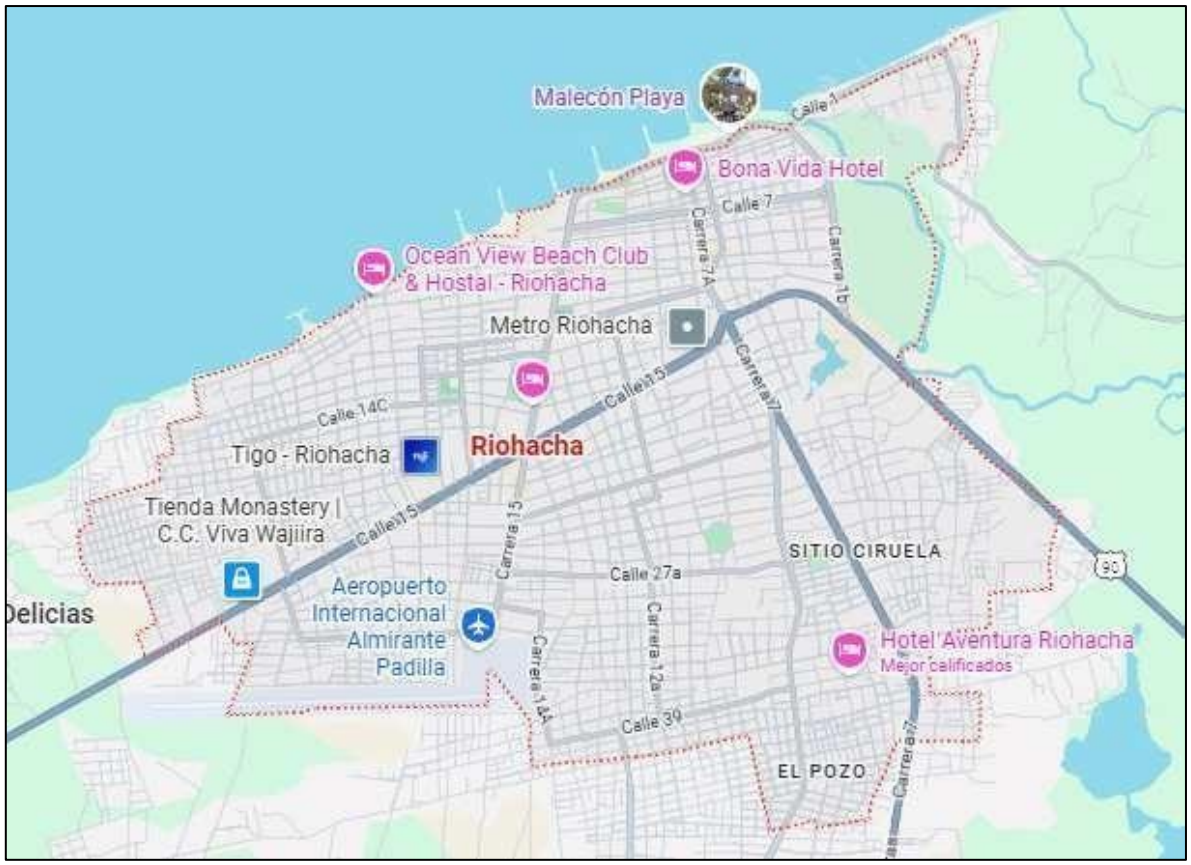


ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA la CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO Y REPOSICIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO EN LA MALLA VIAL DE LOS BARRIOS LA COSECHA, SAN JUDAS TADEO, DIVINO NIÑO Y NUEVO MILENIO, MUNICIPIO DE RIOHACHA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 17

2. OBJETIVOS 18

3. ALCANCE DEL ESTUDIO 18

4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 19

5. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO 21

6. HIDROCLIMATOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN BIOFÍSICA 25

7. METODOLOGÍA 27

8. ESTUDIO HIDROLÓGICO 28

8.1 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES PLUVIOMÉTRICAS MEDIANTE GUMBEL 29

8.2 CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS PROBABLES PARA DISTINTAS FRECUENCIAS 31

8.3 CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN - FRECUENCIA 35

9. ANÁLISIS DE CAUDALES 15

IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE APORTE 16

CÁLCULO DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 18

10. MÉTODO RACIONAL 20

11. GEOMORFOLOGIA NORTE DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA 22

11.1 HIDRÁULICA VIAL 24

11.2 CALCULO LÁMINA DE AGUA Y PERFIL HIDRÁULICO 25

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 32

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la realización de estudios hidrológicos e hidráulicos en el desarrollo de proyectos viales ha tomado gran importancia, debido a las consecuencias que la ausencia de los mismos ha traído consigo. Sabiendo que Colombia es uno de los países más húmedos del planeta, ocasionando que las carreteras se encuentren sometidas de manera frecuente a la acción del agua lluvia, además que en su construcción se deba atravesar o bordear numerosos cursos de agua. Esta condición hace especialmente necesario el diseño y la construcción de sistemas de drenaje, en donde cuya eficacia dependerá, en buena medida, la calidad de la operación vial y la vida útil de las carreteras nacionales. (Instituto Nacional de Vías, 2009).

Los estudios hidrológicos brindan la información en cuanto a cantidad del caudal a manejar en determinada área y junto con el análisis hidráulico se plantean los mecanismos para su evacuación brindando protección a los habitantes de la misma.

De acuerdo a lo anterior el presente informe expondrá las características técnicas del **ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO Y REPOSICIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO EN LA MALLA VIAL DE LOS BARRIOS LA COSECHA, SAN JUDAS TADEO, DIVINO NIÑO Y NUEVO MILENIO, MUNICIPIO DE RIOHACHA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA**

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar las condiciones climáticas e hidrológicas PARA EL PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO Y REPOSICIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO EN LA MALLA VIAL DE LOS BARRIOS LA COSECHA, SAN JUDAS TADEO, DIVINO NIÑO Y NUEVO MILENIO, MUNICIPIO DE RIOHACHA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA", con el fin de realizar una evaluación hidráulica, para el manejo eficiente de los caudales por escorrentía.

Objetivos Específicos

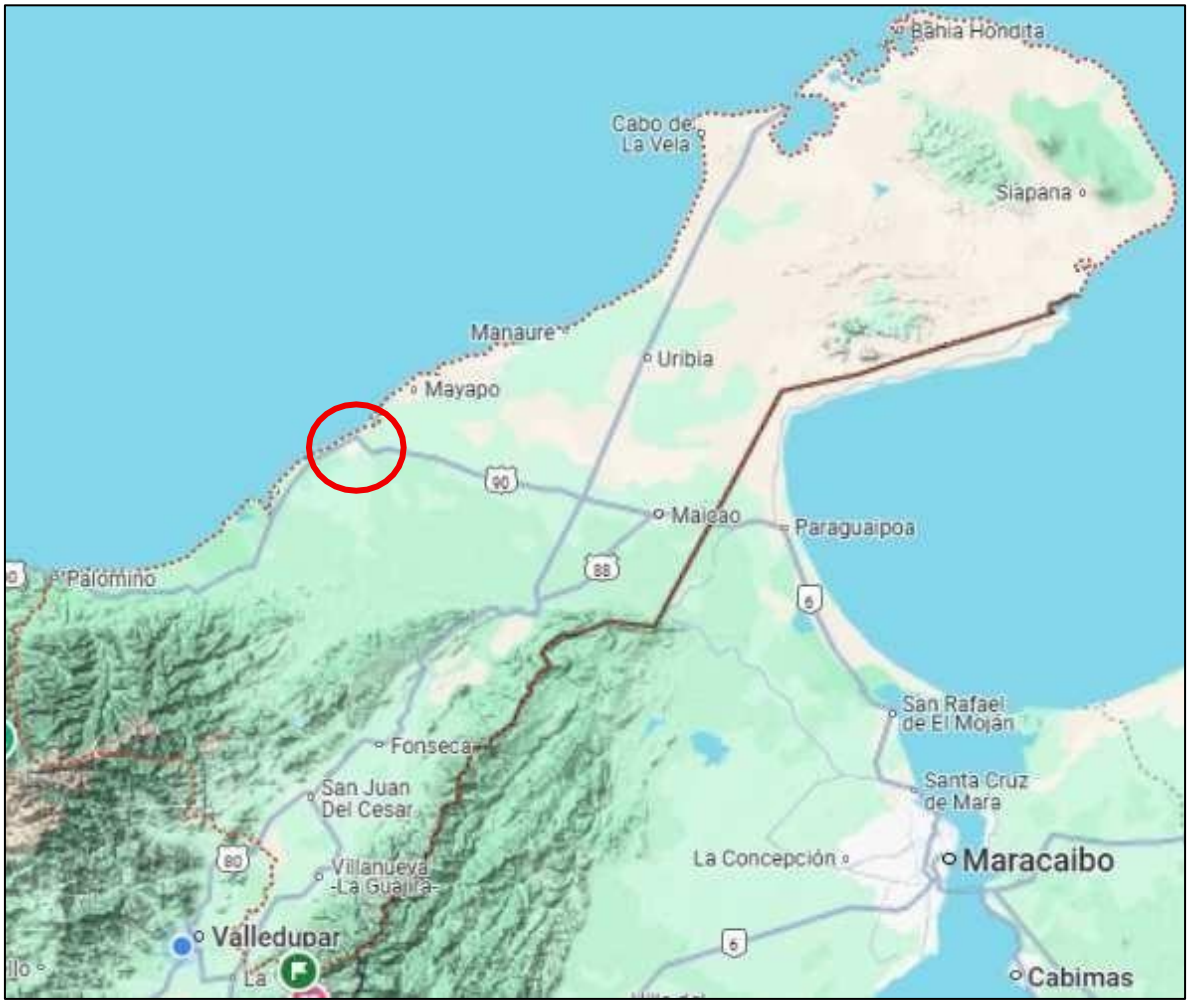
- Analizar la información climática, geomorfológica e hidrología correspondiente al área de estudio.
- Estimar caudales máximos para diferentes periodos de retornos.
- Establecer altura lámina de agua máxima en los tramos viales a intervenir.
- Estimar las alternativas y manejo de caudales generados en la zona de estudio.

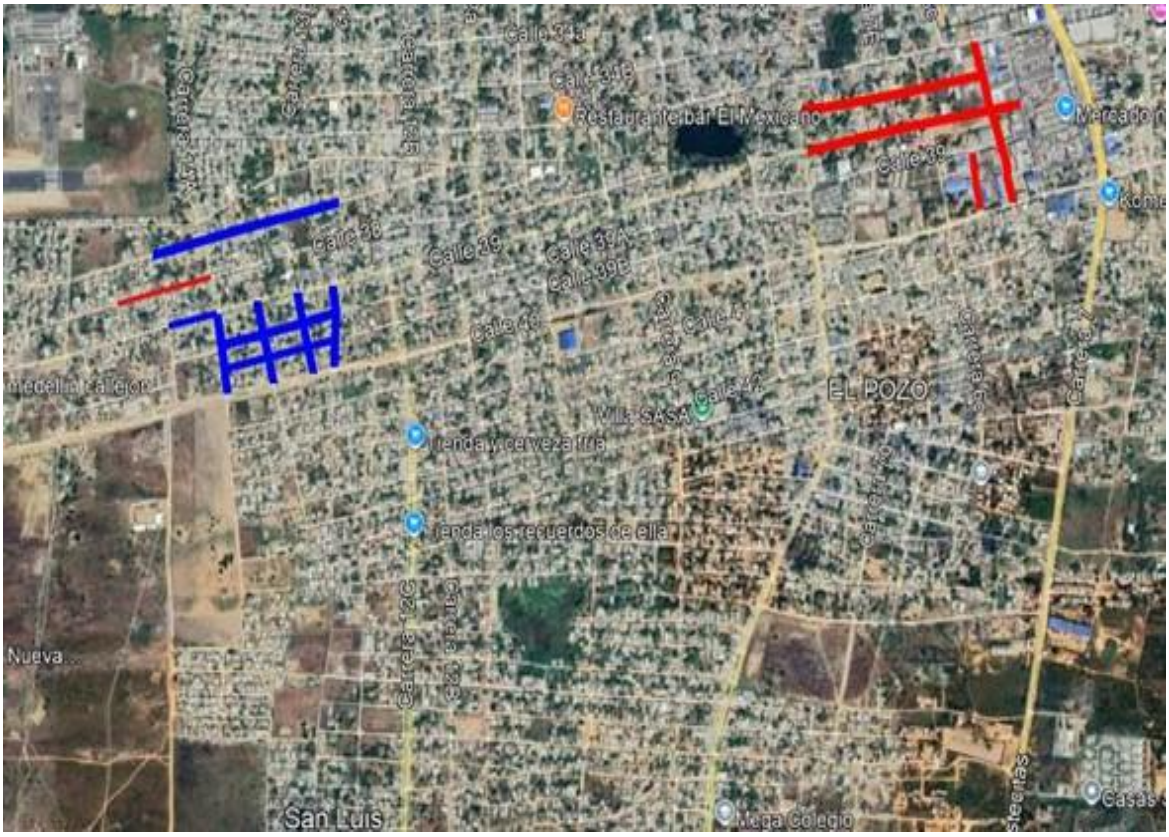
3. ALCANCE DEL ESTUDIO

El presente documento va dirigido AL PROYECTO: "ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO Y REPOSICIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO EN LA MALLA VIAL DE LOS BARRIOS LA COSECHA, SAN JUDAS TADEO, DIVINO NIÑO Y NUEVO MILENIO, MUNICIPIO DE RIOHACHA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA".

4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La zona del proyecto se encuentra ubicada al norte del Departamento de LA GUAJIRA, específicamente en el área urbana del municipio de Riohacha.





Fuente: Autor.

Tramos viales a intervenir

5. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

El estudio se llevó a cabo en el municipio de Riohacha, ubicada al sur del departamento de La Guajira. La zona se caracteriza por presentar condiciones climáticas y geográficas particulares que influyen en el comportamiento del terreno y en la planificación del proyecto de infraestructura.

PRECIPITACIÓN

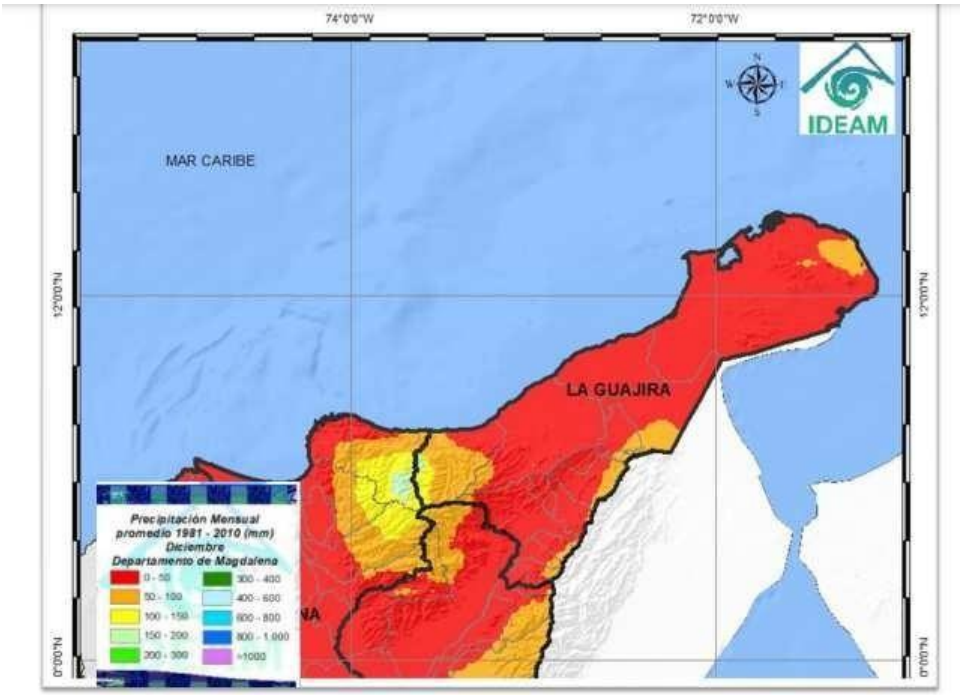


***Figura 12**. Climatología precipitación mes de diciembre para La Guajira (IDEAM)*

La zona presenta un régimen de lluvias estacional, caracterizado por una temporada seca y una temporada de lluvias. La precipitación media anual oscila entre 800 mm y 1200 mm, concentrándose principalmente en los meses de abril a noviembre, con picos en los meses de mayor pluviosidad, que son septiembre y octubre. La variabilidad interanual de las lluvias puede influir en la estabilidad de los suelos, especialmente en zonas de pendientes pronunciadas.

TEMPERATURA

La región presenta un clima cálido, con temperaturas promedio anuales que varían entre los 24°C y los 30°C, siendo más altas durante los meses de enero a abril, donde pueden superar los 35°C. La amplitud térmica diaria es moderada, y durante las noches las temperaturas pueden descender a los 18°C en las zonas más elevadas.

HUMEDAD RELATIVA

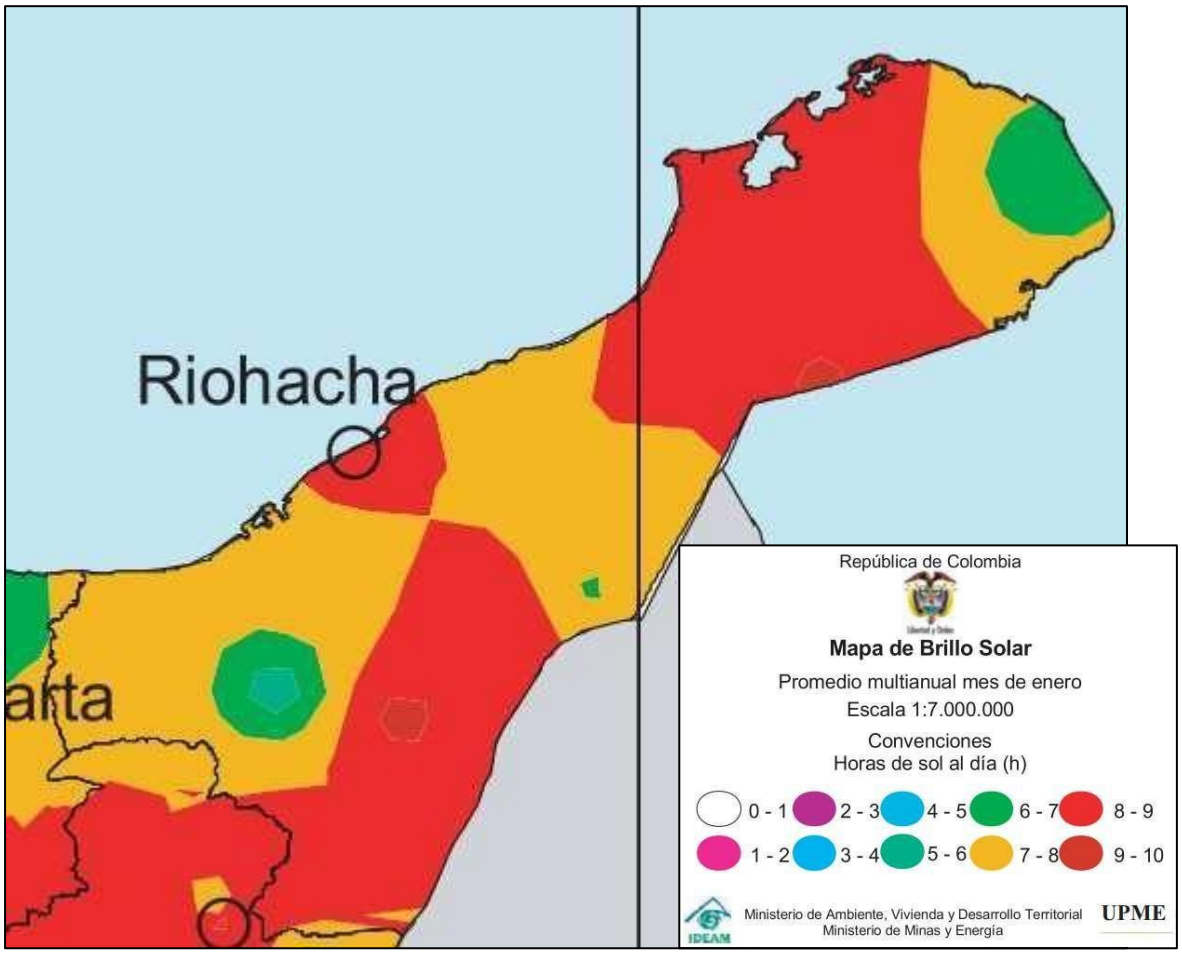
La humedad relativa promedio en la región fluctúa entre el 65% y el 80% a lo largo del año, siendo más alta durante la temporada de lluvias y disminuyendo en los meses secos. Este factor es crucial para el comportamiento de los suelos en términos de capacidad de carga y expansión, especialmente en suelos arcillosos que tienden a retener más humedad.

NUBOSIDAD



La nubosidad en la región es moderada, especialmente durante los meses de invierno, donde se observa un cielo mayormente nublado. Durante la temporada seca, los días despejados son más frecuentes, lo que aumenta la exposición solar y el calor superficial en los suelos. La nubosidad anual promedio se estima en alrededor de un 40%, con mayores concentraciones de nubes en los meses lluviosos.

BRILLO SOLAR

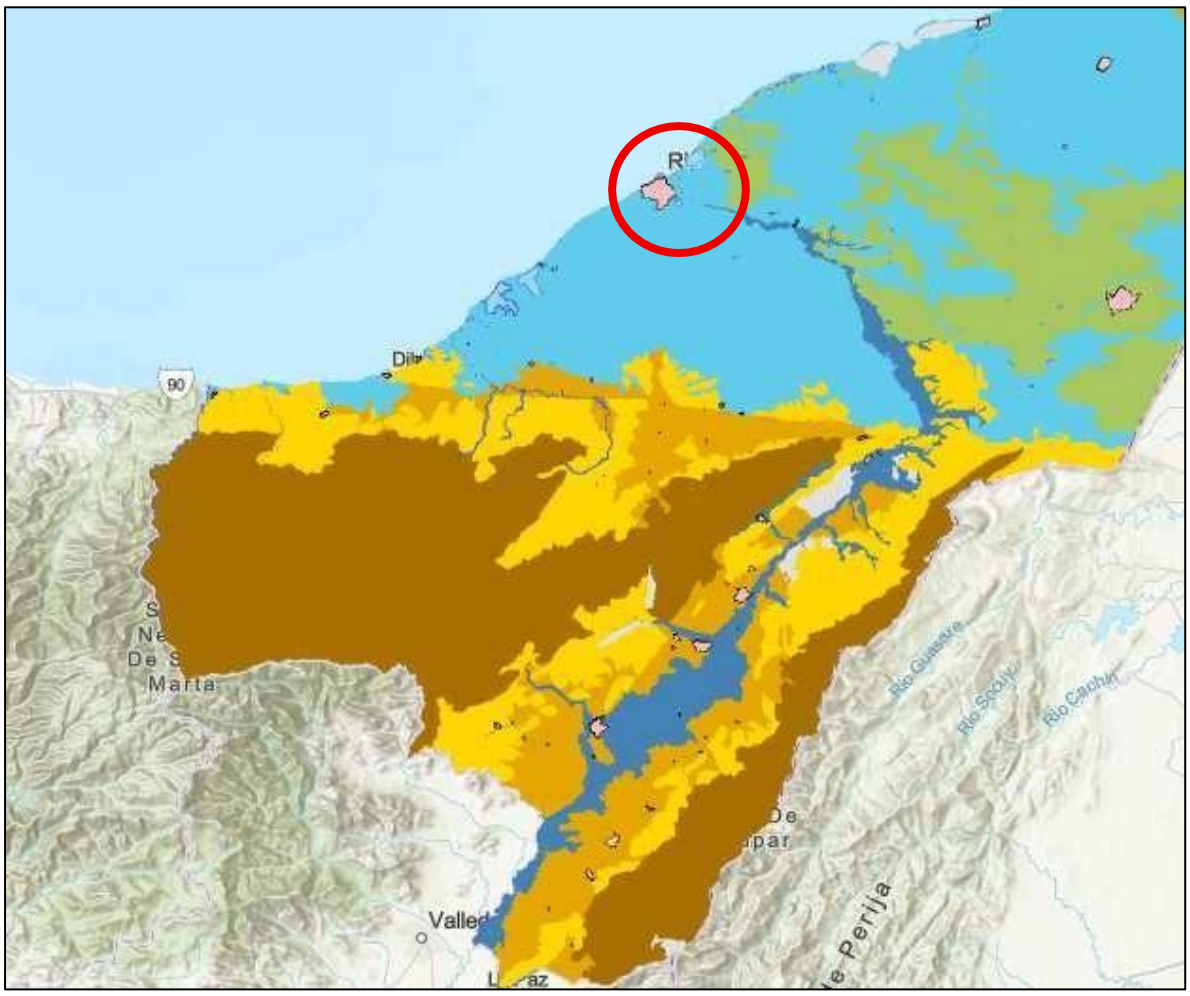


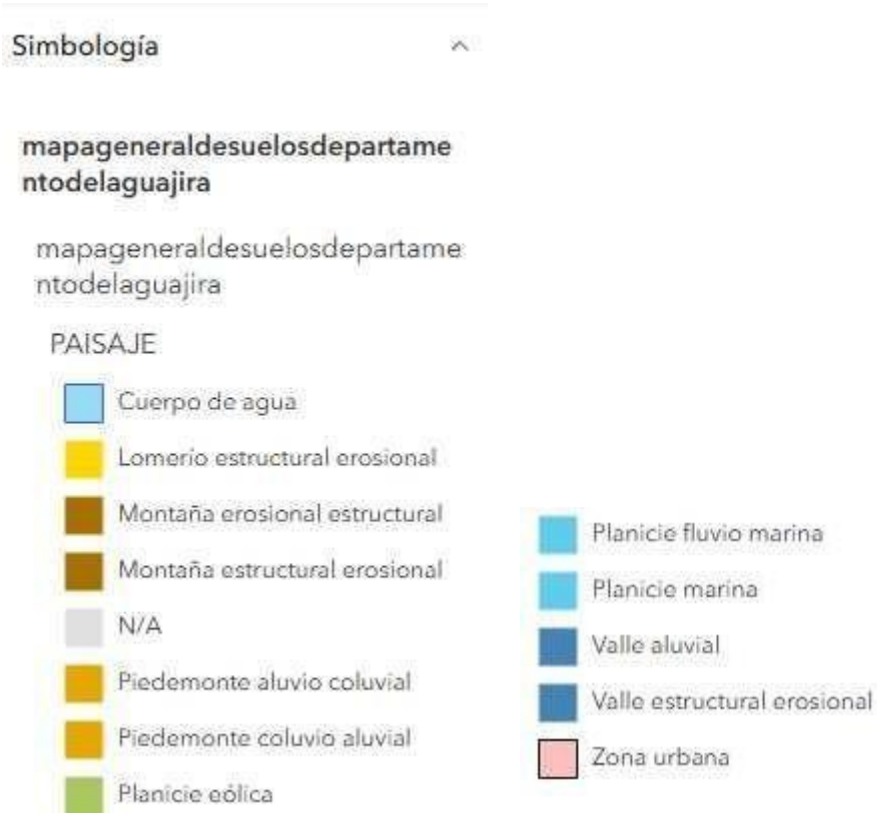
La región recibe un brillo solar promedio de 8 a 9 horas diarias, dependiendo de la estación del año. Durante la temporada seca, el brillo solar es más intenso, lo que incrementa la evaporación superficial. Esto puede afectar la humedad superficial del suelo, haciéndolo más susceptible a la erosión.

SUELOS

Los suelos presentes en la zona del proyecto son variados, predominando los suelos franco-arenosos. Se observan suelos con buen drenaje en las zonas más bajas y suelos más compactos en las áreas montañosas. Es importante destacar que, en zonas de pendientes pronunciadas, se han identificado suelos susceptibles a la erosión, especialmente en presencia de lluvias intensas. Además, en algunos sectores se encuentran afloramientos rocosos que requieren tratamiento especial para la construcción de la vía.

Estos suelos presentan características moderadas de expansión y contracción, lo que requiere un diseño adecuado en términos de estabilización de taludes y cimentaciones. Se recomienda realizar un análisis detallado de la capacidad portante del terreno en los sectores críticos, donde se espera mayor tráfico o donde la geografía presenta desafíos adicionales.





Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC

8. HIDROCLIMATOLOGÍA Y DESCRIPCIÓN BIOFÍSICA

Para el análisis climatológico de la zona en estudio y de las áreas de drenaje aferentes a él, se recopiló información de la zona en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), específicamente para la precipitación. Los datos climatológicos se obtuvieron a través de la consulta del EOT del municipio y del atlas climatológico de Colombia realizado por el IDEAM.

Para el análisis hidrológico y climatológico, se utilizó la información de la estación **LOS REMEDIOS**, administrada por el IDEAM. En la tabla 2, se presenta el nombre, tipo y código de la estación estudiada y sus características de elevación, localización y período de registro.

Tabla N°2. Estación climatológica seleccionada en la zona de estudio.



Catalogo Nacional de Estaciones: LOS REMEDIOS [15060010]

Código	15060010
Nombre	LOS REMEDIOS [15060010]
Categoría	Pluviométrica
Longitud	-72,91
Latitud	11,38
Altitud	10,00
Departamento	La Guajira
Municipio	Riohacha
Estado	Activa
Tecnología	Convencional
Fecha de Instalación	Septiembre 15, 1971
Fecha de Suspensión	

Código	Estación	Categoría	Departamento	Latitud	Longitud	Altitud (m.s.n.m)
15060010	LOS REMEDIOS	PLUVIOMETRICA	LA GUAJIRA	11.38	-72.91	10.00

METODOLOGÍA

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

- Consulta y adquisición de información hidrometeorológica y de planchas del IGAC, complementada con consultas en Internet y otras fuentes en la zona del estudio.

- Visitas de campo para el reconocimiento de la zona en la cual se desarrollará el proyecto.

- Procesamiento de información primaria y secundaria recopilada para la ejecución de los diseños.

- Planteamiento de criterios básicos para los estudios y diseños.

- Delimitación y caracterización de la cuenca.

- Cálculo del tiempo de concentración con base en los distintos métodos o fórmulas empíricas, para la determinación de las entradas de precipitación a los modelos lluvia-escorrentía. El tiempo de concentración será la variable de entrada a las curvas intensidad-duración-frecuencia, que se utilizarán en la estimación de las intensidades de lluvia asociadas a los períodos de retorno estipulados.

- Estimación de caudales para diferentes periodos de retorno (2.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años), utilizando por lo menos tres métodos sintéticos que son apropiados para cuencas mayores, tales como: Williams y Hann, SCS (Soil Conservation Service) y Snyder.

- Análisis hidráulico mediante modelación en el programa HEC - RAS
- Finalmente, organización del informe que contendrá todo el proceso metodológico de los estudios y criterios de diseño establecidos para las obras proyectadas, y las observaciones, conclusiones y recomendaciones del caso.

8. ESTUDIO HIDROLÓGICO

******	***	*****	*******	*********	*********	*********	********	*********	**********	*********	*********	*********	*********	*********	**********
A#O	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO	* JUNIO	* JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
******	***	*****	*******	*********	*********	*********	********	*********	**********	*********	*********	*********	*********	*********	**********
1973	2	1										29	25	9	29.0 3
1974	2	1	1	31	32	64	38	90	57	104	65	80	44	44	104
1975	2	1	0	5	50	24	50	35	25	40	30	70	35	10	70
1976	2	1	0	0	7	30	60	55	27	25	64	60			64.0 3
1977	2	1	0	2	4	40	59	90	35	42	40	49	30	0	90
1978	2	1	0	0	36	52	43	73	47	32	88	17	22	13	88
1979	2	1	0	13	30	85	86	60	98	43	58	58	65	30	98
1980	2	1	20	10	6	50	40	39	52	45	45	50	38	20	52
1981	2	1	30	0	46	53	55	60	40	30	32	44	18	32	60
1982	2	1	22	23	36	64	47	19				60	20	0	64.0 3
1983	2	1	0	7	35	58	100	80	63	58	51	43	93	30	100
1984	2	1	50	10	33	40	35	59	75	50	13	35	48	0	75
1985	2	1	0	40	10	30	110	34	50	50	50	130	70	10	130
1986	2	1	24	20	30	60	48	29	29	61	51	111	12	30	111
1987	2	1	20	5	70	80	40	40	30	40	72	64	50	22	80
1988	2	1	0	12	10	24	77	74	34	30	34	32	24	16	77
1989	2	1	5	50	15	25	95	32	26	32	31	45	124	35	124
1990	2	1	4	55	21	55	15	83	15	55	56	50	27	48	83
1991	2	1	0	32	25	20	84	58	15	43	49	79	23	3	84
1992	2	1	11	11	16	25	53	50	3 37.0	33	41	19	85	30	85.0 3
1993	2	1	10	0	16	50	116	50	8	80	57	81	35	6	116
1994	2	1	9	23	23	31	50	22	61	146	47	82	31	6	146
1995	2	1	53	19	5	85	50	66	53	62	60	54	78	13	85
1996	2	1	8	25	49	30	116	96	30	43	44	39	11	69	116
1997	2	1	13	54	12	64	118	32	5	28	44	78	21	7	118
1998	2	1	18	78	30	84	39	52	23	34	47	47	39	46	84
1999	2	1	8	47	29	27	61	40	20	76	57	54	29	22	76
2000	1	1	0	49	16	28	59	70	40	19	136	29	47	49	136
2001	1	1	9	25	32	36	54	28	17	60	20	30	20	25	60
2002	1	1	29	26	45	54	60	84	38	25	57	50	56	54	84
2003	1	1	0	0	18	51	35	70	37	45	52	61	120	30	120
2004	1	1	0	15	15	49	125	23	33	39.0 3	20	22.0 3	30	10	125.0 3
2005	1	1	10	5	30	50	49	41	40	52	49	56	35	7	56
2006	1	1	40	0	19	55	90	58	45	72	33	60	33	33	90
2007	1	1	0	0	24	29	54	31	47	53	35	48	95	18	95
2008	1	1	7	14	10	58	40	50	32	30	24	30	70	8	70
2009	1	1	5	27	40	11	58	40	71	51	47	52	39	39	71
2010	1	1	0	5			65	50	73.0 3				52	28	73.0 3
2011	1	1	26	50	26	75	70	47	90	26	20	70	37	38	90
2012	1	1	0	15	40	35	21	35	43	53	60	100	12	9	100
2013	1	1	0	19	33	60	26	35	37	30	31	49	23	35	60
2014	1	1	35	45	30	57	38	70	37	77	23	59	74	52	77
2015	1	1	50	70	67	74	68	34	50	19	30	44	70	20	74
2016	1	1	9	3	0	68	42	42	35	32	19	60	65	20	68
2017	1	1	11	0	85										85.0 3
2018	1	1	19	6	34.5	13.2	68	30.1	15.3	13.3	78.1	120.1	59	93.9	120.1
2019	1	1	0	9.9	32	42.8	76.7	44.7	62.8	40.3	85.3	53.4	67.6	66.5	85.3
2020	1	1	0	7.8	66.3	60.7	48.2	40.8	76.2	35.6	50.7	105.2	45.4	82.1	105.2
2021	1	1	8.3	2.1	18.3	136.8	27.8	28.2	30.9	35	19.5	72.9	45.2	40.5	136.8
2022	1	1	0	3.5	8.3	12.5	87.7	77	37	68	75	117	68.4	37.3	117
2023	1	1	0	17.5	20.2	35.2	50.6	10.6	10.3	55.2	120	112.2	97	76.5	120

Fuente: I D EA M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

8.1 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES PLUVIOMÉTRICAS MEDIANTE GUMBEL

Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			xi	*(xi - x)^2*
1	1973	29	29.00	11581.6731
2	1974	104	104.00	1063.94579
3	1975	70	70.00	4437.98215
4	1976	64	64.00	5273.40033
5	1977	90	90.00	2173.25488
6	1978	88	88.00	2363.7276
7	1979	98	98.00	1491.36397
8	1980	52	52.00	7160.23669
9	1981	60	60.00	5870.34579
10	1982	64	64.00	5273.40033
11	1983	100	100.00	1340.89124
12	1984	75	75.00	3796.80033
13	1985	130	130.00	43.8003306
14	0	0	0.00	0
15	1986	80	80.00	3205.61851
16	1987	77	77.00	3554.3276
17	1988	124	124.00	159.218512
18	1989	83	83.00	2874.90942
19	1990	84	84.00	2768.67306
20	1991	85	85.00	2664.43669
21	1992	116	116.00	425.109421
22	1993	146	146.00	88.0185124
23	1994	85	85.00	2664.43669
24	1995	116	116.00	425.109421
25	1996	118	118.00	346.636694
26	1997	84	84.00	2768.67306
27	1998	76	76.00	3674.56397
28	1999	136	136.00	0.38214876
29	2000	60	60.00	5870.34579
30	2001	84	84.00	2768.67306
31	2002	120	120.00	276.163967
32	2003	125	125.00	134.982149
33	2004	56	56.00	6499.29124

34	2005	90	90.00	2173.25488
35	2007	95	95.00	1732.07306
36	2008	70	70.00	4437.98215
37	2009	71	71.00	4305.74579
38	2010	65	65.00	5129.16397
39	2011	90	90.00	2173.25488
40	2012	100	100.00	1340.89124
41	2013	60	60.00	5870.34579
42	2014	77	77.00	3554.3276
43	2015	74	74.00	3921.03669
44	2016	68	68.00	4708.45488
45	2017	85	85.00	2664.43669
46	2018	120.1	120.10	272.850331
47	2019	85.3	85.30	2633.55579
48	2020	105.2	105.20	987.102149
49	2021	136.8	136.80	0.03305785
50	2022	117	117.00	384.873058
51	2023	120	120.00	276.163967

Fuente: Autor.

CÁLCULO VARIABLES PROBABILÍSTICAS

Cálculo variables probabilísticas
$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n} =$ 136.62 mm
$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} =$ 66.05 mm
$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} * s =$ 51.50 mm
$u = \bar{x} - 0.5772 * \alpha =$ 106.89 mm

8.1 CÁLCULO DE LAS PRECIPITACIONES DIARIAS MÁXIMAS PROBABLES PARA DISTINTAS FRECUENCIAS

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Periodo Retorno	*Variable Reducida*	*Precip. (mm)*	*Prob. de ocurrencia*	*Corrección intervalo fijo*
Años	*YT*	*XT'(mm)*	*F(xT)*	*XT (mm)*
2	0.3665	125.7679	0.5000	142.1177
5	1.4999	184.1388	0.8000	208.0768
10	2.2504	222.7854	0.9000	251.7475
25	3.1985	271.6155	0.9600	306.9255
50	3.9019	307.8404	0.9800	347.8597
100	4.6001	343.7979	0.9900	388.4916
500	6.2136	426.8901	0.9980	482.3859

Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas (Fuente: D. F. Campos A., 1978)

Duraciones, en horas									
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**8**	**12**	**18**	**24**
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00

PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES TIEMPOS DE DURACIÓN DE LLUVIAS

Tiempo de Duración	**Cociente**	**Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración**						
		2 años	**5 años**	**10 años**	**25 años**	**50 años**	**100 años**	**500 años**
24 hr	X24	142.1177	208.0768	251.7475	306.9255	347.8597	388.4916	482.3859
18 hr	X18 = 91%	129.3271	189.3499	229.0902	245.5404	316.5523	353.5274	438.9711
12 hr	X12 = 80%	113.6942	166.4615	201.3980	245.5404	278.2878	310.7933	385.9087
8 hr	X8 = 68%	96.6401	141.4923	171.1883	208.7093	236.5446	264.1743	328.0224
6 hr	X6 = 61%	86.6918	126.9269	153.5660	187.2246	212.1944	236.9799	294.2554
5 hr	X5 = 57%	81.0071	118.6038	143.4961	174.9475	198.2800	221.4402	274.9599
4 hr	X4 = 52%	73.9012	108.2000	130.9087	159.6013	180.8870	202.0157	250.8406
3 hr	X3 = 46%	65.3742	95.7153	115.8039	141.1857	160.0155	178.7062	221.8975
2 hr	X2 = 39%	55.4259	81.1500	98.1815	119.7009	135.6653	151.5117	188.1305
1 hr	X1 = 30%	42.6353	62.4231	75.5243	92.0777	104.3579	116.5475	144.7158

Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma.

$$I = \frac{P\ [mm]}{T_{duración}\ [hr]}$$

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno						
Hr	**min**	**2 años**	**5 años**	**10 años**	**25 años**	**50 años**	**100 años**	**500 años**
24 hr	1440	5.9216	8.6699	10.4895	12.7886	14.4942	16.1872	20.0994
18 hr	1080	7.1848	10.5194	12.7272	13.6411	17.5862	19.6404	24.3873
12 hr	720	9.4745	13.8718	16.7832	20.4617	23.1906	25.8994	32.1591
8 hr	480	12.0800	17.6865	21.3985	26.0887	29.5681	33.0218	41.0028
6 hr	360	14.4486	21.1545	25.5943	31.2041	35.3657	39.4966	49.0426
5 hr	300	16.2014	23.7208	28.6992	34.9895	39.6560	44.2880	54.9920
4 hr	240	18.4753	27.0500	32.7272	39.9003	45.2218	50.5039	62.7102
3 hr	180	21.7914	31.9051	38.6013	47.0619	53.3385	59.5687	73.9658
2 hr	120	27.7130	40.5750	49.0908	59.8505	67.8326	75.7559	94.0652
1 hr	60	42.6353	62.4231	75.5243	92.0777	104.3579	116.5475	144.7158

Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno:

$$I = \frac{K \cdot T^{m}}{t^{n}}$$

Dónde:

I = Intensidad (mm/hr)
t = Duración de la lluvia (min)
T = Período de retorno (años)
K, m, n = Parámetros de ajuste

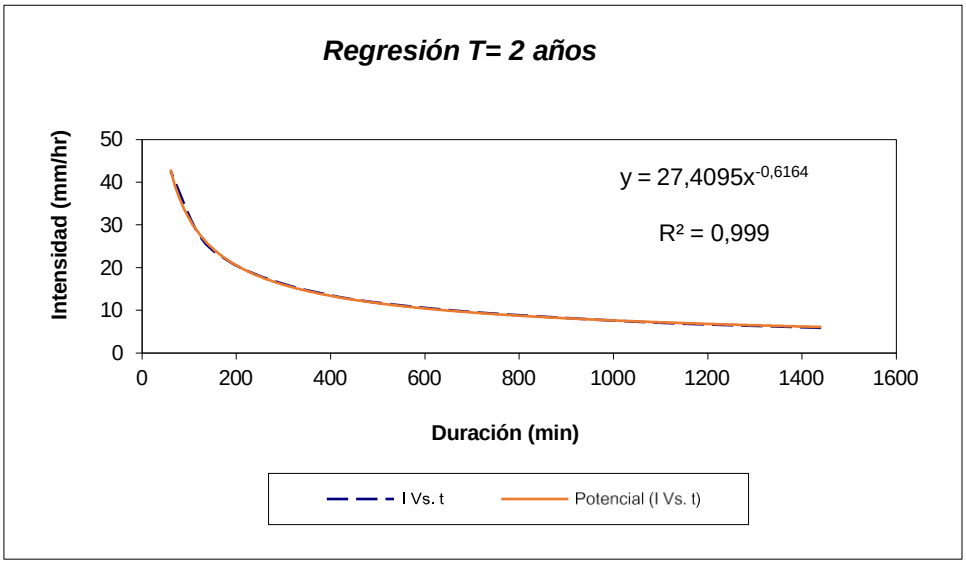
Realizando un cambio de variable:

$$d = K \cdot T^{m}$$

Con lo que de la anterior expresión se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	5.9216	7.2724	1.7786	12.9347	52.8878
2	1080	7.1848	6.9847	1.9720	13.7737	48.7863
3	720	9.4745	6.5793	2.2486	14.7941	43.2865
4	480	12.0800	6.1738	2.4916	15.3823	38.1156
5	360	14.4486	5.8861	2.6706	15.7194	34.6462
6	300	16.2014	5.7038	2.7851	15.8856	32.5331
7	240	18.4753	5.4806	2.9164	15.9839	30.0374
8	180	21.7914	5.1930	3.0815	16.0022	26.9668
9	120	27.7130	4.7875	3.3219	15.9036	22.9201
10	60	42.6353	4.0943	3.7527	15.3648	16.7637
10	4980	175.9260	58.1555	27.0190	151.7443	346.9435
Ln (d) =	6.2865	d =	537.2797	n =	-0.6164	



Resumen de aplicación de regresión potencial		
Periodo de Retorno (años)	**Término ctte. de regresión (d)**	**Coef. de regresión [n]**
2	537.27969543010	-0.61638608809
5	786.63974325894	-0.61638608809
10	951.73779245532	-0.61638608809
25	1266.27963152595	-0.63362500463
50	1315.09236399009	-0.61638608809
100	1468.70244269401	-0.61638608809
500	1823.67188480417	-0.61638608809
Promedio =	1164.20050773694	-0.61884879045

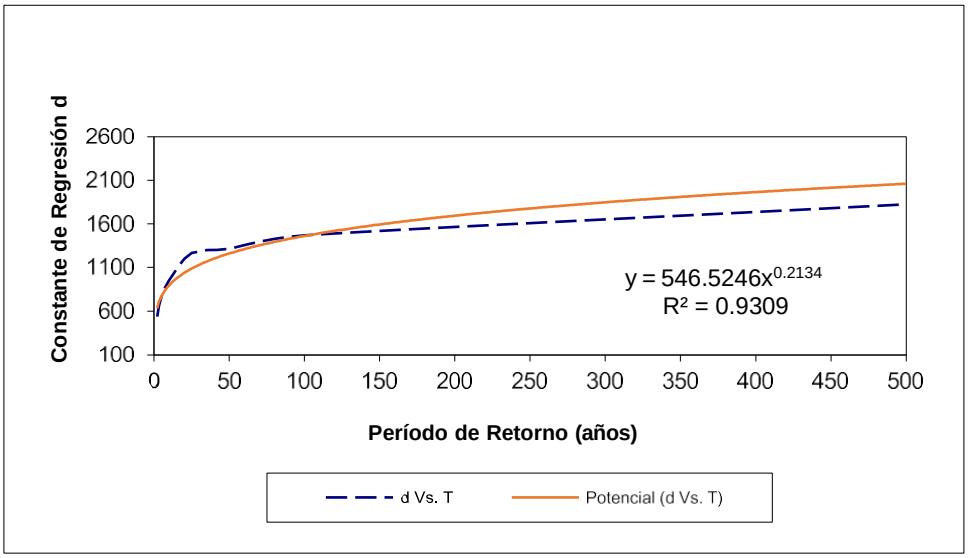
En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

$$d = K \cdot T^{m}$$

Regresión potencial						
Nº	**x**	**y**	**ln x**	**ln y**	**ln x*ln y**	**(lnx)^2**
1	**2**	**537.2797**	0.6931	6.2865	4.3575	0.4805
2	**5**	**786.6397**	1.6094	6.6678	10.7314	2.5903
3	**10**	**951.7378**	2.3026	6.8583	15.7918	5.3019
4	**25**	**1266.2796**	3.2189	7.1438	22.9951	10.3612
5	**50**	**1315.0924**	3.9120	7.1817	28.0948	15.3039
6	**100**	**1468.7024**	4.6052	7.2921	33.5815	21.2076
7	**500**	**1823.6719**	6.2146	7.5086	46.6631	38.6214
7	692	8149.4036	**22.5558**	**48.9388**	**162.2152**	**93.8667**
Ln (K) =	**6.3036**	***K =***	**546.5246**	***m =***	**0.2134**	

Termino constante de regresión (K) = 546.52

Coeficiente de regresión (m) = 0.2134



11.4 CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN - FRECUENCIA

Las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) tienen utilidad en la determinación de caudales pico, cuando se utilizan métodos que relacionan las precipitaciones con la escorrentía teniendo en cuenta las características fisiográficas de las cuencas.

La ecuación de intensidad válida para la cuenca resulta:

$$I = \frac{546.5246 * T^{0.213415}}{t^{0.61885}}$$

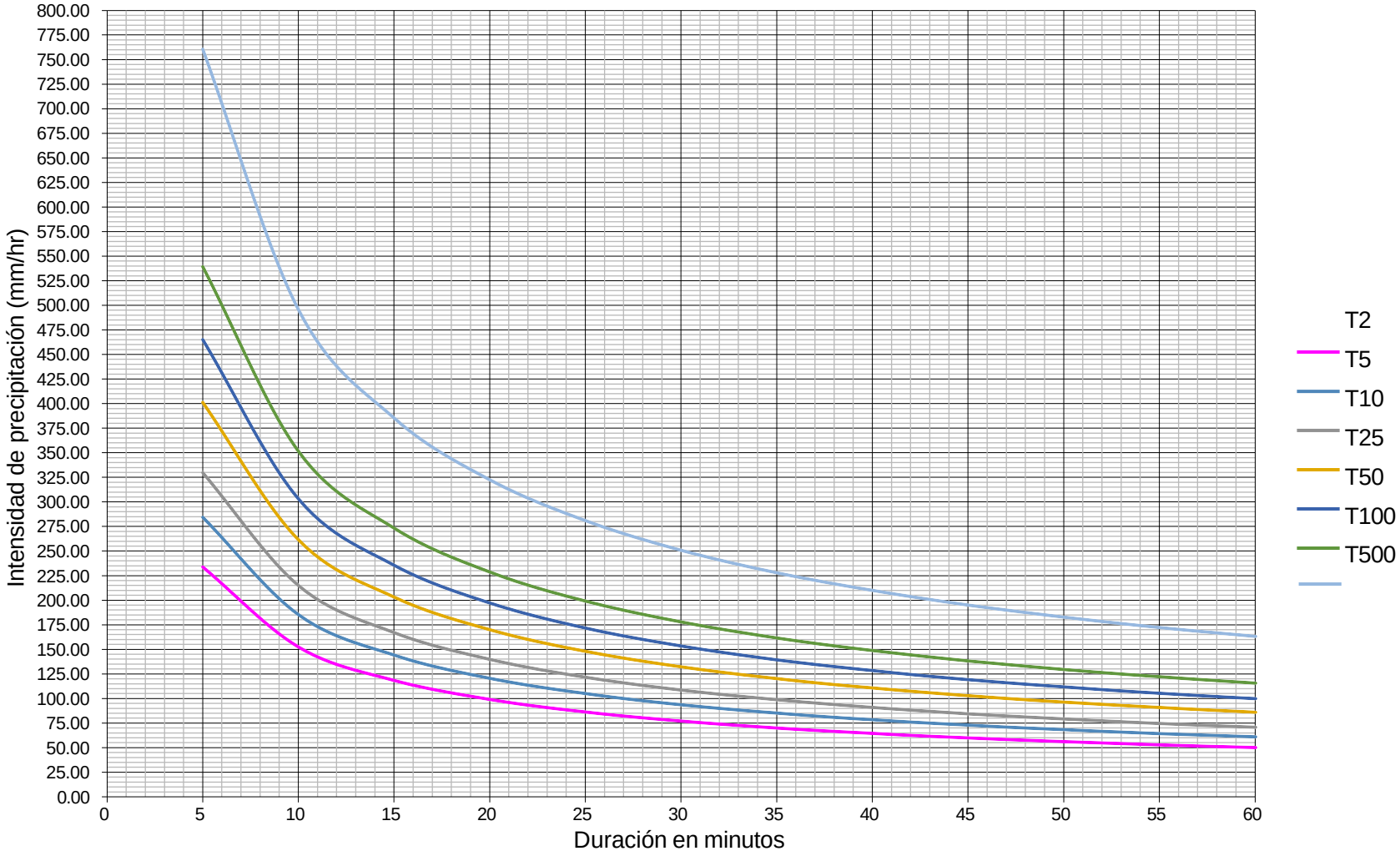
Dónde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr).
T = Periodo de Retorno (años).
t = Tiempo de duración de precipitación (min).

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	**Duración en minutos**											
	5	**10**	**15**	**20**	**25**	**30**	**35**	**40**	**45**	**50**	**55**	**60**
2	234.04	152.41	118.59	99.25	86.45	77.22	70.20	64.63	60.08	56.29	53.07	50.29
5	284.59	185.32	144.20	120.68	105.12	93.90	85.36	78.59	73.06	68.45	64.53	61.15
10	329.97	214.87	167.19	139.92	121.87	108.87	98.96	91.12	84.71	79.36	74.82	70.90
25	401.23	261.28	203.30	170.14	148.20	132.38	120.34	110.79	103.01	96.50	90.98	86.21
50	465.20	302.93	235.71	197.27	171.82	153.49	139.52	128.46	119.43	111.89	105.48	99.95
100	539.37	351.23	273.29	228.72	199.22	177.96	161.77	148.94	138.47	129.73	122.30	115.89
500	760.42	495.18	385.29	322.46	280.87	250.90	228.07	209.98	195.22	182.90	172.42	163.38

Con lo anterior se obtiene la curva IDF:

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA la CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO Y REPOSICIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO EN LA MALLA VIAL DE LOS BARRIOS LA COSECHA, SAN JUDAS TADEO, DIVINO NIÑO Y NUEVO MILENIO, MUNICIPIO DE RIOHACHA, DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA.



ANÁLISIS DE CAUDALES

♦ COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

La evaluación del coeficiente de escorrentía se realizó con base en los coeficientes de escorrentía presentados en el manual de drenaje – INVIAS, para este tipo de zona y la cobertura del suelo de esta área.

Valores del Coeficiente de Escorrentía en Áreas Urbanas

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C
PRADOS	
Suelos arenosos, planos, 2%	0.05 - 0.10
Suelos arenosos, promedio, 2 -7 %	0.15 - 0.20
Suelos pesados (arcillosos), planos, 2%	0.13 - 0.17
Suelos pesados (arcillosos), promedio, 2 -7 %	0.18 - 0.22
Suelos pesados (arcillosos), pendientes, 7%	0.25 - 0.35
DISTRITOS COMERCIALES	
Áreas de centro de ciudad	0.70 - 0.95
Áreas vecinas	0.50 - 0.70
RESIDENCIAL	
Casas individuales separadas	0.30 - 0.50
Casas multifamiliares separadas	0.40 - 0.60
Casas multifamiliares unidas	0.60 - 0.75
Suburbana	0.25 - 0.40
Áreas de apartamentos de vivienda	0.50 - 0.70
INDUSTRIAL	
Áreas livianas	0.50 - 0.80
Áreas pesadas	0.60 - 0.90
PARQUES CEMENTERIOS	0.10 - 0.25
CAMPOS DE JUEGOS	0.20 - 0.35
ÁREAS DE PATIOS DE FERROCARRILES	0.20 - 0.40
ÁREAS NO DESARROLLADAS	0.10 - 0.30
CALLES	
Asfaltadas	0.70 - 0.95
Concreto	0.80 - 0.95
Ladrillo	0.70 - 0.85
CALZADAS Y ALAMEDAS	0.75 - 0.85
TECHOS	0.75 - 0.95

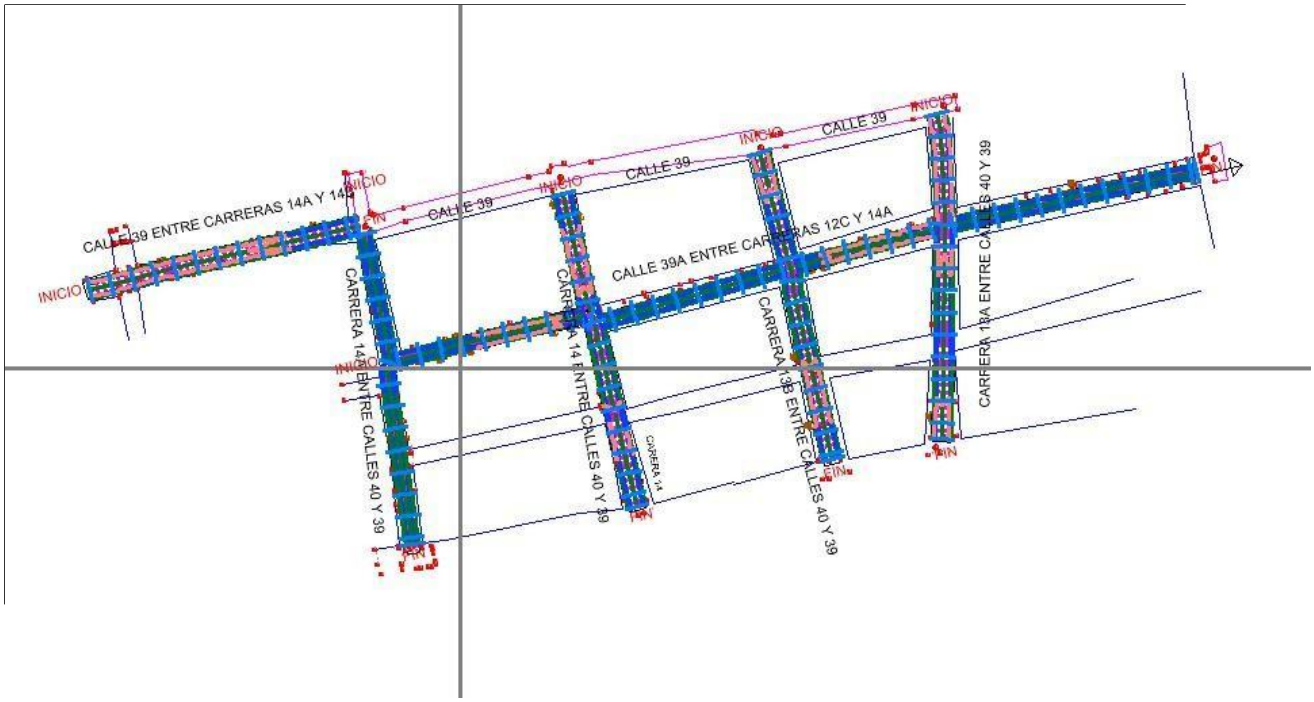
Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras – INVIAS

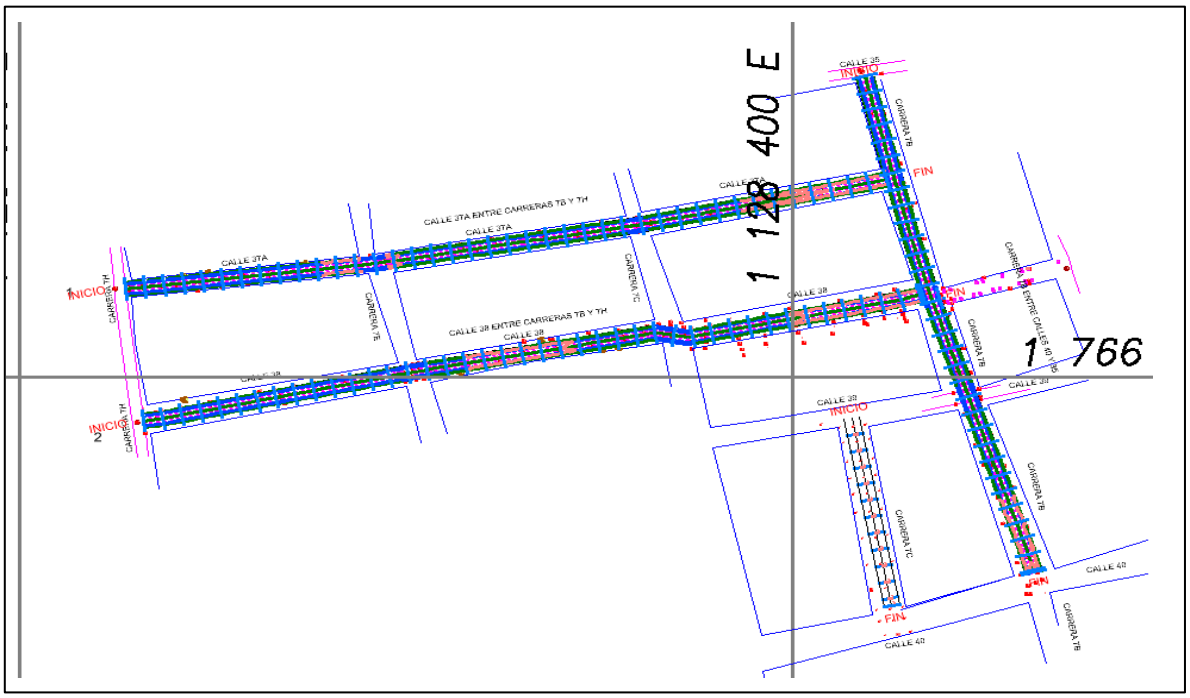
Por lo tanto, se toma un coeficiente de 0,60.

IDENTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LAS ÁREAS DE APORTE

De acuerdo a la topografía y líneas de flujo se realizó la delimitación de los drenajes a lo largo de los tramos viales que comprende el proyecto.

LOCALIZACIÓN DRENAJES MICROCUENCAS





Fuente: Autor.

CÁLCULO DE TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El cálculo del tiempo de concentración de las áreas de aporte se realizó con base en fórmulas que son de frecuente aplicabilidad en el medio, uno de los criterios para la selección del tiempo de concentración es el criterio de la velocidad media del flujo en el terreno.

El área de aporte y la longitud de los tramos fueron medidas utilizando el programa Autocad y la cartografía reportada anteriormente.

Para el cálculo del tiempo de concentración de las áreas de aporte se emplearon algunas de las fórmulas presentadas en el manual de drenaje del INVIAS.

- ✓ **TÉMEZ:**

$$T_c = 0.30 \times \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración (h).
L: Longitud tramo (km).
S: Diferencia de cotas entre puntos extremos de la corriente dividido L (%).

- ✓ **ECUACIÓN DE KIRPICH**

$$T_c = 0.06628 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$$

Donde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
S: Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en metros por metro (m/m).

- ✓ **ECUACIÓN DE V.T. CHOW**

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

Donde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m).

- ✓ **ECUACIÓN DEL CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO DE LOS ESTADOS UNIDOS**

$$T_c = 0.28 \left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$$

Donde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).
L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).
S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m).

MODELOS LLUVIA ESCORRENTIA

Tomando como referencia el manual de drenaje INVIAS:

“Análisis de caudales. Los caudales de drenaje de diseño para los diferentes periodos de retorno se analizarán, en lo posible, a partir de información hidrométrica disponible en el IDEAM o en otra entidad. En caso de que no se disponga de registros de caudales, se aplicarán métodos indirectos convencionales, como modelos lluvia – escorrentía o estudios regionales de crecientes, entre otros.”

Dentro de estos modelos lluvia – escorrentía tenemos el método Racional, el cual la misma norma lo recomienda en el ítem **2.5.5. Modelos lluvia – escorrentía (2.5.5.1. Rangos de aplicación según el área de la cuenca)**

12. MÉTODO RACIONAL

El método racional presenta una concepción sencilla y está restringido a áreas menores de 20 km², poco heterogéneas en sus propiedades, por lo tanto, se utilizó este método para determinar el caudal en este estudio, debida a que estos se encuentran asociados a las aguas de escorrentía provenientes de la zona urbana. Esta metodología se atribuye generalmente a Kuicling (1888) y a Lloyd Davis (1906), pero ya Mulvaney (1851) había explicado claramente las bases de su fundamentación en un artículo.

La expresión más conocida es de la forma:

$$Q = \frac{C.I.A}{3.6}$$

(2.5.5.2. Método racional - Manual de Drenaje para Carreteras, INVIAS)

Dónde:

Q : Caudal pico efectivo (m³/s)
C : Coeficiente de escorrentía (adimensional).
I : Intensidad de la precipitación expresada en (mm/h).
A : Área de drenaje de la cuenca expresada en (km²).

Por ende, se procede a la determinación los caudales para las microcuencas delimitadas:

Tabla 1. Caudales de diseño obtenidos.

MICROCUENCA	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	ÁREA (km²)	CAUDAL (m³/seg)
T1	0.60	0.013	0.014
T2		0.017	0.025
T3		0.011	0.010
T4		0.010	0.018
T5		0.011	0.024
T6		0.024	0.015
T7		0.018	0.027
T8		0.017	0.010
T9		0.015	0.019
T10		0.011	0.026
T12		0.014	0.026
T13		0.009	0.001

Fuente: Autor.

HIDRÁULICA

16. GEOMORFOLOGIA NORTE DEL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

GEOMORFOLOGÍA

El municipio de Riohacha se localiza en la franja norte del departamento de La Guajira, en la zona costera del mar Caribe, y presenta una geomorfología que refleja la interacción entre procesos fluviales, marinos y eólicos, además de la influencia de la serranía de la Sierra Nevada de Santa Marta y las planicies aluviales del río Ranchería. Su relieve es predominantemente plano a suavemente ondulado, lo cual condiciona las dinámicas de escorrentía superficial y los procesos de drenaje asociados a la infraestructura vial proyectada.

Unidades geomorfológicas principales

1. **Planicie costera marina**

    - Se extiende paralela al litoral del mar Caribe, con altitudes que varían entre 0 y 20 m s.n.m.
    - Se caracteriza por depósitos marinos recientes conformados por arenas finas, limos y materiales retrabajados por acción de las mareas y el oleaje.
    - Presenta zonas bajas sujetas a encharcamientos temporales durante periodos de lluvias intensas, con procesos de erosión y sedimentación activa.

2. **Terrazas aluviales y planicies del río Ranchería**

    - Constituyen las formaciones más relevantes en la zona urbana y periurbana de Riohacha.
    - Estas terrazas corresponden a depósitos fluviales antiguos y recientes, con materiales compuestos por gravas, arenas y limos, lo que las convierte en áreas relativamente planas con pendientes entre 0 % y 3 %.
    - La planicie aluvial del Ranchería es susceptible a inundaciones periódicas debido al desbordamiento del cauce principal y a la baja capacidad de drenaje de los suelos arcillosos en ciertas áreas.

3. **Depresiones y ciénagas costeras**

    - En sectores periféricos y hacia la franja costera occidental se presentan zonas depresionales y humedales asociados a antiguos brazos de marea, ciénagas y esteros.
    - Estas áreas tienen influencia directa en los procesos de acumulación de agua superficial y en la recarga hídrica, lo que representa un factor determinante para el diseño del sistema de drenaje vial.

4. **Formaciones eólicas y dunas costeras**

    - Se encuentran al norte y nororiente del municipio, donde los vientos alisios predominantes movilizan arenas de origen marino, conformando dunas activas y semifijas.
    - Estas geoformas pueden generar problemas de movilidad de sedimentos sobre superficies pavimentadas si no se implementan medidas de control ambiental y de estabilización.

5. **Influencias de la Sierra Nevada de Santa Marta**

    - Aunque la mayor parte del municipio corresponde a planicies bajas, hacia el occidente y sur se observa la influencia de estribaciones menores provenientes de la Sierra Nevada.
    - Estas geoformas generan microcuencas que drenan hacia la llanura costera y aportan caudales intermitentes durante la temporada de lluvias.

Implicaciones geomorfológicas para el proyecto

- El predominio de planicies aluviales y costeras con suelos de baja pendiente implica que la escorrentía superficial es lenta, lo que favorece encharcamientos y acumulaciones de agua en época de lluvias.
- La susceptibilidad a inundaciones en la zona urbana, asociada al río Ranchería y a depresiones costeras, hace necesario un sistema de drenaje pluvial eficiente en la malla vial proyectada.
- La dinámica eólica en sectores cercanos al litoral puede generar acumulación de arenas sobre la superficie vial, lo que requiere obras de mitigación y protección.
- La heterogeneidad de los depósitos (arenosos, limosos y arcillosos) condiciona el comportamiento geotécnico del terreno y debe ser considerado en el diseño estructural del pavimento rígido.



10.2 **HIDRÁULICA VIAL**

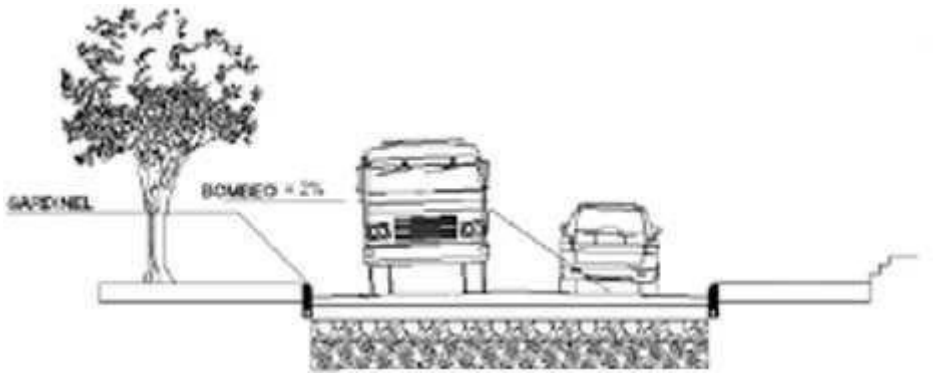
Los criterios utilizados para el análisis vial son los siguientes:

- ✓ Se optó por determinar las dimensiones de la estructura correspondiente al área aferente delimitada.
- ✓ Se aplicó la ecuación de Manning para determinar el caudal que puede transportar la vía, cuya ecuación se muestra a continuación:

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

Dónde:

A= Área de la sección hidráulica (m^2).
Rh= Radio hidráulico (m).
S= Pendiente (m/m).
n= Coeficiente de rugosidad.
Q= Caudal (m^3/s).



Q = Caudal en m³/s.
b = Ancho solera en m.
n = Rugosidad.
S = Pendiente en m/m.
Y = Tirante normal en m.
H = Altura de Canal en m.
A = Área hidráulica en m².
T = Espejo de agua en m.
F = Número Froud.
P = Perímetro en m.
R = Radio hidráulico en m.
V = Velocidad en m/s.
E = Energía Específica en m-kg/kg.

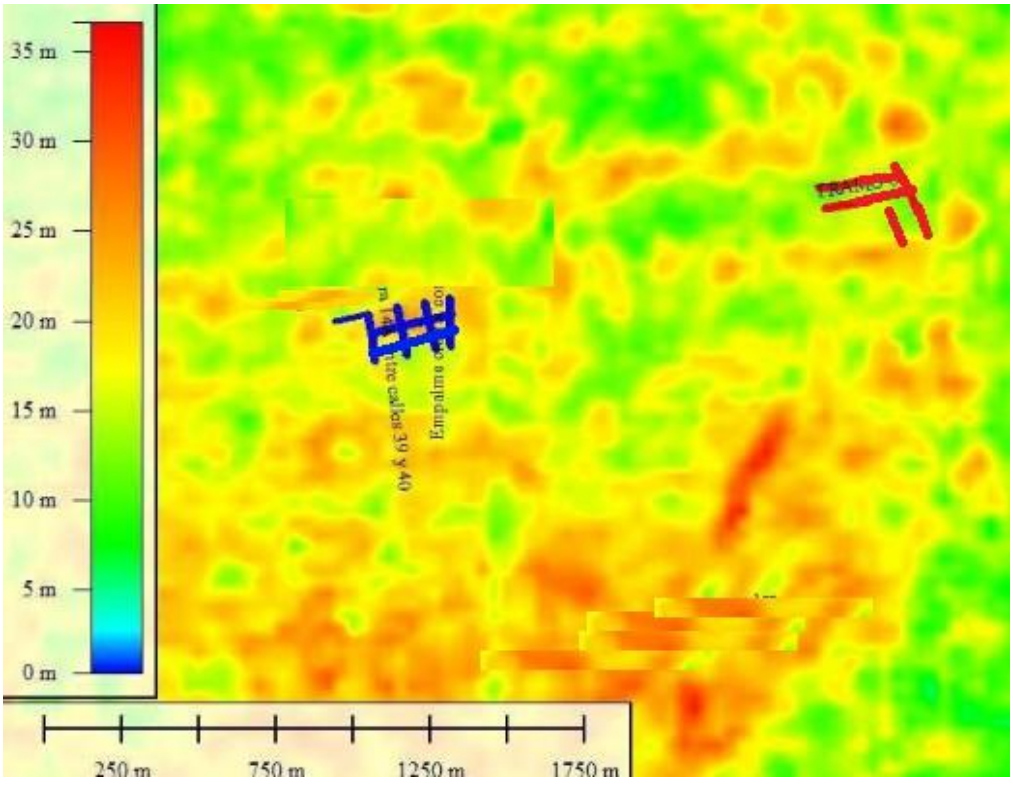
TIPO DE REVESTIMIENTO		
Tierra	*1*	*0.035*
Concreto	*2*	*0.013*
Emboq.	*3*	*0.025*

10.3 CALCULO LÁMINA DE AGUA Y PERFIL HIDRÁULICO SOFTWARE HEC-RAS

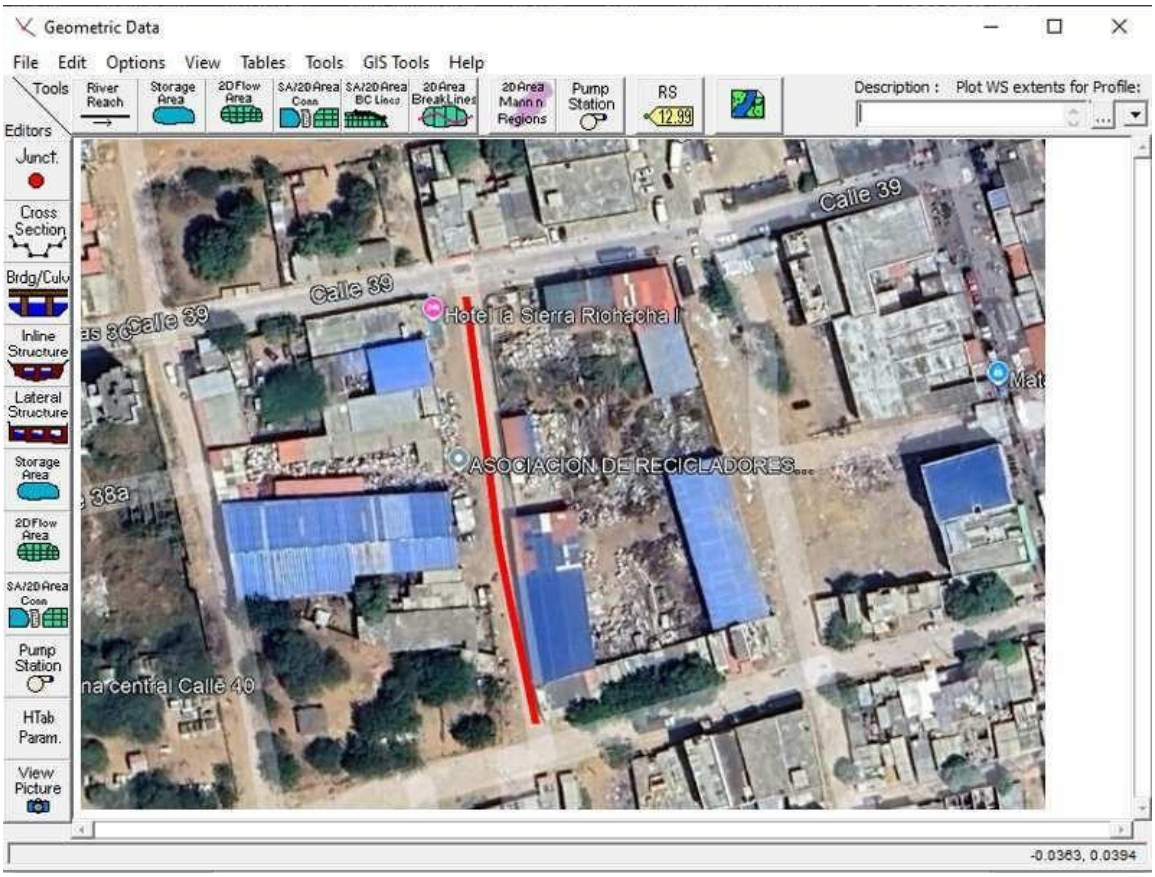
El programa HEC-RAS desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos de América es un sistema integrado de software para análisis hidráulico. En este caso se utilizó para la determinación de la altura de lámina de agua de acuerdo al caudal generado:

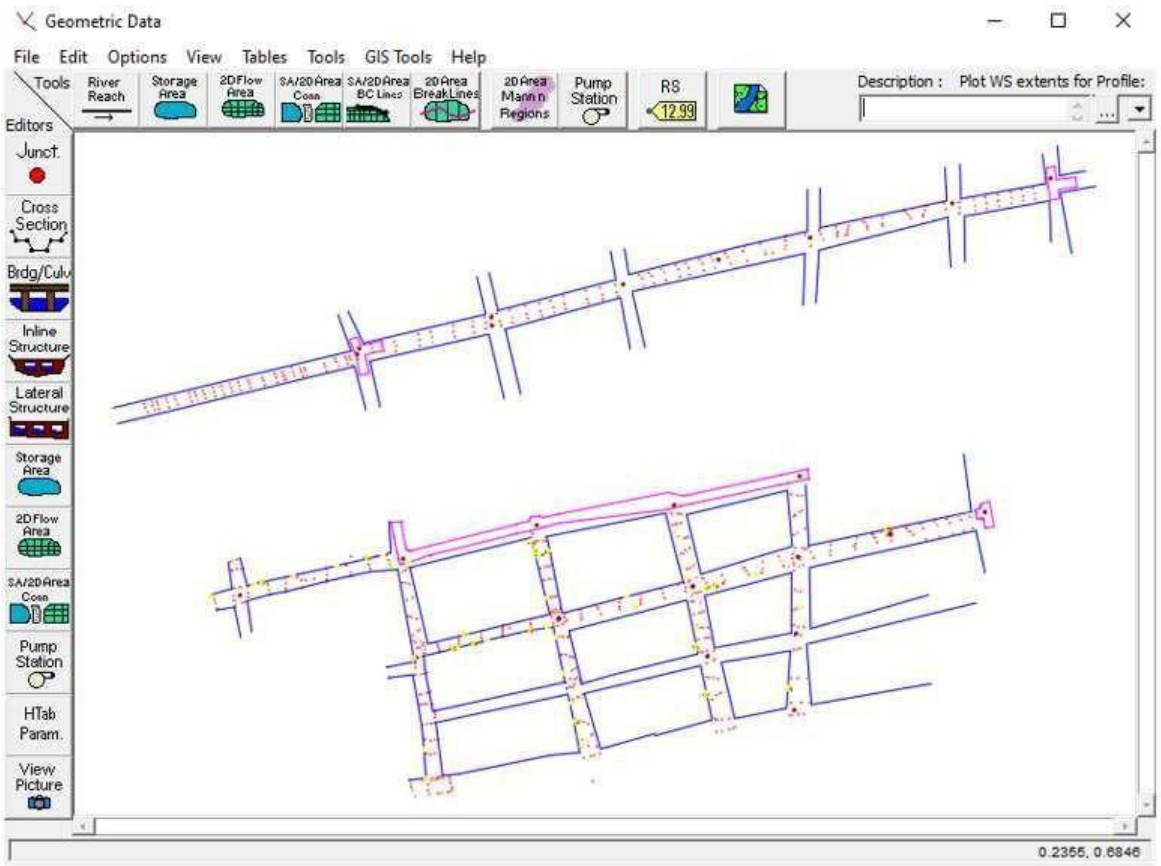


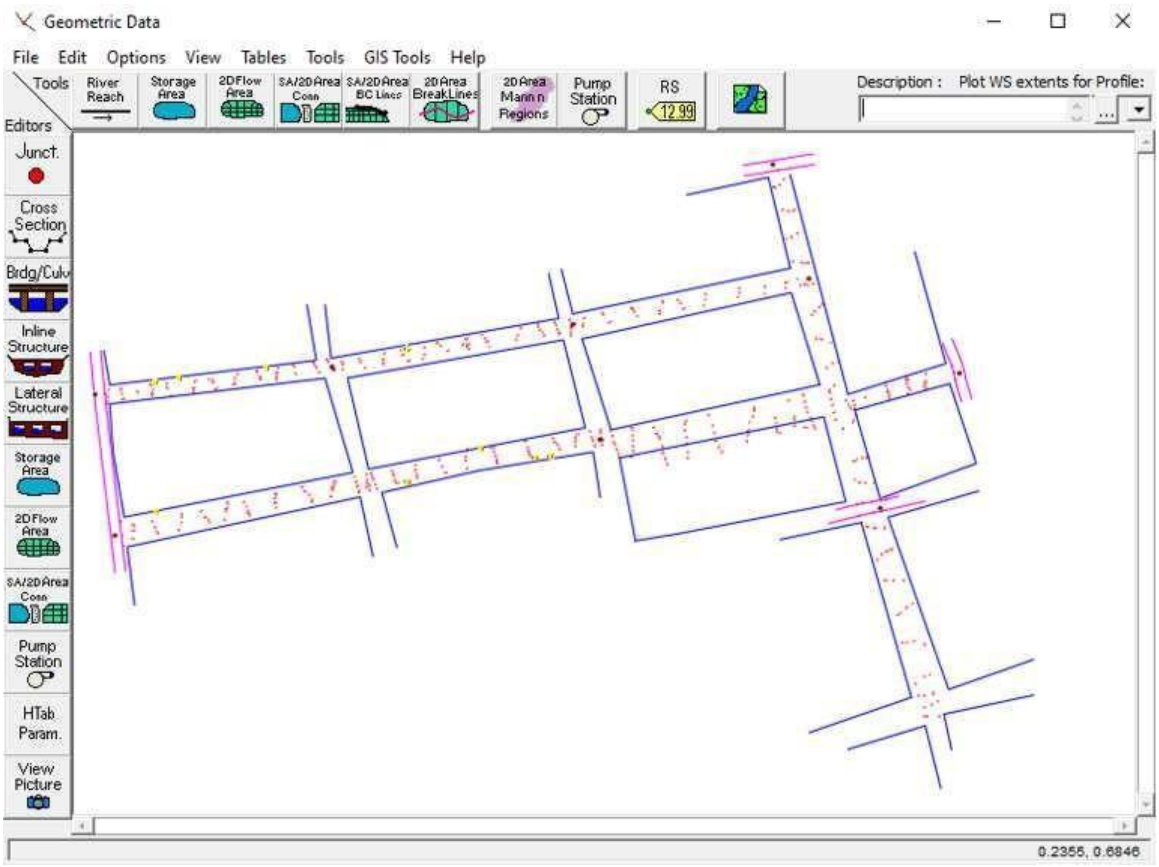
MODELO DIGITAL DE ELEVACION



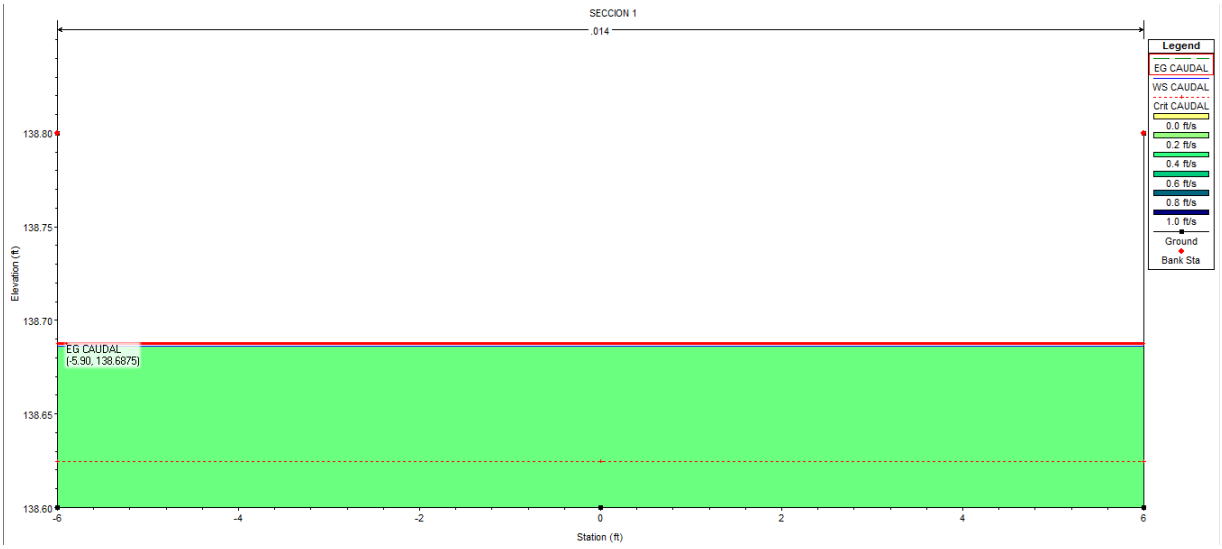
VISTA EN PLANTA TRAMOS A INTERVENIR




Geometric Data
File Edit Options View Tables Tools GIS Tools Help
Tools
River Reach
Storage Area
2D Flow Area
SA/2D Area Conn
SA/2D Area BC Lines
2D Area Break Lines
2D Area Manin Regions
Pump Station
RS
12.99
Description :
Plot WS extents for Profile:
Editors
Junct.
Cross Section
Brdg/Culv
Inline Structure
Lateral Structure
Storage Area
2D Flow Area
SA/2D Area Conn
Pump Station
HTab Param.
View Picture
0.2355, 0.6846


Geometric Data
File Edit Options View Tables Tools GIS Tools Help
Tools
River Reach
Storage Area
2D Flow Area
SA/2D Area Conn
SA/2D Area BC Lines
2D Area Break Lines
2D Area Mann n Regions
Pump Station
RS
12.99
Description : Plot WS extents for Profile:
Editors
Junct.
Cross Section
Brdg/Culv
Inline Structure
Lateral Structure
Storage Area
2D Flow Area
SA/2D Area Conn
Pump Station
HTab Param.
View Picture
0.2355, 0.6846

CORTE TRANSVERSAL

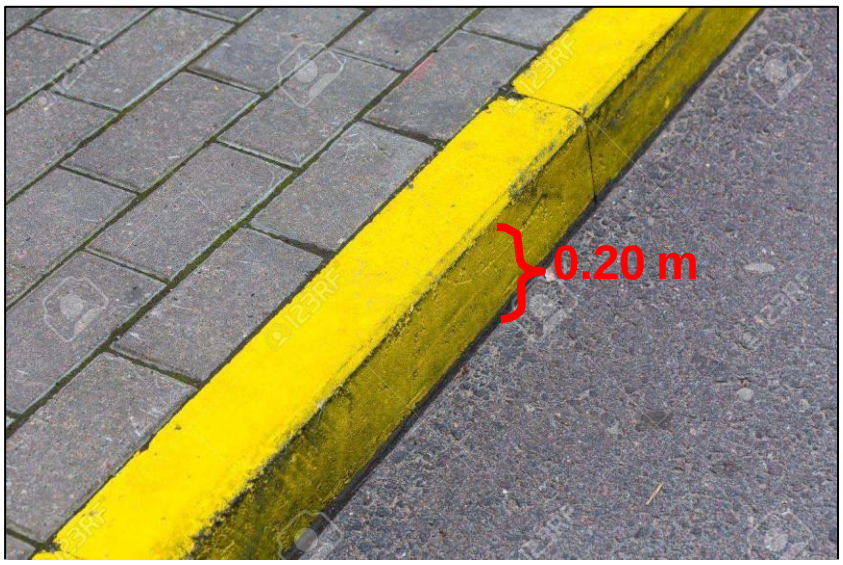


Fuente: Elaborado por el autor.

De acuerdo al análisis hidráulico se determina una altura lámina de agua de 8.04 cm aproximadamente.

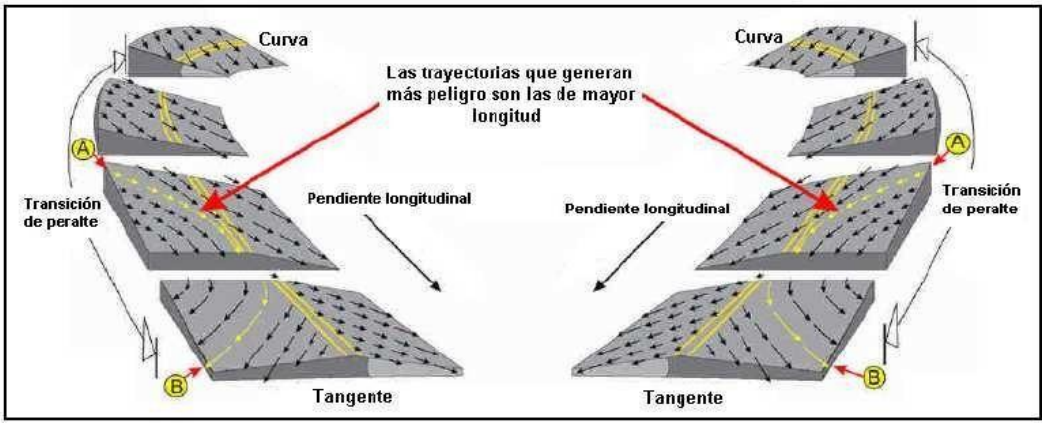
Velocidad del flujo: 0.015 m/seg

De acuerdo a los resultados obtenidos y garantizar la seguridad vial, la comodidad peatonal y evitar daños a los bienes de la comunidad causados por la escorrentía superficial se recomienda una altura de bordillo mínima de 0.20 m =20 cm.



Las recomendaciones adicionales para el mantenimiento de la vía y sus obras de drenaje, son las siguientes:

- Mediante el diseño geométrico proveer la vía con pendientes necesarias para la evacuación del caudal por escorrentía de la estructura de pavimento.



Fuente: Manual de Drenaje INVIAS.

23. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El área urbana de Riohacha presenta condiciones geomorfológicas de planicies aluviales y costeras con baja pendiente, lo que favorece procesos de encharcamiento y acumulación de aguas lluvias, especialmente durante eventos de precipitación intensa. Los análisis hidrológicos realizados, con base en información histórica del IDEAM y en la aplicación de la distribución de Gumbel, permitieron estimar precipitaciones máximas de hasta 388,5 mm para un periodo de retorno de 100 años, lo que evidencia la necesidad de diseñar un sistema de drenaje robusto. El cálculo de caudales mediante el método racional, con un coeficiente de escorrentía promedio de 0,60, determinó caudales de diseño acordes con las características urbanas del sector, validando su aplicabilidad en microcuencas menores a 20 km².

El análisis hidráulico realizado con HEC-RAS permitió establecer una altura máxima de lámina de agua de 8,04 cm y velocidades de flujo bajas (0,015 m/s), lo que indica que la escorrentía superficial no es de alta energía, por ende no genera riesgos de inundación y deterioro prematuro del pavimento.

Se concluye que las condiciones hidrológicas y geomorfológicas del área hacen indispensable la implementación de un sistema de drenaje superficial eficiente, complementado con obras de protección contra encharcamientos en puntos críticos.

Recomendaciones

a) Diseñar cunetas y bordillos con una altura mínima de 0,20 m, de acuerdo con lo recomendado por el Manual de Drenaje del INVIAS, garantizando la conducción segura de los caudales de escorrentía.
b) Incorporar pendientes transversales y longitudinales adecuadas en la vía, que aseguren el rápido desalojo de las aguas lluvias hacia las estructuras de drenaje.
c) Realizar un mantenimiento periódico de las obras de drenaje (cunetas, sumideros y alcantarillas), evitando taponamientos por sedimentos, arenas e incluso residuos sólidos que puedan reducir la capacidad hidráulica del sistema.
d) Considerar en el diseño estructural del pavimento las características expansivas y la variabilidad de humedad de los suelos locales, mediante técnicas de estabilización y control de erosión.
e) Implementar un programa de monitoreo climático e hidrológico, que permita ajustar los diseños y operaciones de mantenimiento según la variabilidad

climática interanual y la posible influencia de fenómenos como El Niño y La Niña.

f) Coordinar con las autoridades locales la ejecución de obras complementarias de control ambiental, como revegetalización, manejo de sedimentos y disposición adecuada de aguas en zonas bajas, con el fin de reducir el impacto en la comunidad y prolongar la vida útil de la infraestructura.



ALVARO RAFAEL MEJIA ACOSTA
Ing. Ambiental y Sanitario
M.P. N°20260-283317 CES.

BIBLIOGRAFIA

- Chow, V. T. (1988). Applied hydrology. McGraw-Hill.
- Linsley, R. K., Franzini, J. B., Freyberg, D. L., & Tchobanoglous, G. (1992). Ingeniería de recursos de agua (4ta ed.). McGraw-Hill.
- Ponce, V. M. (1989). Engineering hydrology: Principles and practices. Prentice Hall.
- Ven Te Chow. (1959). Open-channel hydraulics. McGraw-Hill.
- Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2010). Normas de diseño geométrico de carreteras en Colombia. Bogotá, Colombia.
- Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2013). Manual de drenaje vial. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2018). Especificaciones generales de construcción de carreteras. Bogotá, Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2020). Atlas climatológico de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Arboleda, J., & Mejía, A. (2015). Evaluación del impacto de la escorrentía en carreteras de zonas áridas. Revista de Ingeniería Civil y Ambiental, 10(2), 45-60.
- U.S. Army Corps of Engineers. (2016). HEC-RAS River Analysis System (Version 5.0.3) [Software]. Hydrologic Engineering Center.
- U.S. Department of Agriculture (USDA). (1986). Urban hydrology for small
- IDEAM. (2022). Bases de datos climatológicas e hidrológicas de Colombia. https://www.ideam.gov.co/
- Google Earth. (2024). Imágenes satelitales del sur del departamento de La Guajira. https://earth.google.com/

MATRICULA PROFESIONAL CONSULTOR

El presente estudio estuvo dirigido por el Ingeniero **ALVARO RAFAEL MEJIA ACOSTA**, Especialista en Gestión Ambiental – Fundación Universitaria del Área Andina, con matrícula profesional N°20260-283317 CES.



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO PARA LA MALLA VIAL DEL MUNICIPIO DE RIOHACHA EN EL DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA.

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4309479

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que ALVARO RAFAEL MEJIA ACOSTA, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1065644737, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA con MATRICULA PROFESIONAL 20260-283317 desde el 21 de Agosto de 2014, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1265.

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 doce (12) días del mes de Febrero del año dos mil veintiseis (2026).



Rubén Dario 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.