

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA.		Página 1 de 41
		Fecha: Febrero de 2026

**"CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD
REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA."**

INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

MUNICIPIO DE RIOHACHA DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

FEBRERO 2026

Versión 2

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Página 2 de 41	
	Fecha: Agosto de 2025	

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

1 INTRODUCCIÓN	3
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. ALCANCE	5
4. METODOLOGIA	5
5. LOCALIZACIÓN DE LA VIA – CABECERA MUNICIPAL DE RIOHACHA	6
6. INFORMACIÓN DE REFERENCIA	8
6.1. Información primaria	8
6.2. Información secundaria	8
6.3. ANALISIS HIDROLÓGICO	9
CLIMA:	9
7. DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS	11
8. ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO	15
8.1. Curvas IDF	15
8.2. Cálculo del tiempo de concentración	20
9. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS EN CUENCAS MENORES.....	24
Estimación del coeficiente de escorrentía	24
9.1. Método racional.	26
9.2. Periodos de retorno de obras de drenaje vial.....	27
10. ESTUDIOS HIDRÁULICOS.	28
11. DISEÑO OBRAS MENORES	29
11.1. Análisis de las obras existentes	29
11.2. Análisis de las obras proyectadas.....	29

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Página 3 de 41	
	Fecha: Agosto de 2025	

1 INTRODUCCIÓN

Este informe contiene los la revisión que comprenden la actualización de localización de las estructuras de drenaje del ***ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO "CONSTRUCCION DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA;*** que corresponde aproximadamente a 8,43 km en el municipio de Riohacha (La Guajira), como estructuras de paso de escorrentías de aguas transversal de las vías proyectadas que requieren ser ampliadas y/o intervenidas para garantizar la funcionalidad de las mismas.

Dentro de los estudios hidrológicos consultados del proyecto dentro de la longitud en mención se presenta una descripción del clima en la zona de interés, se caracterizan las áreas aferentes y posteriormente se estiman los caudales de diseño de cada una de ellas. Dentro del diseño hidráulico se busca que la capacidad de las estructuras proyectadas responda adecuadamente al drenaje del caudal de diseño, teniendo en cuenta criterios del manual de drenajes para carreteras del INVIAS y los criterios empleados en otros proyectos de similares características en los que se ha participado, además de las recomendaciones dadas por los especialistas

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Página 4 de 41	
	Fecha: Agosto de 2025	

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

El objeto de este ajuste es definir parámetros hidrológicos e hidráulicos necesarios para definir las estructuras que hacen parte del grupo de estructuras de drenaje que requieren el tramo vial descrito.

2.2. Objetivos específicos

- Realizar el estudio hidrológico, es decir, el estimativo de caudales de crecientes asociadas a diferentes períodos de retorno que aporta la microcuenca, con base en la información de registros de las estaciones hidrometeorológicas existentes en el área del proyecto para los últimos años.
- Diseñar con base en los caudales obtenidos las obras que ayuden a mantener un control de los drenajes identificados sobre la vía.

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Página 5 de 41	
	Fecha: Agosto de 2025	

3. ALCANCE

- Visitas para reconocimiento del corredor vial.
- Levantamiento topográfico.
- Consulta de información secundaria para informe sobre antecedentes de sucesos hidrológicos e hidráulicos sobre la vía.
- Revisión hidráulica planteamiento de la socavación de las estructuras hidráulicas en análisis.

4. METODOLOGIA

De forma general, la metodología seguida para la elaboración de este estudio consiste en los siguientes procesos:

- Recopilación de información básica para los estudios hidrológicos e hidráulicos.
- Búsqueda de información hidrológica en el IDEAM, actualizada, con el fin de realizar una descripción general del clima y del régimen de lluvias en los sitios de interés, y para el estimativo de crecientes.
- Delimitación de las áreas aferentes de aportación al tramo vial en estudio de acuerdo con la cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, topografía de campo del corredor vial, y uso de modelos digitales de Elevación.
- Estimación de caudales de diseño mediante técnicas como el método Racional en las obras con áreas aferentes menores.
- Evaluaciones de socavación mediante el método de Breusers y Raudkivi (1991), socavación en alcantarillas y "box culverts". Es importante resaltar que esta metodología es recomendada en la literatura existente acerca del tema y en el manual de INVIAS.

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Página 6 de 41	
	Fecha: Agosto de 2025	

5. LOCALIZACIÓN DE LA VIA – CABECERA MUNICIPAL DE RIOHACHA

El Municipio de Riohacha está ubicado en el centro del Departamento de la Guajira; sus límites son: por el norte, el mar Caribe; por el oriente, con el municipio de Albania y el río Ranchería que lo separa del Municipio de Maicao y del Municipio de Manaure; al sur, los Municipios de Hatonuevo, Barrancas, Fonseca.



Localización del Municipio de Riohacha, La Guajira
Fuente: Google, adaptado por autores.

La mayoría del terreno se compone de suelo arcilloso y arenoso, especialmente en las costas. El relieve lo constituye la planicie guajira, la zona norte de la Sierra Nevada, y cerros independientes; los cuales dan las características de un medio de selva húmeda en los montes, selva seca alrededor del cauce del río Ranchería y sabana seca en la llanura. Cerca de la costa, por efecto de desertización, el ambiente es árido y el suelo arenoso. Al sur de la ciudad, el terreno es típico de sabana seca.

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		Página 7 de 41
		Fecha: Agosto de 2025

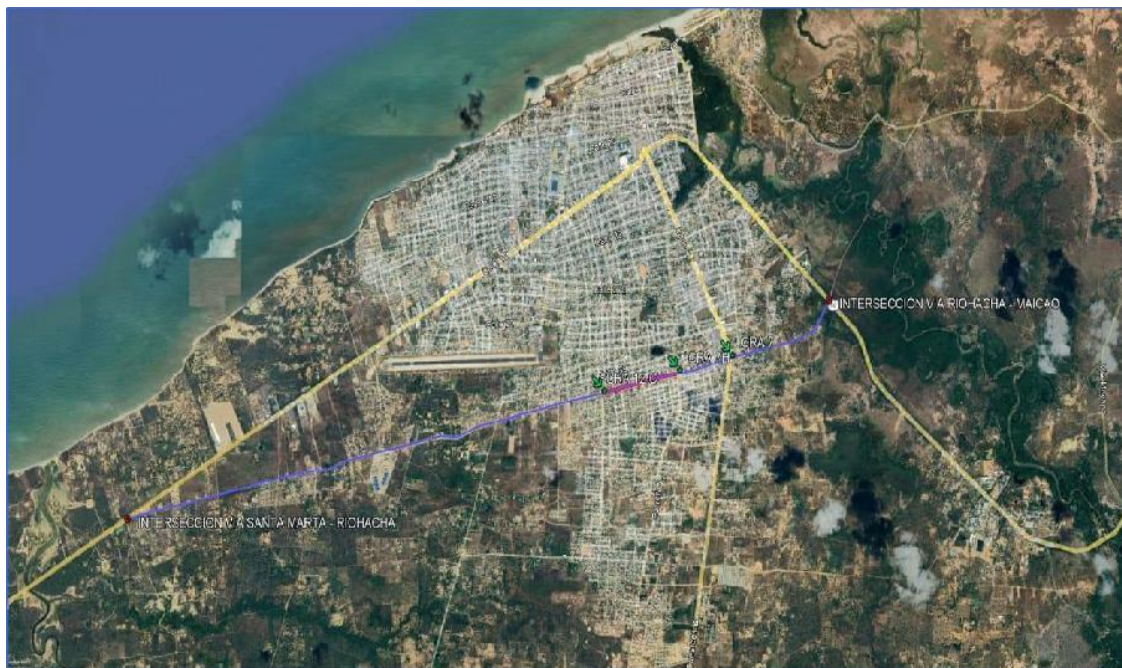


Figura 1. Localización de proyecto de los tramos Nuevos de mejoramiento.
Fuente: Google Earth.

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Página 8 de 41	
	Fecha: Agosto de 2025	

6. INFORMACIÓN DE REFERENCIA

6.1. Información primaria

Durante los días de enero personal técnico del consultor, realizó visitas de campo con el objeto de realizar una inspección de las condiciones de la zona, analizar patrones de drenaje y definir parámetros de diseño, en el tramo correspondiente a la pavimentación proyectada; en éste se definieron los principales cauces y ponederos que atraviesan el corredor vial en estudio.

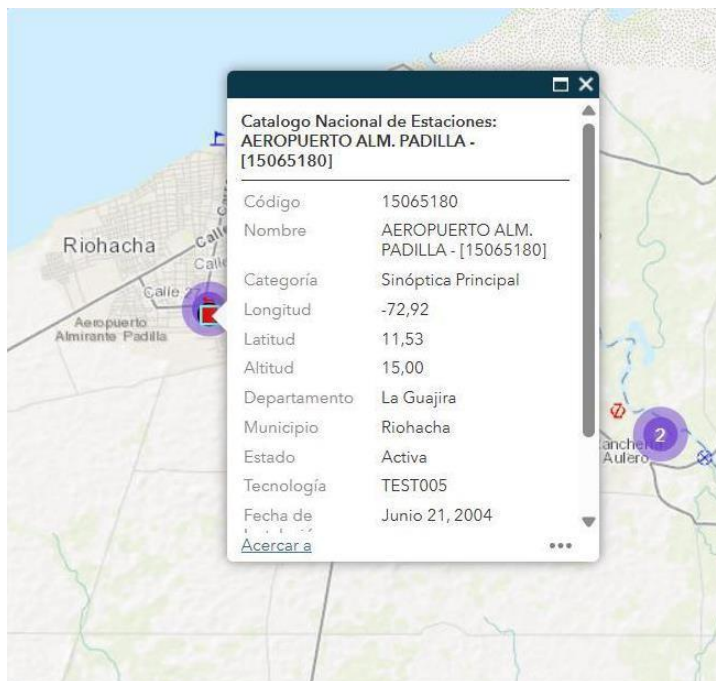
6.2. Información secundaria

Para la realización del presente estudio se recopiló la siguiente información secundaria:

- Información Hidrológica: El análisis de precipitaciones se realizó a partir de la información disponible en las estaciones cercanas y representativas que pertenecen a la red del IDEAM localizadas en el área de influencia del proyecto. Se identificó 1 estación ver Tabla 1, localizadas en la zona de influencia del proyecto vial.

Tabla 1. Estaciones adquiridas en el IDEAM.

NOMBRE	CÓDIGO	CATEGORÍA	DPTO	MUNICIPIO	ESTADO
AEROPUERTO ALMIRANTE PADILLA	15065180	Sinóptica principal	La Guajira	Riohacha	Activa



Estación Principal – AEROPUERTO ALMIRANTE PADILLA- RIOHACHA cod. 15065180
Fuente: AccuWeather.

6.3. ANALISIS HIDROLÓGICO

CLIMA:

Por su ubicación, la cabecera municipal de Riohacha debería tener un clima desértico cálido. Sin embargo, las corrientes de aire provenientes de los vientos alisios, modifican ligeramente la temperatura de acuerdo a la época del año. Cabe destacar que la ciudad se encuentra relativamente cerca de la Sierra Nevada de Santa Marta, jugando este otro factor y enriqueciendo más el clima. Riohacha tiene una temperatura media anual de 28 grados Celsius, presentándose oscilaciones de 10 y 15 grados a medida que se asciende en el macizo de la sierra nevada, esto solo presente en la zona rural del municipio.

La mayor parte del año, la ciudad presenta un clima cálido uniforme con leves diferencias entre el día y la noche.

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Temp. máx. abs. (°C)	39.2	36.8	39.8	38.4	38	38.6	38.1	38.9	39.4	36.8	36	38.7	39.8
Temp. máx. media (°C)	32.5	32.6	32.8	33.0	33.5	34.5	35.2	35.1	33.7	32.8	32.2	32.4	33.4
Temp. media (°C)	27.1	27.2	27.4	28	28.8	29.7	29.9	29.5	28.5	28	27.7	27.3	28.3
Temp. mín. media (°C)	22.3	22.7	23.5	24.5	25.2	25.6	25.6	25.3	24.5	24	23.6	23	24.2
Temp. mín. abs. (°C)	17.1	17	17	17.1	20.8	20	17.1	19.8	19.1	20	18.8	16.8	16.8
Lluvias (mm)	3.7	1.6	5.5	31.3	75.9	51.2	16.8	50	142.6	148.8	75.6	31	634
Días de lluvias (≥)	1	1	1	4	8	4	3	6	10	11	7	3	59
Horas de sol	264	227	232	201	195	234	260	251	207	208	216	242	2737
Humedad relativa (%)	70	70	71	74	75	68	66	71	76	79	79	74	72.8

Fuente: Parámetros climáticos IDEAM[®] 22 de diciembre de 2007

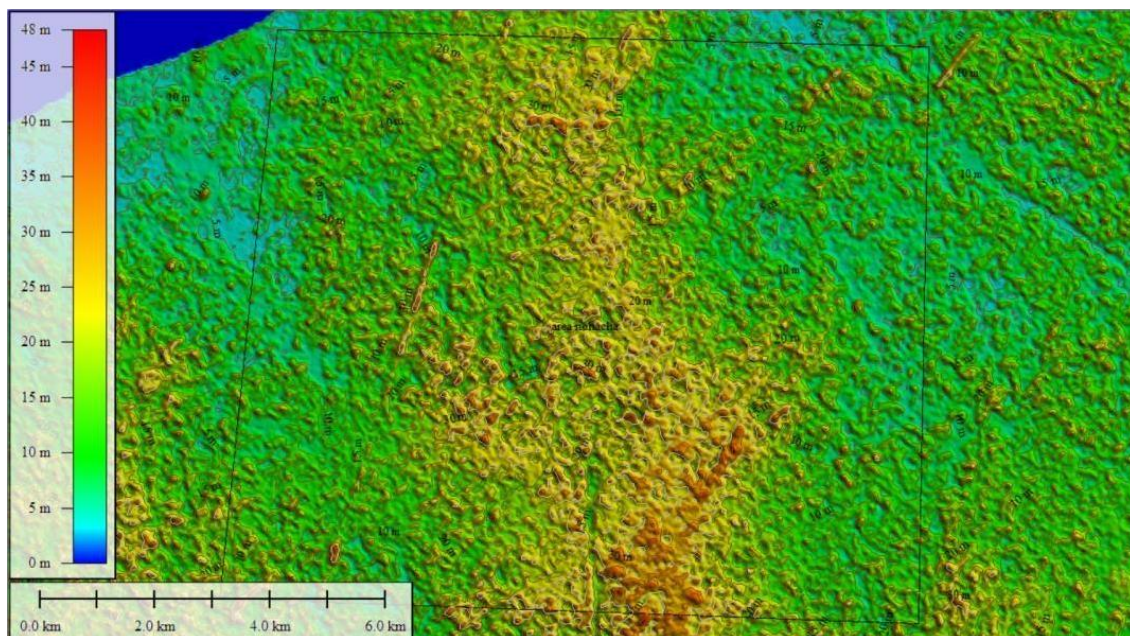
Parámetros climático promedio del Municipio de Riohacha, La Guajira
Fuente: AccuWeather.

Enero es el mes de menor humedad relativa pues golpean con fuerza los vientos alisios provenientes del Mar Caribe, siguiendo por febrero, marzo y abril, donde se presentan algunas precipitaciones aisladas que alivian el inclemente clima con presencia de nubosidad y neblina en algunos casos. Mayo registra las mayores temperaturas del año, con una baja notable en las brisas y formación de nubes, en este y en los meses de junio- julio, la ciudad recibe la mayor incidencia de radiación solar, muy notable cuando la vegetación desaparece en algunas zonas. Agosto y septiembre reciben los primeros indicios invernales al coincidir con la temporada de huracanes en el Caribe, causando lluvias en la mayor parte del territorio Guajiro, acompañadas normalmente de fuertes tormentas eléctricas que traen vendavales, granizadas e inundaciones en las zonas más bajas. En octubre y noviembre continúan las lluvias de manera más suave, causando disminución notable en las temperaturas del día y la noche. En estos meses se registran temperaturas máximas de 30 grados y mínimas excepcionales de 21 y 22 grados abriendo paso a diciembre, mes ventoso y muy fresco donde se observan disminuciones notorias en las noches de hasta 19 y 20 grados.

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Página 11 de 41	
	Fecha: Agosto de 2025	

7. DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE CUENCAS

Las diferentes microcuencas cuyos cauces son interceptados por la vía donde se proyecta la pavimentación en las abscisas mencionadas a lo largo del tramo en estudio fueron delimitadas a partir de información topográfica levantada en los sitios de interés sobre puesta en los planos existentes del Municipio, delimitando las microcuencas y su localización en relación con la abscisado de la vía.



Fuente: IDEAM

Para cada una de las microcuencas que fueron delimitadas se estimaron sus características morfométricas básicas: área de la cuenca, longitud y pendiente media del cauce principal.



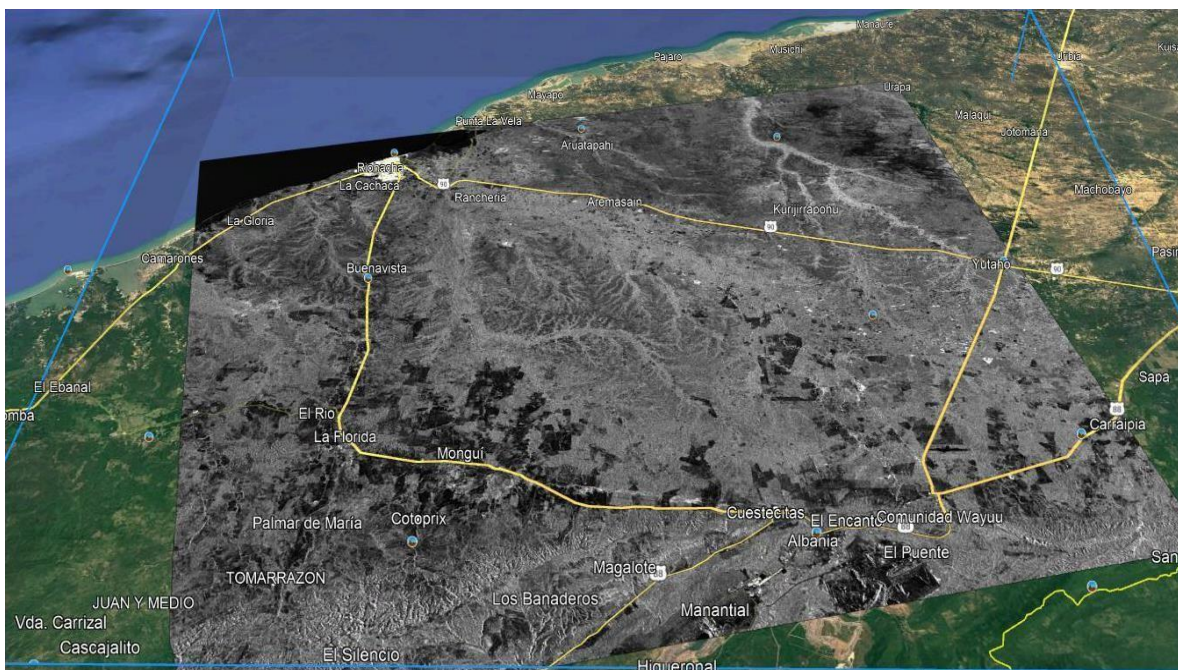
ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO



**CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA
CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA
GUAJIRA**

Página 12 de 41

Fecha: Agosto de 2025



Vista del relieve (área del proyecto Riohacha)

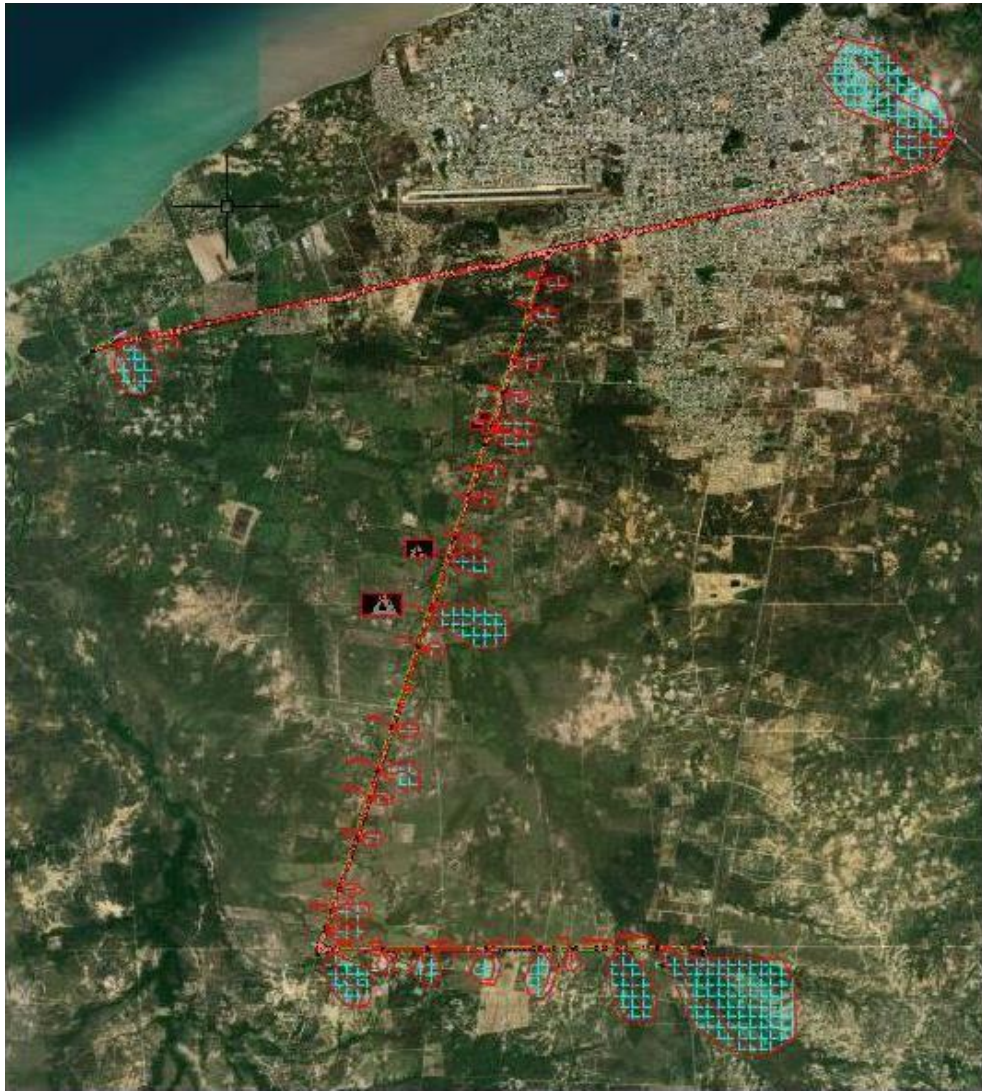
Fuente: Google Earth.



Vista del relieve (área del proyecto Riohacha)

Fuente: Google Earth.

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		Página 13 de 41 Fecha: Agosto de 2025



Cuencas aferentes delimitadas en el trazado vial

Fuente: Google Earth, adaptada por el fomulador

En la tabla 2 se muestran las características de cada una de las cuencas donde puede verse que la pendiente media de las cuencas es muy del 1.1% Se identificaron como cuencas de gran importancia las ubicadas en las abscisas.

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		Página 14 de 41 Fecha: Agosto de 2025

Tabla 2.

Cuenca	PERIMETRO (m)	PERIMETRO (km)	area (Ha)	AREA (m2)	Área (Km2)	Cota Max. (msnm)	Cota min (mnsn)	Longitud cauce (m)	Longitud cauce (Km)	Pendiente
TRAMO SOBRE LA VIA 40										
K00+060	3499	3.499	70.36	703639.0	0.704	6.0	3.0	1252	1.252	0.0024
K00+150	1426.8	1.427	11.69	116903.9	0.117	5.0	2.0	465	0.465	0.006
K8+130	636.09	0.636	2.69	26895.407	0.027	8.0	7.0	155.829	0.155829	0.006
K8+8650	1448	1.448	15.24	152403.155	0.152	10.0	5.0	471	0.471	0.011
VARIANTE										
00+250	608	0.608	2.35	23504.4	0.024	15.0	14.0	236	0.236	0.004
00+570	651	0.651	2.60	25964.3	0.026	15.3	14.5	229	0.229	0.003
1+100	252	0.252	2.79	27943.0	0.028	16.0	15.0	252	0.252	0.004
1+440	608	0.608	2.35	23504.0	0.024	25.0	20.0	204	0.204	0.025
1+800	989	0.989	5.05	50451.0	0.050	25.6	20.0	423	0.423	0.013
1+880	972	0.972	4.94	49369.0	0.049	20.7	15.2	345	0.345	0.016
2+200	585	0.585	2.35	23500.0	0.024	20.1	14.8	207	0.207	0.026
2+535	623	0.623	2.36	23610.0	0.024	14.8	10.0	233	0.233	0.021
2+950	641	0.641	2.37	23705.0	0.024	15.4	11.2	213	0.213	0.020
3+140	10113	10.113	6.61	66110.0	0.066	20.3	15.4	362	0.362	0.014
3+690	1913	1.913	22.39	223943.0	0.224	15.0	11.9	743.12	0.74312	0.004
4+090	456	0.456	2.30	23001.0	0.023	13.2	10.7	233	0.233	0.011
4+915	1082	1.082	7.24	72448.0	0.072	21.2	15.9	232	0.232	0.023
5+365	590	0.590	2.32	23232.0	0.023	11.2	10.0	401	0.401	0.003
5+620	605	0.605	2.35	23489.0	0.023	20.1	15.4	202	0.202	0.023
6+050	541	0.541	1.96	19589.0	0.020	22.0	10.0	200	0.2	0.060
6+600	601	0.601	1.90	18958.0	0.019	20.0	15.0	158	0.158	0.032
6+830	906	0.906	5.02	50247.0	0.050	19.6	13.2	188	0.188	0.034
7+050	923	0.923	4.83	48257.0	0.048	25.0	22.0	335	0.335	0.009
7+310	1607	1.607	17.12	171249.0	0.171	26.0	21.0	311	0.311	0.016
7+810	658	0.658	3.05	30513.0	0.031	25.0	20.0	660	0.66	0.008
8+350	951	0.951	66.03	660305.0	0.660	20.0	15.0	213	0.213	0.023
8+830	1001	1.001	7.29	72857.0	0.073	25.4	22.0	272	0.272	0.013
9+450	1275	1.275	10.67	106677.0	0.107	34.9	27.8	405	0.405	0.018
9+770	555	0.555	2.12	21238.0	0.021	33.9	26.3	458	0.458	0.017
10+215	1868	1.868	22.62	226178.0	0.226	32.0	22.0	167	0.167	0.060
10+610	4016	4.016	95.94	959397.0	0.959	35.7	22.0	1530	1.53	0.009

Fuente: propia

Las abscisas indicadas sujetas en análisis de la franja o área de aferencia de la cuenca analizada.

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Página 15 de 41	
	Fecha: Agosto de 2025	

8. ESTIMACIÓN DE CAUDALES DE DISEÑO

Para la estimación de caudales de diseño en las microcuencas pequeñas se empleó el método racional, para este cálculo es necesario tener la intensidad de la precipitación, la cual se obtuvo a partir de las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia elaboradas para la **Estación AEROPUERTO ALMIRANTE PADILLA-RIOHACHA cod. 15065180** por encontrarse en la zona donde se proyectan las obras.

El cálculo del tiempo de concentración de las áreas de aporte se realizó mediante el uso de fórmulas empíricas y como criterio complementario se evaluó la velocidad media del flujo en el terreno con base en la longitud de cauce principal y el tiempo de concentración, buscando que el resultado fuera consistente con lo que se estima debe ser esta velocidad.

El área de aporte de las obras y la longitud del cauce fueron medidas utilizando el programa AutoCAD.

El coeficiente de escorrentía se determinó utilizando la metodología descrita en el libro de Ven Te Chow et al (1994).

8.1. Curvas IDF

En la elaboración de las curvas IDF para el estudio se utilizó la metodología propuesta en el manual de drenaje para carreteras del INVIAS, teniendo en cuenta la localización del proyecto, se tomó como base para los parámetros en las curvas I-D-F, la Región Caribe.

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		Página 16 de 41 Fecha: Agosto de 2025

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos.

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{\left(\frac{t}{60}\right)^c}$$

I= Intensidad en mm/hr

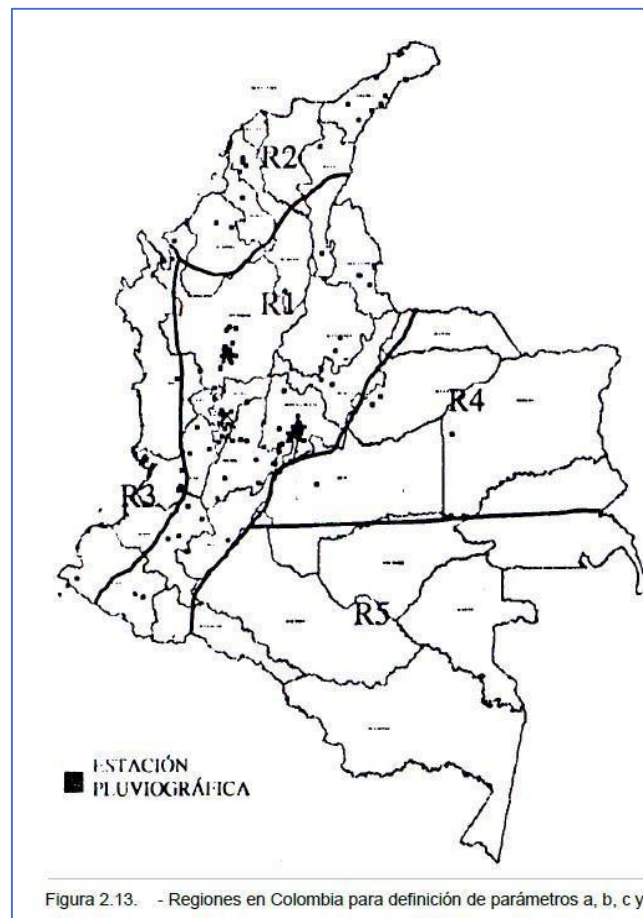
T= Periodo de retorno en años

t= Duración de la lluvia en horas

M= Promedio de precipitación máxima en 24 hr

a.b.c.d : Parámetros de ajuste de la regresión.

Estos parámetros son regionalizados de acuerdo con la tabla coeficientes a.b.c.d



En la figura 4 . Se presentan las curvas de intensidad, duración frecuencia para la región obtenidas de la ecuación anterior.

Valores de los coeficientes a.b.c y d para el cálculo de las curvas IDF para Colombia				
REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.5	0.1
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.2
Orinoquia (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Los datos procesados son estación Aeropuerto Almirante Padilla:

ESTACIÓN SINÓPTICA PPAL AEROPUERTO ALMIRANTE PADILLA PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL EN 24 HORAS	
Anual	Anual P(mm)
2000	83.7
2001	73.9
2002	130.4
2003	43.1
2004	51.1
2005	57.5
2006	63.1
2007	125.6
2008	77.9
2009	110.8
2010	88.8
2011	231.3
2012	85.8
2013	72.2
2014	28
2015	46.5
2016	82
2017	49.6

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		Página 18 de 40
		Fecha: Agosto de 2025

ESTACIÓN SINÓPTICA PPAL AEROPUERTO ALMIRANTE PADILLA PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL EN 24 HORAS	
Anual	Anual P(mm)
2018	110.1
2019	189.9
2020	81.2
2021	65
2022	76.3
2023	67.3
2024	122
NUMERO DE DATOS	25
MEDIA	84.8
Desviación Típica	44.6
Coeficiente de Asimetría	1.7

Fuente: IDEAM, 2024.

Aplicando la metodología de VARGAS Y DÍAZ - GRANADOS explicada y Resolviendo la ecuación para distintos tiempos de concentración. Con los resultados de intensidades para diferentes tiempos, estos tiempos en el momento de aplicación del método racional se ubicarán como el tiempo de concentración calculado para el cauce en estudio.

COEFICIENTES	
a	0.94
b	0.18
c	0.66
d	0.83
M	84.81

VALORES DE INTENSIDAD DE PRECIPITACION (mm) ESTACION AEROPUERTO ALMIRANTE PADILLA										
Tiempo (min)	PERIODO DE RETORNO(Años)									
	2	5	10	15	20	25	30	50	100	500
10	138.5	163.4	185.1	199.1	209.7	218.2	225.5	247.2	280.1	374.2
15	106.0	125.0	141.6	152.3	160.4	167.0	172.6	189.2	214.3	286.4
20	87.7	103.4	117.1	126.0	132.7	138.1	142.7	156.5	177.3	236.8
25	75.7	89.2	101.1	108.7	114.5	119.2	123.2	135.1	153.0	204.4
30	67.1	79.1	89.6	96.4	101.5	105.7	109.2	119.7	135.7	181.2
35	60.6	71.5	81.0	87.1	91.7	95.5	98.7	108.2	122.5	163.7
40	55.5	65.4	74.1	79.7	84.0	87.4	90.3	99.0	112.2	149.9
45	51.3	60.5	68.6	73.8	77.7	80.9	83.6	91.6	103.8	138.7
50	47.9	56.5	64.0	68.8	72.5	75.4	78.0	85.5	96.8	129.4
55	45.0	53.0	60.1	64.6	68.1	70.8	73.2	80.3	90.9	121.5
60	42.5	50.1	56.7	61.0	64.3	66.9	69.1	75.8	85.9	114.7
65	40.3	47.5	53.8	57.9	61.0	63.4	65.6	71.9	81.4	108.8
70	38.3	45.2	51.2	55.1	58.0	60.4	62.4	68.4	77.5	103.6
75	36.6	43.2	49.0	52.7	55.5	57.7	59.7	65.4	74.1	99.0
80	35.1	41.4	46.9	50.5	53.1	55.3	57.2	62.7	71.0	94.9
85	33.7	39.8	45.1	48.5	51.1	53.2	54.9	60.2	68.2	91.1
90	32.5	38.3	43.4	46.7	49.2	51.2	52.9	58.0	65.7	87.8
95	31.3	37.0	41.9	45.1	47.4	49.4	51.0	56.0	63.4	84.7
100	30.3	35.7	40.5	43.6	45.9	47.7	49.3	54.1	61.3	81.9

Fuente: IDEAM, 2024.



ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA
CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA
GUAJIRA



Página 20 de 41

Fecha: Agosto de 2025

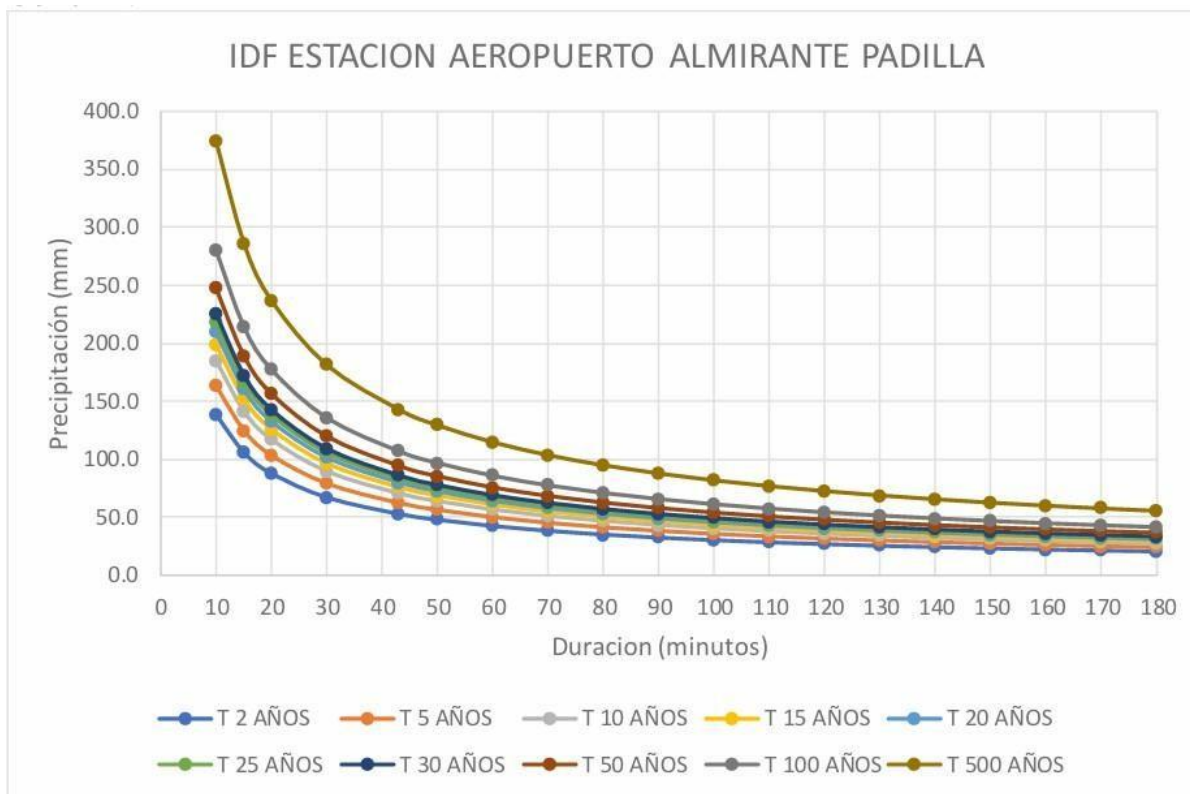


Fig. 4 curvas de intensidad

Fuente: IDEAM, 2024.

8.2. Cálculo del tiempo de concentración

Para el cálculo del tiempo de concentración de las áreas de aporte se emplearon los métodos propuestos por el INVIAS y la literatura (fórmulas empíricas de diferentes autores), y como se mencionó antes, se seleccionó un tiempo con apoyo adicional en la evaluación de la velocidad de flujo en el cauce principal.

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		Página 21 de 41 Fecha: Agosto de 2025

- Kirpich:

$$t_c = 0.06628 \cdot \left(\frac{L}{S^{0.385}} \right)^{0.77}$$

Donde:

t_c : Tiempo de concentración (h).
 L: Longitud del cauce principal (Km).
 S: Pendiente del cauce principal (m/m).

- Témez:

$$t_c = 0.3 \cdot \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

t_c : Tiempo de concentración (h).
 L: Longitud del cauce principal (km).
 S: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente dividido L (%).

- Giandotti

$$t_c = \frac{4A^{0.5} + 1.50L}{25.3 * (LS)^{0.5}}$$

Donde:

t_c : Tiempo de concentración (h).
 A: Área de la cuenca (Km)
 L: Longitud del cauce principal (Km).
 S: Pendiente del cauce principal (m/m).

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		Página 22 de 40
		Fecha: Agosto de 2025

- V.T Chow

$$t_c = 0.273 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.64}$$

Donde:

t_c : Tiempo de concentración (h).
L: Longitud del cauce principal (Km).
S: Pendiente del cauce principal (m/m).

TRAMO	OBRA N°	ABSCISA ALCATARILLA	ÁREAS AFERENTES	A (Ha)	Lc	COTA ALTA	COTA BAJA	S	Tc (Kirpich)	Tc (Giando tti)	Tc (Te me z)	Tc (Chow)	Tc (S CS)	Tc (Army USA)	Tc
					(m)	m.s.n.m	m.s.n.m	%	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)
TRAMO 1	1	K0+060	AREA 01	143.790	165	20.56	19.00	0.9%	5.977	85.060	11.10	22.977	5.975	10.357	24
	2	K0+150	AREA 02	144.540	325	24.00	19.20	15%	8.484	85.472	17.07	30.741	8.481	15.928	28
	3	K0+220	AREA 03	145.360	87	18.90	17.47	16%	2.951	87.113	6.14	12.780	2.950	5.732	20
	8	K3+500	AREA 08	143.360	142	10.43	9.82	0.4%	7.214	117.906	11.50	26.866	7.212	10.734	30
	9	K3+700	AREA 09	144.090	249	12.50	11.26	0.5%	10.503	112.606	17.14	36.709	10.499	15.994	34
	10	K4+200	AREA 10	142.560	196	9.20	7.84	0.7%	7.688	130.270	13.41	28.324	7.685	12.519	33
	11	K4+660	AREA 11	145.980	135	17.32	15.60	13%	4.566	93.085	9.00	18.368	4.564	8.402	23
	12	K5+630	AREA 12	145.030	135	14.52	12.97	1.1%	4.753	101546	9.18	18.990	4.751	8.570	25
	13	K6+120	AREA 13	144.360	135	15.63	14.09	1.1%	4.764	97.445	9.19	19.030	4.763	8.580	24
	14	K6+900	AREA 14	143.800	135	17.54	16.82	0.5%	6.385	90.458	10.62	24.271	6.382	9.914	25
	15	K7+640	AREA 15	145.320	135	17.52	16.85	0.5%	6.564	90.902	10.77	24.836	6.561	10.050	25
	16	K8+000	AREA 16	144.360	135	17.32	15.82	1.1%	4.813	92.280	9.24	19.190	4.811	8.623	23
	17	K8+130	AREA 17	145.360	135	16.90	15.44	1.1%	4.863	93.724	9.29	19.357	4.861	8.668	23
	18	K8+650	AREA 18	144.400	135	15.22	13.97	0.9%	5.163	98.339	9.56	20.343	5.161	8.927	25

Fuente: Propia

En la tabla 3. **Se presentan el resultado del tiempo de concentración de las cuencas.** Por otro lado, se tomará como mínimo un tiempo de concentración **igual a 15 min**, con el fin de tener en cuenta el tiempo inicial que tardar el agua en concentrarse en una hoyo y no sobre estimar la intensidad de precipitación que resultaría con valores calculados menores a este tiempo de concentración, recomendado por el manual de drenaje de INVIAS.

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Página 24 de 41	
	Fecha: Agosto de 2025	

9. ESTIMACIÓN DE CAUDALES MÁXIMOS EN CUENCAS MENORES.

Estimación del coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía C , representa la fracción de agua del total de lluvia precipitada que realmente genera escorrentía superficial una vez se ha saturado el suelo por completo (Ibáñez Asensio, et al., 2011). Su valor depende de numerosos factores: del tipo de precipitación (lluvia, nieve o granizo), de su cantidad, de su intensidad y distribución en el tiempo, de la humedad inicial del suelo, del tipo de terreno (granulometría, textura, estructura, materia orgánica, grado de compactación, pendiente, rugosidad), del tipo de cobertura vegetal existente, entre otros. El parámetro C es estimado por muchos autores mediante tablas que dependen del tipo y uso del suelo como se muestra en la Tabla 6. Sin embargo, Suárez (2001) y Chow, et al. (1994), en la Tabla 4 y la Tabla 5 respectivamente, proponen una metodología que tiene en cuenta además del tipo y uso del suelo, **el periodo de retorno y pendiente del terreno S** .

Tabla 4. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales. manual de drenaje INVIAS 2009

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82
Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.			

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		Página 25 de 41
		Fecha: Agosto de 2025

Tabla 5. Valores del coeficiente de escorrentía. Fuente: Suárez Díaz, 2001

Características de la superficie	Pendiente %	Periodo de retorno, Tr (años)						
		2	5	10	25	50	100	500
Coeficiente de escorrentía C								
Mezcla asfáltica		0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1
Concretos y techos		0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1
Pastos y parques con 50% de cobertura	0-7 %	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
	Más del 7%	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Pastos y parques con 50 a 75% de cobertura	0-7 %	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
	Más del 7%	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Pastos y parques con más del 75% de cobertura	0-7 %	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
	Más del 7%	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
Tierra cultivada	0-7 %	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
	Más del 7%	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Bosque	0-7 %	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
	Más del 7%	0,35	0,39	0,41	0,40	0,48	0,52	0,58

Como el coeficiente de escorrentía depende de la cobertura vegetal, uso del suelo, pendiente del terreno y período de retorno. Su estimación se realizó con base en los valores recomendados por Chow et al, (1994) considerando la superficie del terreno como “no desarrollada”, con pendiente menor del 2% y una cobertura de cultivos. Los valores tomados se muestran en la Tabla 7, estas condiciones se acogen al modelo de cuenca que tiene las áreas de drenaje de las zonas en estudio.

Tabla 6. Valores del coeficiente de escorrentía. (Fuente: Chow et al, 1994)

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2.33	5	10	20	25	50	100
ÁREA DE CULTIVO							
Plano 0-2 %	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.57
Promedio 2-7 %	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.6
Pendiente superior a 7 %	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
PASTIZALES							
Plano 0-2 %	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio 2-7 %	0.33	0.36	0.38	0.42	0.46	0.49	0.58
Pendiente superior a 7 %	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
BOSQUES							
Plano 0-2 %	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio 2-7 %	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.56
Pendiente superior a 7 %	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		Página 26 de 41
		Fecha: Agosto de 2025

Por tanto, el ponderando de C de escorrentía por periodo de retorno y la pendiente menor al 2%.

Tabla 7. Valores del coeficiente de escorrentía Cp

Coeficiente de escorrentía -								
Usos del suelo	Área porcentaje	Periodo de retorno (años)						
		2.33	5	10	20	25	50	100
Coeficiente de escorrentía - C								
Pastizales	60	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.53
Bosques	40	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Ponderado (Cp)	0.238	0.268	0.292	0.328	0.362	0.402	0.51	

Con el ponderado obtenido de Los coeficientes de escorrentía para diferentes periodos de retorno de las cuencas, la cual tiene una pendiente media del 1.3 %, se determinaron por medio de una ponderación, ya que el área de dicha cuenca tiene dos tipos de cobertura y sería inapropiado asumir que toda el área tiene solo un tipo de cobertura vegetal. Los valores del coeficiente de escorrentía ponderado (Cp) se presentan en la Tabla 7.

9.1. Método racional.

Este método, ampliamente reconocido por su sencillez y validez en cuencas pequeñas, permite estimar el caudal máximo generado por una lluvia de intensidad constante distribuida homogéneamente en toda el área de la cuenca y con una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca. Este método usa la siguiente expresión:

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		Página 27 de 41
		Fecha: Agosto de 2025

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{3.60}$$

Dónde:

Q: Caudal máximo en m³/s

C: Coeficiente de escorrentía

i: Intensidad de la lluvia en mm/h

A: Área de la cuenca en Km.

Tabla 5. Caudales obras menores.

OBRA N°	ABSCISA ALCANTARILLA	ÁREAS AFERENTES	Tc	A	C	I (mm/hr)						Q (m ³ /s)						Qd (m ³ /s)
			(min)	(Ha)		I Tr2	I Tr5	I Tr10	I Tr20	I Tr50	I Tr100	Q Tr2	Q Tr5	Q Tr10	Q Tr20	Q Tr50	Q Tr100	
1	K0+060	AREA 01	24	143.79	0.60	25.50	28.40	30.50	33.43	35.76	38.56	6.11	6.81	7.31	8.01	8.57	9.24	8.01
2	K0+150	AREA 02	28	144.54	0.60	25.40	28.30	30.45	32.46	35.67	39.05	6.12	6.82	7.34	7.82	8.59	9.55	7.82
3	K0+220	AREA 03	20	145.36	0.60	25.60	28.50	30.44	32.99	34.66	40.55	6.20	6.90	7.37	7.99	8.40	9.82	7.99
8	K3+500	AREA 08	30	143.36	0.60	122	1.45	183	2.22	2.40	2.60	0.29	0.35	0.44	0.53	0.57	0.62	0.53
9	K3+700	AREA 09	34	144.09	0.60	132	1.48	189	2.26	2.50	2.80	0.32	0.36	0.45	0.54	0.60	0.67	0.54
10	K4+200	AREA 10	33	142.56	0.60	132	1.45	179	1.98	2.20	2.50	0.31	0.34	0.43	0.47	0.52	0.59	0.47
11	K4+660	AREA 11	23	145.98	0.60	133	1.56	178	2.44	2.70	3.20	0.32	0.38	0.43	0.59	0.66	0.78	0.59
12	K5+630	AREA 12	25	145.03	0.60	135	1.45	180	2.45	2.76	3.39	0.33	0.35	0.44	0.59	0.67	0.77	0.59
13	K6+120	AREA 13	24	144.36	0.60	138	1.50	187	2.38	2.40	2.70	0.33	0.36	0.45	0.52	0.58	0.65	0.52
14	K6+900	AREA 14	25	143.80	0.60	130	1.56	190	2.10	2.40	2.60	0.31	0.37	0.46	0.50	0.58	0.62	0.50
15	K7+640	AREA 15	25	145.32	0.60	109	1.23	160	2.09	2.30	2.45	0.26	0.30	0.39	0.51	0.56	0.59	0.51
16	K8+000	AREA 16	23	144.36	0.60	134	1.45	190	2.24	2.56	2.87	0.32	0.35	0.46	0.54	0.62	0.69	0.54
17	K8+130	AREA 17	23	145.36	0.60	140	1.60	198	2.40	2.76	3.09	0.34	0.39	0.48	0.58	0.67	0.75	0.58
18	K8+650	AREA 18	25	144.40	0.60	30.50	35.70	39.87	44.55	48.56	50.56	7.34	8.59	9.60	10.72	11.69	12.17	10.72

Fuente: Propia

9.2. Periodos de retorno de obras de drenaje vial

Se deberán adoptar los siguientes periodos de retorno para el cálculo de caudales máximos instantáneos anuales en obras de drenaje vial:

Tabla 2.8. pag. 2-31. Manual de drenaje INVIAS- Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial.

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS) ¹
Cunetas	5
Zanjas de Coronación ²	10
Estructuras de Caída ²	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Notas: ¹ El periodo de retorno de diseño de las obras podrá variarse, a juicio del ingeniero Consultor, para casos especiales, debidamente justificados.

² En caso de que los taludes de corte de la vía sean inestables se podrá incrementar este periodo de retorno, a juicio del ingeniero Consultor.

Para el diseño hidráulico de la estructura se analizará con el promedio de los caudales máximos obtenidos para ambas cuencas producto del análisis.

10. ESTUDIOS HIDRÁULICOS.

Los estudios hidráulicos lo comprenden el estudio de obras menores por medio del programa El HY8 es una colección de programas desarrollada por la FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA) para ayudar en el análisis y el diseño de alcantarillas. Con estos estudios se hace una revisión hidráulica de las obras proyectadas, estableciendo las características de estas. Se consideran obras menores las alcantarillas ya sean circulares o "Box Culvert", y obras mayores los pontones y los puentes.

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA	Página 29 de 41	
	Fecha: Agosto de 2025	

11. DISEÑO OBRAS MENORES

Para la determinación de la capacidad hidráulica de las alcantarillas se empleó el modelo Hy8. Este modelo realiza la evaluación considerando el control tanto en la entrada como en la salida y hace una selección de acuerdo con las condiciones del sitio, las características de la alcantarilla, las condiciones del flujo aguas debajo de la obra y el caudal.

El área hidráulica es sensiblemente significativa en el cálculo de la capacidad de las obras, es una relación proporcional que indica que a mayor área mayor capacidad de transporte bajo las mismas condiciones de pendiente y material.

11.1. Análisis de las obras existentes

En el recorrido del trazado vial no se identificaron obras de drenaje transversal:

11.2. Análisis de las obras proyectadas

LAS OBRAS hidráulicas proyectas se encuentran enmarcadas en la CARTILLA DE OBRAS MENORES DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES.



ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO



CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

Página 30 de 41

Fecha: Agosto de 2025

ESTRUCTURAS DE DRENAJE – VIA 40

K00+060 - BOX 2.5 X 2.5 (Q: 12.02m³/s)

Crossing Data - 00+060

Crossing Properties

Name: 00+060

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	6.580	cms
Maximum Flow	6.580	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	8.000	m
Channel Slope	0.0200	m/m
Manning's n (channel)	0.030	
Channel Invert Elevation	1.000	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	20.000	m
Crest Elevation	5.500	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	6.000	m

Culvert Properties

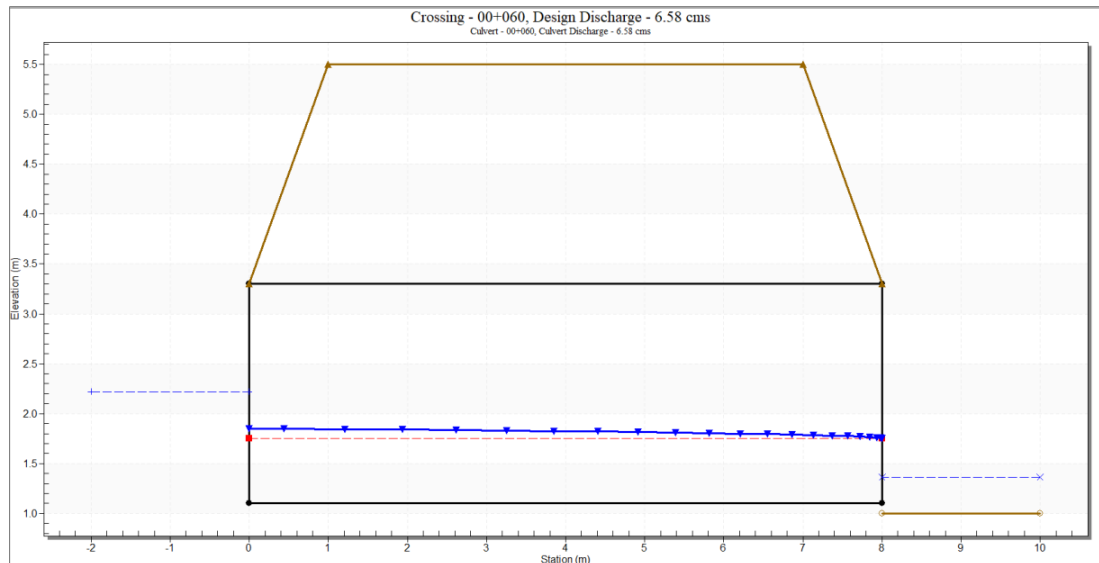
00+060

Add Culvert

Duplicate Culvert

Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	00+060	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	4000.000	mm
Rise	2200.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (90°) Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	1.100	m
Outlet Station	8.000	m
Outlet Elevation	1.100	m
Number of Barrels	1	





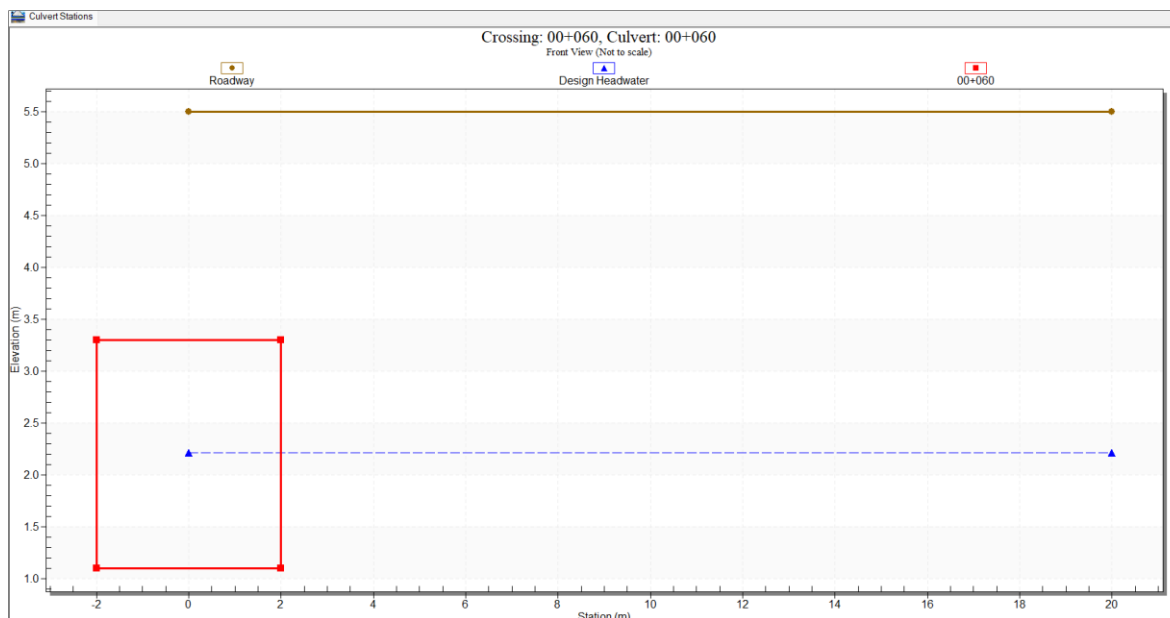
ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO



CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

Página 31 de 41

Fecha: Agosto de 2025



Total Discharge	Culvert Discharge	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	1.10	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.66	0.66	1.35	0.24	0.25	7-H2c	NA	0.14	0.14	0.09	1.17	0.93
1.32	1.32	1.49	0.38	0.39	7-H2c	NA	0.22	0.22	0.14	1.48	1.22
1.97	1.97	1.60	0.50	0.50	7-H2c	NA	0.29	0.29	0.17	1.69	1.42
2.63	2.63	1.71	0.61	0.61	7-H2c	NA	0.35	0.35	0.21	1.86	1.59
3.29	3.29	1.81	0.70	0.71	7-H2c	NA	0.41	0.41	0.24	2.01	1.74
3.95	3.95	1.90	0.80	0.80	7-H2c	NA	0.46	0.46	0.26	2.13	1.86
4.61	4.61	1.98	0.88	0.88	7-H2c	NA	0.51	0.51	0.29	2.24	1.98
5.26	5.26	2.06	0.96	0.96	7-H2c	NA	0.56	0.56	0.32	2.35	2.08
5.92	5.92	2.14	1.04	1.04	7-H2c	NA	0.61	0.61	0.34	2.44	2.18
6.58	6.58	2.22	1.12	1.12	7-H2c	NA	0.65	0.65	0.36	2.53	2.26

Fuente: Propia

Se observa que para el caudal de 12.02 m³/s, la altura H_w es de 1.12 m, es decir $H_w/D=1.12$, valor menor a 2.5 mts y, por lo tanto, dentro de las recomendaciones del modelo, no rebosa la banca de la vía.

Los resultados se observan, también, que el flujo es supercrítico con control a la entrada, lo que representa un funcionamiento hidráulico adecuado. Sin embargo, la velocidad a la salida del conducto (2.53 m/s) es bastante alta y muy superior a la del canal de salida (2.56 m/s), siendo necesario aumentar la resistencia del concreto y modificar la pendiente del conducto, disminuyéndola un poco para evitar algún tipo desocavación.

Sin embargo, dado el gran transporte de sedimentos y la longitud de la alcantarilla, se decide emplear una alcantarilla de rectangular de 2200 mm x 4000 mm y una pendiente menor de 2%, con lo que su longitud se disminuye a 6 m.

La sección para el box propuesta 2.5 m x 2.5 mts K0+150 - Box 2.5x 2.5 (Q:11.73 m3/s)

Crossing Data - 00+150
— □ ×

Crossing Properties

Name:

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	1.478	cms
Maximum Flow	1.478	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	8.000	m
Channel Slope	0.0200	m/m
Manning's n (channel)	0.030	
Channel Invert Elevation	1.000	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	20.000	m
Crest Elevation	3.500	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	6.000	m

Culvert Properties

00+150

Add Culvert
Duplicate Culvert
Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	00+150	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2500.000	mm
Rise	1500.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (90°) Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	1.100	m
Outlet Station	8.000	m
Outlet Elevation	1.100	m
Number of Barrels	1	



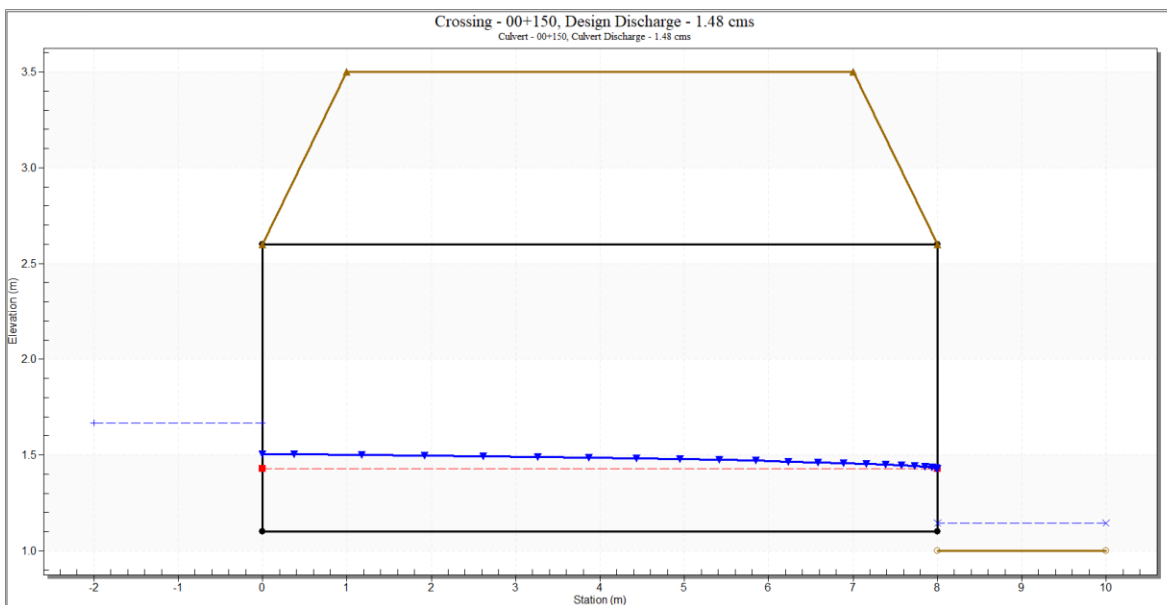
ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO



CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

Página 33 de 41

Fecha: Agosto de 2025



Total Discharge	Culvert Discharge	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	1.10	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.15	0.15	1.23	0.12	0.13	7-H2c	NA	0.07	0.07	0.04	0.83	0.51
0.30	0.30	1.30	0.19	0.20	7-H2c	NA	0.11	0.11	0.05	1.05	0.67
0.44	0.44	1.36	0.25	0.26	7-H2c	NA	0.15	0.15	0.07	1.20	0.79
0.59	0.59	1.41	0.31	0.31	7-H2c	NA	0.18	0.18	0.08	1.32	0.89
0.74	0.74	1.46	0.36	0.36	7-H2c	NA	0.21	0.21	0.10	1.43	0.97
0.89	0.89	1.51	0.40	0.41	7-H2c	NA	0.23	0.23	0.11	1.52	1.04
1.03	1.03	1.55	0.45	0.45	7-H2c	NA	0.26	0.26	0.12	1.60	1.11
1.18	1.18	1.59	0.49	0.49	7-H2c	NA	0.28	0.28	0.13	1.67	1.17
1.33	1.33	1.63	0.53	0.53	7-H2c	NA	0.31	0.31	0.14	1.73	1.22
1.48	1.48	1.67	0.57	0.57	7-H2c	NA	0.33	0.33	0.15	1.80	1.27

Fuente: Propia

Se observa que para el caudal de 11.73 m³/s, la altura H_w es de 0.57 m, es decir H_w/D=0.57, valor menor a 2.5 mts y, por lo tanto, dentro de las recomendaciones del modelo, no rebosa la banca de la vía.

Los resultados se observan, también, que el flujo es supercrítico con control a la entrada, lo que representa un funcionamiento hidráulico adecuado. Sin embargo, la velocidad a la salida del conducto (1.80 m/s) es bastante alta y muy superior a la del canal de salida (1.27 m/s), siendo necesario aumentar la resistencia del concreto y modificar la pendiente del conducto, disminuyéndola un poco para evitar algún tipo de socavación.

Sin embargo, dado el gran transporte de sedimentos y la longitud de la alcantarilla, se decide emplear una alcantarilla de rectangular de 1500mm x 2500 mm y una pendiente menor de 2%, con lo que su longitud se disminuye a 6 m.

Alcantarillas de D: 36" (Q:0,00 a 1,00 m³/s)

Este cálculo aplica para las alcantarillas proyectadas entre las progresivas 3+500 a 8+130, para el análisis hídrico se tomó el caudal mayor, es decir, 1m³/s.

Crossing Data - 8+150

Crossing Properties

Name:

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	0.339	cms
Maximum Flow	0.339	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	8.000	m
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.030	
Channel Invert Elevation	6.000	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	20.000	m
Crest Elevation	7.200	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	6.000	m

Culvert Properties

8+150

[Add Culvert](#)
[Duplicate Culvert](#)
[Delete Culvert](#)

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	8+150	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	900.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.014	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	6.000	m
Outlet Station	12.000	m
Outlet Elevation	6.000	m
Number of Barrels	1	



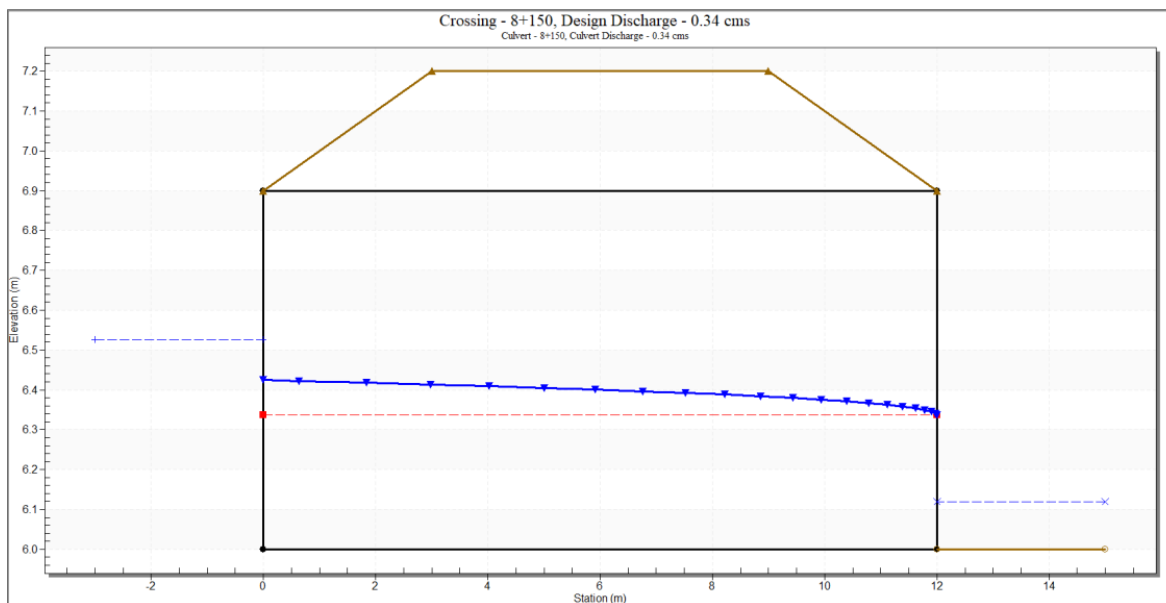
ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO



CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

Página 35 de 41

Fecha: Agosto de 2025



Culvert Summary Table - 8+150

Total Discharge	Culvert Discharge	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	6.00	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.03	0.03	6.17	0.14	0.17	7-H2c	NA	0.10	0.10	0.03	0.83	0.14
0.07	0.07	6.23	0.20	0.23	7-H2c	NA	0.15	0.15	0.05	1.00	0.19
0.10	0.10	6.28	0.25	0.28	7-H2c	NA	0.18	0.18	0.06	1.11	0.22
0.14	0.14	6.33	0.29	0.33	7-H2c	NA	0.21	0.21	0.07	1.20	0.25
0.17	0.17	6.37	0.32	0.37	7-H2c	NA	0.24	0.24	0.08	1.28	0.27
0.20	0.20	6.40	0.36	0.40	7-H2c	NA	0.26	0.26	0.09	1.35	0.29
0.24	0.24	6.44	0.39	0.44	7-H2c	NA	0.28	0.28	0.10	1.41	0.31
0.27	0.27	6.47	0.41	0.47	7-H2c	NA	0.30	0.30	0.10	1.46	0.32
0.31	0.31	6.50	0.44	0.50	7-H2c	NA	0.32	0.32	0.11	1.52	0.34
0.34	0.34	6.53	0.47	0.53	7-H2c	NA	0.34	0.34	0.12	1.56	0.35

Fuente: Propia

Se observa que para el caudal de 0,00 a 1,00 m³/s, la altura H_w es de 0.53 m, es decir $H_w/D=0.47$, valor menor a 0.9 mts y, por lo tanto, dentro de las recomendaciones del modelo, no rebosa la banca de la vía.

Los resultados se observan, también, que el flujo es supercrítico con control a la entrada, lo que representa un funcionamiento hidráulico adecuado. La velocidad a la salida del conducto (1.56 m/s) es bastante alta y muy superior a la del canal de salida (0.35 m/s), siendo necesario aumentar la resistencia del concreto y modificar la pendiente del conducto, disminuyéndola un poco para evitar algún tipo de socavación.

Sin embargo, dado el gran transporte de sedimentos y la longitud de la alcantarilla, se decide emplear una alcantarilla rectangular de 900mm y una pendiente menor de 2%, con lo que su longitud se disminuye a 6 m.

La sección para la alcantarilla propuesta 0.9 mts (36")

K8+650 - Box 2.5x 2.5 doble (Q:16.08 m3/s)

Crossing Data - 8+650

Crossing Properties

Name: 8+650

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	1.918	cms
Maximum Flow	1.918	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	8.000	m
Channel Slope	0.0020	m/m
Manning's n (channel)	0.030	
Channel Invert Elevation	6.200	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	20.000	m
Crest Elevation	7.400	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	6.000	m

Culvert Properties

8+650

[Add Culvert](#)
[Duplicate Culvert](#)
[Delete Culvert](#)

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	8+650	
Shape	Concrete Box	
Material	Concrete	
Span	2000.000	mm
Rise	600.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.012	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge (90°) Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	6.200	m
Outlet Station	12.000	m
Outlet Elevation	6.200	m
Number of Barrels	3	



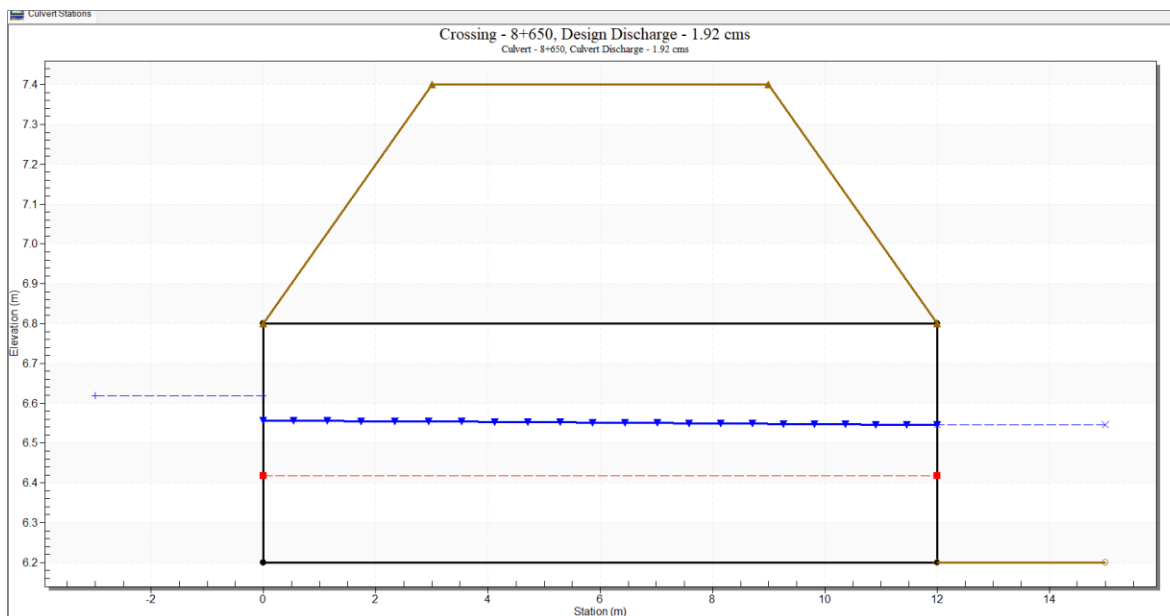
ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO



CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

Página 37 de 41

Fecha: Agosto de 2025



Culvert Summary Table - 8+650

Total Discharge	Culvert Discharge	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	6.20	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.19	0.19	6.30	0.08	0.10	7-H2t	NA	0.05	0.08	0.08	0.38	0.28
0.38	0.38	6.35	0.13	0.15	7-H2t	NA	0.07	0.13	0.13	0.50	0.37
0.58	0.58	6.40	0.17	0.20	7-H2t	NA	0.10	0.16	0.16	0.58	0.44
0.77	0.77	6.44	0.20	0.24	7-H2t	NA	0.12	0.20	0.20	0.65	0.49
0.96	0.96	6.47	0.24	0.27	7-H2t	NA	0.14	0.23	0.23	0.71	0.53
1.15	1.15	6.50	0.27	0.30	7-H2t	NA	0.16	0.25	0.25	0.76	0.57
1.34	1.34	6.53	0.30	0.33	7-H2t	NA	0.17	0.28	0.28	0.81	0.61
1.53	1.53	6.56	0.32	0.36	7-H2t	NA	0.19	0.30	0.30	0.85	0.64
1.73	1.73	6.59	0.35	0.39	7-H2t	NA	0.20	0.32	0.32	0.89	0.67
1.92	1.92	6.62	0.37	0.42	7-H2t	NA	0.22	0.35	0.35	0.93	0.69

Fuente: Propia

Se observa que para el caudal de 16, 08m³/s, la altura H_w es de 0.42 m, es decir H_w/D=0.37, valor menor a 0.6 mts y, por lo tanto, dentro de las recomendaciones del modelo, no rebosa la banca de la vía.

	ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO	 
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		Página 38 de 41
		Fecha: Agosto de 2025

Los resultados se observan, también, que el flujo es supercrítico con control a la entrada, lo que representa un funcionamiento hidráulico adecuado. Sin embargo, la velocidad a la salida del conducto (0.93 m/s) es baja flujo subcrítico y muy superior a la del canal de salida (0.69 m/s), siendo necesario aumentar la resistencia del concreto y modificar la pendiente del conducto, disminuyéndola un poco para evitar algún tipo de socavación.

Sin embargo, dado el gran transporte de sedimentos y la longitud de la alcantarilla, se decide emplear una alcantarilla rectangular de 900mm y una pendiente menor de 2%, con lo que su longitud se disminuye a 6 m.

11.3. Análisis de resultados.

ABSCISA	Qd (m ³ /s)	Pendiente (%)	OBRA REQUERIDA	ALTUTA DE LA LAMINA- HW (m)	HW/D	VELOCIDAD (m/s)	OBSERVACIÓN
K0+060	12.02	2%	Box: 2.5*2.5m	1.12	1.12	2.53	No hay rebose, se tiene borde libre. La velocidad de salida de la alcantarilla es menor a la del canal receptor.
K0+150	11.73	2%	Box: 2.5*2.5m	0.57	0.57	1.8	No hay rebose, se tiene borde libre. La velocidad de salida de la alcantarilla es menor a la del canal receptor.
K0+220	11.99	2%	Box: 2.5*2.5m	0.57	0.57	1.8	No hay rebose, se tiene borde libre. La velocidad de salida de la alcantarilla es menor a la del canal receptor.
K3+500	0.80	2%	Tubo D=90 (36")	0.53	0.47	1.53	No hay rebose, se tiene borde libre. La velocidad de salida de la alcantarilla es menor a la del canal receptor.
K3+700	0.81	2%	Tubo D=90 (36")	0.53	0.47	1.53	No hay rebose, se tiene borde libre. La velocidad de salida de la alcantarilla es menor a la del canal receptor.
K4+180	0.71	2%	Tubo D=90 (36")	0.53	0.47	1.53	No hay rebose, se tiene borde libre. La velocidad de salida de la alcantarilla es menor a la del canal receptor.
K4+660	0.89	2%	Tubo D=90 (36")	0.53	0.47	1.53	No hay rebose, se tiene borde libre. La velocidad de salida de la alcantarilla es menor a la del canal receptor.
K5+630		2%	Tubo D=90 (36")	0.53	0.47	1.53	No hay rebose, se tiene borde libre. La velocidad de salida de



ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO



CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

Página 39 de 41

Fecha: Agosto de 2025

ABSCISA	Qd (m ³ /s)	Pendiente (%)	OBRA REQUERIDA	ALTUTA DE LA LAMINA- HW (m)	HW/D	VELOCIDAD (m/s)	OBSERVACIÓN
	0.89						la alcantarilla es menor a la del canal receptor.
K6+120	0.79	2%	Tubo D=90 (36")	0.53	0.47	1.53	No hay rebose, se tiene borde libre. La velocidad de salida de la alcantarilla es menor a la del canal receptor.
K6+900	0.75	2%	Tubo D=90 (36")	0.53	0.47	1.53	No hay rebose, se tiene borde libre. La velocidad de salida de la alcantarilla es menor a la del canal receptor.
K7+640	0.76	2%	Tubo D=90 (36")	0.53	0.47	1.53	No hay rebose, se tiene borde libre. La velocidad de salida de la alcantarilla es menor a la del canal receptor.
K8+000	0.81	2%	Tubo D=90 (36")	0.53	0.47	1.53	No hay rebose, se tiene borde libre. La velocidad de salida de la alcantarilla es menor a la del canal receptor.
K8+130	0.87	2%	Tubo D=90 (36")	0.53	0.47	1.53	No hay rebose, se tiene borde libre. Se propone disipador con enrocado para evitar socavación en la entrega al canal receptor.
K8+650	16.08	2%	Box: 2.5*2.5m (DOBLE)	0.42	0.37	0.93	No hay rebose, se tiene borde libre. Se propone disipador con enrocado para evitar socavación en la entrega al canal receptor.

	INFORME HIDROLOGICO E HIDRAULICO	
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La estación seleccionada fue Aeropuerto Almirante Padilla se utilizó para la obtención de los datos mensuales de precipitación máxima, desde el año 2000 hasta el año 2024, debido a que cuenta con gran cantidad de datos representativos, por lo cual los datos obtenidos a través de esta son los que mejor se ajustan para el cálculo de las curvas IDF presentes en el proyecto.
- De acuerdo al recorrido e inspección de visual y a los parámetros establecidos en el manual de carreteras de vías No se encontro obras existente
- Se realizó el análisis hidráulico para cada uno de los box, teniendo que se requieren obras 2.5mx2.5 en las progresivas K0+060, K0+150, K0+220, las cuales cumplen con la velocidad de salida. Para las alcantarillas ubicadas en las progresivas K3+500, K3+700, K4+180, K4+660, K5+630, K6+120, K6+900, K7+640, K8+000 y K8+130, se propone tubería de 36" con pendiente máxima de 2%, donde se cumple con los criterios de la norma, sin embargo, se propone dissipador con enrocado a la salida de la obra, con el propósito de evitar procesos de socavación. Y finalmente, en la progresiva 8+650 se diseña doble cajón de 2.5x2.5m.
- La ubicación y detalles de los Boxculvert, alcantarillas y obras de arte se encuentran plasmadas en los planos anexos.
- Para el drenaje de la vía se proponen cunetas tipo bordillo y triangulares, las cuales se encargan de transportar el drenaje superficial hasta las alcantarillas. Se anexa proyecto conforme a lo mencionado.
- Se debe garantizar el correcto funcionamiento de las obras de arte, para esto se debe realizar su debido mantenimiento, el cual incluye la limpieza de moho y capa vegetal cada 6 a 8 meses, evitando la erosión del concreto.
- Se recomienda en que los taludes perimetrales aledaños al sector en estudio se realice un recubrimiento de ladera con césped para la protección de su superficie y de esta manera evitar la socavación y/o erosión.
- Se deben cumplir con las especificaciones técnicas de características y colocación de los materiales según lo establece el Instituto Nacional de Vías INVIAS.

	INFORME HIDROLOGICO E HIDRAULICO	
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		

8. ACLARACIONES.

- Para el diseño del sistema de drenaje del proyecto, se realizó la evaluación de los cuerpos de agua permanentes, identificando que las áreas de aportes de las alcantarillas corresponden al drenaje superficial de la vía. El drenaje de la vía está compuesto por cunetas que transportan la escorrentía hasta las alcantarillas. Así mismo, en los sectores que se encuentran urbanizados, se está dando continuidad al drenaje superficial existente, conectando al sistema existente.
En el plano "IDENTIFICACION DE CUERPOS DE AGUA" se evidencia de que los cuerpos de agua permanente no drenan a la vía, por lo tanto, no requieren ser considerados en los cálculos hidráulicos.
Como soporte de lo anterior, se anexa plano de identificación de cuerpo de agua permanentes.
- Se incorporarán disipadores de energía a la salida de las alcantarillas debido a la magnitud del caudal de diseño, con el fin de reducir la energía del flujo y prevenir procesos erosivos en el punto de descarga. Ver nota en plano.
- La conducción del drenaje superficial de la vía se realizará a través de cunetas para descargar en las alcantarillas, las cuales descargan al terreno natural. En las áreas de aporte no se identificaron cuencas ni aportes a la vía por talud, el drenaje de esta vía es únicamente la escorrentía de la vía.

En la zona rural, el drenaje superficial se empalmado con el drenaje de las vías existentes, con el propósito de no tener afectación en el sistema existente.

El drenaje de la cicloruta se desarrolla tal como se muestra en la siguiente figura, donde se evidencia que por la inclinación de la vía, la escorrentía llegara a las cunetas y finalmente a las alcantarillas, por lo que estas áreas fueron tenidas en cuenta en el cálculo del drenaje superficial de la vía (cunetas).

- En el k0+000 a k0+800 se incluye terraplén debido a que no se tiene empalmes con vías existentes, de lo contrario, en el resto del trazado fue necesario conservar los niveles de los empalmes con vías existentes y los niveles de los accesos a viviendas, por lo que no se realizó terraplén, sin embargo, no se tienen zonas de inundación, y con el sistema de drenaje superficial proyectado para la vía se garantiza el correcto manejo de la escorrentía, evitando la acumulación del agua y la ocurrencia de inundaciones.
- De acuerdo al manual de señalización vial 2024, para la señalización de las estructuras de drenaje se implementa señalización preventiva como lo es el uso de DOL, que corresponde a señalización preventiva que se instala para indicar y resaltar la presencia de un obstáculo ubicado al lado de la vía, guiando al conductor para evitarlo.

	INFORME HIDROLOGICO E HIDRAULICO	
CONSTRUCCIÓN DE UNA VARIANTE PARA MEJORAR LA CONECTIVIDAD REGIONAL DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA		

9. BIBLIOGRAFIA

- OBRAS MENORES DE DRENAJE Y ESTRUCTURAS VIALES. Programa Colombia rural. Invias. COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras, Bogotá D.C., 2013. COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Cartilla guía para la valuación de cantidades y ejecución de presupuestos para la construcción de obras de la Red Terciaria y Férrea. y Capítulo 5 Obras de drenaje 2017.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE. Reglamento General de Obras Viales – Tomo VI, Septiembre 1998.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS, ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA – AIS. Norma Colombiana de Diseño de Puentes, Bogotá D.C, 2014.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de Drenaje para Carreteras, Bogotá D.C., 2009.
- COLOMBIA. MINISTERIO DE TRANSPORTE, INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Bogotá D.C., 2008.
- HIGUERA SANDOVAL, Carlos Hernando. Curso de diseño de pavimentos. Escuela de Transporte y Vías, Facultad de Ingeniería, UPTC. Tunja: 2005.

Elaborado por:

Paola Andrea Salas Neira Ingeniera civil- Esp en Recursos Hidricos