

***“PAVIMENTACION EN CONCRETO RIGIDO DE VIAS URBANAS DEL
MUNICIPIO DE SAN ANTONIO DE PALMITO, DEPARTAMENTO DE SUCRE”***

ESTUDIO HIDROLÓGICO

MUNICIPIO DE SAN ANTONIO DE PALMITO—SUCRE

TABLA DE CONTENIDO

1.	ESTUDIO HIDROLOGICO.....	6
1.1	OBJETO Y LOCALIZACION DEL PROYECTO.....	6
1.1.1	ASPECTOS GENERALES.....	6
1.1.2	EXTENSIÓN TERRITORIAL.....	6
1.1.3	LOCALIZACIÓN DE PROYECTO.....	7
1.1.4	LOCALIZACIÓN PARTICULAR DE LA VÍA.....	8
1.1.5	FISIOGRAFÍA.....	9
1.1.6	CLIMATOLOGÍA.....	9
2.	METODOLOGÍA.....	10
2.1	MORFOMETRÍA.....	10
2.1.1	ÁREA.....	10
2.1.2	CLASIFICACIÓN.....	10
2.1.3	Perímetro.....	10
2.1.4	Longitud axial.....	10
2.1.5	Ancho promedio.....	10
2.1.6	Forma.....	11
2.1.7	Coeficiente de compacidad.....	11
2.1.8	Factor de forma.....	11
2.1.9	Características hidrológicas de la cuenca.....	11
2.1.10	Pendiente del cauce principal.....	11
2.1.11	Densidad de drenaje.....	12
2.1.12	Densidad de corriente.....	12
2.1.13	Tiempo de concentración.....	12
2.1.14	CÁLCULOS METEOROLÓGICOS.....	12
2.1.15	INTENSIDAD DE LLUVIA.....	13
2.1.16	CAUDAL MAXIMO O DE DISEÑO.....	13
2.1.17	CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA (IDF).....	14
2.1.18	CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN DE EXCESO.....	14
3.	RESULTADOS.....	15
3.1	PARAMETROS GENERALES DE LAS CUENCAS.....	15
3.2	MORFOMETRÍA DE LA CUENCA.....	15

3.2.1	CUENCA 1.....	15
3.3	PERÍMETRO.....	16
3.4	LONGITUD AXIAL.....	16
3.5	ANCHO PROMEDIO.....	16
3.6	FORMA.....	16
3.6.1	COEFICIENTE DE COMPACIDAD.....	16
3.7	FACTOR DE FORMA.....	17
3.8	CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LA CUENCA.....	18
3.8.1	PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL.....	18
3.8.2	DENSIDAD DE DRENAJE.....	18
3.8.3	DENSIDAD DE CORRIENTE.....	18
3.8.4	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	18
3.9	INTENSIDAD DE LLUVIA.....	19
3.10	CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO O DE DISEÑO.....	22
3.10.1	CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN CRÍTICA PARA VARIOS PERÍODOS DE RETORNO....	22
3.11	CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN DE EXCESO.....	23
3.12	CLASIFICACIÓN HIDROLÓGICA.....	23
3.12.1	CUENCA.....	24
✓	Condición de humedad antecedente.....	24
4.	CONCLUSIONES.....	34
5.	RECOMENDACIONES.....	36
	Departamento de Bolívar.....	37

TABLA DE ILUSTRACIONES.

Ilustración 1 Localización satelital del proyecto.....	7
Ilustración 2 Localización particular de la vía.....	8

TABLAS

Tabla 2 Clasificación de las cuencas según su área.....	15
Tabla 3 Forma de la cuenca según el coeficiente de compacidad.....	17
Tabla 4 Precipitación acumulada para tres niveles de condición de humedad antecedente.....	24

1. ESTUDIO HIDROLOGICO.

1.1 OBJETO Y LOCALIZACION DEL PROYECTO.

1.1.1 ASPECTOS GENERALES.

El presente informe contiene el estudio de hidrología para el Pavimento rígido en la zona urbana; en el Municipio de San Antonio de Palmito, Departamento de Sucre del proyecto: **“PAVIMENTACION EN CONCRETO RIGIDO DE VIAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO DE PALMITO, DEPARTAMENTO DE SUCRE”**.

El municipio de San Antonio de Palmito, reconocido por su vocación agrícola, ganadera y artesanal, con una fuerte tradición cultural asociada a las comunidades indígenas Zenú, se encuentra ubicado en el norte del departamento de Sucre, dentro de la subregión del Golfo de Morrosquillo, en la región Caribe Colombiana. Cuenta con una población aproximada de 18.000 a 20.000 habitantes (según proyecciones basadas en información del DANE y SISBÉN) y está dividido políticamente en la cabecera municipal de San Antonio de Palmito y varios corregimientos, veredas y caseríos rurales. Su economía se sustenta principalmente en la agricultura (maíz, yuca, arroz y ajonjolí), la ganadería, la artesanía en caña flecha y el comercio local. Como principal vía de acceso terrestre cuenta con la red vial secundaria que lo conecta con Sampués, Tolú y Sincelejo, facilitando la articulación con los principales centros urbanos del departamento y la subregión del Golfo de Morrosquillo.

1.1.2 EXTENSIÓN TERRITORIAL.

El Municipio de San Antonio de Palmito presenta una extensión aproximada de 30.700 hectáreas (307 km²)

1.1.3 LOCALIZACIÓN DE PROYECTO.

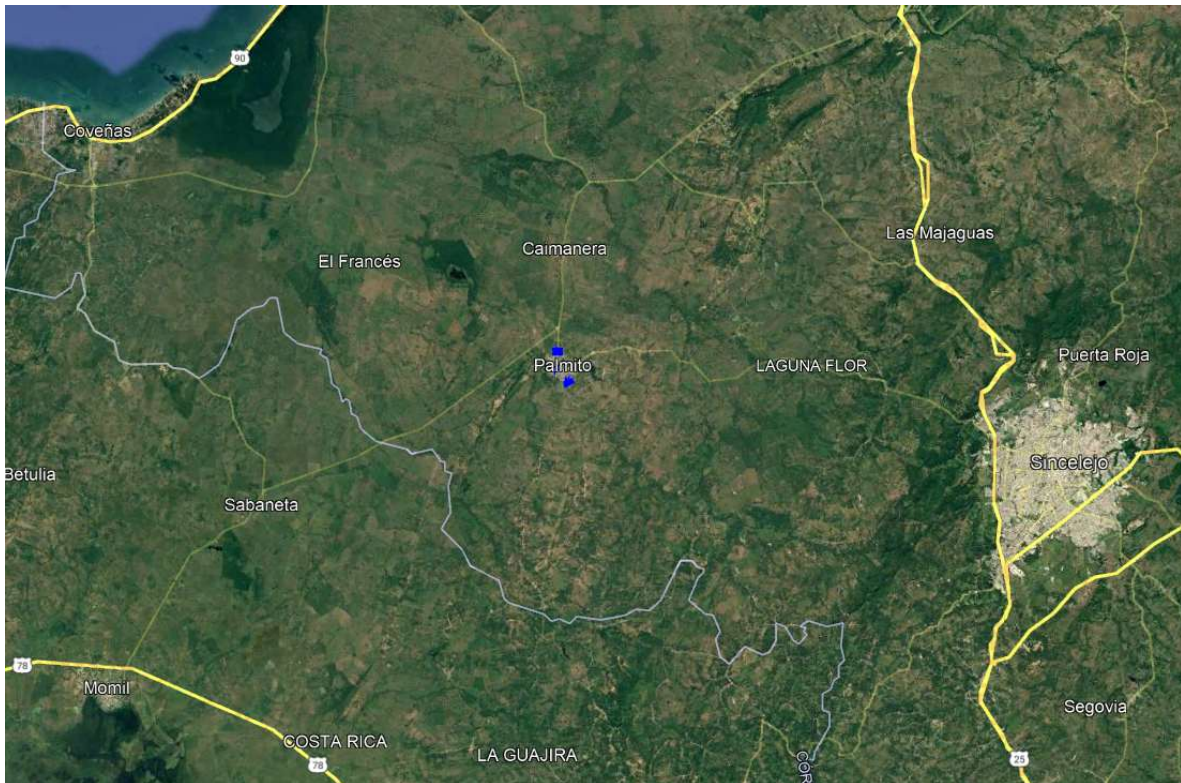


Ilustración 1 Localización satelital del proyecto

El municipio de San Antonio de Palmito se encuentra ubicado al noreste del departamento de Sucre, en la subregión del Golfo de Morrosquillo en la región Caribe Colombiana. Está localizado geográficamente entre las siguientes coordenadas: aproximadamente 9° 20' de latitud norte y 75° 33' de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

1.1.4 LOCALIZACIÓN PARTICULAR DE LAS VÍAS.



Ilustración 2 Localización particular de la vía

Las vías urbana que se pretende intervenir se encuentra en la cabecera del Municipio de San Antonio de Palmito, Departamento de Sucre, tiene una longitud total de 922,5 m y se va intervenir con la construcción de tramos de 289.64, 63.29, 74.76, 55.81, 236.70 y 202,3 Mts de de pavimento rigido, con un ancho de calzada de 6.00 mts, ancho de placa huella de 6.00 mts, espesor de la placa 0,20 mts y espesor sub base 0,30 mts, de conformidad con los alineamientos, pendientes y dimensiones indicados en los planos y demás documentos del proyecto de acuerdo a las especificaciones establecidas por el INVIAS, y las contenidas en los manuales de diseño y dosificación de mezcla de concreto para diseño de pavimento, finalizada la fase de construcción, se instalaran señales permanentes de tránsito, como medida de regulación del flujo vehicular.

1.1.5 FISIOGRAFÍA

La fisiografía del municipio de San Antonio de Palmito presenta una topografía predominantemente plana a suavemente ondulada, característica de las planicies costeras del norte del departamento de Sucre, asociadas a la subregión del Golfo de Morrosquillo. Su relieve es bajo, con alturas promedio que oscilan entre 20 y 40 msnm, sin presencia de sistemas montañosos, lo que favorece el desarrollo de actividades agropecuarias. El territorio se encuentra influenciado por una red de arroyos de carácter estacional, zonas de drenaje natural y suelos de origen sedimentario, con pendientes generalmente bajas, del orden de 0–5%, lo que facilita el escurrimiento superficial lento y, en épocas de lluvias intensas, la ocurrencia de encharcamientos localizados. Los suelos, formados a partir de depósitos aluviales y marino-continentales, presentan condiciones aptas para la agricultura tradicional y la ganadería extensiva, integrándose al ecosistema de planicies costeras del Caribe colombiano.

1.1.6 CLIMATOLOGÍA



Según el sistema de clasificación de zonas de vida de L. R. Holdridge, el municipio de San Antonio de Palmito (Sucre), por sus características de relieve plano, baja a media altitud y régimen climático, corresponde a la formación vegetal de Zonobioma de Bosque Seco Tropical (bs-T). Esta zona se caracteriza por altas

temperaturas, precipitaciones moderadas y una marcada estacionalidad de las lluvias, lo que condiciona la cobertura vegetal y el uso del suelo. El territorio presenta además transiciones hacia áreas de sabanas y vegetación secundaria, influenciadas por arroyos estacionales y zonas de drenaje natural, donde se registran encharcamientos temporales durante las épocas de mayor precipitación.

TEMPERATURA La temperatura promedio en el área del municipio de San Antonio de Palmito (Sucre) es de aproximadamente 27,5 a 28,5 °C, con valores máximos diarios que oscilan entre 33,0 y 36,0 °C, registrándose los picos más altos durante los meses de febrero y marzo. Las temperaturas mínimas suelen ubicarse entre 23,0 y 25,0 °C, especialmente en horas nocturnas y durante la temporada de mayores precipitaciones. Estas condiciones térmicas son propias del clima cálido tropical característico de la subregión del Golfo de Morrosquillo.

PRECIPITACIÓN La precipitación promedio anual en el municipio de San Antonio de Palmito (Sucre) se sitúa aproximadamente entre 1.200 y 1.400 mm, con un régimen de lluvias concentrado principalmente entre los meses de abril y noviembre, presentando máximos entre mayo–junio y septiembre–octubre, patrón típico del clima cálido tropical del Caribe colombiano y de la subregión del Golfo de Morrosquillo. Durante los meses de diciembre a marzo predomina una estación relativamente seca.

2. METODOLOGÍA.

2.1 MORFOMETRÍA

La morfometría de la cuenca hidrográfica de la esorrentía en la longitud a construir; se determina calculando los siguientes parámetros:

2.1.1 ÁREA

El cálculo del área de la cuenca se determinó topográficamente.

2.1.2 CLASIFICACIÓN

Teniendo el cálculo del área, se procedió a clasificar la cuenca según tabla N° 1.

2.1.3 Perímetro

El perímetro se halló midiendo la envolvente de la cuenca en el plano resultado de la topografía.

2.1.4 Longitud axial

Se obtuvo tomando la distancia en el plano de los puntos más equidistantes de la cuenca.

2.1.5 Ancho promedio

Se calculó con la siguiente fórmula:

$$A = AT / LAX$$

Donde:

A = Ancho promedio

AT = Área Total

LAX = Longitud Axial

2.1.6 Forma.

Para obtener este parámetro se determinaron los siguientes coeficientes:

2.1.7 Coeficiente de compacidad

Se obtuvo utilizando la siguiente expresión:

$$K_c = 0.28P / \sqrt{A}$$

Donde:

K_c = Coeficiente de compacidad

P = Perímetro de la cuenca (Km)

A = Área de la cuenca (Km)

2.1.8 Factor de forma

Para hallar este parámetro se utilizó la siguiente ecuación:

$$K_f = A / L^2$$

Donde: K_f = Factor de forma

A = Área de la cuenca (km²)

L = Longitud axial de la cuenca (km)

2.1.9 Características hidrológicas de la cuenca

Se determinaron los siguientes parámetros:

2.1.10 Pendiente del cauce principal

Se utilizó el método de Alvord, donde la pendiente del cauce principal se determina hallando la diferencia de niveles entre los puntos más alejados del cauce principal y dividiendo el resultado entre su longitud.

$$S = \Delta H / L$$

Donde:

S = Pendiente del cauce principal

ΔH = Diferencia de nivel de los puntos extremos del cauce L = Longitud del cauce principal

2.1.11 Densidad de drenaje

Se calculó por la siguiente relación:

$$Dd = L / A$$

Donde:

L = Longitud total de las corrientes de agua (km)

A = Área total de la cuenca (Km²)

2.1.12 Densidad de corriente

Se calculó por la siguiente relación:

$$Dc = Nc / AT$$

Donde: Dc = Densidad de corrientes (km²)

Nc = Número total de corrientes

A = Área de la cuenca (km²)

2.1.13 Tiempo de concentración

Este parámetro se calculó usando la expresión de Kirpich:

$$Tc = 0.0195K^{0.77}$$

$$K = L / \sqrt{S}$$

L = Longitud del cauce principal (m)

S = Pendiente del cauce principal

2.1.14 CÁLCULOS METEOROLÓGICOS.

Comprende la identificación de las estaciones meteorológicas de utilidad, especialmente las de aforo y precipitación, para, a partir de los registros disponibles, determinar las precipitaciones de diseño, las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) y los hietogramas de diseño para los diferentes periodos de retorno considerados. La distribución temporal de la lluvia se asumió constante dado el reducido tamaño de la cuenca analizada.

2.1.15 INTENSIDAD DE LLUVIA.

Para calcular este ítem se utiliza la fórmula de Chow, dividiendo la precipitación de diseño entre el tiempo de concentración.

$$I = Pd/Tc$$

2.1.16 CAUDAL MAXIMO O DE DISEÑO.

Debido a que la cuenca de aportación no rebasa los 2.5 km², para este cálculo se utilizó el método Racional del MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS, del INSTITUTO NACIONAL DE VIAS (INVIAS) 2009, que es un método sencillo para calcular la lluvia efectiva como una función de la lluvia acumulada, la cobertura del suelo, el uso del suelo y las condiciones de humedad, para un periodo de 25 años.

Para ello, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = KCIA$$

Remplazando el parámetro K por factores que se relacionan directamente con la Precipitación y el Tiempo de Concentración en la cuenca aportante

$$Q = C \cdot (P_{ex} \cdot A) / Tc$$

Donde:

Q = caudal (m³/s) C= Coeficiente de Escorrentías. P_{ex}= Precipitación de exceso (m)

A = Área de la cuenca (m²) T_c=Tiempo de Concentración.

2.1.17 CURVAS INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA (IDF).

Estas curvas han sido deducidas para calcular los caudales pico de hoyas hidrográficas con áreas de drenaje de hasta 2,5 km² y para los cálculos de lluvia total para áreas de drenaje mayores a 2,5 km². Las curvas IDF de la estación con influencia en el proyecto, han sido obtenidas a partir del método definido por el Instituto de Hidrología y Meteorología IDEAM.

Utilizando la formula I: $\frac{C1}{(D+Xo)^{c2}}$

2.1.18 CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN DE EXCESO.

Para determinar la precipitación de exceso, se utilizó el método del SERVICIO DE CONSERVACION DE SUELOS (SCS) con la siguiente ecuación:

$$P_{ex} = (P - 0.2S)^2 / (P + 0.8S)$$

Donde:

P = Precipitación de diseño (mm)

S = Pérdidas potenciales de la cuenca (pulg)

El valor de CN se obtiene a través de las condiciones hidrológicas de los suelos, teniendo en cuenta el grupo hidrológico, la Condición Antecedente de humedad CAH y el uso de los suelos, con los anexos 3,4 y 5.

Con el caudal máximo, se procedió a diseñar el Pavimento en Concreto en la longitud de 289,64 m; **siendo este el mas critico** de acuerdo con el tipo de material, que en este caso es en concreto reforzado y las velocidades y pendientes máximas que éstas permiten, de tal manera que las velocidades no sean menores que la mínima permitida para evitar la acumulación de sedimentos en ellas.

3. RESULTADOS

3.1 PARAMETROS GENERALES DE LAS CUENCAS

En la longitud de 289 **mts** a Intervenir con la construcción de Pavimento en Concreto, se observó el cauce de escurrimiento que tiene influencia directa en la cuenca hidrológica aportante, se determinó la cuenca aportante y los parámetros generales.

3.2 MORFOMETRÍA DE LA CUENCA

3.2.1 CUENCA UNICA

Área : La superficie encerrada por la divisoria topográfica para el Tramo ubicado en la longitud de 289,64 **ml**; es de 0,645 Km². De acuerdo a la tabla N° 1, las cuencas se clasificaron como UNIDAD, puesto que presenta una extensión menor a 5 Km²

Nombre	Superficie Km ²
UNIDAD	5 o menos
SECTOR	Entre 5 y 20
MICROCUENCA	Entre 20 y 100
SUBCUENCA	Entre 100 y 300
CUENCA	Mayores de 300

Tabla 1 Clasificación de las cuencas según su área¹

3.3 PERÍMETRO

✓ El perímetro de la cuenca la longitud de 273 **ml**; es de. 2,84 km

3.4 LONGITUD AXIAL.

✓ Para el Tramo la longitud de 273 **ml**; Se obtuvo un valor de 906 mts.

¹ Fuente: Curso de hidrología 1994 Pag 23.

Lax = 906 mts = 0,906 km.

3.5 ANCHO PROMEDIO

Se calculó con la siguiente fórmula:

$$A = AT / LAX$$

Para el Tramo de longitud de 289 ml.

A = Ancho promedio

AT1 = 0,645 km² Lax = 0,906

Entonces el ancho promedio es:

$$A = 0,645 / 0,906 = 0,711 \text{ km}$$

3.6 FORMA

3.6.1 COEFICIENTE DE COMPACIDAD

$$Kc = 0.28P / \sqrt{A}$$

Para el Tramo de 273 ml

$$Kc = (0.28 * 2,84) / \sqrt{0,645} = 0,99 = 1$$

De acuerdo al valor obtenido y a la tabla N° 2, la cuenca tiende a tener forma **REDONDA A OVAL REDONDA**, esto indica que el tiempo de concentración, que es el tiempo en minutos que tarda el agua en concentrarse hacia el punto de drenaje y está en función del desnivel entre el punto más alejado de la cuenca y el sitio de drenaje, se hace mayor.

VALORES DE Kc	FORMA
1,0 -1,25	Redonda a oval
1,25-1,50	De oval redonda a oval oblonga
1,50-1.75	De oval oblonga a rectangular oblonga

Tabla 2 Forma de la cuenca según el coeficiente de compacidad²

² Jiménez, Hanry. Hidrología básica I. Cali: Universidad del Valle 1986. p29

3.7 FACTOR DE FORMA.

Para hallar este parámetro se utilizó la siguiente ecuación:

$$K_f = A/L^2$$

$$K_f = 0,645 \text{ km}^2 / (0,906)^2 = 0,786$$

Según este valor de factor de forma la cuenca tiene forma de **Redonda** y presenta susceptibilidad a las crecidas, es propensa a tener lluvias intensas y simultáneas sobre su superficie.

3.8 CARACTERISTICAS HIDROLOGICAS DE LA CUENCA.

Las principales características se determinan a continuación

3.8.1 PENDIENTE DEL CAUCE PRINCIPAL.

Topográficamente se hallaron las diferencias de nivel y la longitud del cauce principal para calcular la pendiente.

La Cuenca presenta las siguientes características:

$$H_1 = 22 \text{ m} \quad H_2 = 17 \text{ m} \quad L = 906 \text{ m}$$

$$\Delta H = 35,50 - 30,50 = 5 \text{ m}$$

La pendiente se calcula con la fórmula de Alvord:

$$S = \Delta H / L = 5/906 = 0,00552 = 0,55 \%$$

Para esta cuenca la pendiente es de 0,55 %, lo cual indica que la zona de estudio presenta pocas diferencias de nivel, el terreno es plano.

3.8.2 DENSIDAD DE DRENAJE.

Se calculó por la siguiente relación:

$$D_d = L / A$$

Donde:

$$L = 0,906 \text{ km} \quad A = 0,645 \text{ km}^2$$

$$D_d = 0,906 / 0,645 = 1,40 \text{ km/km}^2$$

Según este valor de densidad de drenaje, la cuenca presenta un bajo drenaje.

3.8.3 DENSIDAD DE CORRIENTE.

Se calculó por la siguiente relación:

$$D_c = N_c / AT$$

Donde:

$$N_c = 1$$

$$A = 0,645 \text{ km}^2$$

$$D_c = 1 / 0,645 = 1,55$$

Este valor indica que la densidad de corriente es baja.

3.8.4 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.

Los resultados obtenidos aplicando la fórmula de Kirpich:

$$K = L / \sqrt{S}$$

$$K = 906 \text{ mts} / \sqrt{0,0055} = 12243$$

$$T_c = 0.0195 K^{0,77} = 0.0195 (12243)^{0,77} \approx 27,40 \text{ min.} \approx 0,46 \text{ horas.}$$

27,40 minutos o 0,46 horas es el tiempo que demora una partícula en atravesar el cauce principal de la cuenca para el Pavimento en Concreto

La Cuenca para para el Tramo presenta las siguientes características:

3.9 INTENSIDAD DE LLUVIA.

El valor de la precipitación de diseño se obtiene en cálculos posteriores. Se calculó por la fórmula:

$$I = \frac{a * T^b * M^d}{(t/60)^c}$$

para un periodo de retorno T de 25

I: Intensidad de precipitación (mm/hor)

T: Periodo de retorno (años)

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 horas a nivel multianual (mm)

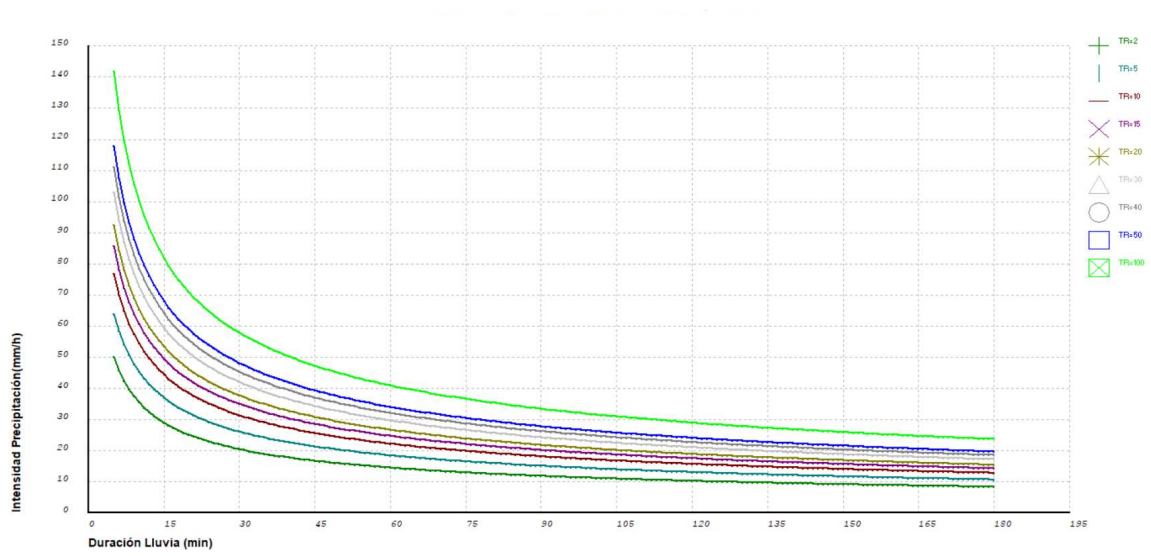
t: Duración de la lluvia (min)



Valares
b, c, d
de las

para

de los
coeficientes a,
para el cálculo
curvas
Intensidad-
Duración-
Frecuencia. IDF:
Colombia,



M =17,40mm /5,983 min= 2,908 mm/min M =17,40mm /0,0997 hor = 174,481 mm/hor

El valor de la precipitación de diseño se obtiene en cálculos posteriores:

$$I = \frac{24,87 * 25^{0,22} * 174,481^{0,1}}{(6)^{0,5}}$$

I =34.512 mm/hor

I = 0,575 mm/min

I = 0,575 mm/min.

I = 34,512 mm/hora.

3.10 CÁLCULO DEL CAUDAL MÁXIMO O DE DISEÑO.

3.10.1 CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN CRÍTICA PARA VARIOS PERÍODOS DE RETORNO

Primero usando las coordenadas del proyecto y con un radio de 10 km.

Ruta de Google-Earth


Pegar
Coordenadas KML
de Google-Earth


Enviar Coordenadas
en KML a
Google-Earth

#	Latitud (g,m,s)	Longitud (g,m,s)
1	9,19,57.338	-75,32,34.6947
2	9,19,56.3733	-75,32,32.6809
3	9,19,58.502	-75,32,31.4233
4	9,19,59.4922	-75,32,33.4582
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		

Forma de Rastreo

☒ Cerca a la Ruta ☐ Dentro de Ruta

Distancia Máxima (Km):

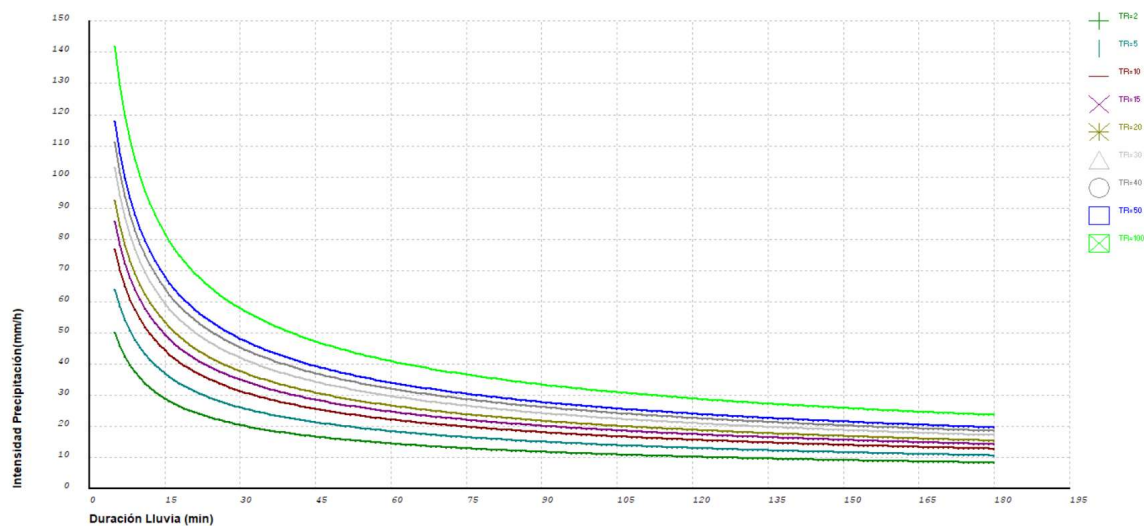
Lo cual nos arroja tres estaciones en el sector; sin embargo se toma solo datos de la pastora

ESTACIONES CLIMÁTICAS A ANALIZAR				Seleccionar
#	Código Estación	Factor de Ponderación	Nombre Estación Climática	
1	13090200	1	PALMITO	
2	13090230	1	PASTORAL A	
3	13097040	1	CERRO BOMBA	

Tomando como base los datos de precipitación diarios máximos en 24 horas, obtenidos en la Estación: PASTORA LA (Sincelejo), se aplicaron los métodos mencionados anteriormente, para luego escoger el mayor resultado.

Para hallar la precipitación de diseño, se calcularán las precipitaciones críticas en la estación utilizando las curvas de Intensidad Duración Frecuencia- **IDF**, considerando que esa fue la precipitación de la zona que se puede repetir.

ESTACION PASTORA LA (9°17'36" N - 75°29'31 W) PLUVIOMETRICA. El análisis de precipitación se llevó a cabo con los registros pluviométricos suministrados por el IDEAM de la Estación PASTORA LA (SINCELEJO), correspondiente a valores totales y máximos mensuales de precipitación, durante el período comprendido entre 2005 y 2025, para un total de 20 años.

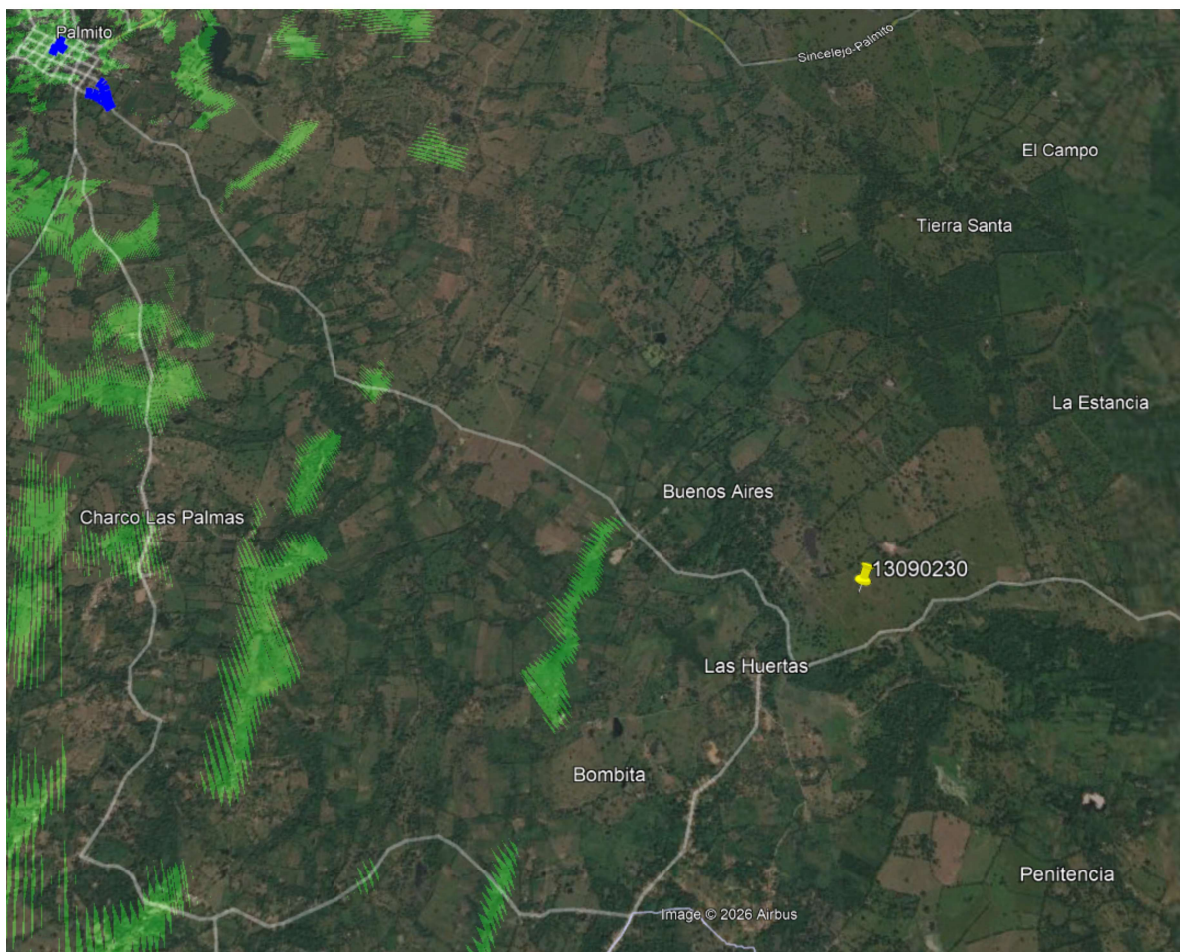


DURACION DE LA LLUVIA (min)	PERIODO DE RETORNO						
	2	3	5	10	25	50	100
15	91,40	100,90	111,50	124,50	141,70	154,10	166,50
30	67,20	75,50	84,70	96,30	110,90	121,50	132,60
60	44,40	51,40	58,40	69,30	81,50	91,20	100,40
120	25,30	29,30	33,90	39,60	45,90	52,30	57,60
360	9,40	10,90	12,60	14,70	17,40	19,40	21,40

Curvas IDF. LA PASTORA (SINCELEJO) 2025. En esta figura se observa una precipitación total de 141.00 mm y una precipitación mínima 20,0 mm. En este período se registraron valores anuales medios de precipitación de 95.00 mm.

Debido a que el área a intervenir es rural se escogió para el diseño la mayor precipitación crítica para un período de retorno de 25 años. Donde:

Pe = 141.00 mm



3.11 CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN DE EXCESO

3.12 CLASIFICACIÓN HIDROLÓGICA.

Según la clasificación hidrológica de los suelos por el método de Conservación de Suelos (Soil Conservation Service), los suelos de la cuenca de las escorrentías que intervienen en la longitud de longitud de 289,00 ml, se pueden clasificar en el grupo D, los cuales son suelos con infiltración muy lenta cuando muy húmedos. Consiste de suelos arcillosos arenosos plásticos con alto potencial de expansión.

3.12.1 CUENCA.

✓ Condición hidrológica del suelo.

La condición hidrológica del suelo en la cuenca se define por la escorrentía proveniente de las áreas en tierra, vías en tierra, pastos de pastoreo y bosques.

✓ Condición de humedad antecedente.

En este punto se debe tener en cuenta la precipitación crítica de 141.00 mm, estimándose la condición de humedad antecedente identificada con el número III, que tiene más de 53.4 mm de precipitación antecedente en 5 días.

Condición Humedad Antecedente (AMC)	Precipitación acumulada de los 5 días previstos al evento de consideración (mm)
I	<35.6
II	35.6 - 53.4
III	> 53.4

Tabla 3 Precipitación acumulada para tres niveles de condición de humedad antecedente.

✓ Estimación de la curva de escorrentía

Según el uso del suelo, se estimaron los números de curva de escorrentía correspondiente a la condición de humedad antecedente III.

Teniendo en cuenta que en esta cuenca se pudo observar que en su mayor proporción áreas en tierra, vías en Subrasante natural (tierra), pastos de pastoreo y bosques se utilizaron estos datos para calcular el número de curva de escorrentía y el resultado fue 82. A la condición de humedad antecedente III corresponde un número de curva de escorrentía de 92.

Área	Uso de la tierra	% Total	CN (CHAI)	CN/100
1	Vías en Tierra	100	82	92
Número de curva ponderado				87.00

CN II =87

✓ Cálculo de las pérdidas potenciales S

Utilizando la siguiente fórmula se presenta el resultado:

$$S = (1000/CN \text{ III}) - 10 \text{ en pulg.}$$

$$S = (1000 / 92) - 10 = 0.87 \text{ pulg.} * 25.4\text{mm} / 1 \text{ pulg} = 22,09 \text{ mm.}$$

Para calcular la precipitación de exceso se tomó un tiempo de retorno de 25 años teniendo en cuenta el área a intervenir que es totalmente rural. Se usa la precipitación de 148.50 mm. Aplicando la fórmula se obtiene:

$$P_{ex} = [141.00 - 0.2(22.09)]^2 / [141.00 + 0.8(22.09)] = 117.57 \text{ mm.}$$

✓ Cálculo del coeficiente de escorrentía

Se calculó de la siguiente forma:

$$C = P_{ex} / P_e = 117.57 \text{ mm} / 141.00 \text{ mm} = 0.834$$

$$\mathbf{C = 0.834}$$

Este coeficiente indica que casi el 100% de la precipitación crítica se convierte en escorrentía directa debido a las propiedades físicas de los suelos en la cuenca.

El caudal máximo o caudal de escorrentías que estarán presentes en el área a drenar por el Pavimento, se calculó con los datos anteriores aplicando la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Q_d = C * P_{ex} * A / T_c}$$

En la Cuenca del Pavimento.

$$Q_d (\text{Área cuenca 1}) = 0,834 * 0,11757 * 164.576,75 / 359,00 = 44,95 \text{ m}^3/\text{s}$$

El caudal de diseño que existirá en el área a drenar por el Pavimento en Placa Huella será **44,95 m³/s**.

El caudal máximo o caudal de escorrentías se calculó con los datos anteriores aplicando la siguiente fórmula:

$$Q_d = C \cdot P_{ex} \cdot A / T_c$$

✓ Q_d (cuenca 1) = 44,95 cm³ / s.

UTILIZANDO LA FÓRMULA DE MANNING:

$$Q = V \times A$$

$$Q = (1/N) \times R_h^{2/3} \times S^{1/2} \times A$$

FÓRMULAS PARA EL TIRANTE NORMAL	FÓRMULAS PARA EL TIRANTE CRITICO
$A = y (b + zy)$	$F^2 = (Q^2 T) / (g A^3)$
$P = b + 2y(l + z^2)^{1/2}$	$F = 1$
$T = b + 2zy$	$(Q^2/g) T - A^3 = 0$
$R = A/P$	$T = b + 2zy$
$D = A/T$	$V = Q/A$
$Q = (C/n) A R^{2/3} S^{1/2}$	$D = A/T$
$V = Q/A$	
$F = V / (gD)^{1/2}$	

Utilizando las Fórmulas para Flujo Crítico:

$$(Q^2/g)T - A^3 = 0$$

$$Q^2 = \frac{A^3}{T}$$

$$g = \frac{A^3}{T}$$

$$Q^2 = \frac{(y(b + zy_c))^3}{b + 2zy_c}$$

$$g = \frac{A^3}{T}$$

O

$$\frac{Q \times N}{S^{1/2}} = \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}}$$

$$S^{1/2} = \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}}$$

$$A = y(b + zy_c) \text{ (Area de Sección)}$$

$$P = (b + 2y(1 + z^2)^{1/2}) \text{ (Perímetro Mojado de Sección)}$$

$$\frac{Q \times N}{S^{1/2}} = \frac{(y(b + zy_c))^{5/3}}{(b + 2y(1 + z^2)^{1/2})^{2/3}}$$

$$S^{1/2} = \frac{(y(b + zy_c))^{5/3}}{(b + 2y(1 + z^2)^{1/2})^{2/3}}$$

$$A = y(b + zy_c) \text{ (Area de Sección)}$$

$$T = b + 2zy_c \text{ (Ancho superior)}$$

$$b = \text{(Ancho inferior)}$$

$$z = \text{(Talud pared z horiz:1 vert.)}$$

$$y_c = \text{(Tirante critico)}$$

Como el Caudal de la Cuenca aportante.

CUENCA ABSCISA K18+550 AL K18+900

Qd (Cuenca 1) = 44,95 cm³ / S.

Sustituyendo valores conocidos.

Siendo

Q= 44.95cm ³ /Seg	Caudal de Diseño
N= 0.013	Coefficiente de Rugosidad de Manning
S= 18.40%=0,184	Pendiente Longitudinal

$$\frac{44,95 m^3/seg * 0,013}{0,1840^{1/2}} = \frac{(y_c(b+z y_c))^{5/3}}{(b+2 y_c(1+z^2)^{1/2})^{2/3}}$$

$$1,362276 = \frac{(y_c(b+z y_c))^{5/3}}{(b+2 y_c(1+z^2)^{1/2})^{2/3}}$$

Calcularemos tirante Critico “Yc”:

Siendo la sección de la vía trapezoidal,

z=1/12.5 (Lado de la Vía)

z=1/1.25 (Hombro Cuneta)

Siendo Q = 44,95 cm³/seg para la calzada de la vía

Dimensiones de la Vía			PARAMETROS							
Tirante (Y) mts	Ancho (b) mts	Area (A) mts ²	Area ^{5/3} (A ^{5/3})	Perimetro (P) mts	Perimetro ^{2/3} (P ^{2/3})	Relación A ^{5/3} /P ^{2/3}	Q (m ³ /seg)	N(rugosidad)	S(pendiente)	QxN/S ^{1/2}
0,05	4,90	0,2794	0,1194	7,9878	3,9959	0,02988	44,9500	0,0130	0,18400	1,362273
0,10	4,90	0,6275	0,4599	9,7603	4,5671	0,10070	44,9500	0,0130	0,18400	1,362273
0,20	4,90	1,5300	2,0315	12,3467	5,3420	0,38029	44,9500	0,0130	0,18400	1,362273
0,30	4,90	2,7075	5,2595	14,3949	5,9175	0,88881	44,9500	0,0130	0,18400	1,362273
0,350	4,90	3,3994	7,6854	15,3065	6,1648	1,24666	44,9500	0,0130	0,18400	1,362273
0,404	4,90	3,6710	8,7359	16,2391	6,4127	1,362273	44,9500	0,0130	0,18400	1,362273

De lo que se deduce que el Tirante Critico es:

Ye = 0.404 mts o Ye = 40.40 cms.

El caudal aportante a la vía en el tramo arroja un diseño de vía mínima,

Calculo Hidráulico de la cuneta.

Siendo la sección de la cuneta triangular

z=1/12.5 (Lado de la Vía)

6.00

z=1/1.25 (Hombro Cuneta)

b=0

Siendo Q= 24,475 cm³/Seg - Qescurre por cada lado de calzada

Q escurre por cada lado de calzada=Ac* √g*Yc

g=9.81m/Seg

Ac=Ancho de Vía x Ye

Ac=5,00mt X 0,364 mt

Ac=1,82 m²

Ac(media) = 1,82 / 2 m²

Ac(media) = 0,91 m²

Qescurre por cada lado de calzada= (0,91 m² * √9.81*0.364)

Qescurre por cada lado de calzada= 1,72 m³ < Q= 24,475 m³/Seg caudal aportado por la cuenca

Qescurre por ancho de calzada= (1,82 m² * √9.81*0.364)

Q escurre por ancho de calzada = $3,44 \text{ m}^3 < Q = 48,95 \text{ m}^3/\text{Seg}$ caudal aportado por la cuenca.

Dimensiones de la Cuneta Triangular			PARAMETROS							
Tirante (Y) mts	Ancho (b) mts	Area (A) mts ²	Area ^{5/3} (A ^{5/3})	Perímetro (P) mts	Perímetro ^{2/3} (P ^{2/3})	Relación A ^{5/3} /P ^{2/3}	Q (m ³ /seg)	N (rugosidad)	S (pendiente)	QxN/5 ^{1/3}
0,05	0,55	0,0172	0,0011	2,8756	2,0222	0,00057	24,4750	0,0130	0,18400	0,741749
0,10	0,55	0,0688	0,0115	4,1142	2,5676	0,00449	24,4750	0,0130	0,18400	0,741749
0,20	0,55	0,2750	0,1163	5,9139	3,2703	0,03556	24,4750	0,0130	0,18400	0,741749
0,30	0,55	0,6188	0,4493	7,3333	3,7746	0,11903	24,4750	0,0130	0,18400	0,741749
0,350	0,55	0,8422	0,7511	7,9637	3,9879	0,18834	24,4750	0,0130	0,18400	0,741749
0,404	0,55	1,1248	1,2165	8,6076	4,2000	0,289633	24,4750	0,0130	0,18400	0,741749

De la ecuación:

$$\frac{Q * N}{S^{1/2}} = \frac{(y_c(b + z y_c))^{5/3}}{(b + 2 y_c(1 + z^2)^{1/2})^{2/3}}$$

$$Q = \frac{S^{1/2} * (y_c(b + z y_c))^{5/3}}{N * (b + 2 y_c(1 + z^2)^{1/2})^{2/3}}$$

$$Q = 0,184 \times 0,289633 / 0,013$$

$$Q = 9,56 \text{ m}^3/\text{seg}$$

El Q que transportaran las cunetas es mínimo y despreciable, será por escurrimiento debido al bombeo transversal y equivale a $9,56 \text{ m}^3/\text{Seg}$ para el tirante de 40,40 cms.

4. CONCLUSIONES.

- ✓ Después de hacer los cálculos hidráulicos, los estudios de suelos, los estudios hidráulicos y los análisis de resultados podemos concluir que en la estratigrafía de la longitud total del proyecto, encontramos suelos Arenosos arcillosos compactos, de baja plasticidad desde 0,00 mts, en la parte superior hasta los sustratos inferiores; lo cual impide o dificulta los procesos erosivos en la capa superficial y capas inferiores.
- ✓ En la longitud total, se tendrá que hacer las bordillos con altura 15 cm min, entregando a las salidas de los pavimentos con velocidades aceptables como se dictan en el manual de drenaje del invia; debido a las pendientes longitudinales son menores al 5%, no es necesario realizar la construcción de obras de drenaje longitudinal, con el propósito de encausar y conducir las escorrentías pluviales que escurren longitudinalmente en la vía; para evitar procesos erosivos y de socavación en épocas de mayor lluviosidad; las cuales dificultan el tránsito normal vehicular y accesibilidad por la vía y mantener el tránsito vehicular.
- ✓ La Cuenca Hidrológica aportante del área drenada para cada una (1) de las Cuenca proyectada en el tramo de 289 m , aporta un caudal para cada una de ellas equivalente a:
- ✓ Q_d (cuenca 1) = $44,95 \text{ cm}^3 / \text{s}$.

según los cálculos hidrológicos realizados los tiempo de evacuación por cada una de las Cuencas principales son los siguientes:

$$t \text{ (cuenca 1)} = 20,10 \text{ Seg.} = 0,33 \text{ min.}$$

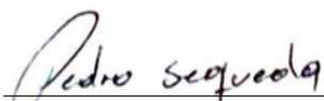
Indicándonos que para estos caudales no se presentarán desbordamientos con la altura de la lámina de agua en el Pavimento, mostrando un funcionamiento óptimo en lo relacionado al drenaje; sin presentarse desbordamientos.

- ✓ El tirante critico calculado en el área hidráulica para el caudal aportado por cada una de las cuencas principales aportantes es:
- ✓ **Y_d (cuenca 1) = 40,40 cms.**

Indicándonos un funcionamiento óptimo sin presentarse desbordamientos.

5. RECOMENDACIONES.

- ✓ Teniendo en cuenta la velocidad que se maneja en la Vía a Pavimentar en para lograr una solución definitiva para el problema de erosión que presenta los bordes de la vía y a la intransitabilidad que se presenta en época de intenso invierno en la zona; es necesario Pavimentarla, la Pavimentación debe poseer una sección con geometría trapezoidal teniendo en cuenta que es una vía vehicular y la que mejor trabajara desde el punto de vista hidráulico.
- ✓ Se recomienda un corte de 30 cms, en la Vía a Pavimentar en Concreto; a Pavimentar en concreto; con una pendiente del 1% min longitudinal y 2% transversal, esto con el fin de evitar inundaciones en los bordes de la vía.
- ✓ La Vía a construir en Pavimento en Concreto, para proporcionar la transitabilidad vehicular; deben poseer ancho mínimo de 6,00 mts, con una profundidad para almacenamiento de lámina de agua equivalente a 0.04 mts en las cunetas adyacentes, los bordillos u hombros de las cunetas que conforman la berma-cuneta se deben construir según los resultados de los cálculos hidráulicos para los tirantes críticos de cada tramo respectivamente, con el propósito de que el área de su sección hidráulica sea suficiente y trabaje de manera óptima ante el caudal que transportara la Vía ya Pavimentada.


PEDRO SEQUEDA PERREZ
TP:22202273804COR
INGENIERO CIVIL

ANEXOS

HIDROLOGIA

Instituto Nacional de Vías

Manual de Drenaje para Carretera

En caso de que se tenga una condición de humedad antecedente diferente a la AMC II, para la cual fueron deducidas las tablas anteriores, se puede transformar el valor de CN para otros tipos de humedad antecedente, como se presenta en la Tabla 2.17.

Tabla 2.17. - Números de curva CN para condiciones de humedad antecedente tipos I y III

AMC II	AMC I	AMC III	AMC II	AMC I	AMC III
100	100	100	60	40	78
99	97	100	59	39	77
98	94	99	58	38	76
97	91	99	57	37	75
96	89	99	56	36	75
95	87	98	55	35	74
94	85	98	54	34	73
93	83	98	53	33	72
92	81	97	52	32	71
91	80	97	51	31	70
90	78	96	50	31	70
89	76	96	49	30	69
88	75	95	48	29	68
87	73	95	47	28	67
86	72	94	46	27	66
85	70	94	45	26	65
84	68	93	44	25	64
83	67	93	43	25	63
82	66	92	42	24	62
81	64	92	41	23	61
80	63	91	40	22	60
79	62	91	39	21	59
78	60	90	38	21	58
77	59	89	37	20	57
76	58	89	36	19	56
75	57	88	35	18	55
74	55	88	34	18	54
73	54	87	33	17	53
72	53	86	32	16	52
71	52	86	31	16	51
70	51	85	30	15	50
69	50	84			
68	48	84	25	15	43
67	47	83	20	9	37
66	46	82	15	6	30
65	45	82	10	4	22
64	44	81	5	2	13
63	43	80	0	0	0
62	42	79			
61	41	78			

**Número de curva de escorrentía para áreas urbanas para una
condición de humedad antecedente promedio AMCII e $I_a=0.2S$**

TIPO DE COBERTURA Y CONDICIÓN HIDROLÓGICA	% PROMEDIO ÁREAS IMPERMEABLES ¹	NUMERO DE CURVAS PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Áreas urbanas totalmente desarrolladas (vegetación ya establecida):					
Espacios abiertos (prados, parques, campos de golf, cementerios, etc.) ²		68	79	86	89
Condición pobre (menos del 50% cubierto de pasto)		49	69	79	84
Condición regular (del 50% al 75% cubierto de pasto)		39	61	74	80
Condición buena (más del 75% cubierto de pasto)					
Áreas impermeables:					
Parqueaderos pavimentados, techos, autopistas, etc. (excluyendo derecho de vía)		98	98	98	98
Calles y caminos:					
Pavimentados		98	98	98	98
Pavimentados; zanjas abiertas (incluyendo derecho de vía)		83	89	92	93
Grava (incluyendo derecho de vía)		76	85	89	91
Tierra (incluyendo derecho de vía)		72	80	87	89
Áreas desiertas urbanas:					
Paisajes desérticos naturales (solamente áreas permeables) ³		63	77	85	88
Paisajes desérticos artificiales (barreras impermeables de maleza, arbustos de desierto con 1 a 2 pulg de diámetro; Cubierta de arena o grava y orillas de áreas húmedas)	85	96	96	96	96
Áreas urbanas:					
Comercial y de negocios		89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Áreas residenciales por promedio del tamaño del lote:					
1/8 de acre o menos (506 m ² o menos)	65	77	85	90	92
1/4 acre (1012 m ²)	38	61	75	83	87
1/3 acre (1350 m ²)	30	57	72	81	86
1/2 acre (2025 m ²)	25	54	70	80	85
1 acre (4050 m ²)	20	51	68	79	84
2 acre (8100 m ²)	12	46	65	77	82
Áreas urbanas desarrolladas:					
Áreas permeables conformadas (solamente áreas permeables, sin vegetación)		77	86	91	94

Referencia: Monsalve S. Germán, "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C., Colombia, Segunda Edición, 1999.

¹El porcentaje promedio de área impermeable muestreada fue empleado para desarrollar el conjunto de valores de CN. Otras suposiciones son las siguientes: áreas impermeables están directamente conectadas con el sistema de drenaje, áreas impermeables tienen un CN=98; y áreas permeables son consideradas equivalentes a espacios abiertos con una condición hidrológica buena.

²CNs mostrados son equivalentes a aquéllos de pastos. Se pueden calcular valores de CN compuestos para otras combinaciones de tipo de cobertura de espacios abiertos.

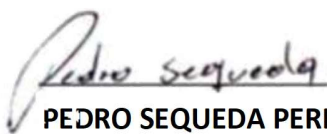
³Los valores de CN de áreas permeables se suponen equivalentes a arbustos de desierto con un condición hidrológica pobre.

San Antonio de Palmito, enero de 2026

Asunto: Certificación de Diseño.

Certifico que he realizado el ESTUDIO HIDROLOGIO Y DISEÑO HIDRÁULICO PARA LA PAVIMENTACION EN CONCRETO RIGIDO DE VIAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE SAN ANTONIO DE PALMITO, DEPARTAMENTO DE SUCRE", de acuerdo con criterios básicos y requisitos técnicos vigentes establecidos por el reglamento de agua potable y saneamiento básico RESOLUCION 0330 DE 2017, MODIFICADO POR LA RESOLUCIÓN 0799 DE 2021, la NTC-1500 CODIGO COLOMBIANO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS CUARTA ACTUALIZACIÓN 2020-11-25 y EL MANUAL DE DRENAJE DE CARRETERAS del INSTITUTO NACIONAL DE VIAS(INVIAS), cuyos resultados se encuentran consignados en los documentos que anexo debidamente firmados.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta o Matrícula Profesional y copia de la cédula de ciudadanía.



PEDRO SEQUEDA PEREZ

Ingeniero civil

MP 22202-273804 COR

CC 1.102.819.370

REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA

NUMERO 1.102.819.370

SEQUEDA PEREZ

APELLIDOS

PEDRO EMIRO

NOMBRES

Pedro Sequeda

FIRMA



INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO 09-OCT-1988

SINCELEJO (SUCRE)

LUGAR DE NACIMIENTO

1.75 A+ M

ESTATURA G.S. RH SEXO

02-NOV-2006 SINCELEJO

FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION

REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ANIBAL GARCIA TORRES



A-2800100-00200996-M-1102819370-20110214 0025769688A 1 7531174822

REPÚBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA

COPNIA



MATRÍCULA PROFESIONAL NO.
22202-273804 COR
INGENIERO CIVIL

DE FECHA 03/04/2014
PEDRO EMIRO
SEQUEDA PEREZ
C.C. 1102818376

UNIVERSIDAD DE SUCRE

PRESIDENTE DEL CONSEJO