Promedio	8.20		-	-	45.85	44.70	34.13	17.69					7.91	0.06	17.30	
			Máximo	10.15		-	-	48.75	47.39	36.90	19.40					8.89	0.07	18.70	

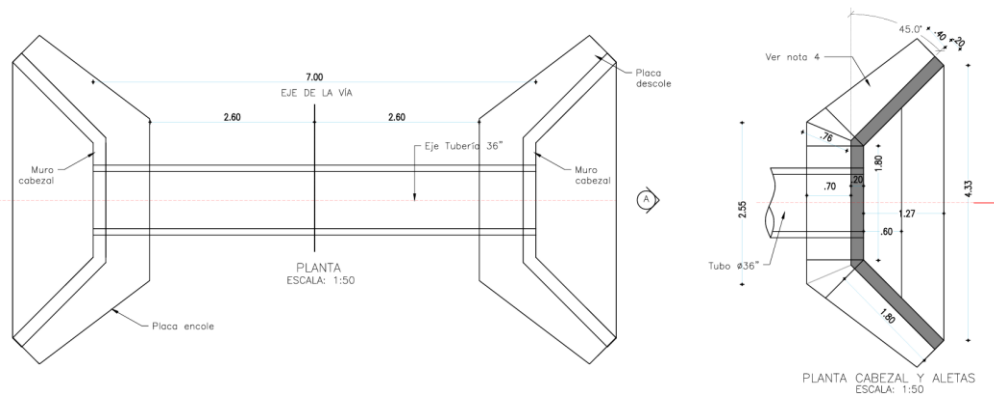
Fuente: Laboratorio de suelos SEINCO S.A.S

Para el proyecto en mención se contempló la construcción de cuatro obras de drenaje de 36 in (0.90m), conforme se presenta en la **Tabla 4**. Según las recomendaciones del manual de diseño de obras de drenaje del INVIAS y según los requerimientos de la guía de Colombia Rural, las obras de drenaje superficial transversal se deben ubicar a una distancia máxima de 150m. En el informe del diseño de obras de drenaje, especifican que en algunos casos la distancia entre obras de drenaje supera los 150 metros, con el fin de reducir altos movimientos de tierras y los costos económicos de construcción. Se escogieron las alcantarillas tipo aleta – aleta, debido a que además de recibir y evacuar la escorrentía proveniente de las cunetas y filtros, tienen la capacidad de dar continuidad a cauces con flujos intermitentes. Los planos presentados para las alcantarillas se muestran a continuación.

**Tabla 4. Ubicación de las alcantarillas**

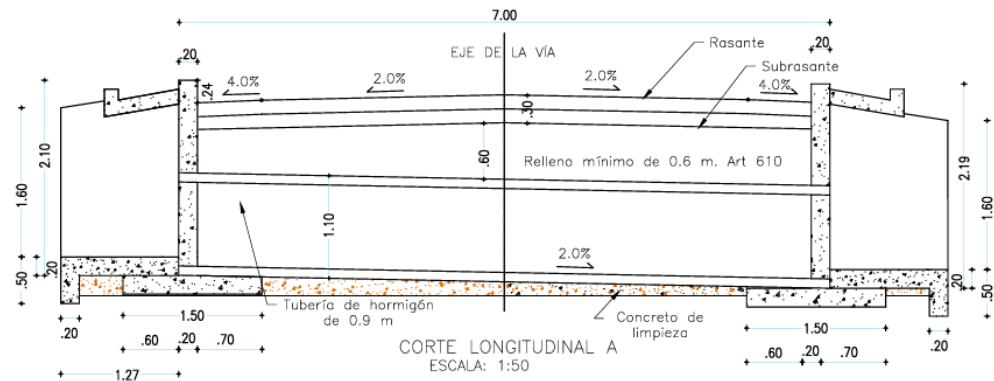
OBRA	ABSCISA	NORTE	ESTE
1	K0 + 200	1258941.85	906120.98
2	K0 + 346	1258839.70	906016.67
3	K0 + 650	1258641.21	905792.54
4	K0 + 860	1258511.54	905816.18

**Figura 18. Detalle en planta de alcantarilla tipo aleta-aleta**



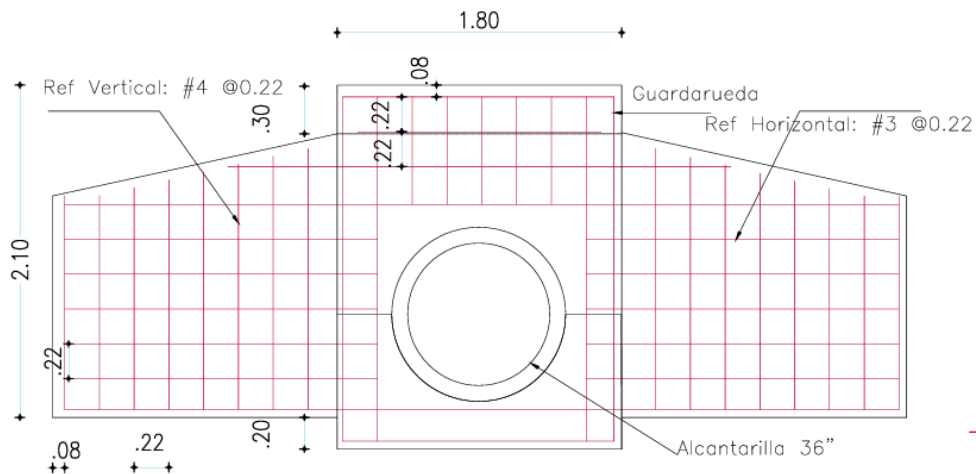
Fuente: Plano de detalle obras de drenaje

**Figura 19. Detalle longitud de alcantarilla tipo aleta-aleta**



Fuente: Plano de detalle obras de drenaje

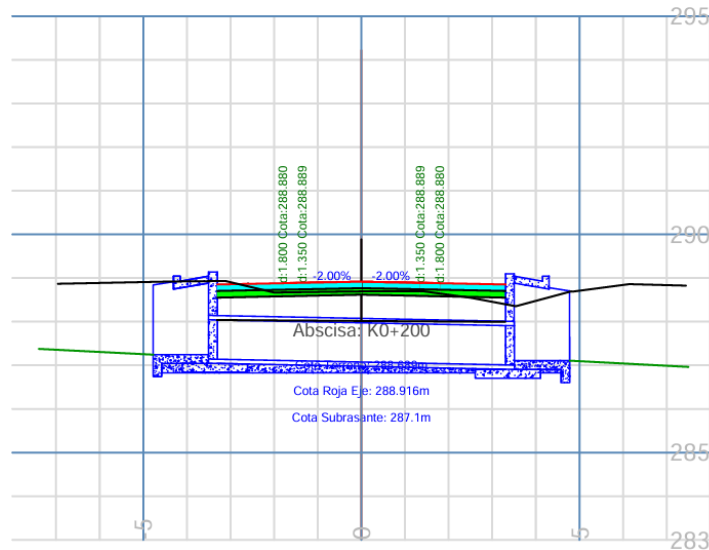
**Figura 20. Vista frontal muro pantalla y aletas**



Fuente: Plano de detalle obras de drenaje

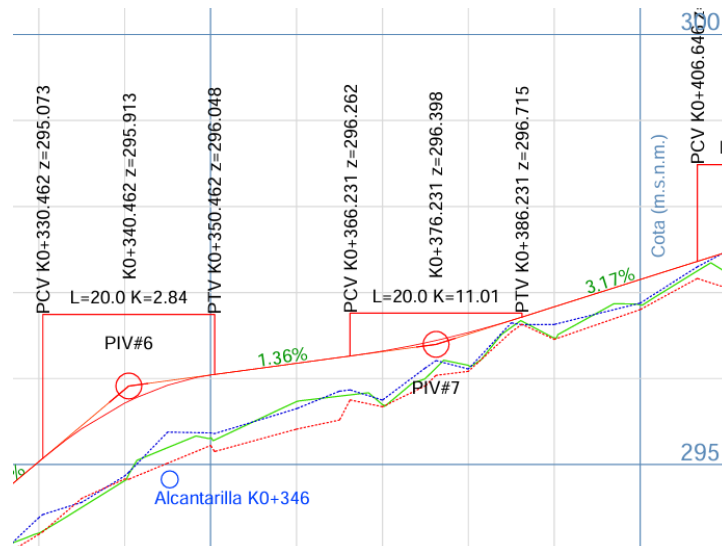
Del diseño geométrico, se obtuvieron las siguientes secciones transversales de las alcantarillas, esto con el objetivo de revisar y calcular la altura de lleno en la zona más crítica, es decir en el costado izquierdo de la vía donde se encuentra más cerca de la rasante, siendo más pronunciada la carga dinámica. Para la alcantarilla número 2 ubicada en el K0+346, debido a que los detalles de las secciones estaban cada 10 metros, por lo que para el cálculo de esta alcantarilla se utilizó la sección de la vía en perfil

**Figura 21.** Sección transversal de la alcantarilla ubicada en el K0+200



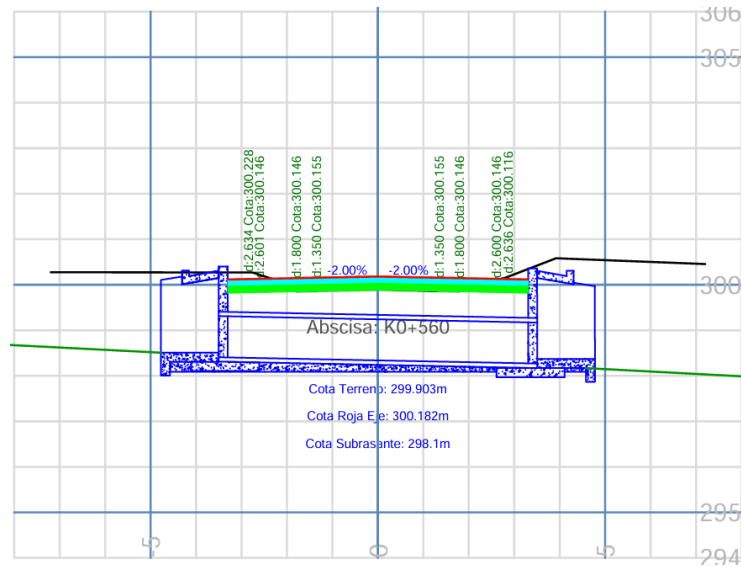
Fuente: Plano diseño geométrico – secciones transversales

**Figura 22.** Sección transversal de la alcantarilla ubicada en el K0+360



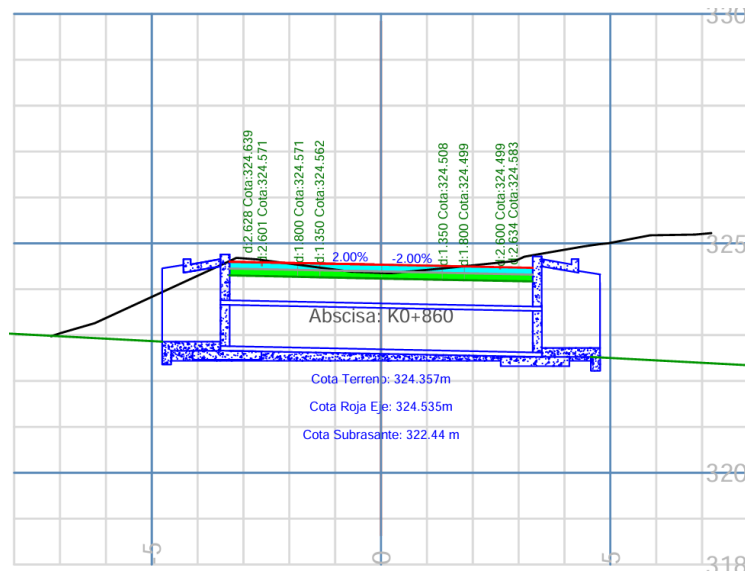
Fuente: Plano diseño geométrico planta – perfil

**Figura 23.** Sección transversal de la alcantarilla ubicada en el K0+650



Fuente: Plano diseño geométrico – secciones transversales

**Figura 24.** Sección transversal de la alcantarilla ubicada en el K+860



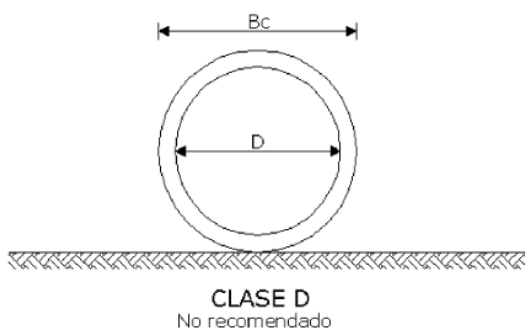
Fuente: Plano diseño geométrico – secciones transversales



Con los datos obtenidos en el informe de suelos, los perfiles transversales de cada alcantarilla, la carga de camión de diseño y con las dimensiones proporcionadas en los planos de diseño, se calculó la Carga-D para determinar la clase de tubería para cada una de las cuatro alcantarillas. En el informe de suelos no se registraron algunos datos como el ángulo de fricción interna del suelo, por lo que se escogió un valor aproximado según datos empíricos para un suelo tipo grava limosa (GM).

Para las cuatro alcantarillas se diseñó bajo la condición de terraplén, con un factor de carga (Lf) de 1.10 tal como se muestra con la **Figura 25**. Se escogió este factor de carga debido a que en los informes y planos de diseño proporcionados no había información al respecto, por lo que se diseñó con la condición más crítica. También, se usó un factor de seguridad de 1,0 debido a que la tubería será en concreto reforzado.

**Figura 25.** Factor de carga para condición de terraplén



**Fuente:** Manual de diseño de alcantarillas TITAN

### Alcantarilla K0+200

**Tabla 5.** Carga - D alcantarilla K0+200

DATOS	
$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	1,81
H (m)	0,71
Bc (m)	1,10
Bd (m)	1,80
$\Phi$ (grados)	30
P (Ton)	5,50
$\alpha$ (rad)	0,07
I	0,10

<b>CARGA MUERTA - Ecuación de Marston</b>	
K	0,33
U'	0,58
K*U'	0,19
Cc	0,73
Wc	1,60
<b>CARGA VIVA</b>	
Pv	10,35
We	11,39
Wl	12,52

$$Carga - D = \left( \frac{(1.60 + 12.52)Ton/m}{1.1 * 0,90} * 1 \right) * 10$$

$$Carga - D = 142.62 \text{ kg/m/cm}$$

Para la alcantarilla ubicada en el K0+250 con una altura de lleno de 0.71 m desde la clave de la tubería hasta la rasante en el punto más crítico, se registró una Carga-D de 142,62 kg/m/cm por lo que se requiere una tubería Clase V.

#### **Alcantarilla K0+346**

**Tabla 6.** *Carga - D alcantarilla K0+346*

<b>DATOS</b>	
$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	1,81
H (m)	1,05
Bc (m)	1,10
Bd (m)	1,80
$\Phi$ (grados)	30
P (Ton)	5,5
$\alpha$ (rad)	0,05
I	0,0

<b>CARGA MUERTA - Ecuación de Marston</b>	
K	0,33
U'	0,58
K*U'	0,19
Cc	1,15
Wc	2,52
<b>CARGA VIVA</b>	
Pv	4,76
We	5,23
Wl	5,23

$$Carga - D = \left( \frac{(2.52 + 5.23) \text{Ton/m}}{1.1 * 0.90} * 1 \right) * 10$$

$$Carga - D = 78,30 \text{ kg/m/cm}$$

Para la alcantarilla ubicada en el K0+346 con una altura de lleno de 1,05 m desde la clave de la tubería hasta la rasante en el punto más crítico, se registró una Carga-D de 78,30 kg/m/cm por lo que se requiere una tubería Clase IV.

### Alcantarilla K0+650

**Tabla 7.** Carga - D alcantarilla K0+650

DATOS	
$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	1,81
H (m)	0,72
Bc (m)	1,10
Bd (m)	1,80
$\Phi$ (grados)	30
P (Ton)	5,5
$\alpha$ (rad)	0,07
I	0,10

CARGA MUERTA - Ecuación de Marston	
K	0,33
U'	0,58
K*U'	0,19
Cc	0,74
Wc	1,62
CARGA VIVA	
Pv	10,11
We	11,12
Wl	12,23

$$Carga - D = \left( \frac{(1,62 + 12,23) \text{Ton/m}}{1.1 * 0.90} * 1 \right) * 10$$

$$Carga - D = 139,94 \text{ kg/m/cm}$$

Para la alcantarilla ubicada en el K0+650 con una altura de lleno de 0,72 m desde la clave de la tubería hasta la rasante en el punto más crítico, se registró una Carga-D de 139,94 kg/m/cm por lo que se requiere una tubería Clase V.

## Alcantarilla K0+860

**Tabla 8.** Carga - D alcantarilla K0+860

DATOS	
$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	1,81
H (m)	0,84
Bc (m)	1,10
Bd (m)	1,80
$\Phi$ (grados)	30
P (Ton)	5,5
$\alpha$ (rad)	0,06
I	0,10

CARGA MUERTA - Ecuación de Marston	
K	0,33
U'	0,58
K*U'	0,19
Cc	0,89
Wc	1,95
CARGA VIVA	
Pv	7,33
We	8,06
Wl	8,87

$$Carga - D = \left( \frac{(1,95 + 8,87)Ton/m}{1,1 * 0,90} * 1 \right) * 10$$

$$Carga - D = 109,27 \text{ kg/m/cm}$$

Para la alcantarilla ubicada en el K0+860 con una altura de lleno de 0,84 m desde la clave de la tubería hasta la rasante en el punto más crítico, se registró una Carga-D de 109,27 kg/m/cm por lo que se requiere una tubería Clase V.

## **8 Conclusiones**

Se realizó la revisión a los estudios y diseños de las alcantarillas enviadas para el proyecto de pavimentación en placa huella. Durante esta revisión, se identificaron distintas inconsistencias y omisiones importantes en la documentación técnica.

En el análisis detallado de los informes entregados, se identificó una falta de datos importantes en el estudio de obras de drenaje, especialmente en lo referente a la clase de tubería a emplear para el diseño de las alcantarillas, por lo que no se pudo realizar la comparativa con los resultados obtenidos.

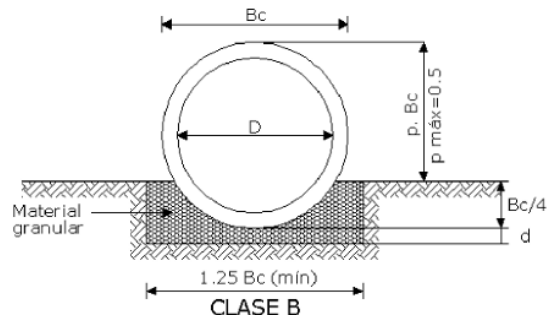
El cálculo de la clasificación de la clase de tubería para cada alcantarilla mostró que las alcantarillas 1, 3, y 4 requieren una tubería de concreto reforzado Clase V, mientras que la alcantarilla 2 favorablemente al tener mayor altura de lleno requiere una tubería Clase IV.

En la revisión de los planos de las estructuras auxiliares, como el muro pantalla y las aletas de las alcantarillas, se identificaron varias inconsistencias. En particular, se observó que, con la geometría empleada, las barras #4 para el refuerzo vertical tiene una separación de 12cm, en contraste con los 22cm especificados en los planos de detalle. Además, se identificaron inconsistencias respecto a las dimensiones de la base del muro pantalla en los cortes longitudinales.

## 9 Recomendaciones

Para asegurar la estabilidad y durabilidad de la infraestructura, se recomienda mejorar las condiciones del terreno para la instalación de la tubería. Específicamente, se sugiere aumentar el factor de carga a  $L_f = 2.0$ , utilizando material granular en la base de la tubería, tal como se muestra en la **Figura 26**. Esto garantizará una mejor distribución de las cargas, fortalecerá la integridad estructural de las alcantarillas y permitirá utilizar una clase de tubería inferior, reduciendo así considerablemente los costos.

**Figura 26.** Factor de carga en condición terraplén



**Fuente:** Manual de diseño de alcantarillas TITAN

Por otro lado, los informes y planos de diseño presentados no incluyen información sobre la clase de tubería a utilizar en cada una de las alcantarillas. Por ello, se solicitó a la empresa consultora que revisara y especificara la clase de tubería en los diseños, en cumplimiento con el artículo 661-13 del INVIAS, que establece que “La clase de tubería y su diámetro interno, se deberán indicar en los planos del proyecto”

## 10 Referencias

- Borrero, R. (2018). *Infraestructura vial y el bienestar social: un análisis de las comunidades rurales del Departamento del Atlántico*.
- Chacón, S. (2020). *Control y revisión de planos, cantidades de obra y seguimiento a la programación del proyecto de regulación del embalse de Bucaramanga*.
- INVIAS. (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*.
- INVIAS. *Cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales*
- INVIAS. (2014). *NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO DE PUENTES - CCP 14*.
- Orobio, A., Orobio, J. C., & Mosquera, J. M. (2018). Recomendaciones de diseño y construcción de pavimentos en placa-huella de concreto reforzado. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 17(32), 69–83. <https://doi.org/10.22395/rium.v17n32a4>
- Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10). (s.f.). *Titulo C*. Colombia.
- TITAN Cemento. (n.d.). *Diseño de Alcantarillas*.