

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
Dependencia	Aprobado	Pág.		
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>	<b>i(132)</b>		

## RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	SEBASTIÁN HERRERA PLATA		
<b>FACULTAD</b>	INGENIERÍAS		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	INGENIERÍA CIVIL		
<b>DIRECTOR</b>	ANDREA LORENA VERGEL ROMERO		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	APOYO TÉCNICO A LA EMPRESA ENCARGADA DE LA ADMINISTRACIÓN VIAL DEL SECTOR OCAÑA – ALTO EL POZO (RUTA 70 TRAMO 08 ENTRE LOS PR 00+000 AL PR 69+000) PERTENECIENTE A LA TERRITORIAL DE INVIAS OCAÑA		
<b>RESUMEN</b>			
(70 palabras aproximadamente)			
<p>EL PRESENTE PROYECTO SE REALIZÓ SIGUIENDO LOS LINEAMIENTOS DE LA MODALIDAD PASANTÍA EN LA EMPRESA CONSORCIO ADMIOCAÑA, FUNDAMENTALMENTE EN LA ADMINISTRACIÓN VIAL DE LA RUTA OCAÑA- ALTO EL POZO, PONIENDO EN PRÁCTICA LOS CONOCIMIENTOS ADQUIRIDOS PARA EL DESARROLLO DE LAS LABORES COMO INSPECCIÓN DEL ESTADO DE LA VÍA, DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS, INVENTARIO DE CADA UNA DE ELLAS Y LA PROPUESTA DE UN DISIPADOR DE ENERGÍA EN TRES PUNTOS ESTRATÉGICOS.</p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 118	PLANOS: 12	ILUSTRACIONES: 56	CD-ROM: 1



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
 Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
 info@ufpso.edu.co - www.ufpso.edu.co

**APOYO TÉCNICO A LA EMPRESA ENCARGADA DE LA ADMINISTRACIÓN VIAL  
DEL SECTOR OCAÑA – ALTO EL POZO (RUTA 70 TRAMO 08 ENTRE LOS PR  
00+000 AL PR 69+000) PERTENECIENTE A LA TERRITORIAL DE INVIAS OCAÑA.**

**AUTOR**

**SEBASTIÁN HERRERA PLATA**

**Directora**

**ANDREA LORENA VERGEL ROMERO**

**Ingeniera Civil**

**Trabajo de Grado Presentado para optar por el Título de Ingeniero civil**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS**

**INGENIERÍA CIVIL**

**Ocaña, Colombia**

**Abril de 2018**

## Índice

<b>Introducción .....</b>	<b>xiv</b>
<b>Capítulo 1. Apoyo técnico a la empresa encargada de la administración vial del sector ocaña – alto del pozo (ruta 70 tramo 08 entre los PR 00+000 al PR 69+000) perteneiente a la territorial de Invias Ocaña. ....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción breve de la empresa .....	1
1.1.1 Misión. ....	2
1.1.2 Visión.....	2
1.1.3 Objetivos de la empresa.....	2
1.1.4 Descripción de la estructura organizacional. ....	4
1.1.5 Descripción de la dependencia. ....	4
1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia asignada .....	6
1.3 Planteamiento del problema.....	7
1.4 Objetivos de la pasantía .....	8
1.4.1 General.....	8
1.4.2 Específicos .....	8
1.5 Descripción de las actividades a desarrollar en la misma.....	9
<b>Capítulo 2. Enfoque referencial.....</b>	<b>10</b>
2.1 Enfoque Conceptual.....	10
2.1.1 La Erosión.....	11
2.1.2 Geología de la zona.....	12
2.1.3 Control de aguas superficiales .....	17

2.1.4 Disipadores de energía.....	22
2.2 Enfoque Legal.....	32
<b>Capítulo 3. Informe de cumplimiento de trabajo .....</b>	<b>34</b>
3.1 Presentación de resultados.....	34
3.1.1 Actualizar la base de datos del inventario vial existente para una mejor organización del mismo.....	34
3.1.2 Realizar la caracterización de las obras de drenaje comunes del tramo vial del Sector entre Ocaña y Alto del Pozo. ....	34
3.1.3 Proponer el diseño hidráulico de las estructuras de encole y descole en los PR 55+016, PR 63+092 y PR 64+463 como herramienta futura para próximos estudios que realice el INVIAS en cuanto al drenaje transversal. ....	46
<b>Capítulo 4. Diagnóstico final.....</b>	<b>106</b>
<b>Capítulo 5. Conclusiones .....</b>	<b>108</b>
<b>Capítulo 6. Recomendaciones .....</b>	<b>110</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>111</b>
<b>Apéndices.....</b>	<b>112</b>
Apéndice A. Formato de inventarios de obras de drenaje transversal (Encole y Descole). .....	113
Apéndice B. Planos arquitectónicos y estructurales: Disipador de pantallas deflectoras..	114
Apéndice C. Memorias de cálculo de las cantidades de obra para cada disipador.....	115
Apéndice D. Formato sobre Análisis de precios unitarios de la entidad INVIAS para Ocaña Norte de Santander .....	116

Apéndice E. Dibujos sección transversal de cada punto de estudio .....	117
Apéndice F. Coordenadas puntos de estudio PR 55+015, PR63+092, PR64+463.....	118

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Organigrama de Admiocaña.....	4
<b>Figura 2.</b> Esquema obras de drenaje .....	11
<b>Figura 3.</b> Geología de Norte de Santander.....	16
<b>Figura 4.</b> Corte transversal alcantarilla .....	21
<b>Figura 5.</b> Partes de una alcantarilla.....	21
<b>Figura 6.</b> Vista en planta de las alcantarillas .....	22
<b>Figura 7.</b> Tipo de alcantarilla.....	22
<b>Figura 8.</b> Rápida con fondo liso.....	24
<b>Figura 9.</b> Rápidas Escalonadas .....	25
<b>Figura 10.</b> Disipador de Energía escalonado .....	26
<b>Figura 11.</b> Canal de Pantallas deflectoras .....	28
<b>Figura 12.</b> Canal de rápidas con tapa y columpio.....	30
<b>Figura 13.</b> Canal de pantallas deflectoras (Modelo experimental) .....	31
<b>Figura 14.</b> Canal de rápidas con tapa y columpio (Modelo experimental).....	32
<b>Figura 15.</b> Formato de inspección INVIAS .....	44
<b>Figura 16.</b> Formato de inspección INVIAS.....	44
<b>Figura 17.</b> Formato de inspección INVIAS.....	45
<b>Figura 18.</b> Formato de inspección INVIAS.....	45
<b>Figura 19.</b> Localización general de los PR 55+016, PR 63+092, PR 64+463.....	46
<b>Figura 20.</b> Curvas de nivel encole y descole PR 55+016 con la circulación del agua .....	47
<b>Figura 21.</b> Curvas de nivel encole descole PR 63+092, con la circulación del agua .....	48

<b>Figura 22.</b> Curvas de nivel encole y descole PR 64+463 y circulación del agua .....	49
<b>Figura 23.</b> Ruta PR55+016 a PR63+092 .....	49
<b>Figura 24.</b> Ruta PR 63+092 a PR 64+463 .....	50
<b>Figura 25.</b> Evidencia Distancia.....	51
<b>Figura 26.</b> Evidencia Distancia.....	51
<b>Figura 27.</b> Perfil longitudinal vía.....	52
<b>Figura 28.</b> Perfil longitudinal más detallado de la vía .....	53
<b>Figura 32.</b> Encole PR 55+016.....	54
<b>Figura 33.</b> Descole PR 55+016.....	55
<b>Figura 34.</b> Encole PR 63+092.....	56
<b>Figura 35.</b> Descole PR 63+092.....	56
<b>Figura 36.</b> Encole PR 64+463.....	57
<b>Figura 37.</b> Descole PR 64+463.....	58
<b>Figura 38.</b> Colocación de cotas.....	59
<b>Figura 39.</b> Colocación cotas.....	59
<b>Figura 40.</b> Colocación de cotas.....	60
<b>Figura 41.</b> Valores de e y c para el canal de pantallas deflectoras .....	79
<b>Figura 42.</b> Valores de e y c para el canal de rápidas con tapa y columpio .....	80
<b>Figura 43.</b> Plano arquitectónico disipador Encole PR 55+016.....	98
<b>Figura 44.</b> Plano estructural disipador Encole PR55+016.....	98
<b>Figura 45.</b> Plano arquitectónico disipador encole PR 63+092.....	99
<b>Figura 46.</b> Plano estructural disipador encole PR 63+092 .....	99
<b>Figura 47.</b> Plano arquitectónico disipador encole PR 64+463.....	100

<b>Figura 49.</b> Plano arquitectónico dissipador descole PR 55+016.....	101
<b>Figura 50.</b> Plano estructural dissipador descole PR 55+016.....	101
<b>Figura 51.</b> Plano arquitectónico dissipador descole PR 63+092.....	102
<b>Figura 52.</b> Plano arquitectónico dissipador descole PR 64+463.....	103
<b>Figura 53.</b> Plano estructural dissipador descole PR64+463.....	103
<b>Figura 54.</b> Dibujo Sección transversal punto PR 55+016.....	104
<b>Figura 55.</b> Dibujo sección transversal punto PR 63+092.....	105
<b>Figura 56.</b> Dibujo sección transversal punto PR 64+463.....	105

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Matriz Dofa.....	6
<b>Tabla 2</b> Objetivos y Actividades propuestas.....	9
<b>Tabla 3</b> Unidades Cronoestratigráficas.....	17
<b>Tabla 4.</b> Formato de caracterización de obras de drenaje (PR 68 + 534).....	36
<b>Tabla 5</b> Formato de caracterización de obras de drenaje (PR 67+979).....	37
<b>Tabla 6</b> Caracterización de obras de drenaje PR 64+243.....	38
<b>Tabla 7</b> Formato de caracterización de obras de drenaje (PR 66+841).....	39
<b>Tabla 8</b> Formato de caracterización de obras de drenaje (PR 65+951).....	40
<b>Tabla 9</b> Formato de caracterización de obras de drenaje (PR 67+445).....	41
<b>Tabla 10</b> Formato de caracterización de obras de drenaje (PR 67+330).....	42
<b>Tabla 11.</b> Formato de caracterización de obras de drenaje (PR 67+052).....	43
<b>Tabla 12.</b> Parámetro a de acuerdo con el tipo de superficie.....	61
<b>Tabla 13</b> Periodo de retorno de diseño para obras de drenaje vial.....	63
<b>Tabla 14</b> Ecuaciones curvas IDF para la zona de Ábrego, Norte de Santander.....	64
<b>Tabla 15</b> Variables calculadas encole.....	66
<b>Tabla 16</b> Variables calculadas descole.....	68
<b>Tabla 17</b> Variables Calculadas Encole.....	70
<b>Tabla 18</b> Variables calculadas Descole.....	71
<b>Tabla 19</b> Variables Calculadas Encole.....	73
<b>Tabla 20</b> Variables calculadas Descole.....	75
<b>Tabla 21</b> Dimensiones para el canal de pantallas deflectoras.....	78

<b>Tabla 22</b>	Dimensiones para el canal de rápidas con tapa y columpio.....	81
<b>Tabla 23</b>	Velocidades máximas permisible en rápidas .....	81
<b>Tabla 24.</b>	Valor caudal .....	89
<b>Tabla 25.</b>	Chequeo de velocidad.....	91
<b>Tabla 26</b>	Costos disipador PR 55+016 estructura de entrada encole .....	93
<b>Tabla 27.</b>	Costos disipador PR 55+016 estructura de salida descole.....	94
<b>Tabla 28.</b>	Costos disipador PR 63+092 estructura de entrada encole.....	94
<b>Tabla 29.</b>	Costos disipador PR 63+092 estructura de salida descole.....	95
<b>Tabla 30.</b>	Costos disipador PR 64+463 estructura de entrada encole.....	96
<b>Tabla 31.</b>	Costos disipador PR 64+463 estructura de salida descole.....	96

## Resumen

El plan de trabajo propuesto que lleva por título “APOYO TÉCNICO A LA EMPRESA ENCARGADA DE LA ADMINISTRACIÓN VIAL DEL SECTOR OCAÑA – ALTO DEL POZO (RUTA 70 TRAMO 08 ENTRE LOS PR 00+000 AL PR 69+000) PERTENECIENTE A LA TERRITORIAL DE INVIA S OCAÑA” el cual trabajo abordado en la empresa (Admiocaña), se basó en primera medida en la actualización del inventario correspondiente a las obras de arte específicamente encoles y descoles, el cual su metodología de desarrollo fue mediante un formato base propio de la administración vial sobre el cual se diligenció información perteneciente a dimensiones, material del que está construido, localización y adicional a ello se elaboró un formato para la caracterización específica de cada estructura contemplada, con ello se realizaron visitas a los sitios en donde se encuentran cada una de éstas para constatar información referente a la obra el cual se hizo con acompañamiento de un registro fotográfico. Por último se elaboró el diseño de dos disipadores de energía para los puntos descritos en el presente informe, que son representados por los tres PR respectivamente PR 55+015, PR 63+062 Y PR 64+463 ubicados en el talud superior e inferior de la vía (superior: Encole, inferior: Descole), la topografía observada en cada uno, revela que existen pendientes considerables, lo cual conlleva a tener la descripción de un terreno escarpado; en el corredor del Alto El Pozo, es predominante la lluvia en la mayor parte del año, lo cual nos establece que sus condiciones hidrológicas son aptas para la utilización de estructuras de drenaje transversal, cada una de acuerdo a los parámetros mencionados, obteniendo así para cada disipador magnitudes de velocidad y tipo de flujo propias sin sobrepasar los límites aceptados por las normas de diseño.

## Introducción

Las obras de drenaje transversal ubicadas en puntos estratégicos de la vía son parte fundamental en la conservación del pavimento y de las laderas que se encuentran en las partes laterales a él, estas estructuras son las encargadas de la conducción del agua lluvia y su principal propósito es la prevención de eventos como la erosión y socavación de las laderas, proporcionándoles estabilidad y solidez. Las estructuras abordadas en el presente trabajo se denominan disipadores de energía como son, las rápidas escalonadas, el canal de pantallas deflectoras y el canal de rápidas con tapa y columpio, las cuales cumplen la función de reducir la velocidad que lleva el agua al caer al terreno, éstos son empleados para generar fricción entre el agua y la superficie del canal, en algunos se presentan saltos hidráulicos, que son impactos del agua contra el fondo del canal; su correcto funcionamiento depende del diseño, del proceso constructivo y el adecuado mantenimiento que se le realice.

Se tendrá en cuenta, el desempeño que tienen este tipo de estructuras y el beneficio que trae al buen desarrollo de la infraestructura vial; los conocimientos que se adquirieron en la empresa, fueron el pilar para la propuesta de diseño de las estructuras de disipación de energía.

**Capítulo 1. Apoyo técnico a la empresa encargada de la administración vial del sector ocaña – alto del pozo (ruta 70 tramo 08 entre los PR 00+000 al PR 69+000) perteneciente a la territorial de Invias Ocaña.**

**1.1 Descripción breve de la empresa**

El consorcio Admiocaña CC se creó de la unión entre las empresas Caminos S.A.S e Ingenieros obras civiles y Medio ambiente sucursal Colombia S.I, para licitar el contrato de Administrador vial ante el Instituto Nacional de Vías territorial Ocaña. Se oficializó formalmente el 19 de noviembre de 2016. Los Administradores Viales son profesionales de la ingeniería civil, altamente calificados para ejercer funciones de administración, gestión y planeación operativa y técnica, responsables de la dirección, coordinación, y control de las actividades rutinarias y periódicas y demás acciones en favor de la adecuada y oportuna conservación de las carreteras, de acuerdo con las características de las carreteras y las necesidades, se determinó en primera instancia, que los Administradores ejecutaran estas actividades, dando énfasis a la conservación, el inventario físico y estado de vías, la recolección de información para la base de datos de los sistemas de administración vial, la atención de emergencias, la ejecución de algunos estudios y el inventario de accidentes, entre otras. El Consorcio ADMIOCAÑA funciona como administrador vial para los tramos de las rutas:

7007-Aguaclara-Ocaña (PR Inicial 00+000, PR Final 54+0785) 70NS01-La Ondina-Convención (PR Inicial 00+0000, PR Final 24+0000) 7008-Ocaña-Alto del Pozo (PR Inicial

00+000, PR Final 69+0000); el consorcio notifica al INVIAS sobre las acciones pertinentes y actividades que se deben realizar en el campo vial y posteriormente las microempresas contratadas por la entidad ejecutan actividades como la de preservar en un estado óptimo la superficie de rodadura de las vías contempladas, realizar mantenimientos preventivos y rutinarios sobre las mismas, llevar un inventario de los deterioros inspeccionados en las rutas para su posterior rehabilitación, evaluar el desempeño de las obras de arte para recurrir en una mejora o construcción total de la misma. (Admiocaña, 2017)

**1.1.1 Misión.** ADMIOCAÑA CC es una sociedad constituida para la administración de vías y obras civiles, se orienta en su buen mantenimiento y operación de las vías, dentro de criterios técnicos urgentes, con altos estándares de calidad, por ello contamos con los recursos tecnológicos y humanos altamente competitivos. (Admiocaña, 2017).

**1.1.2 Visión.** Ser una organización comprometida con el desarrollo administrativo de las vías de Ocaña norte de Santander. (Admiocaña, 2017)

**1.1.3 Objetivos de la empresa.** El consorcio ADMIOCAÑA como administrador tiene entre sus objetivos los siguientes (Admiocaña, 2017):

Participar activamente en la prevención de riesgos y atención de las emergencias que se presenten en las vías.

Alertar oportunamente al INVIAS sobre la necesidad de diseñar y construir obras especiales

para la mitigación de la inestabilidad en sitios críticos, así como la necesidad de diseñar y construir obras de conservación, mejoramiento o recuperación.

Establecer las necesidades de las vías y puentes en materia de señalización vertical y horizontal, llevar un inventario de las necesidades.

Planear, organizar, dirigir, coordinar, evaluar y controlar las actividades de mantenimiento rutinario de las carreteras que se le asignen para ejercer su interventoría.

Evaluar con criterio de transitabilidad (visual) el estado de la red vial a su cargo con la metodología suministrada por el INVIAS.

Apoyar la supervisión de la territorial en los contratos que ejecute el INVIAS.

Proporcionar datos para el cálculo del patrimonio de las vías objeto del contrato.

Realizar estimativos sobre la vida residual de los pavimentos de los sectores a su cargo.

Evaluar con criterio técnico el estado de la red vial semestralmente con la metodología suministrada por el INVIAS.

### 1.1.4 Descripción de la estructura organizacional.



**Figura 1.** Organigrama de Admiocaña.

**Fuente:** Autor de la pasantía

**1.1.5 Descripción de la dependencia.** El área técnica de la administración vial realiza las respectivas verificaciones de los estados de las superficies de rodadura de la vía, de las obras de drenaje, la señalización vial y el estado de los puentes y pontones en los tramos asignados al Consorcio ADMIOCAÑA. Reportar la información de los estados de la vía en los aplicativos en línea que tiene el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) a los usuarios de la misma es otra de las

funciones del Consorcio.

El estudiante asignado cumplirá las funciones que permitan el buen funcionamiento del área técnica de la administración vial, entre las cuales se encuentra el apoyo a la evaluación los sistemas de drenaje, con los aplicativos de información del Instituto Nacional de Vías que se estén utilizando, se le asignarán labores de inspección visual del estado vial en cuanto a deterioros de la capa de rodadura y en las obras de arte dentro de las rutas que contempla el consorcio, trabajo de oficina en actividades como verificación de contratos con las microempresas que ejecutan trabajos con la entidad, con ello el estudiante desarrollará su plan de trabajo y como evidencia de ello dejará los estudios pertinentes al consorcio de acuerdo a su proyecto sobre la propuesta de las estructuras hidráulicas de encole y descole en los PR55+015, PR63+092 Y PR64+463; los estudios que realice serán herramienta útil para el desarrollo de futuras obras respectivamente; el jefe inmediato encargado del seguimiento de las actividades que ejecute el estudiante durante el transcurso de la pasantía será el Ingeniero Residente en el Consorcio Miguel Ángel Soto.

## 1.2 Diagnóstico inicial de la dependencia asignada.

**Tabla 1.**

*Matriz DoFa*

DOFA	FORTALEZAS (F)	DEBILIDADES(D)
	Se evidencia un buen manejo de los recursos humanos contribuyendo a un buen ambiente y cultura laboral	Con certeza se desconocen los resultados que se obtengan a largo plazo en el área técnica de la administración vial
OPORTUNIDADES(O)	ESTRATEGIA FO	ESTRATEGIA DO
Esta organización dentro del Instituto Nacional de Vías cumple a cabalidad con los propósitos presentes por la entidad mayor	Mantener una buena comunicación con los profesionales en la entidad para así obtener provecho de cada conocimiento que promueva el desarrollo del trabajo dentro de ella	Emplear los conocimientos acerca del tema a desarrollar con la ayuda de mis superiores para brindar un aporte útil a la entidad
AMENAZAS(A)	ESTRATEGIAS FA	ESTRATEGIAS DA
Para ciertas funciones que se realizan dentro de la organización, falta más personal idóneo para cumplir a cabalidad con los requerimientos de la misma	Con el adecuado ambiente laboral, fomentar el trabajo en equipo para lograr con satisfacción cada actividad que se proponga	Sugerir alternativas para obtener un buen desempeño del personal laboral en campo y las actividades así puedan ejecutarse de la mejor manera

**Fuente:** Autor de la Pasantía

### **1.3 Planteamiento del problema.** Dentro del área técnica que maneja el Consorcio

Admiocaña encontramos distintas funciones que llevan a un solo propósito, el cual es mantener el estado óptimo de la infraestructura vial, en cuanto a una correcta señalización, mantenimiento rutinario y preventivo de la vía, chequeo del buen funcionamiento de las obras de arte, específicamente en la zonas que contempla su campo de acción, uno de esos propósitos el cual es el desempeño de la parte hidráulica, se ha enfocado en la siguiente cuestión. ¿Qué sucede cuándo hay deficiencia o ausencia de una estructura hidráulica que permita la adecuada conducción de las aguas de escorrentía?, pues bien en los sitios marcados con los PR 55+016, PR 63+092 y PR 64+463 de la vía Ocaña-Alto del Pozo hay tanto ausencia como deficiencia de una estructura que proteja los taludes presentes, por lo cual esto conlleva a que poco a poco se sometan a dos fenómenos contemplados que son la socavación y la erosión, producida por la constante acción del agua, lo que originaría deslizamientos de material tanto en el talud superior como inferior de la vía, que en primera instancia crearía una obstrucción en la calzada al paso vehicular y segunda instancia habría pérdida de la banca y con ello la formación de asentamientos, lo cual conlleva a la aparición de hundimientos del pavimento.

## 1.4 Objetivos de la pasantía

**1.4.1 General.** Apoyar el área técnica de la empresa encargada de la administración vial del sector Ocaña – Alto del Pozo (Ruta 70 tramo 08 entre los PR 00+000 al PR 69+000) perteneciente a la territorial de INVIAS OCAÑA.

**1.4.2 Específicos.** Actualizar la base de datos correspondiente al inventario vial para identificar los cambios que han sufrido las obras.

Realizar una caracterización de los tipos de estructuras de drenaje más críticos del tramo vial del Sector entre Ocaña y Alto del Pozo, identificando su ubicación y la capacidad hidráulica de cada uno de ellos

Proponer el diseño hidráulico de las estructuras de encole y descole en los PR 55+016, PR 63+092 y PR 64+463 como herramienta futura para próximos estudios que realice el INVIAS en cuanto al drenaje transversal.

## 1.5 Descripción de las actividades a desarrollar en la misma.

**Tabla 2**

*Objetivos y Actividades propuestas*

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN LA EMPRESA PARA HACER POSIBLE EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJ.ESPECÍFICOS
<p>Apoyar el área técnica de la empresa encargada de la administración vial del sector Ocaña – Alto del Pozo (Ruta 70 tramo 08 entre los PR 00+000 al PR 69+000) perteneciente a la territorial de INVIAS OCAÑA.</p>	<p>Actualizar la base de datos correspondiente al inventario vial para identificar los cambios que han sufrido las obras.</p>	<p>-Revisar lo formatos base existentes -Realizar visitas a los sitios de estudio -Recolectar la información -Tabular la información</p>
	<p>Realizar la caracterización de las obras de drenaje más críticos del tramo vial del Sector entre Ocaña y Alto del Pozo</p> <p>Proponer el diseño hidráulico de las estructuras de encole y descole en los PR 55+015, PR 63+092 y PR 64+463 como herramienta futura para próximos estudios que realice el INVIAS en cuanto al drenaje transversal.</p>	<p>-Realizar visitas de identificación de las estructuras hidráulicas existentes -Tomar registro fotográfico de las estructuras hidráulicas existentes -Revisar el estado del arte de las obras hidráulicas existentes -Creación de formatos para la descripción de cada obra de drenaje -Revisar los documentos sobre diseños hidráulicos -Revisar las curvas IDF e información hidrológica de la zona -Analizar la topografía de la zona -Realizar las respectivas memorias de cálculo para la estructura -Digitar los planos respectivos</p>

**Fuente:** Autor de la Pasantía

## Capítulo 2. Enfoque referencial

### 2.1 Enfoque Conceptual

**2.1.1 Generalidades sobre las obras de drenaje en las vías.** En una carretera el sistema de drenaje es el conjunto de obras que permite un manejo adecuado de los fluidos, para lo cual es indispensable considerar los procesos de captación, conducción y evacuación de los mismos. El exceso de agua u otros fluidos en los suelos o en la estructura de una carretera, afecta sus propiedades geomecánicas, los mecanismos de transferencia de carga, presiones de poros, presiones hidrostáticas e incrementa la susceptibilidad a los cambios volumétricos. Por tal motivo, y aun cuando el agua es un elemento fundamental para la vida de todo ser vivo, es también una de las causas más relevantes del deterioro prematuro de la infraestructura vial.

El objetivo de este tipo de obras es el de conducir las aguas de escorrentía o de flujo superficial, rápida y controladamente hasta su disposición final. De esta manera se convierten en un soporte importante para el control de la erosión en taludes y la protección de la estructura del pavimento, permitiendo la rápida evacuación del agua, que además de afectar la estructura, afecta la seguridad de los usuarios.

Las obras de drenaje pueden clasificarse en obras para el control de aguas superficiales y obras para el manejo de flujos subterráneos y subsuperficiales. Vale la pena mencionar que para el diseño de este tipo de obras y su correcto funcionamiento es de vital importancia reconocer la red de drenaje natural.

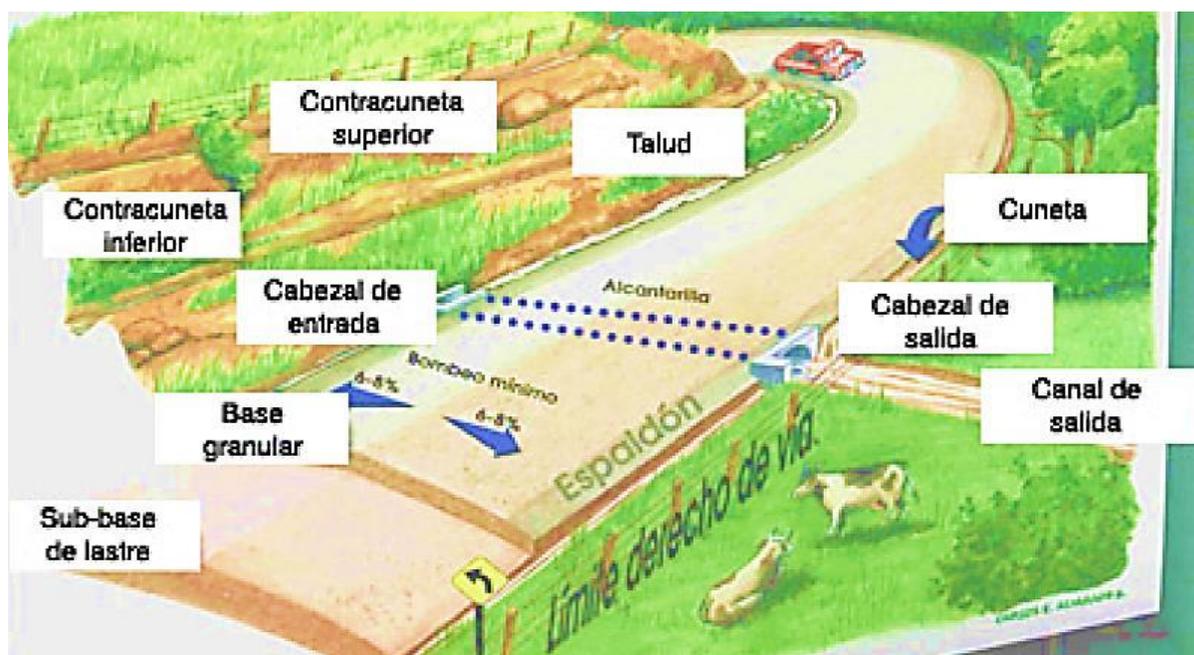


Figura 2. Esquema obras de drenaje

Fuente: Manual de drenaje para carreteras. INVIAS (2011)

**2.1.1 La Erosión.** En el presente proyecto, el evento denominado erosión, es una de las partes principales a tener cuenta, puesto que precisamente las actividades desarrolladas en la propuesta de diseño del dissipador de energía van encaminadas a disminuir la evolución del proceso en los taludes especificados, por lo tanto, es correcto dar la siguiente expresión en su conocimiento. Se define la erosión como el “conjunto de procesos físicos de desalojo, transporte y depósito de materiales, ejercidos por diversos agentes: agua, viento y organismos vivos (el hombre y los animales) sobre la superficie terrestre, con un grado de intensidad variable, y con la fuerza de la gravedad terrestre como aliada.

Los factores que más inciden en la erosión son el régimen de lluvias, la cobertura vegetal,

el tipo del suelo y la pendiente del terreno. Entre éstos se destacan la pendiente del terreno y el régimen de lluvias, ya que por estar localizados en el trópico, y más específicamente en la zona andina, se está sujeto a condiciones climáticas donde imperan abundantes y frecuentes lluvias de alta intensidad, lo que genera erosión hídrica, entendida como la producida por el agua lluvia a través del impacto de las gotas sobre la superficie del terreno y de los cambios en los regímenes de humedad, generando desprendimiento y arrastre de partículas y masas de suelo. (INVIAS, 2011, págs. 10-12)

**2.1.2 Geología de la zona.** En este apartado se toman los datos más relevantes en cuanto a la composición del suelo en la zona de estudio, los minerales encontrados, las unidades cronoestratigráficas más influyentes, por ello tenemos que geológicamente, el territorio de Norte de Santander se caracteriza por presentar una variada gama de unidades litológicas. En términos generales se tienen las rocas metamórficas que constituyen el basamento de la cordillera Oriental y que corresponden a los neises, anfibolitas, migmatitas y granulitas de edad Precámbrica, y a los esquistos, cuarcitas y filitas que se agrupan en la formación Silgará de edad Paleozoico Inferior. También se tienen rocas ígneas intrusivas, de composición granítica a diorítica, originadas por eventos que tuvieron lugar entre el Devónico-Carbonífero y el Triásico-Jurásico, así como riolitas y diques diabásicos y andesíticos más jóvenes. Se presenta a continuación la descripción generalizada de las unidades litológicas involucradas en el corredor Ocaña – Cúcuta, de la más antigua a la más reciente. (Consortio Estructuración Vial, 2015)

**2.1.2.1 Precámbrico y Paleozoico.** A nivel regional las rocas metamórficas de alto, medio y bajo grado, pertenecientes a las formaciones Neis de Bucaramanga, Silgará y Ortoneis,

evidencian la ocurrencia de eventos orogénicos, su presencia en la superficie implica, el alto nivel de erosión a que ha sido expuesto el Macizo de Santander durante el largo período de su historia geológica. (Consortio Estructuración Vial, 2015)

➤ **Formación Neis de Bucaramanga.** Esta formación toma su nombre de la capital de Santander, fue definida por Ward et al, quienes le dieron el nombre a una secuencia de rocas afectadas por metamorfismo regional, con una litología predominante tipo neis.

Se trata de una secuencia estratificada de rocas metasedimentarias de alto grado de metamorfismo que consisten principalmente de paraneis pelítico, semi-pelítico y arenáceo, esquisto y cantidades subordinadas de neis calcáreo, mármol, neis hornbléndico y anfibolita. El Neis de Bucaramanga también incluye zonas de migmatita de dos tipos, una, en la cual el paraneis está mezclado con roca granítica néisica y otra, donde ambos están cortados por muchas masas pequeñas de granito no foliado de edad mucho más joven. (Ward et al 1973).

➤ **Formación Silgará.** Fue definida por Ward et al (1973). Toma su nombre de la quebrada Silgará, al oeste de Cachirí en el NE del Departamento de Santander. En esta quebrada, afluente del Río Cachirí, la formación está bien expuesta en una franja de 15 km de ancho y comprende:

Una secuencia de rocas clásticas metamorfoseadas con capas delgadas, cíclicamente estratificadas que consta de pizarra, filitas, metalimolitas, metarenisca impura, metawaca y metawaca guijarrosa con menores cantidades de pizarra y filita calcárea. (Ward et al 1973).

Está constituida principalmente por filitas y esquistos, generalmente con intercalaciones de metareniscas, cuarcitas y metalimolitas, donde predominan las filitas verdes con intercalaciones de filitas verdes y rojizas las cuales presentan contenido micáceas, con moscovita, clorita y cuarzo: con buena foliación y brillo sedoso cuando se encuentra roca fresca. El cuarzo se distingue en proporciones variables. (Consortio Estructuración Vial, 2015, págs. 10-14)

**2.1.2.2 Jurásico.** A nivel regional los complejos ígneo-extrusivos se encuentran ampliamente distribuidos alrededor del área de estudio, estas están incluidas en el Grupo Plutónico de Santander, y su composición varía desde tonalitas grises (más máficas) hasta cuarzomonzonitas y granitos de color rosado. (*Consortio Estructuración Vial, 2015, págs. 10-14*)

- **Cuarzomonzonita.** Es el mayor cuerpo intrusivo dentro del área referente a la Plancha 86, este cuerpo de dimensiones batolíticas, en la región sur es denominado Batolito de Rionegro por Ward, et al. (1973), mientras que al norte es conocido con el nombre de Batolito de Ocaña.

Está compuesto principalmente por cuarzomonzonita con variaciones locales de granito, granodiorita esporádicamente a tonalita, las dos primeras son ampliamente predominantes. La cuarzomonzonita es de color rosado a gris clara, de grano grueso equigranular a subporfirítica, presentando fenocristales de feldespato rosado y en algunos casos de plagioclasa, este presenta varias zonas de alteración hidrotermal.

La textura puede llegar a variar de grano fino a grueso con predominio del grano medio,

con escasas zonas pegmatíticas. La composición varía de granito a cuarzomonzonita, con predominio de esta última que se considera como roca característica de etapa intrusiva, es una roca dura, clara, con feldespatos rosados, blancos y verdosos además de cuarzo y algún ferromagnesiano (biotita, clorita). (Consortio Estructuración Vial, 2015, págs. 10-14)

**2.1.2.3 Cuaternario.** A continuación, se encuentran los siguientes depósitos de material:

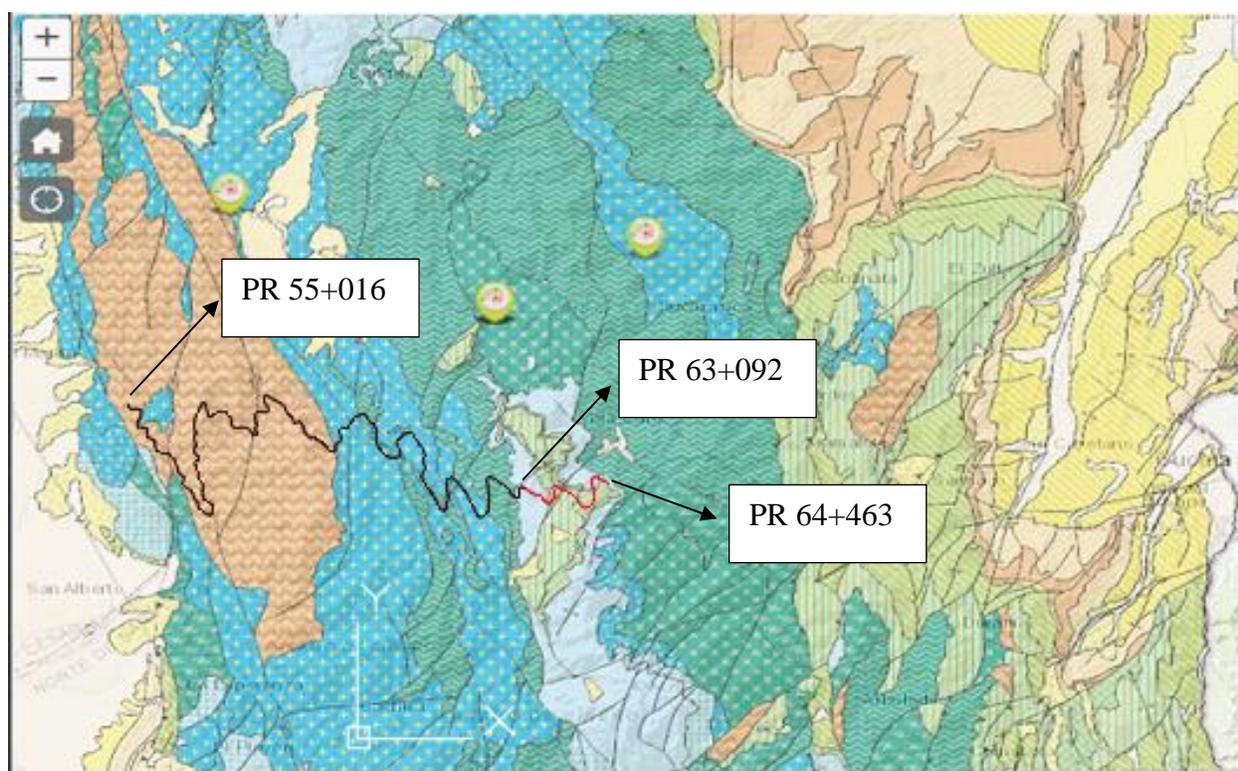
- **Depósitos Coluviales (Qc).** Corresponden a depósitos coluviales de ladera y pie de ladera de carácter local y superficial con extensiones menores a 1 ha, predominando texturas arcillosas englobando bloques ígneo - metamórfico de diverso tamaño.
  
- **Depósitos aluviales (Qal).** Se forman a partir de las quebradas y ríos del área en estudio que aportan abundante material detrítico, el cual es depositado en forma de abanicos. Los depósitos están constituidos por cantos redondeados que varían en tamaño dentro de una matriz areno-arcillosa.

La principal zona identificada con este tipo de materiales en la zona de estudio se localiza sobre el Valle del Río Tarra, conformando depósitos aluviales de lecho de cauce (Qal) y terrazas aluviales medias (Qt) al occidente del Alto del Pozo.

- **Depósitos antrópicos (Qant).** Los depósitos antrópicos se forman por procesos humanos, básicamente acumulación de materiales aledaños a la vía existente para la ubicación de viviendas e infraestructura conexas; sin embargo su grado de consolidación

es muy bajo. Aparte de ello se encuentran suelos residuales arenolimosos de Granorioritas del Batolito de Ocaña, altamente erosionables. (Consortio Estructuración Vial, 2015, págs. 10-14)

A continuación, se muestra una imagen de una parte del mapa geológico de la zona, se describen las unidades estratigráficas encontradas en el corredor Ocaña-Cúcuta, adicional a ello se traza el eje de la vía del corredor en estudio, las curvas observadas se originan de acuerdo con las coordenadas obtenidas con el GPS.



**Figura 3.** Geología de Norte de Santander

**Fuente:** (Servicio Geológico Colombiano & Dirección de Geociencias Básicas, 2017)

**Tabla 3***Unidades Cronoestratigráficas*

UNIDADES CRONOESTRATIGRÁFICAS	DESCRIPCIÓN
 J-Pi	Granodioritas que varían de sianogranitos a tonalitas y de cuarzomonzonitas a cuarzomonzodioritas. Edad: Jurásico
 OS1-Mbg	Filitas, esquistos, cuarcitas, pizarras, metaconglomerados, metalimolitas y mármoles. Edad: Ordovícico
 OS1-Mbg	Granitos con moscovita. Edad: Ordovícico
 b1?b4-Sct	Cuarzoarenitas y arenitas feldespáticas de grano medio a conglomeráticas y conglomerados. Edad: Bernisiano
 J3-Sc	Capas rojas constituidas por arenitas, conglomerados y limolitas. Edad: Jurásico Superior
 b6k6-Stm	Shales, calizas, arenitas, cherts, fosforitas. Edad: Albiano- Maastrichtiano
 e6e9-Sct	Arenitas de grano fino a conglomeráticas interestratificadas con arcillolitas y limolitas. Edad: Bartoniano- Chatiano
 OS1-Mmg	Ortogneises graníticos a tonalíticos y paragneises de composición anfíbolítica y textura migmática. Edad: Ordovícico
 E3N1-Stm	Intercalaciones de arenitas localmente conglomeráticas lodolitas y arcillolitas. Ocasionalmente delgadas capas de carbón

**Fuente:** (Servicio Geológico Colombiano & Dirección de Geociencias Básicas, 2017)

**2.1.3 Control de aguas superficiales.** En las vías nacionales, el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), ha desarrollado el manual de drenaje para carreteras, con el cual su utilización se enfoca en recomendaciones técnicas para la construcción, control y mantenimiento de las obras de drenaje teniendo en cuenta si son estructuras de drenaje longitudinal o transversal respectivamente, pero antes de entrar a la caracterización de estas obras es necesario tener conocimiento de qué es un drenaje superficial, por lo cual se da la siguiente definición según el

manual.

El drenaje superficial es definido por las obras que actúan directamente sobre la carretera y las obras para el control de erosión de taludes que resultan ser muy importantes en la estabilidad de la vía. Las estructuras de drenaje superficial que trabajan directamente sobre la carretera se consideran como transversales o longitudinales, según la posición que éstas guarden con respecto al eje de la vía, por lo tanto, cada una de ellas tiene su función, a continuación, una breve descripción.

El drenaje longitudinal tiene por objeto captar los flujos de agua para evitar que lleguen a la vía o permanezcan en ella causando desperfectos. A este grupo pertenecen las cunetas y los bordillos.

El drenaje transversal da paso al agua que cruza de un lado al otro de la vía. Aparte tenemos otro tipo de estructuras que son de vital importancia contemplarlas ya que por formar parte de la red de drenaje vial, contribuyen a la firmeza de las laderas que son llamadas obras para el control de erosión de taludes, las cuales conducen las aguas a zonas seguras donde no se afecte la estabilidad de los taludes. Entre estas obras se encuentran las zanjas de coronación o contracunetas, los canales colectores y los disipadores. En nuestra investigación nos enfocamos en las obras de drenaje transversal por lo tanto ampliamos más el tema con las siguientes definiciones.

**2.1.3.1 Drenaje transversal.** Los sistemas de drenaje transversal son aquellos elementos que transportan agua cruzando el eje de la carretera. Por lo general, el cruce se realiza de manera perpendicular al eje y transportan el aporte de la cuenca que se encuentra aguas arriba de la vía en dirección a aguas abajo. La estructura más representativa de este tipo son las alcantarillas, por lo tanto, especificamos algunos datos de la misma. (INVIAS, 2011, págs. 15-17)

**Alcantarillas.** Son estructuras de evacuación de las aguas de escorrentía y su función es la de drenar corrientes de aguas permanentes o estacionales. También se les denomina alcantarilla a las estructuras que permiten evacuar en sitios predeterminados los caudales entregados por la cuneta, que a su vez recogen las aguas lluvias que caen sobre la calzada, incluye conductos con cualquier sección geométrica, en especial conductos circulares o alcantarillas de cajón. (INVIAS, 2011, págs. 15-17)

Las principales partes de una alcantarilla son:

**Encole.** Estructura diseñada para reducir la velocidad y disipar la energía de los flujos de agua en la entrada de las obras de drenaje, y así entregar de manera segura el agua a la tubería de la alcantarilla. (INVIAS, 2011, págs. 15-17)

**Estructura de entrada.** Se refiere a todas las obras construidas con el fin de conducir el flujo hacia la tubería y des estabilizar el terraplén de la vía y/o el terreno natural tales como: aletas, solado, muro cabezal. (INVIAS, 2011, págs. 15-17)

***Poceta o Lavadero.*** Estructura que recibe el agua recolectada por las diferentes estructuras de drenaje longitudinal, especialmente cunetas. Se utiliza como encole y en algunas ocasiones puede encontrarse en el descole acompañada de otras estructuras de conducción de agua. (INVIAS, 2011, págs. 15-17)

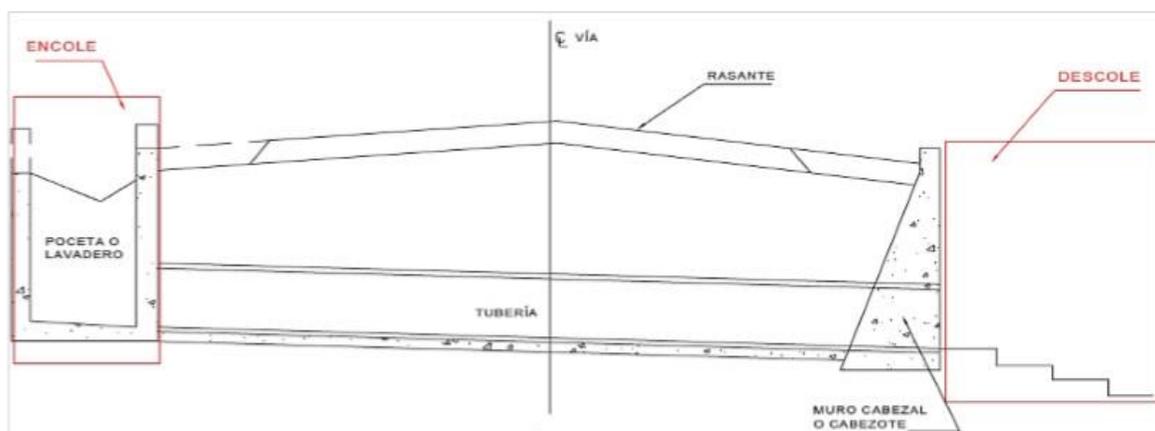
***Muro Cabezal.*** Tiene como finalidad contener el material que sirve como estructura de la vía, así como protección de la tubería. (INVIAS, 2011, págs. 15-17)

***Aletas.*** Se utilizan para contener los taludes que conforman el terraplén y/o el terreno natural. (INVIAS, 2011, págs. 15-17)

***Tubería.*** Tiene como finalidad garantizar la conducción del flujo de un lado al otro de la vía, evitando infiltraciones que puedan afectar los materiales que componen la estructura del pavimento. Los extremos de los tubos y el diseño de las juntas deben garantizar un encaje adecuado entre secciones, de manera que formen un conducto continuo, libre de irregularidades en la línea de flujo. (INVIAS, 2011, págs. 15-17)

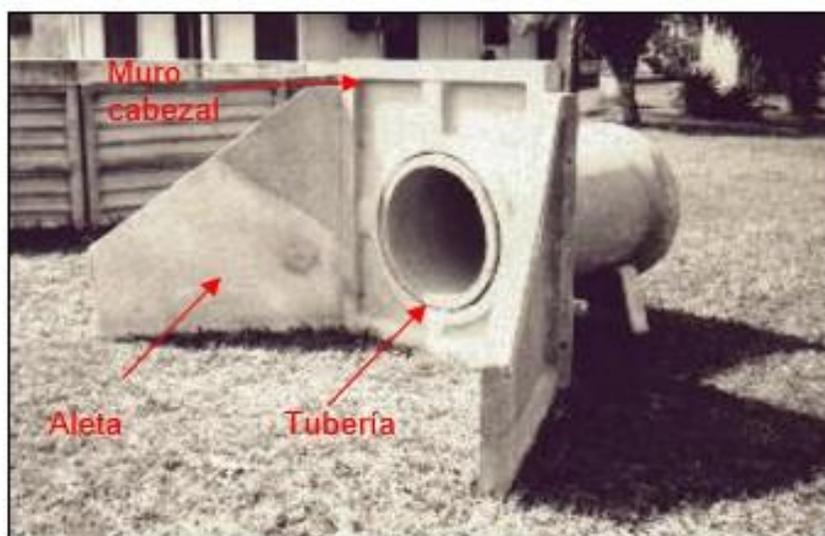
***Estructura de salida:*** Se refiere a todas las obras construidas con el fin de entregar el flujo hacia el descole o sitio de vertimiento de las aguas y de estabilizar las zonas aledañas. Se debe garantizar una estructura adecuada de tal forma que no se presente socavación del terreno donde se encuentre cimentada la alcantarilla. Generalmente está constituida por los mismos elementos de la estructura de entrada. (INVIAS, 2011, págs. 15-17)

**Descole.** Es una estructura diseñada para reducir la velocidad y disipar la energía de los flujos de agua en la salida de obras de drenaje y así entregar de manera segura el agua a canales naturales u otros canales no erosionables. (INVIAS, 2011, págs. 15-17)



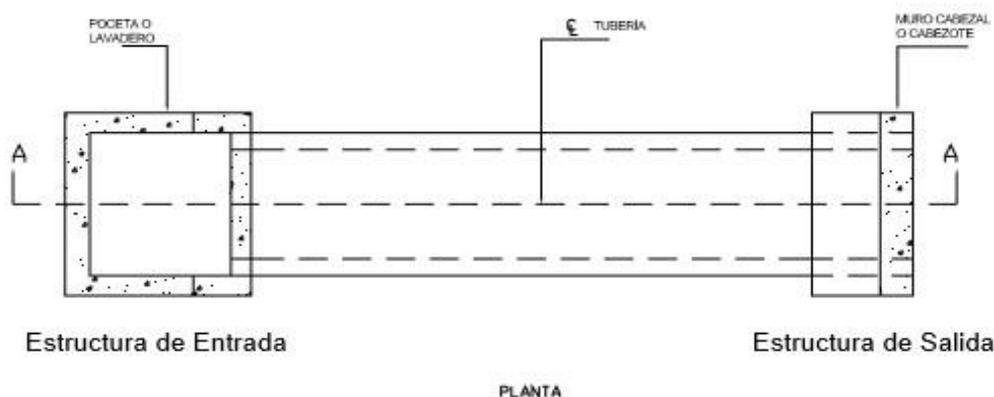
**Figura 4.** Corte transversal alcantarilla

**Fuente:** Manual para la inspección de estructuras de drenaje. INVIAS 2011.



**Figura 5.** Partes de una alcantarilla

**Fuente:** Manual para la inspección de estructuras de drenaje. INVIAS 2011.

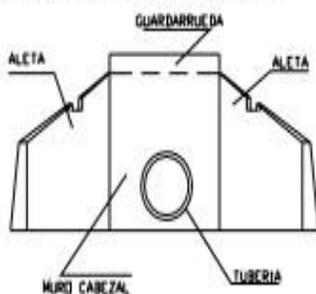


**Figura 6.** Vista en planta de las alcantarillas

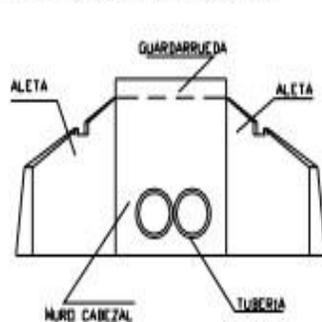
**Fuente:** Manual para la inspección de estructuras de drenaje. INVIAS 2011.

Las alcantarillas pueden ser sencillas, doble o múltiples (tres o más tubos), esto dependiendo del número de ductos que la componen, en las figuras se muestra lo anterior.

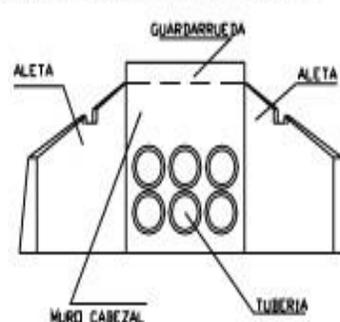
**Figura 5.** Alcantarilla simple



**Figura 6.** Alcantarilla doble



**Figura 7.** Alcantarilla múltiple



**Figura 7.** Tipo de alcantarilla

**Fuente:** Manual para la inspección de estructuras de drenaje. INVIAS 2011.

**2.1.4 Disipadores de energía.** Dentro de las estructuras de mayor relevancia en la red de drenaje vial, están los disipadores de energía, obras que son indispensables para el buen funcionamiento de la vía, además de que protegen el talud superior e inferior de la misma, a

continuación, se da una definición más concreta.

Son estructuras hidráulicas diseñadas para transportar un caudal de una cota superior a una inferior manteniendo la velocidad (energía cinética) dentro de los límites admisibles, con el fin de evitar la ocurrencia de procesos erosivos tanto en la caída como en el cauce receptor y la posible falla de la estructura misma. Por lo general estas estructuras se deben utilizar en los descoles de las alcantarillas o en cualquier otro sitio donde la evacuación de aguas pueda producir socavación debido a la alta velocidad del agua. (Fernández, 2003, págs. 10-12)

A continuación, se presentan diferentes disipadores utilizados con frecuencia a nivel nacional, con sus respectivas características.

**2.1.4.1 Rápidas Lisas.** Son canales de fondo liso con flujo supercrítico y velocidad apreciable, por lo que frecuentemente requieren una estructura de disipación en el pie de la ladera o talud. Se componen de una estructura de entrada o transición entre la cuneta o alcantarilla y el canal, la rápida propiamente dicha y la estructura de disipación. Se construye con una pendiente igual a la del talud. Este sistema es muy utilizado por ser más económico, pero presenta el problema de la poca energía disipada. Normalmente el flujo es supercrítico  $IF > 1$ . (Fernández, 2003, págs. 10-12)



**Figura 8.** Rápida con fondo liso

**Fuente:** Manual de estructuras de vertimiento. Universidad Nacional de Colombia

En modificación de la estructura anterior se tiene otra alternativa que comprende unos escalones que son los encargados de realizar la función disipadora, y como resultado tenemos:

**2.1.4.2 Rápidas Escalonadas.** En las estructuras de disipación escalonadas, el agua es transportada desde un nivel superior hasta un nivel inferior. Para las características topográficas del país, con altas pendientes, se requieren estructuras de caída escalonadas con flujo rasante, las cuales han sido analizadas para pendientes entre  $5,7^\circ$  y  $55^\circ$ , El flujo sobre estas escaleras se puede dar en tres diferentes condiciones:

- Flujo rasante (“skimming flow”): para esta condición, el agua fluye sobre las esquinas externas de las escaleras como una nata sobre un pseudo-fondo, produciéndose una recirculación del agua en la parte interna del escalón. La reducción de energía se da, entonces, por recirculación de agua en el escalón y por impacto en el escalón aguas abajo.

- Flujo escalón a escalón (“nappe flow”): en este caso, el flujo de cada escalón sigue una trayectoria tipo jet (chorro) con un lente de aire bajo la napa, golpeando la huella del escalón aguas abajo y generando un resalto hidráulico. La pérdida de energía se produce, entonces, por la dispersión del chorro en el aire, por la mezcla del agua en el impacto y por el desarrollo total o parcial del resalto hidráulico
- Flujo de transición: condición intermedia entre las dos anteriores, en que la napa sobre el lente de aire puede o no formarse y se produce una recirculación parcial del agua en cada escalón. (INVIAS, 2011, págs. 50-52)



**Figura 9.** Rápidas Escalonadas

**Fuente:** Manual de drenaje para carreteras. INVIAS 2011.



**Figura 10.** Disipador de Energía escalonado

**Fuente:** Autor de la pasantía

Los siguientes dos sistemas de disipadores que se tratan enseguida son utilizados para pendientes más elevadas, por lo cual su construcción depende de la topografía que se encuentre en la zona, se ha establecido que su efectividad de disipación es alta y que se recomienda para terrenos en donde el suelo es bastante erosionable, contando con una técnica apropiada en el desarrollo de la misma.

**2.1.4.3 Canal de pantallas deflectoras.** Se trata de estructuras de vertimiento de fondo liso que incluyen a cada cierta distancia una serie de elementos disipadores de energía del flujo, es decir que la energía se disipa a lo largo del canal y no al final como sucede con las rápidas lisas. El canal de pantallas deflectoras (CPD) es aplicable para pendientes entre el 10% y el 50% de inclinación. Las pantallas deflectoras desvían el flujo lateralmente disminuyendo la velocidad en el caso de que el caudal sea pequeño (por ejemplo, que no rebase la altura de las pantallas), y si el caudal es grande actúan como grandes rugosidades permitiendo la disipación de la energía en el fondo del canal. Tiene la propiedad de conservar prácticamente constante su capacidad al

variar la pendiente dentro de un amplio rango, razón por la cual es adaptable a las sinuosidades de los perfiles sin necesidad de variar la sección y sin exigir excavaciones excesivas para su construcción, la estructura previene la sedimentación de material en suspensión y la obstrucción con cuerpos flotantes, siendo apta para la conducción de aguas negras y aún de lodos. (Fernández, 2003)

Las principales características del CPD son, según su mismo diseñador:

- Capacidad prácticamente constante para el rango de pendientes entre 10% y 50%.
- Adaptabilidad a las sinuosidades de los perfiles, sin necesidad de variar la sección
- Economía notable en la excavación, como consecuencia de la característica anterior.
- Baja velocidad en relación con la del canal sin pantallas, y dentro de los límites tolerables para el concreto.
- Disipación de energía dentro del canal, sin requerir estructuras disipadoras especiales a la entrada o a la salida.
- Auto limpieza, ya que no hay zonas de estancamiento en donde pueda presentarse sedimentación.
- Facilidad y sencillez en la formaletería.



**Figura 11.** Canal de Pantallas deflectoras

**Fuente:** Manual de estructuras de vertimiento. Universidad Nacional de Colombia

**2.1.4.4 Canal de rápidas con tapa y columpio.** La energía con este tipo de disipador, al igual que el CPD, se disipa a lo largo del canal y no al final como sucede con las rápidas lisas. Es un canal aplicable al caso de conducciones a lo largo de pendientes altas o muy altas (entre el 50% y el 173%) conformado por una serie de rápidas lisas de sección rectangular, que se interrumpen en las terrazas de un talud tratado o cada cierto tramo, de tal forma que en la transición de una rápida a otra se tiene un columpio que deflecta el chorro y lo proyecta contra una tapa existente en el inicio de la siguiente rápida aguas abajo. El sistema columpio – tapa es complementado con un deflector que obliga al flujo a volver al canal. Gran parte de la energía se disipa en el módulo columpio-tapa, al generarse una turbulencia y aireación del flujo en el punto de impacto del chorro de agua con la tapa, lo cual proporciona que en el momento de llegada del agua al pie de la ladera o talud el porcentaje de energía disipada en toda la trayectoria de la estructura sea lo más alto posible. (Fernández, 2003)

Las principales características del CRTC son:

- Es complementario con el Canal de Pantallas Deflectoras.
- El diseño especial del columpio en el escalón evita la presencia de obstáculos en el flujo.
- Proporciona una gran capacidad de descarga, a pesar de la fuerte pendiente.
- Capacidad prácticamente constante para el rango de pendientes entre el 50% y el 100%.
- Puede adaptarse fácilmente al perfil del talud o drenaje haciendo que los escalones del canal coincidan con las zanjas o cunetas construidas a lo largo del talud.
- Permite altos niveles de disipación de energía.
- Previene la sedimentación y la obstrucción con basuras.
- Admite colectores laterales en el escalón.
- Las tapas sirven de puente en las terrazas.
- Es de fácil mantenimiento.
- Ofrece economía y facilidad en la construcción (con el uso de formaletas tipo y pocas excavaciones).



**Figura 12.** Canal de rápidas con tapa y columpio

**Fuente:** Manual de estructuras de vertimiento. Universidad Nacional de Colombia

La propuesta de diseño de los disipadores se basó en una cartilla llamada Manual de Estructuras de Vertimiento, de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales, optando por escoger el canal de pantallas deflectoras y el canal de rápidas con tapa y columpio como modelo para el trabajo.

De acuerdo con las investigaciones y experiencias que se realizaron con los dos tipos de disipadores, se hace posible llevarlos al campo constructivo teniendo en cuenta que para cada uno las especificaciones técnicas difieren. Para el PR 55+016 se estableció el diseño de un disipador de pantallas deflectoras, el cual se adopta como estructura de entrada y de salida respectivamente para el encole y descole, ya que en esta zona los taludes tienen pendientes hasta del 50%, y rigiéndose por el criterio del manual de estructuras de vertimiento, para este tipo de disipador la pendiente máxima con la cual se puede utilizar es del 50%, por la eficiente capacidad que tiene la estructura de disminuir la velocidad del agua a través de su canal, es

adecuada para el tratamiento de la erosión del terreno, ya que en la geología encontrada, tenemos suelos altamente erosionables. Para los PR 63+092 y PR 64+463 se decide diseñar un dissipador de rápidas con tapa y columpio siguiendo el criterio adoptado por el manual de estructuras de vertimiento; las pendientes observadas en estos dos puntos tanto en el encole como en el descole son del rango de 50% al 100%, por lo cual la pendiente máxima que tolera la puesta en obra de este tipo de dissipador es del 100%. Las dos estructuras manejan una disipaci3n de energía diferente, debido a su parte constructiva y por la trayectoria que tiene el agua a través de él.



**Figura 13.** Canal de pantallas deflectoras (Modelo experimental)

**Fuente:** Manual de estructuras de vertimiento. Universidad Nacional de Colombia



**Figura 14.** Canal de rápidas con tapa y columpio (Modelo experimental)

**Fuente:** Manual de estructuras de vertimiento. Universidad Nacional de Colombia

## 2.2 Enfoque Legal

Las normas que rigen el proyecto realizado son las siguientes:

**2.2.1 Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, RAS 2000.** Este Reglamento fija los requisitos técnicos que deben cumplir los diseños, las obras y procedimientos correspondientes al sector de agua potable y saneamiento básico y sus actividades complementarias.

**Manual de drenaje para carreteras. Instituto Nacional de Vías (2011).**

**Descripción:** Este manual contiene todos los correspondientes requisitos técnicos para la construcción y diseño de las distintas obras de drenaje que se encuentran en la vía.

**Manual de inspección para drenaje en carreteras. Instituto Nacional de Vías (2011).**

**Descripción:** Contiene los procedimientos necesarios para la inspección de los daños que se presentan en las obras drenaje, para su correcto mantenimiento y posterior control.

## Capítulo 3. Informe de cumplimiento de trabajo

### 3.1 Presentación de resultados.

De acuerdo con el orden de desarrollo de los objetivos, a continuación, se muestra en evidencia las actividades realizadas para el logro de cada uno de ellos.

#### **3.1.1 Actualizar la base de datos del inventario vial existente para una mejor organización del mismo**

En el [Apéndice A](#) se muestra el cuadro que contempla la descripción de cada obra de drenaje ubicada en cada PR, este formato comprende información sobre las obras de drenaje transversal tales como el encole y descole específicamente; mostrando dimensiones, pendiente, material del cual están contruidos, la capacidad hidráulica de la alcantarilla la cual tiene un valor de  $2,218 \frac{m^3}{s}$ , y se mencionan las diferentes partes que conforman todo el conjunto del sistema de drenaje transversal y por último las observaciones en donde se estipula el estado en el cual se encuentran.

#### **3.1.2 Realizar la caracterización de las obras de drenaje comunes del tramo vial del Sector entre Ocaña y Alto del Pozo.**

En el cumplimiento del objetivo, se realizaron varias actividades como: visitas de campo en la cual se hizo una inspección de cada estructura con la finalidad de recolectar la información que se especifica en los formatos que posteriormente se elaboraron, basados en el manual de inspección para obras de drenaje del INVIAS; con la realización de éstos se diligenció algunas características de las obras, con la finalidad de que se

implementen en la administración vial como un aporte en la organización de éstas.

La caracterización se centró en las alcantarillas con sus respectivos encoles y descoles, debido a que estas son las estructuras hidráulicas más representativas en el tramo vial entre Ocaña (Pr 00+000) y Alto del Pozo (Pr 69+000, cabe aclarar que solo se muestran las estructuras que en la actualidad se encuentran en un estado regular, entendiendo que en este estado se evidencia un drenaje insuficiente por acumulación de sedimentos en el encole lo cual no permite el paso natural del agua; ausencia de una estructura de disipación en el descole, lo cual permite que el agua caiga directamente al terreno produciendo paulatinamente el evento llamado erosión

**Tabla 4.**

*Formato de caracterización de obras de drenaje (PR 68 + 534)*

<b>CARACTERIZACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL</b>			
<b>Tipo de obra:</b> Alcantarilla	<b>Diámetro(m)</b>	<b>Complejidad de la alcantarilla</b>	
<b>Tipo de alcantarilla:</b> Tubería	0,90	Simple	
<b>Estado actual de la estructura:</b> Regular	<b>Longitud(m)</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Material de la tubería</b>
<b>Tubería</b>	9,2	2%	Concreto
<b>Capacidad Hidráulica</b>		$2,218 \frac{m^3}{s}$	
<b>Estructura de conducción</b>	<b>Entrada</b>	<b>Medidas</b>	<b>Salida</b>
<b>Encole y Descole</b> Muro cabezal	Contiene	1,40m de altura	Contiene
Guardaruedas	Contiene	20cmx1,1	Contiene
Aletas	Contiene	1,40x1,20	Contiene
Poceta	Contiene	1,40x1	No Contiene
<b>Registro fotográfico</b>			
			

**Fuente:** Autor de la Pasantía

**Tabla 5***Formato de caracterización de obras de drenaje (PR 67+979)*

<b>CARACTERIZACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL</b>			
<b>Tipo de obra:</b> Alcantarilla	<b>Diámetro(m)</b>		<b>Complejidad de la alcantarilla</b>
<b>Tipo de alcantarilla:</b> Tubería	0,90		Simple
<b>Estado actual de la estructura:</b> Regular <b>Tubería</b>	<b>Longitud(m)</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Material de la tubería</b>
<b>Capacidad Hidráulica</b>	9,2	2%	Concreto
<b>Estructura de conducción</b> <b>Encole y Descole</b>	<b>Entrada</b>	<b>Medidas</b>	<b>Salida</b>
Muro cabezal	Contiene	1,45m de altura	Contiene
Guardaruedas	Contiene	20cmx1,1	Contiene
Aletas	Contiene	1,45x1,20	Contiene
Poceta	Contiene	1,45x1,1	No Contiene





**Fuente:** Autor de la pasantía

Tabla 6

Caracterización de obras de drenaje PR 64+243

CARACTERIZACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL			
<b>Tipo de obra:</b> Alcantarilla	<b>Diámetro(m)</b>	<b>Complejidad de la alcantarilla</b>	
<b>Tipo de alcantarilla:</b> Tubería	0,90	Simple	
<b>Estado actual de la estructura:</b> Regular <b>Tubería</b>	<b>Longitud(m)</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Material de la tubería</b>
	9,2	2%	Concreto
<b>Capacidad Hidráulica</b>		$2,218 \frac{m^3}{s}$	
<b>Estructura de conducción</b> <b>Encole y Descole</b>	<b>Entrada</b>	<b>Medidas</b>	<b>Salida</b>
Muro cabezal	Contiene	1,45m de altura	Contiene
Guardaruedas	Contiene	20cmx1,1	Contiene
Aletas	Contiene	1,45x1,20	Contiene
Poceta	Contiene	1,45x1,1	No Contiene

#### Registro fotográfico



Fuente: Autor de la pasantía

Tabla 7

Formato de caracterización de obras de drenaje (PR 66+841)

CARACTERIZACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL			
<b>Tipo de obra:</b> Alcantarilla	<b>Diámetro(m)</b>		<b>Complejidad de la alcantarilla</b>
<b>Tipo de alcantarilla:</b> Tubería	0,90		Simple
<b>Estado actual de la estructura:</b> Regular <b>Tubería</b>	<b>Longitud(m)</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Material de la tubería</b>
	9,8	2%	Concreto
<b>Capacidad Hidráulica</b>		$2,218 \frac{m^3}{s}$	
<b>Estructura de conducción</b> <b>Encole y Descole</b>	<b>Entrada</b>	<b>Medidas</b>	<b>Salida</b>
Muro cabezal	Contiene	1,40m de altura	Contiene
Guardaruedas	Contiene	18cmx1,1	Contiene
Aletas	Contiene	1,40x1,22	Contiene
Poceta	Contiene	1,40x1,1	No Contiene
<b>Registro fotográfico</b>			
			

**Fuente:** Autor de la pasantía

**Tabla 8***Formato de caracterización de obras de drenaje (PR 65+951)*

<b>CARACTERIZACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL</b>			
<b>Tipo de obra:</b> Alcantarilla	<b>Diámetro(m)</b>	<b>Complejidad de la alcantarilla</b>	
<b>Tipo de alcantarilla:</b> Tubería	0,90	Simple	
<b>Estado actual de la estructura:</b> Regular <b>Tubería</b>	<b>Longitud(m)</b> 9,8	<b>Pendiente</b> 2%	<b>Material de la tubería</b> Concreto
<b>Capacidad Hidráulica</b>		$2,218 \frac{m^3}{s}$	
<b>Estructura de conducción</b> <b>Encole y Descole</b>	<b>Entrada</b>	<b>Medidas</b>	<b>Salida</b>
Muro cabezal	Contiene	1,40m de altura	Contiene
Guardaruedas	Contiene	20cmx 1,1	Contiene
Aletas	Contiene	1,40x1,24	Contiene
Poceta	Contiene	1,40x1,1	No Contiene
<b>Registro fotográfico</b>			
			

**Fuente:** Autor de la pasantía

**Tabla 9***Formato de caracterización de obras de drenaje (PR 67+445)*

<b>CARACTERIZACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL</b>			
<b>Tipo de obra:</b> Alcantarilla	<b>Diámetro(m)</b>	<b>Complejidad de la alcantarilla</b>	
<b>Tipo de alcantarilla:</b> Tubería	0,90	Simple	
<b>Estado actual de la estructura:</b> Regular	<b>Longitud(m)</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Material de la tubería</b>
<b>Tubería</b>	10,5	2%	Concreto
<b>Capacidad Hidráulica</b>		$2,218 \frac{m^3}{s}$	
<b>Estructura de conducción</b>	<b>Entrada</b>	<b>Medidas</b>	<b>Salida</b>
<b>Encole y Descole</b>			
Muro cabezal	Contiene	1,40m de altura	Contiene
Guardaruedas	Contiene	20cmx 1,1	Contiene
Aletas	Contiene	1,40x1,24	Contiene
Poceta	Contiene	1,40x1,1	No Contiene
<b>Registro fotográfico</b>			
			

**Fuente:** Autor de la pasantía

**Tabla 10***Formato de caracterización de obras de drenaje (PR 67+330)*

<b>CARACTERIZACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL</b>			
<b>Tipo de obra:</b> Alcantarilla		<b>Diámetro(m)</b>	<b>Complejidad de la alcantarilla</b>
<b>Tipo de alcantarilla:</b> Tubería		0,90	Simple
<b>Estado actual de la estructural:</b>	<b>Longitud(m)</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Material de la tubería</b>
Regular			Concreto
<b>Tubería</b>	10,5	2%	
<b>Capacidad Hidráulica</b>		$2,218 \frac{m^3}{s}$	
<b>Estructura de conducción</b>	<b>Entrada</b>	<b>Medidas</b>	<b>Salida</b>
<b>Encole y Descole</b>			
Muro cabezal	Contiene	1,46m de altura	Contiene
Guardaruedas	Contiene	20cmx 1	Contiene
Aletas	Contiene	1,40x1,24	Contiene
Poceta	Contiene	1,46x1	No Contiene

**Registro fotográfico****Fuente:** Autor de la pasantía

**Tabla 11.***Formato de caracterización de obras de drenaje (PR 67+052)*

<b>CARACTERIZACIÓN DE OBRAS DE DRENAJE TRANSVERSAL</b>			
<b>Tipo de obra:</b> Alcantarilla	<b>Diámetro(m)</b>		<b>Complejidad de la alcantarilla</b>
<b>Tipo de alcantarilla:</b> Tubería	0,90		Simple
<b>Estado actual:</b> Regular	<b>Longitud(m)</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Material de la tubería</b>
<b>Tubería</b>	9	2%	Concreto
<b>Capacidad hidráulica</b>		2,218 $\frac{m^3}{s}$	
<b>Estructura de conducción</b>	<b>Entrada</b>	<b>Medidas</b>	<b>Salida</b>
<b>Encole y Descole</b>			
Muro cabezal	Contiene	1,40m de altura	Contiene
Guardaruedas	Contiene	20cmx 1,2	Contiene
Aletas	Contiene	1,40x1,24	Contiene
Poceta	Contiene	1,40x1	No Contiene
<b>Registro fotográfico</b>			
			

**Fuente:** Autor de la pasantía

A continuación, se muestran cuatro figuras que contienen unos formatos que utiliza el INVIAS para la inspección de obras de drenaje, en el trabajo individual se basó en éstos para elaborar unos formatos en la caracterización de las estructuras de drenaje de acuerdo a los puntos que se encontraron como críticos en la ruta Ocaña – Alto el Pozo, cabe aclarar que solo se tomaron algunos datos, ya que estos formatos son utilizados en mayor medida para el registro de daños de la estructura en general.

TIPO DE ALCANTARILLA			
CAJÓN:	<input type="checkbox"/>	ANCHO (m):	ALTURA (m):
TUBERÍA:	<input checked="" type="checkbox"/>	DIAMETRO (m):	0.9
SIMPLE:	<input checked="" type="checkbox"/>		
DOBLE:	<input type="checkbox"/>		
MÚLTIPLE:	<input type="checkbox"/>	No. DE DUCTOS:	
OTRA:	<input type="checkbox"/>	CUAL:	

**Figura 15.** Formato de inspección INVIAS

**Fuente:** Manual de inspección de obras de drenaje INVIAS

CARACTERÍSTICAS DEL DUCTO(S)	
LONGITUD (m):	9
ANGULO DE ESVAJE (°):	0
MATERIAL DE TUBERÍA:	<input checked="" type="checkbox"/> CONCRETO: <input type="checkbox"/> METÁLICA: <input type="checkbox"/> OTRA: CUAL: _____

**Figura 16.** Formato de inspección INVIAS

**Fuente:** Manual de inspección de obras de drenaje INVIAS

ELEMENTOS DE LA ALCANTARILLA		
	ENTRADA	SALIDA
ESTRUCTURA DE CONDUCCIÓN: (ENCOLE-DESCOLE)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
MURO CABEZAL :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
GUARDARUEDAS:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ALETAS:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
MURO DE ACOMPAÑAMIENTO:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
POCETA O LAVADERO:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SOLADO:	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 17. Formato de inspección INVIAS

Fuente: Manual de inspección de obras de drenaje INVIAS

ELEMENTOS	REGISTRO DE DAÑOS	CUANTIFICACIÓN		FOTOGRAFIA No.
		CANT.	UN.	
ENCOLE: Longitud: Sección:				
MURO CABEZAL: Espesor: 0,15m Longitud: 2,0m Altura: 3,0m	Greta vertical con un espesor de 1 mm, profundidad 3 mm, longitud 2 m.	2	m	3 a 5
GUARDARUEDAS: Espesor: 0,15m Longitud: 2,0m Altura: 0,2m	Desplazamiento de 0,5 m <sup>2</sup> causado por el golpe de un vehículo, esto generó la exposición del muro de refuerzo. Requiere mantenimiento	0,3	m <sup>2</sup>	6
ALETAS: Altura inicial: Longitud: Altura final:				
MURO DE ACOMPAÑAMIENTO: Longitud: Espesor: POCETA: Altura: Ancho: Largo: SOLADO:				
DUCTO (S):	Fractura de una sección de tubería con una longitud de 2 m ubicada en la parte central que generó un hundimiento en la estructura de pavimento	1	Tub = $\phi$ 90cm	7 y 8
MURO CABEZAL: Espesor: Longitud: Altura: GUARDARUEDAS: Espesor: Longitud: Altura: ALETAS: Altura inicial: 1,5m Longitud: 2,0m Altura final: 2,0m	Se presenta un greta de 2mm de espesor, profundidad 2mm y una longitud de 2m.	1	m	9
MURO DE ACOMPAÑAMIENTO: Longitud: Espesor: POCETA: Profundidad: Ancho: Largo: SOLADO:				
DESCOLE: Longitud: 5 m Sección: 1m*1m	Estructura de Alcantarilla que consta de 5 escalones y entrega el agua al terreno natural, se observa cavación del terreno			

Figura 18. Formato de inspección INVIAS

Fuente: Manual de inspección de obras de drenaje INVIAS

**3.1.3 Proponer el diseño hidráulico de las estructuras de encole y descole en los PR 55+016, PR 63+092 y PR 64+463 como herramienta futura para próximos estudios que realice el INVIAS en cuanto al drenaje transversal.**

En el tramo de vía de Ocaña a Alto del Pozo se identificaron 3 puntos críticos ubicados en los PR 55+016, PR 63+092 y PR 64+463, en los cuales se observó la erosión del talud tanto superior como inferior, por lo cual como alternativa de solución para detener la progresión del mismo se recurre a la propuesta de diseño de un tipo de dissipador ajustado a las pendientes encontradas según la topografía del terreno.

En primera instancia se realizó la localización de los puntos que abarcan la propuesta, para lo cual se utilizaron dos herramientas, un GPS Garmin y posteriormente Google Earth, donde se señalan los lugares de estudio, en la figura 19 se aprecia la localización general de los PR 55+016, PR 63+092 y PR 64+463.

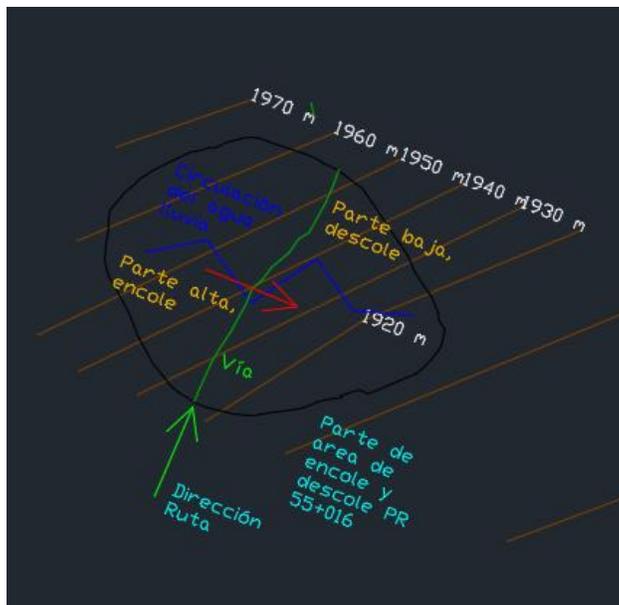


**Figura 19.** Localización general de los PR 55+016, PR 63+092, PR 64+463

**Fuente:** GPS Garmin, Google Earth

En la figura 20 se muestran las curvas de nivel para el encole y descole en el PR 55+016, en donde se ubica cada dissipador como estructura de entrada y salida, con una parte de la vía y la dirección de la circulación del agua lluvia.

### Encole y descole PR 55+016

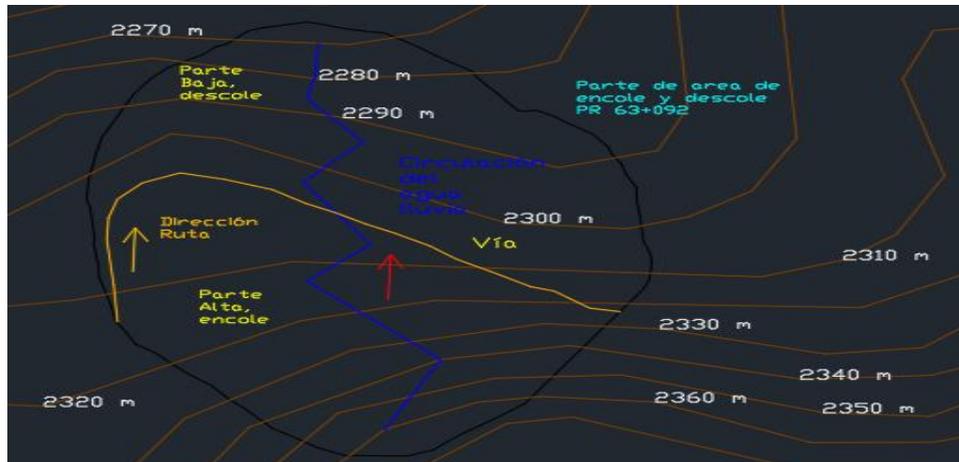


**Figura 20.** Curvas de nivel encole y descole PR 55+016 con la circulación del agua

**Fuente:** Autor de la pasantía

En la figura 21 se muestran las curvas de nivel para el encole y descolecte en el PR 63+092, en donde se ubica cada dissipador como estructura de entrada y salida, con una parte de la vía y la dirección de la circulación del agua lluvia.

### Encole y descolecte PR 63+092

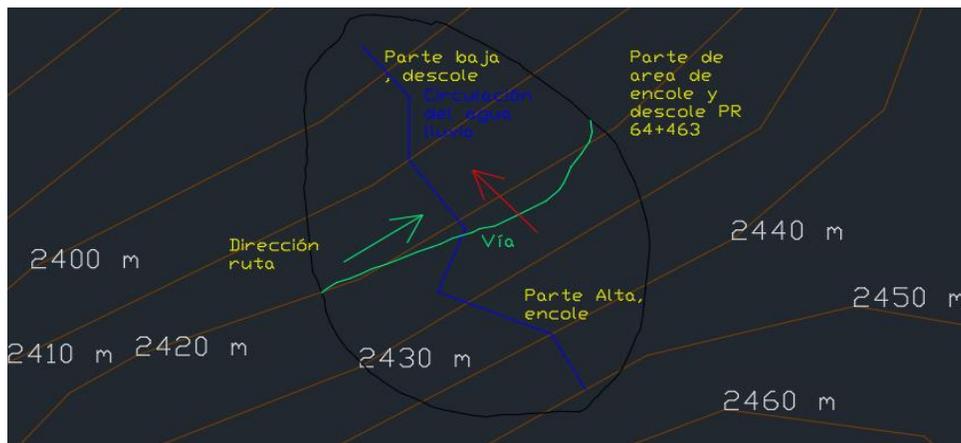


**Figura 21.** Curvas de nivel encole descolecte PR 63+092, con la circulación del agua

**Fuente:** Autor de la pasantía

En la figura 22 se muestran las curvas de nivel para el encole y descolecte en el PR 63+092, en donde se ubica cada dissipador como estructura de entrada y salida, con una parte de la vía y la dirección de la circulación del agua lluvia.

## Encole y descole PR 64+463



**Figura 22.** Curvas de nivel encole y descole PR 64+463 y circulación del agua

**Fuente:** Autor de la pasantía

En la figura 23 se muestra la ruta PR 55+016 a PR 63+092 con la información que se da a continuación

Distancia: PR 55+016 a PR 63+092= 8.076metros

En total 9.447metros de distancia



**Figura 23.** Ruta PR55+016 a PR63+092

**Fuente:** Autor de la pasantía

En la figura se muestra la ruta PR 63+092 a PR 64+463 con la información que se da a continuación

Distancia: PR 63+092 a PR 64+463= 1.371metros

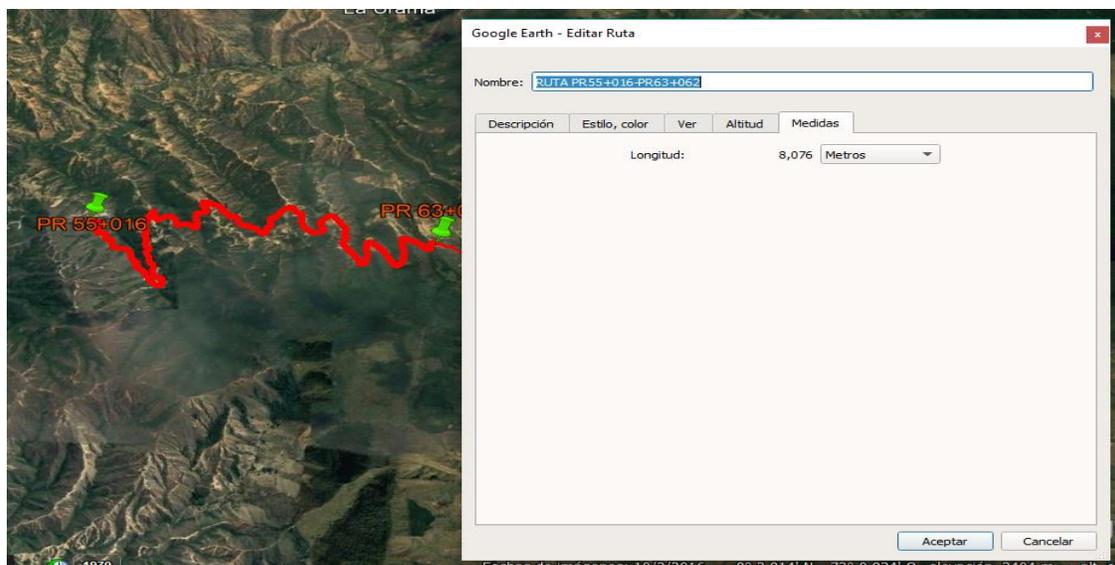


**Figura 24.** Ruta PR 63+092 a PR 64+463

**Fuente:** Autor de la pasantía

En total 9.447metros de distancia desde el PR 55+016 AL PR 64+463

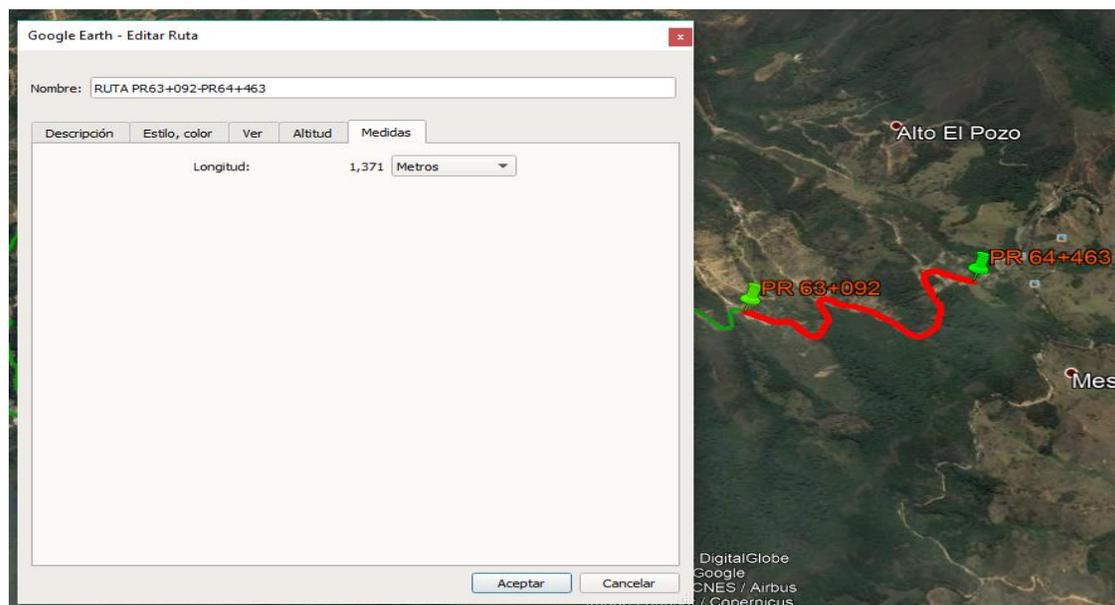
La figura 25 mostrada evidencia el valor de la longitud descrita anteriormente; por medio de la aplicación Google Earth se comprobó su veracidad para la ruta PR 55+016 A PR 63+092



**Figura 25.** Evidencia Distancia

**Fuente:** Autor de la pasantía

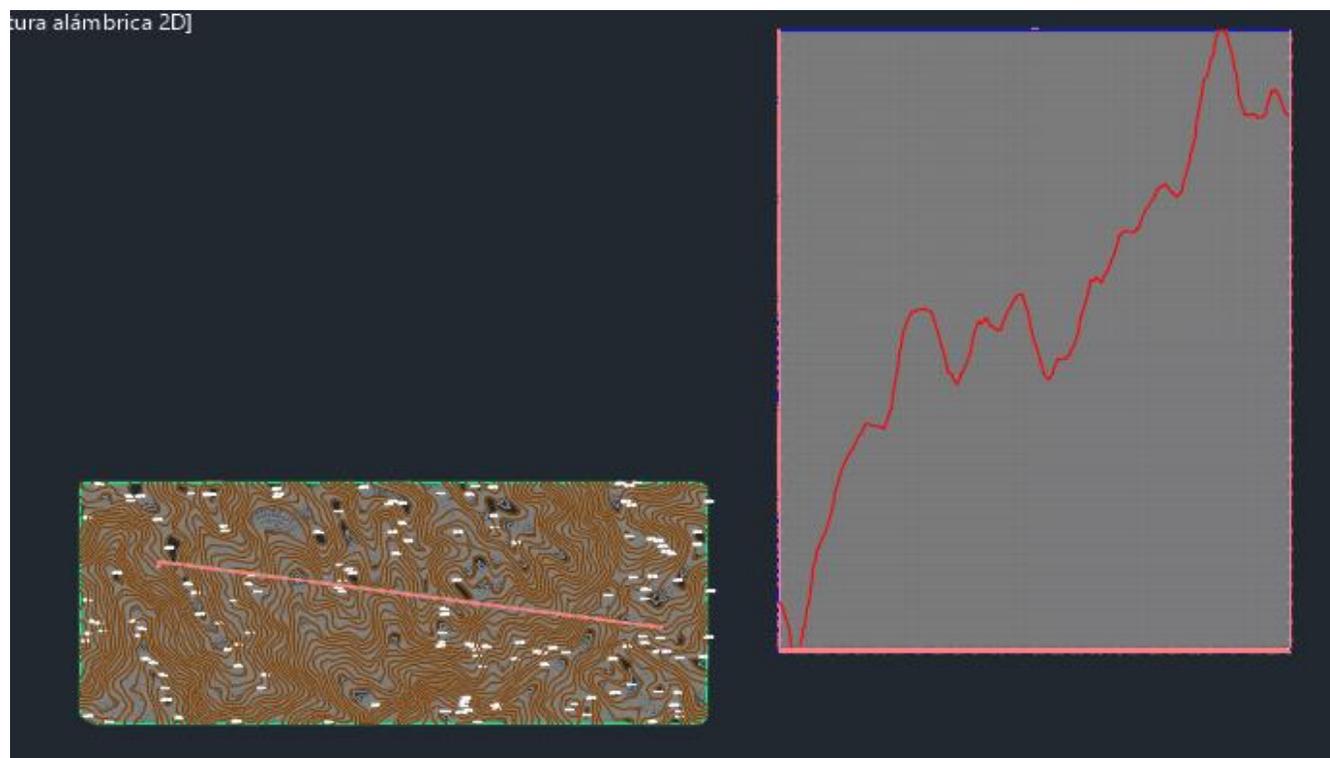
La figura 26 mostrada evidencia el valor de la longitud descrita anteriormente; por medio de la aplicación Google Earth se comprobó su veracidad para la ruta PR 63+092 A PR 64+463



**Figura 26.** Evidencia Distancia

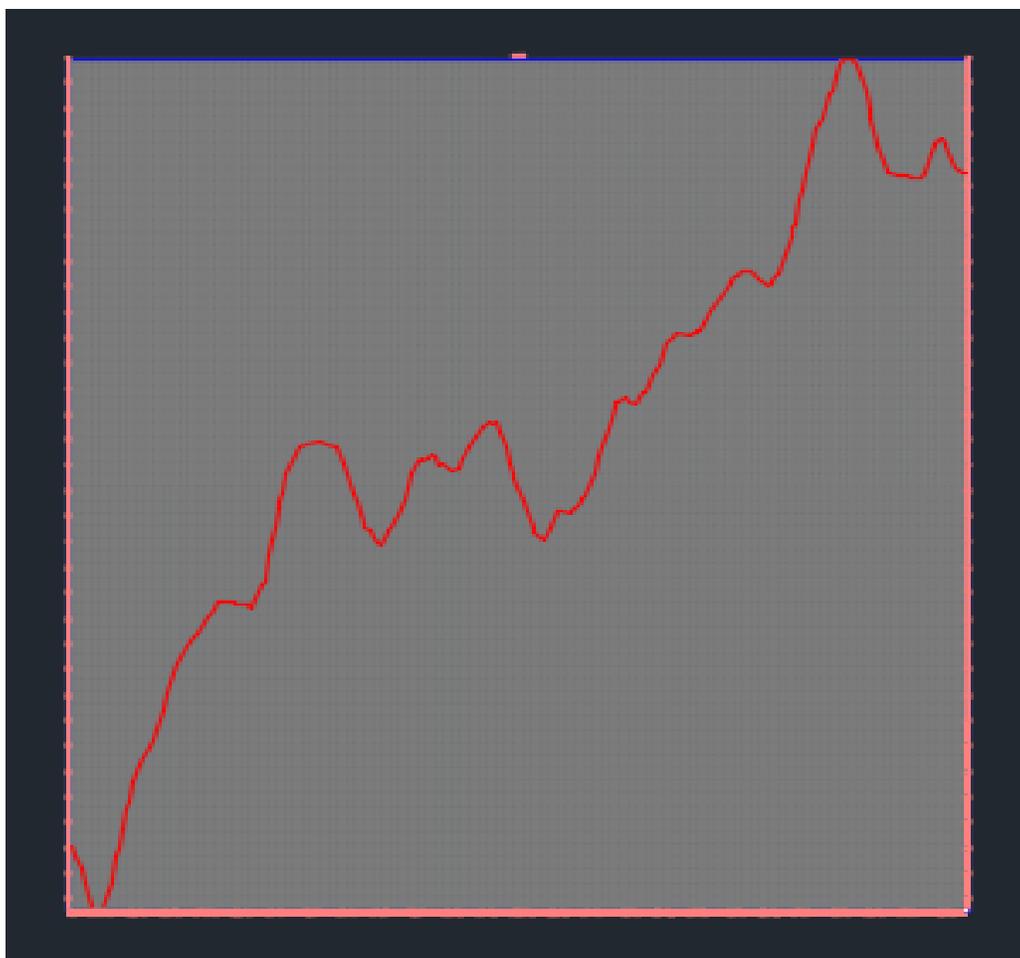
**Fuente:** Autor de la pasantía

Como complemento de la topografía se realizó un perfil longitudinal de una parte de la vía que contiene los tres PR.



**Figura 27.** Perfil longitudinal vía

**Fuente:** Autor de la pasantía



**Figura 28.** Perfil longitudinal más detallado de la vía

**Fuente:** Autor de la pasantía

A continuación, se muestran las figuras pertenecientes a cada zona de encole y descole de los respectivos PR; en esta primera figura tenemos el encole del PR 55+016, en el cual se observó ausencia de una estructura de disipación, también las condiciones estructurales de los componentes de entrada presentan algunos daños que se traducen en fisuras además de ello acumulación de sedimentos en la poceta lo cual el agua pasa hacia la alcantarilla con dificultad.



**Figura 29.** Encole PR 55+016

**Fuente:** Autor de la Pasantía

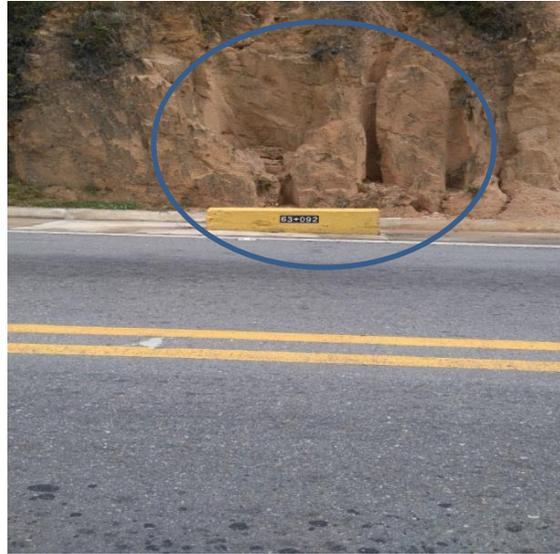
En la figura 33 mostrada perteneciente al descole del PR 55+016, se evidencia ausencia de una estructura de disipación lo cual hace que el agua que circula a través de la alcantarilla se deposite directamente en el terreno natural y es allí en donde se va generando la erosión del mismo.



**Figura 30.** Descole PR 55+016

**Fuente:** Autor de la Pasantía

En la figura 34 se muestra el segundo punto de estudio: Talud del PR 63+092, en ella se puede observar el evento de la erosión afectando en gran medida la base del talud, comenzando desde una parte alta hasta su apoyo en el suelo, el óvalo dibujado se hizo con la finalidad de mostrar específicamente el deterioro por causa de la erosión



**Figura 31.** Encole PR 63+092

**Fuente:** Autor de la Pasantía

En la figura 35 correspondiente al descole de ese mismo PR, se puede observar la ausencia de una estructura de disipación que conduzca el agua hasta un sitio seguro en donde no se observe erosión alguna, en este caso el agua cae directamente al terreno natural.



**Figura 32.** Descole PR 63+092

**Fuente:** Autor de la Pasantía

En la figura 36 se da a conocer el encole en el talud PR 64+463, el cual no contiene una estructura de disipación definida, solo hay un canal natural que conduce el agua hacia la poceta.



**Figura 33.** Encole PR 64+463

**Fuente:** Autor de la Pasantía

En la figura 37, se refleja más concretamente el evento de la erosión, el sistema hidráulico de descole presenta ausencia de un disipador lo que ha originado que a través del tiempo el agua cause las cárcavas bastante pronunciadas que se pueden observar, estas cárcavas se producen cuando las paredes inferiores del talud aumentan su resistencia y van formando una especie de letra V.



**Figura 34.** Descole PR 64+463

**Fuente:** Autor de la Pasantía

En la figura 38 perteneciente al PR 55+016, se procede a la colocación de las cotas inicial y final, delimitando la parte más alta y baja del talud, para este procedimiento por medio de la herramienta Google Earth, se manejaron las vistas del terreno, de tal manera que se tuviera un punto alto y un punto bajo y específicamente se obtuvieron los datos con las cuales se hallaron las elevaciones y longitudes para poder obtener la pendiente del talud.



**Figura 35.** Colocación de cotas

**Fuente:** Autor de la pasantía

En la figura 39, mostrando el PR 63+092 se procede a la colocación de las cotas inicial y final, delimitando la parte más alta y baja del talud.



**Figura 36.** Colocación cotas

**Fuente:** Autor de la pasantía

En la figura 40, mostrando el PR 64+463 se procede a la colocación de las cotas inicial y final, delimitando la parte más alta y baja del talud.



**Figura 37.** Colocación de cotas

**Fuente:** Autor de la pasantía

### **Realización de los cálculos respectivos para hallar el caudal de diseño.**

En los valores de caudal de diseño en cada disipador, se tuvieron en cuenta variables como la intensidad de lluvia (mm/h), áreas (ha) y el coeficiente de escorrentía para laderas con vegetación (C) y posteriormente se utilizó la ecuación  $Q = C \cdot I \cdot A$ , conocida como el método racional. Las áreas se determinaron a partir de la aplicación Google Earth y AUTOCAD abarcando manualmente las secciones respectivas. Para hallar la intensidad de lluvia se realizó el siguiente procedimiento:

**Variables halladas:** Pendiente del terreno en la ubicación de cada PR(S), Tiempo de entrada  $T_e$ , velocidad media de escorrentía  $V_s$ .

Según la fuente informativa RAS2000, el Soil Conservation Service(SCS) propone estimar  $T_e$  con base en la velocidad media de escorrentía superficial sobre el área de drenaje y la distancia de recorrido.

$$T_e = \frac{L}{60 * V_s}$$

Siendo  $L$ , la longitud del tramo en estudio y  $V_s$  velocidad media de escorrentía la cual se puede aproximar por la siguiente ecuación:

$$V_s = a * S^{\frac{1}{2}}$$

En donde 'a' es una constante que depende del tipo de flujo de superficie, tal como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 12.**

*Parámetro a de acuerdo con el tipo de superficie*

<b>Tipo de superficie</b>	<b>a</b>
Bosque con sotobosque denso	0,7
Pastos y patios	2
Áreas cultivadas en surcos	2,7
Suelos desnudos	3,15
Áreas pavimentadas y tramos iniciales de quebradas	6,5

**Fuente:** RAS2000

Por lo tanto, para cada PR tanto la estructura de entrada como la de salida se obtuvieron los

siguientes resultados:

### **PR 55 +016 Encole**

Para el Cálculo de la pendiente se utilizará la siguiente ecuación

$$S = \frac{\text{Cota mas alta (CI)} - \text{Cota mas baja(CF)}}{\text{Longitud del tramo (L)}}$$

Según la información recolectada en campo se obtuvo lo siguiente

Cota más Alta (CI) = 1955 msnm

Cota más baja (CF) = 1922 msnm

Longitud del tramo (L) = 104,22m (Longitud hallada entre los puntos alto y bajo mostrados en las figuras correspondientes y medida con el comando mencionado(Regla))

Lo cual el resultado obtenido es:

$$S = \frac{1955m - 1922m}{104,22m} = 0,32$$

**Cálculo de Vs:** Las áreas observadas contienen abundante vegetación por lo tanto para elegir el valor del parámetro 'a' se tiene en cuenta los valores registrados en la tabla 12 y se escoge 0,70 bosque con sotobosque denso, por lo tanto, se obtuvo:

$$V_s = 0,70 * (0,32)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{0,39m/s}$$

**Cálculo de Te:**

$$T_e = \frac{104,22m}{60 * 0,39m/s} = \mathbf{4,45min}$$

Para el cálculo de la intensidad se tuvo en cuenta el período de retorno para las obras de drenaje vial según fuente informativa del INVIAS (2011), dada en la siguiente tabla.

**Tabla 13***Periodo de retorno de diseño para obras de drenaje vial*

<b>TIPO DE OBRA</b>	<b>PERIO DE RETORNO EN AÑOS</b>
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Alcantarillas de 0,90m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0,90m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10m y menor a 50m	50
Puente de luz mayor o igual a 50m	100
Drenaje subsuperficial	2

**Fuente:** Manual de drenaje para carreteras. INVIAS 2011

Para el proyecto, se escogió el periodo de retorno de 10 años, puesto que la estructura que se está considerando es de caída.

Con los datos recopilados anteriormente, se halló la intensidad de lluvia para la primera estructura en el PR especificado con la utilización de las curvas IDF de la zona de Ábrego, municipio de Ocaña, Norte de Santander, a continuación, se muestra la tabla de las ecuaciones respectivas.

**Tabla 14**

*Ecuaciones curvas IDF para la zona de Ábrego, Norte de Santander*

TIEMPO DE RETORNO	ECUACIÓN
4	$I_4 = 1069060 (D+88)^{-2.02207}$
5	$I_5 = 1979400 (D+94)^{-2.11586}$
7	$I_7 = 4548340 (D+102)^{-2.24155}$
10	$I_{10} = 12381400 (D+112)^{-2.39415}$
25	$I_{25} = 612271000 (D+153)^{-2.9921}$
50	$I_{50} = 16114800000 (D+187)^{-3.48397}$

**Fuente:** Alcaldía de Ábrego, Norte de Santander

Por lo tanto:

Con una duración D hallada de 4,45 minutos, un periodo de retorno de 10 años, la ecuación correspondiente para la intensidad en mm/hr es  **$I_{10} = 12381400 (D+112)^{-2.39415}$** .

Reemplazando el valor D se obtiene:

$$I_{10} = 12381400 * (4,45min + 112)^{-2,39415} = \mathbf{140mm/hr}$$

Teniendo en cuenta el coeficiente de escorrentía según fuente informativa del RAS2000 en la siguiente tabla:

**Tabla 15***Coefficiente de Escorrentía*

TIPO DE SUPERFICIE	C
Cubiertas	0,75-0,95
Pavimentos asfálticos y superficie de concreto	0,70-0,95
Vías adoquinadas	0,70-0,85
Zonas comerciales o industriales	0,60-0,95
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0,75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas entre éstos	0,60-0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,40-0,60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Residencial con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0,30
Laderas sin vegetación	0,60
Laderas con vegetación	0,30
Parques recreacionales	0,20-0,35

**Fuente:** RAS2000

El valor escogido de C para la ecuación del método racional es 0,30 ya que en la topografía observada en el lugar se apreció abundante vegetación. Por consiguiente, el caudal de diseño es:

$$Q_d = 0,30 * \frac{140mm}{hr} * 1,87ha = \frac{0,218m^3}{s}, 218l/s$$

**Nota:** 140mm/h convertidos a m/s=  $3,61183 \times 10^{-5}$ m/s; 1,87ha convertidas a  $m^2=18700m^2$ , por consiguiente, en los cálculos posteriores se realiza el mismo procedimiento. En la siguiente tabla se registran los valores hallados para una mejor comprensión del procedimiento

**Tabla 15***Variables calculadas encole*

<b>DATOS PR 55+016</b>	<b>RESULTADOS</b>
Pendiente(S)	0,32
Velocidad de Escorrentía(Vs)	0,39m/s
Tiempo de Entrada(Te)	4,45min
Ecuación de intensidad, duración y frecuencia ( $I_{10}$ )	140mm/hr
Caudal de diseño ( $Q_D$ )	$0,218 \frac{m^3}{s}$

**Fuente:** Autor de la pasantía**PR 55 +016 Decole**

Para el Cálculo de la pendiente se utilizará la siguiente ecuación

$$S = \frac{\text{Cota mas alta (CI)} - \text{Cota mas baja(CF)}}{\text{Longitud del tramo (L)}}$$

Según la información recolectada en campo se obtuvo lo siguiente

Cota más Alta (CI) = 1919 msnm

Cota más baja (CF) = 1906 msnm

Longitud del tramo (L) = 40,53m (Longitud hallada entre los puntos alto y bajo mostrados en las figuras correspondientes y medida con el comando mencionado(Regla))

Lo cual el resultado obtenido es:

$$S = \frac{1919m - 1906m}{40,53m} = \mathbf{0,32}$$

**Cálculo de Vs:** Las áreas observadas contienen abundante vegetación por lo tanto para elegir el valor del parámetro 'a' se tiene en cuenta los valores registrados en la tabla 12 y se escoge 0,70 bosque con sotobosque denso, por lo tanto, se obtuvo:

$$V_s = 0,70 * (0,32)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{0,39m/s}$$

**Cálculo de Te:**

$$T_e = \frac{40,53m}{60 * 0,39m/s} = \mathbf{1,73min}$$

Para el proyecto, el mismo dato que se empleó para el encole, se escogió el periodo de retorno de 10 años, puesto que la estructura que se está considerando es de caída.

Con los datos recopilados anteriormente, se halló la intensidad de lluvia para la segunda estructura(descole) en el PR especificado con la utilización de las curvas IDF de la zona de Ábrego, municipio de Ocaña, Norte de Santander.

Con una duración D hallada de 1,77minutos, un periodo de retorno de 10 años, la ecuación correspondiente para la intensidad en mm/hr es  **$I_{10} = 12381400 (D+112)^{-2,39415}$** .

Reemplazando el valor D se obtiene:

$$I_{10} = 12381400 * (1,73min + 112)^{-2,39415} = \mathbf{148,15mm/hr}$$

El valor escogido de C para la ecuación del método racional es 0,30, respectivamente de la tabla 15 ya que en la topografía observada en el lugar se apreció abundante vegetación. Por consiguiente, el caudal de diseño es:

$$Q_d = 0,30 * \frac{148,15mm}{hr} * 1,16ha = \frac{0,143m^3}{s}, 143l/s$$

**Tabla 16**

*Variables calculadas descole*

<b>DATOS PR 55+016</b>	<b>RESULTADOS</b>
Pendiente(S)	0,32
Velocidad de Escorrentía(Vs)	0,39m/s
Tiempo de Entrada(Te)	1,73min
Ecuación de intensidad, duración y frecuencia ( $I_{10}$ )	148,15mm/hr
Caudal de diseño ( $Q_D$ )	$0,143\frac{m^3}{s}$

**Fuente:** Autor de la pasantía

### **PR 63 +092 Encole**

Para el Cálculo de la pendiente se utilizará la siguiente ecuación

$$S = \frac{\text{Cota mas alta (CI)} - \text{Cota mas baja (CF)}}{\text{Longitud del tramo (L)}}$$

Según la información recolectada en campo se obtuvo lo siguiente

Cota más Alta (CI) = 2350 msnm

Cota más baja (CF) = 2297 msnm

Longitud del tramo (L) = 124m (Longitud hallada entre los puntos alto y bajo mostrados en las figuras correspondientes y medida con el comando mencionado(Regla))

$$S = \frac{2350m - 2297m}{124m} = 0,43$$

**Cálculo de Vs:** Las áreas observadas contienen abundante vegetación por lo tanto para

elegir el valor del parámetro  $\alpha$  nos vamos a la tabla 12 y escogemos 0,70 bosques con sotobosque denso, por lo tanto, tenemos:

$$V_s = 0,70 * (0,43)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{0,46m/s}$$

**Cálculo de Te:**

$$Te = \frac{124m}{60 * 0,46m/s} = \mathbf{4,49min}$$

Para un período de retorno de 10 años, según la tabla mostrada anteriormente, utilizando la misma ecuación para el cálculo de la intensidad, tenemos:

$$I_{10} = 12381400 * (4,49min + 112)^{-2,39415} = \mathbf{139,88mm/hr}$$

Utilizando el método racional de igual forma que en el anterior procedimiento con el PR55 tanto para el encole como para el descole, con el mismo coeficiente de escorrentía (0,30), el caudal de diseño es:

$$Q_d = 0,30 * \frac{139,88mm}{hr} * 3,55ha = \frac{\mathbf{0,413m^3}}{s}, \mathbf{413l/s}$$

En la siguiente tabla se registran los valores hallados para una mejor comprensión del procedimiento

**Tabla 17***Variables Calculadas Encole*

<b>DATOS PR 63+092</b>	<b>RESULTADOS</b>
Pendiente(S)	0,43
Velocidad de Escorrentía(Vs)	0,46m/s
Tiempo de Entrada(Te)	4,49min
Ecuación de intensidad, duración y frecuencia ( $I_{10}$ )	139,88mm/hr
Caudal de diseño ( $Q_D$ )	$0,413 \frac{m^3}{s}$

**Fuente:** Autor de la pasantía**PR 63 +092 Descole**

Para el Cálculo de la pendiente se utilizará la siguiente ecuación

$$S = \frac{\text{Cota mas alta (CI)} - \text{Cota mas baja(CF)}}{\text{Longitud del tramo (L)}}$$

Según la información recolectada en campo se obtuvo lo siguiente

Cota más Alta (CI) = 2294 msnm

Cota más baja (CF) = 2267 msnm

Longitud del tramo (L) = 69,88m (Longitud hallada entre los puntos alto y bajo mostrados en las figuras correspondientes y medida con el comando mencionado(Regla))

$$S = \frac{2294m - 2267m}{69,88m} = 0,39$$

**Cálculo de Vs:** Las áreas observadas contienen abundante vegetación por lo tanto para elegir el valor del parámetro "a" nos vamos a la tabla 12 y escogemos 0,70 bosques con

sotobosque denso, por lo tanto, tenemos:

$$V_s = 0,70 * (0,39)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{0,44m/s}$$

**Cálculo de Te:**

$$T_e = \frac{69,88m}{60 * 0,44m/s} = \mathbf{2,64min}$$

Para un período de retorno de 10 años, según la tabla mostrada anteriormente, utilizando la misma ecuación para el cálculo de la intensidad, tenemos:

$$I_{10} = 12381400 * (2,64min + 112)^{-2,39415} = \mathbf{145,34mm/hr}$$

Utilizando el método racional de igual forma que en el anterior procedimiento, con el mismo coeficiente de escorrentía (0,30), el caudal de diseño es:

$$Q_d = 0,30 * \frac{145,34mm}{hr} * 3,37ha = \frac{\mathbf{0,408m^3}}{s}, \mathbf{408l/s}$$

### **Tabla 18**

*Variables calculadas Descole*

<b>DATOS PR 63+092</b>	<b>RESULTADOS</b>
Pendiente(S)	0,39
Velocidad de Escorrentía(Vs)	0,44m/s
Tiempo de Entrada(Te)	2,64min
Ecuación de intensidad, duración y frecuencia ( $I_{10}$ )	145,34mm/hr
Caudal de diseño ( $Q_D$ )	0,408 $\frac{m^3}{s}$

**Fuente:** Autor de la pasantía

**PR 64+463 Encole**

Para el Cálculo de la pendiente se utilizará la siguiente ecuación

$$S = \frac{\text{Cota mas alta (CI)} - \text{Cota mas baja(CF)}}{\text{Longitud del tramo (L)}}$$

Según la información recolectada en campo se obtuvo lo siguiente

Cota más Alta (CI) = 2475 msnm

Cota más baja (CF) = 2404 msnm

Longitud del tramo (L) = 164,10 m

Lo cual el resultado obtenido es:

$$S = \frac{2475m - 2404m}{164,10m} = \mathbf{0,43}$$

**Cálculo de Vs:** Las áreas observadas contienen abundante vegetación por lo tanto para elegir el valor del parámetro 'a' nos vamos a la tabla y escogemos 0,70 bosques con sotobosque denso, por lo tanto, tenemos:

$$V_s = 0,70 * (0,43)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{0,46m/s}$$

**Cálculo de Te:**

$$T_e = \frac{164,10m}{60 * 0,46m/s} = \mathbf{5,94min}$$

Para un período de retorno de 10 años, según la tabla mostrada anteriormente, utilizando la misma ecuación para el cálculo de la intensidad, tenemos:

$$I_{10} = 12381400 * (5,94min + 112)^{-2,39415} = \mathbf{135,80mm/hr}$$

Utilizando el método racional de igual forma que en el anterior procedimiento, con el

mismo coeficiente de escorrentía (0,30), el caudal de diseño es:

$$Q_d = 0,30 * \frac{135,80mm}{hr} * 4,41ha = \frac{0,500m^3}{s}, 500l/s$$

En la siguiente tabla se registran los valores hallados para una mejor comprensión del procedimiento

**Tabla 19**

*Variables Calculadas Encole*

<b>DATOS PR 64+463</b>	<b>RESULTADOS</b>
Pendiente(S)	0,43
Velocidad de Escorrentía(Vs)	0,46m/s
Tiempo de Entrada(Te)	5,94min
Ecuación de intensidad, duración y frecuencia ( $I_{10}$ )	135,80mm/hr
Caudal de diseño ( $Q_D$ )	0,500 $\frac{m^3}{s}$

**Fuente:** Autor de la pasantía

### **PR 64+463 Descole**

Para el Cálculo de la pendiente se utilizará la siguiente ecuación

$$S = \frac{\text{Cota mas alta (CI)} - \text{Cota mas baja(CF)}}{\text{Longitud del tramo (L)}}$$

Según la información recolectada en campo se obtuvo lo siguiente

Cota más Alta (CI) = 2399 msnm

Cota más baja (CF) = 2357 msnm

Longitud del tramo (L) = 103,08 m

Lo cual el resultado obtenido es:

$$S = \frac{2399m - 2357m}{103,08m} = \mathbf{0,41}$$

**Cálculo de Vs:** Las áreas observadas contienen abundante vegetación por lo tanto para elegir el valor del parámetro 'a' nos vamos a la tabla y escogemos 0,70 bosques con sotobosque denso, por lo tanto, tenemos:

$$V_s = 0,70 * (0,41)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{0,45m/s}$$

**Cálculo de Te:**

$$T_e = \frac{103,08m}{60 * 0,41m/s} = \mathbf{4,30min}$$

Para un período de retorno de 10 años, según la tabla mostrada anteriormente, utilizando la misma ecuación para el cálculo de la intensidad, tenemos:

$$I_{10} = 12381400 * (4,30min + 112)^{-2,39415} = \mathbf{140,43mm/hr}$$

Utilizando el método racional de igual forma que en el anterior procedimiento, con el mismo coeficiente de escorrentía (0,30), el caudal de diseño es:

$$Q_d = 0,30 * \frac{140,43mm}{hr} * 2,46ha = \frac{\mathbf{0,288m^3}}{s}, \mathbf{288l/s}$$

En la siguiente tabla se registran los valores hallados para una mejor comprensión del

procedimiento

**Tabla 20**

*Variables calculadas Descole*

<b>DATOS PR 64+463</b>	<b>RESULTADOS</b>
Pendiente(S)	0,41
Velocidad de Escorrentía(Vs)	0,45m/s
Tiempo de Entrada(Te)	4,30min
Ecuación de intensidad, duración y frecuencia ( $I_{10}$ )	140,43mm/hr
Caudal de diseño ( $Q_D$ )	0,288 $\frac{m^3}{s}$

**Fuente:** Autor de la pasantía

Una vez finalizados los cálculos para determinar las variables descritas pasamos a hallar las dimensiones de cada canal por lo tanto se tiene lo siguiente de acuerdo con el manual de estructuras de vertimiento de la Universidad Nacional. Para el presente trabajo utilizaremos las ecuaciones del canal de pantallas deflectoras ya que de acuerdo con las pendientes encontradas en los tres puntos de estudio no sobrepasan el 50%, lo cual nos certifica que el canal de rápidas con tapa y columpio no será necesario implementarlo ya que éste se emplea para pendientes mayores al 50%.

Para el canal de pantallas deflectoras:

**Ancho del canal:**  $a = 0,905 * Q^{0,4}$ , donde Q es el caudal de diseño

**Velocidad en el canal:**

✓ Para pendientes del 10%:  $V = 4,890 * Q^{0,2}$

✓ Para pendientes del 50%:  $V = 5,328 * Q^{0,2}$

### **Zona de Encole PR 55+016**

Para el PR 55+016 en la zona de encole con pendiente del 32%, se seleccionó la ecuación de mayor pendiente, por lo cual tenemos:

$$V = 5,328 * (0,218)^{0,2} = \mathbf{3,93m/s}$$

$$a = 0,905 * (0,218)^{0,4} = \mathbf{0,49m}$$

### **Zona de Descole PR55+016**

Para el PR 55+016 en la zona de encole con pendiente del 32%, se seleccionó la ecuación de mayor pendiente, por lo cual tenemos:

$$V = 5,328 * (0,143)^{0,2} = \mathbf{3,61m/s}$$

$$a = 0,905 * (0,143)^{0,4} = \mathbf{0,41m}$$

### **Zona de Encole PR 63+092**

Para el PR 63+092 en la zona de encole con pendiente del 43%, se seleccionó la ecuación de mayor pendiente, por lo cual tenemos:

$$V = 5,328 * (0,413)^{0,2} = \mathbf{4,46m/s}$$

$$a = 0,905 * (0,413)^{0,4} = \mathbf{0,63m}$$

### **Zona de descole PR 63+092**

Para el PR 63+092 en la zona de descole con pendiente del 39%, se seleccionó la ecuación de mayor pendiente, por lo cual tenemos:

$$V = 5,328 * (0,408)^{0,2} = \mathbf{4,45m/s}$$

$$a = 0,905 * (0,408)^{0,4} = \mathbf{0,63m}$$

### **Zona de encole PR 64+463**

Para el PR 64+463 en la zona de encole con pendiente del 43%, se seleccionó la ecuación de mayor pendiente, por lo cual tenemos:

$$V = 5,328 * (0,500)^{0,2} = \mathbf{4,64m/s}$$

$$a = 0,905 * (0,500)^{0,4} = \mathbf{0,68m}$$

### **Zona de descole PR 64+463**

Para el PR 64+463 en la zona de descole con pendiente del 41%, se seleccionó la ecuación de mayor pendiente, por lo cual tenemos:

$$V = 5,328 * (0,288)^{0,2} = \mathbf{4,15m/s}$$

$$a = 0,905 * (0,288)^{0,4} = \mathbf{0,55m}$$

Para mayor comodidad y seguridad en la conducción del agua lluvia, el ancho (a) tendrá un valor de 1 metro para cada estructura, este valor se asume con dos criterios, el primero se basa en que al tener un ancho de canal menor que 1m las dimensiones de las pantallas deflectoras no son adecuadas para que realicen la función de disipación ya que por ejemplo su longitud quedaría muy pequeña(utilizando las variables de la tabla 21) , por lo cual el agua pasaría sin ser obstruida; en segundo lugar para una adecuada actividad de mantenimiento, se requiere de un espacio mínimo para que la persona que esté encargada de ello pueda pasar por el canal sin ninguna incomodidad y el valor de 1 metro es el indicado.

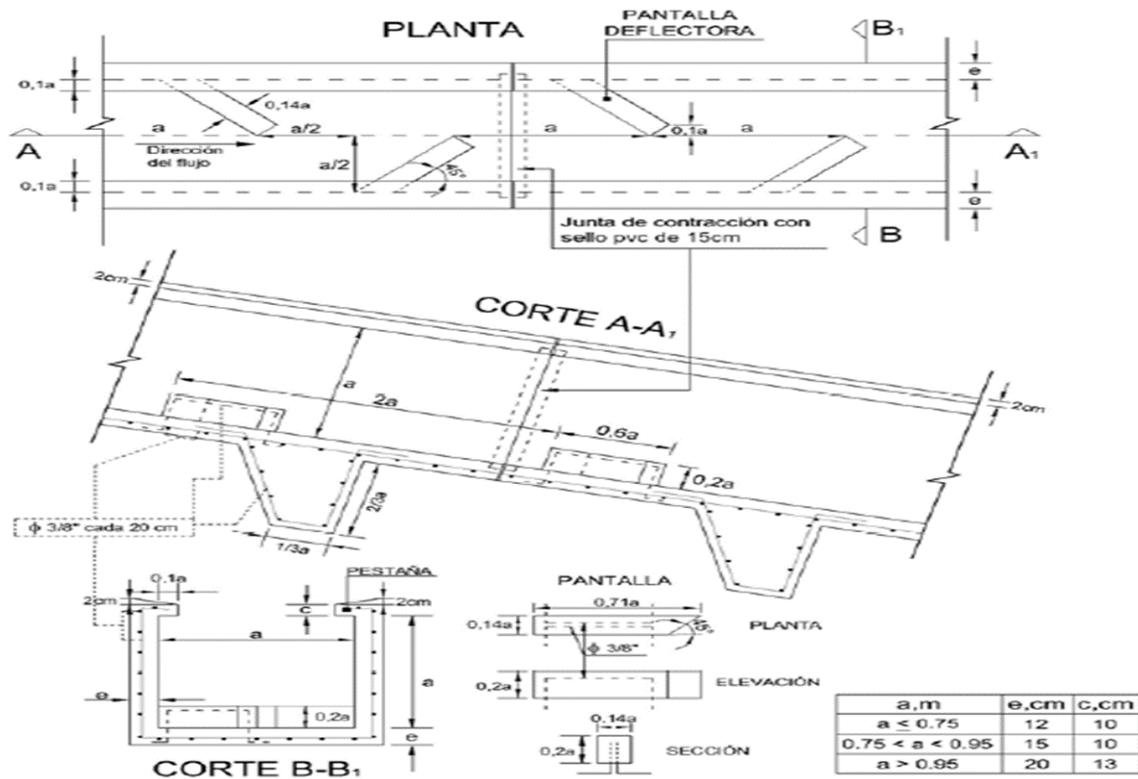
**Tabla 21***Dimensiones para el canal de pantallas deflectoras*

<b>a,m</b>	<b>e,cm</b>	<b>c,cm</b>
$a \leq 0.75$	12	10
$0.75 < a < 0.95$	15	10
$a > 0.95$	20	13

**Fuente:** Manual de estructuras de vertimiento. Universidad Nacional de Colombia

Cada valor que se especifica en la tabla se interpreta como una variable necesaria para obtener las dimensiones del disipador; el ancho obtenido individualmente para cada estructura se compara con la condición en la misma ( $a \geq 0,95$ ); por lo tanto, se organizará la información en la siguiente tabla para un mejor entendimiento de que lo que se quiere expresar.

A continuación, se muestra la figura 41, en donde se complementa la idea anterior, se pueden observar las variables e y c en cada parte del disipador de pantallas deflectoras.



**Figura 38.** Valores de  $e$  y  $c$  para el canal de pantallas deflectoras

**Fuente:** Manual de estructuras de vertimiento de la Universidad Nacional

Como complemento se decidió mostrar los valores de  $e$  y  $c$  con la respectiva figura del dissipador de rápidas con tapa y columpio, el procedimiento de interpretación es el mismo que para el dissipador de pantallas deflectoras.



**Tabla 22***Dimensiones para el canal de rápidas con tapa y columpio*

<b>a,m</b>	<b>e,cm</b>
$a \leq 0.75$	12
$0.75 < a < 0.95$	15
$a > 0.95$	20

**Fuente:** Manual de estructuras de vertimiento. Universidad Nacional de Colombia**Tabla 23***Velocidades máximas permisible en rápidas*

<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD MÁXIMA (m/s)</b>
Ladrillo común	3
Ladrillo vitrificado	5
Arcilla vitrificada(gres)	4
Concreto 175kg/cm <sup>2</sup> (17,2Mpa)	6
Concreto 210kg/cm <sup>2</sup> (20,6Mpa)	10
Concreto 280kg/cm <sup>2</sup> (27,5Mpa)	15
Concreto 350kg/cm <sup>2</sup> (34,3Mpa)	20

**Fuente:** Manual de estructuras de vertimiento. Universidad Nacional de Colombia

En el enfoque conceptual se especificó que los disipadores manejan el flujo supercrítico por lo tanto se comprobó matemáticamente el cumplimiento de lo anterior por medio del Número de Froude. Para cada disipador se tiene lo siguiente:

Por medio de la ecuación de Manning  $Q = \frac{A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n}$ , teniendo las variables A, S, n, R

hallamos el Número de Froude correspondiente para cada estructura.

### Disipador PR 55+016 zona de encole

$$Qd = 0,218 \frac{m^3}{s}$$

$$A = b \cdot y$$

$$R = \frac{AREA}{PERÍMETRO MOJADO} = \frac{b \cdot y}{b + 2y}$$

$$S = 0,32$$

$$B = 1,40m$$

Reemplazando los datos en la ecuación anterior tenemos lo siguiente:

$$0,218 = \frac{(1,40y) \left( \frac{1,40y}{1,40+2y} \right)^{\frac{2}{3}} (0,32^{0,5})}{0,015},$$

Realizando las operaciones matemáticas para hallar la lámina de agua, obtenemos lo siguiente:

$$Y = 0,037m$$

Con el valor de Y, empleamos la ecuación del Número de Froude  $F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}}$ , en donde V es la velocidad del agua en el canal, g la aceleración de la gravedad y D la profundidad hidráulica en este caso como tenemos un canal rectangular, la variable en estudio es Y, la lámina de agua evaluada, por lo tanto, el Número de Froude es:

$$F = \frac{3,93m/s}{\sqrt{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,037m}} = 6,52$$

Para flujo supercrítico  $F > 1$ , con lo cual comprobamos que se da ese tipo de flujo.

**Disipador PR 55+016 zona de descole**

$$Qd = 0,143 \frac{m^3}{s}$$

$$A = b * y$$

$$R = \frac{AREA}{PERÍMETRO MOJADO} = \frac{b * y}{b + 2y}$$

$$S = 0,32$$

$$B = 1,40m$$

Reemplazando los datos en la ecuación anterior tenemos lo siguiente:

$$0,143 = \frac{(1,40y) \left( \frac{1,40y}{1,40+2y} \right)^{\frac{2}{3}} (0,32^{0.5})}{0,015},$$

Realizando las operaciones matemáticas para hallar la lámina de agua, obtenemos un valor de  $Y = 0,029m$

Con el valor de  $Y$ , empleamos la ecuación del Número de Froude  $F = \frac{V}{\sqrt{g * D}}$ , en donde  $V$  es la velocidad del agua en el canal,  $g$  la aceleración de la gravedad y  $D$  la profundidad hidráulica en este caso como tenemos un canal rectangular, la variable en estudio es  $Y$ , la lámina de agua evaluada, por lo tanto, el Número de Froude es:

$$F = \frac{3,61m/s}{\sqrt{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,029m}} = 6,77$$

Para flujo supercrítico  $F > 1$ , con lo cual comprobamos que se da ese tipo de flujo.

**Disipador PR 63+092 zona de encole**

$$Qd = 0,413 \frac{m^3}{s}$$

$$A = b \cdot y$$

$$R = \frac{AREA}{PERÍMETRO MOJADO} = \frac{b \cdot y}{b + 2y}$$

$$S = 0,43$$

$$B = 1,40m$$

Reemplazando los datos en la ecuación anterior tenemos lo siguiente:

$$0,413 = \frac{(1,40y) \left( \frac{1,40y}{1,40+2y} \right)^{\frac{2}{3}} (0,43^{0,5})}{0,015},$$

Realizando las operaciones matemáticas para hallar la lámina de agua, obtenemos un valor de:  $Y = 0,051m$

Con el valor de Y, empleamos la ecuación del Número de Froude  $F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}}$ , en donde V es la velocidad del agua en el canal, g la aceleración de la gravedad y D la profundidad hidráulica en este caso como tenemos un canal rectangular, la variable en estudio es Y, la lámina de agua evaluada, por lo tanto, el Número de Froude es:

$$F = \frac{4,46m/s}{\sqrt{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,051m}} = 6,31$$

Para flujo supercrítico  $F > 1$ , con lo cual comprobamos que se da ese tipo de flujo.

**Disipador PR 63+092 zona de descole**

$$Qd = 0,408 \frac{m^3}{s}$$

$$A = b \cdot y$$

$$R = \frac{AREA}{PERÍMETRO MOJADO} = \frac{b \cdot y}{b + 2y}$$

$$S = 0,39$$

$$B = 1,40\text{m}$$

Reemplazando los datos en la ecuación anterior tenemos lo siguiente:

$$0,408 = \frac{(1,40y) \left(\frac{1,40y}{1,40+2y}\right)^{\frac{2}{3}} (0,39^{0,5})}{0,015},$$

Realizando las operaciones matemáticas para hallar la lámina de agua, obtenemos un valor de :  $Y = 0,052\text{m}$

Con el valor de Y, empleamos la ecuación del Número de Froude  $F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}}$ , en donde V es la velocidad del agua en el canal, g la aceleración de la gravedad y D la profundidad hidráulica en este caso como tenemos un canal rectangular, la variable en estudio es Y, la lámina de agua evaluada, por lo tanto, el Número de Froude es:

$$F = \frac{4,45\text{m/s}}{\sqrt{9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 0,052\text{m}}} = 6,23$$

Para flujo supercrítico  $F > 1$ , con lo cual comprobamos que se da ese tipo de flujo.

### **Disipador PR 64+463 zona de encole**

$$Q_d = 0,500 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$A = b \cdot y$$

$$R = \frac{\text{AREA}}{\text{PERÍMETRO MOJADO}} = \frac{b \cdot y}{b + 2y}$$

$$S = 0,43$$

$$B = 1,40\text{m}$$

Reemplazando los datos en la ecuación anterior tenemos lo siguiente:

$$0,500 = \frac{(1,40y) \left( \frac{1,40y}{1,40+2y} \right)^{\frac{2}{3}} (0,43^{0.5})}{0,015},$$

Realizando las operaciones matemáticas para hallar la lámina de agua, obtenemos el valor de :  $Y = 0,058m$

Con el valor de Y, empleamos la ecuación del Número de Froude  $F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}}$ , en donde V es la velocidad del agua en el canal, g la aceleración de la gravedad y D la profundidad hidráulica en este caso como tenemos un canal rectangular, la variable en estudio es Y, la lámina de agua evaluada, por lo tanto, el Número de Froude es:

$$F = \frac{4,64m/s}{\sqrt{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,058m}} = 6,15$$

Para flujo supercrítico  $F > 1$ , con lo cual comprobamos que se da ese tipo de flujo.

### Disipador PR 64+463 zona de descole

$$Qd = 0,288 \frac{m^3}{s}$$

$$A = b \cdot y$$

$$R = \frac{AREA}{PERÍMETRO MOJADO} = \frac{b \cdot y}{b + 2y}$$

$$S = 0,40$$

$$B = 1,40m$$

Reemplazando los datos en la ecuación anterior tenemos lo siguiente:

$$0,288 = \frac{(1,40y) \left( \frac{1,40y}{1,40+2y} \right)^{\frac{2}{3}} (0,41^{0.5})}{0,015},$$

Realizando las operaciones matemáticas para hallar la lámina de agua, obtenemos el valor de :  $Y = 0,042m$

Con el valor de Y, empleamos la ecuación del Número de Froude  $F = \frac{V}{\sqrt{g \cdot D}}$ , en donde V es la velocidad del agua en el canal, g la aceleración de la gravedad y D la profundidad hidráulica en este caso como tenemos un canal rectangular, la variable en estudio es Y, la lámina de agua evaluada, por lo tanto, el Número de Froude es:

$$F = \frac{4,15m/s}{\sqrt{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,042m}} = 6,47$$

Para flujo supercrítico  $F > 1$ , con lo cual comprobamos que se da ese tipo de flujo.

Finalizado el procedimiento anterior pasamos a la utilización de nuevo de la ecuación de Manning  $Q = \frac{A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}}}{n}$ , para hallar el caudal real con las variables calculadas anteriormente como las dimensiones, la lámina de agua, el material y la pendiente de cada estructura, por lo tanto, tenemos:

#### **Encole PR 55+016**

$$Q_d = \frac{(1,40 * 0,037) \left( \frac{(1,40 * 0,037)}{(1,40 + 2(0,037))} \right)^{\frac{2}{3}} (0,32^{0,5})}{0,015} = 0,209 \frac{m^3}{s}$$

#### **Descole PR 55+016**

$$Q_d = \frac{(1,40 * 0,029) \left( \frac{(1,40 * 0,029)}{(1,40 + 2(0,029))} \right)^{\frac{2}{3}} (0,32^{0,5})}{0,015} = 0,140 \frac{m^3}{s}$$

**Encole PR 63+092**

$$Q_d = \frac{(1,40 * 0,051) \left( \frac{(1,40 * 0,051)}{(1,40 + 2(0,051))} \right)^{\frac{2}{3}} (0,43^{0.5})}{0,015} = 0,409 \frac{m^3}{s}$$

**Descole PR 63+092**

$$Q_d = \frac{(1,40 * 0,052) \left( \frac{(1,40 * 0,052)}{(1,40 + 2(0,052))} \right)^{\frac{2}{3}} (0,39^{0.5})}{0,015} = 0,402 \frac{m^3}{s}$$

**Encole PR 64+463**

$$Q_d = \frac{(1,40 * 0,058) \left( \frac{(1,40 * 0,058)}{(1,40 + 2(0,058))} \right)^{\frac{2}{3}} (0,43^{0.5})}{0,015} = 0,504 \frac{m^3}{s}$$

**Descole PR 64+463**

$$Q_d = \frac{(1,40 * 0,042) \left( \frac{(1,40 * 0,042)}{(1,40 + 2(0,042))} \right)^{\frac{2}{3}} (0,41^{0.5})}{0,015} = 0,291 \frac{m^3}{s}$$

A continuación, se muestra una tabla en donde se organiza mejor la información anterior.

**Tabla 24.***Valor caudal*

<b>Encole</b>	<b>Caudal de diseño</b>
PR 55+016	$0,209 \frac{m^3}{s}$
<b>Descole</b>	<b>Caudal de diseño</b>
PR 55+016	$0,140 \frac{m^3}{s}$
<b>Encole</b>	<b>Caudal de diseño</b>
PR 63+092	$0,409 \frac{m^3}{s}$
<b>Descole</b>	<b>Caudal de diseño</b>
PR 63+092	$0,402 \frac{m^3}{s}$
<b>Encole</b>	<b>Caudal de diseño</b>
PR 64+463	$0,504 \frac{m^3}{s}$
<b>Descole</b>	<b>Caudal de diseño</b>
PR 64+463	$0,291 \frac{m^3}{s}$

**Fuente:** Autor de la pasantía

Terminado el anterior paso, pasamos a evaluar la velocidad real en cada una de las estructuras utilizando la ecuación de Manning  $V = \frac{1}{n} * (R)^{\frac{2}{3}} * (S)^{\frac{1}{2}}$ , este valor se compara con la tabla 24 en donde se encuentran las velocidades máximas que permite cada material para no causar erosión por lo cual, tenemos:

Con la siguiente expresión más detallada:  $V = \frac{1}{n} * \left(\frac{b*y}{b+2y}\right)^{\frac{2}{3}} * (S)^{\frac{1}{2}}$

**Encole PR 55+016**

$$V = \frac{1}{0,015} * \left( \frac{(1,40) * (0,037)}{(1,40) + 2(0,037)} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,32)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{4,046m/s}$$

**Descole PR 55+016**

$$V = \frac{1}{0,015} * \left( \frac{(1,40) * (0,029)}{(1,40) + 2(0,029)} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,32)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{3,46m/s}$$

**Encole PR63+092**

$$V = \frac{1}{0,015} * \left( \frac{(1,40) * (0,051)}{(1,40) + 2(0,051)} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,43)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{5,74m/s}$$

**Descole PR 63+092**

$$V = \frac{1}{0,015} * \left( \frac{(1,40) * (0,052)}{(1,40) + 2(0,052)} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,39)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{5,53m/s}$$

**Encole PR 64+463**

$$V = \frac{1}{0,015} * \left( \frac{(1,40) * (0,058)}{(1,40) + 2(0,058)} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,43)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{6,21m/s}$$

**Descole PR 64+463**

$$V = \frac{1}{0,015} * \left( \frac{(1,40) * (0,042)}{(1,40) + 2(0,042)} \right)^{\frac{2}{3}} * (0,41)^{\frac{1}{2}} = \mathbf{4,96m/s}$$

**Tabla 25.***Chequeo de velocidad*

<b>Encole</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Velocidad máxima</b>	<b>Estado</b>
PR 55+016	4,046m/s	10m/s	cumple
<b>Descole</b>			
PR 55+016	3,46m/s	10m/s	cumple
<b>Encole</b>			
PR 63+092	5,74m/s	10m/s	cumple
<b>Descole</b>			
PR 63+092	5,53m/s	10m/s	cumple
<b>Encole</b>			
PR 64+463	6,21m/s	10m/s	cumple
<b>Descole</b>			
PR 64+463	4,96m/s	10m/s	Cumple

**Fuente:** Autor de la pasantía

Por lo tanto, el nuevo número de Froude para las estructuras respectivamente son los siguientes:

**Encole PR55+016**

$$F = \frac{4,046m/s}{\sqrt{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,037m}} = 6,72$$

**Descole PR55+016**

$$F = \frac{3,46m/s}{\sqrt{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,029m}} = \mathbf{6,49}$$

**Encole PR63+092**

$$F = \frac{5,74m/s}{\sqrt{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,051m}} = \mathbf{8,11}$$

**Descole PR63+092**

$$F = \frac{5,53m/s}{\sqrt{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,052m}} = \mathbf{7,75}$$

**Encole PR64+463**

$$F = \frac{6,21m/s}{\sqrt{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,058m}} = \mathbf{8,23}$$

**Descole PR64+463**

$$F = \frac{4,96m/s}{\sqrt{9,8 \frac{m}{s^2} * 0,042m}} = \mathbf{7,73}$$

Con lo cual verificamos que efectivamente, el flujo en los canales es supercrítico  $F > 1$

**Costo total de cada dissipador:** Una de las partes más importantes y de vital conocimiento en el desarrollo de todo proyecto es el costo que se va a manejar en la ejecución de una obra en toda su dimensión, partiendo de las cantidades que se tendrán en cuenta para cada

actividad correspondiente que dé como resultado el alcance que se espera; a continuación se muestra una tabla especificando cada material, mano de obra y equipo con el precio que maneja el Instituto Nacional de Vías para este tipo de estructuras, cabe resaltar que son datos actualizados del mes de diciembre de 2017.

### Costo para el dissipador de pantallas deflectoras ubicado en el PR 55+016 zona de encole

**Tabla 26**

*Costos dissipador PR 55+016 estructura de entrada encole*

N°	Item	Actividad	Unidad	Cantidad	Valor Unit	Valor Tot
1	200.1	Desmante	Ha	0,010	\$3.240.841	\$32.408,41
2	210.2	Excavación	m <sup>3</sup>	37,24	\$21.451	\$798.835,24
3	223.3	Rellenos	m <sup>3</sup>	7,05	\$53.567	\$377.647,35
5	630.4	Concreto clase D 21MPa				
		Losas	m <sup>3</sup>	5,60	\$581.428	\$3.255.996,8
		Muros	m <sup>3</sup>	11,12	\$581.428	\$6.465.479,36
		Pantallas	m <sup>3</sup>	0,32	\$581.428	\$186.056,96
6	640,1	Acero de refuerzo de 420MPa	kg	497	\$5.368	\$2.667.896
					Total	<b>\$13.784.320,12</b>

**Fuente:** Autor de la Pasantía

**Nota:** La Longitud que se tomó como criterio para el canal tanto en la estructura de entrada(encole) es de 20 metros y de 10 metros para la estructura de salida(descole) , el área de

desmonte es  $100\text{ m}^2$  para cada estructura, las cantidades de obra se encuentran en el [Apéndice C](#).

### Costo para el dissipador de pantallas deflectoras ubicado en el PR 55+016 zona de descole

**Tabla 27.**

*Costos dissipador PR 55+016 estructura de salida descole*

N°	Item	Actividad	Unidad	Cantidad	Valor Unit	Valor Tot
1	200.1	Desmonte	Ha	0,010	\$3.240.841	\$32.408,41
2	210.2	Excavación	m <sup>3</sup>	18,62	\$21.451	\$399.417,62
3	223.3	Rellenos	m <sup>3</sup>	7,05	\$53.567	\$377.647,35
4	630.4	Concreto clase D 21MPa				
		Losas	m <sup>3</sup>	2,8	\$581.428	\$1.627.998,40
		Muros	m <sup>3</sup>	6,10	\$581.428	\$3.546.710,80
		Pantallas	m <sup>3</sup>	0,40	\$581.428	\$232.571,20
5	640,1	Acero de refuerzo de 420MPa	kg	586,15	\$5.368	\$3.146.453,20
					Total	<b>\$9.363.206,98</b>

**Fuente:** Autor de la pasantía

### Costo para el dissipador de pantallas deflectoras ubicado en el PR 63+092 zona de encole

**Tabla 28.**

*Costos dissipador PR 63+092 estructura de entrada encole*

N°	Item	Actividad	Unidad	Cantidad	Valor Unit	Valor Tot
1	200.1	Desmonte	Ha	0,010	\$3.240.841	\$32.408,41
2	210.2	Excavación	m <sup>3</sup>	22,61	\$21.451	\$485.007,11
3	223.3	Rellenos	m <sup>3</sup>	5,90	\$53.567	\$316.045,30

4	630,4			Concreto clase D 21MPa		
Continuación tabla 30						
		Losas	m <sup>3</sup>	3,4	\$581.428	\$1.976.855,20
		Muros	m <sup>3</sup>	12,24	\$581.428	\$7.116.678,72
		Pantallas	m <sup>3</sup>	0,32	\$581.428	\$186.056,96
5	640,1	Acero de refuerzo de 420MPa	kg	463,76	\$5.368	\$2.489.463,68
					Total	<b>\$12.602.515,38</b>

**Fuente:** Autor de la pasantía

### Costo para el dissipador de pantallas deflectoras ubicado en el PR 63+092 zona de descole

**Tabla 29.**

*Costos dissipador PR 63+092 estructura de salida descole*

N°	Item	Actividad	Unidad	Cantidad	Valor Unit	Valor Tot
1	200.1	Desmante	Ha	0,010	\$3.240.841	\$32.408,41
2	210.2	Excavación	m <sup>3</sup>	11,30	\$21.451	\$242.396,30
3	223.3	Rellenos	m <sup>3</sup>	5,90	\$53.567	\$316.045,30
4	630,4			Concreto clase D 21MPa		
		Losas	m <sup>3</sup>	1,70	\$581.428	\$988.427,60
		Muros	m <sup>3</sup>	6,10	\$581.428	\$3.546.710,80
		Pantallas	m <sup>3</sup>	0,40	\$581.428	\$232.571,20
5	640,1	Acero de refuerzo de 420MPa	kg	569,40	\$5.368	\$3.056.539,20
					Total	<b>\$8.415.098,81</b>

**Fuente:** Autor de la pasantía

**Costo para el disipador de pantallas deflectoras ubicado en el PR 64+463 zona de encole**

**Tabla 30.**

*Costos disipador PR 64+463 estructura de entrada encole*

N°	Item	Actividad	Unidad	Cantidad	Valor Unit	Valor Tot
1	200.1	Desmonte	Ha	0,010	\$3.240.841	\$32.408,41
2	210.2	Excavación	m <sup>3</sup>	19,95	\$21.451	\$427.947,45
3	223.3	Rellenos	m <sup>3</sup>	4,98	\$53.567	\$266.763,66
4	630.4	Concreto clase D 21MPa				
		Losas	m <sup>3</sup>	3	\$581.428	\$1.744.284
		Muros	m <sup>3</sup>	12,24	\$581.428	\$7.116.678,72
		Pantallas	m <sup>3</sup>	0,32	\$581.428	\$186.056,96
5	640,1	Acero de refuerzo de 420MPa	kg	448,72	\$5.368	\$2.408.728,96
					Total	<b>\$12.182.868</b>

**Fuente:** Autor de la pasantía

**Costo para el disipador de pantallas deflectoras ubicado en el PR 64+463 zona de descole**

**Tabla 31.**

*Costos disipador PR 64+463 estructura de salida descole*

N°	Item	Actividad	Unidad	Cantidad	Valor Unit	Valor Tot
1	200.1	Desmonte	Ha	0,010	\$3.240.841	\$32.408,41
2	210.2	Excavación	m <sup>3</sup>	18,62	\$21.451	\$798.835,24
3	223.3	Rellenos	m <sup>3</sup>	4,65	\$53.567	\$249.086,55

4	630,4		Concreto clase D 21MPa			
		Losas	m <sup>3</sup>	2,80	\$581.428	\$1.627.998,40
Continuación tabla 33						
		Muros	m <sup>3</sup>	6,10	\$581.428	\$3.546.710,80
		Pantallas	m <sup>3</sup>	0,40	\$581.428	\$232.571,20
5	640,1	Acero de refuerzo de 420MPa	kg	605,19	\$5.368	\$3.248.659,92
					Total	<b>\$9.736.270,52</b>

**Fuente:** Autor de la pasantía

**Nota:** Para la elaboración de las anteriores tablas sobre los costos de los disipadores, se requirió del análisis de precios unitarios (APU), por parte de la entidad INVIAS, el cual fue actualizado en diciembre del año 2017, en la sección de apéndices (D, E, F, G, H) especificado para el caso y en un apéndice J se encuentran de manera general los APU, cabe aclarar que el precio de cada una lleva inmerso el AIU.

A continuación, se muestran los planos respectivos de cada disipador localizado en la zona de encole y descole respectivamente.

En el diseño de cada disipador con su respectivo plano se pueden observar tres vistas, una en planta, un corte longitudinal y uno transversal en el cual se especifican las dimensiones para cada caso, en el corte longitudinal se puede observar la forma de la estructura de anclaje para el terreno, lo cual es una opción constructiva para un mejor apoyo en el mismo.

Disipador Encole PR55+016

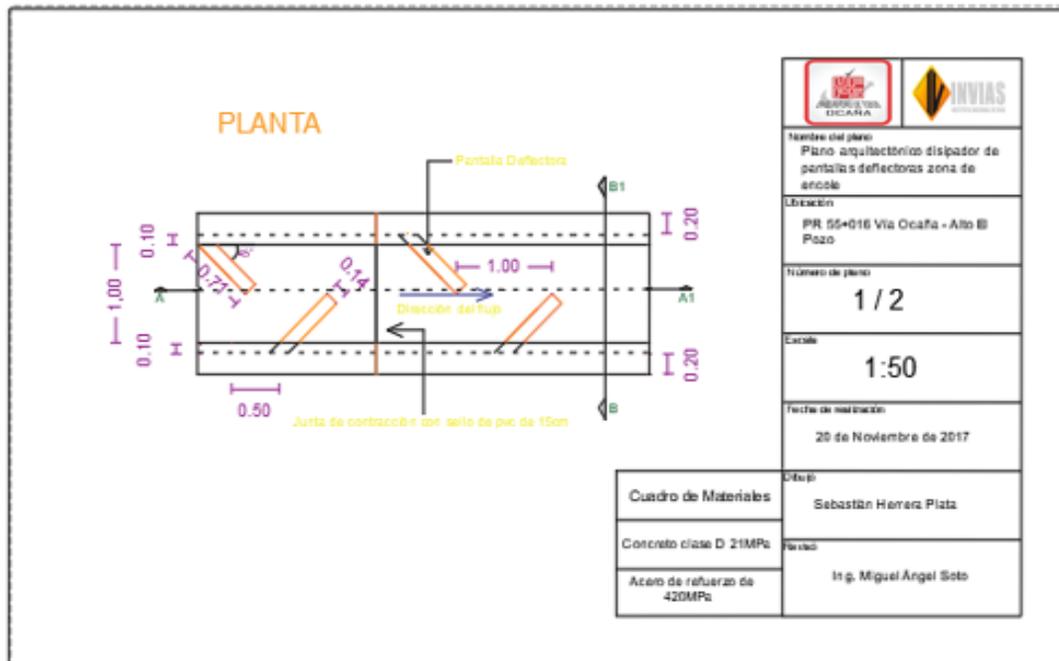


Figura 40. Plano arquitectónico disipador Encole PR 55+016

Fuente: Autor de la pasantía

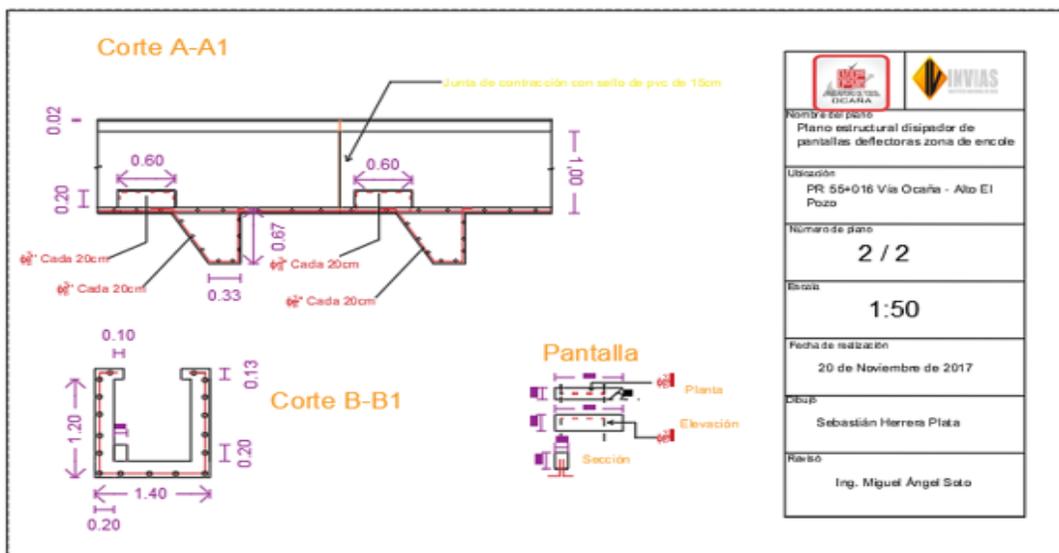
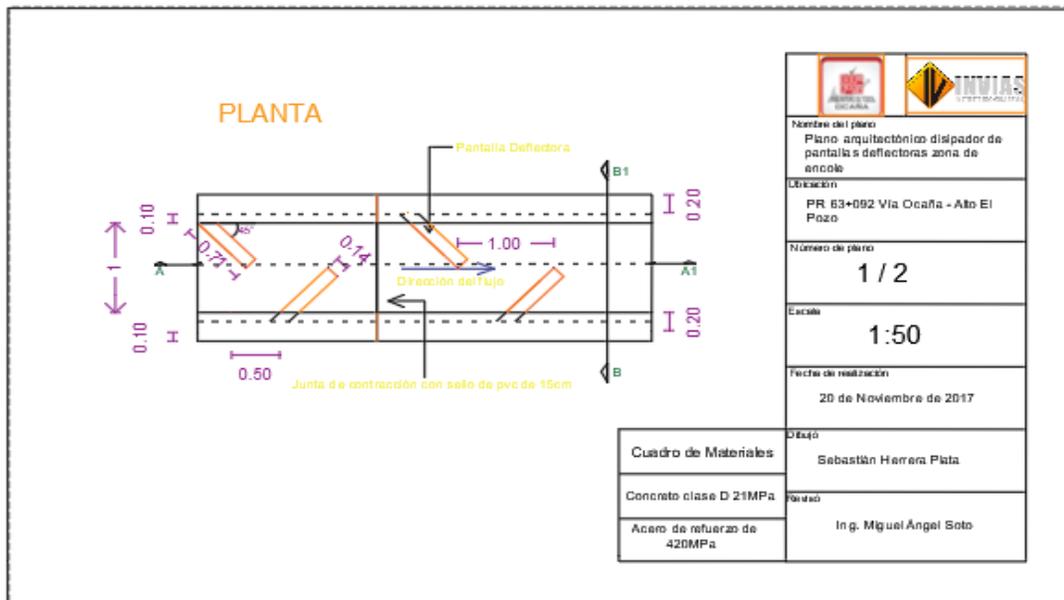


Figura 41. Plano estructural disipador Encole PR55+016

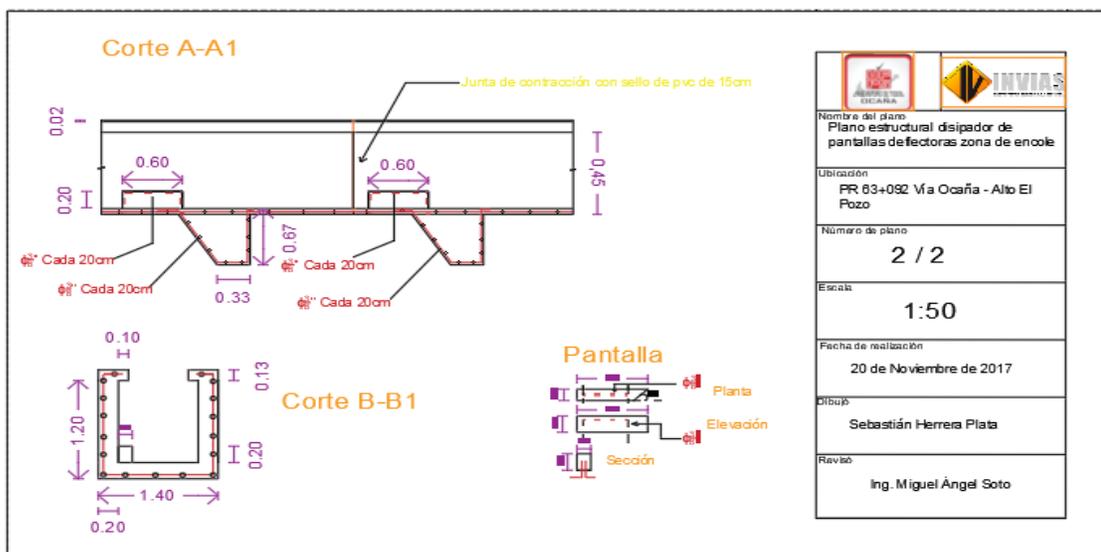
Fuente: Autor de la pasantía

**Disipador Encole PR63+092**



**Figura 42.** Plano arquitectónico disipador encole PR 63+092

**Fuente:** Autor de la pasantía



**Figura 43.** Plano estructural disipador encole PR 63+092

**Fuente:** Autor de la pasantía

### Disipador Encole PR64+463

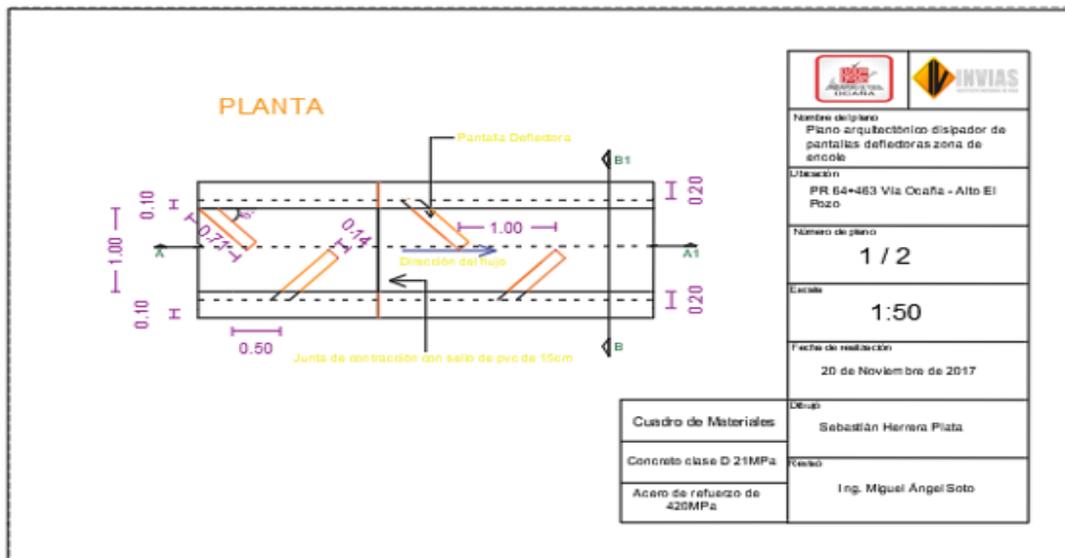


Figura 44. Plano arquitectónico disipador encole PR 64+463

Fuente: Autor de la pasantía

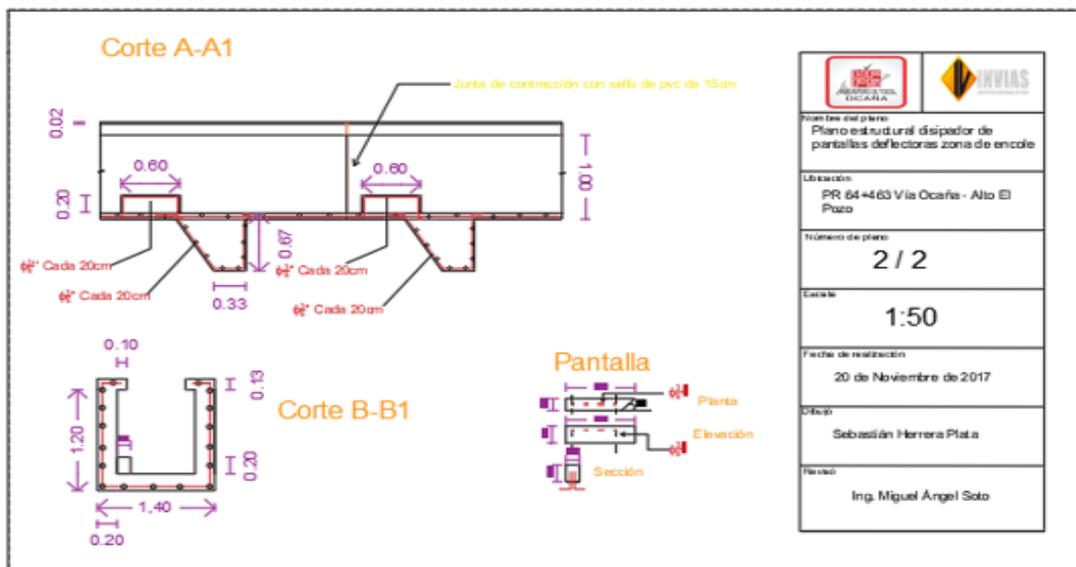
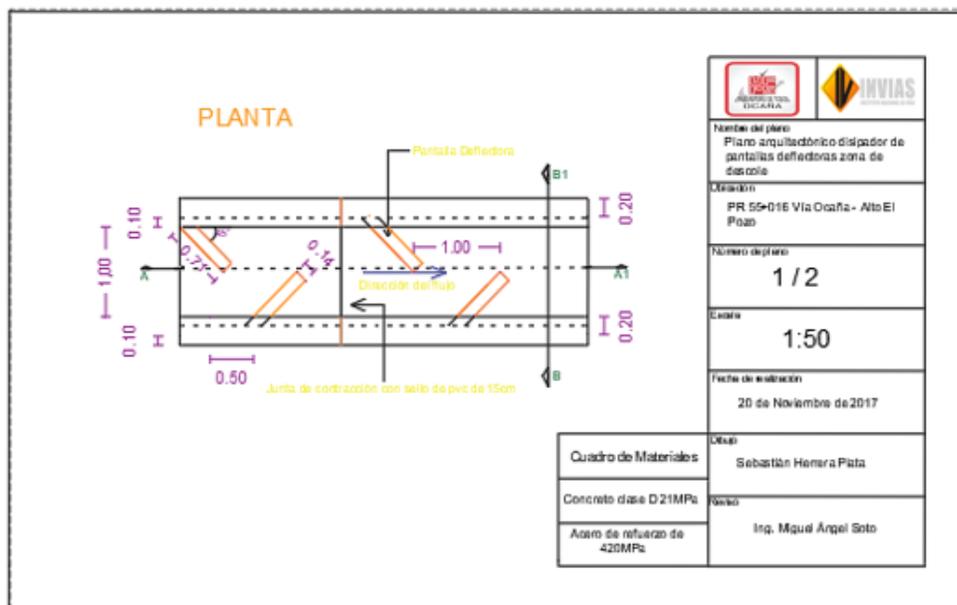


Figura 48. Plano estructural disipador PR 64+463

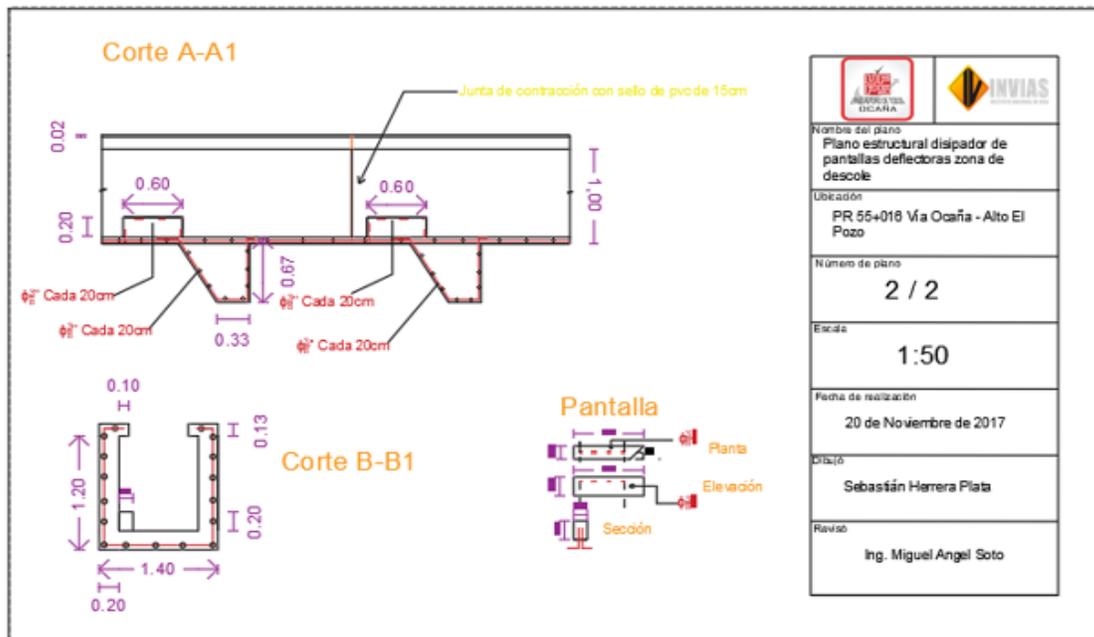
Fuente: Autor de la pasantía

## Disipador descole PR64+463



**Figura 45.** Plano arquitectónico disipador descole PR 55+016

**Fuente:** Autor de la pasantía



**Figura 46.** Plano estructural disipador descole PR 55+016

**Fuente:** Autor de la pasantía

Disipador descole PR63+092

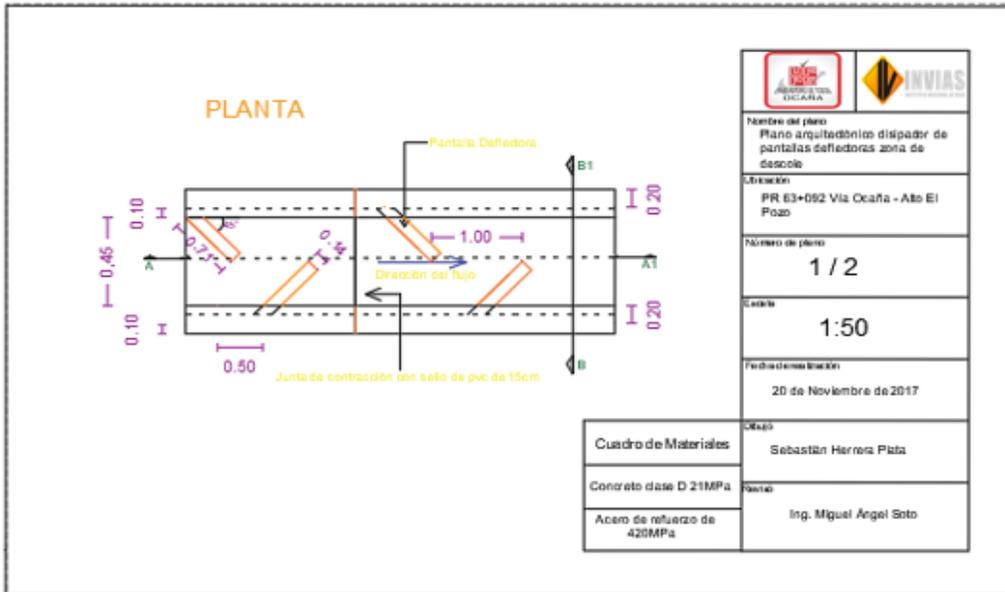


Figura 47. Plano arquitectónico disipador descole PR 63+092

Fuente: Autor de la pasantía

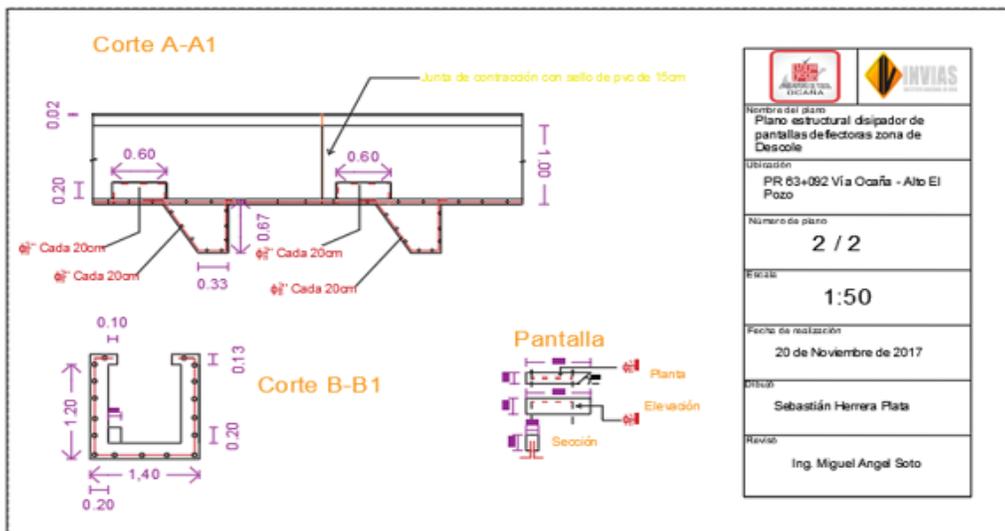
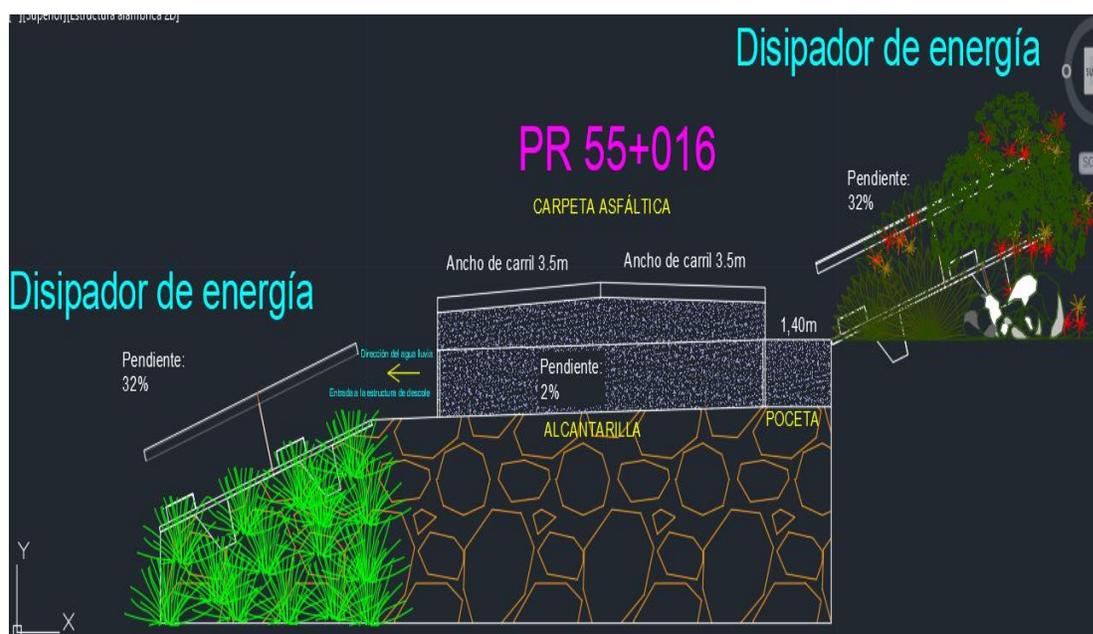


Figura 52. Plano estructural disipador descole PR 63+092

Fuente: Autor de la pasantía

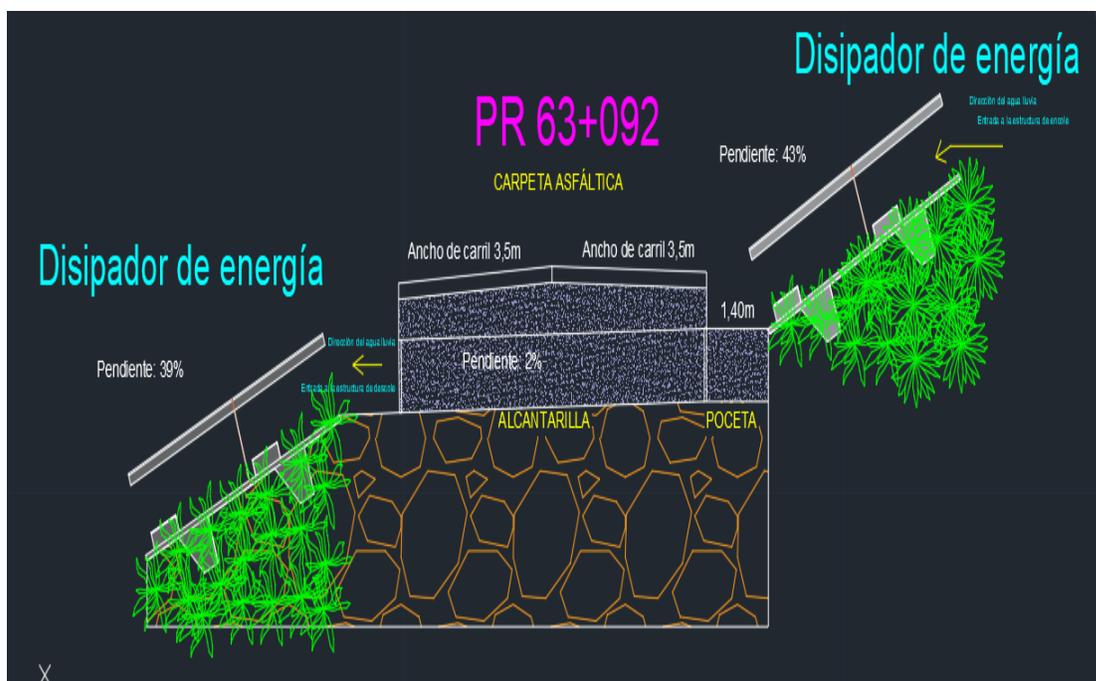


Como complemento se dibujaron las secciones transversales en cada punto contemplado para el diseño de los disipadores, se puede observar en cada figura la carpeta asfáltica con sus respectivos anchos de carril, la pendiente de la alcantarilla, la estructura de la poceta y los disipadores de energía colocados con las pendientes halladas para cada uno de ellos, además de la dirección en la cual circula el agua lluvia.



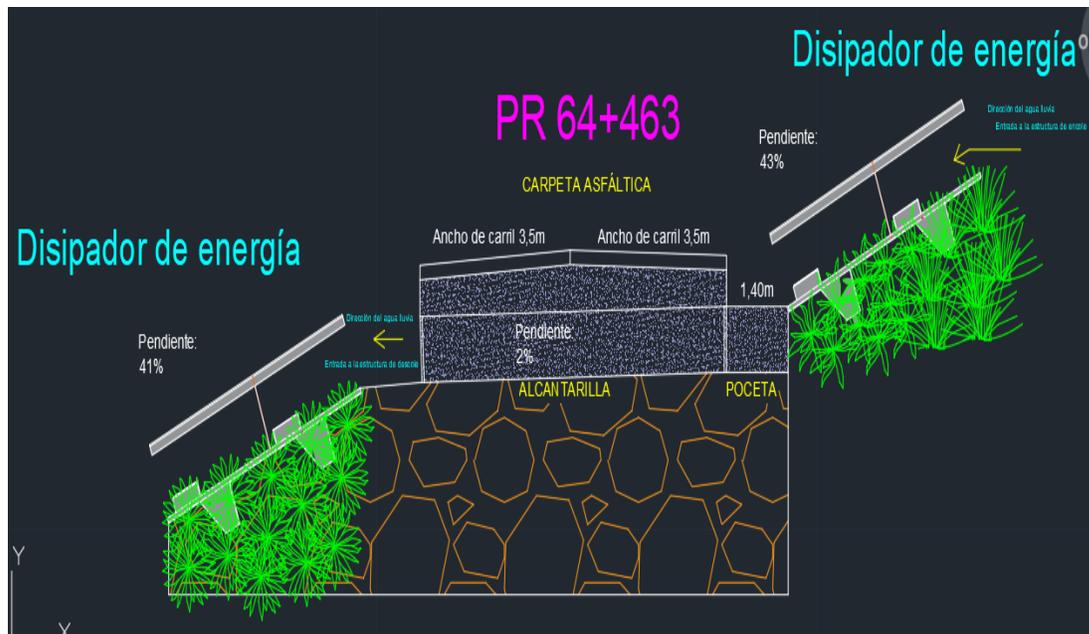
**Figura 50.** Dibujo Sección transversal punto PR 55+016

**Fuente:** Autor de la pasantía



**Figura 51.** Dibujo sección transversal punto PR 63+092

**Fuente:** Autor de la pasantía



**Figura 52.** Dibujo sección transversal punto PR 64+463

**Fuente:** Autor de la pasantía

## Capítulo 4. Diagnóstico final

Para el desarrollo de la pasantía en la empresa consorcio ADMIOCAÑA, en la cual se desempeñaron distintas labores en el campo de la administración vial, se dio un aporte bastante significativo en la conservación de la infraestructura vial y prevención de deslizamientos en las laderas debido a la erosión hídrica involucradas para la propuesta de diseño de las estructuras llamadas disipadores, en las visitas que se realizaron a los sectores contemplados en este informe se pudo observar que los sistemas de drenaje transversal en algunos sitios críticos no están en óptimas condiciones o no existe una estructura para la correcta conducción del agua lluvia, lo que ha conllevado al aumento del proceso de erosión y socavación del terreno en laderas superior e inferior de la vía, causando desprendimiento de material; los 3 lugares que se escogieron para realizar el proyecto están expuestos en gran medida a los eventos nombrados, por eso se optó por encontrar una forma más efectiva de que la energía que lleva el agua lluvia al caer a la superficie sea controlada de la forma más adecuada, por consiguiente la propuesta de las dos clases de estructuras para las pendientes del terreno analizadas es congruente con el propósito de evitar escenarios en donde el agua causa todo tipo de estragos a las laderas, las obras analizadas disminuyen en gran medida la velocidad del agua, haciéndola inofensiva cuando esta llega a la zona de vertimiento final.

Debido al tipo de suelo encontrado en el lugar, arenoso con algunos limos y altamente erosionable, se da la recomendación sobre la utilización del geotextil que es un material de construcción que le confiere una resistencia adicional al suelo en el cual se va a construir, en la parte de las obras de drenaje prolonga su vida útil y aumenta la capacidad de carga y estabilidad

del suelo que para esta zona sería una buena estrategia para emplear.

## Capítulo 5. Conclusiones

En la finalización de la pasantía se concluye que se realizaron y se lograron satisfactoriamente los objetivos y actividades propuestas en el presente trabajo, las labores ejecutadas en la empresa consorcio ADMIOCAÑA fueron de gran ayuda y aporte para el conocimiento en el área de la administración vial, conllevando a resultados óptimos y de agrado para la entidad en la coordinación del trabajo, siguiendo un orden para cada objetivo, se puede afirmar que en la actualización de la base de datos del inventario de las obras de drenaje, se pudo conocer más en profundidad los tipos de estructura de drenaje transversal con que cuenta la vía para el proceso de conducción del agua lluvia.

Se realizó la caracterización de esas obras mediante unos formatos, en donde se especifican las partes que componen el sistema hidráulico con sus dimensiones, material con el cual están construidas, pendiente y capacidad hidráulica, esto llevó a determinar el estado en el cual se encuentra la estructura en su parte funcional, además de los deterioros que presentan algunas, como fisuras producidas por el paso de vehículos pesados y en otros casos ausencia de estructuras de disipación.

En la propuesta de diseño de los disipadores de energía, se busca mejorar la conducción del agua de lluvia, para evitar eventos de erosión y socavación de las laderas.

De manera general, cada estructura que se construya para la conducción, evacuación de aguas, debe llevar un adecuado mantenimiento preventivo para que su eficiencia no se vea alterada, lo cual permite que tenga una vida útil más prolongada.

En cuanto a la solicitud de documentos técnicos como material de apoyo para el proceso de desarrollo del proyecto, se obtuvieron algunos datos, pero faltó más información al respecto, lo cual llevó a algunas dudas sobre parámetros de diseño.

## Capítulo 6. Recomendaciones

Es necesario realizar previamente la estabilización del talud, debido al tipo de suelo encontrado con la cual se le confiere resistencia al mismo para posteriormente poder colocar la respectiva obra drenaje.

En las visitas de campo que se realizaron a la ruta que se tomó para el estudio (7008), se pudo observar que algunas estructuras de encole y descole presentan taponamientos por sedimentos lo cual no permite el paso adecuado del agua, también ausencia de estructuras de disipación es importante que se ejecuten las actividades de mantenimiento preventivo periódicamente para que su función hidráulica y su parte estructural no se vean afectadas.

Las obras hidráulicas no deben ser únicamente para el hombre; deben ser contribuyentes importantes para toda forma de vida. Esto implica un cambio de visión en todas aquellas personas relacionadas con la planeación, diseño, construcción y operación de las anteriores, ya que ellas (personas) deben ser los principales defensores de la naturaleza.

## Bibliografía

Admiocaña. (2017).

ARQHYS, R. (12 de 2012). *ARQHYS*. Obtenido de <http://www.arqhys.com/arquitectura/drenaje-sistemas.html>

*cementos pacas mayo*. (s.f.). Obtenido de <http://www.cementospacasmayo.com.pe/productos-y-servicios/prefabricados/bordillos/>

Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territo. (2016). *Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico*. Bogotá.

Consorcio Estructuración Vial. (2015).

DEXTRE, J. C. (s.f.). *INSTITUTO IVIA*. Obtenido de [http://www.institutoivia.com/cisev-ponencias/control\\_gestion\\_gt/Juan\\_Carlos\\_Dextre.pdf](http://www.institutoivia.com/cisev-ponencias/control_gestion_gt/Juan_Carlos_Dextre.pdf)

Fernández, F. M. (2003). *Manual de estructuras de vertimiento*.

Google Earth. (2017). *Google Earth*.

INVIAS. (2011). *Instituto Nacional de Vías*. Obtenido de [www.invias.gov.co](http://www.invias.gov.co)

*lanamme*. (s.f.). Obtenido de <http://www.lanamme.ucr.ac.cr/sitio-nuevo/images/puentes/para-web/barandas-para-contencion-vehicular-en-puentes.pdf>

Mejía, F. (2003). *Manual de Estructuras de Vertimiento*.

OCW USAL. (s.f.). Obtenido de <http://ocw.usal.es/enseanzas-tecnicas/ingenieria-civil/contenido/TEMA%207-%20PUENTES.pdf>

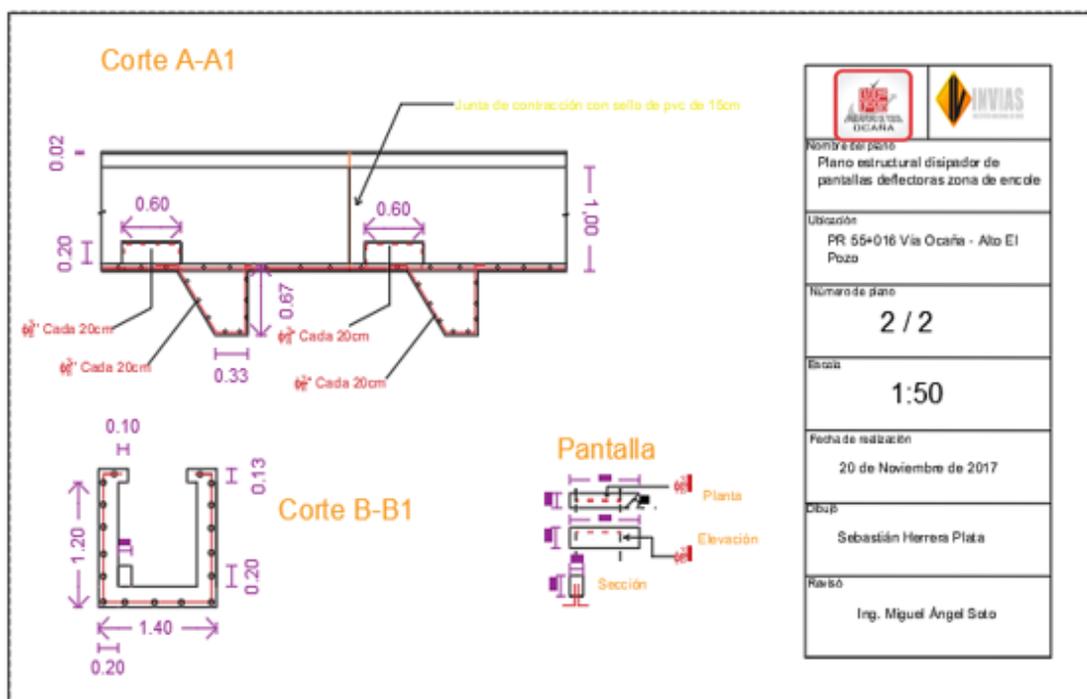
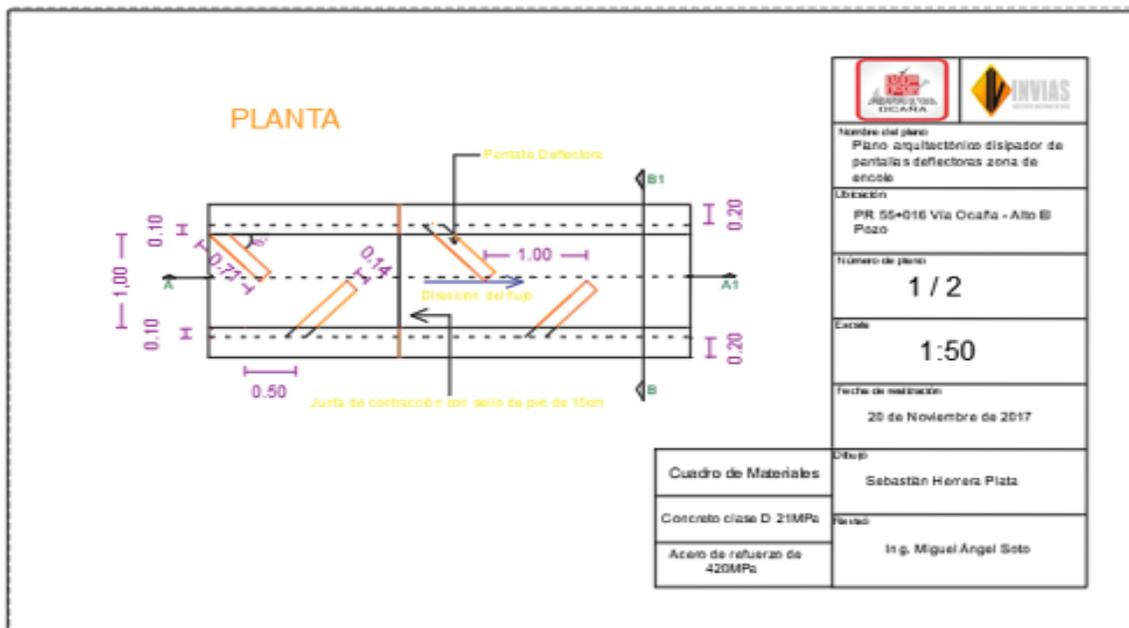
Servicio Geológico Colombiano, & Dirección de Geociencias Básicas. (15 de Noviembre de 2017). *Atlas Geológico de Colombia 2015*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2017, de Atlas Geológico de Colombia 2015:  
[http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Atlas\\_Geologico\\_colombiano\\_2015/](http://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Atlas_Geologico_colombiano_2015/)

# Apéndices

**Apéndice A. Formato de inventarios de obras de drenaje transversal (Encole y Descole). [Ver archivo adjunto.](#)**

PRI	TIPO DE OBRA			ANCHO (m) (BOX)	PRF (BOX)	ALTURA (BOX) DIAMETRO (CIRCULAR) (cm)	LONGITUD (m)	ENCOLE		DESCOLE		TIPO DE OBRA			OBSERVACIONES	
	TIPO (3)	CIRCULAR						BOX	LADO (ID)	LONGITU D "ED" (m)	LADO (ID)	LONGITU D "ED" (m)	ENTRADA			
		METALIC A "ALM"	CONCRE TO "ALC"										COULVERT "BOX"	SUMID ERO "SUM"		OTRO (1)
38-008	03			X	18-009	11	16	D	5	I	8,6		01	05	Página 17	
39-079	02		X			90,00	10,5	D	-	I	10,8		01	05		
38-162	02		X			90,00	9,7	D	-	I	13		01	05		
38-267	02		X			90,00	10,2	D	-	I	22,3		01	05		
38-396	02		X			90,00	9,8	D	-	I	5		01	05		
38-478	02		X			90,00	9,6	D	-	I	10		01	01		
38-563	02		X			90,00	10,7	D	9,4	I	15		01	01		
38-678	02		X			90,00	10	D	4	I	13		01	01		
38-785	02		X			90,00	10,2	D	4	I	30		01	01		
38-903	02		X			90,00	20,1	D	15,5	I	3		01	05		
39-031	02		X			90,00	10,9	D	-	I	10		01	01		
39-117	02		X			90,00	11,5	D	18	I	22,5		01	01		
39-247	02		X			90,00	9,9	D	-	I	13		01	01		
39-353	02		X			90,00	9,9	D	-	I	17		01	05		
39-430	02		X			90,00	10,7	D	-	I	1		01	05		
39-500	02		X			90,00	10,8	D	-	I	6		01	01		
39-575	02		X			90,00	10,3	D	-	I	8		01	05		
39-662	02		X			90,00	9,6	D	-	I	24		01	01		
39-824	02		X			90,00	9,5	D	-	I	35		01	01		
40-183	07		X			90,00	10,4	I	-	D	8		01	05		

**Apéndice B.** Planos arquitectónicos y estructurales: Disipador de pantallas deflectoras. [Ver archivo adjunto.](#)



## Apéndice C. Memorias de cálculo de las cantidades de obra para cada dissipador. [Ver archivo adjunto.](#)

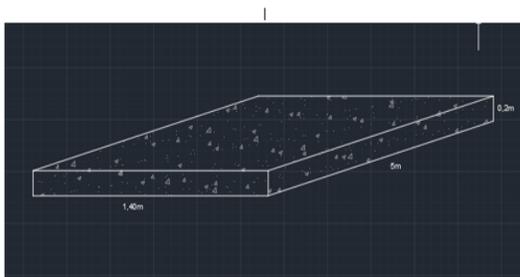
### Memorias de cálculo para las cantidades de obra en cada dissipador

#### Cantidades de obra dissipador PR 55+016 Zona de encole (Canal de pantallas deflectoras)

Se calculan las cantidades de obra para un canal de 20m en el encole y 10m en el descole

##### 1. Losas de Concreto

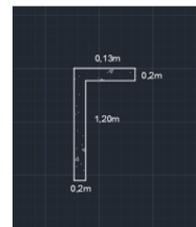
Siguiendo las medidas contempladas de la estructura en los planos estructurales, el volumen de concreto para las 4 losas de 5 metros es:



$$\text{Vols} = 1,40\text{m} * 5\text{m} * 0,20\text{m} = 1,40\text{m}^3 * 4 \text{ losas} = 5,60\text{m}^3$$

##### 2. Muros de concreto

Siguiendo las medidas contempladas de la estructura en los planos estructurales, el volumen de concreto para los 8 muros de 5 metros es:



El volumen total se divide en 2 de la siguiente manera:

$$\text{Vol1} = 1,20\text{m} * 0,20\text{m} * 5\text{m} = 1,20\text{m}^3$$

$$\text{Vol2} = 0,20 * 0,33 * 5\text{m} = 0,33\text{m}^3$$

$$\text{Voltotal} = 1,20\text{m}^3 + 0,33\text{m}^3 = 1,53\text{m}^3 * 8 \text{ muros} = 12,24\text{m}^3$$

##### 3. Concreto para pantallas

Siguiendo las medidas contempladas de la estructura en los planos estructurales, el volumen de concreto para las 16 pantallas en el canal es:



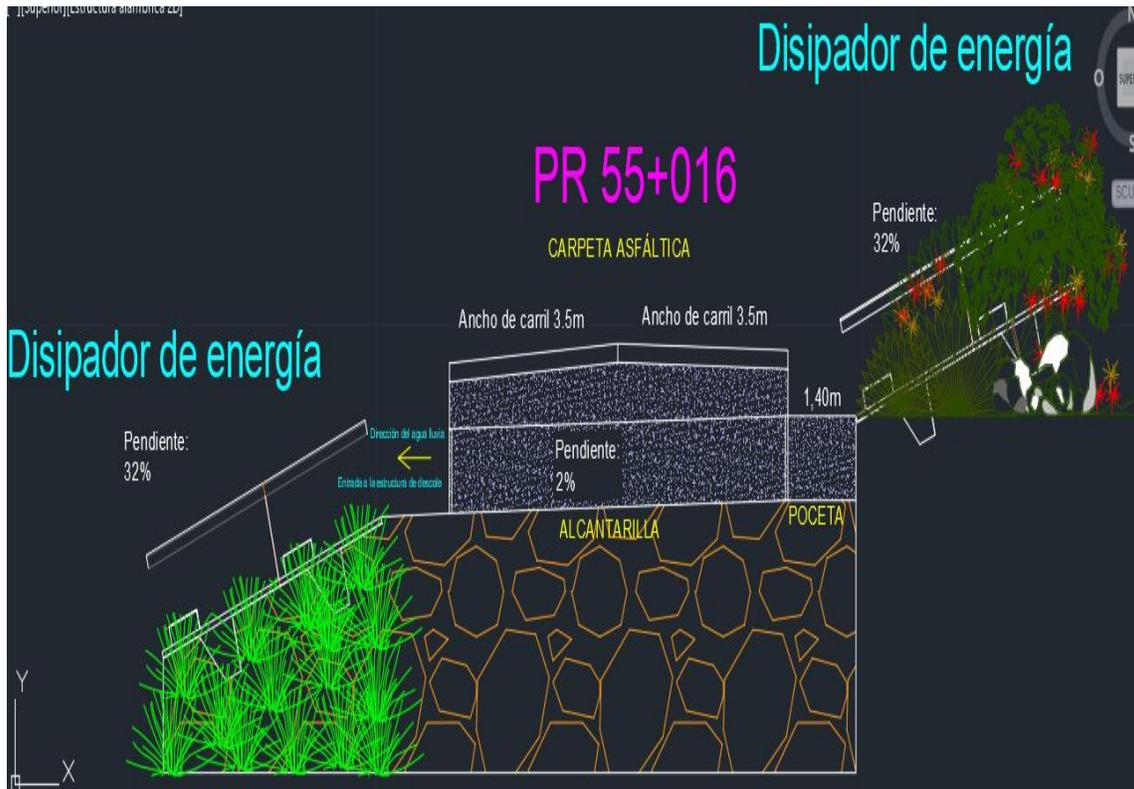
$$\text{Volp} = 0,71\text{m} * 0,14\text{m} * 0,20\text{m} = 0,020\text{m}^3 * 16 \text{ pantallas}$$

$$\text{Volp} = 0,32\text{m}^3$$

**Apéndice D.** Formato sobre Análisis de precios unitarios de la entidad INVIAS para Ocaña Norte de Santander. [Ver archivo adjunto.](#)

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS DIRECCIÓN TÉCNICA			
ITEM	DESCRIPCION ACTIVIDAD	UNIDAD	COSTO TOTAL (Moneda \$ Pesos)
200.1	DESMONTE Y LIMPIEZA EN BOSQUE	Ha	3.240.841
200.2	DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS	Ha	229.325
201.1	DEMOLICIÓN DE EDIFICACIONES	gl	165.707
201.2	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS	gl	180.140
201.3	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS, PISOS, ANDENES Y BORDILLOS DE CONCRETO	gl	41.056
201.4	DEMOLICIÓN DE OBSTÁCULOS	gl	68.190
201.5	DEMOLICIÓN DE EDIFICACIONES	Unidad	165.707
201.6	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS	Unidad	180.140
201.7	DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS	m3	177.756
201.8	DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS RÍGIDOS	m2	17.261
201.9	DEMOLICIÓN DE PISOS Y ANDENES DE CONCRETO	m2	16.930
201.10	DEMOLICIÓN DE BORDILLOS DE CONCRETO	m	7.640
201.11	DESMONTAJE Y TRASLADO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS	Kg	1.226
201.12	REMOCIÓN DE ESPECIES VEGETALES	Unidad	114.899
201.13	REMOCIÓN DE OBSTÁCULOS (SE DEBERÁ HACER UN ÍTEM DE PAGO PARA CADA TIPO DE OBSTÁCULO)	Unidad	94.273

**Apéndice E.** Dibujos sección transversal de cada punto de estudio. [Ver archivo adjunto.](#)



**Apéndice F.** Coordenadas puntos de estudio PR 55+015, PR63+092, PR64+463. [Ver archivo adjunto.](#)

-73,025916	8,053773	2274	PR 63+092				
-73,02597	8,053792	2274					
-73,026041	8,053843	2274					
-73,026104	8,053878	2274		COORDENADAS DE LA RUTA PR 55+016 A PR 63+092			
-73,026178	8,053879	2274					
-73,02627	8,053852	2282		Longitud, Latitud y Altitud respectivamente			
-73,026334	8,053785	2282					
-73,026386	8,053737	2315					
-73,026397	8,053668	2315					
-73,026391	8,053578	2315					
-73,026385	8,053489	2315					
-73,026388	8,053416	2315					
-73,026378	8,053312	2315					
-73,026396	8,053208	2315					
-73,026411	8,05313	2315					
-73,026455	8,053104	2315					
-73,026509	8,053061	2315					
-73,026586	8,053064	2315					
-73,026685	8,053072	2315					
-73,026741	8,053112	2315					
-73,026795	8,053176	2315					
-73,026841	8,053232	2315					
-73,026903	8,053271	2315					
-73,02694	8,053314	2315					
-73,026981	8,05338	2315					
-73,027014	8,05344	2315					
-73,027052	8,053485	2325					
-73,027094	8,053546	2325					
-73,027149	8,053599	2325					
-73,027176	8,053655	2325					
-73,027195	8,053711	2325					
-73,027241	8,053756	2278					
-73,027272	8,053803	2278					
-73,027311	8,053849	2278					
-73,027359	8,053908	2278					
-73,027402	8,053932	2278					
-73,027442	8,053963	2278					
-73,027498	8,054008	2278					