

INFORME HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO SITIO CRÍTICO K1+800 VÍA PLANADAS – ATACO DEPARTAMENTO DE TOLIMA.

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.	5
2.	OBJETIVOS Y ALCANCE	6
2.1.	Objetivos.	6
2.2.	Alcance.	6
3.	zona de estudio.	7
4.	SOLUCIÓN DE INGENIERÍA.	8
5.	CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA.	9
6.	ESTUDIOS HIDROLÓGICOS.	10
6.1.	Recopilación y análisis de la información existente.	10
6.2.	Cartografía.	10
6.3.	Zona de intervención.	10
6.4.	Área de drenaje.	11
6.5.	Tiempo de concentración.	13
6.6.	Coeficiente de escorrentía.	13
6.7.	Curvas IDF	14
6.8.	Caudales de diseño.	17
7.	ESTUDIOS HIDRÁULICOS.	18
7.1.	Obras de drenaje longitudinal.	18
	Cunetas	18
	Canal rectangular a borde de vía izquierdo.	19
7.2.	Obras de drenaje transversal	20
	Análisis de capacidad hidráulica de alcantarilla de $\varnothing=0.90\text{m}$ K1+899	20
	Canal escalonado para el descole de ALCANTARILLA K1+899	21
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	22
9.	ANEXOS	23

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.	9
Tabla 2. Registro fotográfico.	10
Tabla 3. Áreas aferentes.	12
Tabla 4. Tiempo de concentración.	13
Tabla 5. Parámetros de a, b, c y d para la región Andina.	15
Tabla 6. Serie de datos estación Casa de Zinc [22020040], valor de M.	15
Tabla 7. Valores de intensidades calculadas para la estación Casa de Zinc [22020040].	16
Tabla 8. Intensidades calculadas.	17
Tabla 9. Estimación del caudal de diseño de la alcantarilla PR1+899.	17
Tabla 10. Estimación del caudal de la cuneta tipo1.	18
Tabla 11. Estimación del caudal del canal rectangular.	19
Tabla 12. Evaluación de la alcantarilla existente en la abscisa K1+899.	20
Tabla 13. Dimensiones canal escalonado.	21

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Ubicación general de la zona de estudio en el dpto. del Tolima.	7
Imagen 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas y sus polígonos de Thiessen.	9
Imagen 3. Áreas de drenaje de cada alcantarilla.	12
Imagen 4. Cobertura vegetal de la cuenca.	14
Imagen 5. coeficiente de escorrentía y periodo de retorno para la zona de estudio.	14
Imagen 6. Curvas IDF - Estación Casa de Zinc [22020040].	16
Imagen 7. Sección Cuneta Tipo 1 margen derecha.	18
Imagen 8. Canal rectangular borde de vía izquierdo.	19
Imagen 9. Esquema canal escalonado.	21
Imagen 10. Esquema canal escalonado en bolsacretos.	21

FORMATO DE REVISIÓN			
ELABORÓ		VERSIÓN	FECHA
Ing. Civil Esp. en Recursos Hidráulicos	Javier E. Cortés Lora MP. 25202-28797CND	0	Noviembre de 2022

CONTROL DE REVERSIONES.

REVISIÓN	CAPÍTULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
0	PRIMERA EMISIÓN	22/11/2022	VERSIÓN ORIGINAL

1. INTRODUCCIÓN.

El presente informe hace referencia al sitio crítico presente en el K1+800 de la vía Planadas - Ataco, se pretende mostrar los resultados de los estudios de Hidrología e Hidráulica, se presentan caudales de diseño, dimensionamiento de obras hidráulicas longitudinales y transversales requeridas para corregir la problemática en el sitio que ha desarrollado un proceso de inestabilidad que ocasiona la pérdida de banca.

2. OBJETIVOS Y ALCANCE

2.1. Objetivos.

Presentar las obras de drenaje requeridas para la estabilización del sector del PR 1+800 de la vía Planadas - Ataco en el departamento del Tolima.

Establecer las cuencas de drenaje incidentes para Incidentes a las obras de drenaje que tienen como punto de concentración la vía y para las estructuras hidráulicas existentes.

Calcular los caudales de diseño para diferentes periodos de retorno en función de las obras hidráulicas presentes y proyectadas en el sector.

Desarrollar el estudio hidrológico de la zona y evaluación del estado de las obras existentes.

Determinar y evaluar las obras de drenaje longitudinal y transversal complementarias en el tramo intervenido.

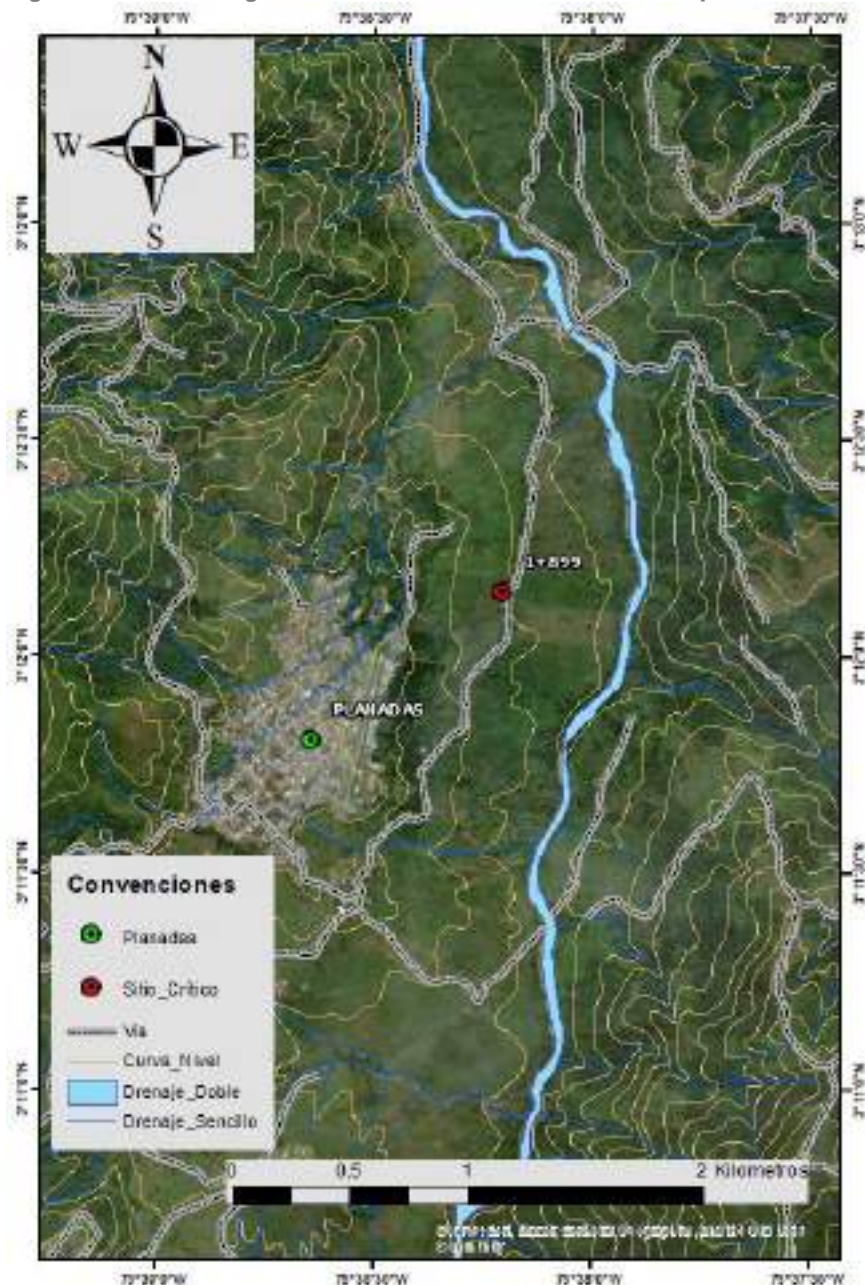
2.2. Alcance.

El presente informe tiene como alcance la determinación de los caudales de diseño y el dimensionamiento hidráulico de las obras de drenaje requeridas para garantizar el tráfico vehicular en la banca vial sobre el K1+800 corredor Planadas - Ataco en función del diagnóstico realizado con las especialidades de geotecnia y el diseño geométrico del tramo.

3. ZONA DE ESTUDIO.

La zona de estudio se encuentra ubicada en el departamento de Tolima, en cercanías al municipio de Planadas, esta es una zona con terreno montañoso, escarpado, y se caracteriza por la presencia de cuerpos de agua, esta zona se muestra en la Imagen 1.

Imagen 1. Ubicación general de la zona de estudio en el dpto. del Tolima.



4. SOLUCIÓN DE INGENIERÍA.

En el lugar ubicado en la vía Planadas - Ataco a la altura del K1+800 se encuentran localizadas varias obras de paso hídrico, las cuales no se encuentran en óptimas condiciones, por ende, no permiten el drenaje necesario para la zona, causando inestabilidad en el sitio, provocando que la zona tenga movimientos de tierra, los cuales afectan directamente la vía y las estructuras presentes.

Se eliminarán las descargas hídricas directas al sitio inestable ubicado en el talud inferior, por ende, se clausurará la alcantarilla presente en la abscisa K1+845, controlando de esta manera el aporte de agua a la zona baja de la vía.

Con un canal rectangular al borde izquierdo de la vía con ventanas que permitirán el drenaje de esta, se direccionarán los cauces creados en el talud superior, esta obra será construida entre las abscisas K1+767 y K1+899 en donde entregará el fluido a la alcantarilla que se modificará en esa abscisa.

El drenaje del costado derecho de la vía realizará su aporte a una cuneta tipo 1, la cual estará ubicada entre las abscisas K1+767 y K1+899 en donde entregará el fluido a la alcantarilla anteriormente mencionada.

Los aportes hídricos de la zona se transportarán hasta la alcantarilla presente en la abscisa K1+899, esta será modificada en su descole con un canal flexible de bolsacretos el cual hará su descargue de manera controlada a un sitio donde no generará daños.

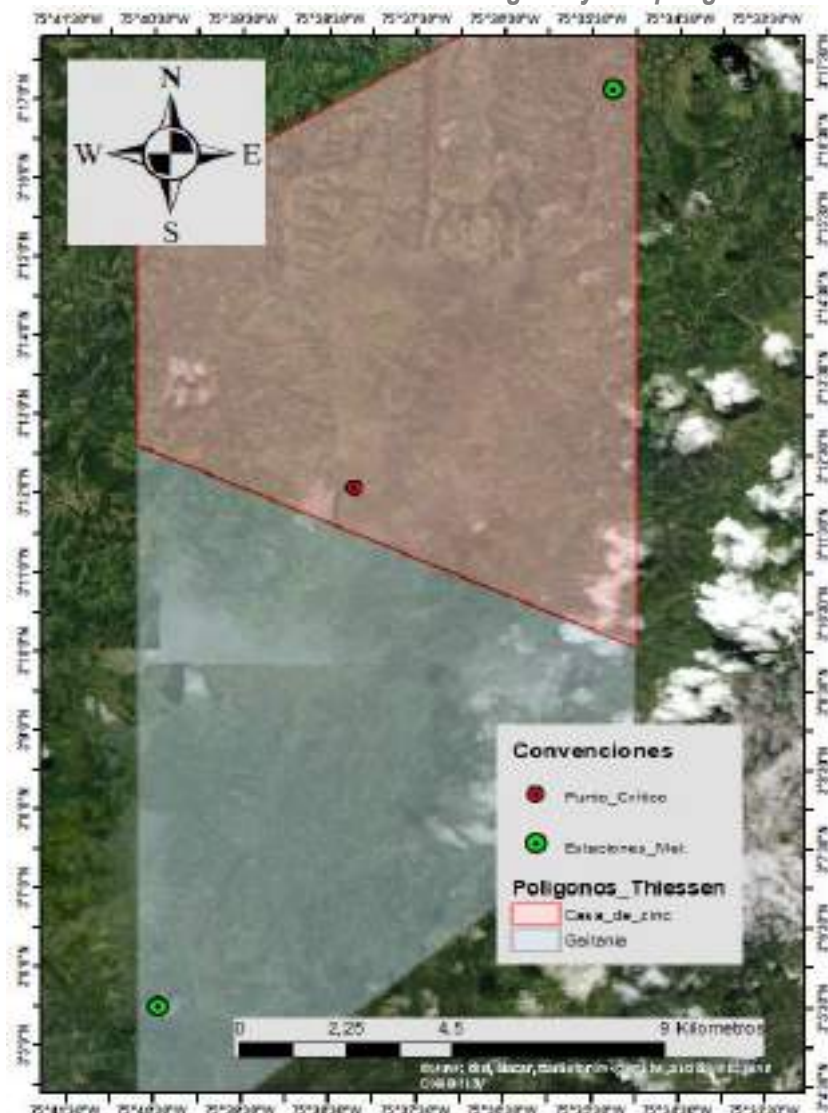
5. CARACTERIZACIÓN CLIMATOLÓGICA.

En la zona de estudio se encuentran varias estaciones hidrometeorológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, no todas cuentan con los registros necesarios para el análisis hidrológico, debido a esto se decide elaborar los polígonos de Thiessen con las estaciones de Casa de zinc y Gaitania ya que son las estaciones con datos completos y más cercanas al punto crítico, estas estaciones serán descritas en la **Tabla 1** y mostradas geográficamente con sus polígonos en la **Imagen 2**.

Tabla 1. Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio.

Código	Nombre	Categoría	Tecnología	Estado	Latitud	Longitud	Altitud	Departamento	Municipio	Fecha _Instalación
22020030	GAITANIA	Pluviométrica	Convencional	Activa	3,092	-75,674	1.476	Tolima	Planadas	15/12/1973
22020040	CASA DE ZINC	Pluviométrica	Convencional	Activa	3,285	-75,587	1.737	Tolima	Ataco	15/12/1973

Imagen 2. Ubicación de las estaciones meteorológicas y sus polígonos de Thiessen.



6. ESTUDIOS HIDROLÓGICOS.

En el presente capítulo se determinan los caudales de diseño aferentes a las obras de drenaje existentes y propuestas.

6.1. Recopilación y análisis de la información existente.

La información primaria del estudio fue recopilada en la visita realizada a campo y en la topografía ejecutada.

Para obtener información se consultaron datos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, obteniendo datos de precipitación a nivel mensual de las estaciones aferentes al sitio de estudio, además de la topografía obtenida.

6.2. Cartografía.

Está compuesta por la plancha 301IVC a escala 1:25.000 del departamento de Tolima, además se apoyó en la topografía adquirida en el sitio de intervención.

6.3. Zona de intervención.

Con el objetivo de reconocer las condiciones de la zona relacionadas con cobertura vegetal, evidenciar el movimiento del suelo, los cauces incidentes, estado estructural de las obras, se realizó visita a campo evidenciando estas diferentes características de la zona a intervenir las cuales se muestran en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Registro fotográfico.

REGISTRO FOTOGRÁFICO	
Talud Superior.	
	
Talud Inferior.	
	
Vía existente – Alcantarilla destruida K1+845.	



Cauces presentes.

6.4. Área de drenaje.

Las áreas de drenaje se configuran de acuerdo con la dirección de la escorrentía y tomando como base las obras de drenaje transversal existentes y propuestas en la zona de intervención. Al realizar la evaluación de planos correspondientes a Planta perfil y diseño geométrico, se toman las siguientes determinaciones:

En las abscisas K1+767 y K1+899 se identifican dos alcantarillas de $\varnothing=0.90\text{m}$, la de la abscisa K1+899 será modificada en su descole y la alcantarilla presente en la abscisa K1+845 será retirada.

Se propone un canal rectangular al margen izquierdo de la vía, entre las abscisas K1+767 y K1+899, la base de este es de 0.60m, la altura de 0.40m, tendrá ventanas de 0.15m de altura sobre el nivel de la rasante, esta obra recibirá la escorrentía de la carretera y del talud superior, este canal contará con un filtro francés en la parte inferior, el cual tendrá una altura de 1.0m, un ancho de 0.60m y una tubería perforada de 100mm.

La alcantarilla presente en el punto K1+899, será modificada, en su descole se construirá un canal flexible en bolsacretos el cual hará la entrega del fluido al terreno de manera controlada y lejos del punto crítico la sección final de este canal será en piedra pegada.

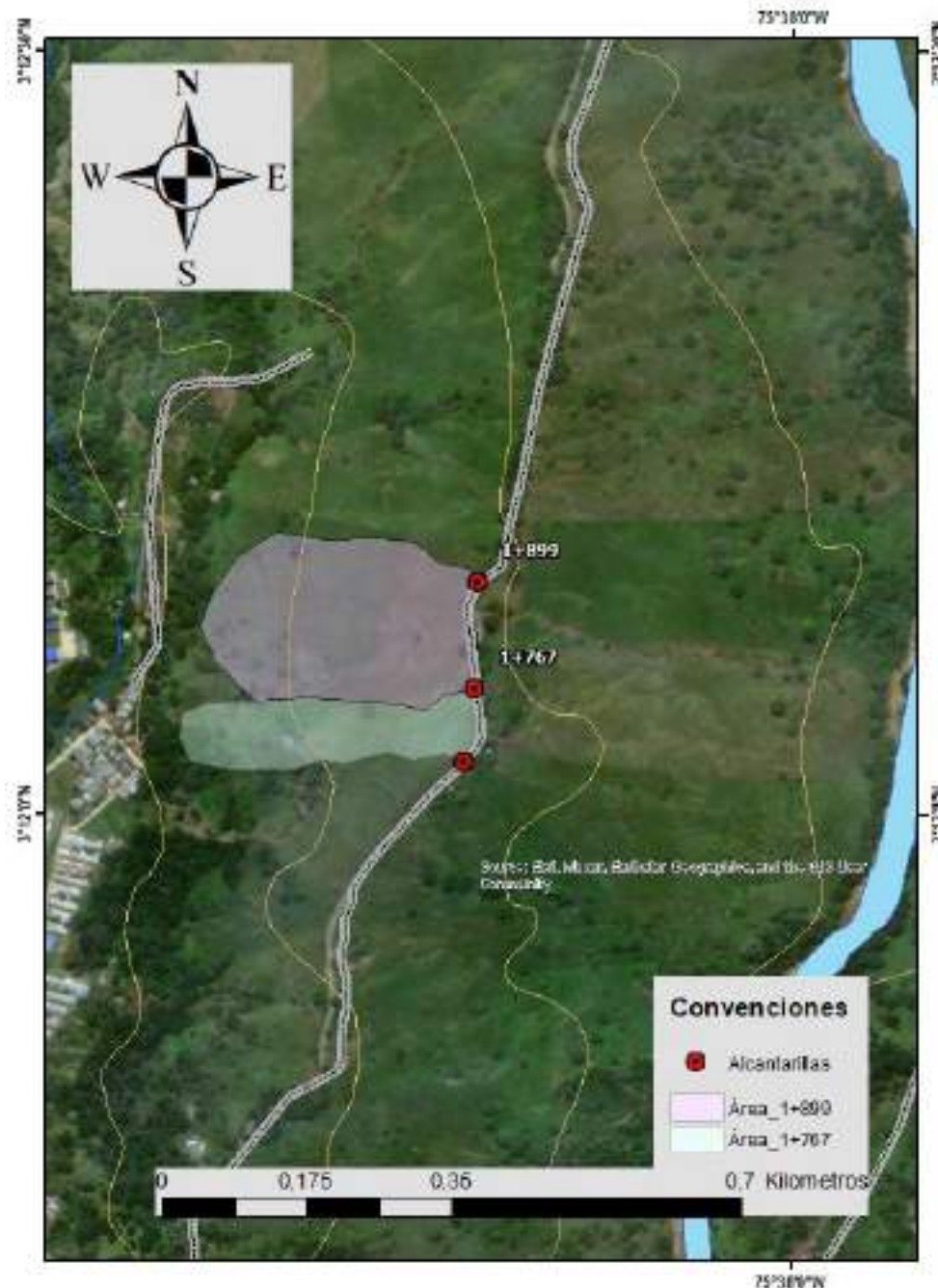
Al margen derecho de la vía se propone una cuneta triangular, la cual recibirá el aporte de esta y hará entrega a la alcantarilla presente en la abscisa K1+899.

Las características de las áreas aferentes a las obras se muestran en la **Tabla 3** y en la **Imagen 3**.

Tabla 3. Áreas aferentes.

ALCANTARILLA	Área		
	(km ²)	Ha	(m ²)
K1+767	0,057	5,73	57254
K1+899	0,026	2,61	26061

Imagen 3. Áreas de drenaje de cada alcantarilla.



6.5. Tiempo de concentración.

El cálculo del tiempo de concentración es determinante para establecer la intensidad de la tormenta, parámetro base para el cálculo del caudal. Las expresiones utilizadas para el presente informe son las siguientes:

Ecuación de Kirpich

$$T_c = 0.06628 * (L/S^{0.5})^{0.77}$$

Donde:

T_c, tiempo de concentración, en horas

L, Longitud del cauce principal, en km

S, pendiente de la cuenca, en m/m.

Ecuación de Clark.

$$T_c = 0.335 \left(\frac{A}{S^{0.5}} \right)^{0.593}$$

Dónde:

T_c, tiempo de concentración, en horas

A, Área de la cuenca, en km²

S, pendiente de la cuenca, en m/m

Ecuación de California

$$T_c = \left(\frac{0.871 * (L)^3}{H} \right)^{0.385}$$

Donde:

T_c, tiempo de concentración, en horas

L, Longitud del cauce principal, en km.

H, desnivel de la cuenca, en m

El valor del tiempo de concentración calculado es el valor promedio de las metodologías anteriormente expuestas. Se asume un tiempo de concentración mínimo de 15 min, fundamentada en las pendientes presentes en la zona. Lo anterior se evidencia en la Tabla 4 .

Tabla 4. Tiempo de concentración.

Zona - Área	Tiempo de Concentración (minutos)					
	Kirpich	Clark	California	Témez	Promedio	Asumido
K1+899	5,44	4,43	5,45	6,74	5.51	15

6.6. Coeficiente de escorrentía.

El coeficiente de escorrentía se asume teniendo en cuenta la pendiente del terreno y su tipo de cobertura. Las imágenes satelitales y fotografías indican que, la cobertura está caracterizada por pastizales y árboles como se muestra en la **Imagen 4**, y la inclinación del terreno es mayor al 7%. Es así como se asume un coeficiente de escorrentía de 0.40 considerando un periodo de retorno de 5 años para cunetas, y de 0.42 para alcantarillas y canales, cuyo periodo de retorno es de 10 años, estos datos fueron tomados de la tabla mostrada en la **Imagen 5**, del Libro de Hidrología aplicada de Ven Te Chow.

Imagen 4. Cobertura vegetal de la cuenca.



Imagen 5. coeficiente de escorrentía y periodo de retorno para la zona de estudio.

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años)						
	2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cobertura de pasto menor del 50% del área)							
Piano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cobertura de pasto del 50 al 75% del área)							
Piano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cobertura de pasto mayor del 75% del área)							
Piano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Piano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Piano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Piano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Anota: Los valores de la tabla son los estándares utilizados en la ciudad de Austin, Texas. Utilizada con autorización.

Fuente: Hidrología aplicada, Ven Te Chow

6.7. Curvas IDF

Para determinar los caudales de diseño de cada una de las obras, se requiere calcular la intensidad de la precipitación. Para la utilización del método racional se requieren las curvas IDF. Dichas curvas se calculan mediante el método simplificado, especificado en el manual de drenaje del INVIAS.

Para Colombia se propone el método que se presenta en el Estudio "Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia". En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración-frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, la precipitación total media anual y la elevación de la estación.

La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de que es la más sencilla de utilizar.

Teniendo en cuenta que el sector de intervención K1+800 pertenece a la región Andina, se aplican los valores de parámetros de a, b, c y d para tal región, los cuales se presentan en la Tabla 6

Tabla 5. Parámetros de a, b, c y d para la región Andina.

REGIÓN	a	b	c	d
Andina	0.94	0.18	0.66	0.83

Fuente: Manual de drenaje para carreteras del Invias

Con los datos históricos a nivel promedio anual multianual de la precipitación en 24h en la estación Casa de Zinc [22020040], que es la estación con registros relevantes para determinar las características hidráulicas requeridas y que tiene influencia directa sobre la zona objeto de estudio. Se ha calculado un valor promedio de la precipitación máxima anual en 24 horas igual a 82.1 mm.

En la **Tabla 6** se presentan los valores máximos mensuales multianuales de precipitación, información descargada de la página del IDEAM.

Tabla 6. Serie de datos estación Casa de Zinc [22020040], valor de M.

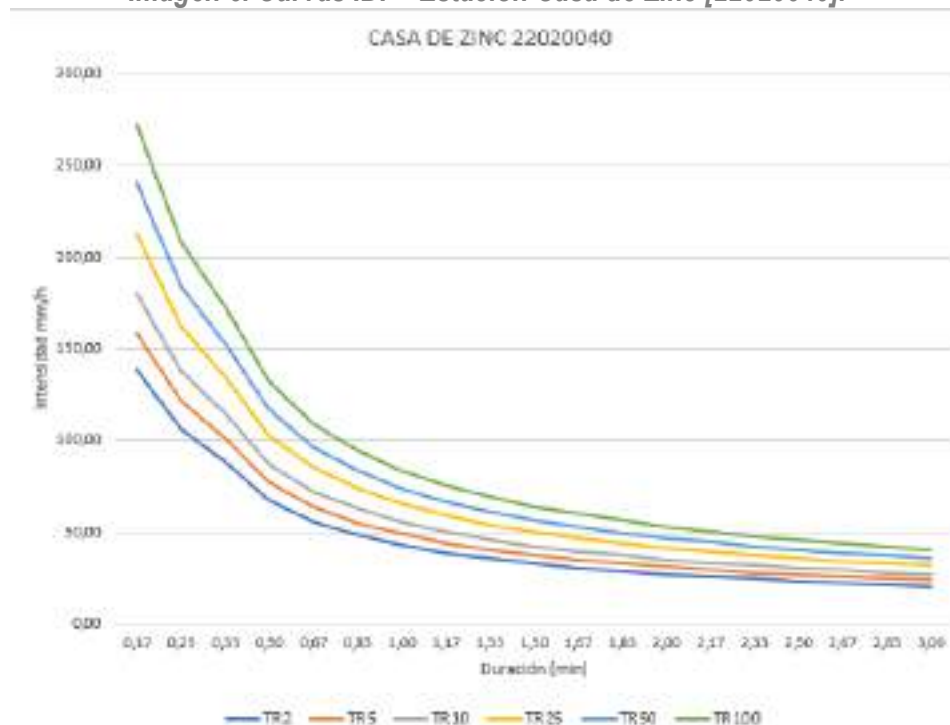
Año	Valor máximo	Año	Valor máximo
1980	130	2003	113
1983	66,7	2004	82
1984	126	2005	115
1985	80	2006	80
1986	70	2007	91
1987	50	2008	90
1988	97	2009	77
1989	85	2010	80
1990	43	2011	90
1991	52	2012	90
1992	95	2013	80
1993	80	2014	78
1994	59	2015	75
1995	55	2016	100
1996	65	2017	90
1997	42	2018	90
1998	81	2019	80
1999	95	2020	70
2000	87	2021	90
2001	83	Promedio	82,1
2002	80		

A partir de los datos obtenidos, y los coeficientes propios para la región Andina, se aplica la ecuación descrita, estableciendo así los valores de intensidad con intervalos de 10 minutos como se muestra en la **Tabla 7**, posteriormente en la se presenta la **Imagen 6** correspondiente a las curvas IDF.

Tabla 7. Valores de intensidades calculadas para la estación Casa de Zinc [22020040].

t (min)	2,33	5	10	15	20	25	50	100
10,00	138,55	158,96	180,08	193,72	204,01	212,37	240,59	272,56
15,00	106,02	121,64	137,80	148,23	156,11	162,51	184,10	208,57
20,00	87,68	100,60	113,97	122,60	129,11	134,41	152,27	172,50
30,00	67,10	76,98	87,21	93,81	98,80	102,85	116,52	132,00
40,00	55,49	63,67	72,13	77,59	81,71	85,06	96,37	109,17
50,00	47,89	54,95	62,25	66,96	70,52	73,41	83,17	94,22
60,00	42,46	48,72	55,19	59,37	62,53	65,09	73,74	83,54
70,00	38,36	44,01	49,85	53,63	56,48	58,79	66,61	75,46
80,00	35,12	40,29	45,65	49,11	51,71	53,83	60,99	69,09
90,00	32,49	37,28	42,23	45,43	47,85	49,81	56,43	63,92
100,00	30,31	34,78	39,40	42,38	44,63	46,46	52,64	59,63

Imagen 6. Curvas IDF - Estación Casa de Zinc [22020040].



En la **Tabla 8** se presentan los resultados calculados para cada tiempo de retorno.

Tabla 8. Intensidades calculadas.

Tiempo de Concentración (min)	TR	Intensidad
15	10	137,8
10	5	158.9

6.8. Caudales de diseño.

Se presentan los cálculos requeridos para determinar los caudales de diseño, los cuales se obtuvieron teniendo en cuenta el área de drenaje aferente a la obra a intervenir. Para cuencas con áreas menores de 2.5 km², se utilizó el método racional.

Este método es ideal para cuencas de pequeño tamaño, en este caso la extensión más grande es de 0.057km², de acuerdo con las recomendaciones de la literatura técnica, para la cuenca estudiada, dicha ecuación es aplicable, tal como se presenta a continuación:

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

Dónde:

Q = Caudal de diseño (m³/s)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de la Lluvia (mm/h)

A = Área de drenaje (km²)

Aplicando la formula anterior, se obtienen los caudales de diseño mostrados en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Estimación del caudal de diseño de la alcantarilla PR1+899.

ESTIMACIÓN CAUDAL CUENCA		
Área	57254.000	m2
	0.057	Km2
Coeficiente escorrentía	0.42	
C*A	0.02	
Longitud cuenca	501.00	m
Diferencia de nivel	56.00	m
Pendiente cuenca	0.11	m/m
Hidrología e Hidráulica		
Tiempo de concentración adoptado	15.00	min
	0.25	h
Periodo de retorno	10	años
Promedio PM multianual	82.07	mm
Coeficientes estación región andina.	0.94	a
	0.18	b
	0.66	c
	0.83	d
Intensidad	137.80	mm/h
Caudal	0.921	m3/s

7. ESTUDIOS HIDRÁULICOS.

A continuación, se presentan la descripción y evaluación de las obras hidráulicas existentes y proyectadas presentes en la zona objeto de diseño.

7.1. Obras de drenaje longitudinal.

En este capítulo, se presentan los cálculos requeridos para la determinación de las obras de drenaje longitudinal requeridas para complementar la solución de drenaje vial, con el objetivo de conservar y garantizar la estructura de pavimento proyectada.

Cunetas

Se propone una cuneta Tipo 1, dispuesta en el margen derecho de la vía entre las abscisas K1+767 y K1+899, donde hará entrega a una alcantarilla de $\varnothing=0.90\text{m}$ dicha obra cuenta con dimensiones de 1 m de ancho y una altura de 0.17m, como se muestra en la **Imagen 7**, el caudal calculado para esta fue obtenido con los datos de la vía y del área aferente del terreno como se muestra en la **Tabla 10**, la capacidad de la cuneta es de 211.18 l/s y el caudal calculado es de 19.66 l/s, haciéndola apta para el transporte del fluido.

Imagen 7. Sección Cuneta Tipo 1 margen derecha.

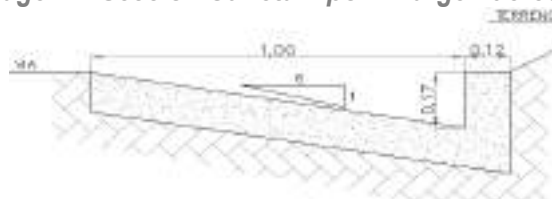


Tabla 10. Estimación del caudal de la cuneta tipo1.

CUNETAS BORDE VÍA MARGEN DERECHA 1+760 - 1+899	
ABS INICIO CUNETA	1760
ABS FIN CUNETA	1899
LONG CUNETA (m)	139
COTA ALTA (m)	1092.8
COTA BAJA (m)	1085
DIF. COTAS (m)	7.8
PENDIENTE VÍA %	5.6%
PENDIENTE VÍA m/m	0.056
ÁREA AFERENTE TERRENO m²	0
ÁREA AFERENTE TERRENO km²	0.0000
COEF ESC. TERRENO	0.36
C. TERRENO*ÁREA TERRENO	0.0000
ÁREA VÍA m²	556
ÁREA VÍA km²	0.0006
COEF ESC. VÍA	0.8
C. VÍA*ÁREA VÍA	0.000
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (min)	10
PERIODO DE RETORNO (años)	5
INTENSIDAD mm/h	158.96
C*A -PONDERADO-	0.00
CAUDAL m³/s	0.02
CAUDAL L/s	19.66

Canal rectangular a borde de vía izquierdo.

Para transportar el caudal originado por la vía y el talud superior se dispondrá de un canal rectangular al borde de vía al margen izquierdo de esta, tendrá una base de 0.60m y una altura de muro izquierdo de 0.30m y el derecho de 0.40m de los cuales 15cm estarán sobre la rasante y también tendrá ventanas para garantizar el ingreso de la escorrentía de la vía, dichas dimensiones se muestran en la **Imagen 8**, la estimación del caudal de esta obra se muestra en la **Tabla 11**.

Imagen 8. Canal rectangular borde de vía izquierdo.

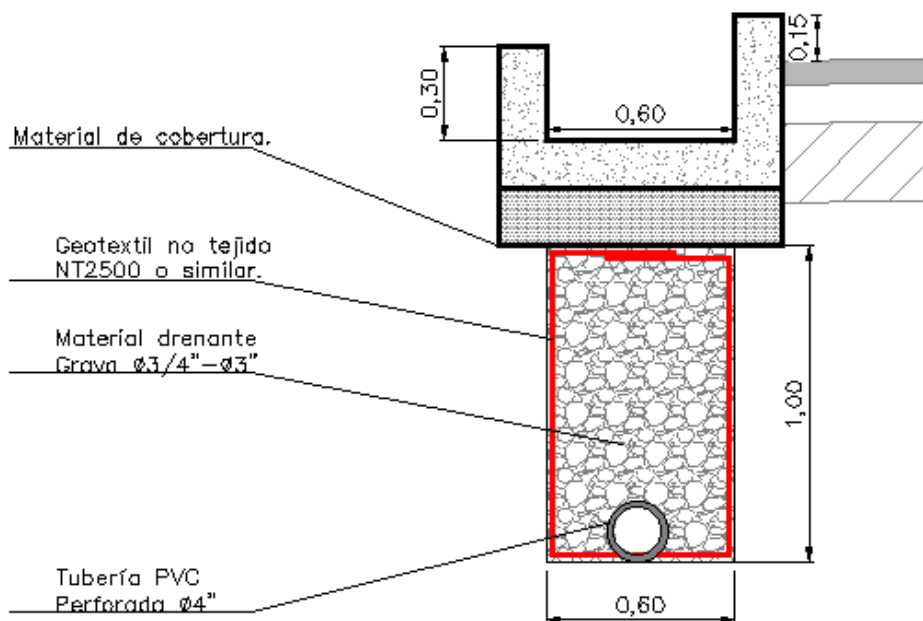


Tabla 11. Estimación del caudal del canal rectangular.

CANAL BORDE DE VIA IZQUIERDO 1+767 - 1+899	
ABS INICIO CUNET A	1760
ABS FIN CUNET A	1899
LONG CUNET A (m)	139
COTA ALTA (m)	1092.8
COTA BAJA (m)	1085
DIF. COTAS (m)	7.8
PENDIENTE VIA %	6%
PENDIENTE VIA m/m	0.056
ÁREA AFERENTE TERRENO m ²	6950
ÁREA AFERENTE TERRENO km ²	0.007
COEF ESC. TERRENO	0.36
C. TERRENO*ÁREA TERRENO	0.0025
ÁREA VÍA m ²	556
ÁREA VÍA km ²	0.0006
COEF ESC. VÍA	0.8
C. VÍA*ÁREA VÍA	0.000
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (min)	15
PERIODO DE RETORNO (años)	10
INTENSIDAD mm/h	137.8
C*A-PONDERADO-	0.003
CAUDAL m ³ /s	0.11
CAUDAL L/s	112.9

Este canal en su parte inferior contará con un filtro como se muestra en la **Imagen 8** que tendrá 0.60m de ancho y 1.0m de alto y una tubería perforada de Ø=100mm.

7.2. Obras de drenaje transversal

Análisis de capacidad hidráulica de alcantarilla de Ø=0.90m K1+899

Las alcantarillas circulares se dimensionan aceptando una altura o nivel de agua en la entrada (Hw) de 1,20 veces el diámetro. Así, tomando un valor máximo de 1,2 Hw se asegura que la entrada de la alcantarilla funciona sin sumergirse, es decir, la lámina de agua se encuentra por debajo de la cota clave, o lo que es lo mismo a flujo libre.

La carga a la entrada, Hw depende del tipo de flujo con que funcione la alcantarilla, existiendo dos tipos principales de flujo: flujo con control a la entrada o flujo con control a la salida.

Flujo de la alcantarilla con control a la entrada.

En esta condición, el flujo sufre una contracción severa en la entrada, con lo que la capacidad de la tubería es mayor que la capacidad de la estructura de entrada, siendo las características de la entrada (tipo y forma) y no la de la tubería (sección, rugosidad, área, longitud, pendiente) las que determinan la capacidad de la alcantarilla. La alcantarilla se comporta como un vertedero si no existe sumergencia en la entrada, existiendo una zona de transición pobremente definida entre ambos tipos de comportamiento, por lo que emplean ecuaciones de regresión.

Resultados comprobación capacidad con control a la entrada.

La alcantarilla existente tiene una pendiente del 2.0%, por lo tanto, de acuerdo con el caudal estimado, se cumple con los requerimientos de capacidad hidráulica. A continuación, en la **Tabla 12** se presenta la evaluación realizada, resultando una relación Hw/D de 1.20, justo en el límite permitido, el caudal máximo que esta obra puede transportar es de 1.2 m³/s y el calculado es de 0.921 m³/s, por lo tanto, cumple con la capacidad.

Tabla 12. Evaluación de la alcantarilla existente en la abscisa K1+899.

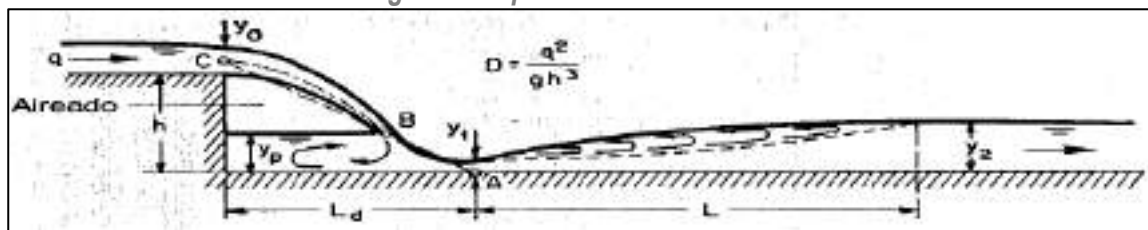
Cálculo de capacidad de alcantarilla																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
D	m	S	H _w	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀	H ₁₁	H ₁₂	H ₁₃	H ₁₄	H ₁₅	H ₁₆	H ₁₇	H ₁₈	H ₁₉	H ₂₀	H ₂₁	H ₂₂	H ₂₃	H ₂₄	H ₂₅	H ₂₆	H ₂₇	H ₂₈	H ₂₉	H ₃₀	H ₃₁	H ₃₂	H ₃₃	H ₃₄	H ₃₅	H ₃₆	H ₃₇	H ₃₈	H ₃₉	H ₄₀	H ₄₁	H ₄₂	H ₄₃	H ₄₄	H ₄₅	H ₄₆	H ₄₇	H ₄₈	H ₄₉	H ₅₀	H ₅₁	H ₅₂	H ₅₃	H ₅₄	H ₅₅	H ₅₆	H ₅₇	H ₅₈	H ₅₉	H ₆₀	H ₆₁	H ₆₂	H ₆₃	H ₆₄	H ₆₅	H ₆₆	H ₆₇	H ₆₈	H ₆₉	H ₇₀	H ₇₁	H ₇₂	H ₇₃	H ₇₄	H ₇₅	H ₇₆	H ₇₇	H ₇₈	H ₇₉	H ₈₀	H ₈₁	H ₈₂	H ₈₃	H ₈₄	H ₈₅	H ₈₆	H ₈₇	H ₈₈	H ₈₉	H ₉₀	H ₉₁	H ₉₂	H ₉₃	H ₉₄	H ₉₅	H ₉₆	H ₉₇	H ₉₈	H ₉₉	H ₁₀₀	H ₁₀₁	H ₁₀₂	H ₁₀₃	H ₁₀₄	H ₁₀₅	H ₁₀₆	H ₁₀₇	H ₁₀₈	H ₁₀₉	H ₁₁₀	H ₁₁₁	H ₁₁₂	H ₁₁₃	H ₁₁₄	H ₁₁₅	H ₁₁₆	H ₁₁₇	H ₁₁₈	H ₁₁₉	H ₁₂₀	H ₁₂₁	H ₁₂₂	H ₁₂₃	H ₁₂₄	H ₁₂₅	H ₁₂₆	H ₁₂₇	H ₁₂₈	H ₁₂₉	H ₁₃₀	H ₁₃₁	H ₁₃₂	H ₁₃₃	H ₁₃₄	H ₁₃₅	H ₁₃₆	H ₁₃₇	H ₁₃₈	H ₁₃₉	H ₁₄₀	H ₁₄₁	H ₁₄₂	H ₁₄₃	H ₁₄₄	H ₁₄₅	H ₁₄₆	H ₁₄₇	H ₁₄₈	H ₁₄₉	H ₁₅₀	H ₁₅₁	H ₁₅₂	H ₁₅₃	H ₁₅₄	H ₁₅₅	H ₁₅₆	H ₁₅₇	H ₁₅₈	H ₁₅₉	H ₁₆₀	H ₁₆₁	H ₁₆₂	H ₁₆₃	H ₁₆₄	H ₁₆₅	H ₁₆₆	H ₁₆₇	H ₁₆₈	H ₁₆₉	H ₁₇₀	H ₁₇₁	H ₁₇₂	H ₁₇₃	H ₁₇₄	H ₁₇₅	H ₁₇₆	H ₁₇₇	H ₁₇₈	H ₁₇₉	H ₁₈₀	H ₁₈₁	H ₁₈₂	H ₁₈₃	H ₁₈₄	H ₁₈₅	H ₁₈₆	H ₁₈₇	H ₁₈₈	H ₁₈₉	H ₁₉₀	H ₁₉₁	H ₁₉₂	H ₁₉₃	H ₁₉₄	H ₁₉₅	H ₁₉₆	H ₁₉₇	H ₁₉₈	H ₁₉₉	H ₂₀₀	H ₂₀₁	H ₂₀₂	H ₂₀₃	H ₂₀₄	H ₂₀₅	H ₂₀₆	H ₂₀₇	H ₂₀₈	H ₂₀₉	H ₂₁₀	H ₂₁₁	H ₂₁₂	H ₂₁₃	H ₂₁₄	H ₂₁₅	H ₂₁₆	H ₂₁₇	H ₂₁₈	H ₂₁₉	H ₂₂₀	H ₂₂₁	H ₂₂₂	H ₂₂₃	H ₂₂₄	H ₂₂₅	H ₂₂₆	H ₂₂₇	H ₂₂₈	H ₂₂₉	H ₂₃₀	H ₂₃₁	H ₂₃₂	H ₂₃₃	H ₂₃₄	H ₂₃₅	H ₂₃₆	H ₂₃₇	H ₂₃₈	H ₂₃₉	H ₂₄₀	H ₂₄₁	H ₂₄₂	H ₂₄₃	H ₂₄₄	H ₂₄₅	H ₂₄₆	H ₂₄₇	H ₂₄₈	H ₂₄₉	H ₂₅₀	H ₂₅₁	H ₂₅₂	H ₂₅₃	H ₂₅₄	H ₂₅₅	H ₂₅₆	H ₂₅₇	H ₂₅₈	H ₂₅₉	H ₂₆₀	H ₂₆₁	H ₂₆₂	H ₂₆₃	H ₂₆₄	H ₂₆₅	H ₂₆₆	H ₂₆₇	H ₂₆₈	H ₂₆₉	H ₂₇₀	H ₂₇₁	H ₂₇₂	H ₂₇₃	H ₂₇₄	H ₂₇₅	H ₂₇₆	H ₂₇₇	H ₂₇₈	H ₂₇₉	H ₂₈₀	H ₂₈₁	H ₂₈₂	H ₂₈₃	H ₂₈₄	H ₂₈₅	H ₂₈₆	H ₂₈₇	H ₂₈₈	H ₂₈₉	H ₂₉₀	H ₂₉₁	H ₂₉₂	H ₂₉₃	H ₂₉₄	H ₂₉₅	H ₂₉₆	H ₂₉₇	H ₂₉₈	H ₂₉₉	H ₃₀₀	H ₃₀₁	H ₃₀₂	H ₃₀₃	H ₃₀₄	H ₃₀₅	H ₃₀₆	H ₃₀₇	H ₃₀₈	H ₃₀₉	H ₃₁₀	H ₃₁₁	H ₃₁₂	H ₃₁₃	H ₃₁₄	H ₃₁₅	H ₃₁₆	H ₃₁₇	H ₃₁₈	H ₃₁₉	H ₃₂₀	H ₃₂₁	H ₃₂₂	H ₃₂₃	H ₃₂₄	H ₃₂₅	H ₃₂₆	H ₃₂₇	H ₃₂₈	H ₃₂₉	H ₃₃₀	H ₃₃₁	H ₃₃₂	H ₃₃₃	H ₃₃₄	H ₃₃₅	H ₃₃₆	H ₃₃₇	H ₃₃₈	H ₃₃₉	H ₃₄₀	H ₃₄₁	H ₃₄₂	H ₃₄₃	H ₃₄₄	H ₃₄₅	H ₃₄₆	H ₃₄₇	H ₃₄₈	H ₃₄₉	H ₃₅₀	H ₃₅₁	H ₃₅₂	H ₃₅₃	H ₃₅₄	H ₃₅₅	H ₃₅₆	H ₃₅₇	H ₃₅₈	H ₃₅₉	H ₃₆₀	H ₃₆₁	H ₃₆₂	H ₃₆₃	H ₃₆₄	H ₃₆₅	H ₃₆₆	H ₃₆₇	H ₃₆₈	H ₃₆₉	H ₃₇₀	H ₃₇₁	H ₃₇₂	H ₃₇₃	H ₃₇₄	H ₃₇₅	H ₃₇₆	H ₃₇₇	H ₃₇₈	H ₃₇₉	H ₃₈₀	H ₃₈₁	H ₃₈₂	H ₃₈₃	H ₃₈₄	H ₃₈₅	H ₃₈₆	H ₃₈₇	H ₃₈₈	H ₃₈₉	H ₃₉₀	H ₃₉₁	H ₃₉₂	H ₃₉₃	H ₃₉₄	H ₃₉₅	H ₃₉₆	H ₃₉₇	H ₃₉₈	H ₃₉₉	H ₄₀₀	H ₄₀₁	H ₄₀₂	H ₄₀₃	H ₄₀₄	H ₄₀₅	H ₄₀₆	H ₄₀₇	H ₄₀₈	H ₄₀₉	H ₄₁₀	H ₄₁₁	H ₄₁₂	H ₄₁₃	H ₄₁₄	H ₄₁₅	H ₄₁₆	H ₄₁₇	H ₄₁₈	H ₄₁₉	H ₄₂₀	H ₄₂₁	H ₄₂₂	H ₄₂₃	H ₄₂₄	H ₄₂₅	H ₄₂₆	H ₄₂₇	H ₄₂₈	H ₄₂₉	H ₄₃₀	H ₄₃₁	H ₄₃₂	H ₄₃₃	H ₄₃₄	H ₄₃₅	H ₄₃₆	H ₄₃₇	H ₄₃₈	H ₄₃₉	H ₄₄₀	H ₄₄₁	H ₄₄₂	H ₄₄₃	H ₄₄₄	H ₄₄₅	H ₄₄₆	H ₄₄₇	H ₄₄₈	H ₄₄₉	H ₄₅₀	H ₄₅₁	H ₄₅₂	H ₄₅₃	H ₄₅₄	H ₄₅₅	H ₄₅₆	H ₄₅₇	H ₄₅₈	H ₄₅₉	H ₄₆₀	H ₄₆₁	H ₄₆₂	H ₄₆₃	H ₄₆₄	H ₄₆₅	H ₄₆₆	H ₄₆₇	H ₄₆₈	H ₄₆₉	H ₄₇₀	H ₄₇₁	H ₄₇₂	H ₄₇₃	H ₄₇₄	H ₄₇₅	H ₄₇₆	H ₄₇₇	H ₄₇₈	H ₄₇₉	H ₄₈₀	H ₄₈₁	H ₄₈₂	H ₄₈₃	H ₄₈₄	H ₄₈₅	H ₄₈₆	H ₄₈₇	H ₄₈₈	H ₄₈₉	H ₄₉₀	H ₄₉₁	H ₄₉₂	H ₄₉₃	H ₄₉₄	H ₄₉₅	H ₄₉₆	H ₄₉₇	H ₄₉₈	H ₄₉₉	H ₅₀₀	H ₅₀₁	H ₅₀₂	H ₅₀₃	H ₅₀₄	H ₅₀₅	H ₅₀₆	H ₅₀₇	H ₅₀₈	H ₅₀₉	H ₅₁₀	H ₅₁₁	H ₅₁₂	H ₅₁₃	H ₅₁₄	H ₅₁₅	H ₅₁₆	H ₅₁₇	H ₅₁₈	H ₅₁₉	H ₅₂₀	H ₅₂₁	H ₅₂₂	H ₅₂₃	H ₅₂₄	H ₅₂₅	H ₅₂₆	H ₅₂₇	H ₅₂₈	H ₅₂₉	H ₅₃₀	H ₅₃₁	H ₅₃₂	H ₅₃₃	H ₅₃₄	H ₅₃₅	H ₅₃₆	H ₅₃₇	H ₅₃₈	H ₅₃₉	H ₅₄₀	H ₅₄₁	H ₅₄₂	H ₅₄₃	H ₅₄₄	H ₅₄₅	H ₅₄₆	H ₅₄₇	H ₅₄₈	H ₅₄₉	H ₅₅₀	H ₅₅₁	H ₅₅₂	H ₅₅₃	H ₅₅₄	H ₅₅₅	H ₅₅₆	H ₅₅₇	H ₅₅₈	H ₅₅₉	H ₅₆₀	H ₅₆₁	H ₅₆₂	H ₅₆₃	H ₅₆₄	H ₅₆₅	H ₅₆₆	H ₅₆₇	H ₅₆₈	H ₅₆₉	H ₅₇₀	H ₅₇₁	H ₅₇₂	H ₅₇₃	H ₅₇₄	H ₅₇₅	H ₅₇₆	H ₅₇₇	H ₅₇₈	H ₅₇₉	H ₅₈₀	H ₅₈₁	H ₅₈₂	H ₅₈₃	H ₅₈₄	H ₅₈₅	H ₅₈₆	H ₅₈₇	H ₅₈₈	H ₅₈₉	H ₅₉₀	H ₅₉₁	H ₅₉₂	H ₅₉₃	H ₅₉₄	H ₅₉₅	H ₅₉₆	H ₅₉₇	H ₅₉₈	H ₅₉₉	H ₆₀₀	H ₆₀₁	H ₆₀₂	H ₆₀₃	H ₆₀₄	H ₆₀₅	H ₆₀₆	H ₆₀₇	H ₆₀₈	H ₆₀₉	H ₆₁₀	H ₆₁₁	H ₆₁₂	H ₆₁₃	H ₆₁₄	H ₆₁₅	H ₆₁₆	H ₆₁₇	H ₆₁₈	H ₆₁₉	H ₆₂₀	H ₆₂₁	H ₆₂₂	H ₆₂₃	H ₆₂₄	H ₆₂₅	H ₆₂₆	H ₆₂₇	H ₆₂₈	H ₆₂₉	H ₆₃₀	H ₆₃₁	H ₆₃₂	H ₆₃₃	H ₆₃₄	H ₆₃₅	H ₆₃₆	H ₆₃₇	H ₆₃₈	H ₆₃₉	H ₆₄₀	H ₆₄₁	H ₆₄₂	H ₆₄₃	H ₆₄₄	H ₆₄₅	H ₆₄₆	H ₆₄₇	H ₆₄₈	H ₆₄₉	H ₆₅₀	H ₆₅₁	H ₆₅₂	H ₆₅₃	H ₆₅₄	H ₆₅₅	H ₆₅₆	H ₆₅₇	H ₆₅₈	H ₆₅₉	H ₆₆₀	H ₆₆₁	H ₆₆₂	H ₆₆₃	H ₆₆₄	H ₆₆₅	H ₆₆₆	H ₆₆₇	H ₆₆₈	H ₆₆₉	H ₆₇₀	H ₆₇₁	H ₆₇₂	H ₆₇₃	H ₆₇₄	H ₆₇₅	H ₆₇₆	H ₆₇₇	H ₆₇₈	H ₆₇₉	H ₆₈₀	H ₆₈₁	H ₆₈₂	H ₆₈₃	H ₆₈₄	H ₆₈₅	H ₆₈₆	H ₆₈₇	H ₆₈₈	H ₆₈₉	H ₆₉₀	H ₆₉₁	H ₆₉₂	H ₆₉₃	H ₆₉₄	H ₆₉₅	H ₆₉₆	H ₆₉₇	H ₆₉₈	H ₆₉₉	H ₇₀₀	H ₇₀₁	H ₇₀₂	H ₇₀₃	H ₇₀₄	H ₇₀₅	H ₇₀₆	H ₇₀₇	H ₇₀₈	H ₇₀₉	H ₇₁₀	H ₇₁₁	H ₇₁₂	H ₇₁₃	H ₇₁₄	H ₇₁₅	H ₇₁₆	H ₇₁₇	H ₇₁₈	H ₇₁₉	H ₇₂₀	H ₇₂₁	H ₇₂₂	H ₇₂₃	H ₇₂₄	H ₇₂₅	H ₇₂₆	H ₇₂₇	H ₇₂₈	H ₇₂₉	H ₇₃₀	H ₇₃₁ </

Canal escalonado para el descole de ALCANTARILLA K1+899

Se propone, además, la construcción de un canal escalonado en el descole de la alcantarilla presente en la abscisa K1+899 en bolsacretos, con el objetivo de que sea un canal flexible y sea capaz de llevar de forma controlada el flujo hasta la parte más baja del talud inferior, de modo que se eviten procesos de infiltración en cercanía de la vía.

El escalonado como se muestra en **Imagen 9**, se diseñó según la metodología planteada por Ven Te Chow para vertederos rectangulares de caída recta, en la cual se suponen los valores de las contrahuellas (h) y el ancho (b):

Imagen 9. Esquema canal escalonado.



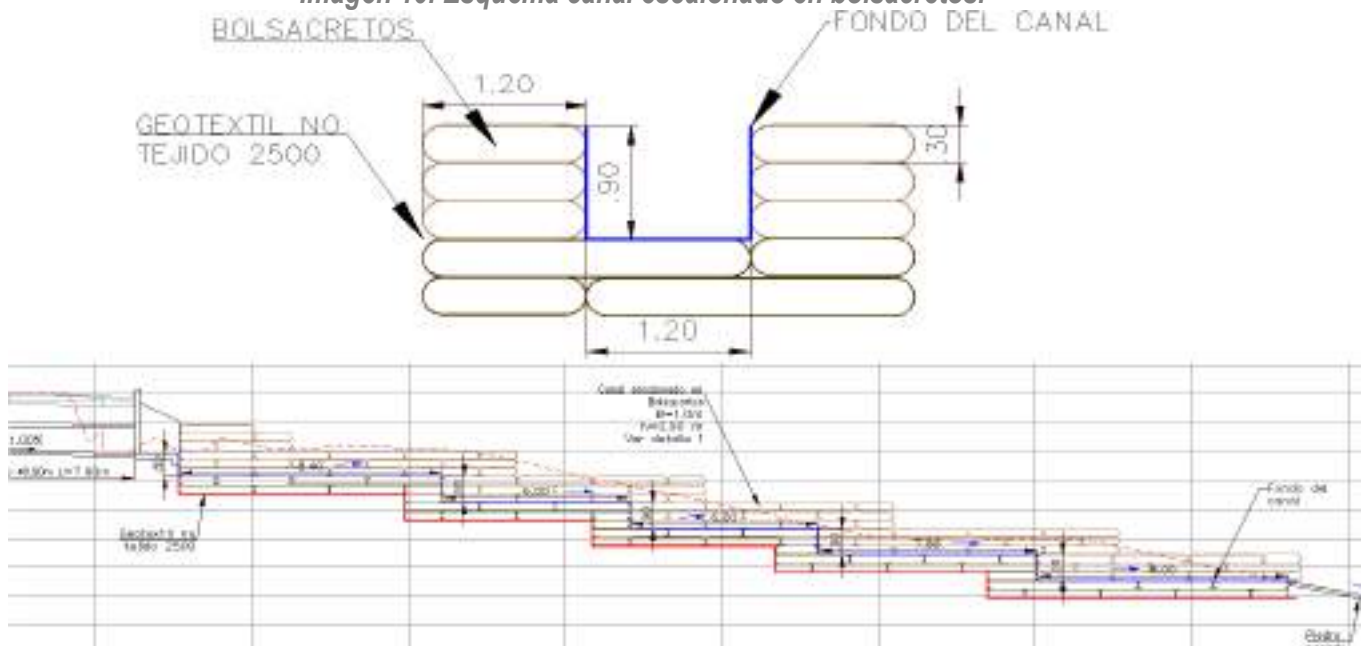
Fuente: Hidrología aplicada, Ven Te Chow

Las dimensiones del canal escalonado en se presentan a continuación en la **Tabla 13**, Se propone que tenga un ancho de 1.2 m, con huellas mínimo de 4.73m y con una altura de contrahuella (h) de 0.90m., la altura del muro será de 0.90m, lo cual garantizara el desarrollo de la altura de la lámina de agua y un borde libre, se muestra un esquema en la **Imagen 10**, se busca que la altura de los muros quede al nivel del suelo para evitar socavaciones al lado de estos.

Tabla 13. Dimensiones canal escalonado.

Q (m³/s)	b (m)	h (m)	g (m/s²)	D	Ld (m)	Yp (m)	Y1 (m)	Y2 (m)	L (m)	L Total (m)	V (m/s)
0,92	1,20	0,90	9,81	0,08	1,97	0,52	0,17	0,76	2,76	4,73	1,01

Imagen 10. Esquema canal escalonado en bolsacretos.



8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Las soluciones al drenaje superficial aquí propuestas tienen como objetivo evitar que haya descargas directas a la zona inestable del talud inferior, por eso se propone sacar totalmente de funcionamiento la alcantarilla ubicada en la abscisa K1+847 y se hará entrega de manera controlada de las descargas mediante un canal a una distancia donde no afecte la zona inestable.
- Se propone un canal escalonado en bolsacreto en el descole de la alcantarilla presente en la abscisa K1+899 de 1.2m de ancho, y altura de muro de 0.90m, hasta el cambio de pendiente, haciendo entrega con una sección final de piedra pegada.
- Para el recaudo del aporte de agua del talud superior se propone entre las abscisas K1+767 y K1+899 un canal rectangular paralelo a la vía en el costado izquierdo, el cual tendrá una sección de 0.60m de ancho con un muro más bajo que el otro para garantizar que el flujo debido a su velocidad no se salga del canal, este canal contara con un filtro en su parte inferior y tendrá ventanas en los muros del costado de la rasante para garantizar el ingreso del flujo causado por la escorrentía de la vía.
- En el costado derecho de la vía se propone una cuneta tipo 1 para transportar la escorrentía de la vía entre las alcantarillas ubicadas en las abscisas K1+767 y K1+899.

9. ANEXOS

Anexo1. SHAPES.
Anexo2. Cartografía.
Anexo3. Datos IDEAM.
Anexo4. Plano K1+800. (DWG – PDF)
Anexo5. Cálculos.