



ALCALDÍA DE SALAZAR DE LAS PALMAS

**"MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER
ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN PAVIMENTO
RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS
ABSCISAS K0+000 AL K0+500 Y HACIA GRAMALOTE
DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS,
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER."**

TRAMO 1 EL CARMEN - ALTO CHIQUITO

ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO

CRISTIAN CAMILO OSORIO MOLINA

INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL

NOVIEMBRE DE 2025

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
OBJETIVOS.....	5
1. EMPLAZAMIENTO NACIONAL Y DEPARTAMENTAL DEL PROYECTO.....	6
2. LOCALIZACION MUNICIPAL	6
3. ANALISIS DE PRECIPITACIONES MAXIMAS.....	8
4. CURVAS IDF	10
5. EMPLAZAMIENTO ESTACION PLUVIOMETRICA.....	13
6. METODO RACIONAL.....	16
7. EVACUACIÓN SUPERFICIAL DE AGUAS LLUVIAS EN LA VÍA.....	17
7.1 SECCION TRIANGULAR	17
7.2 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	18
7.3 PERIODO DE RETORNO	18
7.4 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	20
7.4.1 Tiempo de entrada	21
7.4.2 Tiempo de recorrido.....	22
7.5 Distribución de las áreas aferentes.....	23
7.6 RESULTADOS OBTENIDOS	25
7.7 Consideraciones para su proyección	26
8 DISEÑO HIDRAULICO ALCANTARILLAS.....	32
8.1 ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO CUENCAS MENORES	35
8.2 CRITERIOS DE DISEÑO.....	38

8.2.1	Hidráulicos: carga a la entrada y velocidades en el conducto y descole del agua	38
8.2.2	Arrastre de sedimentos	38
8.2.3	Pendiente del conducto o tubería	39
8.2.4	Recubrimiento y longitud del conducto.....	39
8.2.5	Socavación en alcantarillas	40
8.2.6	Pocetas o cajas colectoras	40
8.3	ANÁLISIS DE ALCANTARILLAS	42
8.4	Estimación de caudal para cuenca mayor	44
8.4.1	Número de curva (CN).....	46
8.4.2	Tiempo de concentración (Tc).....	53
8.4.3	Elaboración del hietograma	54
8.4.4	Caudal pico de la cuenca en estudio	57
8.4.5	Modelación hidrológica.....	58
8.4.5.1.1	Resultados modelación hidrológica	62
8.4.6	Análisis hidráulico de box culvert.....	66
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70

TABLAS

TABLA 1. PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL ESTACIÓN GRAMALOTE 16020010	9
TABLA 2. CONSTANTES DE ECUACIÓN PARAMÉTRICA	11
TABLA 3. REGRESIÓN POTENCIAL.....	11
TABLA 4. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA.....	18
TABLA 5. PERIODO DE RETORNO	19
TABLA 6. PERÍODOS DE RETORNO DE DISEÑO EN OBRAS DE DRENAJE VIAL.....	20
TABLA 7. COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE MANNING	26
TABLA 8. CHEQUEO HIDRÁULICO DE CANAL CALZADA-BORDILLO	28
TABLA 9. CAUDAL DE DISEÑO ALCANTARILLAS	37
TABLA 10. ESCORRENTÍA PARA LOS COMPLEJOS SUELO – COBERTURA (CN).....	50
TABLA 11. PARÁMETROS ASOCIADOS AL DRENAJE DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA	54
TABLA 12. HIETOGRAMA DE PRECIPITACIÓN DE DISEÑO $T_r=50$ AÑOS.....	57
TABLA 13. HIDROGRAMA SECTOR HIDROLÓGICO QUEBRADA SANTA RITA.....	64

FIGURAS

FIGURA 1. EMPLAZAMIENTO NACIONAL Y DEPARTAMENTAL DE LA ZONA DEL PROYECTO.....	6
FIGURA 2. EMPLAZAMIENTO MUNICIPAL DE LA ZONA DEL PROYECTO	6
FIGURA 3. UBICACIÓN SATELITAL TRAMO A INTERVENIR EN EL CORREGIMIENTO DE EL CARMEN	7
FIGURA 4. CURVAS IDF, METODOLOGÍA DE VARGAS Y DÍAZ GRANADOS.....	12
FIGURA 5. DISTANCIA DE ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA A ZONA DE ESTUDIO.....	13
FIGURA 6. DISTRIBUCIÓN TEMPORAL PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL MULTIANUAL ESTACIÓN MANZANARES	14
FIGURA 7. SECCIÓN TÍPICA DE LA VÍA EN ESTUDIO.....	20
FIGURA 8. FORMATO INVENTARIO DE OBRAS HIDRÁULICAS EXISTENTES	33
FIGURA 9. DETALLE CAJA DE RECOLECCIÓN DE AGUA NACIDA	35
FIGURA 10. CUENCA ALCANTARILLA K0+198.6	36
FIGURA 11. CUENCA ALCANTARILLA K0+500	37
FIGURA 12. CAJA COLECTORA TÍPICA.....	41
FIGURA 13. MODELACIÓN ALCANTARILLA K0+198.6.....	42
FIGURA 14. MODELACIÓN ALCANTARILLA K0+505.3.....	43
FIGURA 15. ÁREA CUENCA MAYOR BOX CULVERT.....	44
FIGURA 16. CURVAS PROFUNDIDAD – ÁREA PARA REDUCIR PRECIPITACIÓN PUNTUAL CON EL FIN DE OBTENER VALORES PROMEDIO EN EL ÁREA	56
FIGURA 17. DATOS MODELACIÓN HIDRÁULICA BOX CULVERT PR0+340 (MODELO HIDRÁULICO HY8).....	67
FIGURA 18. MODELACIÓN HIDRÁULICA BOX CULVERT PR0+340 (MODELO HIDRÁULICO HY8).	68

INTRODUCCIÓN

Se considera a la hidrología, como la ciencia que tiene como objeto principal determinar las magnitudes de las precipitaciones de un sector específico, con la ayuda de un análisis estadístico de regresiones. En definitiva, define cuáles son las consecuencias hidráulicas de una obra o proyecto que puede llegar a afectar el estado de la cuenca hidrológica que le corresponde.

Por consiguiente, en el presente informe se determinan los parámetros climatológicos y las curvas IDF caracterizadas mediante periodos de retorno, para el proyecto:

" MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500, MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER."

En este informe se tratará el primer tramo desde K0+000 hasta el K0+500 en la vía que conduce del corregimiento del Carmen hacia Alto Chiquito.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

OBJETIVOS

- ✓ Recopilar y analizar la información hidrometeorológica disponible en la estación más cercana a la zona del proyecto, y conocer los registros históricos de precipitaciones en un periodo no menor a 16 años.
- ✓ Realizar un análisis de frecuencia de precipitaciones máximas, para generar la ecuación de intensidad y producir las curvas IDF teniendo presente la información climatológica del último quinquenio.
- ✓ Determinar el caudal de diseño y las estructuras de drenaje a implementar o el chequeo de las existentes para la estructura de pavimento rígido.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500, MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

1. EMPLAZAMIENTO NACIONAL Y DEPARTAMENTAL DEL PROYECTO

El proyecto en estudio se encuentra localizado hacia el Nor-Oriente de la República de Colombia y hacia el Nor-Occidente del Departamento de Norte de Santander. Las coordenadas geográficas del sitio son: Latitud $7^{\circ}51'26.70''N$ y Longitud $72^{\circ}53'16.43''O$. En la figura 1 se observa el emplazamiento nacional y departamental del proyecto.



Figura 1. Emplazamiento nacional y departamental de la zona del proyecto.

Fuente: www.wikipedia.com y Google Earth

2. LOCALIZACION MUNICIPAL

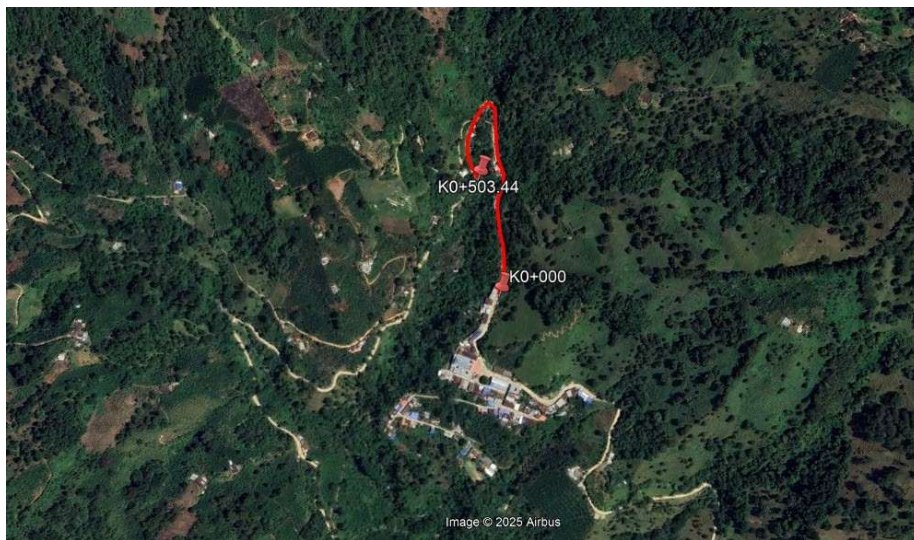


Figura 2. Emplazamiento municipal de la zona del proyecto

Fuente: Google Earth Pro



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

En la zona de estudio se encuentra proyectada la construcción de un mejoramiento para red terciaria con un pavimento rígido para el corregimiento de El Carmen de Nazareth en el departamento de norte de Santander, el cual está conformado por un tramo de 500.00 m lineales desde K0+000 hasta K0+500

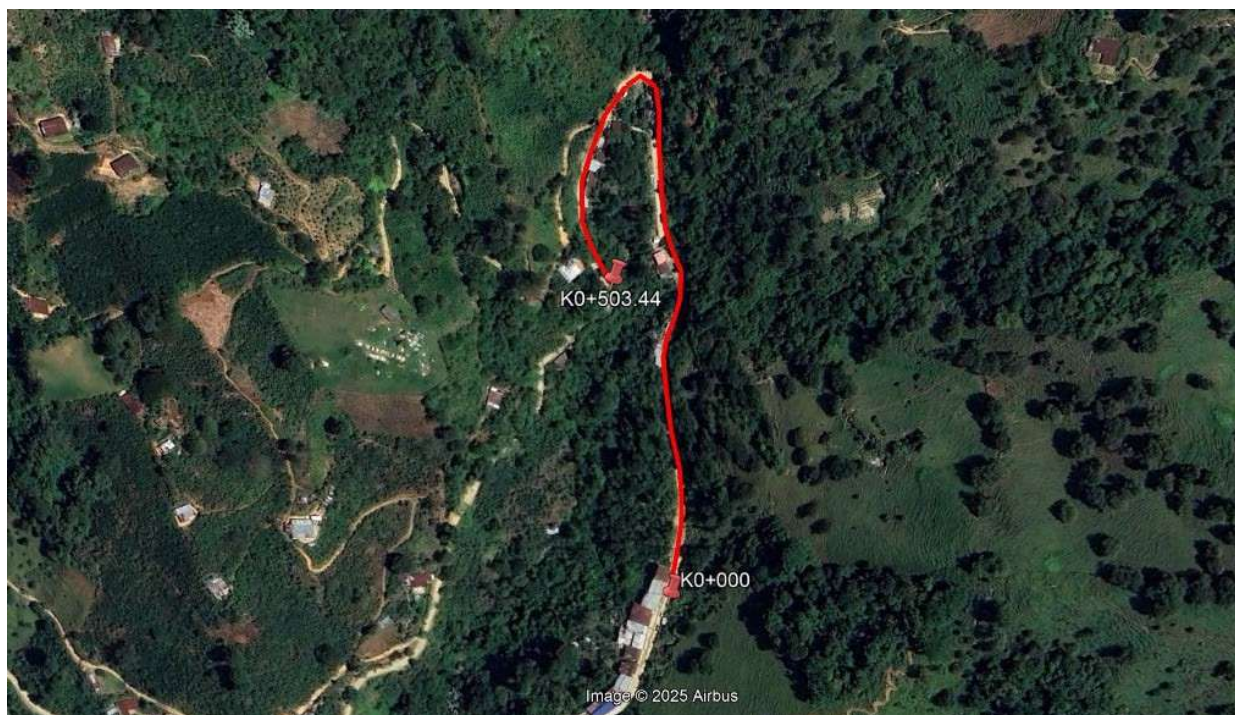


Figura 3. Ubicación satelital Tramo a intervenir en el corregimiento de El Carmen.

Fuente: Adaptado de Google Earth.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

3. ANALISIS DE PRECIPITACIONES MAXIMAS

La finalidad de los análisis de precipitación máxima consiste en evaluar eventos climáticos excepcionales que, dentro de un periodo de retorno específico, posibiliten, mediante la utilización de modelos Lluvia-Escorrentía, la estimación de caudales de diseño.

El análisis de precipitaciones máximas abarca la realización de análisis de frecuencia sobre los registros de precipitación máxima ocurrida en un lapso de 24 horas. Además, implica la derivación de relaciones entre intensidad, duración y frecuencia, con el propósito de aplicar metodologías que faciliten la estimación de hidrogramas de lluvia. La Tabla 1 se muestran los registros de precipitaciones máximas en 24 horas.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

Tabla 1. Precipitación Máxima mensual Estación Gramalote 16020010

AÑO	PRECIPITACIÓN MAXIMA MENSUAL mm											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1992	22	10	11	49	54	15	10	28	31	23	34	50
1993	24	44	55	31	55	8	65	25	65	51	49	14
1994	46	9	30	85	29	6	25	40	48	36	76	13
1995	11	40	80	45	83	22	45	44	56	59	45	40
1996	14	123	30	28	41	65	18	82	27	30	56	52
1997	21	15	15	12	25	21	12	4	136	46	20	1
1998	4	150	36	116	48	7	20	45	71	94	68	66
1999	21	56	29	85	32	48	12	32	70	90	124	46
2000	72	47	120	36	109	27	19	63	47	40	47	17
2001	17	11	42	8	48	10	26	3	71	41	18	49
2002	11	4	39	32	104	52	12	12	35	45	12	15
2003	5	6	42	75	7	87	29	12	24	79	55	65
2004	19	9	35	51	52	5	33	19	64	106	75	39
2005	34	71	12	35	63	16	13	34	29	74	71	35
2006	36	19	17	73	55	6	25	13	28	104	40	29
2007	7	25	75	26	40	19	57	54	55	57	59	49
2008	9	19	25	45	59	16	22	40	40	52	48	27
2009	61	30	49	19	64	20	36	60	43	49	52	28
2010	0	84	29	79	56	57	57	80	85	33	71	69
2011	0	0	21	100	83	56	17	89	40	63	55	25
2012	15	5	36	65	20	6	21	26	0	70	70	20
2013	7	9	28	84	70	6	9	95	55	27	45	75
2014	24	7	20	25	97	8	12	4	45	34	54	24
2015	6	40	30	45	10	6	17	18	55	50	55	10
2016	6	18	50	52	18	8	15	25	12	32	60	90
2017	70	45	87	60	76	18	10	44	30	60	60	35
2018	22	15	70	50	30	60	25	8	30	80	30	5
2019	10	15	31	60	70	45	20	3	55	70	80	15
2020	20	15	40	28	45	55	45	60	85	30	90	25
2021	20	15	50	100	68	50	10	48	53	130	70	40
2022	20	36	38	69	75	50	15	20	71	55	39	12

Fuente: Autor



4. CURVAS IDF

Para desarrollar las curvas IDF, es esencial incorporar el impacto del cambio climático, que en la actualidad introduce una significativa variabilidad en los procesos climatológicos. En este contexto, es crucial generar dichas curvas utilizando datos de precipitaciones máximas correspondientes al año más reciente. En este sentido, se construyen las relaciones de curvas utilizando los datos hidrológicos recopilados en el intervalo comprendido entre los años 1992 y 2022.

Ahora bien, las curvas IDF son una de las herramientas más importantes para el diseño hidrológico de caudales máximos. Vargas y Díaz Granados propusieron regionalizar las curvas IDF para Colombia, para ello fue necesario ajustar ecuaciones que relacionaran la intensidad, duración y frecuencia de las lluvias máximas. Estas ecuaciones contenían variables como el valor máximo anual de precipitación diaria, el promedio de número de días con lluvia al año, la precipitación media anual, entre otros, concluyendo que una de las ecuaciones apropiadas para la estimación de las curvas IDF en Colombia, es la siguiente:

$$I = a * \frac{T^b}{t^c} * M^d$$

I = Intensidad de la Lluvia (mm/h)

a, b, c, d = Parámetros de ajuste para la región caribe (depende de las precipitaciones del sector)

t = Duración de la lluvia (en minutos)

M = Precipitación máxima promedio anual en 24 horas.

T = Período de retorno en años



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

Tabla 2. Constantes de ecuación paramétrica

Región	a	b	c	d
<i>Andina</i>	<i>0.94</i>	<i>0.18</i>	<i>0.66</i>	<i>0.83</i>
Caribe	24.85	0.22	0.5	0.10
Pacífico	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía	5.53	0.17	0.63	0.42

Fuente: (Rodrigo Vargas M; Mario Díaz Granados, 1998)

En las siguientes tablas se presenta el registro máximo anual de precipitación en mm y las intensidades de lluvias en mm/hora calculadas para la estación “Gramalote”, utilizando el método de (Rodrigo Vargas M; Mario Díaz Granados, 1998)

Tabla 3. Regresión Potencial.

Tiempo (min)	Período de retorno (años)					
	3	5	10	25	50	100
10	157.8	173.0	196.0	231.2	261.9	296.7
20	99.9	109.5	124.1	146.3	165.8	187.8
30	76.4	83.8	94.9	112.0	126.8	143.7
40	63.2	69.3	78.5	92.6	104.9	118.8
50	54.6	59.8	67.8	79.9	90.5	102.6
60	48.4	53.0	60.1	70.9	80.3	90.9
70	43.7	47.9	54.3	64.0	72.5	82.1
80	40.0	43.9	49.7	58.6	66.4	75.2
90	37.0	40.6	46.0	54.2	61.4	69.6
100	34.5	37.9	42.9	50.6	57.3	64.9
110	32.4	35.5	40.3	47.5	53.8	61.0
120	30.6	33.6	38.0	44.8	50.8	57.6
130	29.0	31.8	36.1	42.5	48.2	54.6
140	27.7	30.3	34.3	40.5	45.9	52.0
150	26.4	29.0	32.8	38.7	43.8	49.7
160	25.3	27.8	31.4	37.1	42.0	47.6
170	24.3	26.7	30.2	35.6	40.4	45.7
180	23.4	25.7	29.1	34.3	38.9	44.0

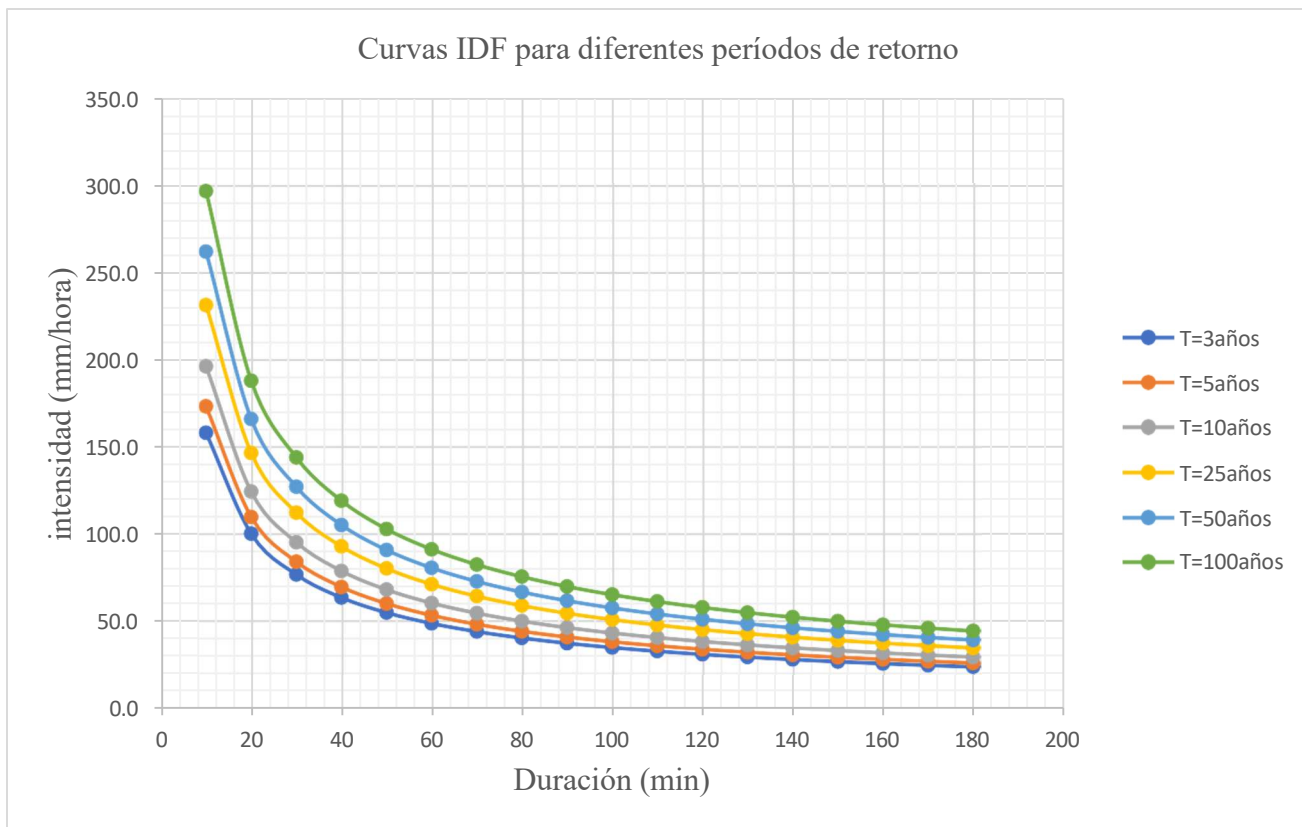
Fuente: Autor.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

A continuación, se presentan las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF) para la estación Gramalote con código 16020010 por la metodología de Vargas y Díaz Granados.

Figura 4. Curvas IDF, metodología de Vargas y Díaz Granados.



Fuente: Autor



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500, MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

5. EMPLAZAMIENTO ESTACION PLUVIOMETRICA

Figura 5. Distancia de estación pluviométrica a zona de estudio



Fuente: Google Earth pro.

La información meteorológica (las precipitaciones máximas) para la elaboración de las curvas IDF se obtuvieron de la estación Gramalote [Cód - 16020010], emplazada en el municipio de Gramalote. Tiene las siguientes coordenadas: 7°53'30.88"N - 72°47'58.07"O. Se opta por utilizar esta, ya que es la estación activa más cercana al proyecto ubicada a 10.5 KM de la zona en estudio.

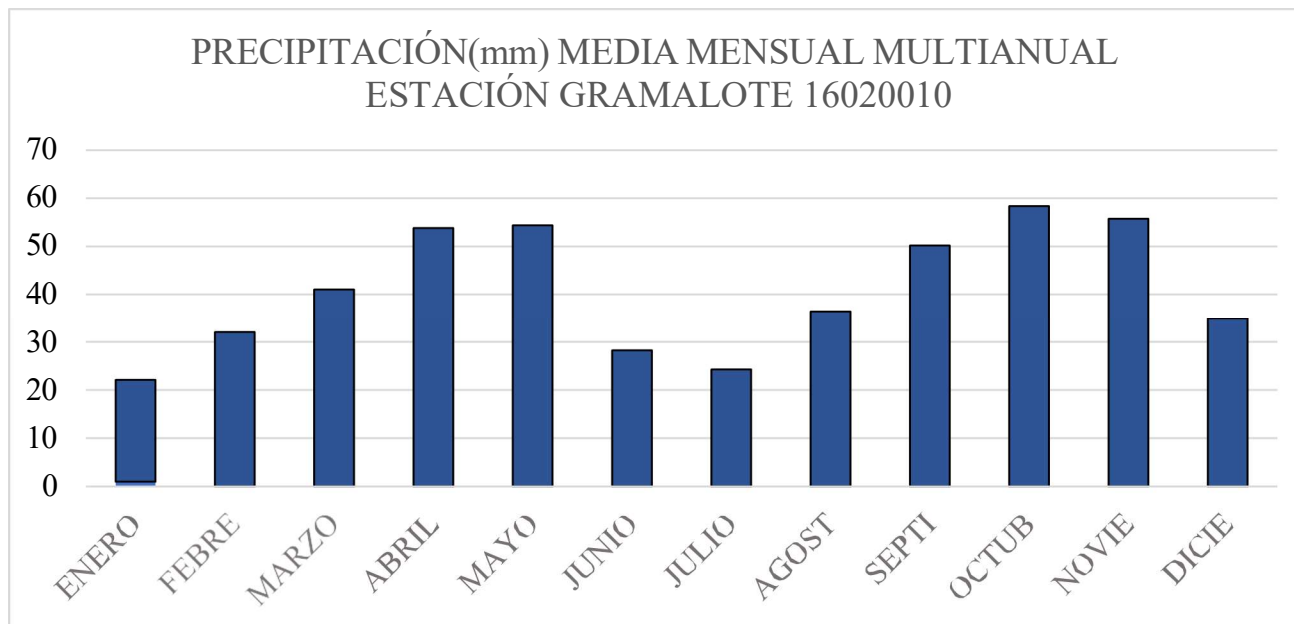


Figura 6. Distribución temporal precipitación media mensual multianual estación
Fuente: Autor

La distribución de la precipitación media mensual en la estación pluviométrica Gramalote (código 16020010), situada en el municipio de Gramalote, Norte de Santander, muestra un comportamiento bimodal, típico del régimen climático del nororiente andino colombiano. Este patrón está fuertemente condicionado por el desplazamiento estacional de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), que regula la alternancia entre periodos secos y lluviosos en la región.

El primer periodo de lluvias se presenta entre abril y mayo, meses en los que la precipitación media alcanza valores cercanos a 53–54 mm, constituyéndose en uno de los picos más importantes del año. El segundo máximo ocurre entre octubre y noviembre, registrando los valores más altos del ciclo anual, con promedios entre 55 y 58 mm, lo que confirma la intensidad de la segunda temporada lluviosa en esta zona del departamento.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

En contraste, los meses de enero, junio, julio y agosto reflejan condiciones significativamente más secas, con precipitaciones que oscilan entre 22 y 28 mm, evidenciando los periodos de menor aporte hídrico. Estas disminuciones pueden afectar la disponibilidad de agua superficial y subterránea, con implicaciones directas en las actividades agrícolas, el manejo del suelo y la seguridad hídrica local.

Los meses de febrero, marzo, septiembre y diciembre actúan como periodos de transición entre las fases secas y húmedas, con valores que varían entre 32 y 35 mm, contribuyendo a una distribución anual relativamente equilibrada, aunque marcada por oscilaciones notables entre estaciones.

Comprender este comportamiento pluviométrico es fundamental para la planificación del manejo de aguas lluvias, el diseño de sistemas de drenaje urbano y rural, y la formulación de estrategias de almacenamiento y aprovechamiento del recurso hídrico. Incorporar la variabilidad estacional observada en la estación Gramalote permite anticipar los picos de precipitación, dimensionar adecuadamente las obras hidráulicas y fortalecer la resiliencia frente a eventos climáticos extremos asociados a la dinámica de la ZCIT, logrando así una gestión más eficiente y sostenible del agua en el territorio.



6. METODO RACIONAL

La determinación del gasto de diseño para un sistema de recolección de aguas lluvias atiende generalmente el método racional (para cuencas de hasta 2.5 Km de acuerdo con el manual de drenaje de carreteras de INVIAS), el cual asume que el caudal máximo que se acumula en un determinado punto como consecuencia de aguas pluviales esta expresado por la ecuación:

$$Q = C \times i \times A$$

Donde Q = Caudal en litros/segundo.

C = Coeficiente de escorrentía.

i = Intensidad de lluvia (litros/segundo/ha)

A = Área en Has.

El método considera la intensidad de lluvias, para una duración igual al tiempo de concentración, ya que se estima que habrá un incremento de caudal a medida que se incrementa el área, puesto que la disminución en intensidad con el tiempo es compensada con el mayor incremento de área.



7. EVACUACIÓN SUPERFICIAL DE AGUAS LLUVIAS EN LA VÍA

En el presente capítulo se desarrolla el análisis hidrológico e hidráulico correspondiente al sistema de evacuación de aguas lluvias del tramo de vía terciaria objeto de mejoramiento en pavimento rígido.

Dado que el proyecto no contempla cunetas longitudinales, la conducción del agua se realizará a través del canal superficial formado entre el bombeo transversal del 3% y los bordillos laterales, los cuales actúan como elementos de contención y guía del escurrimiento hacia la estructura de drenaje transversal previstas aguas abajo.

El objetivo del análisis es verificar que la geometría de la vía y su sección transversal poseen capacidad hidráulica suficiente para transportar los caudales generados por el evento de diseño, sin que se produzcan desbordamientos, encharcamientos o afectaciones funcionales a la estructura vial.

7.1 SECCION TRIANGULAR

Para evaluar la capacidad del canal superficial se emplea la ecuación de Manning, recomendada para flujos a superficie libre:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde

Q: Caudal del canal (m³/s)

A: Área hidráulica del flujo (m²)

R: Radio hidráulico (m)



So: Pendiente longitudinal de la vía.

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

7.2 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

El coeficiente de escorrentía C depende del tipo de superficie. De acuerdo con el RAS 2017, Título D y la Guía de Drenajes del INVIAS, los valores recomendados son:

Tabla 4. Coeficiente de escorrentía

Tipo de superficie	Rango de C
Pavimento rígido (concreto)	0.85 – 0.95
Pavimento flexible	0.75 – 0.90
Superficie compactada	0.30 – 0.50

7.3 PERIODO DE RETORNO

Según el artículo 135 de la resolución 0330 del 2017 o la que la reemplace, el período de retorno de la lluvia de diseño, se debe seleccionar de acuerdo con la importancia de las áreas y los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones puedan ocasionar a los habitantes, el tráfico, el comercio, la industria y la infraestructura. La selección del período de retorno está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio y, por lo tanto, el valor adoptado debe estar justificado. De igual forma, la selección de los periodos de retorno que deben adoptarse en el proyecto está en función de la ocurrencia de eventos de precipitación y debe representar un balance adecuado entre los costos de construcción y operación.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

En los casos en los cuales el caudal que exceda el caudal de diseño tenga la posibilidad de verter por una ladera o escarpe con potencialidad de desestabilización del terreno y deslizamientos, deben considerarse el aumento del período de retorno. Para las canalizaciones y canales es necesario proveer un borde libre que debe incrementar la capacidad total de conducción de agua. Es necesario verificar en la corriente receptora efectos de remanso y refluo.

En ningún caso podrán ser menores que los valores mostrados en la tabla 5.

Tabla 5. Periodo de retorno

Características del área de drenaje	Periodo de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas.	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas.	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas.	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas.	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas.	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas.	100

Fuente: Resolución 0799 de 2021.

Adicionalmente se presentan los periodos de retorno en obras de drenaje vial recomendados por el manual de drenaje para carreteras INVIAS, 2009.



Tabla 6. Períodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial.

Tipo de obra	Periodo de retorno (Años)
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
Puentes de luz mayor o igual a 50m	100
Drenaje subsuperficial	2

Fuente: Manual de drenaje para carreteras – INVIAS 2009

Para el caso de estudio, la característica del área de drenaje se define de la siguiente manera:

- ✓ **Canal abierto:** Según la propuesta de diseño, la sección transversal formada entre la calzada y el bordillo de los andenes servirá como canal para el transporte del agua lluvia. Además, los canales van a drenar áreas inferiores a 2 hectáreas. Por consiguiente, el período de retorno que se ajusta a las condiciones de diseño será de 5 años.



Figura 7. Sección típica de la vía en estudio.

Fuente: Diseño geométrico del proyecto.

7.4 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Según el literal D.4.4.3.4 del Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, el tiempo de concentración se define como el mínimo período de tiempo para alcanzar el caudal máximo a la salida de la cuenca se conoce como el tiempo de concentración. Este también



se puede interpretar como el tiempo que se demora el agua en llegar a la salida de la cuenca desde el punto más alejado.

En el caso del método racional, con el fin de calcular el caudal de diseño, haciendo uso de las curvas de IDF, el diseñador debe suponer que la duración del evento de precipitación de diseño es igual al tiempo de concentración para un sistema de alcantarillado de aguas lluvias particular.

El tiempo de concentración es función del tamaño y la forma de la cuenca en donde se localiza el tramo objeto de análisis. Si la duración del evento de precipitación fuera inferior al tiempo de concentración, no se alcanzaría el caudal pico a la salida de la cuenca. Por otro lado, si la duración de la lluvia fuera mayor que el tiempo de concentración, tanto la intensidad como el caudal de escorrentía serían menores. Para calcular el tiempo de concentración se debe utilizar la ecuación mostrada a continuación:

$$T_c = T_e + T_t$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración (min)

T_e = Tiempo de entrada (min)

T_t = Tiempo de recorrido (min)

7.4.1 Tiempo de entrada

Teniendo en cuenta el literal D.4.4.3.4.1 del Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, el tiempo de entrada corresponde al tiempo que le toma al flujo superficial para viajar desde la parte más alejada de la sub-cuenca hasta el punto de entrada o sumidero más cercano a la red de tuberías que conforman el sistema de alcantarillados de aguas lluvias.

En general, el tiempo de entrada depende de la longitud, la pendiente promedio y la naturaleza de la sub-cuenca, así como de la intensidad del evento de precipitación. Teniendo en



cuenta toda la información disponible acerca de los parámetros de entrada, el diseñador debe utilizar la siguiente ecuación:

✓ **Ecuación de la Administración Federal de Aviación (del inglés Federal Aviation Administration) de los Estados Unidos.**

La Administración Federal de Aviación de los Estados Unidos (USA) ha establecido la siguiente ecuación para el cálculo de la escorrentía superficial en áreas urbanas.

$$Te = \frac{0.707 * (1.1 - C) * \sqrt{L}}{S^{1/3}}$$

Donde:

Te= Tiempo de entrada (min).

C= Coeficiente de impermeabilidad (adm)

L= Longitud máxima de flujo de escorrentía superficial (m)

S= Pendiente promedio entre el punto más alejado y el punto de entrada a la red (m/m).

7.4.2 Tiempo de recorrido

Según el literal D.4.4.3.4.2 del RAS, el tiempo de recorrido está definido como el período de tiempo que le toma al agua lluvia recorrer el sistema de tuberías que conforman la red de alcantarillados, desde el punto de entrada hasta el punto de análisis o salida de la cuenca. Por supuesto, este tiempo es función de la velocidad media del flujo en cada tramo, así como de la longitud de cada uno de ellos.

La velocidad media puede calcularse utilizando las ecuaciones para flujo uniforme en tuberías de sección circular fluyendo parcialmente llenas, preferiblemente la ecuación de Darcy Weisbach en conjunto con la ecuación de Colebrook-White, o alternativamente la ecuación de



Manning, teniendo en cuenta sus restricciones para el uso. Una vez calculada la velocidad media, el tiempo de recorrido se calcula de acuerdo con la ecuación mostrada a continuación:

$$Tt = \frac{L}{(60 * V)}$$

Donde:

Tt= Tiempo de recorrido (min).

L= Longitud de la tubería o tramo de red (m)

V= Velocidad media del flujo (m/s)

Se debe recalcar que de acuerdo al literal D.4.4.3.4.3 del RAS, el tiempo de concentración mínimo debe ser de 10 minutos, el cual a su vez debe contar con un tiempo de entrada mínimo de 5 minutos. Por otro lado, el tiempo de concentración máximo debe ser 20 minutos. Si dos o más tuberías confluyen a la misma estructura o cámara de conexión, el diseñador debe considerar como tiempo de concentración en ese punto, el mayor de los tiempos de concentración de las respectivas tuberías.

7.5 Distribución de las áreas aferentes

Las distribuciones de las áreas aferentes permiten estimar el caudal pluvial de cada tramo, con el fin de definir si la sección transversal formada entre el bordillo y la calzada es la necesaria para evacuar las aguas lluvias sin generar represamientos e inundaciones. Por otro lado, se debe mencionar que cada canal estará en capacidad hidráulica de transportar la mitad del caudal calculado. Para este proyecto las carreras serán la encargada de transportar la escorrentía superficial.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

A continuación, se muestra la distribución de las áreas aferentes de drenaje discriminadas por cada tipo de superficie, correspondiente a la zona de estudio.

De acuerdo al plano topográfico y por medición directa a través del software de diseño asistido por computador AutoCAD, la distribución del área de drenaje correspondiente a cada tipo de superficie, se muestra a detalle en el siguiente capítulo.



7.6 RESULTADOS OBTENIDOS

Con base en el literal D 4.5.4.2 del RAS, para el diseño de canales prismáticos que conformen sistemas de drenaje de aguas lluvias, deben utilizarse las ecuaciones de flujo uniforme. Adicionalmente, una vez finalizado el diseño, deben utilizarse modelos de flujo gradualmente variado o flujo no permanente, con el fin de verificar todas las condiciones hidráulicas bajo diferentes escenarios hidrológicos, especialmente cuando las áreas tributarias son relativamente grandes y cuando sea necesario tener en cuenta los efectos de mitigación de crecientes en las redes y canales para el dimensionamiento de estos últimos.

Se debe utilizar la ecuación de Manning. El valor del coeficiente de rugosidad de Manning debe ser escogido apropiadamente, teniendo en cuenta los materiales que componen el perímetro mojado y el tipo de sedimentos que pueden ser transportados por el canal. En los casos en que sea apropiado, debe estimarse el coeficiente de rugosidad medio de la sección mediante la ponderación con perímetros y/o radios hidráulicos. En el diseño de canales para el drenaje de aguas lluvias se debe justificar el método de cálculo para la sección transversal del canal de entrega.

En todos los casos debe justificarse el factor de fricción o coeficiente de pérdidas por fricción utilizados. A continuación, se presentan los coeficientes de rugosidad de Manning propuestos por el RAS.



Tabla 7. Coeficientes de rugosidad de Manning.

Naturaleza del recubrimiento del canal		N de Manning (s/m ^{1/3})
Canales revestidos	Asfalto	0.013 – 0.017
	Mampostería o bloques	0.012 – 0.018
	Concreto	0.011 – 0.020
	Empedrado o cubierto de escombros	0.020 – 0.035
	Cubierta vegetal	0.030 – 0.400
Canales excavados sin revestir	Cubierta de tierra, alineamiento recto y uniforme	0.020 – 0.030
	Cubierta de tierra, alineamiento curvo y uniforme	0.025 – 0.040
	Excavado en roca	0.030 – 0.045
	Canales excavados sin mantenimiento	0.050 – 0.140
Canales naturales (menores de 30 m de longitud)	Sección bastante regular	0.030 – 0.070
	Sección irregular con algunos encharcamientos	0.040 – 0.10

Fuente: Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS.

Teniendo en cuenta el diseño geométrico de la vía, el canal que se forma entre el bombeo de la vía y el bordillo estará revestido en concreto, y de acuerdo a la tabla 7, el valor de coeficiente de rugosidad de Manning adoptado por el diseñador será de $n=0.013$.

7.7 Consideraciones para su proyección

De acuerdo con el literal D.4.5.1 del Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, los canales que se utilizan para conducir las aguas de escorrentía provenientes de las aguas lluvias deben ser canales abiertos. Los canales no son permitidos para recolección y evacuación de aguas residuales. En los casos en que sea necesario proyectar un canal cuya sección sea cerrada, debe cumplirse la condición de flujo a superficie libre.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

La sección del canal puede tener cualquier forma, es decir, pueden utilizarse canales prismáticos o no prismáticos, dependiendo de las consideraciones específicas, siempre y cuando se justifique su utilización y se usen las ecuaciones hidráulicas adecuadas. En lo posible, los canales deben diseñarse de tal forma que funcionen como un sistema a gravedad, ajustando las cotas de fondo, pendientes y secciones respectivas. La proyección de los canales debe dar cumplimiento al plan de ordenamiento territorial - POT, PBOT, EOT, según el caso, en especial sobre la localización del proyecto y su relación con vías y zonas verdes.

En la selección de la sección transversal del canal se deben tener en cuenta las dimensiones e importancia de las vías y las características de las zonas verdes, por cuanto estas constituyen restricciones para su dimensionamiento. Debe evitarse el flujo crítico por su inestabilidad asociada.

En ese orden de ideas, la sección transversal formada entre la calzada y el bordillo de confinamiento de la acera, según el diseño geométrico del proyecto en mención, será de forma triangular, con una única pendiente transversal correspondiente al bombeo de la vía.

En la tabla 8, se muestran los resultados obtenidos del caudal de escorrentía y la capacidad hidráulica para la vía objeto de estudio, de acuerdo al análisis realizado en los capítulos anteriores.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

Tabla 8. Chequeo hidráulico de canal calzada-bordillo

Tramo		Longitud	Cotas Terreno		Pendiente Terreno	Ancho de la Vía	Propiedades del área inundable (Canal bordillo-calzada)					
Inicial	Final		Inicial	Final			T = X	Bombeo	h	Area	PM	Rh
K0+000	K0+120.27	120.3	1652.68	1657.46	3.97%	5.00	1.00	3.00%	0.03	0.015	1.030	0.015
K0+120.27	K0+198.6	78.3	1657.46	1654.87	3.31%	5.00	1.00	3.00%	0.03	0.015	1.030	0.015
k0+356.68	K0+198.6	158.1	1660.84	1654.87	3.78%	5.00	1.00	3.00%	0.03	0.015	1.030	0.015
k0+356.68	K0+500.00	146.8	1654.87	1653.06	1.23%	5.00	1.00	3.00%	0.03	0.015	1.030	0.015

Continuación tabla 8.

Rugosidad de Canal			Caudal De la sección (Lt/seg)	Área Tributaria Propia (Has)			Área Tributaria Acumulada (Has)			Área
n vía (pavimento)	n bordillo (cto)	n equivalente		Residencial Unifamiliar	Zonas verdes	Vía	Residencial Unifamiliar	Zonas verdes	Vía	Total
0.013	0.013	0.013	27.43			0.060				0.060
0.013	0.013	0.013	25.02			0.039				0.039
0.013	0.013	0.013	26.74			0.079				0.079
0.013	0.013	0.013	15.28			0.073				0.073



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

Continuación tabla 8.

Coeficiente de Escorrentía				Tiempo de Concentracion					Intensidad	Caudal Lluvia	Observación
C Res Unifamiliar	Zonas verdes	C Vía	C promedio	Longitud	Cota Inicial	Cota Llegada	Pendiente	Tc (min)	mm/Hora	(Lt/seg)	
0.750	0.300	0.900									
0.000	0.000	0.054	0.900	120.270	1652.680	1657.460	3.97%	10.00	173.03	26.03	No requiere colector
0.000	0.000	0.035	0.900	78.330	1657.460	1654.870	3.31%	10.00	173.03	16.96	No requiere colector
0.000	0.000	0.071	0.900	158.080	1660.840	1654.870	3.78%	10.00	173.03	34.22	Requiere Colector
0.000	0.000	0.066	0.900	146.760	1654.870	1653.060	1.23%	10.00	173.03	31.77	Requiere Colector

Fuente: Autor.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

A partir del análisis de caudales de escorrentía obtenidos mediante el Método Racional, se evidencia que los tramos 3 y 4 presentan descargas superiores a las capacidades mínimas aceptables para la conducción superficial, razón por la cual requieren estructuras de drenaje transversal. En el tramo 3 (K0+356.68 – K0+198.6), donde se genera un caudal del orden de 34.22 L/s, se identificó la presencia de una alcantarilla existente, registrada previamente en el inventario vial. En este punto, se realizará una verificación de su capacidad hidráulica, evaluando tanto el diámetro como el estado estructural y la pendiente de instalación, a fin de determinar si la estructura puede evacuar adecuadamente el caudal calculado o si, por el contrario, se requiere su reemplazo o ampliación para garantizar el drenaje eficiente del sector.

Por su parte, en el último tramo (K0+356.68 – K0+500.00), donde el caudal estimado alcanza los 31.77 L/s, no existe actualmente ninguna estructura de captación o cruce hidráulico; por tanto, se hace necesario proyectar una nueva alcantarilla transversal, dimensionada específicamente para evacuar el caudal de diseño hacia el sistema de drenaje natural contiguo, asegurando la continuidad del escurrimiento y evitando procesos de inundación o deterioro prematuro del pavimento.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

A continuación, se presentará el inventario de las obras hidráulicas transversales existentes en donde se puede evidenciar el mal estado y el no cumplimiento de los lineamientos expuestos por la normativa vigente.

A través del levantamiento de campo y del correspondiente inventario de obras hidráulicas, se busca determinar si estas estructuras se encuentran en condiciones físicas y técnicas adecuadas para su mantenimiento y operación continua, o si, por el contrario, presentan deterioro, obstrucciones, pérdidas de sección útil, socavaciones o fallas estructurales que impiden su correcto funcionamiento, lo cual haría necesario su reemplazo o rediseño.

Este diagnóstico es fundamental para establecer criterios de intervención que garanticen la seguridad hidráulica de la vía y la eficiencia del sistema de drenaje en su conjunto, evitando problemas futuros como inundaciones, erosión de taludes o afectaciones estructurales.



8 DISEÑO HIDRAULICO ALCANTARILLAS

Para el tramo en estudio, se ha establecido la necesidad de realizar el diseño hidráulico de las estructuras de drenaje proyectadas, con base en la topografía del terreno, evidencias de escorrentía superficial y observaciones de campo.

A continuación, se presentará el inventario de las obras hidráulicas transversales existentes en donde se puede evidenciar el mal estado de algunas y el no cumplimiento de los lineamientos expuestos por la normativa vigente.

A través del levantamiento de campo y del correspondiente inventario de obras hidráulicas, se busca determinar si estas estructuras se encuentran en condiciones físicas y técnicas adecuadas para su mantenimiento y operación continua, o si, por el contrario, presentan deterioro, obstrucciones, pérdidas de sección útil, socavaciones o fallas estructurales que impiden su correcto funcionamiento, lo cual haría necesario su reemplazo o rediseño.

Este diagnóstico es fundamental para establecer criterios de intervención que garanticen la seguridad hidráulica de la vía y la eficiencia del sistema de drenaje en su conjunto, evitando problemas futuros como inundaciones, erosión de taludes o afectaciones estructurales.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500, MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

INVENTARIO DE OBRAS HIDRAULICAS EXISTENTES				
LOCALIZACION		SALAZAR DE LAS PALMAS - CORREGIMIENTO CARMEN DE NAZARETH		
LONGITUD DEL TRAMO		500 METROS TRAMO 1	FECHA: 5-nov-25	
ESTRUCTURAS INDENTIFICADAS		2 ALCANTARILLAS, 1 BOX COULVERT, 1 BATEA, 2 NACIENTES		
NUMERO	UBICACIÓN	DIAMETRO Y/O ESTRUCTURA	ESTADO	OBSERVACIONES
1	PR 0+340	BOX COULVERT 2,0m X 2,4m	EN FUNCIONAMIENTO	ESTA FUNCIONAL SE RECOMIENDA REALIZAR PODA
2	PR 0+294	24" ALCANTARILLA	PRESENTA ALTO NIVEL DE MATERIAL SEDIMENTADO REDUCIENDO EL DIAMETRO ESTADO REGULAR.	NO CUMPLE CON DIAMETRO MINIMO NORMATIVO Y SU ESTADO ESTRUCTURAL ES REGULAR
3	PR 0+198	38" ALCANTARILLA	CON MATERIAL VEGETAL, ENTRADA TAPADA, MUESTRA FALTA DE MANTENIMIENTO, ESTRUCTURA DE SALIDA NO VISIBLE	SE RECOMIENDA SU CONSTRUCCION NUEVA PARA EMPALME CON NIVEL DE VIA NUEVO Y CONDICIONES ESTRUCTURALES OPTIMAS
5	PR 0+178	NACIMIENTO DE AGUA	CAIDA DE AGUA DE LA MONTAÑA	SE RECOMIENDA CANALIZAR ESTAS AGUAS A UN DEPOSITO ALCANTARILLA
REGISTRO FOTOGRAFICO ALCANTARILLAS EL CARMEN				
				
PR 0+340 BOX COULVERT 2,0m X 2,4m		PR 0+180 NACIMIENTO DE AGUA		
				
PR 0+294 ALCANTARILLA CON SEDIMENTO		PR 0+198 EN MALAS CONDICIONES Y SIN MANTENIMINETO		
ELABORO: _____				
ING. EIDER LOPEZ ANGARITA				
ESP. GEOTENCIA AMBIENTAL				
ESP. EN INTERVENTORIA DE OBRAS CIVILES				
MP 54202-269141 NTS				

Figura 8. Formato inventario de obras hidráulicas existentes.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

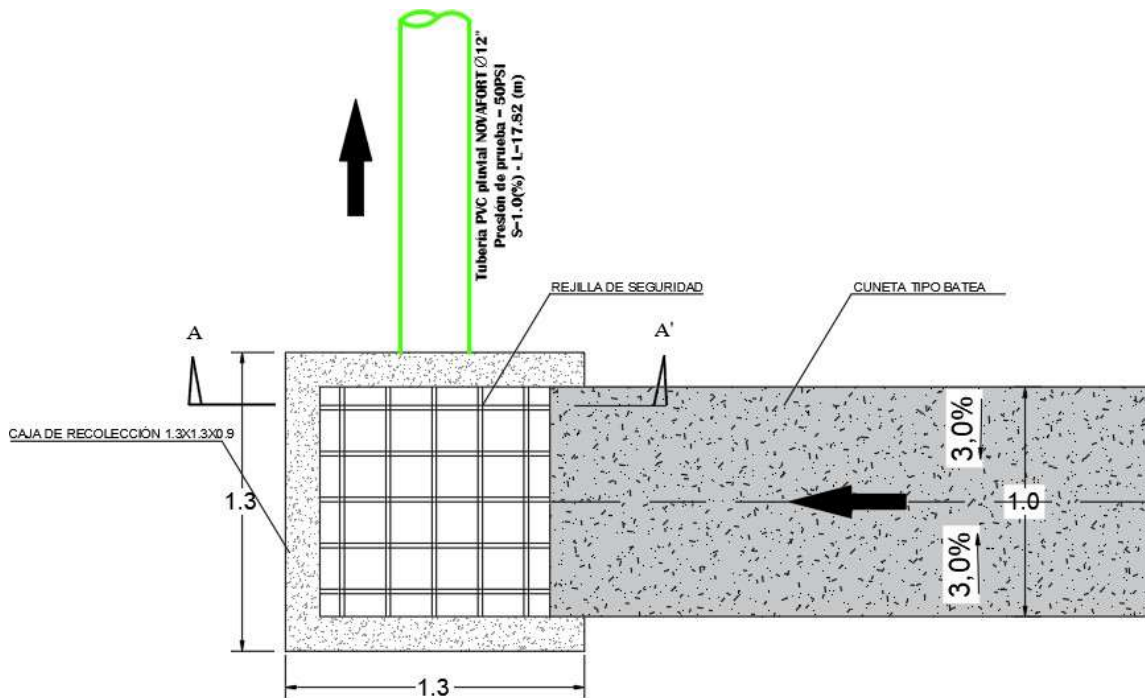
En la inspección se identificaron 2 alcantarillas construidas previamente y un box culvert, en los cuales las dos alcantarillas se encuentran en malas condiciones estructurales y funcionales, lo cual representa un riesgo para la funcionalidad hidráulica del sistema, y por tal motivo se requiere su demolición y posterior verificación de si se requieren las dos o con una en buenas condiciones es suficiente, se deberá verificar técnicamente bajo los criterios del Manual de Drenaje de Carreteras del INVIAS y según el resultado del análisis hidrológico correspondiente.

Para la primera alcantarilla se realizará un ajuste en su localización, desplazándola ligeramente hasta la abscisa K0+198.6 con el fin de situarla en el punto de mínima cota conforme al nuevo perfil vial. Adicionalmente, a esta estructura se integrará el aporte hídrico correspondiente al nacimiento localizado aproximadamente a 20 m del sitio proyectado. Dado que no fue posible efectuar mediciones directas del caudal y que, según el análisis cartográfico y las herramientas SIG (ArcGIS), no se identifica un cauce definido en este sector, se adopta un caudal de diseño de 20 L/s, valor considerado más que suficiente para nacimientos de escala reducida.

Con el propósito de evitar procesos de erosión, socavación lateral o afectación de la estructura vial, se plantea la recolección y conducción controlada de este flujo mediante la construcción de una caja de captación de 1.30 m × 1.30 m × 0.90 m. Esta estructura recibirá las escorrentías a través de una batea del mismo ancho, permitiendo su adecuada concentración. Posteriormente, el caudal será transportado hacia el encole de la alcantarilla ubicada en la abscisa K0+198.6 mediante una tubería de 12 pulgadas de diámetro, la cual ofrece capacidad hidráulica suficiente para conducir de manera segura el caudal estimado del nacimiento.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500, MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.



DETALLE PLANTA CAJA DE RECOLECCIÓN Y TUBERÍA DE ENTREGA

Figura 9. Detalle caja de recolección de agua nacida.

Esta solución garantiza la protección de la vía, asegura la disposición adecuada del flujo natural presente en el sector y cumple con los criterios técnicos establecidos para el manejo de aguas superficiales en proyectos de infraestructura vial. Fuente: Autor.

8.1 ESTIMACIÓN DEL CAUDAL DE DISEÑO CUENCAS MENORES

La determinación del gasto de diseño para un sistema de recolección de aguas lluvias atiende generalmente el método racional (para cuencas de hasta 2.5 Km de acuerdo con el manual de drenaje de carreteras de INVIAS), el cual asume que el caudal máximo que se acumula en un determinado punto como consecuencia de aguas pluviales esta expresado por la ecuación:

$$Q = C \times i \times A$$

Donde Q = Caudal en litros/segundo.

C = Coeficiente de escurrimiento.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

I = Intensidad de lluvia (litros/segundo/ha)

A = Área en Has.

El método considera la intensidad de lluvias, para una duración igual al tiempo de concentración, ya que se estima que habrá un incremento de caudal a medida que se incrementa el área, puesto que la disminución en intensidad con el tiempo es compensada con el mayor incremento de área.

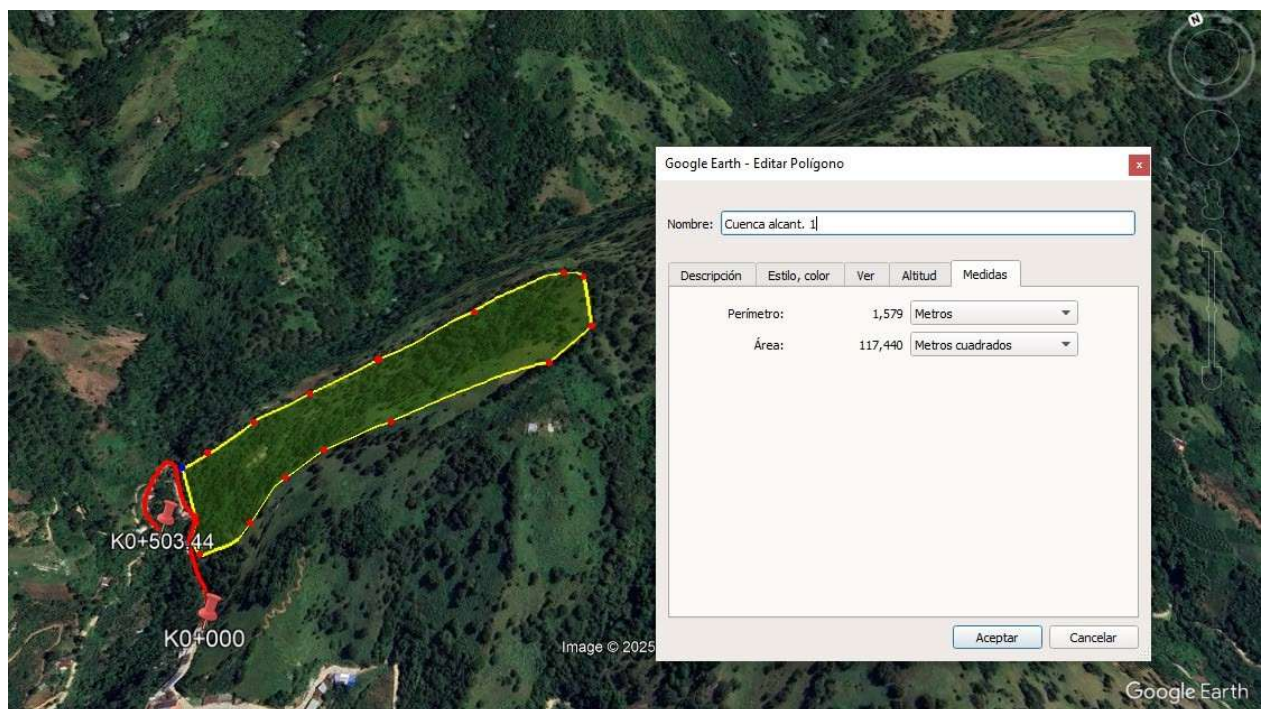


Figura 10. Cuenca alcantarilla K0+198.6

Fuente: Adaptado de Google Earth pro.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500, MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

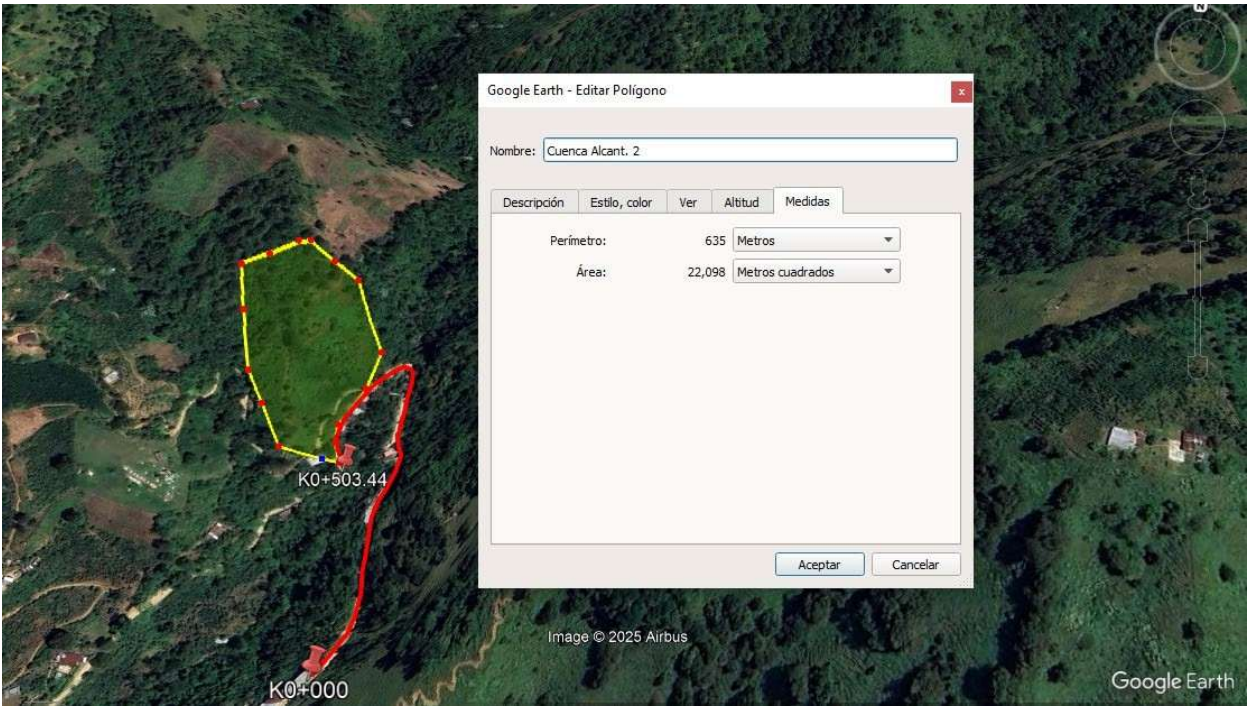


Figura 11. Cuenca alcantarilla K0+500

Tabla 9. Caudal de diseño alcantarillas

OBTENCION DEL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN Y CAUDAL TRAMO EL CARMEN												
Tr	Long.	Sw	AREA	Coef. Escorrentía promedio	FORMULA				Tiempo concentracion promedio	Tiempo concentracion mínimo	Intensidad de precipitación	CAUDAL DE DISEÑO Q=C*I*A
					Kirpich	Temez	V.T Chow	F.A.D				
(Años)	Mts	%	m2	-	Minutos	Minutos	Minutos	Minutos	Min	Min	(mm/Hora)	(M3/Seg)
10	588	37	117440	0.40	0.66	2.52	6.54	0.18	2.48	15.00	150	1.9573
10	273	31	22098	0.40	0.39	1.46	4.12	0.19	1.54	15.00	150	0.3683

Fuente: Autor.

Como se menciona anteriormente, a la cuenca de la alcantarilla 1 ubicada en el K0+198.6 se le sumará las aguas que conduciremos desde la caja recolectora hasta dicha alcantarilla, esta agua nacida tendrá una demanda aproximada de 20 L/s, de esta manera el caudal total que recibe esta alcantarilla será de esta forma:

Qalcantarilla1= Qcuenca + Qnacida



Qalcantarilla1= 1.957 m³/s + 0.02 m³/s

Qalcantarilla1= 1.977 m³/s

8.2 CRITERIOS DE DISEÑO

8.2.1 Hidráulicos: carga a la entrada y velocidades en el conducto y descole del agua

Por principio, las alcantarillas deben ser diseñadas con un nivel de agua a la entrada inferior a 1.20 veces la altura de la alcantarilla, pues se debe evitar el contacto de la estructura de pavimento con el agua, así como la afectación de las propiedades aguas arriba, además de proveerse un margen para el paso de material flotante y basuras. Así, en general y salvo las condiciones anotadas anteriormente (alcantarillas a presión), no es permitido el funcionamiento de las alcantarillas como orificio, evitando totalmente los desbordamientos sobre la vía.

La concentración de caudal en las alcantarillas con respecto al drenaje natural resulta, por lo general, en un incremento de las velocidades en el descole, por lo que estas velocidades también deben ser calculadas para determinar la necesidad de protección contra la erosión.

8.2.2 Arrastre de sedimentos

En las zonas en las cuales el arrastre de sedimentos por parte de la corriente es muy alto o las pendientes son muy altas e inestables y existen desprendimientos de detritos y rocas de gran tamaño, existen diferentes criterios para dimensionar las alcantarillas. El primero, consiste en proyectar una estructura de mayor tamaño a los requerimientos hidráulicos, que permita el paso de los materiales de arrastre; el segundo consiste en construir en la corriente o quebrada, aguas arriba de la estructura, una obra de retención del material de arrastre y el tercero consiste en reemplazar la alcantarilla por un pontón de galibo suficiente para el paso del material. La



selección de una de estas alternativas se debe realizar a partir de las soluciones factibles para el caso específico y de un análisis de sus costos.

Por otra parte, si por capacidad hidráulica se proyectó más de un conducto de forma paralela, se debe considerar el problema que se origina en los tabiques de separación de los conductos, pues en esta zona se acumulan sedimentos que pueden disminuir la capacidad hidráulica de la alcantarilla.

Para reducir este problema, se pueden instalar los conductos a diferente altura, de manera que se concentren el flujo y los sedimentos por el conducto más bajo, dejando el otro conducto menos expuesto a la acumulación de sedimentos y basuras.

Estas estructuras múltiples son recomendables, entonces, cuando el arrastre de sedimentos es bajo y no se deben emplear si los materiales de arrastre son bolos cantos rodados.

8.2.3 Pendiente del conducto o tubería

La pendiente hidráulica de las alcantarillas se debe encontrar, en lo posible, entre 0.5% y 5% (La pendiente usual en alcantarillas es 2%), pudiendo alcanzar valores tales que no produzcan velocidades superiores a la admisible de acuerdo al material del conducto o que comprometan la estabilidad de la obra.

8.2.4 Recubrimiento y longitud del conducto

En la determinación de la sección transversal de una alcantarilla entran en consideración factores de recubrimiento y de mantenimiento. Para tuberías, el recubrimiento mínimo recomendado a clave es de 1.0 m, profundidad que sumada al diámetro mínimo de 0.90 m, implica una altura de descole o terraplén de cuando menos 2.0 m, profundidad difícil de alcanzar



en zonas de terraplenes bajos o de topografías planas. En estos casos, el empleo de alcantarillas de cajón, con bajos recubrimientos, resulta más conveniente. De igual manera, en conductos de gran longitud, como aquellos que se presentan bajo terraplenes de gran altura o gran ángulo de sesgo, la tubería de diámetro 0.90 m resulta complicada en su mantenimiento, requiriéndose una estructura que permita la entrada de personas y equipos, por lo cual se recomienda una altura mínima de 2.0 m.

8.2.5 Socavación en alcantarillas

Durante las crecientes, en las entradas y salidas de las alcantarillas se producen vórtices y remolinos que erosionan y socavan el talud o el terreno bajo la alcantarilla, por lo que, en las placas de solera, tanto de la entrada como de la salida, es necesario proyectar dentellones en los extremos.

8.2.6 Pocetas o cajas colectoras

Las Pocetas o cajas colectoras son un tipo de estructura de entrada de las alcantarillas, que captan las aguas provenientes de cunetas de corte, cunetas en separadores, bajantes o filtros, permitiendo su cruce bajo la vía, donde desaguan atendiendo los criterios de minimización de impactos y de socavación en la corriente receptora. Adicionalmente, las cajas colectoras confinan la vía y dan estabilidad al extremo de la tubería al actuar como contrapeso ante posibles fuerzas de Supresión.

En vías de doble calzada, la poceta o caja colectora permite, también, la unión de la alcantarilla con tuberías aferentes o el cambio de cota entre las tuberías entrante y saliente. Para el dimensionamiento de una poceta o caja colectora es necesario considerar las dimensiones y



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

profundidad de la tubería de la alcantarilla, la profundidad del filtro entrante o el tamaño de la estructura de encofe y la facilidad de mantenimiento de la obra.

En la siguiente figura se ve el modelo tipo de poceta o caja colectora presentado por manual de drenaje para carreteras, la cual se utiliza para la llegada del canal de drenaje superficial

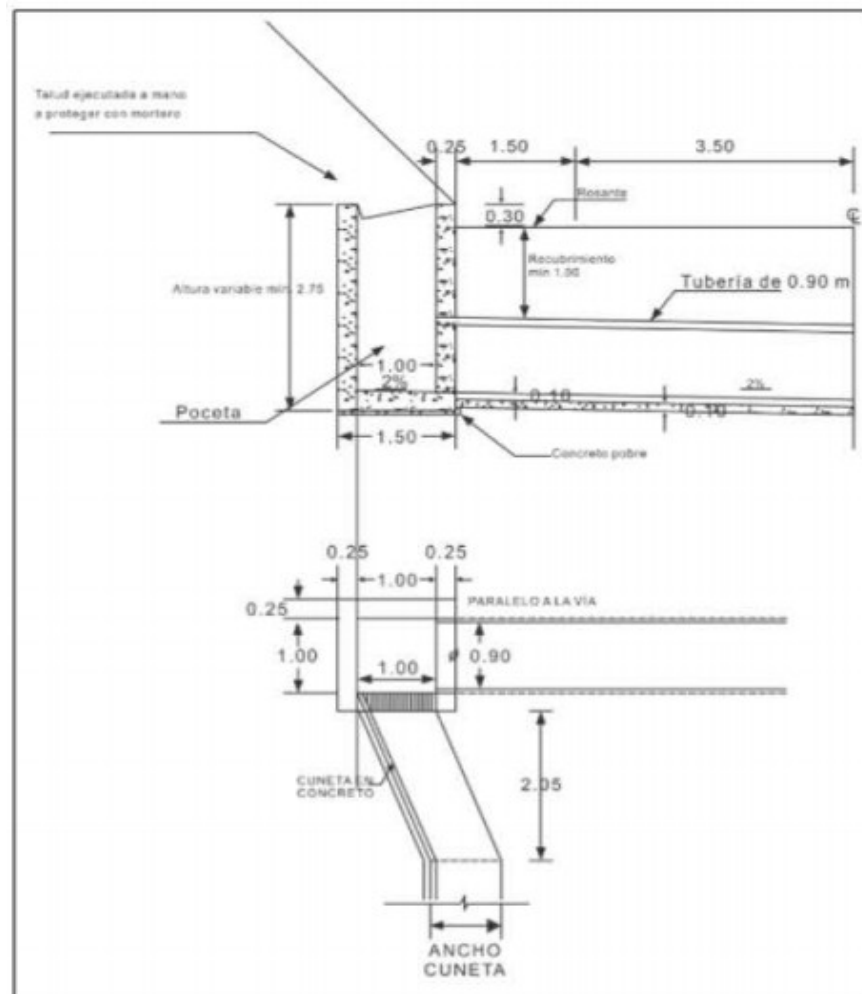


Figura 12. Caja colectora típica

El descole de la alcantarilla estará constituido por aletas, solera y cabezal con las dimensiones estipuladas en los planos anexados al presente informe.



8.3 ANÁLISIS DE ALCANTARILLAS

El análisis de capacidad hidráulica se realizó con el software HY8 7.80.0.2 Culvert Hydraulic Analysis Program, el cual es recomendado en el manual de drenaje para carreteras de INVIAS por tener en cuenta todos los parámetros requeridos por este en el análisis de alcantarillas.

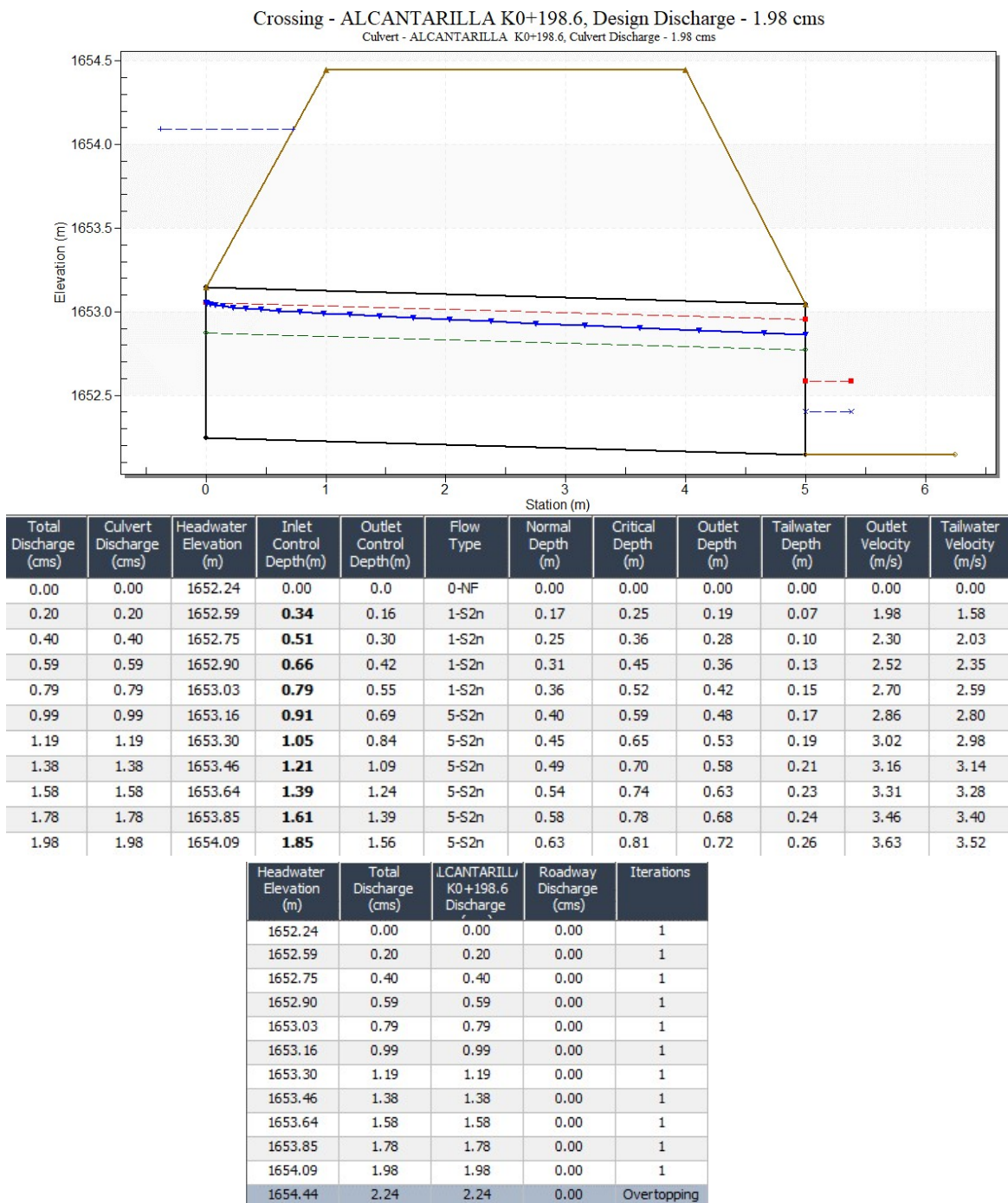
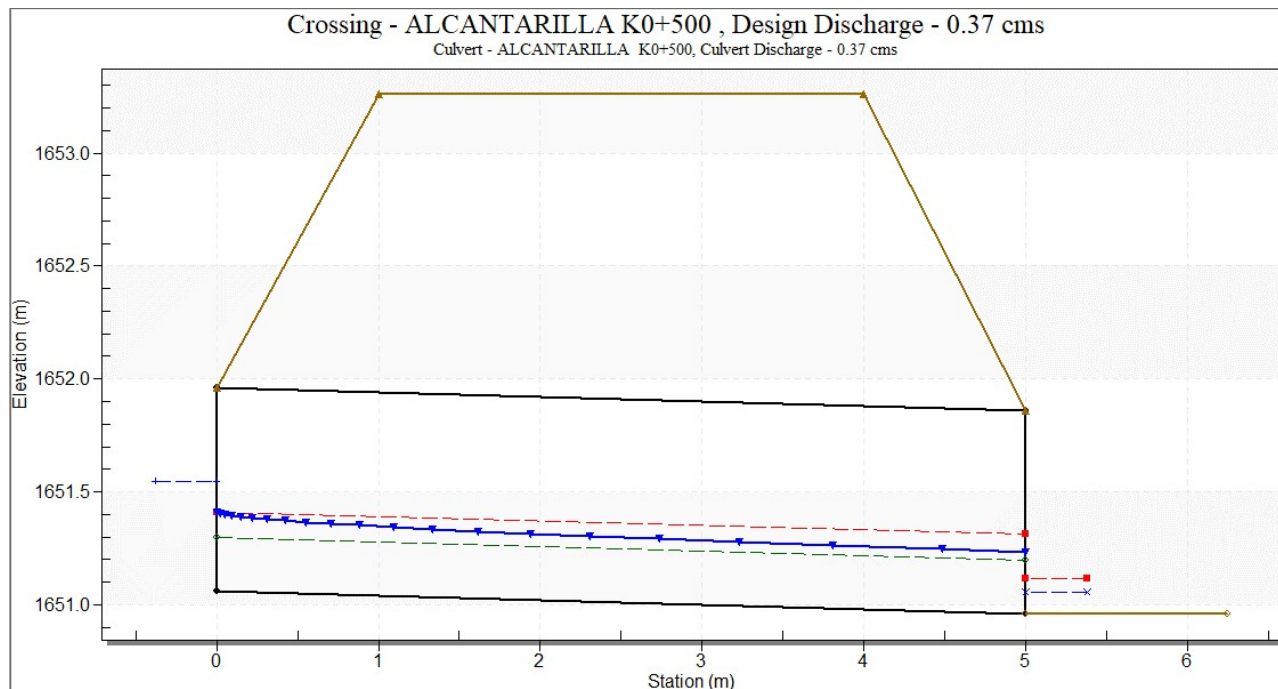


Figura 13. Modelación alcantarilla K0+198.6



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.



Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	1651.06	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.04	0.04	1651.20	0.14	0.01	1-S2n	0.08	0.11	0.08	0.02	1.32	0.83
0.07	0.07	1651.27	0.21	0.05	1-S2n	0.11	0.15	0.11	0.04	1.58	1.08
0.11	0.11	1651.31	0.25	0.09	1-S2n	0.13	0.19	0.14	0.05	1.74	1.26
0.15	0.15	1651.35	0.29	0.12	1-S2n	0.15	0.22	0.16	0.06	1.86	1.41
0.18	0.18	1651.39	0.33	0.15	1-S2n	0.17	0.25	0.19	0.06	1.95	1.53
0.22	0.22	1651.42	0.36	0.18	1-S2n	0.19	0.27	0.20	0.07	2.03	1.64
0.26	0.26	1651.46	0.40	0.21	1-S2n	0.20	0.29	0.22	0.08	2.10	1.74
0.29	0.29	1651.49	0.43	0.23	1-S2n	0.21	0.31	0.24	0.08	2.16	1.82
0.33	0.33	1651.51	0.45	0.25	1-S2n	0.23	0.33	0.26	0.09	2.22	1.90
0.37	0.37	1651.55	0.49	0.28	1-S2n	0.24	0.35	0.27	0.10	2.27	1.98

Headwater Elevation (m)	Total Discharge (cms)	LCANTARILLA K0+500 Discharge	Roadway Discharge (cms)	Iterations
1651.06	0.00	0.00	0.00	1
1651.20	0.04	0.04	0.00	1
1651.27	0.07	0.07	0.00	1
1651.31	0.11	0.11	0.00	1
1651.35	0.15	0.15	0.00	1
1651.39	0.18	0.18	0.00	1
1651.42	0.22	0.22	0.00	1
1651.46	0.26	0.26	0.00	1
1651.49	0.29	0.29	0.00	1
1651.51	0.33	0.33	0.00	1
1651.55	0.37	0.37	0.00	1
1653.26	2.24	2.24	0.00	Overtopping

Figura 14. Modelación alcantarilla K0+505.3



8.4 Estimación de caudal para cuenca mayor

Mediante el software de ArcGIS se delimito la cuenca mayor en la zona de estudio y así mismo se logró obtener el área de esta cuenca mayor que corresponde al Box Culvert existente en la abscisa K0+340.

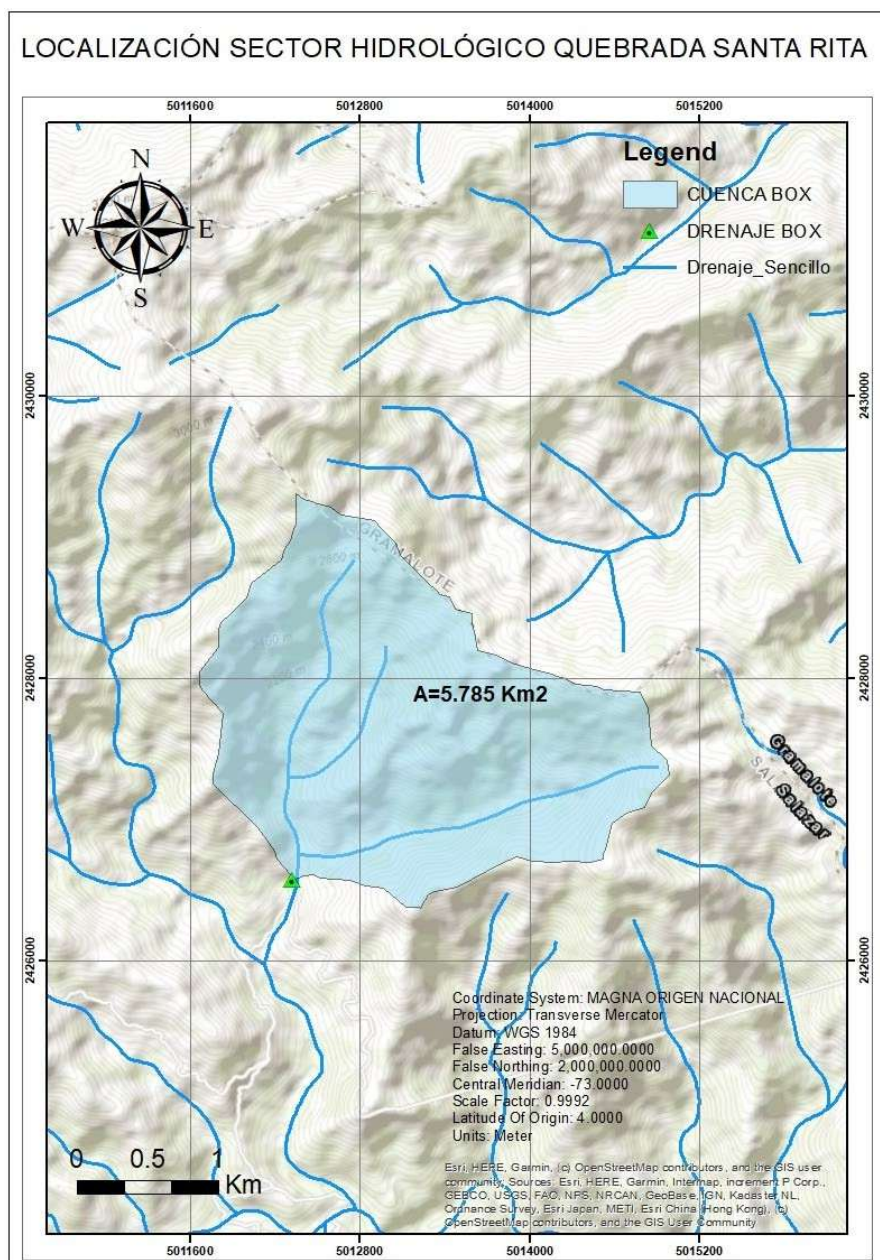


Figura 15. Área cuenca mayor Box Culvert



para el cálculo de diseño de las aguas por escorrentía superficial se debe tener en cuenta la precipitación de diseño junto con los fenómenos de infiltración. Teniendo en cuenta lo expuesto, existen dos tipos de modelos (Lluvia - Escorrentía) que son utilizados para obtener medidas directas de caudales de drenaje en la cual se logra determinar la escorrentía superficial.

1. Modelo Racional: en cuanto a este tipo de modelo existen discrepancias entre diferentes autores con respecto al rango de aplicabilidad del método en relación al área de drenajes de las hoyas, las cuales no deben ser mayores a 2.5km^2 , y el cual está en función de $Q\ C.I.A$, donde C es el coeficiente de escorrentía del canal o tramo, sobre el cual se transportara el fluido, I es la intensidad para un periodo de diseño sujeto al tipo de obra a estudiar y A es el área tributaria que abarcara el punto en estudio.

2. Método de Hidrograma Unitario USCS: Empleado para áreas de drenaje supremamente altas, en las cuales se debe determinar parámetros que inciden en el comportamiento, de la producción de aguas superficiales y subterráneas (Escorrentía e Infiltración), este modelo se puede realizar de forma manual y a través de modelos hidrológicos tales como Hec-Hms.

Con lo anterior y teniendo en cuenta el manual de drenaje para carreteras del INVIAS el cual nos dice que, para áreas mayores a 2.5km^2 , es conveniente aplicar el método del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (Soil Conservation Service - SCS), ya que el área tributaria de la quebrada Santa Rita que se tendrá en consideración es igual a 5.785km^2 . Este método se fundamenta en establecer los parámetros relacionados con las condiciones climatológicas y características del suelo, tales como: el número de curva de escorrentía (CN), la infiltración potencial, la precipitación y la escorrentía superficial.



A continuación, se explican cada uno de estos parámetros como requisitos fundamentales para el cálculo y análisis de la oferta hídrica.

8.4.1 Número de curva (CN)

El número de curva está definido como un parámetro hidrológico que permite caracterizar las condiciones hidrogeológicas del suelo y representa la capacidad de escurrimiento que tiene una cuenca hidrográfica. Cuanto más elevado sea el número de curva, menor capacidad de infiltración tendrá el suelo, por lo tanto, mayor será el volumen de agua de escurrimiento superficial sobre el área de la cuenca. Para obtener el número de curva de una cuenca hidrográfica se deben determinar las siguientes características propias del suelo.

A. Vocación y/o uso del suelo

Esta característica hace referencia al tipo de vegetación existente, es decir a la presencia de cultivos, pastos y bosques, además de las diferentes fuentes de agua como lagunas, ciénagas, quebradas, etc. para la cual se está utilizando el suelo de la cuenca hidrográfica. Entre estas se pueden distinguir las actividades agrícolas, agropecuarias, piscícola, forestales, agroforestales, pastoreo, áreas de conservación y protección ambiental, áreas de amenazas naturales, agrosilvopastoriles con cultivos permanentes, zonas urbanas, entre otras. Para conocer la vocación y/o uso del suelo de la cuenca objeto de estudio, fue necesario descargar los mapas de uso del suelo para Colombia en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), como archivo tipo shape a escala 1:100000. Posteriormente, con la ayuda del software ArcGIS 10.5, a través de la tabla de



atributos del shape de la cuenca, se identifica la vocación y/o uso del suelo con su respectiva área de ocupación.

B. Tratamiento o práctica del suelo

Teniendo en cuenta que el relieve de la cuenca hidrográfica estudiada es predominantemente accidentado con fuertes ondulaciones y pendientes mayores al 3%, el tratamiento del suelo para el uso forestal en estas zonas, se realiza mediante la disposición de las plantas en hileras rectas, para que las plantas formen barreras y el agua de escorrentía superficial al chocar contra éstas disminuya su velocidad, evitando así la erosión, además ayudan a estabilizar el terreno y retener el agua para que pueda infiltrarse en el suelo y los cultivos puedan nutrirse de ella.

C. Condición hidrológica

Con base en la descripción de las características del tipo de cultivo y la densidad de la cobertura vegetal identificados para el suelo de la cuenca, se precisan las siguientes condiciones hidrológicas.

Con relación al uso del suelo para las especies forestales se puede decir que presentan una condición hidrológica buena, ya que precisamente como están destinados a proteger los bosques no requieren de una labranza continua, están provistos de cobertura vegetal en toda su superficie; por ejemplo, los residuos vegetales acumulados en el suelo actúan como una barrera protectora para éstos, ya que aumentan el contenido de materia orgánica, mejoran la porosidad y capacidad de infiltración del suelo y mantienen la humedad. Además, sirve para amortiguar la caída de la lluvia sobre el suelo, evitando procesos erosivos que impactan sobre el medio ambiente.



D. Tipo de suelo hidrológico.

Un parámetro fundamental para identificar el comportamiento hidrológico de una cuenca hidrográfica es la clasificación del suelo, ya que conocer sus propiedades permite darles un uso y manejo adecuado, para evitar la erosión, generando así condiciones apropiadas para el desarrollo de los cultivos y la cobertura vegetal, que permitan la conservación de las cuencas hidrográficas.

Según (Minsiterio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004), el Servicio de Conservación de Recursos Naturales, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, ha clasificado los suelos en cuatro grupos: A, B, C, D, organizados de acuerdo a su potencial de infiltración, drenaje del suelo, profundidad hasta un estrato de permeabilidad y la textura de sus agregados. La clasificación es la siguiente:

Suelo tipo A: Este tipo de suelos presenta una capacidad de infiltración alta en estado completo de humedad, es decir un potencial bajo de escorrentía. En este se pueden destacar las arenas y gravas profundas bien ordenadas, con una estructura que permite una elevada transmisión del agua.

Suelo tipo B: Suelos con capacidad de infiltración moderada en estado completo de humedad, son moderadamente profundos y bien drenados, la textura de sus agregados varía entre moderadamente gruesas a finas. Su estructura permite velocidades medias de transmisión del agua.

Suelo tipo C: Este tipo de suelos presenta un potencial medio alto de escorrentía, es decir una capacidad de infiltración baja, su textura es fina a moderadamente fina. Su estructura se caracteriza por tener estratos de permeabilidad lenta.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

Suelo tipo D: La principal cualidad de este tipo de suelos es que son altamente impermeables, es decir tienen capacidad muy baja de infiltración y transmisión del agua entre sus estratos, su textura es muy fina. En este grupo se incluyen la mayoría de las arcillas expansivas altamente plásticas y suelos con alto contenido de sales. (Minsiterio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004).

La caracterización detallada del tipo de material que compone el suelo de cada subcuenca se obtiene a partir de un estudio geotécnico, pero como no se dispone de esta información, para este trabajo se adoptó otro criterio, el cual se constituyó en la utilización del archivo shape del mapa de suelos del territorio colombiano a escala 1:100000, descargado de los datos abiertos en la subdirección de agrología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). En este archivo se suministra información importante relacionada con la litología de los suelos, características detalladas como textura, permeabilidad, estructura, índice de acidez, fertilidad y profundidad.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

Tabla 10. Escorrentía para los complejos suelo – cobertura (CN)

Uso de la tierra	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	Grupo de suelos			
			A	B	C	D
			Número de curva			
1. Rastrojo	Hileras rectas		77	86	91	94
2. Cultivos en hileras	Hileras rectas	Mala	71	81	88	91
	Hileras rectas	Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
	Curvas de nivel	Buena	65	75	82	86
	Cur/Niv y terrazas	Mala	66	74	80	82
	Cur/Niv y terrazas	Buena	62	71	78	81
	Hileras rectas	Mala	65	76	84	86
3. Cultivos en hileras estrechas	Hileras rectas	Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Mala	63	74	82	85
	Curvas de nivel	Buena	61	73	81	84
	Cur/Niv y terrazas	Mala	61	72	79	82
	Cur/Niv y terrazas	Buena	59	70	78	81
	Hileras rectas	Mala	66	77	85	89
	Hileras rectas	Buena	58	72	81	85
4. Leguminosas en hileras estrechas o forraje en rotación	Curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
	Curvas de nivel	Buena	55	69	78	83
	Cur/Niv y terrazas	Mala	63	73	80	83
	Cur/Niv y terrazas	Buena	51	67	76	80
		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
5. Pastos de pastoreo	Curvas de nivel	Mala	47	87	81	88
	Curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	Buena	6	35	70	79
		Buena	30	58	71	78
		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
6. Pastos de corte			59	74	82	86
7. Bosque			72	82	87	89
8. Patios			74	84	90	92
9. Caminos de tierra						
10. Pavimentos						
1/ Siembre Tupida						
2/ Derecho de vía						



Número de curva promedio (CN prom)

Para cuencas hidrográficas que incluyan varios usos o tipos de suelos con números de curvas diferentes, el valor de CN representativo de escorrentía debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas, de la siguiente manera:

$$CN_{prom} = \frac{\sum CN * A}{\sum A}$$

Donde:

CN prom= Número de curva promedio (adm)

CN= Número de curva para cada uso o tipo de suelo (adm)

A= Área de cada uso o tipo de suelo sobre la cuenca hidrográfica (km²)

$$CN_{prom} = 60$$

Infiltración potencial (S)

La infiltración potencial está definida como la capacidad de drenaje y retención que tiene el suelo para absorber agua a través de su superficie y estratos que lo componen; es decir que este parámetro está relacionado de manera directa con el tipo y uso del suelo, además de la condición hidrológica que éste presente. Por ejemplo, un suelo arcilloso por su baja permeabilidad, tendrá menor infiltración potencial que un suelo granular, una zona boscosa con alta cobertura vegetal poseerá mayor infiltración potencial que un suelo desnudo. Por consiguiente, es importante mencionar que, al aumentar el valor del número de curva, la infiltración potencial del suelo disminuye, lo que indica que la escorrentía superficial en la cuenca hidrográfica se hace más grande. Esta característica depende del número de curva (CN), y su cálculo se puede obtener mediante la siguiente ecuación:



$$S = \left(\frac{25400}{CN} \right) - 254$$

Donde:

S= Infiltración potencial (mm)

CN= Número de curva (adm)

Precipitación (Pmm)

Es el parámetro principal para poder calcular la escorrentía superficial y los posteriores caudales sobre la cuenca hidrográfica. Como se mencionó en el capítulo anterior la precipitación fue suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de la estación más cercana a la zona de estudio. A partir de estos datos se realizó un análisis estadístico para la creación de las curvas IDF que permiten calcular la intensidad de precipitación para un tiempo de concentración específico.

Escorrentía superficial (Qi)

La escorrentía superficial corresponde a la cantidad de agua que circula por la superficie de la cuenca hidrográfica; depende de varios factores entre los que sobresalen la precipitación e infiltración potencial. Es uno de los procesos más importantes dentro del ciclo hidrológico ya que de este indicador depende en gran parte la conservación y degradación de los recursos naturales de una cuenca hidrográfica. Para estimar este parámetro producido por un evento de precipitación determinado, se utiliza el siguiente modelo empírico:

$$Qi = \frac{(P - 0.20 * S)^2}{P + 0.8 * S}$$

Donde:



Qi= Escorrentía superficial (mm)

P= Precipitación total (mm)

S= Infiltración potencial (mm)

8.4.2 Tiempo de concentración (Tc)

Tiempo en que tarde en llegar una gota de agua de lluvia desde el extremo hidráulicamente más lejano de la cuenca a la sección de salida. Existen varios métodos para el cálculo de los tiempos de concentración, tales como la ecuación de Kirpich, Témez, Giandotti, entre otros, para este trabajo el tiempo de concentración se calculará mediante la ecuación de Kirpich y está representado por la siguiente ecuación:

$$T_c = 0,06628 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.5}}$$

Donde:

Tc= Tiempo de concentración (h)

L= Longitud del cauce principal (km)

S= Pendiente del cauce principal (m/m)

A continuación, se detalla el resumen de los resultados de los parámetros morfométricos relativos al drenaje de la cuenca hidrográfica en estudio.



Tabla 11. Parámetros asociados al drenaje de la cuenca hidrográfica

Clasificación según el área en km ² Fuente: Henry Jiménez Escobar, 1986 Hidrología Básica, Cali		Sector hidrológico
Parámetros generales	Área (km ²)	5.785618
	Perímetro (km)	10.355158
	Longitud axial (km)	2.32
	Ancho (km)	2.49
	Longitud cauce principal (km)	2.68
	Longitud corrientes internas (km)	4.27
Forma	Factor de forma k_f (adm)	1.075
	Coefficiente de compacidad k_c (adm)	1.214
	Índice de alargamiento I_a (adm)	0.93030684
Drenaje	Densidad de drenaje D_d (km/km ²)	0.738036974
	Tiempo de concentración T_c (hr)	0.314
Relieve	Pendiente media (%)	12.67

Fuente: Autor.

8.4.3 Elaboración del hietograma

Una vez obtenidas las precipitaciones máximas para diferentes períodos de retorno, se distribuye la precipitación máxima de 24 horas a lo largo del día de tal forma que simula un hietograma de precipitación teórico en el cual se podrá calcular la esorrentía. Es importante mencionar que la hipótesis fundamental de la hidrología radica en la suposición de que la duración de la lluvia máxima o de diseño coincide con el tiempo de concentración de la cuenca, ya que lluvias con mayores duraciones no producen aumento en los caudales punta. Sin embargo, (Peláez, 2003) establece una diferencia importante destacando que el tiempo de concentración es la fase del aguacero que determina el caudal máximo, y esta fase puede ser igual o no a la duración del aguacero, ya que la duración de la lluvia es ajena al tamaño de la cuenca y es sólo función de variables climáticas, por lo que la lluvia asociada a los caudales máximos se refiere al intervalo más intenso de duración igual al tiempo de concentración, pero esa duración no equivale a la



duración del aguacero, ya que sólo una fase del aguacero puede ser suficiente para generar una creciente si el suelo se encuentra saturado.

Por otro lado, es importante mencionar que el análisis de frecuencia para la precipitación sobre un área no se encuentra tan desarrollado como el análisis de la precipitación puntual. Ante la falta de información sobre la verdadera distribución de probabilidad de la precipitación promedio sobre un área, usualmente se extienden estimativos de precipitación puntual para desarrollar unas profundidades promedio de precipitación sobre un área. La estimación de la precipitación sobre el área puede ser centrada alrededor de la tormenta o fijada localmente. Para este último caso, se tiene en cuenta el hecho de que las estaciones de precipitación algunas veces están cerca del centro de la tormenta, otras veces cerca de los bordes exteriores y otras veces entre estos dos puntos. Un proceso de promediar produce curvas de profundidad-área fijadas localmente que relacionan la precipitación promedio sobre el área con medidas puntuales. La siguiente figura, muestra curvas para calcular profundidades de precipitación promedio sobre un área como un porcentaje de los valores de precipitación puntual. (VEN TE CHOW, 1994). Todos los registros pluviométricos dentro de la cuenca y sus alrededores inmediatos, deben ser analizados para tener debidamente en cuenta la variación espacial y temporal de la lluvia sobre la cuenca. Para superficies suficientemente grandes, en las cuales la cantidad de lluvia promedio es muy diferente a la observada en un punto, se debe preparar y usar un diagrama como el de la figura siguiente para reducir los valores puntuales.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

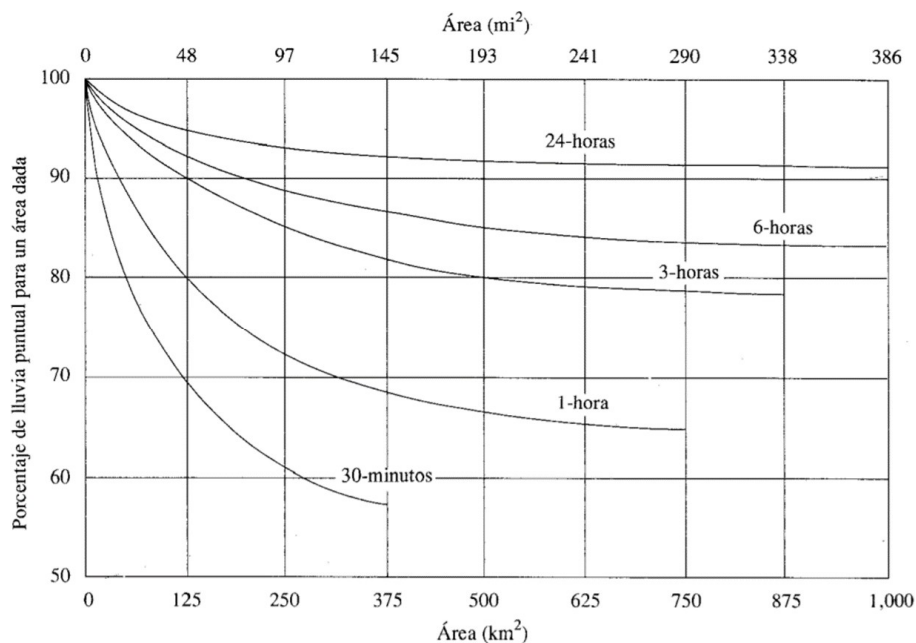


Figura 16. Curvas profundidad – área para reducir precipitación puntual con el fin de obtener valores promedio en el área.

Fuente: Organización Meteorológica Mundial, 1983.

En ese orden de ideas y teniendo en cuenta que el área del sector hidrológico en estudio es de 5.785 km^2 y el tiempo de concentración de $T_c=0.314$ horas, el factor de reducción por área para ser aplicado al hietograma de precipitación corresponde a 100%.



Tabla 12. Hietograma de precipitación de diseño $T_r=50$ años.

DURACIÓN	INTENSIDAD	PROFUNDIDA ACUMULADA	PROFUNDIDAD INCREMENTAL	TIEMPO	PRECIPITACIÓN
min	mm/hr	mm	mm	min	mm
2	757.618	25.254	25.254	0-2	1.252
4	479.480	31.965	6.711	2-4	1.350
6	366.902	36.690	4.725	4-6	1.470
8	303.453	40.460	3.770	6-8	1.622
10	261.897	43.649	3.189	8-10	1.820
12	232.205	46.441	2.791	10-12	2.093
14	209.742	48.940	2.499	12-14	2.499
16	192.049	51.213	2.273	14-16	3.189
18	177.685	53.305	2.093	16-18	4.725
20	165.749	55.250	1.944	18-20	25.254
22	155.644	57.069	1.820	20-22	6.711
24	146.957	58.783	1.714	22-24	3.770
26	139.395	60.405	1.622	24-26	2.791
28	132.741	61.946	1.541	26-28	2.273
30	126.832	63.416	1.470	28-30	1.944
32	121.543	64.823	1.407	30-32	1.714
34	116.776	66.173	1.350	32-34	1.541
36	112.453	67.472	1.299	34-36	1.407
38	108.511	68.724	1.252	36-38	1.299
40	104.899	69.933	1.209	38-40	1.209

Fuente: Autor.

8.4.4 Caudal pico de la cuenca en estudio

El caudal máximo pico es aquel que se produce una vez ocurre un evento de precipitación sobre un área hídrica en específico. Para el cálculo de este parámetro se utilizó el sistema de modelado hidrológico HEC-HMS, diseñado para simular los procesos hidrológicos completos de los sistemas de cuencas hidrográficas. Este software libre proporciona herramientas de análisis suplementarias para la optimización del modelo, pronosticar el caudal, la reducción del área de profundidad, evaluar la incertidumbre del modelo, la erosión y el transporte de sedimentos y la calidad del agua.

A continuación, se presenta la modelación hidrológica para definir el caudal de diseño y posteriormente determinar la cota máxima de inundación sobre la zona en estudio.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

8.4.5 Modelación hidrológica

Para la modelación hidrológica del sector hidrológico quebrada Santa Rita se utilizó el software libre HEC – HMS el cual recibe los siguientes datos de entrada:

1. Basin Model Manager

Área de la cuenca en km^2

Basin Name: Microcuenca	
Element Name: Subcuenca	
Description:	
Downstream:	Aforo
*Area (KM2)	5,79
Latitude Degrees:	
Longitude Degrees:	
Discretization Method:	--None--
Canopy Method:	--None--
Snow Method:	--None--
Surface Method:	--None--
Loss Method:	SCS Curve Number
Transform Method:	SCS Unit Hydrograph
Baseflow Method:	--None--

Curva número CN

Basin Name: Microcuenca	
Element Name: Subcuenca	
Initial Abstraction (MM)	
*Curve Number:	60
*Impervious (%)	0,0

Tiempo de retardo en minutos

Basin Name: Microcuenca	
Element Name: Subcuenca	
Graph Type:	Standard (PRF 484)
*Lag Time (MIN)	11,4



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

2. Time - Series Data Manager

Intervalo de tiempo de la precipitación

Gage Name: Pluviografo	
Description:	Hietograma de Precipitación
Data Source:	Manual Entry
Units:	Incremental Millimeters
Time Interval:	2 Minutes
Latitude Degrees:	
Longitude Degrees:	

Duración de la precipitación

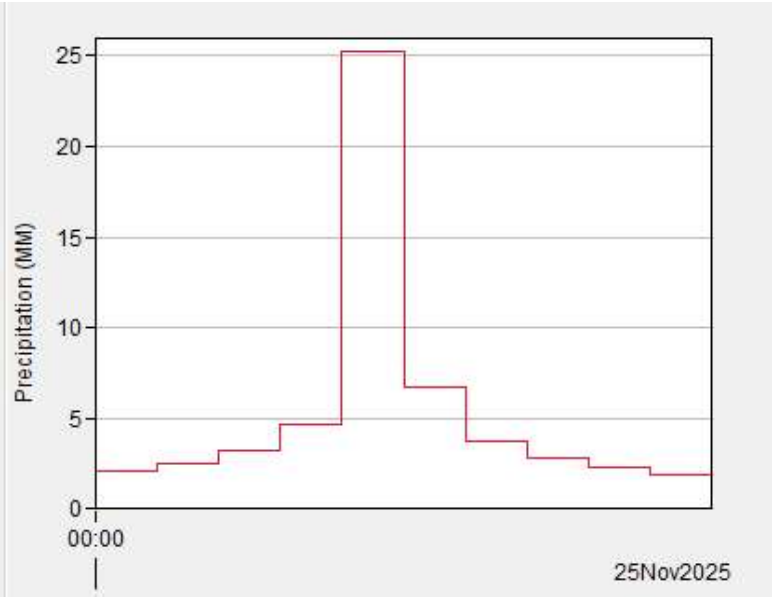
Gage Name: Pluviografo	
*Start Date (ddMMMYYYY)	25nov.2025
*Start Time (HH:mm)	00:00
*End Date (ddMMMYYYY)	25nov.2025
*End Time (HH:mm)	00:20

Hietograma de precipitación

Time (ddMMMYYYY, HH:mm)	Precipitation (MM)
25nov.2025, 00:00	
25nov.2025, 00:02	2,093
25nov.2025, 00:04	2,499
25nov.2025, 00:06	3,189
25nov.2025, 00:08	4,725
25nov.2025, 00:10	25,250
25nov.2025, 00:12	6,711
25nov.2025, 00:14	3,770
25nov.2025, 00:16	2,791
25nov.2025, 00:18	2,273
25nov.2025, 00:20	1,944



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500, MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.



3. Meteorologic Model Manager

Met Name: Met 1

Description:

Unit System:

Shortwave:

Longwave:

Precipitation:

Temperature:

Windspeed:

Pressure:

Dew Point:

Evapotranspiration:

Replace Missing:

Met Name: Met 1	
Basin Model	Include Subbasins
Microcuenca	Yes



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

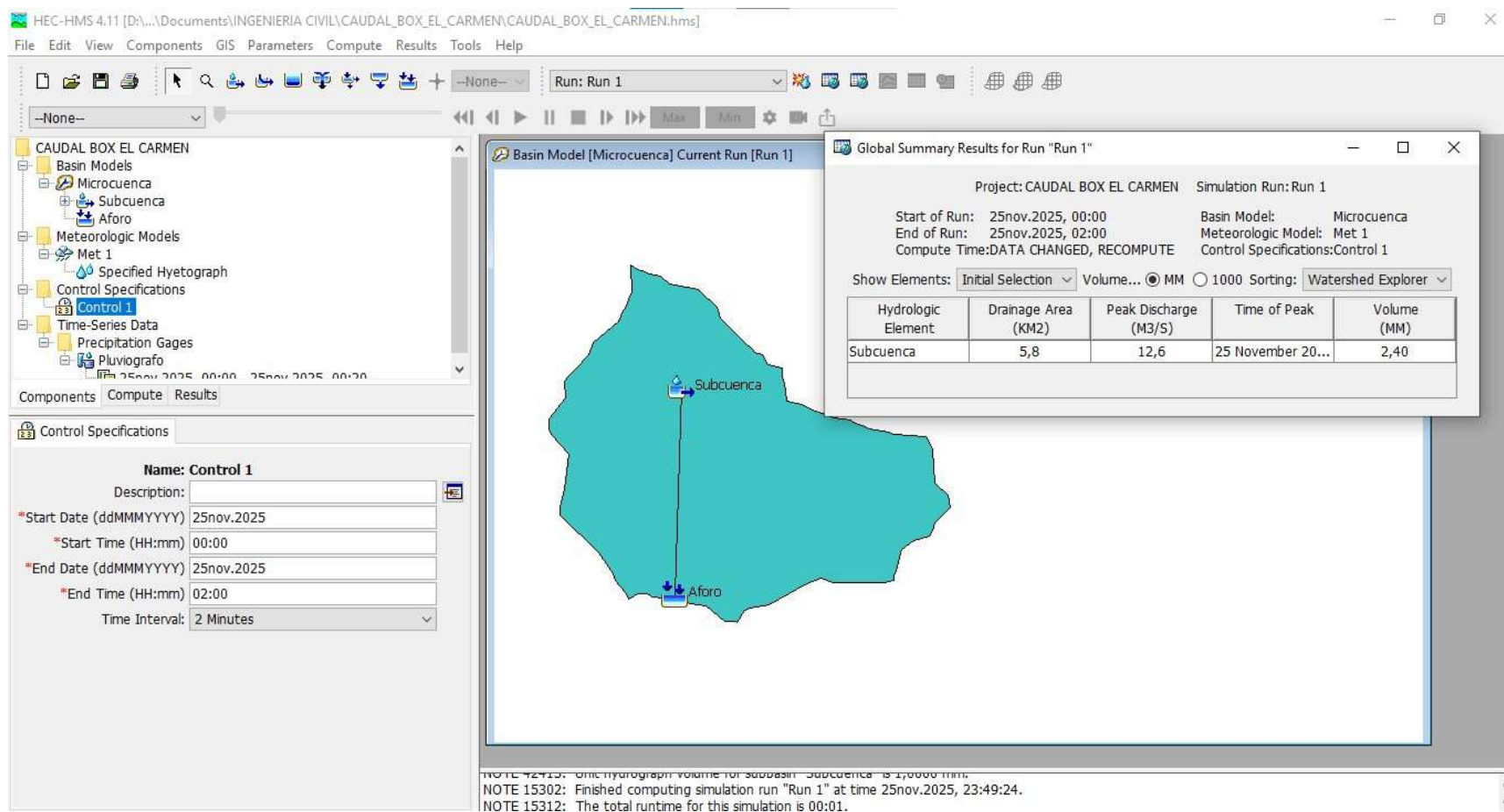
4. Control Specifications Manager

Name: Control 1	
Description:	
*Start Date (ddMMYYYY)	25nov.2025
*Start Time (HH:mm)	00:00
*End Date (ddMMYYYY)	25nov.2025
*End Time (HH:mm)	02:00
Time Interval:	2 Minutes



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

8.4.5.1.1 Resultados modelación hidrológica





MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

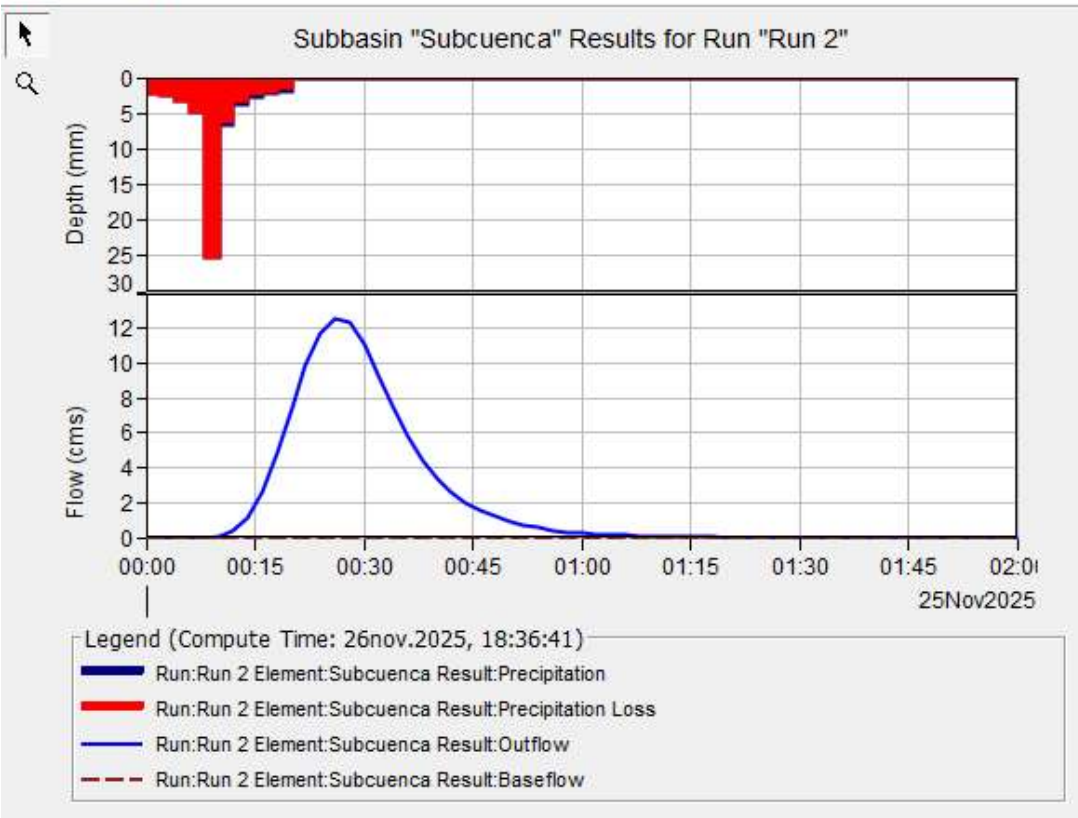
Start of Run: 25nov.2025, 00:00 Basin Model: Microcuenca
End of Run: 25nov.2025, 02:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 26nov.2025, 18:36:41 Control Specifications: Control 1

Show Elements: Initial Selection Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Watershed Explorer

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Subcuenca	5,8	12,6	25 November 2025...	2,40

Graph for Subbasin "Subcuenca"

File Edit View





MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

Tabla 13. Hidrograma Sector hidrológico quebrada Santa Rita.

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
25nov.2025	00:00				0,0	0,0	0,0
25nov.2025	00:02	2,09	2,09	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	00:04	2,50	2,50	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	00:06	3,19	3,19	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	00:08	4,72	4,72	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	00:10	25,25	25,16	0,09	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	00:12	6,71	6,17	0,54	0,3	0,0	0,3
25nov.2025	00:14	3,77	3,27	0,50	1,1	0,0	1,1
25nov.2025	00:16	2,79	2,34	0,46	2,6	0,0	2,6
25nov.2025	00:18	2,27	1,85	0,42	4,8	0,0	4,8
25nov.2025	00:20	1,94	1,55	0,40	7,4	0,0	7,4
25nov.2025	00:22	0,00	0,00	0,00	9,9	0,0	9,9
25nov.2025	00:24	0,00	0,00	0,00	11,7	0,0	11,7
25nov.2025	00:26	0,00	0,00	0,00	12,6	0,0	12,6
25nov.2025	00:28	0,00	0,00	0,00	12,3	0,0	12,3
25nov.2025	00:30	0,00	0,00	0,00	11,1	0,0	11,1
25nov.2025	00:32	0,00	0,00	0,00	9,3	0,0	9,3
25nov.2025	00:34	0,00	0,00	0,00	7,5	0,0	7,5
25nov.2025	00:36	0,00	0,00	0,00	5,9	0,0	5,9
25nov.2025	00:38	0,00	0,00	0,00	4,4	0,0	4,4
25nov.2025	00:40	0,00	0,00	0,00	3,4	0,0	3,4
25nov.2025	00:42	0,00	0,00	0,00	2,6	0,0	2,6
25nov.2025	00:44	0,00	0,00	0,00	2,0	0,0	2,0
25nov.2025	00:46	0,00	0,00	0,00	1,6	0,0	1,6
25nov.2025	00:48	0,00	0,00	0,00	1,2	0,0	1,2
25nov.2025	00:50	0,00	0,00	0,00	0,9	0,0	0,9
25nov.2025	00:52	0,00	0,00	0,00	0,7	0,0	0,7
25nov.2025	00:54	0,00	0,00	0,00	0,5	0,0	0,5
25nov.2025	00:56	0,00	0,00	0,00	0,4	0,0	0,4
25nov.2025	00:58	0,00	0,00	0,00	0,3	0,0	0,3
25nov.2025	01:00	0,00	0,00	0,00	0,2	0,0	0,2
25nov.2025	01:02	0,00	0,00	0,00	0,2	0,0	0,2
25nov.2025	01:04	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
25nov.2025	01:06	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
25nov.2025	01:08	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
25nov.2025	01:10	0,00	0,00	0,00	0,1	0,0	0,1
25nov.2025	01:12	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:14	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

25nov.2025	01:16	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:18	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:20	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:22	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:24	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:26	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:28	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:30	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:32	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:34	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:36	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:38	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:40	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:42	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:44	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:46	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:48	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:50	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:52	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:54	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:56	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	01:58	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
25nov.2025	02:00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0

Fuente: Adaptado de HEC-HMS 4.11.

Acorde a la anterior tabla de resultados en donde se relacionan los caudales máximos ocurridos sobre un periodo de tiempo, y teniendo en cuenta el comportamiento histórico de precipitaciones ocurridas sobre el área hidrográfica, es conveniente manifestar que probablemente el mayor caudal a generarse sería de $12.6 \text{ m}^3/\text{seg}$ para un periodo de retorno de 50 años, con los cuales se comprobara en el siguiente capítulo si la altura de la lámina de agua sobre el Box Culvert puede alcanzar su máxima cota sin causar fenómenos de inundación y desbordamientos de la quebrada sobre la vía.



8.4.6 Análisis hidráulico de box culvert

El análisis de capacidad hidráulica se realizó con el software HY8 7.80.0.2 Culvert Hydraulic Analysis Program, el cual es recomendado en el manual de drenaje para carreteras de INVIAS por tener en cuenta todos los parámetros requeridos por este en el análisis de alcantarillas y box culvert.

HY8 es un software especializado en la simulación y análisis de sistemas de drenaje pluvial y de alcantarillado. Su uso es común en el diseño y evaluación de obras hidráulicas por varias razones:

1. Modelado Preciso de Sistemas de Drenaje: HY8 permite crear modelos detallados de sistemas de drenaje pluvial, incluyendo tuberías, pozos de inspección, y otros componentes. Esto facilita una representación precisa de cómo se comportará el sistema bajo diversas condiciones de lluvia.

2. Análisis de Capacidad Hidráulica: La herramienta realiza cálculos de capacidad hidráulica para asegurar que los componentes del sistema puedan manejar eficientemente el flujo de agua. Esto incluye la evaluación de la capacidad de tuberías y estructuras para evitar desbordamientos y problemas de inundación.

3. Simulación de Eventos de Lluvia: HY8 permite simular eventos de lluvia con diferentes intensidades y duraciones, ayudando a predecir el comportamiento del sistema en condiciones de tormenta. Esto es crucial para diseñar infraestructuras capaces de resistir eventos pluviales extremos.

4. Cumplimiento Normativo: El software está diseñado para cumplir con estándares y normativas de ingeniería civil y gestión de aguas pluviales, lo que facilita la realización de proyectos que cumplan con los requisitos legales y técnicos.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

5. Optimización de Diseño: HY8 ofrece herramientas para optimizar el diseño del sistema de drenaje, ajustando parámetros como el tamaño de las tuberías y la ubicación de los pozos de inspección para mejorar la eficiencia y reducir costos.

6. Visualización de Resultados: El software proporciona gráficos y reportes que permiten una visualización clara de los resultados del análisis, facilitando la interpretación de datos y la toma de decisiones informadas.

En resumen, HY8 es una herramienta integral para el diseño y análisis de sistemas de drenaje pluvial, proporcionando las capacidades necesarias para garantizar que las obras hidráulicas sean eficientes, seguras y conformes con las normativas vigentes.

A continuación, se presenta el MODELO HIDRÁULICO COMPUTACIONAL HY8 empleado para el chequeo hidráulico del box culvert:

Crossing Data - Box Culvert K0+340

Crossing Properties

Name: Box Culvert K0+340

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	12.600	cms
Maximum Flow	12.600	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	2.000	m
Channel Slope	0.0200	m/m
Manning's n (channel)	0.030	
Channel Invert Elevation	1657.795	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	2.000	m
Crest Elevation	1660.595	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	5.000	m

Culvert Properties

Box culvert K0+340

Add Culvert

Duplicate Culvert

Delete Culvert

Parameter	Value	Unit
CULVERT DATA		
Name	Box culvert K0+340	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2000.000	mm
Rise	2400.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (90°) Headwall (Ke=0.5)	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	1657.895	m
Outlet Station	5.000	m
Outlet Elevation	1657.795	m
Number of Barrels	1	

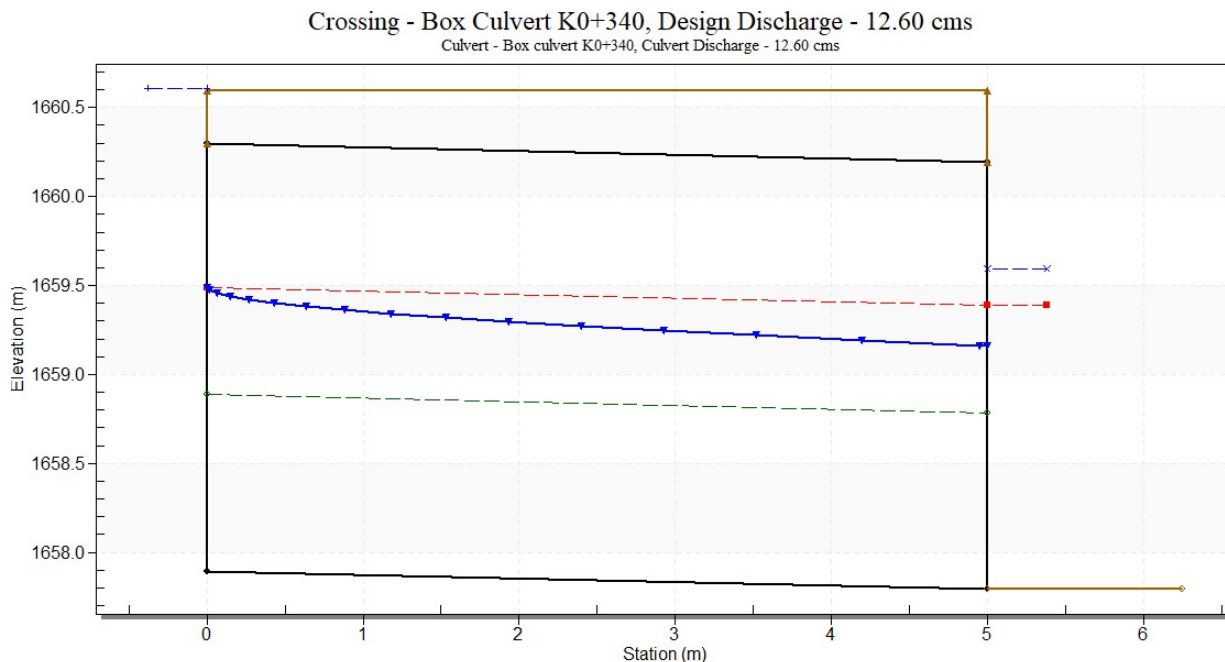
Help Click on any icon for help on a specific topic Low Flow AOP Energy Dissipation Analyze Crossing OK Cancel

Figura 17. Datos Modelación hidráulica Box Culvert PR0+340 (modelo hidráulico HY8).

Fuente: Adaptado de HY8.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.



Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.00	0.00	1657.90	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.26	1.26	1658.47	0.58	0.25	1-S2n	0.20	0.34	0.25	0.34	2.52	1.88
2.52	2.52	1658.81	0.92	0.47	1-S2n	0.32	0.54	0.42	0.54	3.01	2.34
3.78	3.78	1659.10	1.20	0.67	1-S2n	0.42	0.71	0.56	0.72	3.35	2.63
5.04	5.04	1659.35	1.45	0.87	1-S2n	0.51	0.86	0.70	0.88	3.61	2.85
6.30	6.30	1659.57	1.68	1.08	1-S2n	0.60	1.00	0.82	1.05	3.83	3.01
7.56	7.56	1659.79	1.89	1.30	1-S2n	0.68	1.13	0.94	1.20	4.02	3.15
8.82	8.82	1660.00	2.10	1.52	1-S2n	0.76	1.26	1.05	1.35	4.19	3.26
10.08	10.08	1660.20	2.30	1.75	1-S2n	0.84	1.37	1.16	1.50	4.35	3.36
11.34	11.34	1660.40	2.51	1.99	5-S2n	0.92	1.49	1.26	1.65	4.49	3.44
12.60	12.60	1660.61	2.71	2.24	5-S2n	0.99	1.59	1.36	1.80	4.62	3.51

Figura 18. Modelación hidráulica Box Culvert PR0+340 (modelo hidráulico HY8).

Fuente: Adaptado de HY8.

De acuerdo con las figuras anteriores, la altura máxima que alcanzaría el agua para con respecto al caudal máximo que se puede esperar de la cuenca no nos inundaría la vía, es decir, el canal tendría por lo menos un borde libre de 0.20m. de igual manera, la velocidad máxima que podríamos tener del flujo se encuentra alrededor de los 3.5 m/s lo cual es adecuado ya que no se superan los 5 m/s. la línea roja Representa el nivel del agua o carga total aguas arriba del box



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

culvert, Si esta línea es significativamente más alta que el culvert, indica que hay subpresión o posibles problemas de capacidad. En este caso, como se ve en las figuras se encuentra controlada.



9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con las memorias de cálculo hidráulico realizadas para el tramo en placa huella ubicado entre las abscisas K0+000 y K1+500.00, en la vía que conduce del corregimiento del Carmen de Nazaret hacia Alto Chiquito en el municipio de Norte de Santander, se concluye que se requiere la demolición de 2 alcantarillas existentes ya que estas no cumplen ni técnica ni hidráulicamente con su función y comprometen la seguridad de la vía, por lo tanto, se construirán 2 nuevas alcantarillas en las abscisas K0+198.6 y K0+500 siguiendo todos los lineamientos del INVIAS.

Adicionalmente, se observó la presencia de aguas nacidas en uno de los taludes, cuya descarga no controlada podría afectar el cuerpo de la vía mediante procesos de saturación, erosión y pérdida de capacidad estructural. Por ello, se recomienda su captación y conducción a través de un sistema cerrado que dirija el caudal hacia un punto receptor seguro, garantizando un manejo adecuado de este recurso hídrico y evitando afectaciones futuras.

Finalmente, la evaluación hidráulica del box culvert existente confirmó que la estructura cumple con los requerimientos de capacidad y operación bajo los caudales de diseño estimados. El flujo se desarrolla de manera adecuada dentro de la sección, sin generar sobrecargas significativas aguas arriba ni condiciones que pongan en riesgo la plataforma vial, por lo cual no se requieren intervenciones adicionales sobre este elemento.

En conjunto, las verificaciones y modelaciones realizadas permiten concluir que, una vez implementadas las acciones recomendadas sobre las alcantarillas y el manejo de aguas nacidas, el sistema de drenaje del tramo operará de manera eficiente y segura, reduciendo la probabilidad de fallas hidráulicas y contribuyendo a la preservación y funcionalidad de la infraestructura vial a largo plazo.



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

Ocaña, 26 de Noviembre de 2025

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **CRISTIAN CAMILO OSORIO MOLINA**, identificado con C.C.1.091.659.204,
expedida en Ocaña – Norte de Santander, en mi calidad de INGENIERO CIVIL con
matrícula profesional No. 54202-226926 NTS,

CERTIFICO

Que, realicé el estudio hidrológico e hidráulico para el proyecto **“MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500, MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.”**.

Por lo anterior, manifiesto que es viable la ejecución del proyecto, siempre y cuando se respeten las condiciones, consideraciones y recomendaciones consignadas en los estudios realizados. Por lo tanto, asumo la responsabilidad por los perjuicios que pueda deducirse ante terceros a causa del estudio hidrológico e hidráulico del proyecto **“MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500, MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.”**.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi matricula profesional y copia de la cédula de ciudadanía.

Atentamente;

CRISTIAN CAMILO OSORIO MOLINA

Ingeniero Civil

M.P. 54202-226926 NTS



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500, MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.





MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.

**MEJORAMIENTO DE LA RED TERCERIA CON PAVIMENTO RIGIDO EN
CORREGIMIENTO DE EL CARMEN DE NAZARETH HACIA ALTO CHIQUITO
DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500 Y HACIA GRAMALOTE
DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+250 AL K0+500. MUNICIPIO DE SALAZAR
NORTE DE SANTANDER**



MATRICULA PROFESIONAL, No.
54202226926NTS
INGENIERO CIVIL

DE FECHA **04/05/2012**
CRISTIAN CAMILO
OSORIO MOLINA
C.C. 1051659204
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE
PAULA SANTANDER-OCANA


PRESIDENTE DEL CONSEJO



MEJORAMIENTO DEL CORREDOR DE TERCER ORDEN DEL CARMEN DE NAZARETH EN
PAVIMENTO RIGIDO HACIA ALTO CHIQUITO DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL
K0+500 Y HACIA GRAMALOTE DENTRO DE LAS ABSCISAS K0+000 AL K0+500,
MUNICIPIO DE SALAZAR DE LAS PALMAS, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.



Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4453148

**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA**

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que CRISTIAN CAMILO OSORIO MOLINA, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 1091659204, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 54202-226926 desde el 04 de Mayo de 2012, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 678.
2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.
3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**
4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.
5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los seis (06) días del mes de Mayo del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Darío Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*) Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado.
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.