PROYECTO:

PAVIMENTACIÓN DE VÍA URBANA NUEVO SANTA FE DEL MUNICIPIO DE SANTA FE DE ANTIOQUIA

LOCALIZACIÓN:

MUNICIPIO DE SANTA FE DE ANTIOQUIA

CONTIENE:

ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO

REALIZÓ:

INGENIERO CAMILO ANDRÉS SOLER C.
M.P. 5202-255574 CND
Ingeniería y construcción

MEDELLIN, FEBRERO DE 2026

TABLA DE CONTENDO

TABLA DE CONTENDO 2
1. INTRODUCCIÓN 4
2. LOCALIZACION DEL PROYECTO 5
3. OBJETIVOS 7
3.1. Objetivo General 7
3.2. Objetivos específicos 7
4. ESTUDIO HIDROLÓGICO 8
4.1. Objetivo 8
4.2. Hidrología de Santa Fe de Antioquia 8
4.3. Clima 8
4.4. Cuenca del río Cauca 8
4.4.1. Subcuencas y microcuencas asociadas 9
4.5. Núcleos Hidrológicos 9
4.5.1. Núcleo zonal urbano 9
4.5.2. Núcleo zonal periurbano 9
4.5.3. Núcleo zonal rural 10
4.6. Consideraciones Hidrológicas Para Proyectos Viales 10
4.7. Hidrología Barrio Nuevo Santa Fe 10
4.7.1. Parámetros Morfométricos Tramo No 1 Vereda La Quiebra 10
4.8. Intensidad de la lluvia 11
4.8.1. Cálculo de la Intensidad de la lluvia (mm/h) 11
4.9. Curvas IDF 13
4.10. Periodo de retorno de diseño 16
4.11. Método Racional 16
5. ESTUDIO HIDRAULICO 18
5.1. Análisis Hidráulico 18
5.2. Cunetas 18
5.3. Alcantarillas 19
5.4. Profundidad de la zanja (excavación) 20
6. SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS 21

6.1. Cálculo del Área de Captación. 21
6.2. Análisis Hidráulico de las Estructuras. 21
6.2.1. Control hidráulico de la berma – cuneta 21
6.2.2. Parámetros adoptados para la berma – cuneta recomendada..... 21
6.2.3. Determinación del caudal de demanda dado un espaciamiento entre alcantarillas 23
6.2.4. Determinación del caudal que puede transportar la Berma-cuneta tipo 23
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 25

1. INTRODUCCIÓN

Las carreteras son susceptibles a daños causados por el agua, por lo que resulta de vital importancia conocer los posibles factores hidrológicos e hidráulicos que afectan el comportamiento del agua frente a las diferentes obras de drenaje.

Para los diseños de los sistemas de drenaje, son necesarios el estudio hidrológico e hidráulico, así como aspectos como coeficientes de escorrentía, intensidad de la lluvia, tiempos de concentración, períodos de retorno, tipos de flujo, velocidad de flujo, coeficientes de rugosidad, sección transversal y forma de las obras de drenaje.

Este informe presenta los aspectos de hidrología e hidráulica para el proyecto de PAVIMENTACIÓN DE VÍA URBANA NUEVO SANTA FE DEL MUNICIPIO DE SANTA FE DE ANTIOQUIA.

2. LOCALIZACION DEL PROYECTO

Santa Fe de Antioquia es un municipio de Colombia, ubicado en la subregión Occidente de Antioquia, departamento del que fue capital hasta el 17 de abril de 1826. Limita por el norte con los municipios de Giraldo y Buriticá; por el nororiente con los municipios de Buriticá, Liborina y Olaya; por el oriente con los municipios de Olaya y Sopetrán; por el sur con los municipios de Ebéjico, Anzá y Caicedo; y por el occidente con los municipios de Caicedo, Abriaquí y Giraldo.

Santa Fe es monumento nacional por su admirable y hermosa arquitectura de la época colonial; posee siete iglesias y una gran cantidad de casas de los siglos XVI, XVII y XVIII. Hace parte de la Red de pueblos patrimonio de Colombia.

Imagen 1. Localización General del Proyecto en Santa Fe de Antioquia

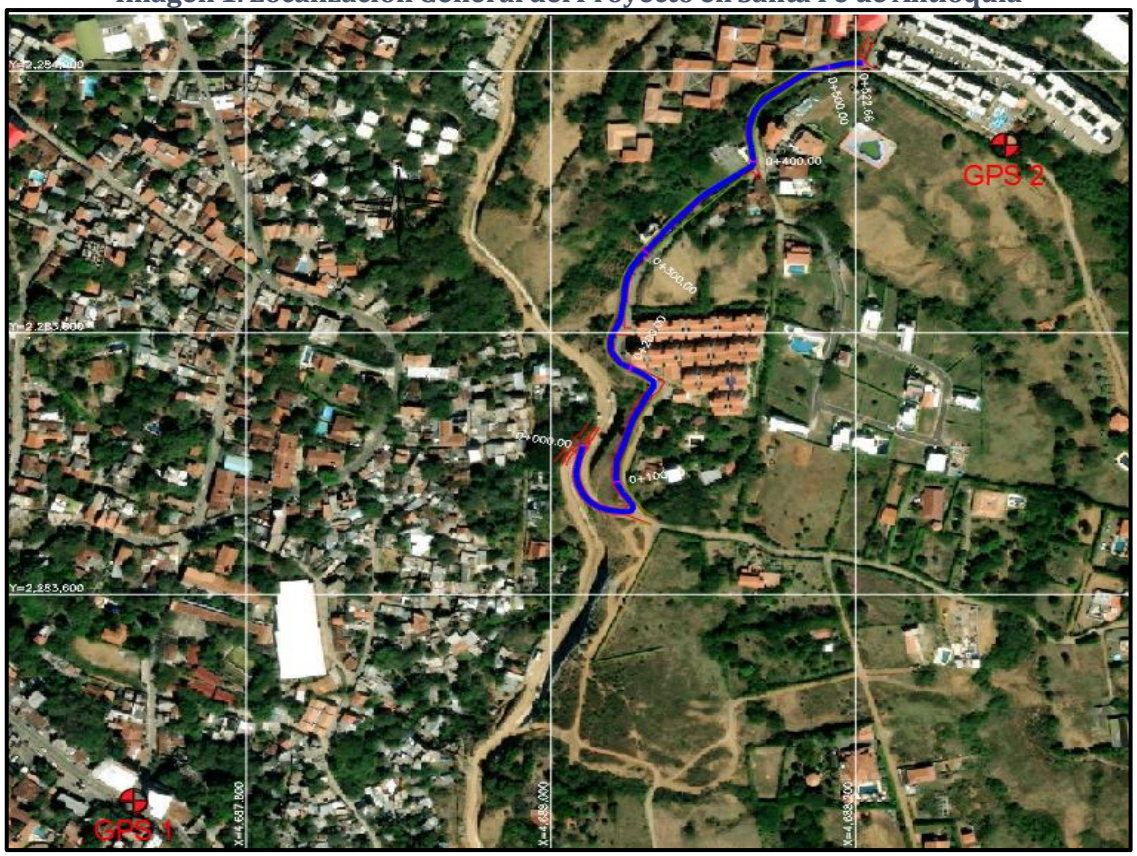


Tabla No 1. Amarre de Coordenadas

VÍA NUEVO SANTA FÉ (SANTA FÉ DE ANTIOQUIA)							
TRAMO	COORDENADAS DE INICIO			COORDENADAS DE FIN			LONGITUD (m)
	ABSCISA	NORTE	ESTE	ABSCISA	NORTE	ESTE	
1	K0+000.00	2283664.548	4688056.514	K0+450.34	2284008.356	4688203.448	450.34
LONGITUD TOTAL DE INTERVENCION (m)							450.34

Número de habitantes: 26.164 habitantes según el DANE (2018).

Extensión total: El Municipio tiene una extensión de 493 km^2.

Población urbana: 16.351 habitantes según el DANE (2018).

Población rural: 9.813 habitantes según el DANE (2018).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

El objetivo general consiste en hacer una evaluación hidrológica de la zona e hidráulica de las obras de drenaje existentes y requeridas para la pavimentación de la vía urbana del barrio Nuevo Santa Fe del municipio de Santa Fe de Antioquia.

3.2. Objetivos específicos

Los estudios de hidrología tienen los siguientes objetivos:

- Caracterizar los sistemas de drenaje de la zona.
- Determinar los caudales para el periodo de retorno de revisión o de diseño de cada estructura.

Los estudios del estudio hidráulico por su parte se orientan a:

- Proyectar y dimensionar de forma preliminar las obras de drenaje para el control de escorrentía como alcantarillas, Box culvert en base al trazado de la vía, pluviosidad, espaciamientos justificados con su respectiva verificación o proyección desde el aspecto hidrológico e hidráulico utilizando para ello hojas de cálculos.

4. ESTUDIO HIDROLÓGICO

4.1. Objetivo

El objetivo del estudio hidrológico es estimar los caudales máximos para los períodos de retorno de 2.33, 5, 10, 25, 50 y 100 años, mediante el método Racional. Se utilizan datos recopilados por la estación pluviométrica de Santa Fe de Antioquia (26200120).

4.2. Hidrología de Santa Fe de Antioquia

El municipio de Santa Fe de Antioquia se localiza en la subregión del Occidente antioqueño y presenta un sistema hidrológico dominado por la cuenca del río Cauca, el cual constituye el principal eje hídrico del territorio municipal. La hidrología del municipio está estrechamente relacionada con su topografía, clima cálido y régimen de lluvias bimodal, características que influyen directamente en los procesos de escorrentía superficial, drenaje natural y susceptibilidad a eventos de inundación y erosión.

4.3. Clima

Santa Fe de Antioquia presenta varios climas, pero su cabecera municipal presenta el clima bosque seco tropical, característico del valle del río Cauca, debido a su baja altura y su ubicación geográfica cerca de la línea ecuatorial. La temperatura promedio es de 28 °C y es uniforme durante todo el año. La temperatura máxima promedio al día es de 33 °C y la mínima promedio es de 23 °C.

Este agradable clima ha permitido que se desarrolle el turismo en el municipio, el cual se ha ido llenando de hosterías, hoteles y parques acuáticos. Santa Fe se ha consolidado como un destino turístico bastante concurrido por los habitantes de Medellín y el área Metropolitana.

4.4. Cuenca del río Cauca

El municipio hace parte integral de la cuenca media del río Cauca, uno de los sistemas hidrográficos más importantes del país. El río Cauca bordea y atraviesa sectores del municipio, actuando como receptor principal de las corrientes superficiales que se originan en las zonas altas y medias del territorio.

Esta cuenca cumple funciones fundamentales como:

- Drenaje natural del territorio.
- Regulación de caudales superficiales.

- Soporte para actividades agrícolas, urbanas y ecosistémicas.

4.4.1. Subcuencas y microcuencas asociadas

Dentro del territorio municipal se desarrollan diversas subcuencas y microcuencas, conformadas principalmente por quebradas de carácter intermitente y permanente, las cuales drenan hacia el río Cauca. Estas corrientes presentan comportamientos torrenciales durante eventos de lluvia intensa, especialmente en épocas de invierno.

Entre las principales quebradas se identifican:

- Quebrada La Chorquina
- Quebrada El Salado
- Quebrada La Puerta
- Quebrada Tonusco (en áreas de influencia cercanas)

Estas corrientes cumplen un papel clave en el drenaje local, pero también representan puntos críticos para el manejo de aguas lluvias y la planificación de infraestructura vial y urbana.

4.5. Núcleos Hidrológicos

Desde el punto de vista hidrológico, el municipio puede dividirse en núcleos zonales, definidos según el comportamiento del drenaje superficial y la pendiente del terreno:

4.5.1. Núcleo zonal urbano

Corresponde al área urbana consolidada, donde la escorrentía superficial es mayor debido a la impermeabilización del suelo. En este núcleo:

- El drenaje depende en gran medida de sistemas artificiales (cunetas, sumideros, canales).
- Existe riesgo de encharcamientos e inundaciones localizadas en temporadas de lluvia.
- Las corrientes naturales han sido parcialmente intervenidas o canalizadas.

4.5.2. Núcleo zonal periurbano

Zona de transición entre el área urbana y rural, caracterizada por:

- Presencia de quebradas menores y drenajes naturales.
- Mayor susceptibilidad a procesos de erosión superficial.
- Influencia directa sobre la escorrentía que ingresa al área urbana.

4.5.3. Núcleo zonal rural

Comprende las áreas rurales y de ladera, donde se originan gran parte de las corrientes superficiales del municipio. En este núcleo:

- Predominan microcuencas de corta longitud y alta pendiente.
- Se presentan crecientes rápidas durante lluvias intensas.
- Es fundamental la conservación de la cobertura vegetal para el control hídrico.

4.6. Consideraciones Hidrológicas Para Proyectos Viales

Desde el punto de vista de infraestructura vial, las condiciones hidrológicas de Santa Fe de Antioquia exigen:

- Diseño adecuado de drenaje superficial y transversal.
- Control eficiente de escorrentías para evitar deterioro prematuro de la estructura del pavimento.
- Manejo de aguas lluvias acorde con la normatividad ambiental y técnica vigente.
- Identificación de zonas críticas cercanas a quebradas y cauces naturales.

4.7. Hidrología Barrio Nuevo Santa Fe

Se realizó el levantamiento topográfico del tramo, en el cual no se presentan grandes taludes, sin embargo, se puede evidenciar en el costado izquierdo de la vía en el sentido del abscisado una porción de terreno con elevación superior al eje de la vía.

4.7.1. Parámetros Morfométricos Nuevo Santa Fe

El tramo tiene pendientes medias y altas que se traducen en velocidades considerables de transporte, como el tiempo de concentración tiende a ser relativamente bajo, esto se asocia con caudales de escorrentía directa considerablemente normales.

Tabla 2. Parámetros Morfométricos Nuevo Santa Fe

Parámetro	Und	Valor
Área	m2	2251.7
Área	Ha	0.22517
Longitud Vía	m	450.34
Cota Máxima	m.s.n.m.	699.21
Coma Mínima	m.s.n.m.	673.44
Diferencia de Cotas	m	25.77

S	%	5.72

4.8. Intensidad de la lluvia

Los valores de la intensidad de la precipitación, expresada en mm/h, para diferentes períodos de retorno y para diferentes tiempos de duración de la lluvia de la estación pluviométrica de Santa Fe de Antioquia (23080540) se muestran en la siguiente tabla:

Tabla No 3. Intensidad de la Precipitación (mm) estación Santa Fe de Antioquia

PRECIPITACIÓN (mm)												
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
121.8	148.9	198.7	322.7	386.5	313.1	257.5	383.2	401.0	376.1	244.0	159.4	3312.9
PROMEDIO		**276.1**										

4.8.1. Cálculo de la Intensidad de la lluvia (mm/h)

Para el cálculo de la intensidad de la lluvia en vías terciarias puede ser aplicada la siguiente metodología:

- Identificar, para cada año de la serie histórica, el valor máximo de precipitación registrado en veinticuatro (24) horas.
- La intensidad de la lluvia se calculará para diferentes duraciones de lluvia y para cada año de la serie histórica. Generalmente se utilizan duraciones de la lluvia de 5, 10, 15, 20, 25 y 30 minutos.
- Aplicar los valores de los periodos de retorno (T) recomendados en el Manual de Drenaje Vial del INV 2009, que se indican en la Tabla 4.

Tabla No 4. Periodos de retorno para el diseño de obras de drenaje vial

Obras de drenaje vial	Tr
Drenaje superficial	2
Cunetas	5
Zanjas de coronación	10
Estructuras de caída	10
Alcantarillas de 0.9m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10m)	25
Puentes de luz igual a 10m y menor a 50m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50m	100

Para determinar la intensidad de la lluvia se puede aplicar la Metodología Simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia indicada en el Manual de Drenaje de Carreteras del INV 2009, en el cual se recomienda la utilización de la precipitación máxima promedio anual en 24 horas y aplicar la expresión que a continuación se indica

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

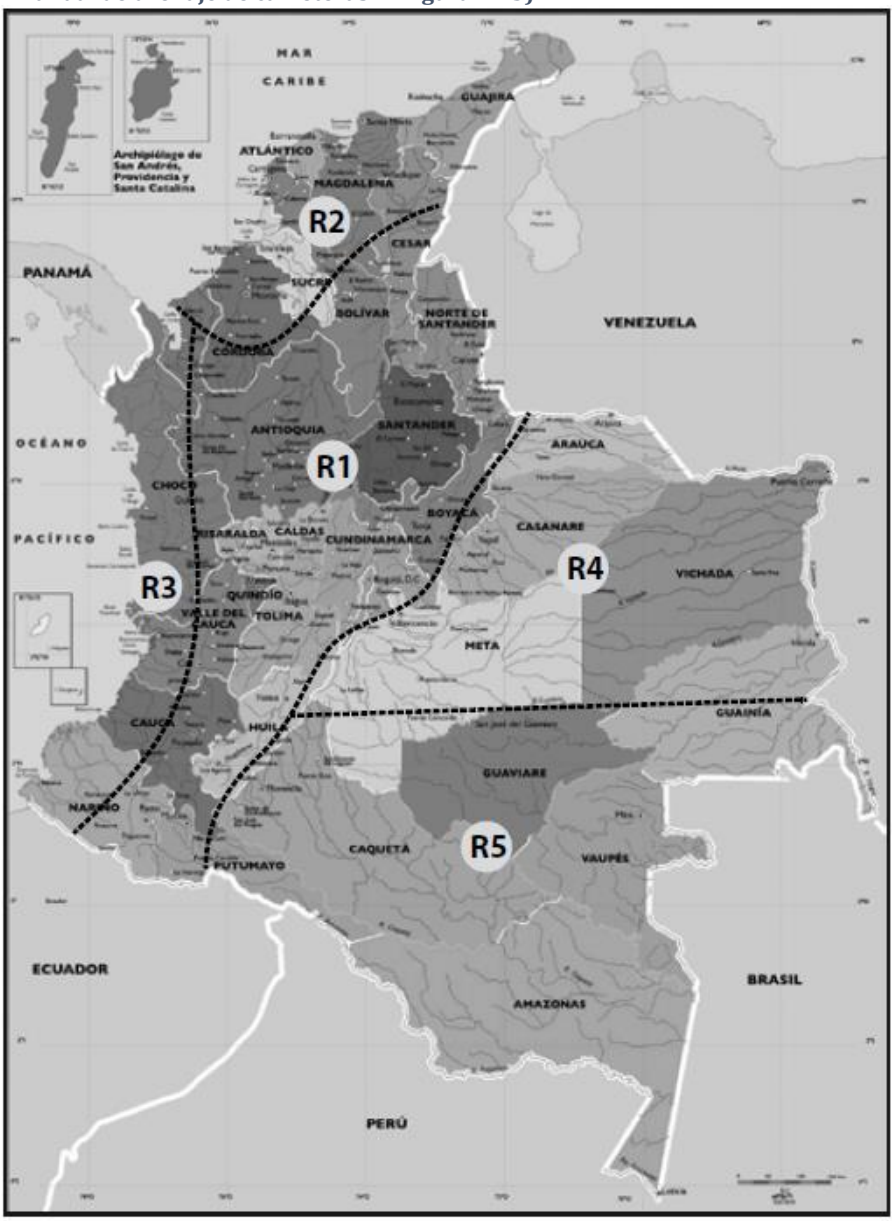
Donde,

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).
T: Periodo de retorno, en años.
M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual
t: Duración de la lluvia, en minutos (min)
a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros dependen de la región del país donde está ubicada la estación meteorológica. Las regiones y los valores de los parámetros se muestran en la Tabla 8 y su ubicación en la Imagen 5.

Tabla No 5. Parámetros según regiones del país / Valores obtenidos del Manual de Drenaje para carreteras del INV- 2009

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
Orinoquía	(R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Imagen 2. Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d. (Regiones adoptadas del Manual de drenaje de carreteras INV-gura 2.13)



4.9. Curvas IDF

Es necesario verificar la existencia de curvas IDF para la localidad. Si existen, éstas deben ser analizadas para establecer su validez y confiabilidad para su aplicación al proyecto. Si no existen, es necesario obtenerlas a partir de información existente de lluvias. La obtención de las curvas IDF debe realizarse con información pluviográfica de estaciones ubicadas en la localidad, derivando las curvas de frecuencia

correspondientes mediante análisis puntuales de frecuencia de eventos extremos máximos.

Es pertinente aclarar que la familia de curvas I-D-F en rigor se denomina INTENSIDAD DE LA LLUVIA (en milímetros por hora) – DURACIÓN DEL AGUACERO (en minutos) – PERIODO DE RETORNO (en años). Una vez elaboradas las curvas I-D-F es posible inferir, para la zona del proyecto, la cantidad de lluvia que caería (INTENSIDAD), medida en mm/hora, durante un aguacero de un número de minutos dado (DURACIÓN) bajo el supuesto de que dicho aguacero se presenta una vez cada cierto número de años (FRECUENCIA O PERÍODO DE RETORNO).

Aplicando los valores del Periodo de Retorno (T), duración (t) y parámetros de ajuste (a, b, c, d) Tabla 9, se obtiene la Tabla 10 con los valores de la Intensidad (i) con los cuales se pueden configurar las curvas I-D-F, tal como se muestra a continuación en la Gráfica 1.

Tabla No 6. Parámetros de ajuste a la regresión Región Andina

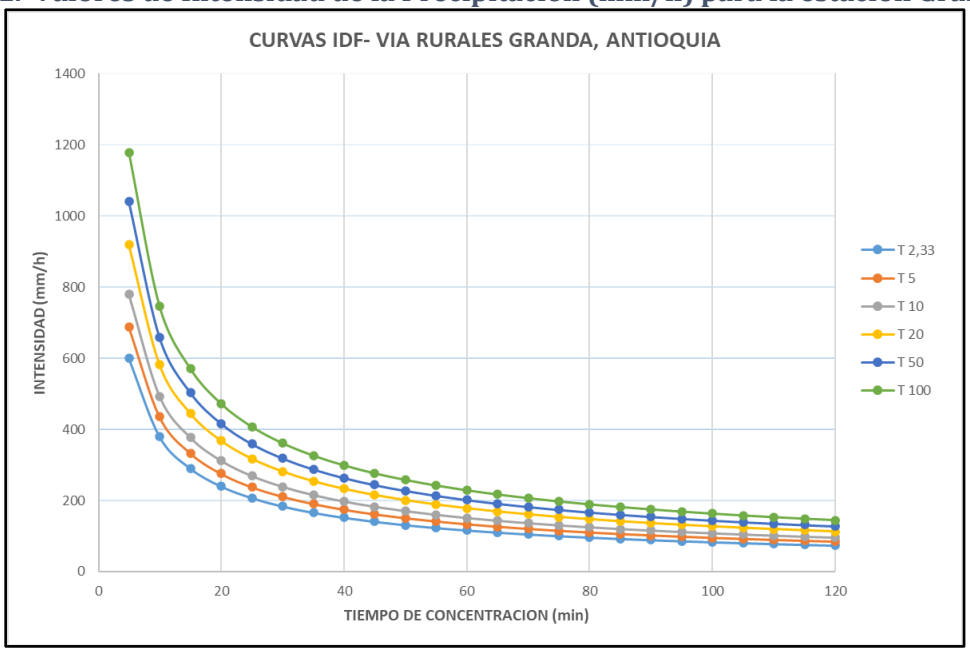
PARAMETROS REGION ANDINA				M (precipitación máxima promedio anual en 24h)
a	b	c	d	
0.94	0.18	0.66	0.83	276.1

Tabla No 7. Valores para generar las curvas I-D-F

Duración (min)	Periodo de Retorno (años)					
	2.33	5	10	25	50	100
5	599.234	687.523	778.884	918.548	1040.608	1178.888
10	379.242	435.118	492.939	581.329	658.578	746.093
15	290.199	332.956	377.201	444.838	503.950	570.916
20	240.014	275.377	311.970	367.911	416.800	472.186
25	207.146	237.666	269.248	317.528	359.722	407.523
30	183.661	210.721	238.722	281.528	318.939	361.321
35	165.894	190.337	215.629	254.295	288.086	326.368
40	151.900	174.280	197.439	232.843	263.784	298.836
45	140.539	161.245	182.672	215.428	244.055	276.486
50	131.098	150.414	170.401	200.956	227.660	257.913
55	123.106	141.243	160.012	188.705	213.780	242.188

60	116.235	133.361	151.082	178.173	201.849	228.672
65	110.254	126.498	143.308	169.005	191.463	216.905
70	104.991	120.460	136.467	160.938	182.324	206.551
75	100.317	115.098	130.392	153.774	174.208	197.357
80	96.134	110.298	124.955	147.361	166.943	189.127
85	92.363	105.972	120.054	141.581	160.395	181.709
90	88.944	102.049	115.609	136.340	154.457	174.982
95	85.826	98.471	111.557	131.560	149.042	168.848
100	82.969	95.194	107.843	127.181	144.081	163.227
105	80.340	92.177	104.426	123.151	139.515	158.055
110	77.911	89.390	101.268	119.427	135.297	153.276
115	75.658	86.805	98.340	115.974	131.385	148.844
120	73.563	84.401	95.617	112.762	127.746	144.722

Grafica 1. Valores de Intensidad de la Precipitación (mm/h) para la estación Granada



Una vez obtenida la información hidrológica se procede a evaluar la hidráulica de las vías objeto del presente estudio, para determinar la capacidad de las cunetas y alcantarillas existentes y de ser necesario, construir nuevas para cumplir con los parámetros morfométricos del proyecto.

4.10. Periodo de retorno de diseño

El periodo de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo a la importancia de las áreas y los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular, comercio, industria, etc. La selección del periodo de retorno está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio y, por lo tanto, el valor adoptado debe estar justificado. En la tabla 8, se establecen valores de periodos de retorno o grado de protección.

Tabla No 8. Periodo de retorno de diseño

CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE DRENAJE	MÍNIMO (AÑOS)	ACEPTABLE (AÑOS)	RECOMENDADO (AÑOS)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 ha	**2**	**2**	**3**
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 ha	5	5	10
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores de 1000 ha	10	25	25
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 ha	25	25	50

Para el caso objeto de estudio se tomó un periodo de retorno de 5 años.

4.11. Método Racional.

Probablemente es el método más utilizado en el diseño de sistemas de drenaje superficial para la evacuación del agua lluvia, debido a su simplicidad. De acuerdo al área de las cuencas, esta metodología será aplicable a los tramos objeto del presente estudio.

La fórmula del método racional, en el sistema métrico decimal, se expresa de la siguiente manera

$$Q = \frac{1}{360} * C * i * A$$

Donde,

Q *: Caudal pico de escorrentía superficial, en m3/s*

$C =$ *Coeficiente escorrentía. Calle en concreto 0.95*

$i =$ *Intensidad de la precipitación en mm/h.*

$A =$ *Área de la cuenca, en Ha.*

5. ESTUDIO HIDRAULICO

5.1. Análisis Hidráulico

Los tipos de obras hidráulicas para la captación, transporte y disposición de las aguas de escorrentía superficial y subsuperficial en los sitios críticos son las siguientes:

- Longitudinal, tales como cunetas.
- Transversales como alcantarillas (Circulares y Box culvert) y con sus respectivas obras complementarlas de disposición de aguas o estructuras de descole.
- Subdrenaje, entre las cuales se incluyen los filtros.

A continuación, se explican las metodologías empleadas para el dimensionamiento de estas obras menores y complementarias.

5.2. Cunetas

Tratándose de vías de media ladera en su mayor parte, las cunetas son la principal obra de drenaje longitudinal empleada para la captación y conducción de aguas de escorrentía superficial.

Para su diseño se parte del cálculo de caudales aplicando el método, correspondiendo la superficie drenada al producto de la longitud de la cuneta multiplicada par la suma de los anchos aferentes por calzada, talud de corte y la ladera.

En cuanto a los coeficientes de escorrentía, se toman los siguientes valores:

Pavimento 0.9, talud de corte 0.60 y ladera 0,40. Como longitud aferente de la ladera se toma el ancho promedio de las zonas aferentes medidas sobre la cartografía.

Para establecer la capacidad de la sección llena de la cuneta se emplea la fórmula de Manning:

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

Donde,

Q: caudal transportado por la cuneta (m/s)
n: coeficiente de rugosidad de Manning. Para cunetas triangulares revestidas en concreto reforzado se toma como n=0.015
A: área mojada (m2)

R: radio hidráulico (m)
S: pendiente de la cuneta (m/m). Igual a la de la vía.

Se calcula entonces el caudal que llega a la cuneta y para b sección de cuneta seleccionada se compara que la capacidad de ésta sea mayor, caso contrario se produce por insuficiencia hidráulica de la estructura. La velocidad a sección llena, también se revisa para que no supere la máxima permisible en el concreto (6.0 m/s para fc=175 kg/cm2 de acuerdo a Tabla 4.2 del Manual de Drenaje, Invias 2009).

Velocidades y caudales en una cuneta triangular de concreto terminada con lechada n = 0,015

Ancho	b = 0,40 m		b = 0,50 m		b = 0,75m		b = 1,00m		b = 1,25m	
Pendiente %	V m/s	Q m³/s	V m/s	Q m³/s	V m/s	Q m³/s	V m/s	Q m³/s	V m/s	Q m³/s
8,0	2,711	0,084	3,146	0,153	4,122	0,451	4,994	0,971	5,795	1,761

Velocidades y caudales en una cuneta triangular de concreto terminada con lechada n = 0.015

5.3. Alcantarillas

Las alcantarillas circulares se revisan o dimensionan aceptando una altura o nivel de agua en la entrada (HW) de 1.20 veces el diámetro (por ejemplo 1.08 m para las alcantarillas mínimas de diámetro 90 cm).

Según Suárez Villar (1982) de acuerdo a investigaciones de laboratorio se ha determinado que la entrada de un conducto permanecerá libre (Sin sumergirse), si la profundidad del agua en la entrada es menor que un valor comprendido entre 1.2 y 1.5 veces la altura del conducto dependiendo de la geometría de la entrada, sección del conducto y condiciones de aproximación), así, tomando un valor máximo de 1.2HW se asegura que la entrada de la alcantarilla que funciona sin sumergirse, es decir, la lámina de agua se encuentra por debajo de la cota clave, o lo que es lo mismo a flujo libre.

Otro criterio, aplicado para diseño de nuevas obras, es que las velocidades dentro de la alcantarilla sean superiores a 0.5 m/s para evitar sedimentación e inferiores n 6.0 m/s para evitar erosión de la estructura.

La revisión o diseño hidráulico en sí, consisten en determinar la cota de La línea de energía o carga a la que va a estar sometida la estructura en la entrada, HW lo que

junto con el criterio de velocidad expresado anteriormente, permiten dimensionar adecuadamente La estructura de drenaje transversal.

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

Para cada tipo de control se emplean diferentes factores, fórmulas teóricas y nomogramas empíricos, incluidos en el programa de computador HY8, aquí empleado.

La metodología se basa en calcular la carga a la entrada por ambos tipos de control, siendo el que gobierna el que genere un mayor valor o cota más alta.

Las expresiones para cálculo de estos dos tipos de flujo se encuentran en el Manual de Drenaje (Invias, 2009), por lo que a continuación únicamente se explican sus principios básicos.

5.4. Profundidad de la zanja (excavación)

Las tuberías se instalan superficialmente, enterradas o una combinación de ambas, dependiendo de la topografía, tipo de tubería y características del terreno.

Normalmente las tuberías en carreteras se instalan enterradas. Para obtener la máxima protección de las tuberías se recomienda colocarlas en zanjas. La profundidad de las excavaciones de la zanja para las tuberías queda definida por los factores siguientes:

- Profundidad mínima o colchón mínimo. Depende de la resistencia de la tubería a las cargas exteriores.
- Topografía y trazo. Influyen en la profundidad máxima que se le da a la tubería.
- Velocidades máximas y mínimas. Están relacionadas con las pendientes del proyecto.
- Existencia de conductos de otros servicios.

6. SISTEMA DE DRENAJE DE AGUAS LLUVIAS

6.1. Cálculo del Área de Captación.

Debido a que las vías diseñadas tienen cunetas a ambos lados que conducirán las aguas lluvias a las obras transversales, se halla el área de cada tramo de manera independiente.

6.2. Análisis Hidráulico de las Estructuras.

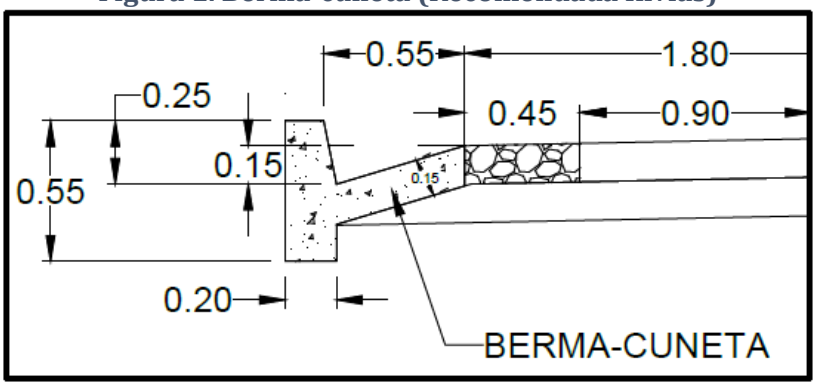
El análisis hidráulico se limitará a determinar las condiciones hidráulicas de funcionamiento de las vías cuando se presenten las condiciones extremas de la lluvia de diseño.

6.2.1. Control hidráulico de la berma – cuneta

Para el caso del pavimento con placa-huella es necesario recoger las aguas lluvias provenientes de la placa-huella en dos bermas-cunetas ubicadas lateralmente a la estructura. Estas bermas-cunetas adicionalmente sirven de confinamiento de la estructura del pavimento y de anclaje a las riostras que en la presente Guía permiten que eventualmente la rueda de un vehículo pueda circular por ella con superficie de rodadura pueda ser canalizada hasta entregarla a un aliviadero o a una alcantarilla.

La forma y las dimensiones de la berma-cuneta recomendada en la presente Guía se indican en la Figura 1.

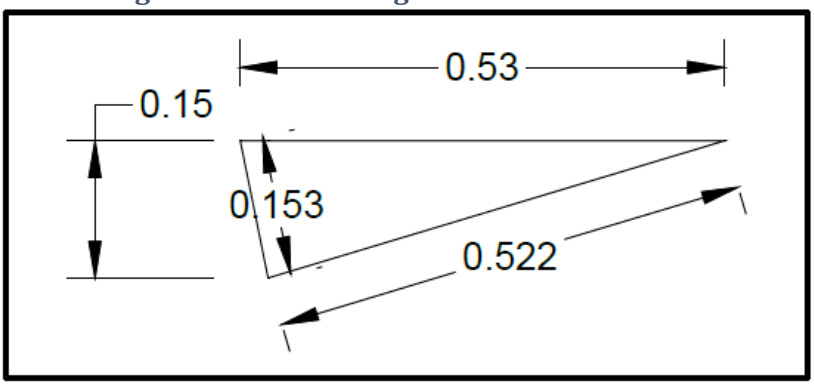
Figura 1. Berma-cuneta (Recomendada Invias)



6.2.2. Parámetros adoptados para la berma – cuneta recomendada

La lámina de agua que se forma en la berma-cuneta tipo se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Lámina de agua en la berma-cuneta



Profundidad máxima de la lámina de agua = 0.150 m.

Ancho máximo de la lámina de agua = 0.521 m.

Área hidráulica (a) = 0.039 m2.

Perímetro mojado = 1.195 m.

Radio Hidráulico (R) = 0.0326.

Superficie de la cuneta en concreto.

Coeficiente de Manning (n) = 0.014.

Pendiente de la cuneta igual a la pendiente de la rasante de la vía (S).

Pendiente mínima de la vía = 0.5%.

Pendiente máxima de la vía = 12%.

Intensidad de la lluvia (I) = Valor obtenido la curva I-D-F.

Duración del aguacero (Tiempo de concentración) = 10 minutos.

Periodo de retorno = 5 años.

Coeficiente de escorrentía (Ce) = 0.82, terreno montañoso, tierras cultivadas, suelo arcilloso, según los Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales del Manual de Drenaje para Carreteras INV-2009-Tabla 2.10

6.2.3. Determinación del caudal de demanda dado un espaciamiento entre alcantarillas

El diseño hidráulico de las cunetas es similar al de un canal abierto, aunque estrictamente el caudal de la cuneta es variable y aumenta a medida que aumenta su longitud.

Como el área tributaria es pequeña, se puede utilizar el método racional para encontrar el caudal:

$$Q_e = \frac{1}{360} * C * i * A_\gamma$$

C = Coeficiente de escorrentía.
I = Intensidad para un tiempo de concentración (mm / Horas).
Tiempo de concentración = 10min.
Aγ = área aferente o tributaria en Km2.
*Aγ = B * L*
El área aferente para las cunetas está forma por el área dada por el ancho impluvium (B) y la longitud de la cuneta (L).

Tabla No 9. Chequeo Tubería

CHEQUEO TUBERIA OBRAS TRANSVERSALES							
No	**ABSCISA**	**VIA**	**CAUDAL (m³/s)**	**VELOCIDAD MEDIA (m/s)**	**AREA (m²)**	**AREA TUBO (m²)**	**CHEQUEO**
1	K0+046.57	NUEVO SANTA FE	0.030	3.113	0.010	0.632	OK
2	K0+107.00	NUEVO SANTA FE	0.049	2.367	0.021	0.632	OK
3	K0+230.81	NUEVO SANTA FE	0.077	1.983	0.039	0.632	OK
4	K0+385.95	NUEVO SANTA FE	0.071	2.496	0.028	0.632	OK

6.2.4. Determinación del caudal que puede transportar la Berma-cuneta tipo

El caudal que puede transportar la berma-cuneta tipo a sección plena, dada una pendiente longitudinal de la vía, se puede encontrar mediante la aplicación de la Ecuación de continuidad y la Fórmula de Manning.

$$Q_c = V * a \text{ (Ecuación de continuidad)}$$

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} \text{ (Fórmula de Manning)}$$

Donde:

Qc = Caudal que puede transportar la berma-cuneta en m3 / seg.
V = Velocidad del agua que circula por la berma-cuneta, en m / seg.
R = Radio Hidráulico en metros.
S = Pendiente de la berma-cuneta en tanto por uno, igual a la pendiente de la rasante de la vía.
n = coeficiente de rugosidad de Manning.
a = Área hidráulica de la sección transversal de la berma-cuneta, en m2.

Tabla No 10. Capacidad Cunetas

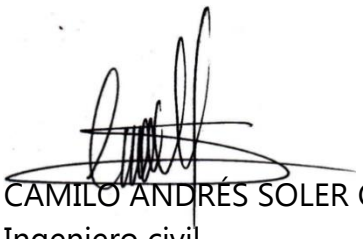
VERIFICACIÓN DE CAPACIDAD CAUDAL CUNETAS										
TRAMO	VIA	Qe (m^3/s)	S	n	AREA MOJADA	PERIMETRO MOJADO	RADIO HIDRAULICO (m)	VELOCIDAD MEDIA (m/s)	Qc (m^3/s)	CHEQUEO
1	NUEVO SANTAFE	0.030	18.22%	0.014	0.039	1.195	0.033	3.113	1.339	OK
2	NUEVO SANTAFE	0.049	10.53%	0.014	0.039	1.195	0.033	2.367	1.018	OK
3	NUEVO SANTAFE	0.077	7.39%	0.014	0.039	1.195	0.033	1.983	0.853	OK
4	NUEVO SANTAFE	0.071	11.71%	0.014	0.039	1.195	0.033	2.496	1.073	OK

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se tomó como referencia para la proyección de las obras transversales de la topografía generada en campo.
- Para el diseño de cunetas partimos del cálculo de caudales aplicando el método racional, que corresponde a la superficie drenada al producto de la longitud de la cuneta multiplicada par la suma de los anchos aferentes por calzada, talud de corte y la ladera.
- La capacidad hidráulica de las cunetas cumple con los caudales de escorrentías, se tomó la sección típica de la Guía de Diseño de Pavimentos con Placa Huella del INVIAS.
- La capacidad hidráulica de las obras transversales existentes cumple con los parámetros de diseño.
- Debido a las condiciones actuales de los tres tramos, es necesario la demolición y posterior construcción de tres obras transversales en el tramo La Merced.
- Se utilizó valores promedio de precipitación desde el año 1971 al 2000, única fuente de información del municipio de Granada Antioquia. Anexo se adjunta el archivo. De dichos datos se construyeron las curvas intensidad (I), duración (D) y frecuencia (F)
- Para mantener la eficiencia en el control de las aguas lluvias es importante realizar actividades de mantenimiento y limpieza a las estructuras que conforman los sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias, ya que estos son los encargados de evitar el paso de arena y otros componentes al colector principal.
- Profundidad mínima a la cota clave de las tuberías
    - Las tuberías deben localizarse a una profundidad adecuada con el fin de permitir el drenaje de las aguas, Este valor mínimo, en todos los casos, es de 1.6 m.
    - Puesto que la vía es terciaria y no presenta tráfico pesado se toma para una adecuada ubicación de la tubería una profundidad de 1,6 m.

Agradecemos de antemano la participación en su proyecto y quedamos a atentos a cualquier inquietud.

Cordialmente,



CAMILO ANDRÉS SOLER CIFUENTES
Ingeniero civil
M.P. 25202-255574 CND