CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO EN LA CABECERA DEL MUNICIPIO DE SAN JUAN NEPOMUCENO, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR

INFORME ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

Abril de 2025

1. INTRODUCCIÓN 4
2. OBJETIVO GENERAL 5
2.1 Objetivos Específicos 5
3. ALCANCE 6
4. LOCALIZACION 7
5. ESTUDIOS CLIMATOLOGICOS E HIDROLOGICOS 11
5.1 INFORMACION DE REFERENCIA Y ANALISIS DE LA INFORMACION EXISTENTE 11
5.2. CLIMATOLOGIA 11
6. GEOLOGÍA Y FISIOGRAFÍA 14
6.1 GEOLOGÍA 14
Figura 6. Mapa Geológico del departamento de Bolívar. 16
Fuente: Tomado de Estudio de suelos del departamento de Bolívar. 16
4.2. FISIOGRAFÍA 16
7. HIDROGRAFÍA 17
8. ESTUDIO DE LOS CUERPOS DE AGUA DE LA ZONA Y SU INFLUENCIA EN EL PROYECTO 19
9. ESTUDIO DE DRENAJE TRANSVERSAL Y DRENAJE SUPERFICIAL DE LA CALZADA 20
9.1 Metodología 20
9.2 Diseño del Drenaje Superficial de la Vía 20
Determinación de la Intensidad de la lluvia (mm/h) en la zona del proyecto 21
Figura . Graficas de las curvas de IDF deducidas para la estación La haya. 22
Estimación de Caudal por El Método Racional 23
Precipitación de diseño ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Periodo de retorno ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Intensidad ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Área de drenaje (a) ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Tiempo de concentración (Tc) 28
Factor de Reducción 29
Factor de Reducción Área de Drenaje (Has) Factor de Reducción 30
Caudal de Diseño 30
A= Área de drenaje (Has) 30
Cálculos hidráulicos obras de drenajes superficiales. 30

Características Morfométricas 30
Cálculo de los tiempos de Concentración 31
Cálculo de Caudales Superficiales 31
Manejo de Agua de escorrentías y superficiales 32
CONCLUSIONES 33

1. INTRODUCCIÓN

Dentro de la ejecución de los diseños definitivos para la Consultoría Para La Realización Y Elaboración De Los Estudios Y Diseños para La Formulación Del Proyecto: Construcción De Pavimento Rígido En La Cabecera Del Municipio De San Juan Nepomuceno, Departamento De Bolívar; se presenta el siguiente estudio de HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA para su aprobación por parte de la interventoría del proyecto y el Departamento Nacional de planeación.

Inicialmente se considerarán para la realización del estudio información adquirida y suministrada de estudios anteriores; luego, se procederá a definir los parámetros morfológicos de la cuenca aportante para establecer el tipo de metodología a utilizar para así realizar el análisis hidrológico que estime el o los caudales de diseño para, en última instancia, establecer las estructuras de drenaje.

Se pretende la construcción pavimento en la Vías Urbanas, Vía 1: Carrera 15 Entre Tvr 17-Cll 13 y Calle 13 entre Cra 14-15, Vía 2: Carrera 13 Entre Cll 15-Troncal, Vía 3: Calle 15 Entre Cra 14-19a, Vía 4: Carrera 10A Entre Cll 15-17, Del Municipio De San Juan Nepomuceno, Departamento de Bolívar., debido a que actualmente los sectores se encuentran afectado por el avanzado deterioro de las vías y las distintas intervenciones de redes de servicios públicos que han debilitados la estructura del mismo.

2. OBJETIVO GENERAL

Realizar los estudios hidráulicos e hidrológicos que nos permitan diseñar las estructuras de drenaje del proyecto.

2.1 Objetivos Específicos

- Realizar un estudio hidrológico que nos permita determinar la cantidad de agua superficial de diseño, para las estructuras de drenaje del proyecto.
- Realizar estudio hidráulico de las estructuras de drenajes óptimas para el proyecto.

3. ALCANCE

Diseñar las estructuras hidráulicas de drenaje concernientes a evacuar la escorrentía superficial del proyecto: **Consultoría Para La Realización Y Elaboración De Los Estudios Y Diseños para La Formulación Del Proyecto: Construcción De Pavimento Rígido En La Cabecera Del Municipio De San Juan Nepomuceno, Departamento De Bolívar**, se deben plantear los siguientes alcances.

- Conocer las condiciones geográficas y ambientales de la zona de estudio como son el clima, los suelos y la geología.
- Realizar un adecuado análisis hidrológico el cual conlleva a la estimación del caudal de diseño teniendo como base el modelo hidrológico de la lluvia escorrentía para cuencas pequeñas (<= 2.5 Km2), el cual tiene como variables hidrológicas la intensidad y el período de retorno; y como variables locales el coeficiente de escorrentía, el tiempo de concentración y el factor de reducción; y para cuencas de mayor tamaño (> 2.5 Km2) se utilizarán metodologías como el hidrograma adimensional y el hidrograma unitario.
- Diseñar todas las estructuras de drenaje, captaciones laterales y transversales tomando como base modelos hidráulicos como el de Manning-Strickler para flujo uniforme.

4. LOCALIZACION

Municipio ubicado en el centro del Departamento de Bolívar, se constituye en un punto de interconexión vial de la Carretera troncal de occidente, siendo esta la principal vía de acceso al municipio, que a la vez lo comunica con ciudades como Cartagena, Barranquilla, Sincelejo y el interior del país.

4.1 Límites del municipio:

Su cabecera está comprendida entre las coordenadas 9º 37 de latitud norte y 74º 15 longitud norte del meridiano de Grenwich, limita al norte con los municipios del Guamo y Calamar, al Este con el municipio de mahates y al Oeste los municipios de Zambrano y San Jacinto, al sur con los municipios de San Jancinto y María la Baja. Tiene una extensión aproximada de 675 Km2 que equivalen al 1,53% del total del departamento de Bolívar. Tiene una altura de 1,67 Mts. sobre el nivel del mar. Está topográficamente determinado por los montes de María, con zonas donde se presentan pendientes muy variadas y máximo de 50º.

- **Extensión total:** 4130 Km^2
- **Extensión área urbana:** 2040 Km^2
- **Extensión área rural:** 2090 Km^2
- **Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar):** 167
- **Temperatura media:** 27,7º C
- **Distancia de referencia:** 72 Km

MAPA OFICIAL DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA (IGAC)



LOCALIZACIÓN DEL DEPARTAMENTO EN EL PAIS (EOT)



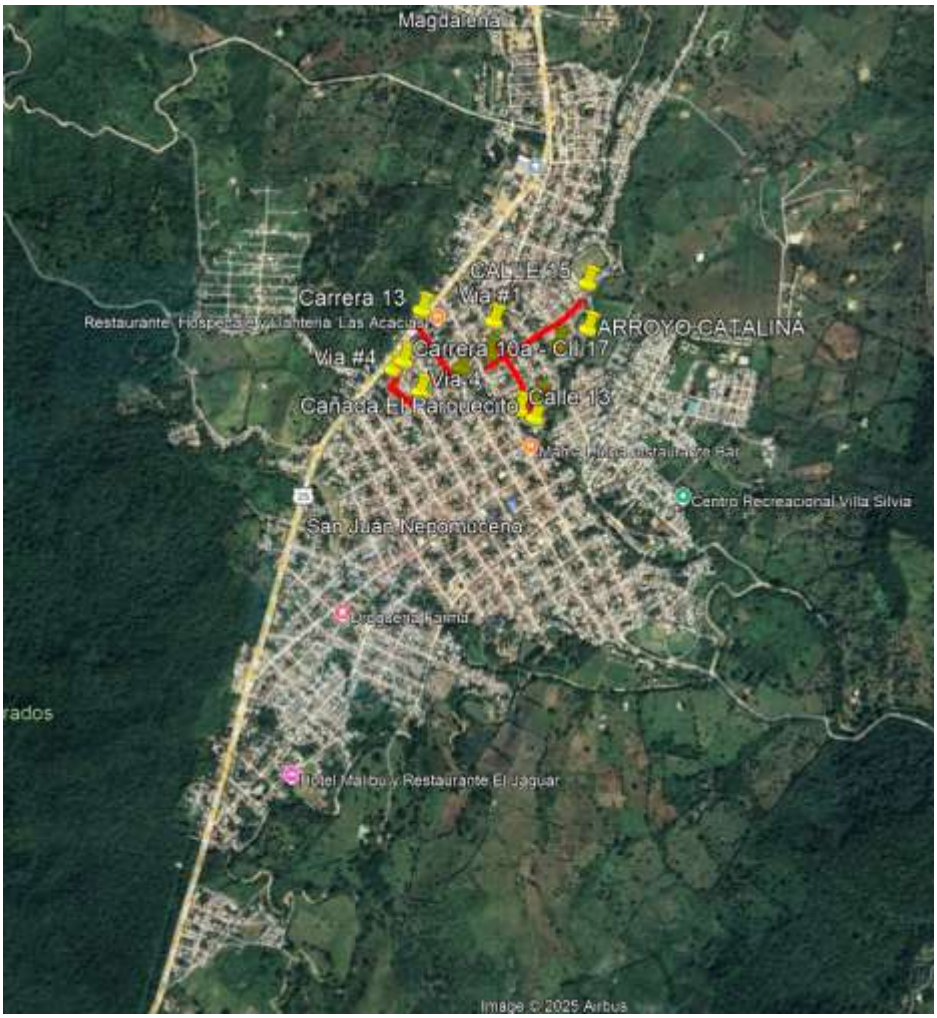
MAPA OFICIAL DEL DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR (IGAC)



LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO EN EL DEPARTAMENTO (EOT)



LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO EN EL MUNICIPIO





VÌA	N° Vía	Longitud	Ancho	Anden	PUNTO INICIAL - PI		PUNTO FINAL - PF	
					Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Via 1:	CARRERA 15 ENTRE TVR 17-CLL 13	320,00	4,50	0,50	9°57'25.40"N	9°57'25.40"N	9°57'16.98"N	75° 4'48.95"O
	Calle 13	71,50	4,50	0,50	9°57'15.76"N	75° 4'51.01"O	9°57'16.98"N	75° 4'48.95"O
	Bocacalles	18,00	4,70	0,50				
Via 2:	CARRERA 13 ENTRE CLL 15-TRONCAL	235,40	4,70	0,50	9°57'20.12"N	75° 4'57.64"O	9°57'26.26"N	75° 5'2.27"O
	Bocacalles	12,00	4,70	0,50				
Via 3:	CALLE 15 ENTRE CRA 14-19A	480,00	4,70	0,50	9°57'20.73"N	75° 4'56.52"O	9°57'29.97"N	75° 4'43.78"O
	Bocacalles	36,00	4,70	0,50				
Via 4:	CARRERA 10A ENTRE CLL 15-17	105,00	4,50	0,50	9°57'17.30"N	75° 5'2.17"O	9°57'19.60"N	9°57'19.60"N
	Parque	18,00	2,50	0,50				
	Calle 17	43,60	4,50	0,50	9°57'19.60"N	9°57'19.60"N	9°57'20.58"N	75° 5'4.13"O
	Bocacalles	6,00	4,50	0,50				

5. ESTUDIOS CLIMATOLOGICOS E HIDROLOGICOS

5.1 INFORMACION DE REFERENCIA Y ANALISIS DE LA INFORMACION EXISTENTE

El estudio se realizó con información primaria, recolectada en campo mediante inspección ocular realizada por el especialista en hidráulica; el día 29 de abril del 2025. Adicionalmente se utilizó información secundaria, tomada de diferentes entidades como lo son el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC y la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique, CARDIQUE.

La información primaria se obtuvo de la visita al sitio del proyecto, y se refiere a las caracterizaciones morfológicas de las estructuras de drenaje existentes y a las condiciones hidráulicas inherentes al proyecto.

La información secundaria se obtuvo de los siguientes documentos:
Precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, brillo solar, nubosidad y velocidad del viento para la estación climatológica principal de La Haya identificada con el número 29030570, altitud 100 msnm, Longitud 75.18611111, Latitud 9.958333333, estación operada por el IDEAM. Los datos obtenidos se presentan en el Anexo No. 1.

Carta general departamento de Bolívar, año 2025, escala 1:250000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, IGAC.

Levantamiento topográfico, Estudios de suelos, Plan departamental de la gestión del riesgo-Gobernación del Departamento de Bolívar.

Evaluación del potencial ambiental de los recursos suelo, agua, mineral y bosques en el territorio de jurisdicción de CARDIQUE.

5.2. CLIMATOLOGIA

En la zona predomina el clima cálido seco, la temperatura promedio es de 26.6°C, y la precipitación de 1316 mm al año (Climate-Data.org, 2024).

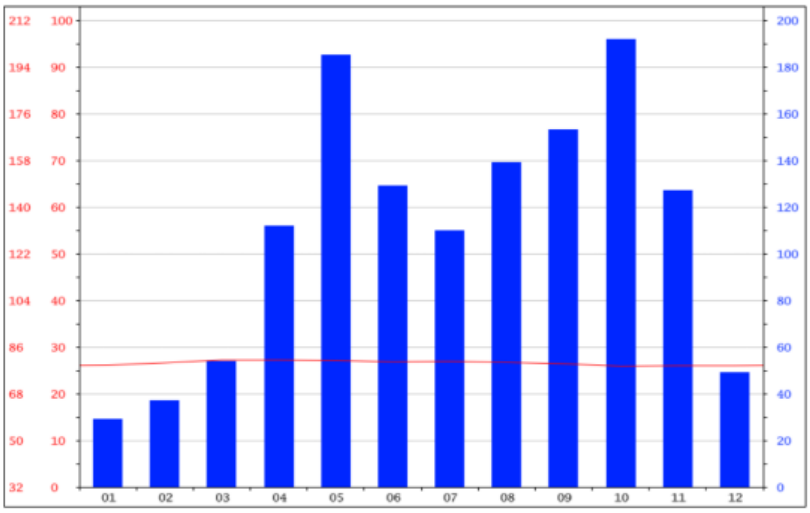


Figura 3. Hietograma de precipitaciones.

De la figura 3 se puede decir que el mes más seco es enero con registros de 29mm de precipitación, y que en octubre estos valores registran de hasta 192 mm, el régimen de lluvias sigue un patrón mono modal. En algunos sectores se manifiesta una disminución moderada y corta de las precipitaciones entre junio y julio (denominada en la región “veranillo de San Juan”); sin embargo, la temporada seca de mitad de año tiende casi a desaparecer, adquiriendo mayor importancia la temporada seca de principio de año. Asimismo, la definición a nivel mensual y anual multianual del parámetro precipitación máxima en 24 horas, se ha basado en los datos presentados en el anexo 1 para la estación referida anteriormente.

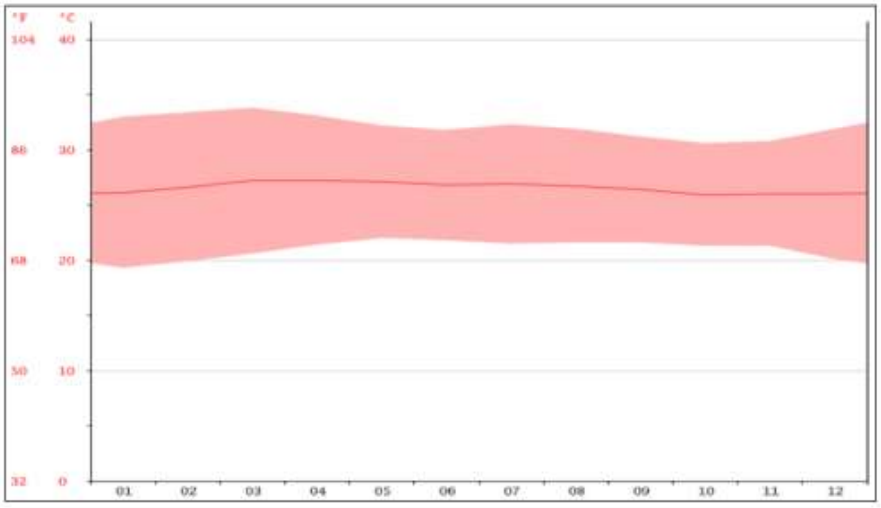


Figura 4: Diagrama de temperaturas, tomado de (Climate-Data.org, 2024).

En la figura 4 se observa como el mes más caluroso del año con un promedio de 27.2°C es

marzo, y que octubre es el más frío con 25.9°C en promedio.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	26.1	26.6	27.2	27.2	27.1	26.8	26.9	26.7	26.4	25.9	26	26
Temperatura mín. (°C)	19.3	19.9	20.6	21.4	22	21.8	21.5	21.6	21.6	21.3	21.3	20.1
Temperatura máx. (°C)	33	33.4	33.8	33.1	32.2	31.8	32.3	31.9	31.2	30.6	30.8	31.9
Temperatura media (°F)	79.0	79.9	81.0	81.0	80.8	80.2	80.4	80.1	79.5	78.6	78.8	78.8
Temperatura mín. (°F)	66.7	67.8	69.1	70.5	71.6	71.2	70.7	70.9	70.9	70.3	70.3	68.2
Temperatura máx. (°F)	91.4	92.1	92.8	91.6	90.0	89.2	90.1	89.4	88.2	87.1	87.4	89.4
Precipitación (mm)	29	37	54	112	185	129	110	139	153	192	127	49

Figura 5: Tabla climática, tomado de (Climate-Data.org, 2024)

Finalmente, en la figura 5 se nota que la diferencia en la precipitación entre el mes más seco y el mes más lluvioso es de 163 mm y que la variación en la temperatura anual está alrededor de 1.3°C.

La humedad relativa promedio del municipio es del 74%, mientras que las máximas y mínimas mensuales son del 85% y 67%. Los meses de mayor humedad relativa corresponden a los meses de lluvia y los de menor a los de verano.

6. GEOLOGÍA Y FISIOGRAFÍA

6.1 GEOLOGÍA

San Juan Nepomuceno geológicamente está conformado por rocas sedimentarias de ambientes marinos y depósitos consolidados de origen continental, que comprenden edades desde el Paleoceno hasta el Reciente. Estructuralmente está caracterizado por plegamientos estrechos y fallados en los flancos, que deforman el relieve en franjas de intenso plegamiento y callamiento al occidente del Municipio y una franja menos deformada al oriente hasta conformar una topografía baja y pantanosa en las riberas del río Magdalena. El fallamiento se orienta de manera casi paralela al plegamiento N20E.

En Estratigrafía se tienen presentes las siguientes formaciones: Formación San Cayetano (Pgsc); Formación Maco (Pgm); Formación Chengue. (Pgch); Formación San Jacinto. (Pgsj); Formación Carmen. (PgNgc); Formación Rancho (Ngr) y Formación Jesús del Monte. (Ngjm).

El área de Municipio está ubicada en el llamado anticlinorio de San Jacinto. La deformación observada en las rocas evidencia una intensa y variable actividad tectónica que afecto principalmente a las rocas de la Formación San Cayetano y con menor intensidad a las otras unidades. Duque (1980), indica que varios pulsos tectónicos han afectado esta región como la Orogenia Pre-andina, en el Eoceno medio, diastrofismo en el Oligoceno-Mioceno y Orogenia andina en el PliocenoPleistoceno.

Como resultado de estos pulsos se ha generado plegamientos y fallamientos. El fallamiento presenta en general una vergencia hacia el occidente donde son frecuentes los cabalgamientos, también se encuentran fallas con inclinación hacia el oeste. Estructuralmente las rocas del municipio de San Juan que evidencian una mayor deformación se localizan en la región occidental del municipio.

Anticlinal de Arroyo Hondo: Se extiende hacia el norte hasta la región de Cienageta y afecta rocas de la Formación San Cayetano; continua hasta la Finca "Gracias a Dios", en la vía San Cayetano-Carreto donde se trunca contra la Falla del Páramo.

Anticlinal El Cantil: Se localiza en la parte norte del Municipio, entre las fincas de El Ceibal-El Cantil y región de la Escoba. Es una estructura apretada, con un rumbo N30E, en cuyo núcleo la

Formación Chengue y en sus flancos la Formación San Jacinto.

Sinclinal de Maco: Tiene una dirección aproximada N10E; en su núcleo aflora la Formación Maco y en los flancos las Formaciones San Cayetano y Maco, es una estructura asimétrica con mayor inclinación en el flanco occidental, donde se aprecian estratos casi verticales de la Formación San Cayetano, que permite la exposición continua del nivel de chert de esta unidad.

Sinclinal de Botijuela: Es una estructura asimétrica con el flanco oriental tumbado hacia el occidente, que cierra justamente en este sector; en su núcleo afloran capas de la Formación San Jacinto.

Sinclinal El Ceibal: Está situado entre la falla La Escoba y el anticlinal El Cantil, es una estructura apretada de 1 Km de amplitud y una longitud máxima de 5 Km. En general el núcleo se encuentra en rocas de la Formación Chengue; sin embargo, en los alrededores de la finca El Ceibal, conforma dos estructuras en forma de cubeta donde la Formación San Jacinto aparece en su núcleo. La falla de la Escoba lo trunca tanto al norte como al sur.

Sinclinal del Guamo: Tiene una dirección aproximada N45E, con el flanco oriental ligeramente más empinado que el occidental. Afecta las rocas de la Formación Rancho.

Anticlinal del Guamo: Tiene una dirección aproximada N45E, con flancos buzando entre 5° y 10°.

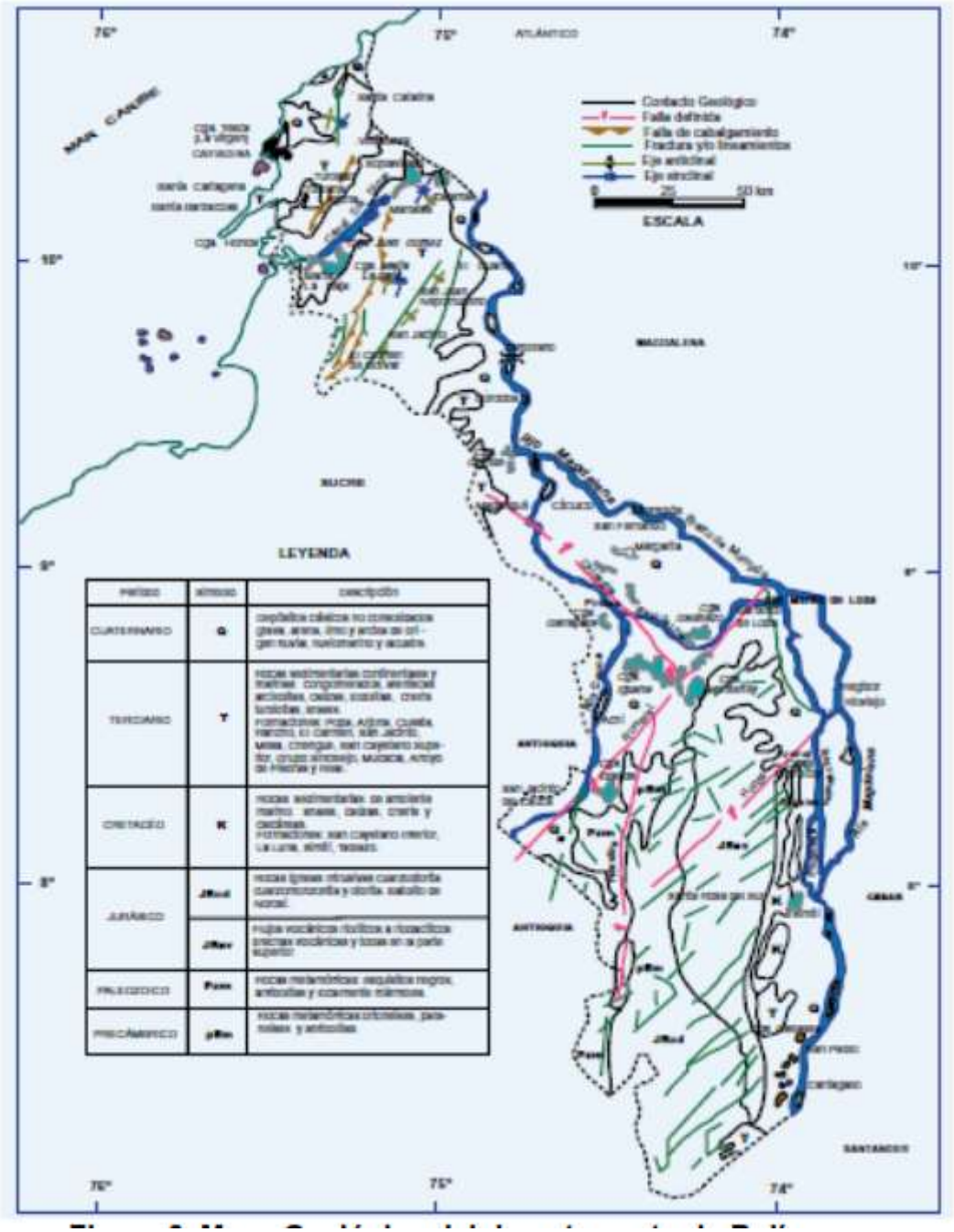


Figura 6. Mapa Geológico del departamento de Bolívar.

Fuente: Tomado de Estudio de suelos del departamento de Bolívar.

4.2. FISIOGRAFÍA

Se presentan dos zonas topográficas fácilmente diferenciables: una de planicie que constituye la mayor parte del área y otra de colinas bajas. Con elevaciones que van desde los 787 msnm hasta los 150 msnm. El proyecto de la via se desarrolla entre los 100 msnm y los 371 msnm.

7. HIDROGRAFÍA

Las características hidrográficas de la cuenca son concordantes con las del departamento de Bolívar; que están determinadas por la fisiografía de la región. La red de drenaje es de tipo angular ya que el sistema de fallas controla la dirección de las Corrientes permanentes e intermitentes.

El sistema hidrológico está compuesto por tres partes: la primera parte la constituye el Río Magdalena que se extiende por la margen oriental del municipio, estableciendo su límite natural y el del Departamento de Bolívar; en su recorrido se encuentra el corregimiento de San Agustín.

La segunda parte del sistema la constituyen los arroyos y cañadas que nacen en las serranías del Toro, Maco y Reventón en el cerro del Algodón y en la cuchilla de la Peña Alta. Los arroyos más importantes son: 1) Arroyo Grande, 2) Arroyo Rastro y su afluente principal, el Arroyo los Cacaos, 3) Arroyo Catalina, 4) Arroyo Salvador, 5) Arroyo la Haya, 6) Arroyo Toro, 7) Arroyo Badillo, 8) Arroyo las Limas, 9) Arroyo el Pozón, 10) Arroyo el Guamo, y 11) Arroyo Madre Vieja. Las aguas de los arroyos y cañadas confluyen en su mayoría hacia el Río Magdalena, son aprovechables en su recorrido durante la época de lluvias para el consumo humano y actividades productivas, especialmente las agropecuarias.

De los arroyos mencionados tres de ellos atraviesan la cabecera municipal y son: El Rastro, Salvador y Catalina. El arroyo la Haya, pasa por el corregimiento del mismo nombre; el Arroyo Toro cruza por el corregimiento de San Cayetano; los Arroyos Badillo, Limas y Pozón se ubican el área del corregimiento de San Pedro Consolado y los Arroyos Madre Vieja y el Guamo se localizan en el área del corregimiento de San Agustín.

La tercera parte del sistema está integrada por las ciénagas del municipio, las cuales son: 1) Moja Pato (Ciénaga de Oro) con extensión aproximada de 500 hectáreas, 2) Ciénaga del playón, con 50 hectáreas aproximadamente y 3) la Ciénaga de Severa con 10 hectáreas aproximadamente. La cuenca del arroyo El Rastro confluye con el arroyo el Salvador.

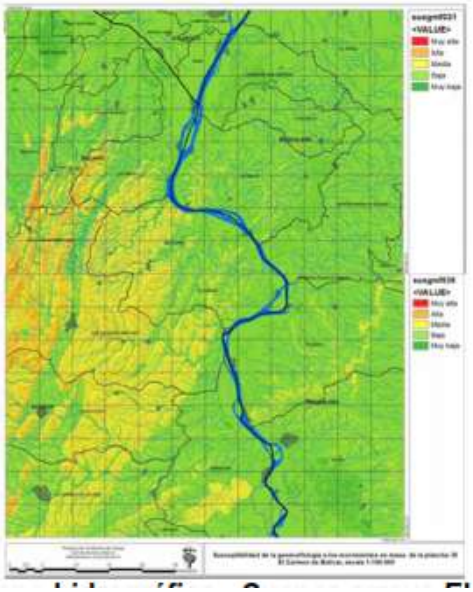


Figura 7. Plano hidrográfico –Cuenca arroyo El Rastro.

Fuente: Tomado de Cartografía Geológica de la plancha 31 y 38–departamentos de Bolívar y del Atlántico-Servicio Geológico Colombiano.

La vertiente oriental de la Serranía de Jacinto, a la que pertenece la cuenca del arroyo El Rastro y sus cuencas anexas; se caracteriza por tener un clima cálido seco, razón por la cual las corrientes, son de bajo caudal y generalmente intermitentes.

8. ESTUDIO DE LOS CUERPOS DE AGUA DE LA ZONA Y SU INFLUENCIA EN EL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado entre Las Vías Urbanas, Vía 1: Carrera 15 Entre Tvr 17-Cll 13 y Calle 13 entre Cra 14-15, Vía 2: Carrera 13 Entre Cll 15-Troncal, Vía 3: Calle 15 Entre Cra 14-19a, Vía 4: Carrera 10A Entre Cll 15-17. Municipio De San Juan Nepomuceno, Departamento De Bolívar.

En el casco urbano las aguas de escorrentías bajan en el sentido norte sur, descargando en las cañadas del Silencio, que a su vez descargan en el arroyo Catalina, por lo que las vías a verificar el caudal por desbordamientos de sus bordillos son las carreras 10ª, 13 y 15, calle 15 y 13.



9. ESTUDIO DE DRENAJE TRANSVERSAL Y DRENAJE SUPERFICIAL DE LA CALZADA

9.1 Metodología

La metodología a utilizar para los estudios de hidrología e hidráulica es la siguiente.

Información preliminar. Esta información consiste en aquella extraída directamente de los estudios de campo como son la topografía, estudios de suelos, como la generada tales como el diseño geométrico de la vía y la suministrada por entidades de orden nacional como la del IGAC, IDEAM y del orden privado.

Análisis hidrológico. De acuerdo al tamaño de cada cuenca se establece la metodología a utilizar para estimar el caudal de diseño de cada estructura hidráulica. Si el tamaño de la cuenca es pequeña, es decir, menor a 2.5 Km2 se utiliza el método racional para la estimación de los caudales, si es mayor, se utilizan las metodologías del hidrograma adimensional y del unitario triangular.

Diseño hidráulico. Con el caudal estimado se procede a dimensionar las estructuras de drenaje que se necesiten.

9.2 Diseño del Drenaje Superficial de la Vía

Objetivo del drenaje de la vía

El drenaje de la vía tiene como principal objetivo reducir al máximo posible la cantidad de agua que llega a la vía y darle salida rápida de tal manera que no destruya progresivamente la capa de rodadura de la vía y su cimentación.

Consideraciones a tener en cuenta para lograr un buen drenaje:

- ✓ El agua no debe circular en cantidades excesivas por la superficie de rodadura formando charcos y baches.
- ✓ Evitar que el agua de las cunetas humedezca los terraplenes originando asentamientos en la corona de la vía.

- ✓ Evitar que los taludes de los cortes en los suelos no cohesivos se saturen con peligro de derrumbes y deslizamientos de la banca.
- ✓ Impedir que el agua de los arroyos y hondonadas sean remansadas por los terraplenes con el peligro de erosión y arrastre de sedimentos.
- ✓ Evitar que las aguas subterráneas reblandezcan la cimentación del pavimento.

Determinación de la Intensidad de la lluvia (mm/h) en la zona del proyecto

Identificación de la Estación Meteorológica representativa. Serie histórica de la Precipitación. Consultar en el IDEAM los registros históricos de la precipitación máxima registrada en veinticuatro (24) horas en la estación meteorológica representativa más cercana a la ubicación del proyecto.

La estación meteorológica puede corresponder a una Estación Pluviométrica dotada de un pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída entre dos observaciones consecutivas.

Si la estación no cuenta con dichos registros, se obtendrán los registros históricos de la precipitación diaria medidos en la estación meteorológica representativa de la zona del proyecto o de estaciones meteorológicas de la zona del proyecto que más se asemejen a las condiciones climatológicas del sitio del proyecto.

Identificar, para cada año de la serie histórica, el valor máximo de precipitación registrado en veinticuatro (24) horas. Es decir, establecer el valor de la precipitación del día más lluvioso de dicho año.

Para el diseño de las obras de drenaje de la vía la información hidrológica para la realización del presente estudio correspondiente pertenece a la estación pluviométrica más cercana del proyecto del catálogo de estaciones climatológicas del IDEAM, encontrándose que la Estación Pluviométrica La estación LA HAYA está identificada con el No 29030570 y tiene como coordenadas geográficas: Latitud: 9.958333333º N - Longitud: -75.18611111°W, departamento de Bolívar, municipio de SAN JUAN NEPOMUCENO, de los datos actualizado del 2024.

De acuerdo con lo establecido en el RAS (Resolución 330 de 2017), Artículo 135, Caudales de Agua Lluvia. Se utilizo el método racional, dado que las áreas aferentes o áreas de drenajes son menores de 80Ha.

Para determinar el Perdido de Retorno, se determino de la Table 16, del Articulo 135 de la Resolución 330 de 2017, citada anteriormente.

Tabla 16. Períodos de retorno

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

Se toman los cálculos de Curva IDF de la Estación la Haya, TIEMPOS DE RETORNO DE 50 años. Para una Intensidad de 15 minutos.

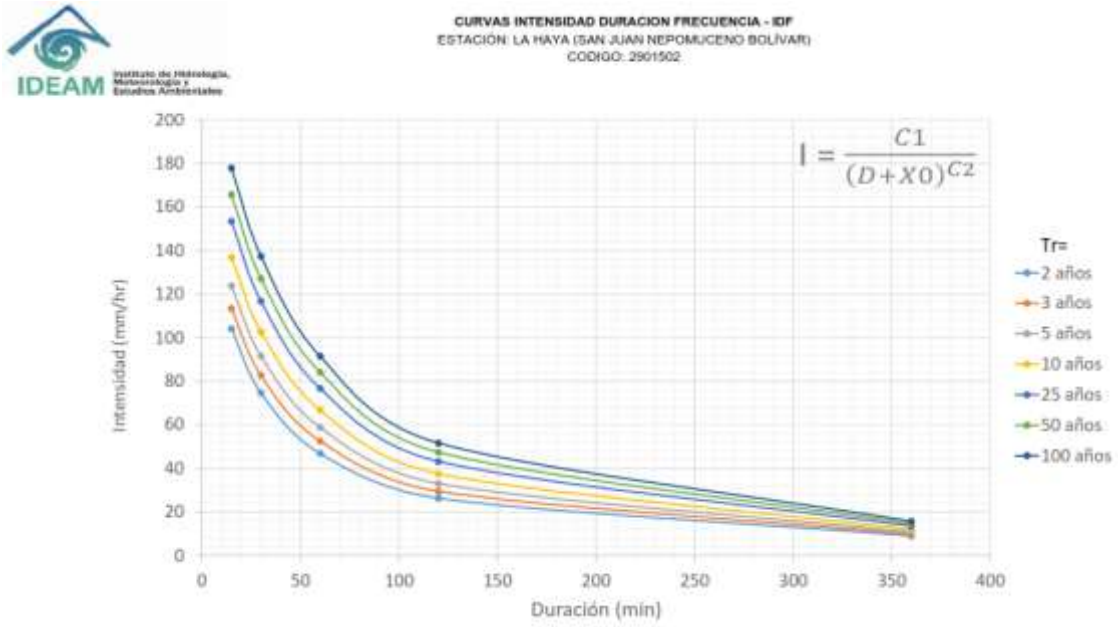


Figura . Graficas de las curvas de IDF deducidas para la estación La haya.

Fuente: IDEAM.

TR (años)	C1	X0	C2
2	6798.308	27.695	1.112
3	9998.576	32.735	1.159
5	14882.323	37.628	1.207
10	23468.705	43.764	1.263
25	39184.485	50.544	1.325
50	55085.160	55.091	1.366
100	75025.218	59.234	1.403

D (min)	$I_{TR=2}$	$I_{TR=3}$	$I_{TR=5}$	$I_{TR=10}$	$I_{TR=25}$	$I_{TR=50}$	$I_{TR=100}$
15	104.0	113.2	123.4	136.3	152.5	164.6	176.6
30	75.1	83.4	92.5	104.1	118.6	129.4	140.2
60	46.3	51.9	58.1	65.9	75.8	83.1	90.3
120	26.4	29.3	32.7	36.8	42.1	46.0	49.8
360	9.2	10.3	11.5	13.1	15.0	16.4	17.8

Análisis hidrológico

Estimación de Caudal por El Método Racional

A partir de la identificación de la red hídrica de drenajes obtenida con la caracterización de las microcuencas, se logró establecer un drenaje principal que se acumula en los puntos de más bajo nivel de la zona; también se identificó un drenaje secundario que discurre directamente a un canal de excedentes existente sobre el costado sur hasta encontrarse con el drenaje principal.

Para la estimación de los caudales máximos de entrada al predio del proyecto, se utilizó el método del Racional, en razón a que el área de la microcuenca aportante es menor a 90 Ha, que es la recomendación del INVIAS (2011). La duración de las lluvias de diseño se establece igual al tiempo de concentración de la cuenca, toda vez que esta es la condición más desfavorable y que es una práctica recomendada en hidrología (Chow, 1994).

El método o fórmula racional es una de las ecuaciones más adecuadas para el cálculo del caudal pico en pequeñas áreas asociadas con el drenaje de vías, esta metodología se considera válida para áreas inferiores a 0,9 km² (ASCE, 1992) (Rodríguez, 2013) y se fundamenta en la siguiente ecuación:

$$Q = 0.00278 * C * I * A$$

Donde Q es el caudal en m3/s

C es el coeficiente de escorrentía que depende las pendientes, el tipo y uso del suelo.

A es el área de drenaje de la cuenca en Ha

I es la intensidad en mm/hr

Esta metodología establece que el caudal pico ocurre cuando toda el área contribuye al flujo y la intensidad de la lluvia es uniforme en un tiempo igual al tiempo de concentración de la hoya (o microcuenca, en este caso) (H. Rodríguez, 2013).

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad de la precipitación en un período de tiempo dado (Chow, 1994). La selección de este coeficiente en general se realizar de acuerdo con las coberturas del suelo. Este valor también se puede calcular para una lluvia de características conocidas, siempre y cuando se conozca la respuesta de la hoya en términos del caudal de escorrentía superficial (Monsalve, 2004).

CARACTERIZACION DEL AREA DE INFLUENCIA

Sentido de Flujo (a)

El sentido del flujo hidrográfico es el movimiento natural del agua superficial desde zonas altas (cabeceras) hacia áreas bajas (desembocadura), impulsado por la gravedad, siguiendo la mayor pendiente del terreno. El agua se organiza en redes de drenaje, convergiendo desde afluentes hacia un cauce principal dentro de una cuenca.

Vía 1: Carrera 15 Entre Tvr 17-Cll 13 y Calle 13 entre Cra 14-15



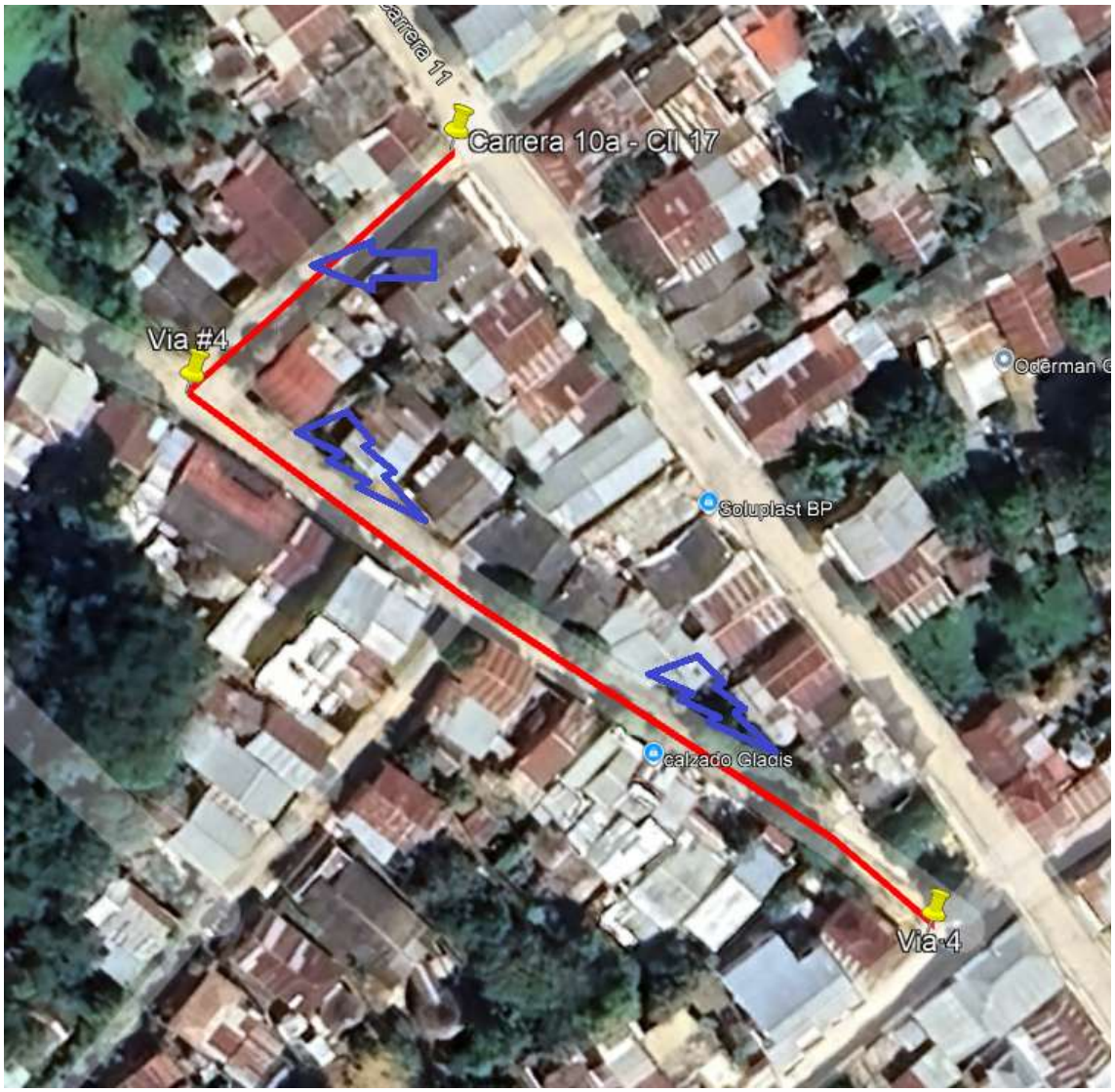
Vía 2: Carrera 13 Entre Cll 15-Troncal



Vía 3: Calle 15 Entre Cra 14-19a



Vía 4: Carrera 10A Entre Cll 15-17



<u>Área de drenaje (a)</u>

Una cuenca hidrográfica es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red natural con una o varias corrientes superficiales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor, que a su vez puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

El área de drenaje corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio. Las áreas se determinaron por medio de Google Earth y el sistema de información geográfica (SIG), las cuales contribuyen a los sistemas que se están diseñando. Con el fin de

delimitar las áreas contribuyentes a la escorrentía superficial para cada vía se realizó el trazado de las áreas aferentes de cada una. Las áreas de drenaje corresponden a pequeños cultivos y canales artesanales construidos por la comunidad aledaña.

El área de drenaje está definida por una divisoria o parte aguas estructurada topográficamente en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas, por uno o varios cursos de agua interconectados entre sí, hacia un único punto de salida.

Los parámetros de la cuenca se determinaron con el siguiente procedimiento:
Se identificaron las coordenadas del sitio de construcción, con el fin de delimitar la parte de la cuenca que drena hacia ese punto.



Figura: Áreas aferentes de diferentes vías y calles.

Coeficiente de escorrentía (C)

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, entendiendo que la parte superficial es menor que la precipitación total al descontar la evaporación, evapotranspiración, almacenamiento, etc. Como puede comprenderse, el proceso de escorrentía es complejo y en la práctica deben introducirse simplificaciones. El coeficiente de escorrentía es un valor adimensional comprendido entre 0 y 1.

Para la determinación del caudal de diseño es necesario determinar inicialmente la escorrentía, la cual se puede definir como la cantidad de agua de una tormenta que drena o escurre sobre la superficie del suelo. Cuando se produce, fluye a los cauces incrementando su volumen; a medida que llega agua de las partes más lejanas comienza suavemente a decrecer el caudal al poco tiempo de terminada lluvia.

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

Tabla 4: Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales.

Para el diseño de las obras de drenajes transversales el coeficiente de escorrentía es de C : 0.36. la vía presenta zonas verdes y jardines en toda su longitud en ambos extremos y el terreno es ondulado y sus suelos constituidos por suelos limo arcillosos.

Tiempo de concentración (Tc)

Se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la cuenca

contribuya al sitio de la obra de drenaje en consideración, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de esta. En general, el tiempo de concentración se calcula por medio de ecuaciones empíricas, dentro de las cuales se cuentan las siguientes:

Ecuación de Kirpich (1940): $$t_c = 0.06628(\frac{L}{S^{0.5}})^{0.77}$$

Donde:

Tc: 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 Témez: $$t_c = 0.30(\frac{L}{S^{0.25}})^{0.76}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

Factor de Reducción

En la medida en que las áreas de drenaje consideradas se hacen más grandes, la intensidad media de la lluvia sobre éstas se reduce en razón de la variabilidad espacial del fenómeno de precipitación.

En consecuencia, resulta conveniente considerar factores de reducción de la intensidad media de la precipitación en la medida en que el área de drenaje se incremente de la siguiente manera:

Factor de Reducción	
Área de Drenaje (Has)	Factor de Reducción
<50	1.00
50-100	0.99
100-200	0.95
200-400	0.93
400-800	0.90
800-1600	0.88

Factor de Reducción Área de Drenaje (Has) Factor de Reducción

FUENTE: REGLAMENTO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS 2.000. TITULO D 1.00

Para nuestro caso el factor de reducción por ser un área de drenaje menor de 50Ha el valor es F : 1.0.

Caudal de Diseño

Una vez obtenidos todos los datos antes descritos se procede a estimar el caudal de diseño mediante el método racional para cuencas pequeñas (A<2.5 Km2) de la siguiente manera.

$$Q = 0.00278 * F * C * I * A \quad (1)$$

Donde:

Q= Caudal pico (m3/s) para un período de retorno de Tr años.

F= Factor de reducción (adimensional) de la lluvia puntual por área de drenaje.

C= Coeficiente de escorrentía (adimensional) para un período de retorno de Tr años.

I= Intensidad promedio de la lluvia (mm/h) para una duración de lluvia de Tc horas y un período de retorno de Tr años.

A= Área de drenaje (Has)

Cálculos hidráulicos obras de drenajes superficiales.

Características Morfométricas

VÌA	Nº Vía	Longitud Via	Ancho	Ancho	PUNTO INICIAL - PI		PUNTO FINAL - PF	
					Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Via 1:	CARRERA 15 ENTRE TVR 17-CLL 13	320,00	4,50	0,50	9°57'25.40"N	9°57'25.40"N	9°57'16.98"N	75° 4'48.95"O
Via 2:	CARRERA 13 ENTRE CLL 15-TRONCAL	235,40	4,70	0,50	9°57'20.12"N	75° 4'57.64"O	9°57'26.26"N	75° 5'2.27"O
Via 3:	CALLE 15 ENTRE CRA 14-19A	480,00	4,70	0,50	9°57'21.80"N	75° 4'54.63"O	9°57'29.97"N	75° 4'43.78"O
Via 4:	CARRERA 10A ENTRE CLL 15-17	105,00	4,50	0,50	9°57'30.02"N	75° 4'43.83"O	9°57'33.07"N	75° 4'47.36"O

		Características Morfométricas							
VÌA	Nº Vía	Largo Aferente (m)	Largo Aferente (Km)	Ancho Aferente (m)	Area Aferente (Ha)	Cotas (msnm)		Diferencia	S (m/m)
						Superior	Inferior		
Via 1:	CARRERA 15 ENTRE TVR 17-CLL 13	205,00	0,205	50,00	1,03	30,173	29,985	0,188	0,0009
Via 2:	CARRERA 13 ENTRE CLL 15-TRONCAL	238,00	0,150	40,00	0,95	29,610	29,461	0,149	0,0006
Via 3:	CALLE 15 ENTRE CRA 14-19A	250,00	0,150	65,00	1,63	30,035	29,523	0,512	0,0020
Via 4:	CARRERA 10A ENTRE CLL 15-17	150,00	0,150	60,00	0,90	29,149	29,000	0,149	0,0010

Cálculo de los tiempos de Concentración

$$t_c = 0.06628\left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.77} \qquad t_c = 0.30\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76}$$

VÌA	N° Vía	S (%)	Tiempos de concentraciòn			
			Kirpich	Tèmez	Tc. Prom (hora)	Tc. Prom (min)
Via 1:	CARRERA 15 ENTRE TVR 17-CLL 13	0,09%	0,2890	0,3398	0,314	**18,86**
Via 2:	CARRERA 13 ENTRE CLL 15-TRONCAL	0,06%	0,2632	0,2881	0,276	**16,54**
Via 3:	CALLE 15 ENTRE CRA 14-19A	0,20%	0,1668	0,2300	0,198	**11,90**
Via 4:	CARRERA 10A ENTRE CLL 15-17	0,10%	0,2203	0,2639	0,242	**14,53**

Cálculo de Caudales Superficiales

$$Q = 0.00278 * F * C * I * A \quad (1)$$

VÌA	N° Vía	Calculo de Caudal				
		Tr (años)	I (mm/hr)	F	C	Q (m3/s)
Via 1:	CARRERA 15 ENTRE TVR 17-CLL 13	50,00	164,60	1,00	0,90	0,422
Via 2:	CARRERA 13 ENTRE CLL 15-TRONCAL	50,00	164,60	1,00	0,90	0,392
Via 3:	CALLE 15 ENTRE CRA 14-19A	50,00	164,60	1,00	0,90	0,669
Via 4:	CARRERA 10A ENTRE CLL 15-17	50,00	164,60	1,00	0,90	0,371

Coeficiente de escorrentía pavimento rígido = 0.90.

Calculado los caudales de escorrentías superficiales de la vía se procede a calcular la capacidad de evacuación de la vía.

Sección de la calzada del pavimento = 4.5-5.00 metros.

Media Calzada de pavimento: 2.25-2.5 metros.

Bombeo de transversal del pavimento: 2%.

Asumimos altura de bordillo: 0.20 metros.

Se procede al chequeo hidráulico de la vía delimitada por bordillo de sección de 0.15 m x 0.20 m. Se calcula la sección combinada, primero la sección de cuña triangular correspondiente al bombeo, posteriormente la sección completa rectangular sobre las cuñas del bombeo, la capacitad final es la sumatoria de la capacidad de las dos secciones.

El cálculo del caudal (Q) en una cuneta triangular se realiza principalmente mediante la **ecuación de Manning** ($Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$), considerando la geometría de la sección. Se requieren el tirante de agua (y), el talud de la cuneta (z), el coeficiente de rugosidad de Manning (n) y la pendiente longitudinal (S).

		Seccion Hidraulica del Bombeo					
VÌA	N° Vía	B (m)	H (m)	Area (m2)	Perimetro (m)	Radio Hidràulico (m)	Calculo Capacidad hidraulica (m3/sg)
Via 1:	CARRERA 15 ENTRE TVR 17-CLL 13	2,25	0,0450	0,051	2,295	0,0221	0,019
Via 2:	CARRERA 13 ENTRE CLL 15-TRONCAL	2,35	0,0470	0,055	2,397	0,0230	0,017
Via 3:	CALLE 15 ENTRE CRA 14-19A	2,35	0,0470	0,055	2,397	0,0230	0,031
Via 4:	CARRERA 10A ENTRE CLL 15-17	2,25	0,0450	0,051	2,295	0,0221	0,019

		Seccion Hidraulica sobre Bombeo						
VÌA	N° Vía	B (m)	H (m)	Area (m2)	Perimetro (m)	Radio Hidràulico (m)	Calculo Capacidad hidraulica (m3/sg)	TOTAL Calculo Capacidad hidraulica
Via 1:	CARRERA 15 ENTRE TVR 17-CLL 13	4,50	0,1550	0,698	4,810	0,1450	0,448	0,467
Via 2:	CARRERA 13 ENTRE CLL 15-TRONCAL	4,70	0,1530	0,719	5,006	0,1436	0,380	0,397
Via 3:	CALLE 15 ENTRE CRA 14-19A	4,70	0,1530	0,719	5,006	0,1436	0,687	0,718
Via 4:	CARRERA 10A ENTRE CLL 15-17	4,50	0,1550	0,698	4,810	0,1450	0,467	0,486

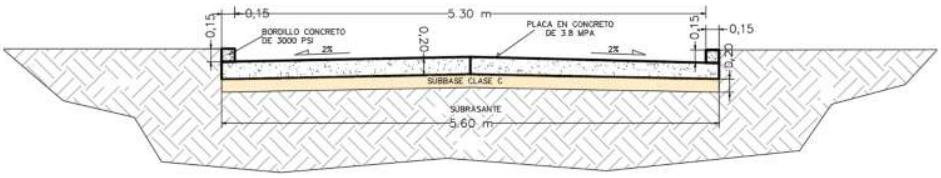
La altura de bordillo asumida cumple con el requerimiento hidráulico, los caudales no sobrepasan la altura del bordillo, para altura total de 20 cm.

VÌA	N° Vía	Calculo Velocidad (m/sg)	Calculo Numero Froud	Tipo de Flujo	Capacidad hidraulica Requerida (m3/sg)	Calculo Capacidad hidraulica (m3/sg)
Via 1:	CARRERA 15 ENTRE TVR 17-CLL 13	0,366	0,078	*Subcrìtico*	0,4221	**CUMPLE**
Via 2:	CARRERA 13 ENTRE CLL 15-TRONCAL	0,312	0,065	*Subcrìtico*	0,3921	**CUMPLE**
Via 3:	CALLE 15 ENTRE CRA 14-19A	0,564	0,117	*Subcrìtico*	0,6692	**CUMPLE**
Via 4:	CARRERA 10A ENTRE CLL 15-17	0,381	0,081	*Subcrìtico*	0,3706	**CUMPLE**

Manejo de Agua de escorrentías y superficiales

Las aguas superficiales y de escorrentías sobre la calzada son encausadas al borde del pavimento delimitado por bordillo de 0.20 m y trasportadas a los sitios de descoles acorde a las pendientes longitudinales de la vía.

Sección hidráulica de la vía es:



CONCLUSIONES

La falta de mantenimiento periódico que realiza el Municipio a las calles y carreras del Las Vía 1: Carrera 15 Entre Tvr 17-Cll 13 y Calle 13 entre Cra 14-15, Vía 2: Carrera 13 Entre Cll 15-Troncal, Vía 3: Calle 15 Entre Cra 14-19a, Vía 4: Carrera 10A Entre Cll 15-17, Del Municipio De San Juan Nepomuceno, Departamento de Bolívar, genera desgaste en la banca, dejando al descubierto y deteriorada la banca existente, presentando baches imposibilitando la transitividad y estancamientos de las aguas de superficiales.

Para el diseño de las obras de drenaje de la vía la información hidrológica para la realización del presente estudio correspondiente pertenece a la estación pluviométrica más cercana del proyecto del catálogo de estaciones climatológicas del IDEAM, encontrándose que la Estación Pluviométrica La estación LA HAYA está identificada con el No 29030570 y tiene como coordenadas geográficas: Latitud: 9.958333333º N - Longitud: -75.18611111°W, departamento de Bolívar, municipio de SAN JUAN NEPOMUCENO

Las Calles y Carreras a intervenir en el casco urbano, barrios centro frontera, arriba del Municipio de San Juan Nepomuceno, Bolívar, no presenta puntos hidráulicos críticos, por lo tanto no requiere obras de drenajes.

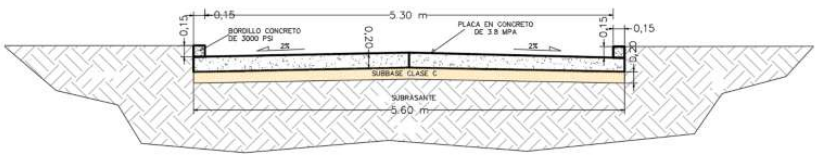
Las aguas superficiales de escorrentías y superficiales del pavimento en concreto rígido con pendiente transversal del 2%, son evacuadas por la pendientes longitudinales y llevadas al canal natural de escorrentía del barrio bodega y posterior descargue al arroyo Salvadoraledaños al sitio de obra.

El chequeo hidráulico se realizó para la calzada completa de la vía. La sección hidráulica de la vía canal es:

- a es el ancho de la calzada que es este caso es 4.5 a 4.7 m.
- b de media calzada es de 2.25 a 2.35 m.
- h la altura del bordillo el cual se recomienda de 20 cm, para tener factor de seguridad desbordamiento.

La sección hidráulica de la vía canal es:

Sección hidráulica de la vía es:



Atentamente,

Benjamin Buelvas Lidueñas
Ingeniero Civil.
C.C.9.269.224
M.P. No 1320277720 BLV
Esp. Ingeniería Sanitaria y Ambiental

LIMITACIONES

Los términos presentados en este informe se fundamentan en la información obtenida durante los trabajos de conteo vehicular. Si durante la construcción se presentan condiciones diferentes a las aquí planteadas como típicas, o si el proyecto sufre variaciones, se dará aviso al consultor para introducir las modificaciones o adiciones a que haya lugar.

Atentamente,

Baldor Antonio Rojano Herrera
Representante Legal
C. C. Nº 9.104.911 de Cartagena
TP: 13202-102653BLV

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, Benjamín Buelvas Lidueña, identificado con cedula de ciudadanía Nº. 9.269.224 de Mompox, de profesión Ingeniero Civil, con especialización en Ingeniería Sanitaria y Ambiental, matrícula profesional No. 1320277720 BLV certifico que realice el siguiente diseño:

ESTUDIOS HIDROLOGICOS E HIDRAULICOS

Para el proyecto cuyo objeto es: Construcción De Pavimento Rígido En La Cabecera Del Municipio De San Juan Nepomuceno, Departamento De Bolívar. Declaro que dichos estudios se realizaron bajo los requisitos y Normas Técnicas Colombianas (NTC) aplicables y me responsabilizo de los daños y perjuicios que de ellos pudieran derivarse.

Aclaro que me hago responsable por los estudios, siempre y cuando estos no reciban variación o modificación, las cuales deberán ser consultada y aprobadas. Favor notificar de inmediato y no dejar pasar por alto cualquier variación por mínima que fuera.

Anexo

✓ Copia Cédula de Ciudadanía
✓ Copia de Diplomas
✓ Vigencia Tarjeta Profesional

Atentamente,



Benjamin Buelvas Lidueñas
Ingeniero Civil.
C.C.9.269.224
M.P. No 1320277720 BLV
Esp. Ingeniería Sanitaria y Ambiental

ANEXO 1. Sección típica

Sección hidráulica de la vía es:

