CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIGRAULICO EN VÍAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE ALTOS DEL ROSARIO, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR

INFORME HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO.

ALTOS DEL ROSARIO – BOLIVAR

SEPTIEMBRE DE 2026

CONTENIDO

1. INTRODUCCION 2
2. JUSTIFICACIÓN 3
3. OBJETIVOS 4
3.1 Objetivo general 4
3.2 Objetivos específicos 4
4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO. 4
A. Límites del municipio: 5
4.1 Descripción general del proyecto 5
4.2 Análisis hidrológico del área a valorar 6
4.2.1 Línea de investigación 6
4.3 Generalidades. 6
4.4 Información disponible. 7
1. CLIMATOLOGÍA ASOCIADA AL ÁREA DE ESTUDIO 7
4.4.1 Clima. 8
4.4.2 Temperatura 8
4.4.3 Precipitación. 9
4.4.1 Periodos climáticos. 10
4.4.2 Humedad. 14
4.4.3 Brillo solar. 14
5. ESTIMACIÓN DE CAUDAL MÁXIMOS Y PROYECCIÓN PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO 15
5.1 Estimación de los caudal máximos para distintos periodos de retorno 15
5.2 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES Y CRECIENTES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ANUALES DE CRECIENTES. 16
5.2.1 Mediante datos históricos de caudales en el sitio del proyecto 16
6. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES 28
7. BIBLIOGRAFÍA 29

1. INTRODUCCION

El desarrollo de infraestructura vial urbana en la subregión de la Depresión Momposina, específicamente en el municipio de Altos del Rosario (Bolívar), exige un abordaje de ingeniería hidrológica de alta precisión debido a sus condiciones de vulnerabilidad anfibia y llanuras de inundación. El presente Estudio Hidrológico se formula como el soporte técnico fundamental para el diseño y construcción de la estructura de pavimento en concreto hidráulico de las vías del casco urbano, cuyo tramo prioritario inicia en el sector estratégico de la Institución Educativa (Colegio de Altos del Rosario). La pavimentación rígida, si bien ofrece una alta durabilidad y resistencia estructural ante las cargas vehiculares, altera de forma directa el balance hidrológico local al impermeabilizar el suelo urbano. Esto incrementa drásticamente los coeficientes de escorrentía superficial (C), reduciendo los tiempos de concentración (Tc) y generando picos de caudal más severos y rápidos que pueden saturar las vías y comprometer la subrasante del pavimento por infiltración o lavado de finos.

Para garantizar la estabilidad del concreto hidráulico y evitar fallas prematuras por descalzamiento o erosión, este estudio integra estrictamente los lineamientos normativos de dos ejes institucionales en Colombia: el Manual de Drenaje para Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), el cual rige los criterios para el control de aguas de escorrentía sobre la banca, bombeos, cunetas y alcantarillas transversales; y la Resolución 0330 de 2017 (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS), que norma los sistemas de drenaje pluvial urbano, colectores y sumideros. El análisis parte de la caracterización morfométrica del sector del Colegio, zona que por su topografía y dinámicas de escorrentía actúa como un nodo receptor de aguas pluviales, y se extiende a lo largo del trazado vial proyectado, evaluando el macro-sistema de amortiguación influenciado por el Brazo de Loba. A través del procesamiento estadístico de intensidades de lluvia de diseño para los periodos de retorno aplicables a vías urbanas, se definirán los caudales máximos que permitirán dimensionar un sistema de drenaje integral (cunetas, sumideros y box-culverts si fuese necesarios) capaz de evacuar eficientemente el agua, protegiendo la inversión pública y garantizando la movilidad segura de la comunidad escolar y civil de Altos del Rosario.

2. JUSTIFICACIÓN

La ejecución del proyecto "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIGRAULICO EN VÍAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE ALTOS DEL ROSARIO, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR" responde a una necesidad crítica de infraestructura, ordenamiento territorial y mitigación del riesgo en una de las zonas urbanas más vulnerables de la Depresión Momposina. Actualmente, las vías terrestres de la cabecera municipal, especialmente el tramo de acceso e influencia de la Institución Educativa (Colegio de Altos del Rosario), presentan una superficie de rodadura en afirmado natural y tierra. Esta condición las hace altamente susceptibles a los efectos del clima macro-climático de la región, traduciéndose en pérdidas de banca, ahuellamientos severos, procesos erosivos pluviales y la acumulación prolongada de lodo durante las épocas de alta precipitación. Estas problemáticas limitan el tránsito vehicular, elevan los costos de transporte de bienes de consumo y deterioran la calidad de vida de la comunidad escolar y civil, aislando sectores neurálgicos del municipio. Desde la perspectiva de la ingeniería civil, la elección de un pavimento rígido (concreto hidráulico) representa la alternativa técnica óptima debido a su alta durabilidad (vida útil de diseño superior a 20 años) y su baja exigencia de mantenimiento en comparación con los pavimentos flexibles. No obstante, el principal desafío del concreto hidráulico radica en su incapacidad para infiltrar agua. Al impermeabilizar las calles de la cabecera municipal, se altera radicalmente la respuesta hidrológica de las microcuencas urbanas, acelerando la velocidad del agua y concentrando los caudales superficiales. Sin un adecuado estudio H&H que anticipe estos cambios, el agua de escorrentía buscará salidas naturales no controladas, ocasionando el lavado de la subrasante, socavación en los bordes de las losas y fallas estructurales por descalzamiento (bombeo de finos), además de trasladar el riesgo de inundación hacia las viviendas bajas y el sector del Colegio. Por lo tanto, la realización de este Estudio Hidrológico se justifica plenamente bajo tres ejes fundamentales: 1) Sostenibilidad Estructural y Financiera de la Obra (Criterio INVIAS): Permite modelar técnicamente el comportamiento de las lluvias de diseño para dimensionar estructuras hidráulicas complementarias (cunetas, bordillos y anden) que mantengan seca la base y subrasante del pavimento, impidiendo que el agua subterránea o superficial fracture las losas de concreto rígido y salvaguardando la inversión pública del municipio. 2) Mitigación del Riesgo y Resiliencia Pluvial (Criterio RAS): La implementación de colectores y sumideros calculados con la normativa de la Resolución 0330 de 2017 garantiza que el casco urbano evacúe de forma rápida y controlada las aguas de lluvia hacia los cuerpos amortiguadores del Brazo de Loba, evitando encharcamientos prolongados que deterioren la salud pública. 3) Cumplimiento Legal y Viabilidad del Proyecto: La

normatividad colombiana vigente exige que todo proyecto de pavimentación cuente con soportes de ingeniería hidrológica aprobados para la obtención de licencias ambientales y la viabilidad técnica del proyecto.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Determinar los caudales máximos de diseño y evaluar el comportamiento hidrológico de las microcuencas urbanas aportantes a las calles de la cabecera municipal de Altos del Rosario, Bolívar, con especial énfasis en el sector de influencia de la Institución Educativa Alejandro Durán Díaz, con el fin de proporcionar los parámetros técnicos necesarios para el dimensionamiento óptimo de las obras de drenaje pluvial requeridas para el proyecto "CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIGRAULICO EN VÍAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE ALTOS DEL ROSARIO, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR", garantizando la estabilidad estructural de las losas de concreto y la mitigación del riesgo de inundación bajo la normatividad vial y sanitaria colombiana.

3.2 Objetivos específicos

- Recopilar, depurar y analizar críticamente las series históricas de precipitación pluvial multianual de las estaciones meteorológicas del IDEAM analógicamente cercanas e influyentes al municipio del alto.
- Caracterizar la zona geotecnia donde se enfocará el proyecto para determinar el tipo de drenaje más adecuado para la ejecución del proyecto**.** CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIGRAULICO EN VÍAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE ALTOS DEL ROSARIO, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR

4. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.

El Municipio de Altos del Rosario se encuentra localizado al norte del país y al sur oriente del departamento de Bolívar, a 8º 48' O" de latitud Norte y 74º 1 O' 1" de latitud Oeste y tiene una superficie de 312 Km2, haciendo parte de la cuenca de la región Momposina, a la margen sur del Brazo de Loba del río Magdalena.

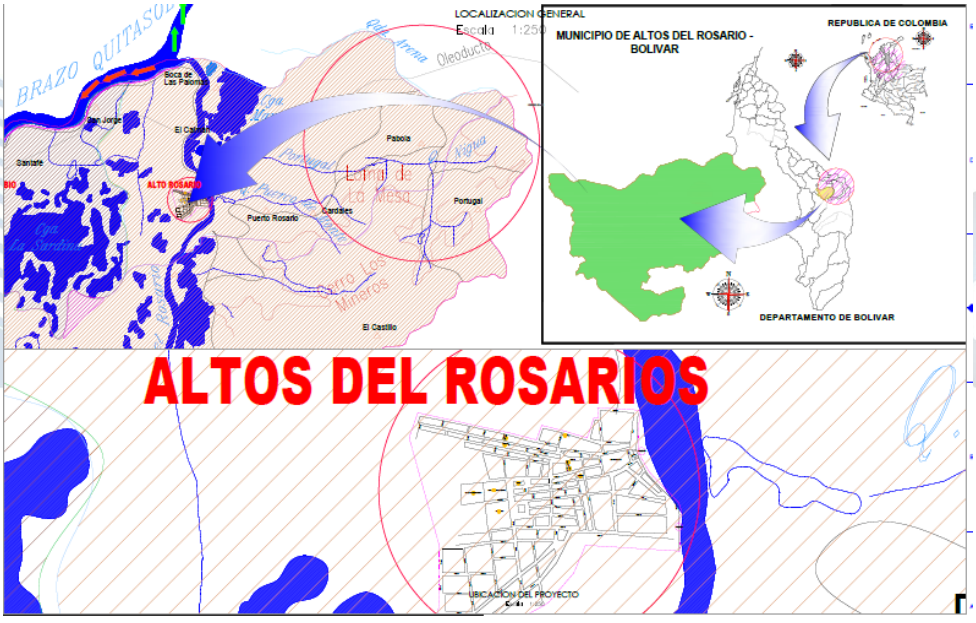
La cabecera municipal de Altos del Rosario está localizada en la margen sur del Brazo de Loba del río Magdalena, encontrándose a 1 horas por vía fluvial del Municipio de El Banco - Magdalena y a una distancia aproximada de 450 km de la capital del Departamento, Cartagena. Al igual que los Municipios que conforman el

sur de Bolívar, Altos del Rosario está incomunicado por vía terrestre de los departamentos limítrofe.

A. Límites del municipio:

Norte: Barranco de Loba
Sur: Norosí y Tiquisio
Oeste: Ciénaga de la Sardina
Este: Barranco
Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 32
Temperatura media: 30° C
Distancia de referencia: 445 Km a Cartagena

Figura 1: localización del Altos del Rosario

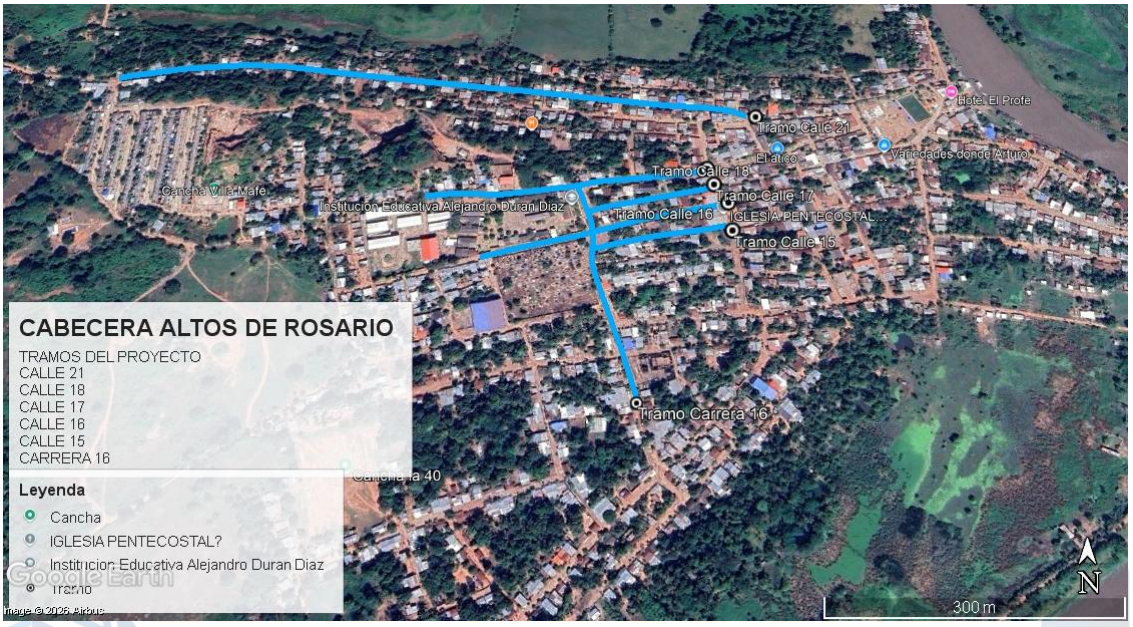


Fuente: autores

4.1 Descripción general del proyecto

El objetivo del proyecto es construir y mejorar el transito dentro del municipio del Altos del Rosario, frentes Carrera 16, Calle 15, Calle 16 y Calle 18, con una longitud total de 1.074 m, tomando secciones cada 20 metros aproximadamente. y detallando todo lo existente, cabe aclara que se encontró sobre las calles, árboles, registros. Con el cual se mejorar las condiciones de movilidad y transitabilidad de las calles dentro del municipio de Altos del Rosario: con el proyecto que lleva como nombre de objeto **"CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIGRAULICO EN VÍAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE ALTOS DEL ROSARIO,**

DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR.” Las calles de este municipio se ven afectada, debido a la erosión que se presenta, ya que estas se encuentran en una pendiente. Es de importancia estas es una calle, a pavimentar ya que mejorarían el trafico vehicular que se presenta debido a que estas llegan a la zona escolar, y de igual manera a la iglesia principal del municipio.



Es de mencionar que el tránsito en estas calles es común ya que todas están calles son utilizada para llegar al colegio Institución Educativa Alejandro Durán Díaz**,** siendo esta de gran importancia en los horarios picos de trasporte de los estudiantes para el ingreso a las clases y la salida d las mima, por tal motivo es necesario realizar un plan estratégico de transito al momento de ejecutar esta obra de gran envergadura, siendo el mas adecuado la intervención de una calle par dejar dos habilitadas.

4.2 Análisis hidrológico del área a valorar

4.2.1 Línea de investigación

Gestión y tecnología para la sustentabilidad de las comunidades

4.3 Generalidades.

La región del Sur de Bolívar es una zona que periódicamente está sujeta a una época invernal con lo que se prolonga las horas de lluvias, El análisis morfométrico de los caudales en estos tiempo que demoran las lluvias es fundamental para comprender e interpretar el comportamiento morfodinámico e hidrológico. Estas características tratan de cuantificar por medio de índices o coeficientes el

movimiento del agua y las respuestas de esta a tal movimiento; es decir, tratan de definir la dinámica esperada de la escorrentía superficial. Por tal motivo, en el presente estudio hidrológico e hidráulico, se establecerán con los caudales para periodos de retorno de, 10. 25. 50 y 100 años.
De esta manera se podrá diseñar criterios relacionados con la deducción de los caudales máximos asociados con los periodos de retorno de diseño de las diferentes obras de drenaje vial.

4.4 Información disponible.

Para llevar a cabo este análisis es imprescindible hacer uso de estaciones climatológicas y meteorológicas certificadas por el IDEAM, que registran los caudales, valores históricos de precipitación y niveles de aguas cercana a la zona de estudio. Para este caso es escogida la estación. Del Altos del Rosario, conocida como LAS PALOMAS [25027390], con la cual se realizará el estudio.

1. CLIMATOLOGÍA ASOCIADA AL ÁREA DE ESTUDIO

La climatología que predomina en la zona de estudio presentada a continuación es producto del análisis de registros de las principales variables climatológicas muestreadas en la zona, obtenidos de registros y estaciones climatológicas del IDEAM, específicamente de las estaciones: AEROPUERTO LAS FLORES - AUT [25025360], AGUADAS LAS ALERTA [25021540] y EL BANCO - AUT [25027020]. Los periodos de registros, junto con las variables climatológicas evaluadas son las siguientes:

Tabla 1. Resumen de periodos de registros de las variables climatologías analizadas.

ESTACIÓN	TIPO	VARIABLE CLIMATOLÓGICA	PERIODO DE REGISTROS	AÑOS
AEROPUERTO LAS FLORES	Climática principal	Brillo solar (h/sol)	1975 - 2018	43
		Humedad relativa (%)	1954 – 2018	64
		Nubosidad	1954 – 2018	64
EL BANCO - AUT [25027020}	Pluviométrica	Temperatura máxima, media, y mínima (°C)	1983 – 2025	42
AGUADAS LAS ALERTA [25021540]		Precipitación	1983 - 2025	42

Fuente: autor

4.4.1 Clima.

En general, la zona del Caribe colombiano presenta características que corresponden a un clima tropical. Está influenciado por algunos fenómenos meteorológicos principales: la zona de convergencia intertropical, que presenta desplazamientos en dirección norte – sur, que dependiendo de su ubicación relativa respecto de la costa modifica el régimen de vientos y lluvias asociado a ella. Y están los vientos alisios, que provienen del norte y noreste, cuya mayor intensidad se presenta entre finales de noviembre y marzo.

Esta región es también influenciada por el paso de las ondas del este, que causan un incremento en los vientos y da paso a un incremento en el cubrimiento nuboso acompañado de lluvias posteriores, las cuales son frecuentes entre junio y noviembre.

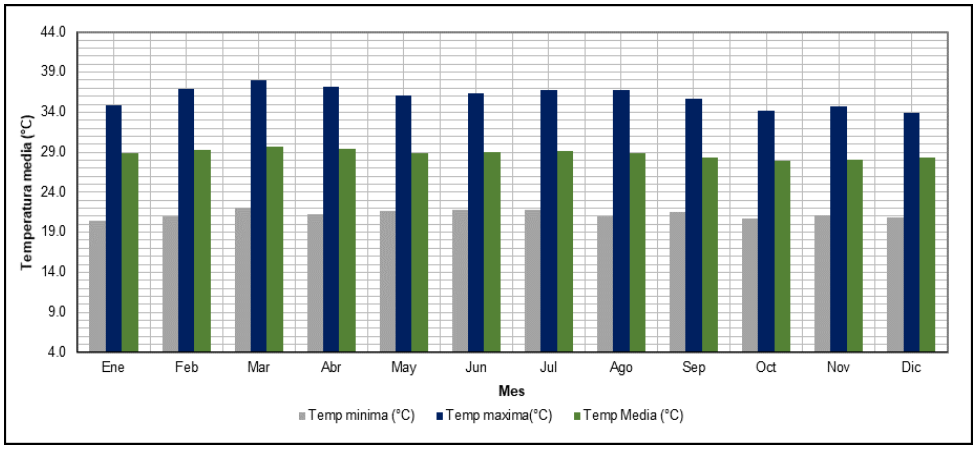
Las interacciones anteriores producen que el clima general de la región sea clasificado como tropical semiárido, en el que es posible identificar dos periodos climáticos principales conocidos como época seca y época húmeda.

4.4.2 Temperatura

La temperatura media en la zona estudio fluctúa entre los 27.90°C a los 30.°C, siendo el mes más caluroso el mes de marzo. En cuanto a las temperaturas máximas y mínimas, estas oscilan entre los 36°C y 38.00°C; y dentro de 20.43 y 22.12°C, respectivamente. La temperatura más baja se da en el mes de octubre.

La media anual de temperatura es de 28.70°C. La Gráfica 1 muestra el comportamiento de la temperatura media, mínima y máxima multianual en la zona de estudio.

Gráfica 1. Temperatura media, minina y máxima de la zona estudio.

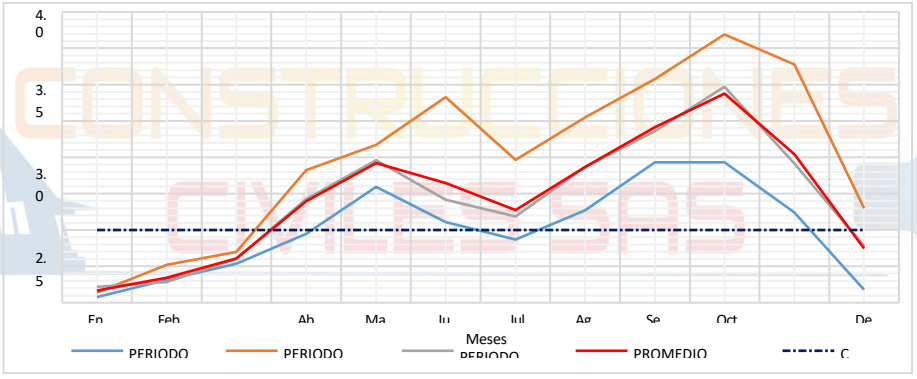


Fuente: autor, con información de IDEAM

4.4.3 Precipitación.

El concepto de coeficiente pluviométrico engloba una herramienta que permite la identificación de periodos climático que una estación de monitoreo registra a lo largo de un año de medición, se basa en la relación del valor medido para el mes evaluado con el valor que hipotéticamente debió llover para ese mes basado en el valor total anual. Los valores del coeficiente pluviométrico (CP) superiores a 1 indican periodos húmedos y los periodos secos corresponden a los meses cuyo valor de CP esté por debajo de la unidad. En este sentido, teniendo en cuenta el coeficiente pluviométrico definido por valores de precipitación obtenidos de la estación en mención, se evidencia que este lugar presenta un régimen monomodal de periodo climático: periodo seco y periodo húmedo. El primero se extiende desde meses de diciembre a abril (Coeficiente pluviométrico menos a 1), mientras que el húmedo va desde agosto hasta noviembre.

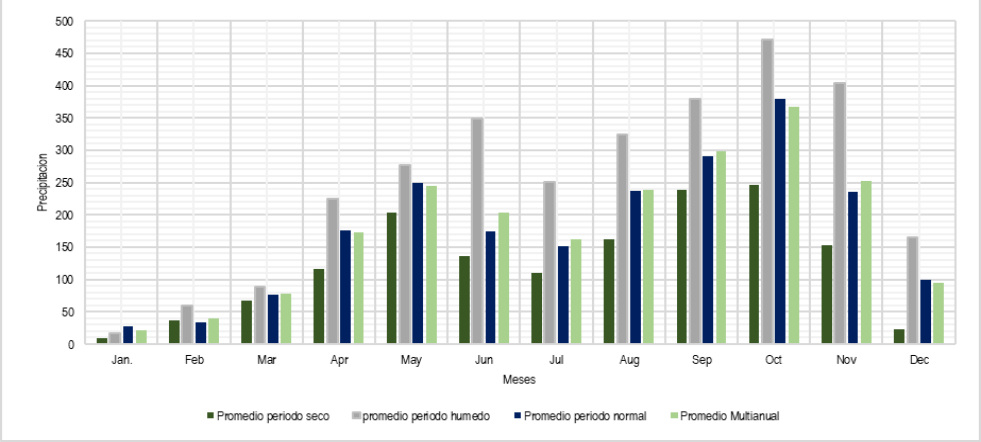
Gráfica 2. Coeficientes pluviométricos.



Fuente: autor, con información de

En promedio durante los periodos secos, los meses de enero a marzo tienen la particularidad de que generalmente no se presentan precipitaciones significativas llegando a considerar que en estos meses la oferta de precipitación lluvias más frecuente es de 58.31 mm. En las épocas de precipitación, los valores de precipitaciones oscilan entre 324.44 y 470.44 mm, y en periodos climático secos, entre 152.65 y 245.50 mm. Por su parte, la media multianual se encuentra entre 2170.15 mm, y el mes más húmedo es el mes de octubre con una media multianual de aproximadamente 366.73 mm.

Gráfica 3. Precipitación media multianual.



Fuente: *autor, con información del IDEAM.*

4.4.1 Periodos climáticos.

Los periodos climáticos pueden clasificarse en cinco (5) tipos según la media o tendencia de los datos de precipitación registrados por la estación climatológica evaluada. Pueden clasificarse en periodos climáticos secos, muy secos, periodos climáticos húmedos, muy húmedos o periodos normales. En la guía de estimación del Índice de precipitación (IP) del IDEAM se relaciona la precipitación en un lapso con la precipitación media estimada para la estación de medición a lo largo de los tiempos, determinando un porcentaje o proporción al que se le asigna un rango o periodo climático según se ubique por debajo o encima de la media. (ver Tabla 1).

Tabla 2. Clasificación de periodos climáticos.

Anomalía de precipitación (%)	Calificación
<40	Muy por debajo de lo normal (Déficit severo)
40-80	Por debajo de lo normal (Déficit)
80-120	Normal.
120-160	Por encima de lo normal (Excedente)
>160	Muy por encima de lo normal (Excedente severo)

Fuente: IDEAM.

El comportamiento de los periodos húmedos en la zona de influencia del proyecto, tal y como se aprecia en la Tabla 1, ha presentado un aumento de su incidencia a lo largo del periodo de tiempo medido. El periodo de año que presenta eventos de excesos severos de precipitación corresponde al periodo más críticos de lluvia presentado y registrado hasta la fecha para esta zona, correspondiendo a los años 2010 – 2011, y el año 2022.

Tabla 3. Periodos climáticos para la zona de estudio

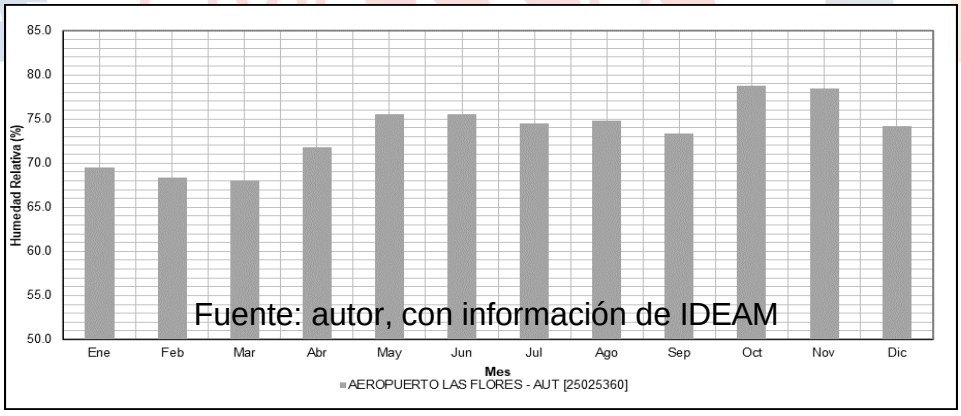
Periodo	IP (índice de precipitación)
1983-1984	Por debajo de lo normal (Déficit)
1984-1985	Por encima de lo normal (Excedente)
1985-1986	Por debajo de lo normal (Déficit)
1986-1987	Por debajo de lo normal (Déficit)
1987-1988	Normal.
1988-1989	Por encima de lo normal (Excedente)
1989-1990	Normal.
1990-1991	Normal.
1991-1992	Por debajo de lo normal (Déficit)
1992-1993	Normal.
1993-1994	Normal.
1994-1995	Normal.
1995-1996	Normal.
1996-1997	Normal.
1997-1998	Por debajo de lo normal (Déficit)
1998-1999	Normal.
1999-2000	Normal.
2000-2001	Normal.
2001-2002	Normal.
2002-2003	Por debajo de lo normal (Déficit)
2003-2004	Normal.
2004-2005	Normal.
2005-2006	Por encima de lo normal (Excedente)
2006-2007	Normal.
2007-2008	Normal.
2008-2009	Por encima de lo normal (Excedente)

2009-2010	Por debajo de lo normal (Déficit)
2010-2011	Muy por encima de lo normal (Excedente severo)
2011-2012	Por encima de lo normal (Excedente)
2012-2013	Por encima de lo normal (Excedente)
2013-2014	Normal.
2014-2015	Por debajo de lo normal (Déficit)
2015-2016	Por debajo de lo normal (Déficit)
2016-2017	Normal.
2017-2018	Normal.
2018-2019	Normal.
2019-2020	Normal.
2020-2021	Normal.
2021-2022	Muy por encima de lo normal (Excedente severo)
2022-2023	Por encima de lo normal (Excedente)
2023-2024	Por encima de lo normal (Excedente)
2024-2025	Por encima de lo normal (Excedente)

4.4.2 Humedad.

Los valores promedios mensuales multianuales para la humedad relativa se mantienen en el rango del 68.04 y 78.73%, siendo los meses de octubre y noviembre, quienes presentan los valores más altos, correspondientes principalmente con el desarrollo de la época de lluvias.

Gráfica 4. Humedad relativa.



Fuente: autor, con información de IDEAM

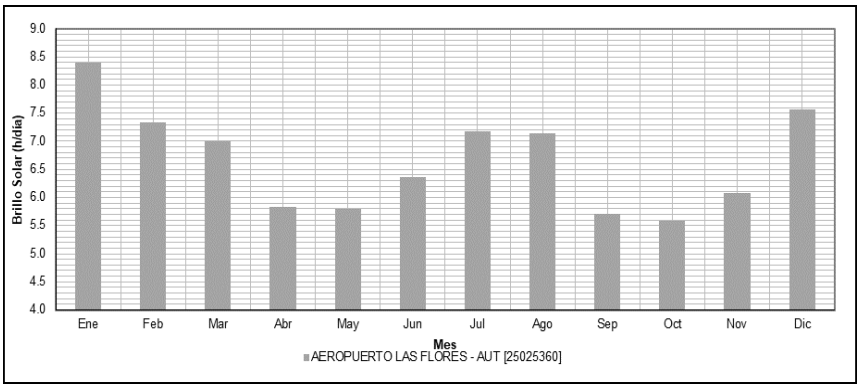
4.4.3 Brillo solar.

La manera de cómo la precipitación y el brillo solar se comportan, tiene una relación inversa en el tiempo (durante el año) y está determinado por la ocurrencia o frecuencia de las lluvias. Esto significa que, durante los períodos lluviosos, el brillo solar disminuye y durante la época de baja precipitación el brillo solar aumenta.

En la Figura 3 puede observar que durante los meses de diciembre a marzo se registran los valores más altos de brillo solar (7.00 a 8.40 horas/sol, al día), mientras

que en desde los meses de abril, mayo, y desde septiembre a noviembre, se registraron los valores más bajos de brillo solar, los cuales oscilan entre 5.59 y 6.09 horas/sol, al día). Por otra parte, el valor de brillo solar promedio durante el periodo de estudio fue de 6.70 horas/sol, al día.

Figura 3. Brillo solar.



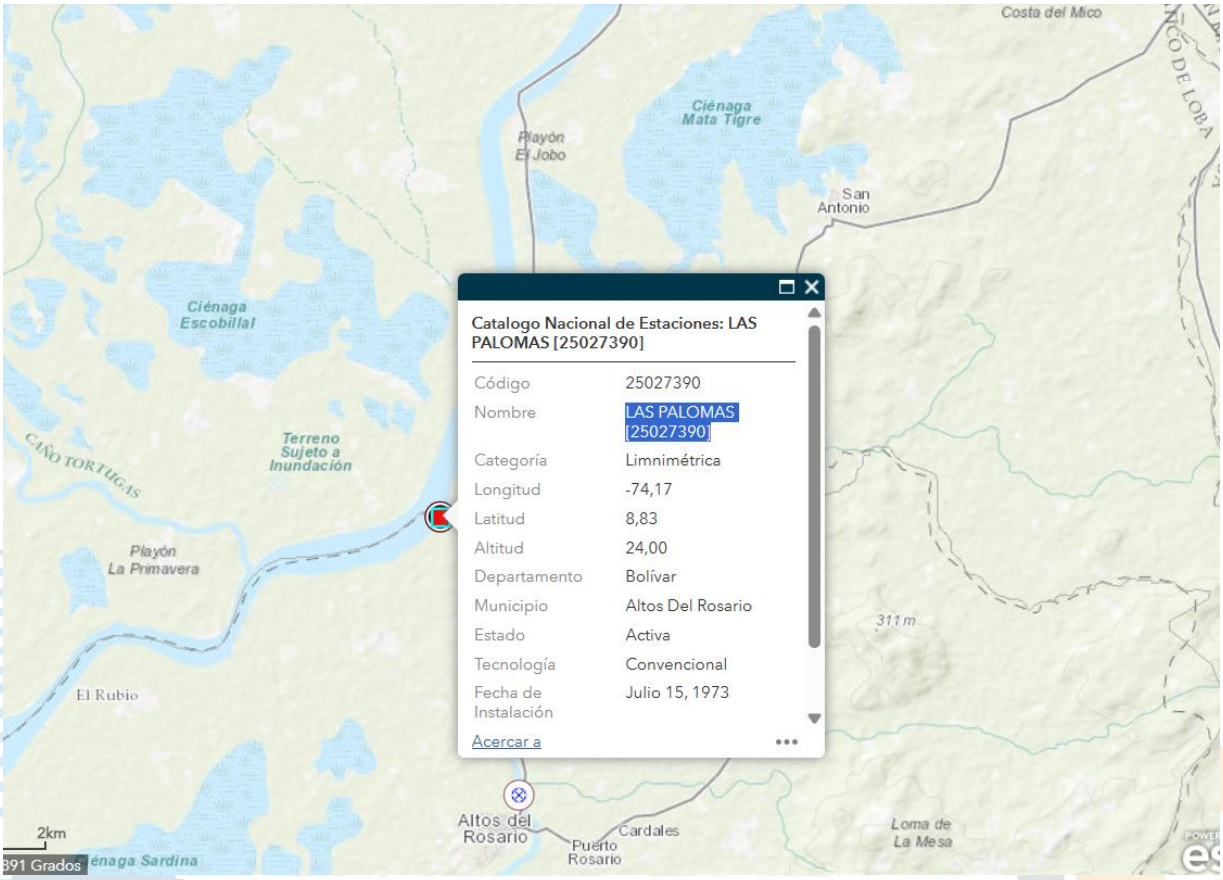
Fuente: autor, con información de IDEAM

5. ESTIMACIÓN DE CAUDAL MÁXIMOS Y PROYECCIÓN PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO.

5.1 Estimación de los caudal máximos para distintos periodos de retorno

En esta etapa se determinaron los niveles máximos para periodos de retorno de 2, 10, 20, 35, 50, 75 y 100 años, teniendo en cuenta los valores máximos anuales para las series de datos de la estación LAS PALOMAS [25027390], con registros de 42 años seleccionados como periodo homogéneo de análisis. Para esto se utilizó la distribución de probabilidad de mejor ajuste (Tests de bondad de ajuste), en donde se evaluaron las metodologías de distribuciones de probabilidad de valor extremo de Gumbel, Normal, Pearson, Log de Pearson y Log Normal. La estación EL LAS PALOMAS [25027390], se encuentra ubicado dentro del municipio del Altos de Rosario en las coordenadas 8,99 N y -73,97 W con una altitud de 29 m.s.n.m. y se caracteriza por su cercanía con el centro poblado de dicho municipio.

Imagen 1. Ubicación de la estación LAS PALOMAS [25027390]



Fuente: autor. Por medio de la página del IDEAM

Teniendo en cuenta que esta estaciones nos da valores de precipitación máximos mensuales y caudales máximos diarios, se puede trabajar para calcular el nivel máximo, ya que esta estación nos da el nivel cero y el nivel real con respecto al nivel sobre el nivel del mar, se le puede sumar los valores de las precipitaciones con respecto a la regleta y así poder obtener el valor del nivel máximo , este procedimiento se realizó mediante la herramienta Python, trabajándola con librerías pandas, numpy, scipy.optimize, scipy.stats, motplotlib.pyplot, Google.colad y datetime.

5.2 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE CAUDALES Y CRECIENTES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ANUALES DE CRECIENTES.

5.2.1 Mediante datos históricos de caudales en el sitio del proyecto

Como se cuenta con información de la estación LAS PALOMAS [25027390], perteneciente al municipio del Altos del Rosario, se utilizaran los datos según lo

expuesto en el MANUAL DE DRENAJES DE CARRETERA. Del capítulo 2, HIDROLOGÍA DE DRENAJE SUPERFICIAL VIAL, ítem 2.5.1. y la RAS (resolución 330 del 2017). A continuación se muestran los valores obtenidos de geodatabase del IDEAM. Luego de limpiarlos con Python.

CAUDALES MÁXIMO MENSUALES DEL 1983-2025													
Año	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agos**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Promedio Anual**
1983	3450	1964	2390	5040	5660	5750	3651	3530	3590	4664	5094	4616	4116,583
1984	4361	4049	4157	4110	5731	6501	6129	5130	6261	7952	9700	8924	6083,75
1985	4531	2934	3008	4157	4862	4892	3615	4344	4902	5808	6099	5834	4582,167
1986	3135	3200	3536	4924	5168	5587	4784	3299	3487	6216	6650	5613	4633,25
1987	3042	2589	2340	3377	4989	4957	3761	4698	4023	6172	6638	5690	4356,333
1988	3524	2872	2984	4050	4314	5850	6610	6810	8108	8220	9150	9458	5995,833
1989	6534	4088	4886	4662	4996	4980	4704	4040	6326	7270	7710	6694	5574,167
1990	3360	2992	2920	4124	4978	4618	3568	3134	3192	5538	6078	5598	4175
1991	4196	2425	3474	3879	5004	4832	4164	3937	4336	4875	5370	5415	4325,583
1992	3116	2295	2023	2467	3539	3934	2781	2988	3751	4257	4247	4972	3364,167
1993	3446	2800	3356	4718	6215	6331	4595	3400	5113	4697	5786	6092	4712,417
1994	4384	3246	3995	5358	6193	6343	5007	3516	4100	5622	6295	6378	5036,417
1995	3958	2108	3006	4728	5305	6193	5358	6425	6378	6638	6661	6081	5236,583
1996	4759	3727	5406	5025	6371	6910	7048	5861	5332	6993	6938	5887	5854,75
1997	3808	3786	3250	3528	3528	3853	3448	2481	3269	3412	4034	3681	3506,5
1998	1517	2834	2184	4098	4886	4960	4180	4043	4426	5173	5583	5518	4116,833
1999	4942	4545	5034	4978	5677	5331	5284	4152	5331	5959	6233	6016	5290,167
2000	5611	3439	3898	4307	5210	5480	5303	4244	5052	5452	5611	4711	4859,833
2001	3501	2114	3251	2887	3736	3962	3064	3020	3331	4125	4757	4821	3547,417
2002	4508	2184	2887	4307	4517	5284	4499	2922	3082	4034	4868	3817	3909,083
2003	3064	1879	2463	4225	4162	4858	4453	3754	3457	4914	5536	5658	4035,25
2004	4766	2594	2542	4060	5291	5462	3733	3587	4438	5792	6600	6525	4615,833
2005	3955	3892	3204	3955	5589	5600	4480	3394	3567	5612	7145	7093	4790,5
2006	4784	3591	4034	5062	5940	5677	5006	3654	3772	4747	5761	5846	4822,833
2007	4854	2954	3327	5078	6475	6625	4965	4623	4832	6301	6902	5888	5235,333
2008	4399	3313	3591	4244	5275	5724	5154	5154	5546	5799	6281	6576	5088
2009	4898	3945	4678	5280	5258	4865	4755	3861	3733	3792	4931	4092	4507,333
2010	3156	2066	2862	3930	5489	6032	6856	6856	7135	7300	7900	7690	5606
2011	6309	3640	4680	7330	7900	6870	5196	4714	4591	6131	7060	7495	5993
2012	7135	3920	3610	5501	6069	5221	3680	3590	3301	4736	4826	4445	4669,5
2013	2952	2970	3356	3610	5392	5526	4109	3930	4266	4994	5148	5318	4297,583
2014	4098	2844	3810	3860	5123	4882	3310	2817	3830	4770	5772	5404	4210
2015	3163	3228	3090	4266	4008	4064	3347	2583	2925	3016	3620	3393	3391,917

2016	1655	1817	1951	3075	4347	3719	3102	2914	3596	4929	6092	6200	3616,559
2017	4846	3368	4070	4957	6890	6802	5773	4050	4410	5023	5876	5924	5165,69
2018	4252	3288	2977	4642	6677	6665	4594	3577	4000	6008	6212	5870	4896,764
2019	2634	2580	3568	4802	5155	5610	4457	2932	3191	4726	5244	4526	4118,785
2020	3549	2144	2555	2798	2905	3701	4315	4420	4868	5023	6254	6441	4081,049
2022	4120	2941	4457	6038	6381	6627	6640	6200	5948	6796	6977	6677	5816,825
2023	4305	3701	4347	4410	4473	4578	3780	3359	3264	3454	4726	3663	4004,82
2024	2950	2050	1662	2764	4694	5089	5691	3539	2825	3501	5553	5553	3822,604
2025	4357	3682	4040	4802	7323	7193	6188	3606	3473	6321	6777	6552	5359,429

Fuente: autor. Por medio de la página del IDEAM

Por medio de estos datos se pudo calcular los niveles máximos con respecto al nivel de mar que se podría llegar en esta zona de estudio arrojando los siguientes valores.

NIVELES MÁXIMOS MENSUALES MSNM DEL 1983-2025													
Año	**Enero**	**Febr**	**Mar**	**Abr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**MAX_ANUAL_H**
1983	19.9	18.7	19.1	21.1	21.4	21.5	20.1	20.0	20.1	20.8	21.1	20.8	21.5
1984	20.6	20.4	20.5	20.4	21.5	21.9	21.7	21.1	21.8	22.7	23.6	23.2	23.6
1985	20.7	19.5	19.6	20.5	20.9	21.0	20.1	20.6	21.0	21.5	21.7	21.6	21.7
1986	19.7	19.8	20.0	21.0	21.1	21.4	20.9	19.8	20.0	21.8	22.0	21.4	22.0
1987	19.6	19.2	19.0	19.9	21.0	21.0	20.2	20.8	20.4	21.8	22.0	21.5	22.0
1988	20.0	19.5	19.6	20.4	20.6	21.6	22.0	22.1	22.8	22.9	23.3	23.5	23.5
1989	22.0	20.4	21.0	20.8	21.0	21.0	20.8	20.4	21.8	22.4	22.6	22.1	22.6
1990	19.9	19.6	19.5	20.4	21.0	20.8	20.0	19.7	19.7	21.4	21.7	21.4	21.7
1991	20.5	19.1	20.0	20.3	21.0	20.9	20.5	20.3	20.6	21.0	21.3	21.3	21.3
1992	19.7	19.0	18.7	19.1	20.0	20.3	19.4	19.6	20.2	20.5	20.5	21.0	21.0
1993	19.9	19.4	19.9	20.9	21.8	21.8	20.8	19.9	21.1	20.8	21.5	21.7	21.8
1994	20.6	19.8	20.4	21.3	21.8	21.9	21.0	20.0	20.4	21.4	21.8	21.9	21.9
1995	20.3	18.8	19.6	20.9	21.2	21.8	21.3	21.9	21.9	22.0	22.0	21.7	22.0
1996	20.9	20.2	21.3	21.1	21.9	22.2	22.3	21.6	21.2	22.2	22.2	21.6	22.3
1997	20.2	20.2	19.8	20.0	20.0	20.3	19.9	19.2	19.8	19.9	20.4	20.1	20.4
1998	18.2	19.5	18.9	20.4	21.0	21.0	20.5	20.4	20.7	21.1	21.4	21.4	21.4
1999	21.0	20.7	21.1	21.0	21.5	21.2	21.2	20.5	21.2	21.6	21.8	21.7	21.8
2000	21.4	19.9	20.3	20.6	21.2	21.3	21.2	20.5	21.1	21.3	21.4	20.8	21.4
2001	20.0	18.8	19.8	19.5	20.2	20.3	19.6	19.6	19.9	20.4	20.9	20.9	20.9
2002	20.7	18.9	19.5	20.6	20.7	21.2	20.7	19.5	19.7	20.4	20.9	20.2	21.2
2003	19.6	18.6	19.1	20.5	20.5	20.9	20.7	20.2	20.0	21.0	21.4	21.4	21.4
2004	20.9	19.3	19.2	20.4	21.2	21.3	20.2	20.1	20.7	21.5	22.0	22.0	22.0
2005	20.3	20.3	19.8	20.3	21.4	21.4	20.7	19.9	20.0	21.4	22.3	22.3	22.3
2006	20.9	20.1	20.4	21.1	21.6	21.5	21.0	20.1	20.2	20.9	21.5	21.6	21.6

2007	20.9	19.6	19.9	21.1	21.9	22.0	21.0	20.8	20.9	21.8	22.2	21.6	22.2
2008	20.6	19.8	20.1	20.5	21.2	21.5	21.1	21.1	21.4	21.5	21.8	22.0	22.0
2009	21.0	20.3	20.8	21.2	21.2	20.9	20.9	20.3	20.2	20.2	21.0	20.4	21.2
2010	19.7	18.8	19.5	20.3	21.3	21.7	22.1	22.1	22.3	22.4	22.7	22.6	22.7
2011	21.8	20.1	20.8	22.4	22.7	22.2	21.2	20.8	20.8	21.7	22.3	22.5	22.7
2012	22.3	20.3	20.1	21.4	21.7	21.2	20.1	20.1	19.8	20.9	20.9	20.7	22.3
2013	19.6	19.6	19.9	20.1	21.3	21.4	20.4	20.3	20.5	21.0	21.1	21.2	21.4
2014	20.4	19.5	20.2	20.3	21.1	21.0	19.8	19.4	20.2	20.9	21.5	21.3	21.5
2015	19.7	19.8	19.7	20.5	20.4	20.4	19.9	19.2	19.5	19.6	20.1	19.9	20.5
2016	18.3	18.5	18.7	19.7	20.6	20.2	19.7	19.5	20.1	21.0	21.7	21.8	21.8
2017	20.9	19.9	20.4	21.0	22.2	22.1	21.5	20.4	20.6	21.1	21.6	21.6	22.2
2018	20.5	19.8	19.6	20.8	22.0	22.0	20.8	20.0	20.4	21.7	21.8	21.6	22.0
2019	19.3	19.2	20.0	20.9	21.1	21.4	20.7	19.5	19.7	20.9	21.2	20.7	21.4
2020	20.0	18.8	19.2	19.4	19.5	20.1	20.6	20.7	20.9	21.1	21.8	21.9	21.9
2022	20.4	19.5	20.7	21.7	21.9	22.0	22.0	21.8	21.6	22.1	22.2	22.0	22.2
2023	20.6	20.1	20.6	20.6	20.7	20.8	20.2	19.9	19.8	20.0	20.9	20.1	20.9
2024	19.6	18.7	18.4	19.4	20.8	21.1	21.5	20.0	19.4	20.0	21.4	21.4	21.5
2025	20.6	20.1	20.4	20.9	22.4	22.3	21.8	20.1	20.0	21.8	22.1	22.0	22.4

Fuente: elaboración propia con datos del IDEAM

PRECIPITACIONES MENSUALES DEL AÑO 1983-2025													
Año	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Ago**	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dic**	**Total Anual mm**
1983	7392,4	3801,0	5121,1	10450,9	12127,8	11923,2	7823,1	7563,8	7444,2	9993,6	10562,9	9890,8	104094,9
1984	9344,4	8116,1	8907,3	8522,5	12279,9	13480,5	13132,7	10992,2	12982,8	17038,9	20113,9	19121,6	154032,9
1985	9708,7	5678,3	6445,3	8620,0	10417,9	10144,1	7745,9	9308,0	10164,8	12444,9	12646,9	12500,6	115825,4
1986	6717,4	6193,2	7576,7	10210,4	11073,6	11585,2	10250,8	7068,8	7230,6	13319,1	13789,4	12027,1	117042,3
1987	6518,2	5010,6	5014,0	7002,5	10690,0	10278,8	8058,8	10066,5	8342,1	13224,9	13764,6	12192,1	110163,0
1988	7550,9	5756,9	6393,9	8398,1	9243,7	12130,6	14163,4	14591,9	16812,7	17613,2	18973,4	20265,8	151894,5
1989	14000,5	7911,8	10469,3	9667,1	10705,0	10326,5	10079,4	8656,6	13117,6	15577,6	15987,5	14343,4	140842,2
1990	7199,5	5790,6	6256,7	8551,5	10666,5	9575,9	7645,2	6715,3	6618,9	11866,4	12603,3	11994,9	105484,9
1991	8990,9	4693,2	7443,8	8043,5	10722,2	10019,6	8922,3	8435,9	8991,1	10445,8	11135,2	11602,8	109446,3
1992	6676,7	4600,3	4334,7	5115,6	7583,1	8157,5	5958,9	6402,4	7778,1	9121,6	8806,6	10653,6	85189,1
1993	7383,8	5419,0	7191,0	9783,2	13317,0	13128,0	9845,8	7285,2	10602,3	10064,4	11997,8	13053,5	119071,0
1994	9393,7	6282,2	8560,2	11110,3	13269,9	13152,8	10728,6	7533,8	8501,8	12046,4	13053,3	13666,3	127299,2
1995	8480,9	4079,7	6441,0	9804,0	11367,1	12841,8	11480,7	13767,0	13225,4	14223,4	13812,2	13029,9	132553,2
1996	10197,2	7470,7	11583,5	10419,8	13651,3	14328,6	15101,9	12558,5	11056,4	14984,0	14386,6	12614,2	148352,8
1997	8159,5	7327,3	6963,8	7315,7	7559,5	7989,6	7388,1	5316,1	6778,6	7311,0	8364,9	7887,4	88361,3
1998	3250,5	5484,8	4679,7	8497,6	10469,3	10285,1	8956,6	8663,0	9177,8	11084,3	11576,9	11823,5	103949,1
1999	10589,3	8796,2	10786,5	10322,4	12164,2	11054,4	11322,1	8896,6	11054,4	12768,5	12924,7	12890,6	133569,8
2000	12022,8	6893,4	8352,3	8931,0	11163,6	11363,3	11362,8	9093,7	10475,8	11682,1	11635,0	10094,4	123070,2

2001	7501,7	4091,4	6966,0	5986,5	8005,2	8215,6	6565,3	6471,0	6907,2	8838,7	9864,1	10330,1	89742,6
2002	9659,4	4226,8	6186,0	8931,0	9678,7	10956,9	9640,1	6261,0	6390,8	8643,7	10094,3	8178,8	98847,5
2003	6565,3	3636,5	5277,5	8761,0	8918,0	10073,5	9541,5	8043,8	7168,4	10529,3	11479,4	12123,5	102117,9
2004	10212,2	5199,6	5446,8	8418,8	11337,1	11326,0	7998,8	7685,9	9202,6	12410,6	13685,8	13981,2	116905,6
2005	8474,5	7532,4	6865,3	8201,1	11975,7	11612,2	9599,4	7272,4	7396,5	12024,9	14815,9	15198,3	120968,5
2006	10250,8	6949,9	8643,7	10496,6	12727,8	11771,8	10726,5	7829,5	7821,6	10171,5	11946,0	12526,3	121861,9
2007	10400,8	5717,1	7128,8	10529,7	13874,1	13737,6	10638,6	9905,8	10019,6	13501,3	14312,0	12616,3	132381,7
2008	9425,8	6640,8	7694,5	8800,4	11302,8	11869,3	11043,6	11043,6	11500,2	12425,6	13024,3	14090,5	128861,5
2009	10495,0	7635,0	10023,6	10948,6	11266,4	10088,1	10188,6	8273,0	7740,7	8125,2	10224,9	8768,0	113777,3
2010	6762,4	3998,5	6132,5	8149,2	11761,4	12508,0	14690,5	14690,5	14795,1	15641,9	16381,4	16477,5	141988,9
2011	13518,4	7044,7	10027,9	15199,5	16927,5	14245,6	11133,6	10100,8	9519,9	13137,0	14639,6	16059,7	151554,2
2012	15288,3	7857,6	7735,2	11406,9	13004,2	10826,3	7885,2	7692,4	6845,0	10147,9	10007,2	9524,4	118220,4
2013	6325,3	5748,0	7191,0	7485,7	11553,5	11458,7	8804,4	8420,9	8846,0	10700,7	10674,9	11395,0	108604,2
2014	8780,9	5504,2	8163,8	8004,1	10977,2	10123,3	7092,4	6036,0	7941,9	10220,8	11968,8	11579,3	106392,5
2015	6777,4	6247,3	6621,0	8846,0	8588,0	8427,1	7171,7	5534,6	6065,3	6462,4	7506,4	7270,2	85517,6
2016	3545,8	3643,1	4180,9	6376,7	9313,7	7712,7	6646,7	6244,2	7457,0	10561,6	12632,7	13285,7	91600,7
2017	10384,2	6519,2	8720,9	10278,1	14762,5	14104,8	12369,8	8678,0	9144,3	10762,6	12183,9	12693,1	130601,3
2018	9110,5	6363,1	6378,4	9624,8	14307,0	13819,6	9844,0	7664,9	8294,2	12873,4	12882,0	12577,6	123739,6
2019	5644,4	4992,6	7644,6	9957,6	11046,5	11633,7	9550,6	6282,5	6617,8	10126,1	10873,3	9697,3	104067,2
2020	7603,9	4297,1	5473,6	5801,6	6225,0	7673,4	9246,0	9471,6	10095,0	10762,6	12969,3	13801,0	103420,2
2022	8828,2	5691,9	9550,6	12520,5	13672,2	13741,8	14226,6	13285,7	12333,5	14561,6	14467,8	14307,0	147187,3
2023	9223,4	7161,8	9313,7	9144,3	9584,5	9493,7	8098,6	7197,3	6768,4	7400,6	9799,5	7847,8	101033,6
2024	6320,9	4109,0	3561,3	5732,0	10058,4	10552,8	12194,5	7583,6	5857,3	7502,3	11514,0	11897,8	96884,0
2025	9336,2	7125,1	8656,5	9957,6	15690,8	14915,5	13259,9	7725,9	7201,2	13543,3	14052,9	14039,1	135504,1

Teniendo en cuenta Con lo cual se podrá trabajar con el método distribución de probabilidad de Gumbel, el cual es una función de probabilidad utilizada usualmente para valores máximos aleatorio sacados de poblaciones suficientemente grandes.

$$P(x \leq x_i) = e^{-e^{y_i}}$$

Donde: x_i: Variable aleatoria.

e: Base de los logaritmos neperianos

y_i: Variable reducida

$$y_i = a(x_i - x_f)$$

$$a = \frac{S_n}{S}$$

$$X_f = \overline{X} - S\,\frac{Y_n}{S_n}$$

Donde

$\overline{X}$: Promedio aritmético de la muestra.

S: Desviación estándar o típica de los datos de la muestra.

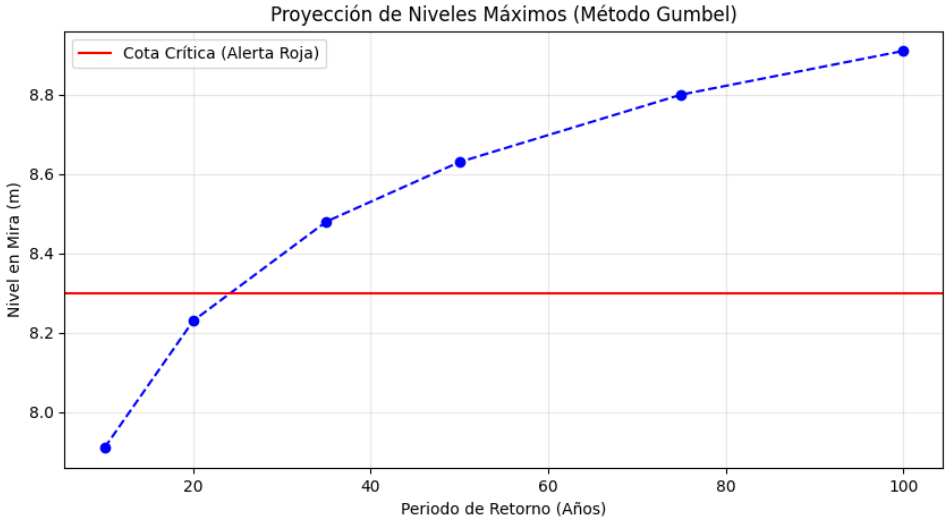
X_i: Datos de la muestra, desde "i" igual a uno (1) hasta "n".

Y_n, S_n: Media y desviación estándar de la variable reducida "y". Dependen del número de años de registros de la muestra "n". Sus valores de presentan en la Tabla 2.5.

X_f, a: Parámetros que dependen del número de años de la muestra y de Y_n, S_n, $\overline{X}$ y S.

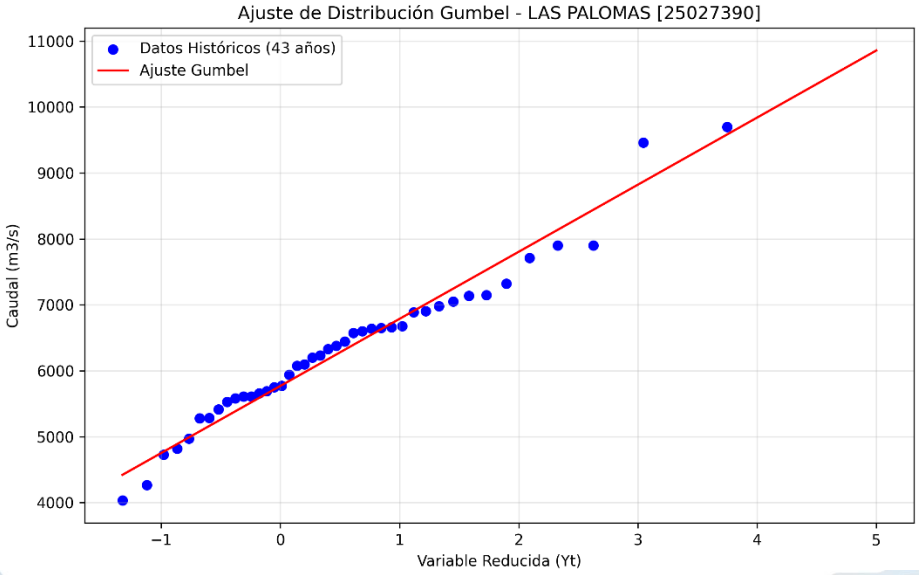
TABLA DE PROYECCIONES HIDROLÓGICAS – las palomas

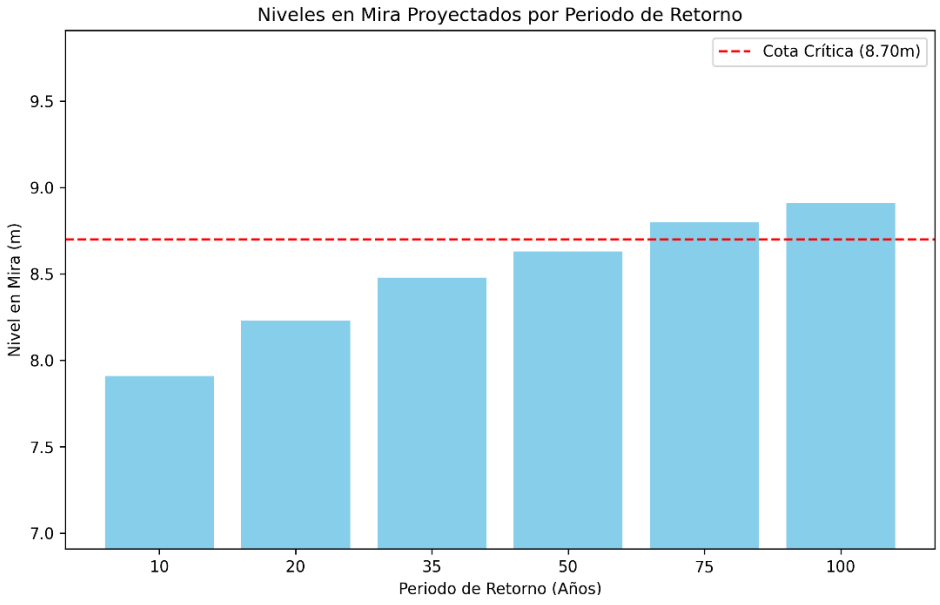
Periodo (Años)	Caudal (m3/s)	Nivel Mira (m)	Nivel (msnm)
10	8058.91	7.91	20.44
20	8791.31	8.23	20.76
35	9371.97	8.48	21.01
50	9739.32	8.63	21.16
75	10155.31	8.80	21.33
100	10449.73	8.91	21.45



Esta proyección está hecha con estación de Altos del Rosario en el punto Bocas la palomas, pero se hizo proyección de los puntos o niveles msnm, de la estación, hacia el punto de trabajo, con los puntos obtenidos del informe topográfico.

Este procedimiento se realizó con la ayuda de la herramienta Python.

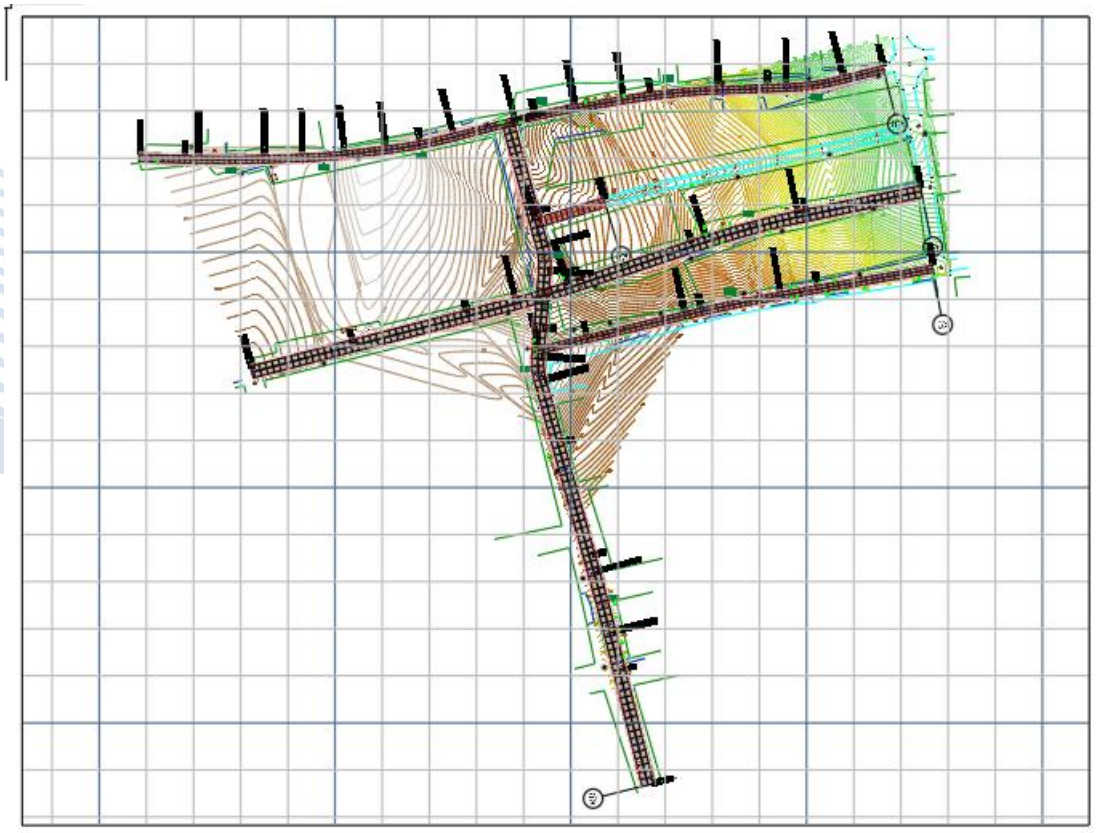




Preparando descarga de archivos...

Posterior al saber los niveles de inundación se procede a definir la altura apropiada de construir las calles de esta comunidad con el fin de evitar un posible anudamiento de las mismas, teniendo estos datos se procede a recomendar lo siguiente.

Teniendo en cuenta es para la proyección a 100 años con un nivel de inundación de 21.43 m.s.n.m. ya q la cota a borde rio es de 21.03 m.s.n.m. se podría decir que el proyecto esta en peligro de inundación pero hay que tener en cuenta que el municipio cuenta con un dique de contención contra inundación donde la rasante de este dique es de 22 m.s.n.m. de tal manera que protege esta obra y esta a salva de una inundación.



Contando con la topografía del terreno podemos decir que el punto mas alto donde se inician las obra esta en los 26 m.s.n.m. y el punto mas bajo es de es de 19 m.s.n.m. lo que nos da una pendiente bastante prolongada

Eje Vial / Capa	Dinámica de Pendiente	Longitud en Plano (m)	Área Total Calle (m²)	Área por Cuneta de Diseño (m²)	Área de Diseño (Ha)	Coeficiente (C)	Intensidad (mm/h)	Caudal de Diseño por Cuneta (L/s)
calle 15	Flujo unidireccional	165.04	990.26	495.13	0.0495	0.85	120	14.03
calle 16	Divisoria de aguas (Pendiente Norte y Sur)	295.48	1772.86	886.43	0.0886	0.85	120	25.12
calle 18	Divisoria de aguas (Pendiente Norte y Sur)	319.77	1918.61	959.31	0.0959	0.85	120	27.18
carrera 16	Flujo unidireccional	285.25	1711.48	855.74	0.0856	0.85	120	24.25

CONSTRUCCIONES CIVILES SAS

```
MANUAL DE INVIAS - MEMORIA DE CÁLCULO GEOFÍSICO Y DRENAJE SUPERFICIAL
================================================================================

================================================================================
 TRAMO PROYECTO: CARRERA 16
================================================================================
▶ GEOMETRÍA DEL TRAMO:
 - Longitud horizontal: 285.25 m
 - Pendiente Longitudinal ($S_L$): 1.60%
 - Cota EJE Inicial / Final: 26.95 msnm / 22.40 msnm
 - Cota BORDE Inicial / Final: 26.90 msnm / 22.35 msnm
 - Caída por bombeo (fijo): 5.0 cm
▶ COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN LA PLACA:
 - Pendiente Compuesta ($S_C$): 2.56%
 - Ángulo de escurrimiento: 51.4° respecto al eje
 - Distancia de viaje sobre concreto: 3.84 metros
▶ DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CUNETA:
 - Caudal de aporte generado en tramo: 24.25 L/s
 - Caudal acumulado de diseño ($Q_{dis}$): 24.25 L/s
 - Capacidad máxima de la cuneta ($Q_{max}$): 174.28 L/s
 - Porcentaje de ocupación hidráulica: 13.91%
 - Velocidad del agua a sección llena: 2.18 m/s
▶ EVALUACIÓN DE ALERTAS (INVIAS):
```

OK: Pendiente moderada. El agua drena con trayectoria corta.

OK: Velocidad autolimpiante y segura para cunetas revestidas en concreto.

==========

TRAMO PROYECTO: CALLE 18

==========

▶ GEOMETRÍA DEL TRAMO:
- Longitud horizontal: 319.77 m
- Pendiente Longitudinal (S_L): 0.97%
- Cota EJE Inicial / Final: 25.50 msnm / 22.40 msnm
- Cota BORDE Inicial / Final: 25.45 msnm / 22.35 msnm
- Caída por bombeo (fijo): 5.0 cm

▶ COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN LA PLACA:
- Pendiente Compuesta (S_C): 2.22%
- Ángulo de escurrimiento: 64.1° respecto al eje
- Distancia de viaje sobre concreto: 3.33 metros

▶ DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CUNETA:
- Caudal de aporte generado en tramo: 27.18 L/s
- Caudal acumulado de diseño (Q_{dis}): 27.18 L/s
- Capacidad máxima de la cuneta (Q_{max}): 174.28 L/s
- Porcentaje de ocupación hidráulica: 15.60%
- Velocidad del agua a sección llena: 2.18 m/s

▶ EVALUACIÓN DE ALERTAS (INVIAS):

OK: Pendiente moderada. El agua drena con trayectoria corta.

OK: Velocidad autolimpiante y segura para cunetas revestidas en concreto.

==========

TRAMO PROYECTO: CALLE 16

==========

▶ GEOMETRÍA DEL TRAMO:
- Longitud horizontal: 295.48 m
- Pendiente Longitudinal (S_L): 0.83%
- Cota EJE Inicial / Final: 24.85 msnm / 22.40 msnm
- Cota BORDE Inicial / Final: 24.80 msnm / 22.35 msnm
- Caída por bombeo (fijo): 5.0 cm

▶ COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN LA PLACA:
- Pendiente Compuesta (S_C): 2.17%
- Ángulo de escurrimiento: 67.5° respecto al eje
- Distancia de viaje sobre concreto: 3.25 metros

▶ DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CUNETA:
- Caudal de aporte generado en tramo: 25.12 L/s
- Caudal acumulado de diseño (Q_{dis}): 25.12 L/s
- Capacidad máxima de la cuneta (Q_{max}): 174.28 L/s
- Porcentaje de ocupación hidráulica: 14.41%
- Velocidad del agua a sección llena: 2.18 m/s

▶ EVALUACIÓN DE ALERTAS (INVIAS):

OK: Pendiente moderada. El agua drena con trayectoria corta.

OK: Velocidad autolimpiante y segura para cunetas revestidas en concreto.

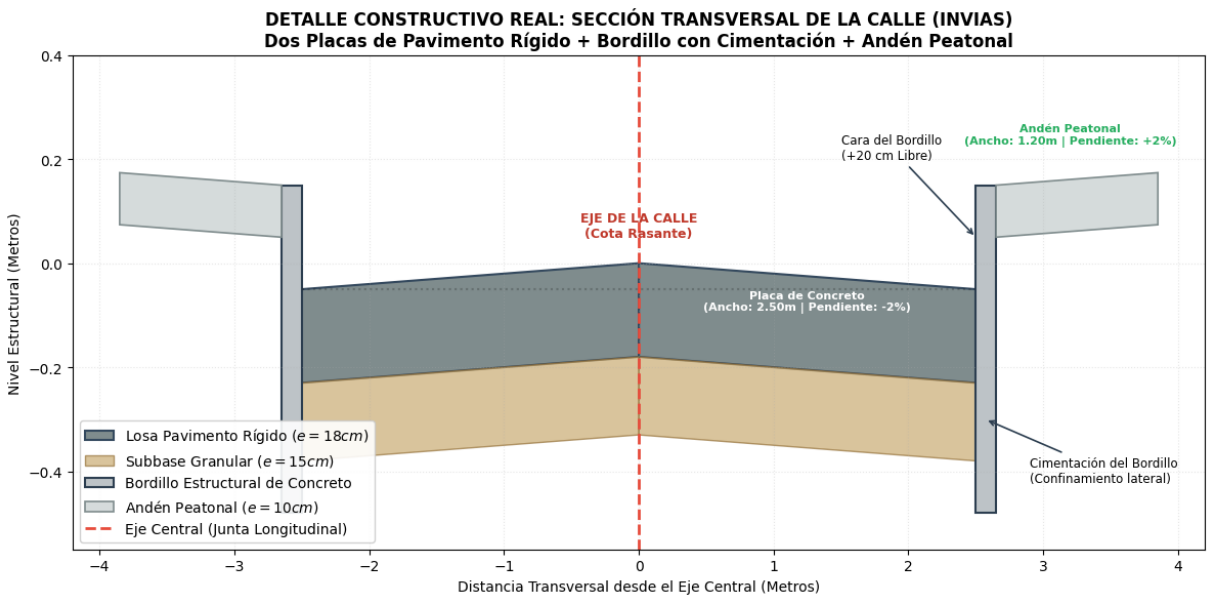
==========
TRAMO PROYECTO: CALLE 15
==========

▶ GEOMETRÍA DEL TRAMO:
- Longitud horizontal: 165.04 m
- Pendiente Longitudinal (S_L): 0.67%
- Cota EJE Inicial / Final: 23.50 msnm / 22.40 msnm
- Cota BORDE Inicial / Final: 23.45 msnm / 22.35 msnm
- Caída por bombeo (fijo): 5.0 cm

▶ COMPORTAMIENTO DEL AGUA EN LA PLACA:
- Pendiente Compuesta (S_C): 2.11%
- Ángulo de escurrimiento: 71.6° respecto al eje
- Distancia de viaje sobre concreto: 3.16 metros

▶ DISEÑO HIDRÁULICO DE LA CUNETA:
- Caudal de aporte generado en tramo: 14.03 L/s
- Caudal acumulado de diseño (Q_{dis}): 14.03 L/s
- Capacidad máxima de la cuneta (Q_{max}): 174.28 L/s
- Porcentaje de ocupación hidráulica: 8.05%
- Velocidad del agua a sección llena: 2.18 m/s

▶ EVALUACIÓN DE ALERTAS (INVIAS):
✅ OK: Pendiente moderada. El agua drena con trayectoria corta.
✅ OK: Velocidad autolimpiante y segura para cunetas revestidas en concreto.



EVALUACIÓN DE CAPACIDAD VS APORTE REAL - CANALÓN URBANO INVIAS
==========
TRAMO PROYECTO: CARRERA 16 (ZONA DE ANÁLISIS VIAL)
==========

▶ DIMENSIONES GEOMÉTRICAS LÍMITE:
- Altura límite del agua contra el bordillo: 15.0 cm

- Ancho teórico del espejo de agua: 7.50 m

▶ CAPACIDAD MÁXIMA DEL CANALÓN (LÍMITE FÍSICO):
- Pendiente Longitudinal (SL): 1.60%
- CAUDAL MÁXIMO SOPORTADO (Q_{max}): 194.28 L/s
- Velocidad a sección máxima: 2.42 m/s

▶ COMPORTAMIENTO REAL BAJO TORMENTA (I = 120 mm/h):
- Caudal real acumulado en este punto: 24.25 L/s
- Altura real que alcanzará el agua: 2.91 cm
- Porcentaje de ocupación hidráulica: 12.48%

▶ VALIDACIÓN INVIAS:
CUMPLIMIENTO HIDRÁULICO: El canalón absorbe la tormenta holgadamente.
OK: Velocidad dentro de los parámetros de resistencia del pavimento.

==========

EVALUACIÓN DE CAPACIDAD VS APORTE REAL - CANALÓN URBANO INVIAS
==========
TRAMO PROYECTO: CALLE 18 (ZONA DE ANÁLISIS VIAL)
==========

▶ DIMENSIONES GEOMÉTRICAS LÍMITE:
- Altura límite del agua contra el bordillo: 15.0 cm
- Ancho teórico del espejo de agua: 7.50 m

▶ CAPACIDAD MÁXIMA DEL CANALÓN (LÍMITE FÍSICO):
- Pendiente Longitudinal (SL): 0.97%
- CAUDAL MÁXIMO SOPORTADO (Q_{max}): 186.41 L/s
- Velocidad a sección máxima: 2.33 m/s

▶ COMPORTAMIENTO REAL BAJO TORMENTA (I = 120 mm/h):
- Caudal real acumulado en este punto: 27.18 L/s
- Altura real que alcanzará el agua: 3.06 cm
- Porcentaje de ocupación hidráulica: 14.58%

▶ VALIDACIÓN INVIAS:
CUMPLIMIENTO HIDRÁULICO: El canalón absorbe la tormenta holgadamente.
OK: Velocidad dentro de los parámetros de resistencia del pavimento.

==========

EVALUACIÓN DE CAPACIDAD VS APORTE REAL - CANALÓN URBANO INVIAS
==========
TRAMO PROYECTO: CALLE 16 (ZONA DE ANÁLISIS VIAL)
==========

▶ DIMENSIONES GEOMÉTRICAS LÍMITE:
- Altura límite del agua contra el bordillo: 15.0 cm
- Ancho teórico del espejo de agua: 7.50 m

▶ CAPACIDAD MÁXIMA DEL CANALÓN (LÍMITE FÍSICO):
- Pendiente Longitudinal (SL): 0.83%
- CAUDAL MÁXIMO SOPORTADO (Q_{max}): 184.66 L/s
- Velocidad a sección máxima: 2.30 m/s

▶ COMPORTAMIENTO REAL BAJO TORMENTA (I = 120 mm/h):
- Caudal real acumulado en este punto: 25.12 L/s
- Altura real que alcanzará el agua: 2.96 cm
- Porcentaje de ocupación hidráulica: 13.60%

▶ VALIDACIÓN INVIAS:

```
     CUMPLIMIENTO HIDRÁULICO: El canalón absorbe la tormenta holgadamente.
     OK: Velocidad dentro de los parámetros de resistencia del pavimento.

======================================================================

EVALUACIÓN DE CAPACIDAD VS APORTE REAL - CANALÓN URBANO INVIAS
======================================================================
TRAMO PROYECTO: CALLE 15 (ZONA DE ANÁLISIS VIAL)
======================================================================
▶ DIMENSIONES GEOMÉTRICAS LÍMITE:
 - Altura límite del agua contra el bordillo: 15.0 cm
 - Ancho teórico del espejo de agua:          7.50 m
▶ CAPACIDAD MÁXIMA DEL CANALÓN (LÍMITE FÍSICO):
 - Pendiente Longitudinal (SL):              0.67%
 - CAUDAL MÁXIMO SOPORTADO ($Q_{max}$):       182.66 L/s
 - Velocidad a sección máxima:               2.28 m/s
▶ COMPORTAMIENTO REAL BAJO TORMENTA (I = 120 mm/h):
 - Caudal real acumulado en este punto:      14.03 L/s
 - Altura real que alcanzará el agua:        2.40 cm
 - Porcentaje de ocupación hidráulica:       7.68%
▶ VALIDACIÓN INVIAS:
     CUMPLIMIENTO HIDRÁULICO: El canalón absorbe la tormenta holgadamente.
     OK: Velocidad dentro de los parámetros de resistencia del pavimento.
```

Con estos resultados podemos determinar que el canalón no presentara fallas al momento de presentarse una escorrentía en su máxima precipitación. Quedando de esta manera las medidas:

6. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

Es importante tener en cuenta que las obras planteadas deben ser construidas en época de verano para no tener retraso en las obras, así será más fácil el ingreso de maquinaria y los materiales de construcción hasta la zona designada del proyecto. Los caudales de diseño fueron hallados por método probabilidad de Gumbel, el cual es uno de los métodos que da con más exactitud al momento de realizar proyecciones a 100 años, con lo cual se pudo determinar los caudales de diseño.

- **Sustento del Modelo Pluvial por Eje Vial:** Mediante la individualización geométrica y el análisis de trayectoria superficial del agua, se dio estricto cumplimiento a los requerimientos de la interventoría, superando los modelos globales genéricos. La modelación hidrológica e hidráulica realizada para la Calle 15 (165.04 m), Calle 16 (295.48 m), Calle 18 (319.77 m) y Carrera 16 (285.25 m) bajo la metodología del Método Racional (Intensidad de diseño I= 120 mm /h y C = 0.85), demuestra que la

infraestructura proyectada es plenamente viable y segura para el casco urbano de Altos del Rosario (Bolívar).

- **Eficiencia y Capacidad de los Canalones Urbanos:** La evaluación de *Capacidad vs. Aporte Real* bajo los criterios del Manual de Drenaje de INVIAS y la Resolución 0330 de 2017 (RAS) confirmó que los canalones y cunetas estándar de concreto poseen una capacidad máxima de evacuación de hasta 174.28 L/s. Frente a los caudales máximos de escorrentía calculados (cuyo pico crítico se presenta en la Calle 18 con **27.18 L/s**), el sistema operará con un porcentaje de ocupación hidráulica máximo de apenas el **15.60%** y láminas de agua reales inferiores a 3.10 cm. Esto garantiza un borde libre de seguridad óptimo contra encharcamientos e inundaciones en las calzadas y zonas escolares aledañas.
- **Validación de Parámetros de Velocidad y Autolimpieza:** Las velocidades hidráulicas obtenidas a sección llena se estabilizaron en **2.18 m/s**. Este valor técnico cumple bidireccionalmente con la normativa: por un lado, supera la velocidad mínima autolimpiante de **0.75 m/s** requerida para evitar la sedimentación de lodos y finos en épocas de bajas precipitaciones; por el otro, se mantiene muy por debajo del límite de erosión de **4.50 m/s** establecido para pavimentos rígidos, garantizando la estabilidad estructural de las losas por un periodo de diseño superior a 20 años.
- **Plan de Reubicación de Estructuras e Intervención de Servicios Públicos:** Con el fin de adaptar el entorno urbano a las nuevas pendientes longitudinales y transversales (bombeo del 2%), se concluye la necesidad de ejecutar la reubicación y el empalme técnico de los sumideros y registros existentes. Asimismo, considerando el riesgo de afectación por excavaciones y paso de maquinaria pesada, se establece de carácter obligatorio la reposición, sustitución e instalación inmediata de cualquier tramo de tubería de agua potable (acueducto) o red de alcantarillado sanitario que resulte partida o averiada durante la ejecución de las obras viales. Dichas reparaciones e intervenciones se ejecutarán siguiendo las especificaciones técnicas de materiales de la empresa prestadora de servicios local, asegurando la continuidad del saneamiento básico y el bienestar de la comunidad civil.

7. BIBLIOGRAFÍA

- MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERA
- INFRAESTRUCTURA – SUBSECTOR VIAL – COMO INSTRUMENTO DE AUTOGESTION Y AUTOREGULACION, POR MEDIO DE LA RESOLUCIÓN 7106 DE 2009.
- MANUAL DE ESTABILIDAD DE TALUDES GEOTECNIA VIAL 1998 – INVIAS.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales — IDEAM. (2026)

- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica — AIS. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10) — Título C: Concreto Estructural*.

CONSTRUCCIONES CIVILES SAS

Altos del Rosario, 11 de septiembre de 2026.

Señores
Altos del Rosario- Bolívar
Secretaria de Planeación Municipal
E S D.

Asunto: Certificación estudio hidrológico e hidráulico

Certifico que he realizado el estudio hidrológico e hidráulico **CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIGRAULICO EN VÍAS URBANAS DEL MUNICIPIO DE ALTOS DEL ROSARIO** ", a construirse en el Municipio de ALTOS DEL ROSARIO, Departamento de Bolívar, de acuerdo con los requisitos técnicos vigentes, establecidos RAS 2017 y en el manual de drenaje de carreteras INVIAS.

Para los fines pertinentes, anexo copia de mi Tarjeta o Matricula Profesional y certificado de vigencia de la misma y copia de la cédula de ciudadanía.

JEIDER ROJAS CERPA
ING. AMBIENTAL Y DE SANEAMIENTO
TP. 151022-0578698STD


REPUBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACION PERSONAL
CEDULA DE CIUDADANIA
NUMERO 1.050.067.242
ROJAS CERPA
APELLIDOS
JEIDER
NOMBRES
FIRMA


FECHA DE NACIMIENTO 09-SEP-1994
SAN MARTIN DE LOBA
(BOLIVAR)
LUGAR DE NACIMIENTO
1.66
ESTATURA
O+
G.S. RH
M
SEXO
24-SEP-2012 SAN MARTIN DE LOBA
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICION
REGISTRADOR NACIONAL
CARLOS ARIEL SÁNCHEZ TORRES
INDICE DERECHO
P-0508200-00421711-M-1050067242-20130116
0032159183A 1
37971202



CONSTRUCCIONES CIVILES SAS

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4740711

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JEIDER ROJAS CERPA, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 1050067242, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA AMBIENTAL Y DE SANEAMIENTO con MATRICULA PROFESIONAL 151022-0578698 STD desde el 23 de Julio de 2021, otorgado(a) mediante Resolución Nacional R2021082087.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los trece (13) días del mes de Septiembre del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.