ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

CONSTRUCCIÓN DE ENROCADO PARA LA MITIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE EROSIÓN FLUVIAL Y LA PROTECCIÓN DE LA MARGEN DERECHA AGUAS ARRIBA DEL RÍO SATOCA, EN EL SECTOR DEL PUENTE DE LA VEREDA LOS PLACERES, MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.

SARAVENA
JUNIO DE
2026

SARAVENA-ARAUCA
2026

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

TABLA DE CONTENIDO

SARAVENA-ARAUCA
2026

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

1. INTRODUCCION

Para garantizar la estabilidad en la construcción de obras de infraestructura, los estudios hidrológicos e hidráulicos son un capítulo muy importante ya que a través de estos se pude conocer la hidrología del lugar y por ende poder proyectar un manejo correcto de las aguas lluvias, ya que estas pueden generar afectaciones a las estructuras y/o pobladores aledaños de las mismas. El presente estudio hidrológico e hidráulico tiene como objetivo principal evaluar las condiciones hidrológicas y fluviales del rio Satocá sobre el sector del puente de la vereda los Placeres del municipio de Saravena para el diseño y construcción de una estructura de protección que tenga como finalidad controlar y mitigar los procesos de erosión y socavación generados por la dinámica hidráulica del río, mediante la ejecución de obras de protección que garanticen la estabilidad de las márgenes y del cauce.

Así mismo determinar los caudales de diseño, niveles de agua, velocidades de flujo y condiciones de socavación, con el fin de establecer los criterios técnicos que garanticen un diseño seguro, funcional y durable de la obra de protección.

La información utilizada para el desarrollo del estudio se fundamenta en los levantamientos topográficos y batimétricos realizados en el sector de intervención, complementados con el análisis hidrológico de la cuenca y la modelación hidráulica del cauce. Estos insumos permiten caracterizar el comportamiento del río bajo diferentes escenarios de creciente y evaluar la respuesta de la margen derecha frente a los procesos erosivos.

2. OBEJTIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el estudio hidrológico e hidráulico y de socavación para la estructura existente del puente del proyecto denominado **CONSTRUCCIÓN DE ENROCADO PARA LA MITIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE EROSIÓN FLUVIAL Y LA PROTECCIÓN DE LA MARGEN DERECHA AGUAS ARRIBA DEL RÍO SATOCA, EN EL SECTOR DEL PUENTE DE LA VEREDA LOS PLACERES, MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.** Realizar el estudio hidrológico e hidráulico del río Satocá en el sector de intervención, con el fin de caracterizar el comportamiento del cauce, determinar los parámetros hidráulicos de diseño y establecer los criterios técnicos necesarios para el diseño y construcción del enrocado de protección en la margen derecha, garantizando la mitigación de los procesos de erosión fluvial, la estabilidad de la ribera y la seguridad de la infraestructura asociada.

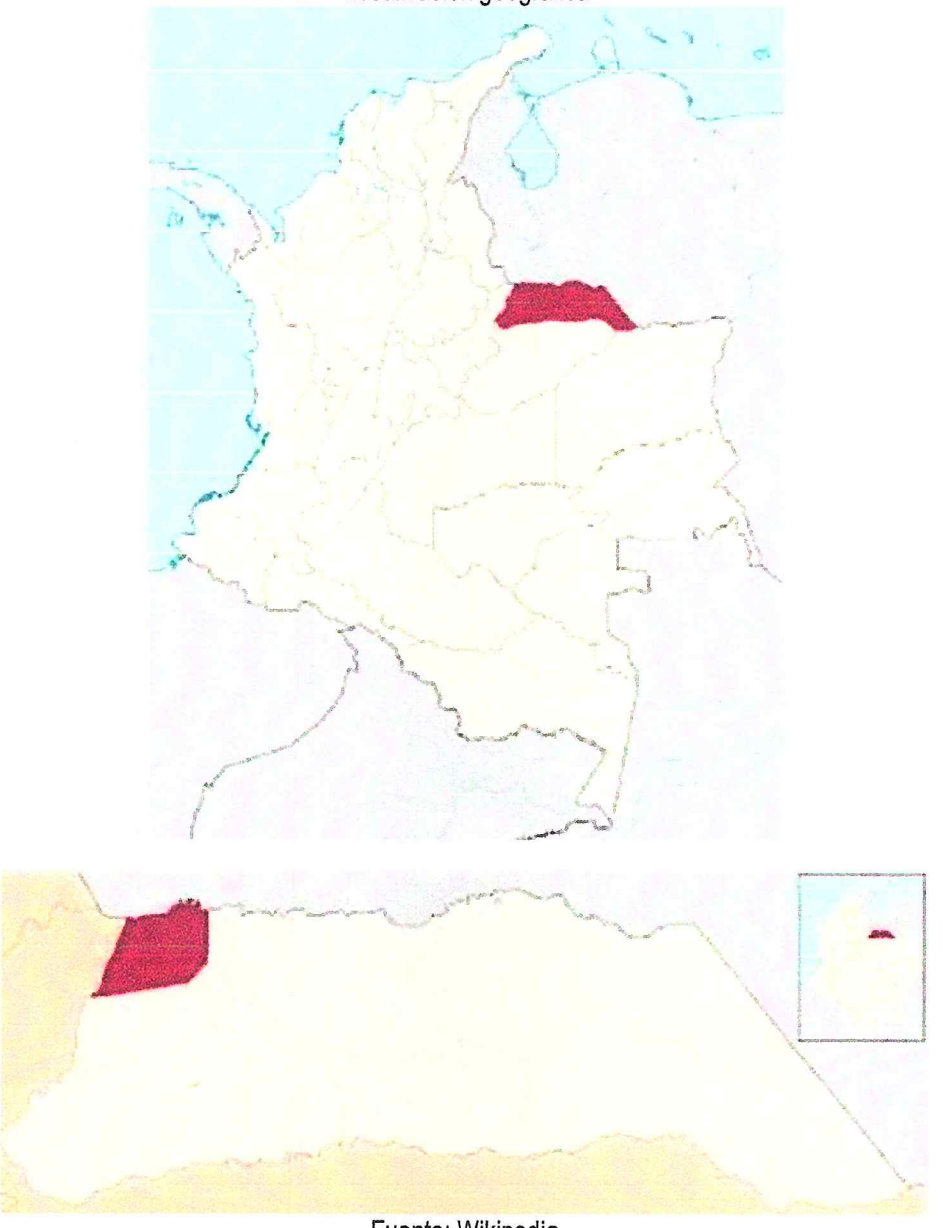
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar las condiciones hidrológicas de la cuenca del río Satocá mediante el análisis de la información hidrometeorológica disponible, con el fin de estimar los caudales de diseño para diferentes períodos de retorno.
- Evaluar el comportamiento hidráulico del cauce en el sector de estudio, determinando niveles de agua, velocidades de flujo, distribución de esfuerzos y capacidad hidráulica de las secciones analizadas.
- Analizar los procesos de erosión y socavación que afectan la margen derecha del río Satocá, identificando los sectores con mayor vulnerabilidad y riesgo de inestabilidad.
- Integrar la información proveniente de los levantamientos topográficos y batimétricos para desarrollar la modelación hidráulica y representar las condiciones reales del cauce.
- Establecer los parámetros y criterios técnicos necesarios para el dimensionamiento y diseño del enrocado de protección, garantizando su estabilidad estructural y funcional frente a las condiciones hidráulicas del río.
- Generar la información técnica que sirva de soporte para la planificación, diseño y ejecución de las obras de protección de la margen derecha, contribuyendo a la mitigación de los procesos de erosión fluvial y a la preservación de la infraestructura y el entorno.

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto se encuentra localizado en la vereda los Placeres zona rural del municipio de Saravena, departamento de Arauca.

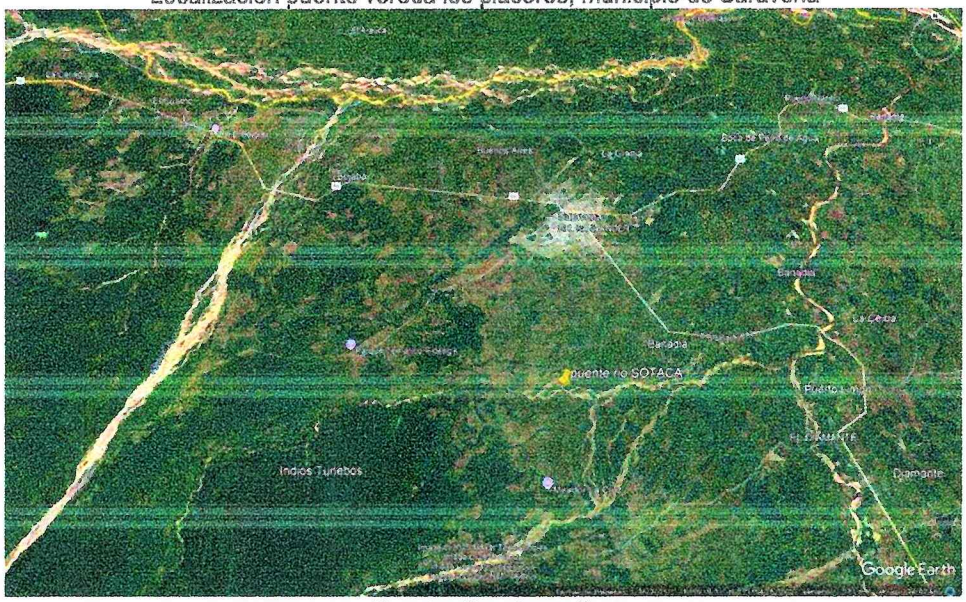
Localización geográfica



Fuente: Wikipedia

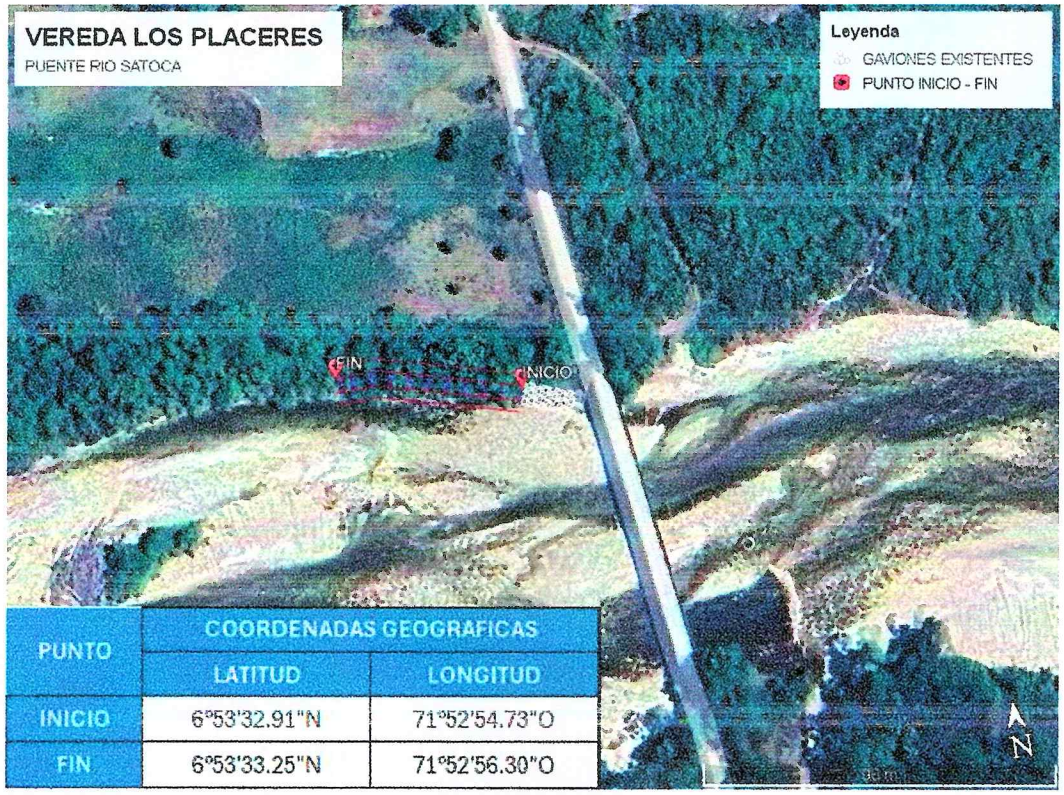
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

Localización puente vereda los placeres, municipio de Saravena



Fuente: Google earth

Localización punto de intervención en el rio Satocá, municipio de Saravena



PUNTO	COORDENADAS GEOGRAFICAS	
	LATITUD	LONGITUD
INICIO	6°53'32.91"N	71°52'54.73"O
FIN	6°53'33.25"N	71°52'56.30"O

SARAVENA-ARAUCA
2026

4. DIAGNOSTICO

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

el proyecto consiste en construcción de obras de protección que tiene como propósito implementar una obra de protección hidráulica que permita controlar los procesos de erosión y socavación que afectan la estabilidad de la margen derecha del río, reduciendo el riesgo de pérdida de terreno y de afectación a la infraestructura existente o proyectada en el área de influencia.

La intervención consiste en el diseño y construcción de un enrocado conformado por material pétreo de dimensiones adecuadas, dispuesto sobre la margen del cauce para disipar la energía del flujo, proteger el talud contra la acción erosiva del agua y mejorar la estabilidad de la ribera. El diseño de esta estructura se fundamenta en los resultados de los estudios topográficos, batimétricos, hidrológicos, hidráulicos y geotécnicos, los cuales permiten definir las condiciones reales del terreno y del comportamiento del río.

4.2 CHEQUEO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

se realizó el chequeo de la estructura existente correspondiente al puente de concreto ubicado sobre el río Satocá, con el fin de evaluar su interacción con las condiciones hidráulicas actuales y futuras del cauce.
La inspección comprendió la verificación de las principales características geométricas y estructurales del puente, incluyendo la longitud, ancho, número de luces, ubicación de estribos y apoyos, elevación del tablero, sección hidráulica disponible y estado general de conservación. Asimismo, se evaluaron las condiciones del cauce en las inmediaciones de la estructura, identificando evidencias de erosión, socavación, sedimentación y posibles cambios en la trayectoria del flujo que pudieran afectar su estabilidad.
Con base en la información obtenida mediante los levantamientos topográficos y batimétricos, así como en los resultados del análisis hidráulico, se verificó la capacidad del puente para permitir el paso de los caudales de diseño sin generar incrementos significativos en los niveles de agua ni afectar el comportamiento hidráulico del río. De igual forma, se evaluó el riesgo de socavación local y general en los estribos y demás elementos de cimentación, con el propósito de determinar la necesidad de implementar medidas de protección adicionales.
El chequeo de la estructura existente constituye un insumo fundamental para garantizar la compatibilidad entre el diseño del enrocado y el funcionamiento del puente, asegurando que las obras propuestas contribuyan a la protección de la infraestructura, mantengan la estabilidad de la margen derecha y no alteren negativamente las condiciones hidráulicas del río Satocá.

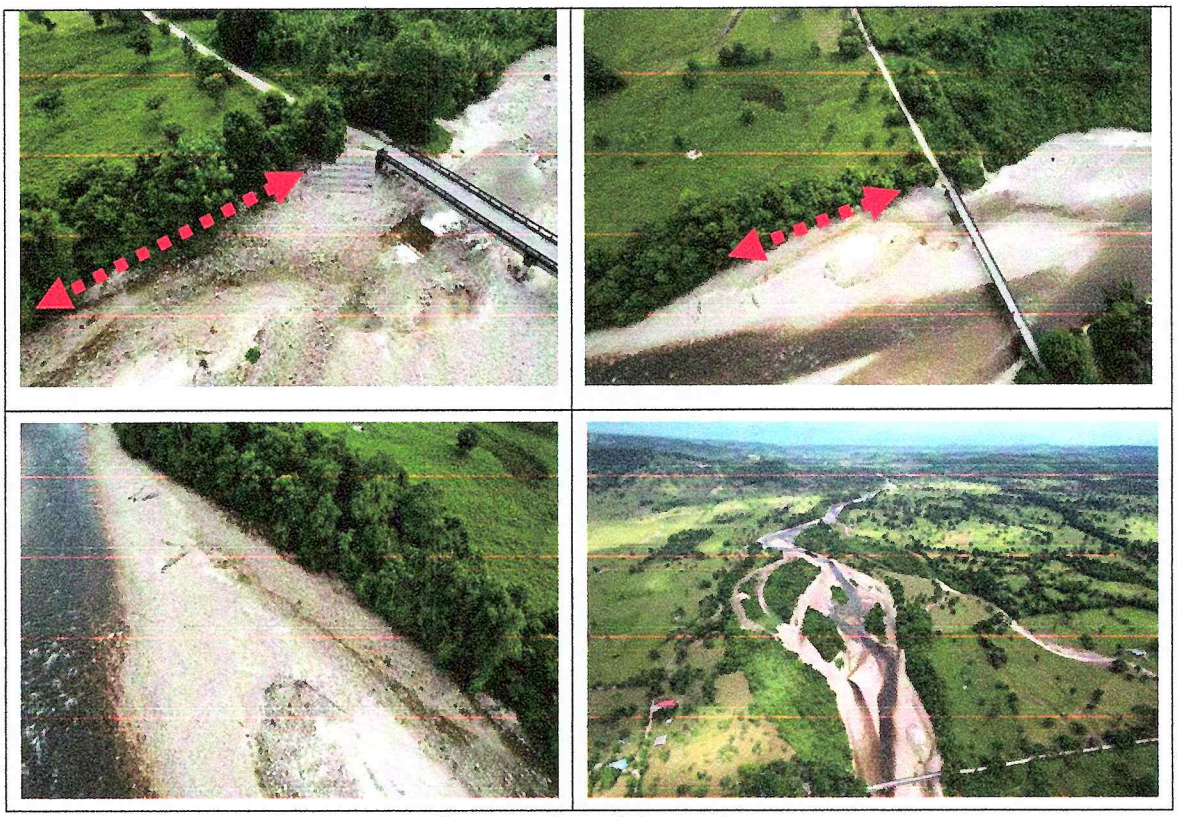
4.2.1 PUENTE LA RIO SOTACA

4.2.1.1 ESTADO ACTUAL DEL PUENTE

De acuerdo al levantamiento topográfico del proyecto se tiene un puente de longitud 89 metros de longitud y 4 metros de ancho, actualmente está conformado por 2 estribos en cada uno de los extremos del puente con 2 pilas centrales, la estructura está construida en concreto reforzado la cual se encuentra en buen estado sin embrago existe el riesgo latente de socavación lateral aguas arriba sobre la estructura de protección al acceso principal del puente. Dicha estructura actualmente garantiza el paso de vehículos

con normalidad, por ende, se requiere GARANTIZAR la estabilidad del mismo mediante el presente proyecto, de esta manera se recomienda se realice un análisis estructural de obras de contención sobre la margen derecha del rio satocá y así garantizar la protección de la estructura existente.

Registro fotográfico actual



Fuente: autores del proyecto

Como se observa en las imágenes el análisis hidrológico comprendió la delimitación de la cuenca aportante, el procesamiento de la información hidrometeorológica disponible y la estimación de los caudales de diseño para los períodos de retorno establecidos en el proyecto, empleando metodologías reconocidas por la ingeniería hidráulica y la normativa técnica vigente.

Con los caudales de diseño y la geometría del cauce se desarrolló la modelación hidráulica, determinando variables como niveles de agua, velocidades de flujo, distribución de esfuerzos cortantes, capacidad hidráulica y condiciones de socavación. Los resultados permitieron evaluar el comportamiento del río frente a diferentes escenarios de creciente e identificar los sectores con mayor susceptibilidad a la erosión.

4.3 CHEQUEO DE REDES EXISTENTES

Sobre la estructura de puente se pudo observar que esta no cuenta con ningún tipo de red sanitaria y/o hidráulica.

5. ESTUDIO HIDROLÓGICO

5.1 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

En la Orinoquía se presenta una colonización muy extensa y en algunos lugares muy intensa que acelera procesos de deforestación con actividades como la ganadería extensiva y los cultivos, lo cual altera la cobertura vegetal y aumenta los procesos de erosión, especialmente en la Cordillera Oriental. Además, teniendo en cuenta que en la cordillera nacen los ríos que bajan con enorme carga de sedimentos, se disminuye la capacidad de transporte de los mismos y ocasiona desbordamientos, inundaciones, pérdidas de navegabilidad y daños en los sistemas de uso de la tierra. De la misma forma se observa un aumento en el uso de agroquímicos, especialmente en la Orinoquía, piedemonte; explotaciones petroleras y crecimiento de poblaciones que evacuan las aguas residuales y materiales de desecho directamente sobre las corrientes de agua; factores preocupantes no solo por la reducción de la calidad de agua para

consumo y uso humano, sino por la desaparición de muchos micro y macro organismos en algunos casos, aún sin conocer. Urge hacer inventarios y estudios de flora y fauna de los remanentes de selva

5.1.1 ZONIFICACIÓN HIDROLÓGICA

El área de la vertiente oriental de la Cordillera Oriental en lo correspondiente a Arauca pertenece a la Orinoquía, que ocupa aproximadamente la tercera parte de la zona continental del país, con cubrimiento de 350.000 kmts2 y un caudal total de 21.000 m3/seg, con un rendimiento promedio de 60 lt/seg/km2 . En esta región, en los paisajes aluviales y el piedemonte, se llevan a cabo las mayores dinámicas de transformación antropogénica. Los estudios hidrológicos en la Orinoquía colombiana han sido escasos, con poca continuidad en la toma de datos y falta de muestreos en grandes tramos, presentándose así, una significativa ausencia de información en gran parte en la región. Hidrológicamente la región Orinocense se divide en las cuencas de Arauca, Tomo, Vichada, Guaviare e Inírida y depende de factores como la pluviosidad en la Cordillera Oriental, el régimen de los ríos, la erosión y el arrastre de material de la cordillera. En la vertiente montañosa y en el piedemonte, uno de los principales procesos en el transporte de materiales debido a las corrientes hídricas, por lo cual se señala la importancia de la vegetación en el control de la erosión en los taludes, cauces e interfluvios, ocasionados por las abundantes lluvias.

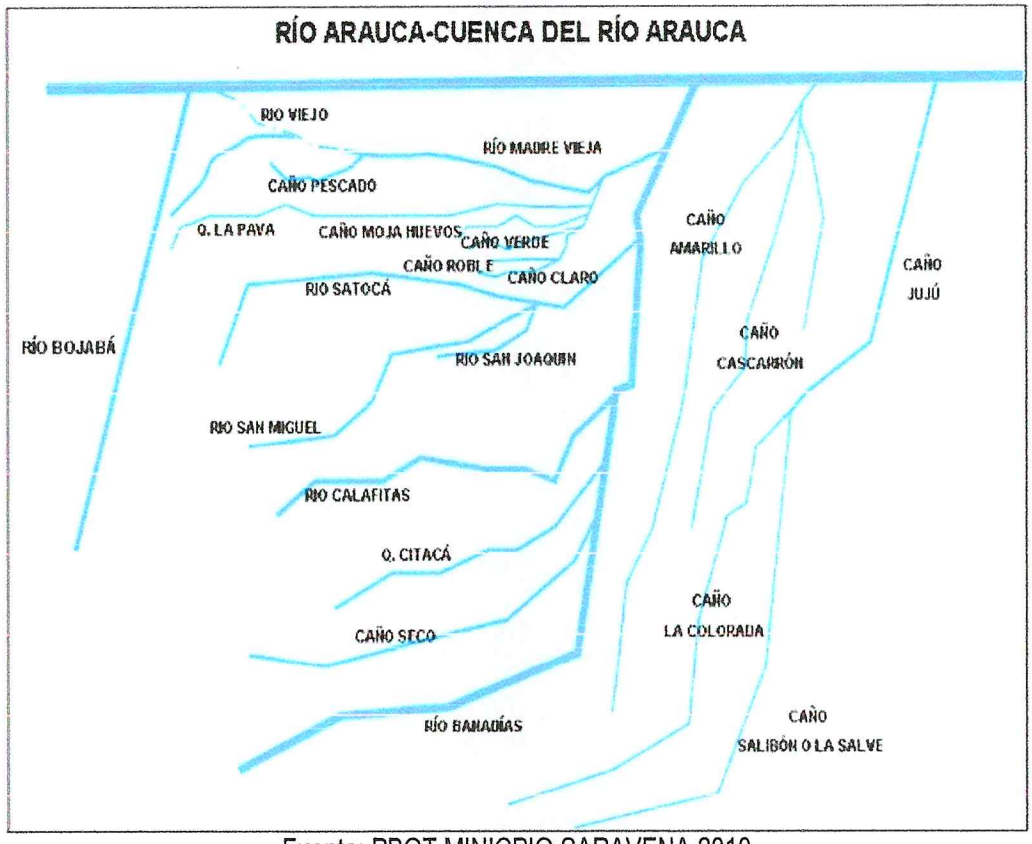
5.1.2 HIDROGRAFÍA EN EL MUNICIPIO DE SARAVENA

Por influencia de la cordillera oriental se determina la distribución de las aguas corriendo en sentido sur / noreste, hacia la cuenca del río Arauca y a su vez, a la cuenca del Orinoco. En la cordillera, el recorrido es perpendicular al plegamiento hasta el cambio de cauce y en la parte plana, disperso hacia el Orinoco. El municipio presenta alta oferta hídrica debido al régimen monomodal que le permite contar con lluvias durante la mayor parte del año. Esta distribución temporal es complementada con la distribución espacial casi total en el área de jurisdicción. Además, en el suelo y subsuelo, a poca profundidad, se puede encontrar agua de buena calidad para diversas actividades

CUENCAS, SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS SARAVENA

CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCAS		
Río Arauca	Río Bojabá	Q. Cucurcana		
		Q. Agua Blanca		
	Río Banadías	Caño Seco		
		Q. Citacá		
		Río Calafitas		
		Río Satocá	Q. Chivaraquia	
			Caño Claro	
			Caño Pescadito	
			Río San Miguel	Quebrada La Colorada
			Río San Joaquín	
		Río Madre Vieja	Río Viejo	Caño Buenos Aires
				Caño Claro
				Caño Negro
			Caño Pescado	
			Caño Claro	Caño Roble
				Caño Verde
				Caño Mojahuevos
				Q. La Pava
	Caño Amarillo	Caño Boga		
		Caño Cascarrón	Caño Rojo	
	Caño Jujú	Caño La Colorada		
		Caño Salibón-La Salve		

Fuente: PBOT MINICPIO SARAVENA 2010
DINÁMICA HÍDRICA EN SARAVENA



Fuente: PBOT MINICPIO SARAVENA 2010

5.2 CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO

5.2.1 NIVEL DE COMPLEJIDAD.

Considerando lo establecido en Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2017, el nivel de complejidad del sistema está dado por la población de la ciudad y por la capacidad económica de sus habitantes. Saravena es uno de los 7 municipios del departamento de Arauca, Colombia y de acuerdo con las proyecciones del DANE, en 2025 tiene 65.754 habitantes: 34.111 mujeres (51.9%) y 31,643 hombres (48.1%).

Según la siguiente tabla, del RAS 2017, el nivel de complejidad del proyecto es el mayor de los establecidos para los siguientes rangos, aunque cabe advertir que la población a considerar es la que se prevea para la vida útil del proyecto.

CONDICIÓN	CANTIDAD	NIVEL DE COMPLEJIDAD
Población Total	>12500	Medio alto
Capacidad	Media	Baja

Fuente: RAS-2017

5.3 DATOS METEOROLÓGICOS

Para el estudio de la información meteorológica del municipio de Saravena, se realizó la verificación de las estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio mediante información suministrada por el Ideam donde se pudo establecer la existencia de 5 estaciones cercanas, de las cuales solo una se encuentra activa en la actualidad y cuenta con datos actualizados.

5.3.1 Estaciones meteorológicas del sector

5.3.1.1 ESTACIÓN SARAVENA -AUT

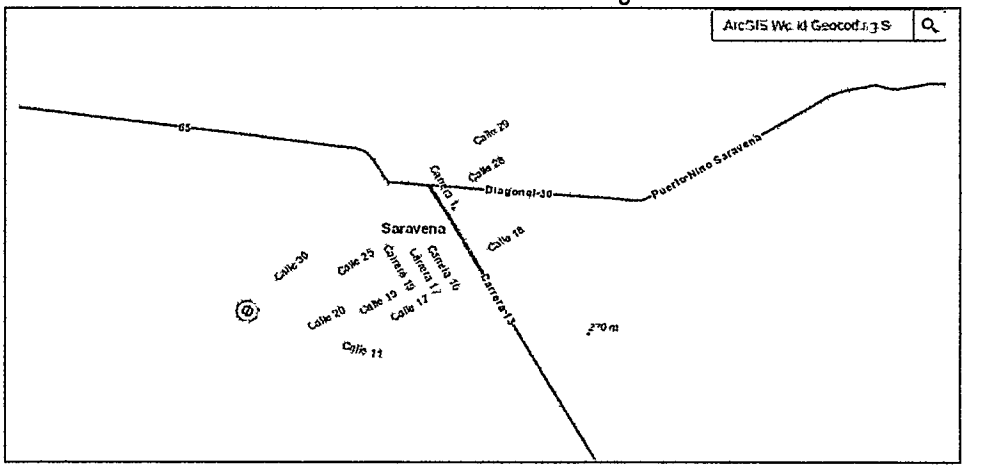
Esta estación fue instalada el 15 agosto de 1971 y fue suspendida el 23 de mayo del 2019, sin embargo, los datos históricos van hasta diciembre del 2012., por tanto, los datos obtenidos por esta estación se encuentran desactualizados por más de una década.

Datos estación meteorológica

Catalogo Nacional de Estaciones: SARAVENA - AUT [37045010]	
Código	37045010
Nombre	SARAVENA - AUT [37045010]
Categoría	Climática Ordinaria
Longitud	-71,89
Latitud	6,95
Altitud	148,00
Departamento	Arauca
Municipio	Saravena
Estado	Suspendida
Tecnología	TEST005
Fecha de Instalación	Agosto 15, 1971
Fecha de Suspensión	Mayo 23, 2019

Fuente: IDEAM

Ubicación estacion metereologica



Fuente: IDEAM

5.3.1.2 ESTACION BANADIA

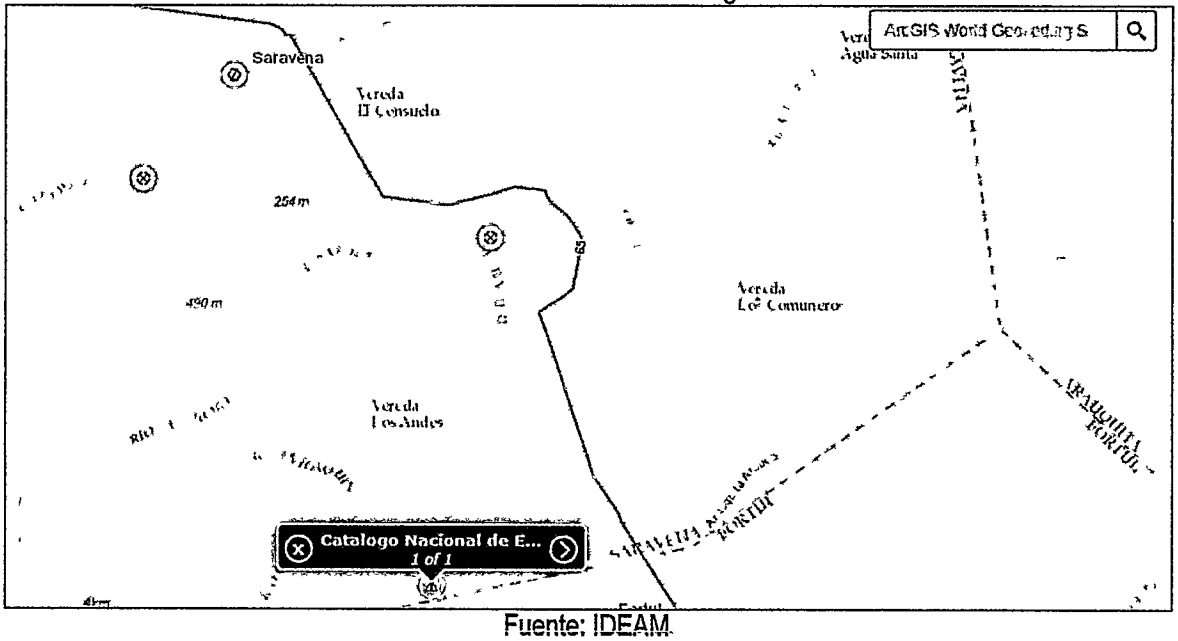
Esta estación fue instalada el 15 de diciembre de 1982 y fue suspendida el 15 de noviembre del 1993, por tanto, los datos obtenidos por esta estación se encuentran desactualizados por más de tres décadas.

Datos estación meteorológica

Catalogo Nacional de Estaciones: BANADIA [36030040]	
Cód go	36030040
Nombre	BANADIA [36030040]
Categoría	Pluviométrica
Longitud	-71,83
Latitud	6,80
Altitud	300,00
Departamento	Arauca
Mun c pio	Saravena
Estado	Suspendida
Tecnología	Convencional
Fecha de Instalación	Diciembre 15, 1982
Fecha de Suspensión	Noviembre 15, 1993

Fuente: IDEAM

Ubicación estación meteorológica



Fuente: IDEAM

5.3.1.3 ESTACION ALTO SATOCÁ

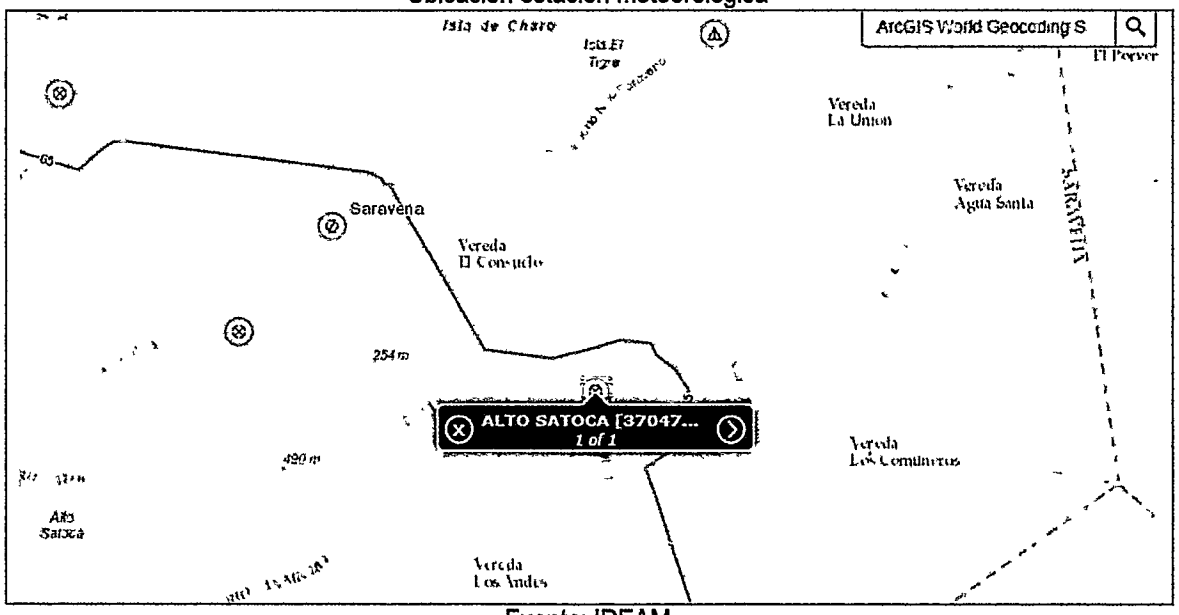
Esta estación fue instalada el 15 de diciembre de 1971 y fue suspendida el 15 de abril del 1986, por tanto, los datos obtenidos por esta estación se encuentran desactualizados por más de tres décadas.

Datos estación meteorológica

Catalogo Nacional de Estaciones: ALTO SATOCA [37047010]	
Cód go	37047010
Nombre	ALTO SATOCA [37047010]
Categor'a	Limnimétrica
Longitud	-71,82
Lat'tud	6,90
Alt tud	196,00
Departamento	Arauca
Mun'c pio	Saravena
Estado	Suspend'da
Tecnología	Convenc'onal
Fecha de Instalación	Diciembre 15, 1971
Fecha de Suspensión	Abril 15, 1986

Fuente: IDEAM

Ubicación estación meteorológica



Fuente: IDEAM

5.3.1.4 ESTACION FORTUNA LA

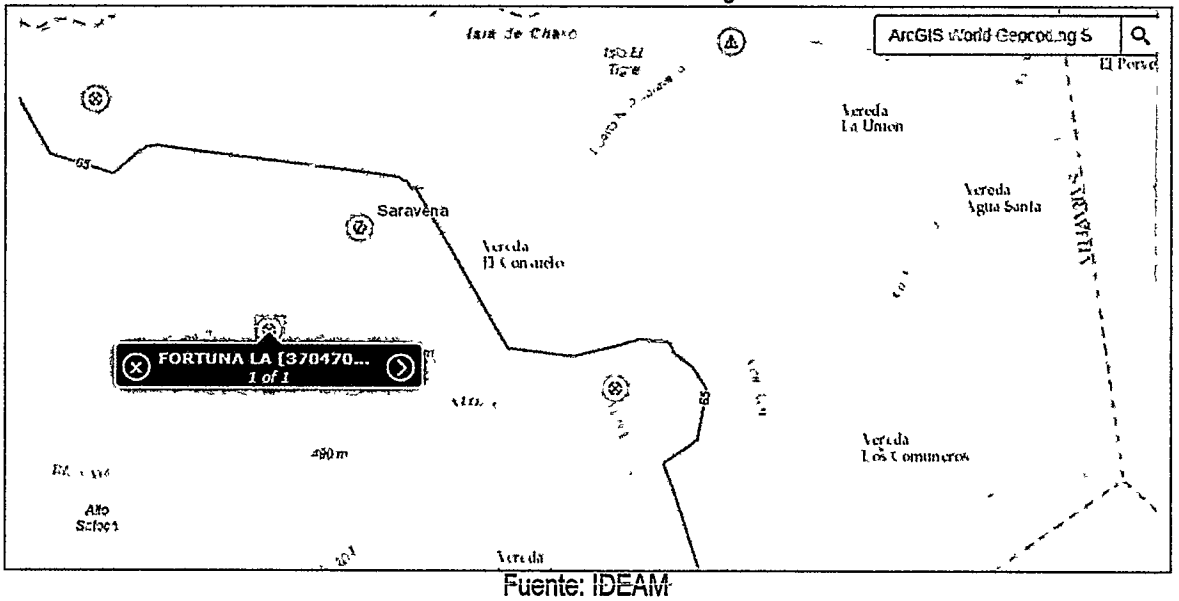
Esta estación fue instalada el 15 de diciembre de 1990 y fue suspendida el 13 de noviembre del 1994, por tanto, los datos obtenidos por esta estación se encuentran desactualizados por más de dos décadas.

Datos estación meteorológica

Catalogo Nacional de Estaciones: FORTUNA LA [37047030]	
Cód go	37047030
Nombre	FORTUNA LA [37047030]
Categor'a	Limnimétrica
Longitud	-71,92
Latitud	6,92
Altitud	250,00
Departamento	Arauca
Mun c pio	Saravena
Estado	Suspendida
Tecnologia	Convencional
Fecha de Instalación	Noviembre 15, 1990
Fecha de Suspensión	Noviembre 15, 1994

Fuente: IDEAM

Ubicación estación meteorológica



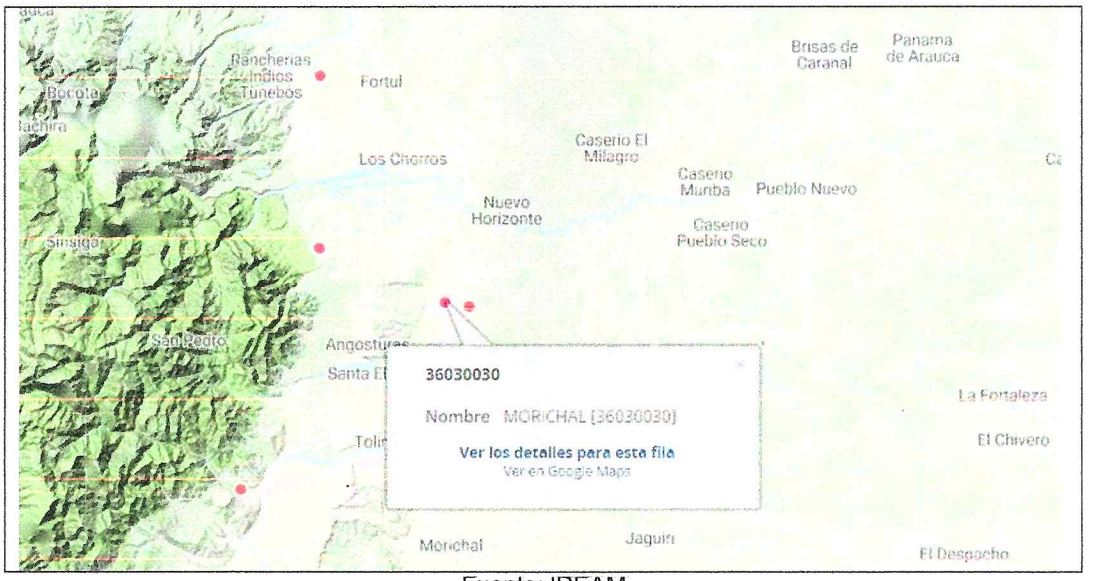
Fuente: IDEAM

5.3.2 ESTACIÓN MORICHAL

esta estación es una de las más cercanas la zona de influencia del proyecto, la cual se encuentra activa y fue instalada el 15 de diciembre del año 1982 y se encuentra localizada en las siguientes coordenadas:

Catalogo Nacional de Estaciones: MORICHAL [36030030]	
Código	36030030
Nombre	MORICHAL [36030030]
Categoría	Pluviométrica
Longitud	-71,71
Latitud	6,57
Altitud	300,00
Departamento	Arauca
Municipio	Tame
Estado	Activa
Tecnología	Convencional
Fecha de instalación	Diciembre 15, 1982
Fecha de Suspensión	

Fuente: IDEAM



Fuente: IDEAM

De acuerdo a lo anterior se puede concluir que la estaciones SARAVENA -AUT , BANADIA, ALTO SATOCA, y ORTUNA LA no cuentan con datos meteorológicos actualizados y además a la fecha se encuentran suspendidas entre 1 y 3 décadas, así mismo la estación de Morichal se encuentra activa en la actualidad y de encuentra localizada en la zona del piedemonte araucano al igual que el área de estudio

por tanto, las características climatológicas son similares. De esta manera los datos meteorológicos del presente estudio serán tomados de la estación Morichal (36030030).

5.3.3 TEMPERATURA

La temperatura del aire es un carácter climatológico muy importante, por su influencia en los factores hidrológicos, biológicos y económicos de una región. El comportamiento de este elemento del clima está condicionado básicamente por la presión atmosférica lo cual se traduce en una variación en función de la altura sobre el nivel del mar. En este sentido el área de estudio se enmarca altitudinalmente dentro de los 100 mts de elevación, hecho que determina un rango típico de temperatura definido específicamente para el sitio de obras.

Con base en los registros de la estación CO de Morichal, se presenta un histograma de distribución interanual del parámetro y su promedio multianual. La temperatura media anual presenta muy pocos cambios mes a mes y la variabilidad se da entre la madrugada y el medio día. La temperatura media es de 25.43 °C, y oscila entre 26.59 °C como promedio máximo y 24.43 °C como promedio mínimo. En los meses de febrero a mayo se presentan las mayores temperaturas, alcanzando valores de 27.0 °C, en mayo; la temperatura mínima se presenta entre junio, julio y agosto, siendo junio el que registra la menos temperatura con 23.7 °C.

La variación de la temperatura observada entre estaciones, está directamente relacionada, con el gradiente altitudinal, ya que el trópico se caracteriza por la relativa uniformidad de la temperatura en cada sitio, durante el año. Las principales diferencias en la temperatura atmosférica se dan durante el día, pero esas oscilaciones son insignificantes si se comparan con las que se presentan en regiones templadas. En la siguiente tabla se presentan los valores medios, máximos y mínimos de temperatura registrados en la estación Morichal.

Temperatura anual media - Estación Morichal												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MEDIO	25.3	25	26.1	25.9	25.5	24.9	25	25.1	25.6	25.7	25.7	25.4
MÁXIMOS	26.5	27.9	28.1	26.8	27	25.8	25.9	25.7	26.2	26.4	26.6	26.2
MÍNIMOS	24.4	24.4	23.5	24.8/	24.8	23.7	24	24	24.8	24.9	25.2	24.7

Fuente: IDEAM

5.3.4 HUMEDAD RELATIVA

El comportamiento de la humedad relativa tiene una relación inversa con la temperatura debido a que al incrementarse esta última aumenta la capacidad atmosférica para retener vapor de agua y si esta no recibe aportes adicionales de vapor, la humedad relativa disminuye. Así, durante los periodos secos, donde se registran las mayores temperaturas, la humedad, relativa es baja mientras que a mediados del año (temporada húmeda), la relación se invierte. Esto significa que los mayores valores de humedad se presentan en los meses de julio y agosto.

Con base en la información registrada en la estación de Morichal, la humedad relativa media mensualmente multianual fluctúa entre el 79 y 84 %. Los valores mínimos de este parámetro se presentan entre diciembre y abril, siendo marzo el que menor valor presenta con un 60 % de humedad relativa en el aire. Los máximos valores ocurren durante los meses de mayor pluviosidad, entre junio a noviembre, siendo agosto el más húmedo con un 84 %.

En la siguiente tabla se presentan los valores medios, máximos y mínimos de humedad relativa registrados en la estación Morichal.

Humedad relativa media mensual - Estación Morichal												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MÁXIMOS	93	89	91	94	95	94	90	91	90	93	87	87
MEDIOS	81	80	81	85	85	87	87	87	85	86	83	84
MÍNIMOS	70	68	60	73	79	81	82	84	81	81	81	79

Fuente: IDEAM

5.3.5 BRILLO SOLAR Y NUBLADO

Los comportamientos de estos dos elementos climáticos son inversamente proporcionales y están determinados por la ocurrencia de las lluvias y la distribución de los períodos de verano e invierno. Esto significa que durante los períodos lluviosos el brillo solar disminuye y durante la época de bajas precipitaciones el brillo solar aumenta. Esto se explica por la mayor nubosidad registrada durante el invierno que obstaculiza el paso de la radiación solar directa.

Con la serie de valores de brillo solar en la estación de Morichal, se establece un período octubre-enero donde se presentan los mayores registros de brillo solar, donde diciembre presenta 184.5 horas de brillo solar y marzo es el que presenta 74,02 horas. El promedio de los valores totales anuales es de 1.394 horas de radiación, por el contrario, la nubosidad alcanza la mayor proporción entre los meses de abril a octubre.
En la siguiente tabla se presentan los valores medios, máximos y mínimos de brillo solar registrados en la estación Morichal.

Brillo Solar mensual - Estación Morichal.												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MÁXIMOS	182.3	158.9	137.7	113	155.1	115.3	140.8	174.5	177.5	176	173	184.5
MEDIOS	142.21	104.45	74.02	77.76	95.47	87.36	113.14	174.5	177.5	176	173	184.5
MÍNIMOS	97.7	66.6	18.5	50.1	19.4	59.1	85.2	81.3	91.6	89.6	113.5	117.8

Fuente: IDEAM.

5.3.6 EVAPOTRANSPIRACIÓN.

Según los registros históricos de la evaporación en la estación de Morichal, este parámetro se mantiene por debajo de la precipitación. Esto demuestra que la oferta hídrica es constante y permite el almacenamiento permanente de agua en los suelos durante la mayor parte del año. En la estación de Morichal para el período 1.971-1.985 la evaporación presenta un promedio multianual de 1.169 mm, contra una precipitación de 2.843,2 mm. De acuerdo a estas consideraciones se puede inferir que en la zona existe a nivel multianual una oferta hídrica excedente cercana a 1.700 mm, lo cual debe traducirse en meses con exceso de agua en la mayor parte del año.

El registro máximo ocurre en el mes de enero con 150.3 mm, mientras que el mínimo se presenta en el mes de septiembre con 49.4 mm.

El comportamiento de este parámetro depende de la configuración del relieve, la nubosidad, las condiciones de humedad y la localización del óptimo pluviométrico. Esto permite estimar un balance con tendencia al exceso hídrico principalmente en el sector occidental del área de estudio considerando la localización del máximo de lluvias.

Evaporación promedio mensual - Estación Morichal												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MÁXIMOS	150.3	133.5	125.9	126.3	110.4	108	113.3	131.6	134.5	129.2	132	111.5
MEDIOS	106.3	105.7	101.5	93.2	89.1	82.4	88.6	100.4	102.5	108.8	104.7	86.3
MÍNIMOS	68.6	69.3	57.7	72.8	61.3	59.7	73	84.2	49.4	79	75.9	47.5

Fuente: IDEAM.

5.3.7 VIENTOS

El régimen de vientos es determinante del comportamiento de las precipitaciones y especialmente de la localización del óptimo pluviométrico. En tal sentido cabe destacar la circulación de las masas de aire en el área de estudio.

Se ha planteado como en este sector predominan las corrientes de tipo convectivo generadas por el calentamiento diurno de la tropósfera hecho que induce desplazamientos verticales de corrientes de aire-húmedo que se condensan, produciendo finalmente aguaceros. Temporalmente la variación anual de la velocidad del viento es irregular, aunque se destaca una mayor intensidad en los meses de enero y febrero hecho que obedece principalmente a la circulación general de la atmósfera en el trópico.

Durante la noche se producen en la zona una inversión en el desplazamiento de las masas de aire, de manera que desciende desde la cordillera hacia los llanos. Dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura locales puede formar bancos de niebla o cinturones de nubes bajas en los límites del piedemonte con la llanura. Las distribuciones de los valores de velocidad media zonal del viento aparecen en la siguiente tabla, donde es el mes de febrero donde se presenta la mayor velocidad del viento con 5.2 m/seg y agosto, septiembre y octubre con el menor valor en velocidad del viento con 2.7 m/seg. La velocidad media del viento para los registros históricos en la estación Morichal es de 3.39 m/seg. En la siguiente tabla, se presentan los valores medios, máximos y mínimos de la velocidad media del viento registrada en la estación Morichal.

Velocidad del viento promedio mensual – Estación Morichal												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MEDIO	3.70	5.20	4.20	3.20	3.00	2.80	3.10	2.70	2.70	2.70	3.30	4.10

Fuente: IDEAM.

5.3.8 BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico se elaboró con base en la metodología propuesta por Thornthwaite (1.955) y la información de la estación Morichal. Consiste en un diagrama en donde se compara la evapotranspiración potencial, con la precipitación mensual. El cálculo de la evapotranspiración potencial (mm/mes) se basa en los datos de temperatura y en un índice de calor anual. El Balance Hídrico de la década para la estación Morichal muestra un periodo de exceso de agua que se prolonga durante ocho a nueve meses aproximadamente, más exactamente desde la sexta década del inicio del año hasta la segunda década de noviembre, en el cual la evapotranspiración potencial es bastante menor a la precipitación. El período de almacenamiento corresponde con el inicio de la temporada de lluvias (abril).

El periodo de exceso es seguido por uno de utilización o consumo de la humedad del suelo, el cual se presenta durante noviembre-diciembre y los primeros meses del año enero-febrero, cuando se presenta de nuevo un período de almacenamiento. En consideración el clima característico es cálido con temperaturas que oscilan entre 23 y 28 °C, siendo el promedio 25.5 °C. Además, se encuentra a una altura no mayor a los de 300 msnm. Las características socio económicas de la población beneficiada con el proyecto, indica que se clasifica en el estrato 1 denominada clase Baja, con ingresos promedios de 1 s.m.l.v. La zona del proyecto Departamento de Arauca, se clasifica según la NSR-10 apéndice A-4 en zona de amenaza sísmica Alta.

PRECIPITACIÓN

En Saravena en promedio caen 200 mms en 24 horas, siendo los meses más lluviosos junio, mayo, julio, agosto, septiembre y octubre.

IDEAM- INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METREOLOGIOA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRESIPITACION (mms) EN 24 HORAS

FECHA DE PROCESO:		9/02/2024						ESTACION:	36030030	MORICHAL			
LATITUD	634	N	TIPO EST	PM		DEPTO	ARAUCA	FECHA -INSTALCION			1982-DIC		
LONGITUD	7142	W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	TAME	FECHA-SUSPENSION					
ELEVACION	300	m.s.n.m.	REGIONAL	6	BOYACA-CASAN	CORRIENTE	CABALIA						

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VR ANUAL
1982													
1983	4	20	16	40	160	130	71	90	140	164	140	64	164
1984	16	25	1	39	120	53	120	200	62	108	90	20	200
1985	0	46	15	121	100	178	68	72	60	110	37	88	178
1986	30	145	14	125	100	116	140	80	80	76	105	60	145
1987	70	33	70										70
1989	65	110	30	80	80	90	130	110	110	130	130	30	130
1990	60	120	53	96	96	87	72	130	90	75	94	140	140
1991	16	90	150	135	150	80	100	95	70	95	12		150
1992	0	0	0	32	101	160	140	160	165	165	91	70	165
1993	10	6	70	91	84	59	92	33	46	59	15	10	92
1994	0	10	34	81	50	42	46	85	90	86	82	4	90
1995	0	0	8	119	38	43	45	78	68	53	10	15	119
1996	0	0	0	44	50	82	45	82	18	42	61	13	82
1997	5	34	3	39	62	35	50	70	37	32	90	3	90
1998	0	0	0	53	87	73	56	72	38	85	30	20	87
1999	8	82	20	55	120	84	85	84	62	75	20	10	120

2000	35	1	81	48	140	56	86	52	45	130	40	87	140
2001	0	0	10	62								38	62
2002	15	0	76	41	57			20	55		12	5	76
2004	0	0	0	50	77.5	40	30	10		10	10	10	77.5
2005	10	3	0	32	10	24	10	10	43	63	60	9	63
2006	70	3.4	55	31	60	34.5	64.4	18.1	50	52	95.5	7.5	95.5
2007	0	10	54	60	100	81	30	40	40	20	20	50	100
2008	4	17.8	32.2	20	40	51	49.8	100	30	41.9	63.6	8.2	100
2009	17	5	40	70	42.6	100	63	53	32.9	95.9	24.4	14.2	100
2010	0	24	54	94	50	63.6	60.8	41	55	57	36.5	20	94
2011	7.8	26.5	31	70	90	85	43	30	26.2	61.6	50	46	90
2012	2.5	4	42	75	61.5	71	70.8	61.5	40	50.8	25		75
2013	0	7.5	117	94	114	50	134	68	100	61.2	66.6	64.2	134
2014	42	36	17.6	146.5	135	45.4	50	30	107	120	51.5	84.5	146.5
2015	18	30	21.1	29	74	60	62.7	37.5	27	98.3	62	27.9	98.3
2016	0	5	19	76.3	85	62	70	13.5					85
2017	8	31	97.3	50	85.3	70	67.5	34.5	110	42	30	80	110
2018	50.2	0	44.3	81	81.6	66.3	38	51	123.3	120	55.5	1.2	123.3
2019	4	0	47.5	83.5	98.5	102.5	37.5	49.2	89.3	27.3	3.6	36.8	102.5
2020	7	19	19	36.9	60.7	90.2	50.4	50.6	32.6	59.9	61.2	14	90.2
2021	31.2	6.1	22.2	51.2	59.7	124	89.5	37.7	113.6	51.5	37.1	4.5	124
2022	2.5	9.8	54.2	28	79	45.5	29	39.4	17.6	40.6	58.5	22.4	79
2023	83.5	52.5	39	29.3	83.5	125	81.2	77.5	45.5	76.5	63	56	125
2024	0	43.8	14.5	47.5	67.5	61.9	42.7	21.5	65.9	65.5	63.3	10.8	67.5
MAXIMOS	83.5	145	150	146.5	160	178	140	200	165	165	140	140	200
MINIMOS	0	0	0	20	10	24	10	10	17.6	10	3.6	1.2	0

Fuente: IDEAM

5.3.9 FRECUENCIA – INTENSIDAD - DURACIÓN DE LAS LLUVIAS:

Para la captura de datos necesario para el estudio hidrológico del presente proyecto se pudo evidenciar que se cuenta con la estación pluviométrica 36030030 MORICHAL, una de las más cercanas la zona de influencia del proyecto, la cual se encuentra activa y fue instalada en diciembre del año 1982 y se encuentra localizada en las siguientes coordenadas:

Fuente: IDEAM

LATITUD	0634 N
LONGITUD	7142 W
ELEVACIÓN	0100 m.s.n.m

los histogramas de precipitación son los registros IDEAM de los últimos 40 años más completos (1982-2023), para la estación pluviométrica 36030030 MORICHAL.

Las características de las lluvias a considerar en el diseño dependen del grado de protección que se desee, lo cual, por razones económicas, se basa en la importancia del proyecto y en su uso. La intensidad de una lluvia se define como el volumen de agua que precipita por unidad de tiempo y generalmente se expresa en mm/hr o l/Ha/s. Es conveniente recordar que 1 mm/h = 2.78 l/s/ha.

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)													
VALOR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	VR ANUAL
MAXIMOS	83.5	145	150	146.5	160	178	140	200	165	165	140	140	200
MINIMOS	0	0	0	20	10	24	10	10	17.6	10	3.6	1.2	0
MEDIOS	18	30	39.1	69.3	84.5	73.6	71.9	67.5	63.8	79.3	56	36	57.5

Fuente: IDEAM

5.3.10 CURVAS REGIONALIZADAS IDF PARA LA ZONA DE INFLUENCIA ESTACIÓN 36030030 MORICHAL

Las curvas IDF permiten la estimación de volúmenes de drenaje superficial mediante modelos de lluvia-escorrentía en cuencas pequeñas que no cuentan con registros históricos de caudales. Los métodos tradicionales de construcción de curvas IDF requieren información de registros pluviográficos, los cuales en la mayoría de las estaciones climatológicas ubicadas en el territorio nacional no existen.

En virtud de lo anterior, los Ingenieros Rodrigo Vargas y Mario Díaz-Granados, a partir de curvas IDF generadas para aproximadamente 165 estaciones ubicadas en diversas zonas del territorio nacional, y los resúmenes pluviométricos multianuales de las mismas, elaboraron un estudio en el cual se evaluaron las principales ecuaciones de curvas propuestas por diferentes autores y establecieron nuevas ecuaciones para las principales cuatro regiones geográficas nacionales (Diaz granados, 1998).

Para lo anterior, Díaz-Granados y Vargas inicialmente clasificaron las estaciones

observadas en cinco grandes regiones, con el fin de analizar de manera independiente las estaciones que pertenecieran a la misma región geográfica, buscando condiciones meteorológicas regidas por fenómenos similares para cada grupo de estaciones (Diaz granados, 1998).

La división se hizo con base en la propuesta por Vélez (1983), la cual contempla las siguientes regiones climatológicas: Región Andina (R1), Región del Caribe (R2), Región del Pacifico (R3), Región Orinoquia (R4), y Región Amazonia (R5). En esta última región no se encontraron registros pluviográficos de ninguna estación, por lo cual se suprimió del estudio (Diaz granados, 1998).

La siguiente etapa del estudio consistió en proponer una ecuación general para Colombia, a partir de las ecuaciones propuestas previamente por Bernard (1932), Bell (1969), Chen (1983) y Kothyari y Garde (1992) en el desarrollo de otros estudios similares en diferentes lugares. Después de realizar el análisis matemático y probabilístico de las ecuaciones y de la información, se obtuvo el siguiente general:

Ecuación Kothyari y Garde

$$i\left(\frac{mm}{hr}\right) = \frac{a \cdot Tr^{b} \cdot M^{d}}{\left({}^{t_c}/_{60}\right)^{c}}$$

Donde:

- I: intensidad de precipitación, em milímetros por hora (mm/h)
- T: periodo de retorno, en años
- M: precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual
- Tc: duración de la lluvia en minutos, (min). Tiempo de concentración de la zona de aportación
- (a,b,c y d) parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros son regionalizados.

Con base a los datos de precipitación se procede a construir curvas regionalizadas IDF, apoyándonos en las constantes establecidas para cada región de Colombia. El departamento de Arauca se ubica en la región Orinoquia. La siguiente tabla muestra los valores de los parámetros de la ecuación de Kothyari y Garde para Colombia.

A continuación, en la siguiente tabla se muestran los parámetros seleccionados de la ecuación de Kothyari y Garde para Colombia

REGION	a	b	c	d
ANDINA (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
CARIBE (R2)	24.85	0.22	0.50	0.1
PACIFICO (R3)	13.92	0.19	0.58	0.2
ORINOQUIA (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Los parámetros para la ecuación se muestran en la tabla 9.

El valor para el parámetro M corresponde al promedio de las precipitaciones evaluadas los treinta y nueve (40) años de la estación meteorológica en los cuales se tiene registro comprendidos en el periodo de 1982 y 2024.

Promedio de las precipitaciones para la estación meteorológica

VALORES MAXIMOS ANUALES DE PRECIPITACION EN 24 HR (mms)		
#	AÑO	P (min)
1	1983	164
2	1984	200
3	1985	178
4	1986	145
5	1987	70
6	1988	130
7	1990	140
8	1991	150
9	1992	165
10	1993	92
11	1994	90
12	1995	119
13	1996	82
14	1997	90
15	1998	87
16	1999	120
17	2000	140
18	2001	62
19	2002	76
20	2004	77.5
21	2005	63
22	2006	95.5
23	2007	100
24	2008	100
25	2009	100
26	2010	94
27	2011	90
28	2012	75
29	2013	134
30	2014	146.5
31	2015	98.3
32	2016	85
33	2017	110
34	2018	123.3
35	2019	102.5
36	2020	90.2
37	2021	124
38	2022	79
39	2023	125
40	2024	67.5
PROMEDIO M		109.51

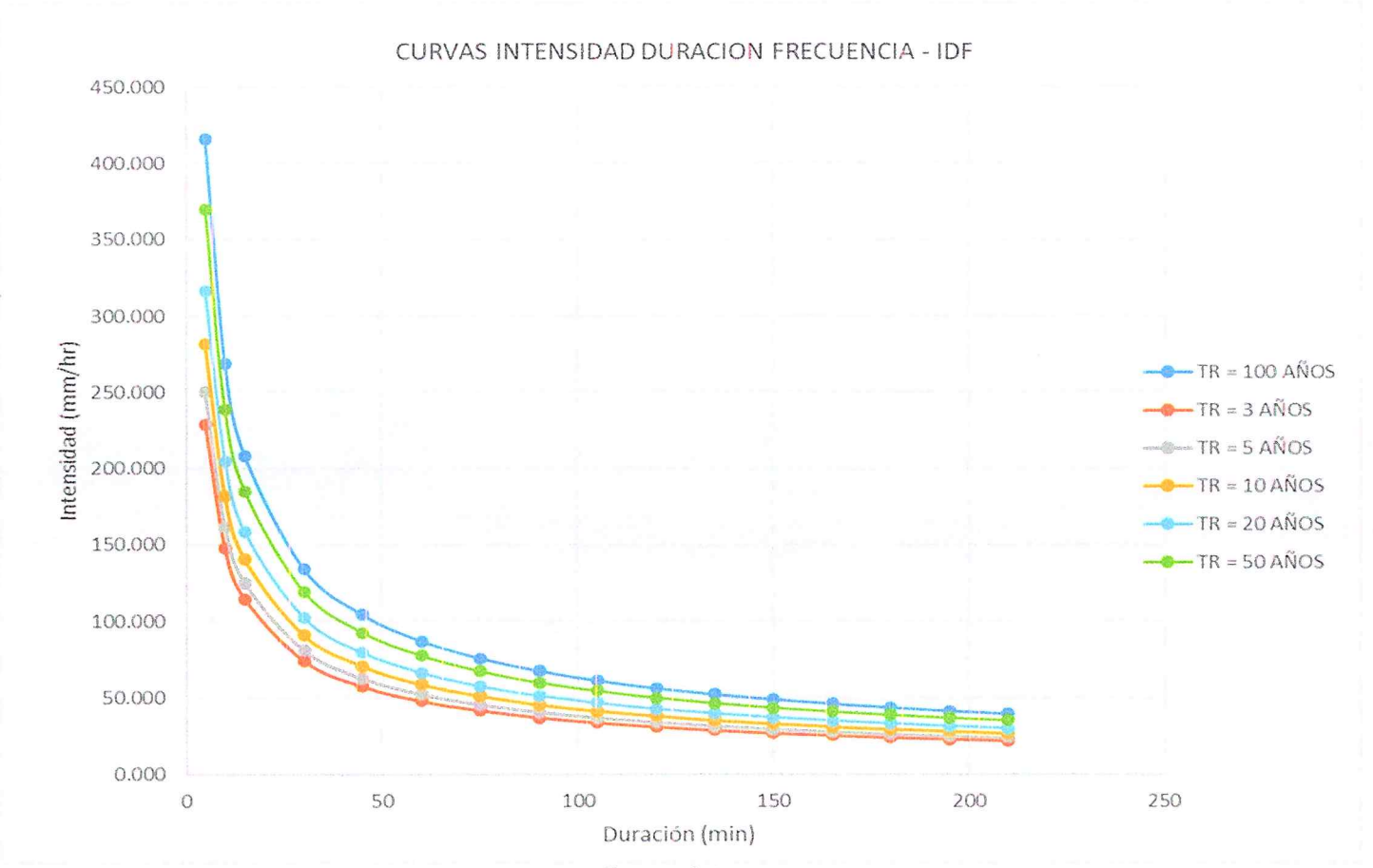
A partir de los datos recolectados por el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales-IDEAM, se estima el periodo de diseño, duración de la tormenta y la intensidad de la misma, para los distintos periodos de retorno.

TABLA RESUMEN						
tc (min)	I TR-50 AÑOS	I TR-20 AÑOS	I TR-10 AÑOS	I TR-5 AÑOS	I TR-3 AÑOS	I TR-2 AÑOS

5	369.832	316.486	281.307	250.037	229.240	213.971
10	238.977	204.506	181.774	161.568	148.130	138.263
15	185.105	158.405	140.797	125.146	114.737	107.095
30	119.611	102.358	90.980	80.867	74.140	69.202
45	92.647	79.283	70.470	62.637	57.427	53.602
60	77.290	66.141	58.789	52.254	47.908	44.717
75	67.153	57.467	51.079	45.401	41.625	38.852
90	59.866	51.231	45.536	40.475	37.108	34.636
105	54.326	46.490	41.322	36.729	33.674	31.431
120	49.943	42.739	37.988	33.765	30.957	28.895

Fuente: Autores

En base a los datos anteriores se realizan las curvas IDF del sector de estudio, están representan, en forma gráfica, el comportamiento de las diferentes frecuencias estimadas para la tormenta de diseño.



Fuente: Autores

6. ANÁLISIS HIDRÁULICO PUENTE

El cauce del rio Satocá en estudio se caracteriza por permanecer constantemente con agua, esto debido al nivel freático que lo alimenta de manera continua.

ANÁLISIS BATIMÉTRICO

Se realizó la batimetría del cauce sobre el sector del puente existente con un alcance de 350m aguas arriba y 350 metros aguas abajo para conocer la pendiente del canal y área de sección, así mismo se realizaron los cálculos de velocidad del flujo y profundidad de la misma en el sector.

Imagen de puente existente

Fuente: Autores del proyecto

De acuerdo al aforo realizado se pudo conocer que el puente actual esta soportado mediante 2 estribos los cuales están a un a distancia de 89 metros entre sí, la estructura del puente está compuesta por 2 vigas principales de 2.0m de altura por 0.6m de ancho sobre la cual descansa una placa de concreto de 0.25m de altura,

De igual manera se pudo determinar que la profundidad (y) del flujo en su centro era de 1.17 metros de altura y la distancia entre la cota de la lámina de agua a la cota inferior de la viga del puente era de 4.16 metros de altura. Cabe resaltar que esta medida fue tomada en condiciones normales del cauce es decir sin ningún tipo de creciente. Así mismo se pudo obtener información por parte de los moradores del lugar

que durante la creciente más fuerte que han presenciado la lámina de agua del cauce no supero la cota rasante del puente; sin embargo, esta alcanzo alturas mayores a los 3 metros,

Es por esto que se realizara el análisis del caudal máximo generado de acuerdo a las condiciones de la cuenca y determinara la altura de flujo correspondiente.

Imagen de sección transversal de cauce (k0+190)

Fuente: secciones transversales cauce

VELOCIDAD DE FLUJO:

Durante el aforo se tomaron 3 balotas de diferentes colores, las cuales fueron lanadas sobre una distancia de 10 metros, donde se calculó el tiempo para cada una de ellas arrojando los siguientes valores.

Tabla resumen de velocidad

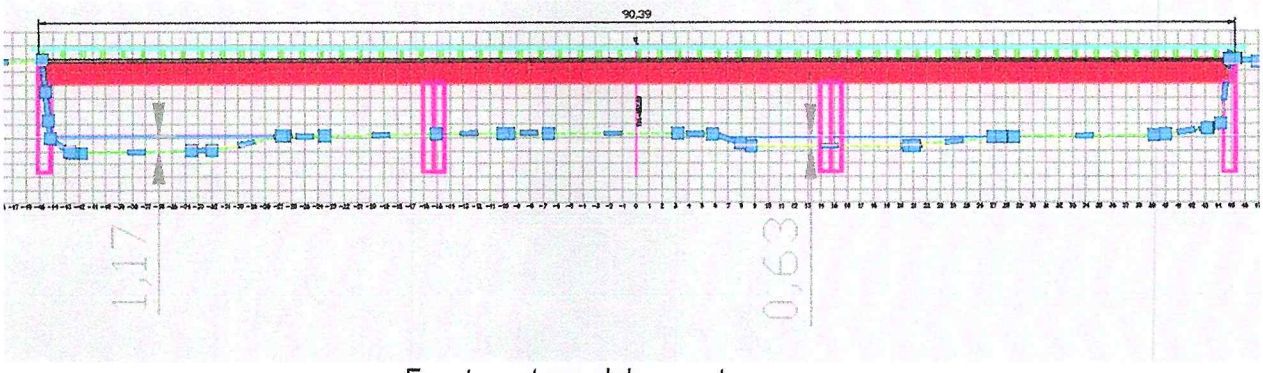
balota	Distancia (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)
Roja	10	14.52	0.69
Naranja	10	12.38	0.80
Amarilla	10	12.24	0.81

Fuente: Autores del proyecto

De acuerdo a los anterior se tiene una velocidad promedio de **0.77 m/s** sobre el cauce.

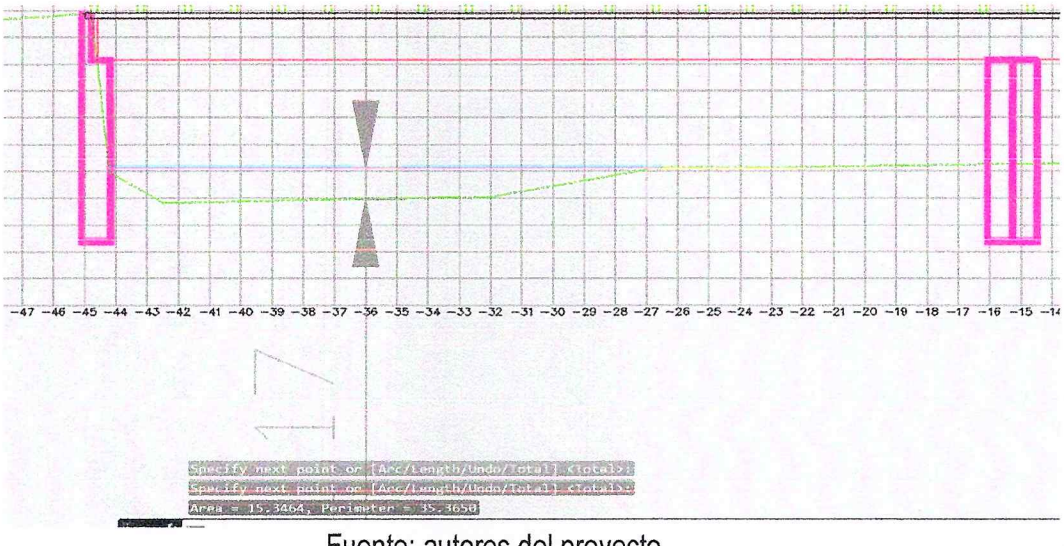
ÁREA DE SECCIÓN HIDRÁULICA

Sección transversal área de flujo (k0+340)



Fuente: autores del proyecto

Teniendo en cuenta que a l ahora de hacer la batimetría el cauce se dividía en 2 zonas se tomo la zona con mayor profundidad para el cálculo del caudal.



Fuente: autores del proyecto

De acuerdo a la sección transversal del flujo en la k0+190 se tiene un área aferente de **15.3664 m2.**

CAUDAL DEL CAUCE

Una vez obtenida la velocidad del cauce y el área aferente en su sección transversal, se realiza el cálculo del caudal existente teniendo en cuenta la ecuación

Q = V * A
Remplazando se tiene:

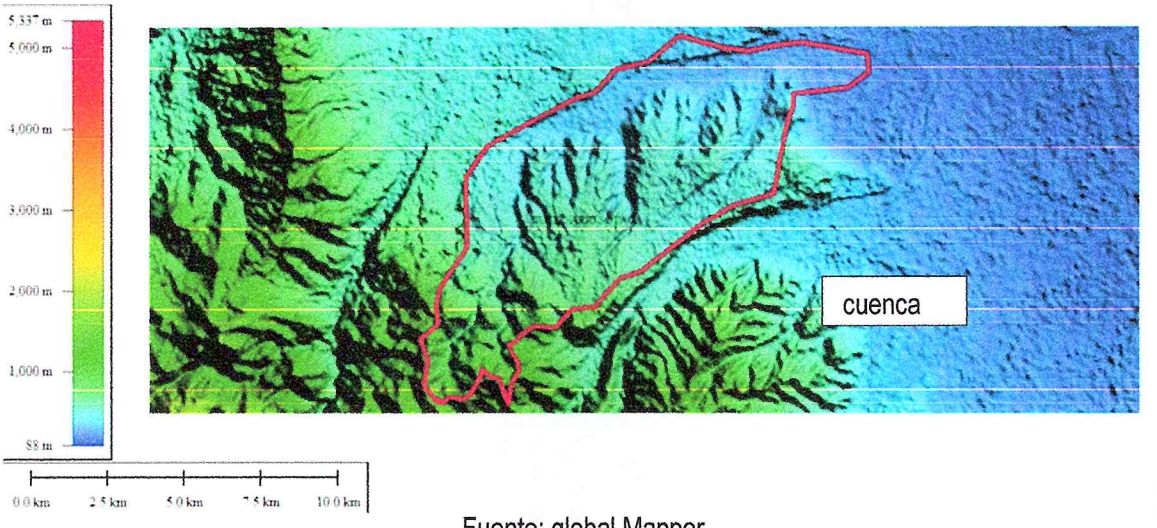
Q = 0.77m/s * 15.3664 m^2
Q = 11.83 m^3/s

7. ANÁLISIS DE LA CUENCA

7.1. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CUENCA

7.1.1. ÁREA Y PERÍMETRO DE CUENCA

Área de cuenca



Fuente: global Mapper

Después de delimitar el área de la cuenca se pudo establecer que la superficie en estudio equivale a una extensión de 75.3 km², así mismo una vez delimitada la cuenca se pudo definir que su perímetro equivale a 45.4 km.

A = 75.3 KM²

A = 7526 HA

FORMA DE LA CUENCA

Para detallar específicamente la forma de la cuenca se debe tener en cuenta el cálculo de las siguientes variables:

ÍNDICE DE COMPACIDAD O ÍNDICE DE GRÁVELAS:

Mediante este índice se puede determinar la relación entre el perímetro y al área de la cuenca a través de la demarcación de un círculo equivalente la cual se calcula mediante la siguiente ecuación:

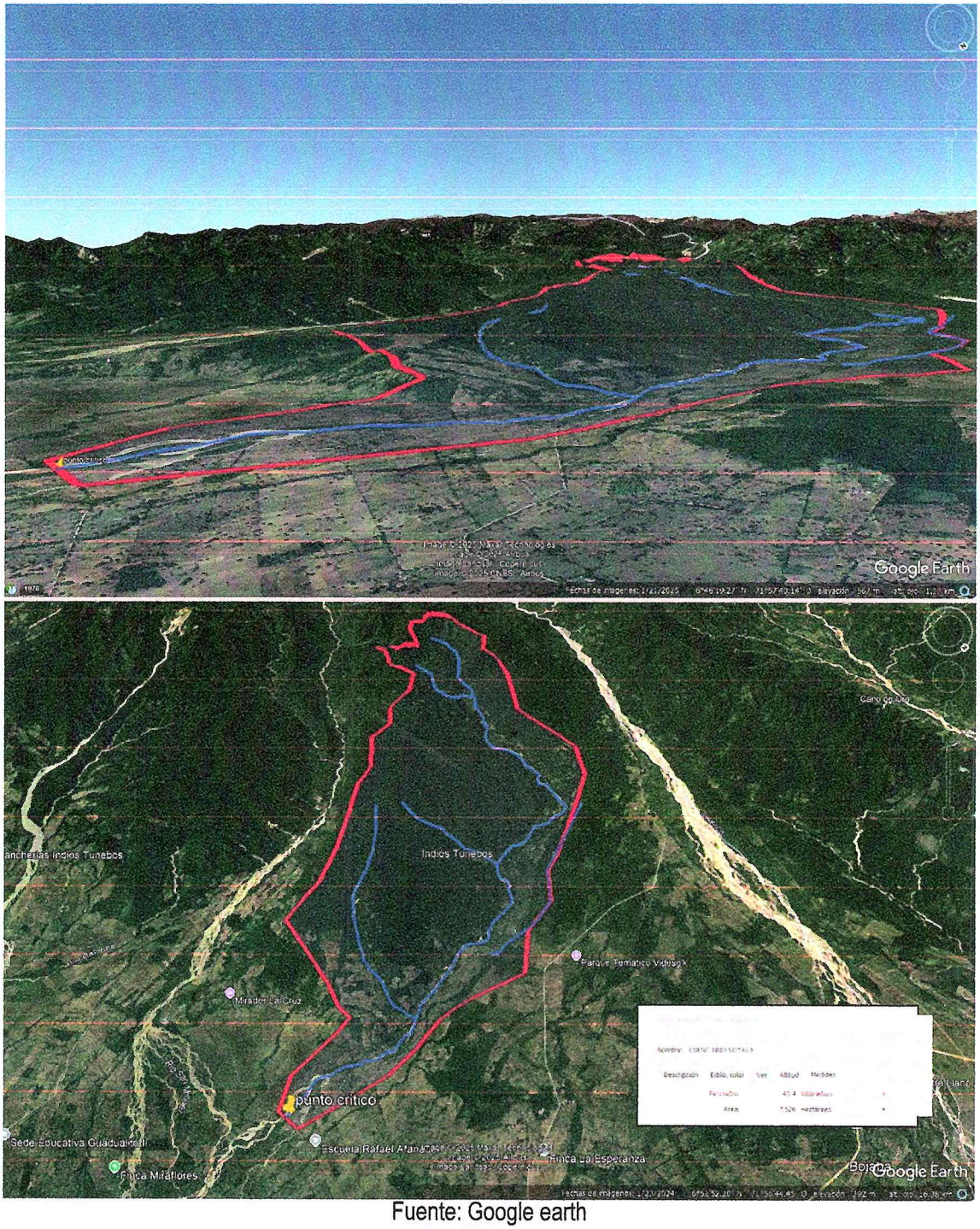
$$K_c = 0.28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

P = perímetro de la cuenca
A = área de la cuenca

De esta manera se tiene que

Área de cuenca hídrica



Fuente: Google earth

P= 45.4 km
A = 75.3 km2
Kc = 1.46

Rangos de Kc	Interpretación
1.0 – 1.25	Forma redonda a oval redonda
1.25 - 1.50	Forma oval redonda a oval oblonga
1.50 – 1.75	Forma oval oblonga a rectangular oblonga

Fuente: Reyes Barroso y Carvajal universidad del valle 2010

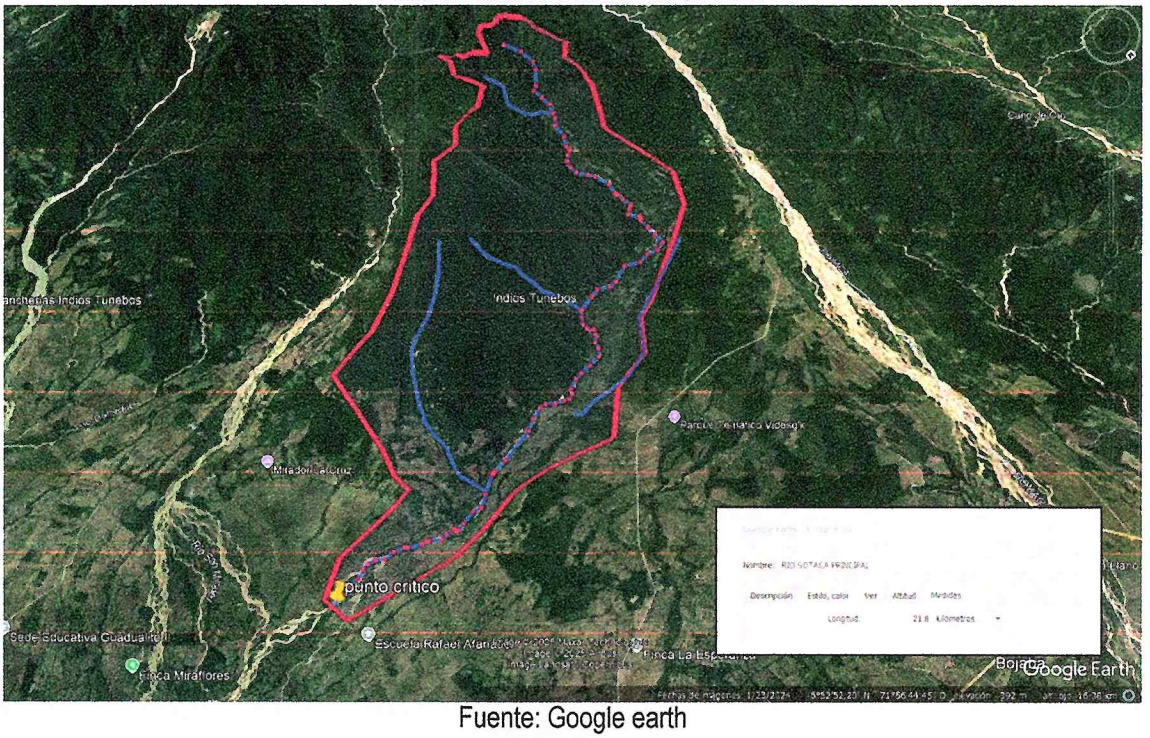
De acuerdo a lo anterior se puede establecer que de acuerdo al índice de compacidad se tiene una forma de cuenca oval redonda a oval oblonga

FACTOR DE FORMA

El factor de forma es la relación que existe entre el área de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido del cauce si existen diferentes fuentes hídricas que se conecten.

En nuestro caso se tienes 4 fuente hídrica que se conecta sin embrago existe una red principal la cual recibe a todas.

Área de cuenca con curvas de nivel



Fuente: Google earth

por medio de sistemas de información geográfica se determinó que la cuenca tiene una longitud axial máxima de 21.8 km del cauce principal.

de esta manera se calcula el factor de forma mediante la siguiente ecuación:

$$F = \frac{A}{(L_m)^2}$$

Donde:

A= área de la cuenca
L = longitud axial máxima del cauce principal

De acuerdo lo anterior se tiene:

A=75.3km
L= 21.8 km
F = 0.16

Valor De Kf	Interpretación
<1.0	Cuenca Alargada
= 1.0	Cuenca Cuadrada
>1.0	Cuenca Achatada

Fuente: Reyes Barroso y Carvajal universidad del valle 2010

De acuerdo a lo anterior se puede establecer que el factor de forma obedece a una cuenca alargada.

ÍNDICE DE ALARGAMIENTO

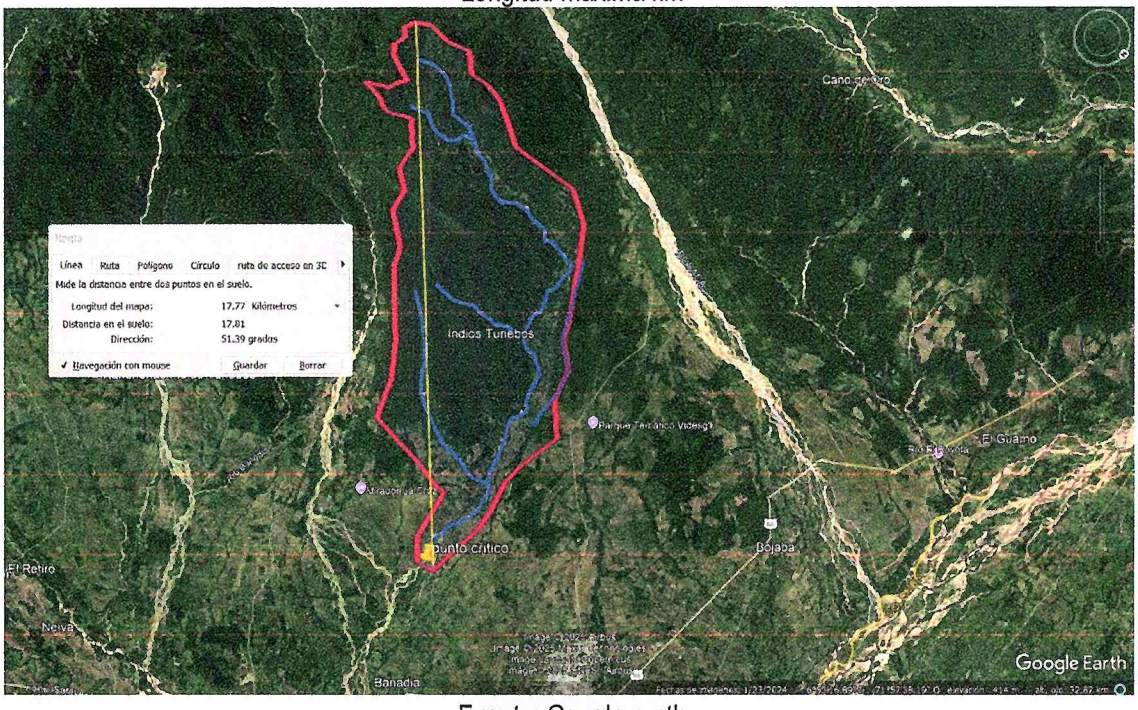
Se refiere a la relación entre la distancia desde la salida de la microcuenca hasta el punto más alejado y el ancho máximo perpendicular a esta distancia.

$$I_a = \frac{L_m}{l}$$

Donde:

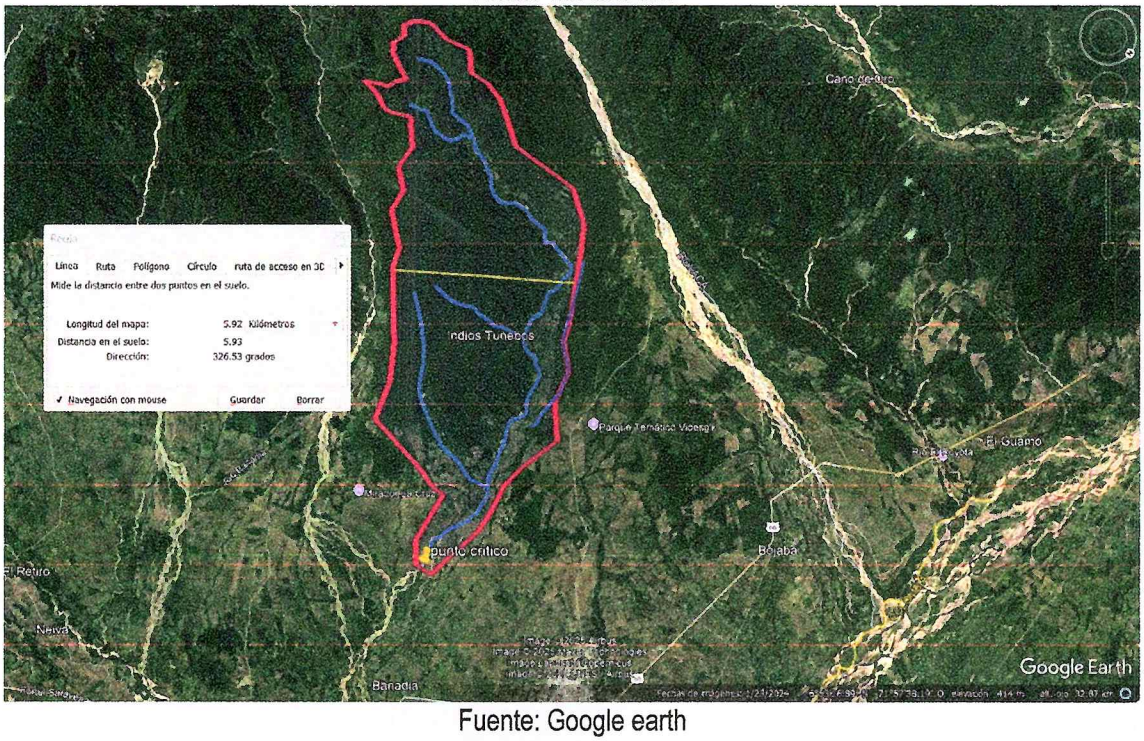
Ia = índice de alargamiento (adimensional)
Lm = longitud máxima km
L = ancho máximo km

Longitud máxima km



Fuente: Google earth

Ancho máximo km



Fuente: Google earth

De acuerdo lo anterior se tiene:

Lm = 17.81 km
L = 5.93 km
La = 3.00

Valor de la	Interpretación
>1.0	Cuenca Alargada
>1.0	Cuenca Achatada

Fuente: Reyes Barroso y Carvajal universidad del valle 2010

Para la cuenca de estudio la longitud máxima es 17.81 Km y el ancho máximo perpendicular es 5.93 km. Por consiguiente, el índice de alargamiento es el equivalente a 6.75 valor que confirma el alargamiento de la cuenca.

CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DRENAJES

LONGITUD DEL CAUCE

Es la longitud del cauce principal, medida desde el punto de concentración hasta el tramo de mayor longitud del mismo. Generalmente, los caudales medios, máximos y mínimos crecen con la longitud de los cauces, esto se debe a la normal relación que existe entre las longitudes de los cauces y las áreas de las cuencas hidrográficas correspondientes, de tal manera que el área crece con la longitud y la superficie de captación.

Igualmente, los tiempos promedios de subida y las duraciones promedias totales de las crecientes torrenciales tendrán siempre una evidente relación con la longitud de los cauces. Una longitud mayor supone mayores tiempos de desplazamiento de las crecidas y como consecuencia de esto, mayor atenuación de las mismas, por lo que los tiempos de subida y las duraciones totales de estas serán evidentemente mayores.

Para el presente estudio se tiene que la longitud del Rio Satocá es de 21.8 km

PERFIL DEL CAUCE

El perfil longitudinal de un río es muy característico. La línea que dibuja la quebrada desde su nacimiento hasta el sitio de estudio se representa gráficamente como una curva cuya forma ideal es la de una curva exponencial con curva hacia arriba, en la cabecera, y a la altura del nivel de base, en la desembocadura.

La profundidad y la anchura del lecho aumentan aguas abajo, en la medida que disminuye la pendiente. Esto es debido a que aguas abajo aumenta el caudal, y disminuye la velocidad, por lo que la carga material transportada cambia de gruesa a fina.

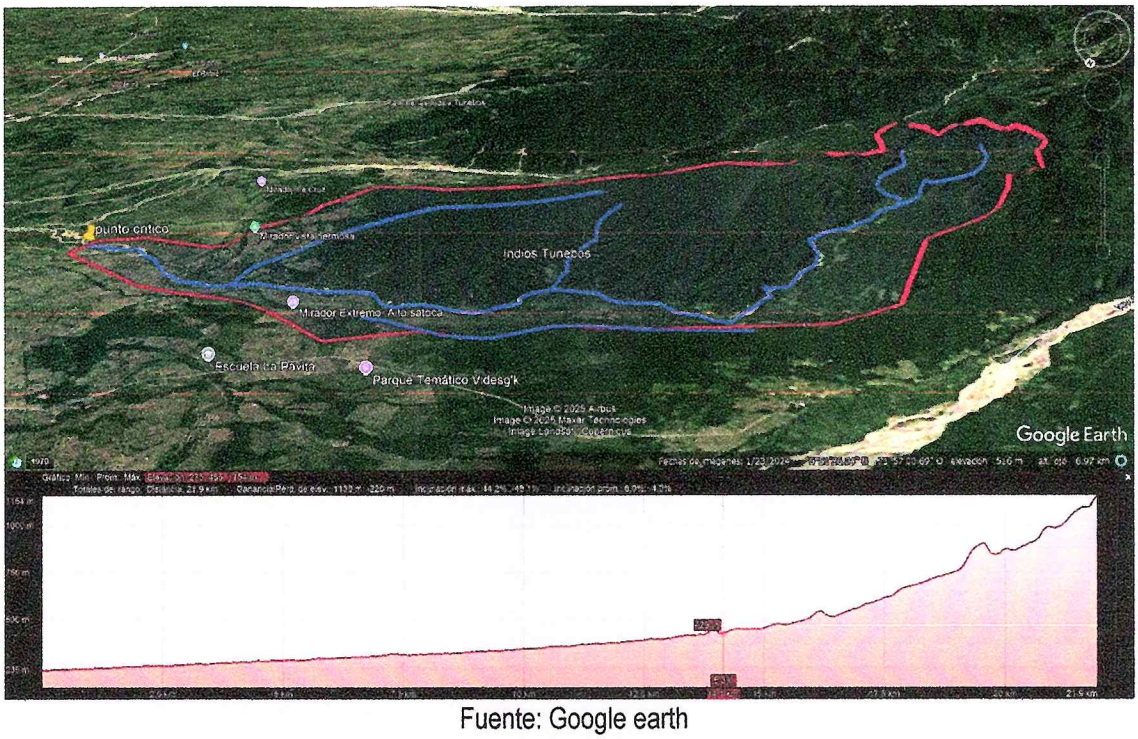
De acuerdo a las características de la cuenca y del cauce de la quebrada se tiene que la cota de nacimiento esta sobre los 415 m.s.n.m. y la cota sobre la confluencia sobre el puente del rio satocá se encuentra sobre los 224 m.s.n.m. así mismo teniendo en cuenta la longitud del cauce y la diferencia de alturas se puede calcular la pendiente media del cauce la cual se determina acontinuación:

$$P_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} * 100$$

Pm = pendiente media
Hmax = cota máxima de cauce
Hmin = cota mínima del cauce
L = longitud de cauce

De acuerdo a lo anterior se tiene:

Hmax = 1150
Hmin = 235
L = 21800
Pm = 4.20%



Fuente: Google earth

Para la cuenca de estudio se tiene una pendiente promedio del 4.20%

8. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

En este caso para determinar el tiempo de concentración se utilizará la ecuación de Kirpich que se define por la siguiente expresión:

$$Tc = 0{,}06628\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0{,}77}$$

Donde:

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

Así mismo de acuerdo a la ecuación anterior se realiza los correspondientes cálculos.

Datos de entrada:

L = 21.8 km
S = 0.042 m/m

Tc = 2.24 Hora
Tc = 144.60 minutos
Tc = 145 min

PERIODO DE RETORNO

De acuerdo con el manual de drenajes para carreteras del Instituto Nacional de Vías, Capítulo 2 – Hidrología de Drenaje superficial vial; se establecen el periodo de retorno en función del tipo de obra de drenaje que se pretende construir.

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)[1]
Cunetas	5
Zanjas de Coronación[2]	10
Estructuras de Caída[2]	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Fuente: Tabla 2.8 manual de drenajes para carreteras. Invías 2009

De acuerdo a la tabla anterior se tiene:

Tr = 100 años

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

La selección de los valores del coeficiente "C" de escorrentía es importante en el uso de una fórmula simple como es el caso del método racional. Así mismo representa de manera general las características del área de drenaje en su topografía y cobertura vegetal, en función del tiempo de ocurrencia del evento (periodo de retorno).

TABLA 15.1.1
Coeficientes de escorrentía para ser usados en el método racional

Característica de la superficie	Periodo de retorno (años) 2	5	10	25	50	100	500
Áreas desarrolladas							
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95	1.00
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97	1.00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
Plano, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.58
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
Plano, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51	0.58
Áreas no desarrolladas							
Área de cultivos							
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.57
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51	0.60
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54	0.61
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
Bosques							
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47	0.56
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

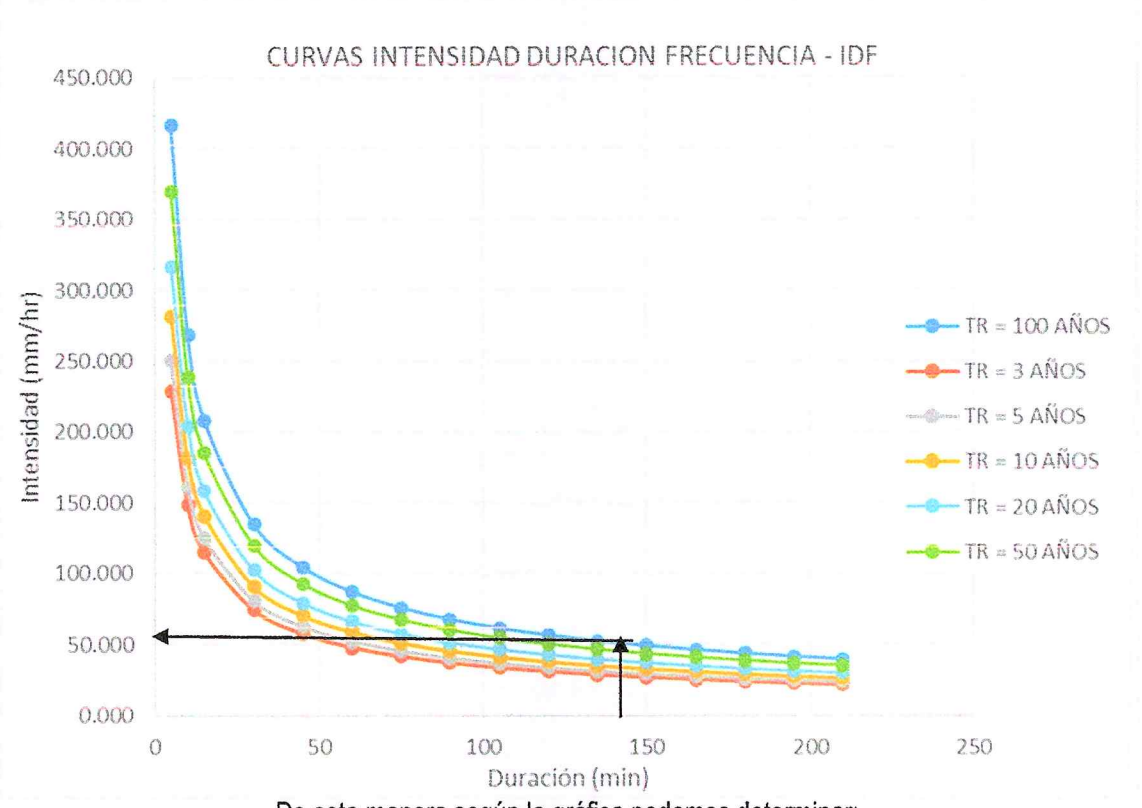
Fuente: Canales abiertos vente show

De acuerdo a las características del terreno que conforma el canal del rio Sotaca se tiene que para un pedido de retorno de 100 años:

C = 0.44

INTENSIDAD:

El cálculo se tomará de acuerdo a las, Curvas IDF Regionalizadas de la Estación 36030030 MORICHAL y hallamos I para un periodo de retorno de 50 años y un tiempo de concentración Tc = 35 min.



De esta manera según la gráfica podemos determinar:

Pata Tr 50 años
TC= 145 Min

I = 55 mm/hora

CÁLCULO DE CAUDAL DE DISEÑO

Teniendo en cuenta el capítulo 7.1. del presente estudio se procede a realizar el cálculo del caudal de diseño para el puente.

$$Q = 2.78 \times C \times i \times A$$

donde:

Q = Caudal pico de aguas lluvias (L/s).
C = Coeficiente de impermeabilidad definido para cada área tributaria (adimensional).
i = Intensidad de precipitación correspondiente al tiempo de concentración utilizado (mm/h).
A = Área tributaria de drenaje (ha).

http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/reglamento-tecnico-del-sector/manuales

AREAS DE DRENAJE		CALCULO DE CAUDAL				
DESCRIPCION	AREA DE CUENCA (Ha)	C	I	Q=2,78*C*I*A (L/S)	Q (m3/s)	Q D
sector 1	7526	0.53	55	609884.46	609.88	609.88

Fuente: Autores del proyecto

Una vez conocido el caudal de diseño del puente se realizará el análisis para el perfil de la superficie del agua para la creciente de diseño y de esta manera conocer la altura del gálibo de la estructura para garantizar que las aguas del rio no superen la cota de rasante del puente así mismo se determinar la socavación para el mismo para garantizar la cimentación de la estructura.

ALTURA CRITICA:

Teniendo en cuenta las características morfológicas de la cuenca del rio Satocá el área del puente se determinará el caudal que puede soportar y la altura critica de la lámina de agua sobre el sector, con el fin de comparar

RUGOSIDAD DEL CANAL

Para conocer la profundidad del flujo es necesario conocer la rugosidad de acuerdo al tipo de terreno que se tiene en el lugar

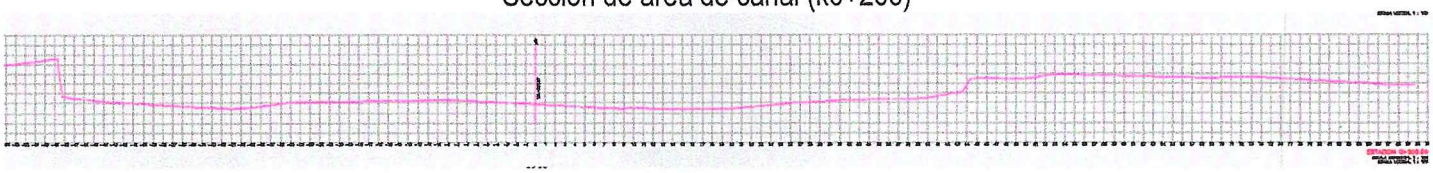
TIPO DE CANAL		MINIMO	MEDIO	MAXIMO
Cursos Menores (Ancho Superficial < 30 m)				
a)	De Llanuras o Planicies (Baja Pendiente)			
	Limpios, rectos, a capacidad plena sin vados o charcas profundas	0,025	0,030	0,033
	Idem, con más piedras y malezas	0,033	0,035	0,040
	Limpio, con curvas, algunas pozas y bancos de arena	0,035	0,040	0,045
	Idem, con algo de maleza y piedras	0,040	0,045	0,050
	Idem, a niveles bajos y secciones y pendientes irregulares	0,045	0,048	0,055
	Idem anterior pero más pedregosa	0,050	0,050	0,060
	Tramos descuidados con maleza, pozas profundas	0,075	0,070	0,080
	Tramos con mucha maleza, pozas profundas o cauces de crecida con árboles y arbustos		0,100	0,150
b)	De Montaña (Alta Pendiente), sin vegetación en el canal, riberas usualmente empinadas, árboles y arbustos sumergidos a lo largo de las riberas			
	Fondo grava, ripio y pocos bolones	0,030	0,040	0,050
	Fondo ripio y grandes bolones	0,040	0,050	0,070
Planicies de Inundación				
a)	Pastizales, sin Matorrales			
	Pasto pequeño	0,025	0,030	0,035
	Pasto alto	0,030	0,035	0,050

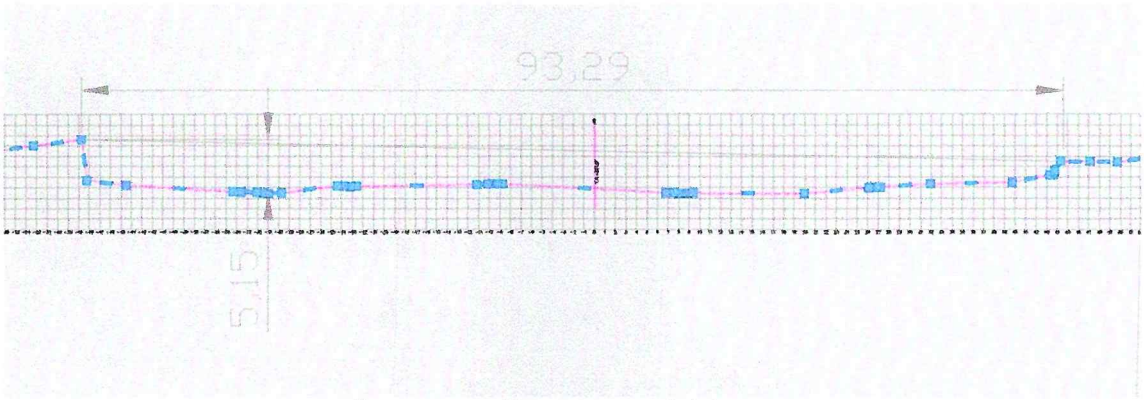
Fuente: Manning

n = 0.030

de acuerdo a los datos obtenidos se ´procede a realizar el cálculo de la profundidad del flujo para el caudal de diseño.

Sección de área de canal (k0+200)

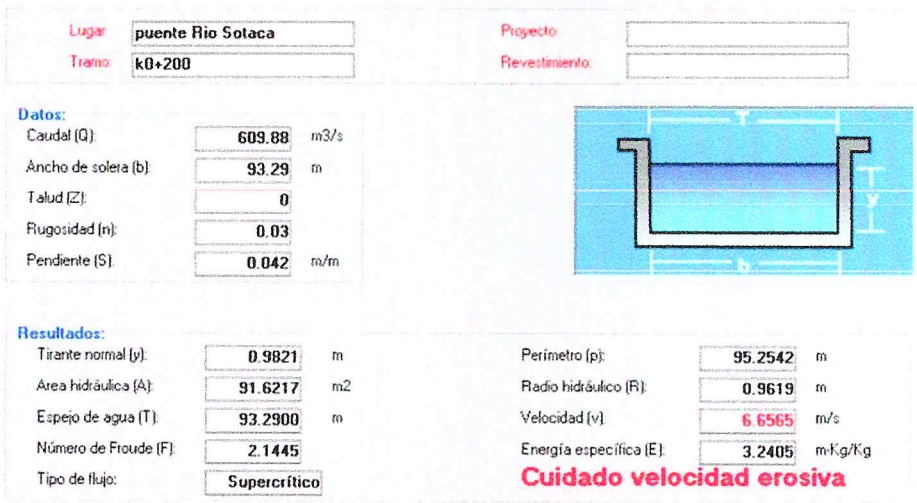




Fuente: sección transversal del cauce

Una vez realizado los cálculos de caudal y teniendo en cuenta la sección del canal sobre la ubicación del puente existente se realiza el cómputo de la altura critica haciendo uso del software h canales.

Cálculo de la profundidad del cauce



Lugar	puente Rio Sotaca		Proyecto		
Tramo	k0+200		Revestimiento		

Datos:

Caudal (Q):	609.88	m3/s
Ancho de solera (b):	93.29	m
Talud (Z):	0	
Rugosidad (n):	0.03	
Pendiente (S):	0.042	m/m

Resultados:

Tirante normal (y):	0.9821	m	Perímetro (p):	95.2542	m
Area hidráulica (A):	91.6217	m2	Radio hidráulico (R):	0.9619	m
Espejo de agua (T):	93.2900	m	Velocidad (v):	6.6565	m/s
Número de Froude (F):	2.1445		Energía específica (E):	3.2405	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		Cuidado velocidad erosiva		

Fuente: autores del proyecto

De acuerdo a los resultados en la modelación se tiene que:

Y = 0.9821 m

Cota del fondo del canal = 231.46 msnm
Cota de lámina de agua = 232.44 msnm
Cota de máx. del cauce = 234.0 msnm

GALIBO

El gálibo es la menor distancia entre la lámina de agua correspondiente al caudal de diseño y el canto inferior de las vigas del puente

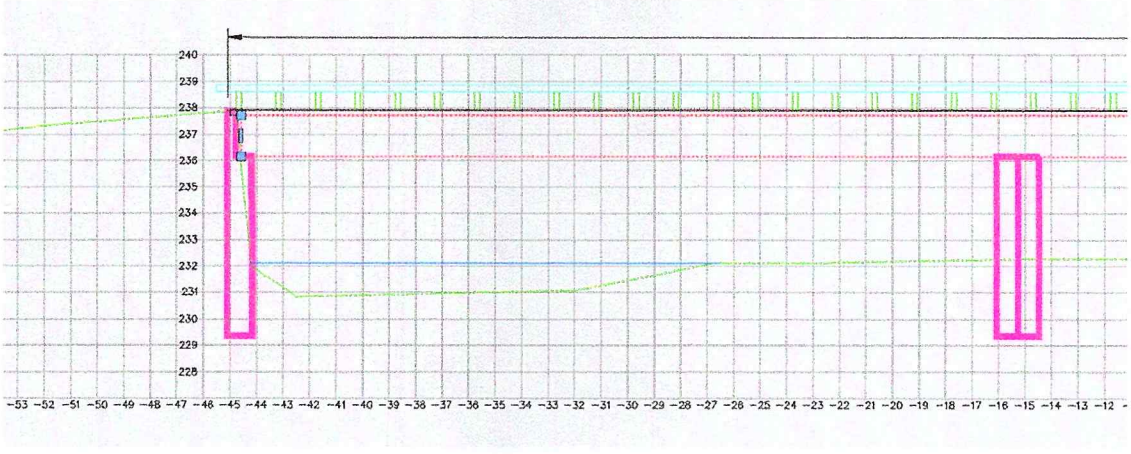
Sobre corrientes de agua relativamente limpias en toda época: mínimo dos metros (2.00 m) por encima del Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (N.A.M.E.).

Sobre corrientes de agua que en algunos períodos transportan desechos, troncos y otros objetos voluminosos: mínimo dos metros con cincuenta centímetros (2.50 m) por encima del N.A.M.E.

Teniendo en cuenta las características del rio satocá en estudio se toma como mínima una distancia de 2.5 m, por tanto, se sumará esta distancia por encima de la cota de la lámina de agua obtenida.

Cota para canto inferior de las vigas del puente = 234.94 msnm

Corte de sección de puente



Fuente: sección transversal del cauce

De acuerdo a las características existente del puente se puede determinar que la cota del nivel inferior de la viga es de 236 m.s.n.m.

La diferencia de la cota de la lámina de agua y la cota inferior de la viga del puente es de 3.56 m por tanto la altura de galibo cumple satisfactoriamente con la mínima exigida. Siendo esta lo suficiente para una creciente con un periodo de retorno para 100 años.

Cota de lámina de agua = 232.44 msnm
Cota del nivel inferior de la viga es de 236 m.s.n.m.
Galibo = 3.56 m

9. SOCAVACIÓN

Cuando se pretende calcular la socavación en un rio, caño o afluente es difícil calcularla con exactitud debido a los diferentes factores que influyen en dicho fenómeno, como el caudal del rio, tipo de material, transporte de material en el flujo, topografía entre otras. sin embargo, esta se puede deducir a partir de diferentes metodologías que permite estimar los valores de socavación generados durante las crecientes extremas que se producen.

Teniendo en cuenta las características del presente proyecto los estudios de socavación serán realzados en a estructuras existentes, es decir en cauces ya definidos, de tal manera que para el cálculo de la socavación general se requiere de poder conocer la sección transversal del cauce del sitio, indicando el nivel del agua para el caudal de diseño asociado a su periodo de retorno, el caudal de diseño asociado a su periodo de retorno, las características físicas del material del fondo inicial y de los diferentes estratos del subsuelo que puedan ser descubiertos y erosionados durante el paso de la creciente seleccionada.

9.1. SOCAVACIÓN DEL PUENTE

para el presente estudio se tomará como criterio de evaluación de la socavación del puente la metodología de **Maza Álvarez - Echavarría Alfaro (1973)**

Este método empírico, válido para arenas y gravas, se desarrolló a partir de datos obtenidos en diferentes investigaciones junto con datos de campo correspondientes a mediciones de socavación en varios ríos de Suramérica. El rango de aplicación se limita a tamaños de d75 < 6 mm.

$$Y_s = 0.365 \left(\frac{Q^{0.784}}{B^{0.784} \; d_{50}^{0.157}} \right)$$

$$Y_s = 0.365 \left(\frac{Y_0}{Y_{mo}} \right) \left(\frac{Q^{0.784}}{B^{0.784} \; d_{50}^{0.157}} \right)$$

Donde:

Yms: Profundidad media del flujo o tirante medio después de ocurrida la socavación, en metros (m). Se mide desde el nivel del agua cuando pasa la creciente de diseño hasta el nivel medio del fondo del cauce socavado.

Ys: Profundidad total del flujo o tirante total después de ocurrida la socavación, en metros (m). Se mide desde el nivel del agua cuando pasa la creciente de diseño hasta el nivel más bajo del fondo del cauce socavado.

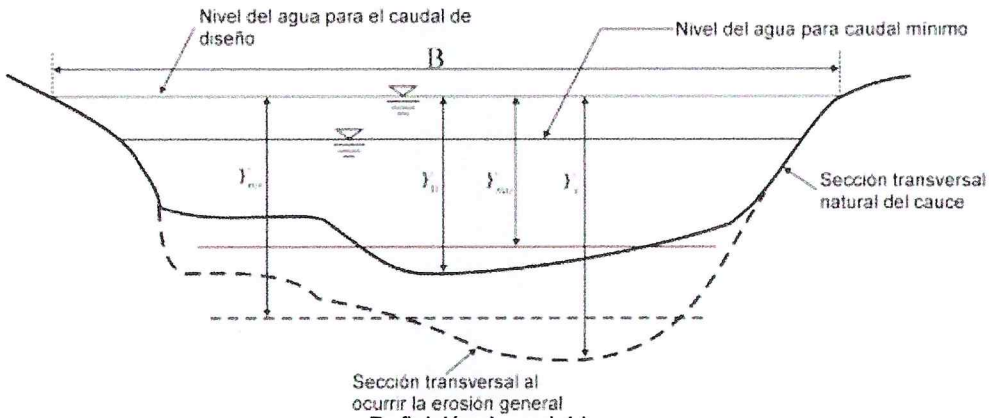
Yo: Profundidad del flujo o tirante antes de ocurrida la socavación, en metros (m). Se mide desde el nivel del agua cuando pasa la creciente de diseño hasta el nivel más bajo del fondo del cauce sin socavar.

Ymo: Profundidad media del flujo o tirante medio antes de ocurrida la socavación, en metros (m). Se mide desde el nivel del agua cuando pasa la creciente de diseño hasta el nivel medio del cauce sin socavar.

Q: Caudal de diseño asociado al periodo de retorno, en metros cúbicos por segundo (m3 /s).

B: Ancho hidráulico, en metros (m).

d50: Diámetro medio del sedimento, en metros (m).



Definición de variables.
Método de Maza Álvarez – Echavarría Alfaro

De acuerdo a lo anterior se calcula el diámetro de la partícula d_{50} tomada de la curva granulométrica obtenida del estudio de suelo

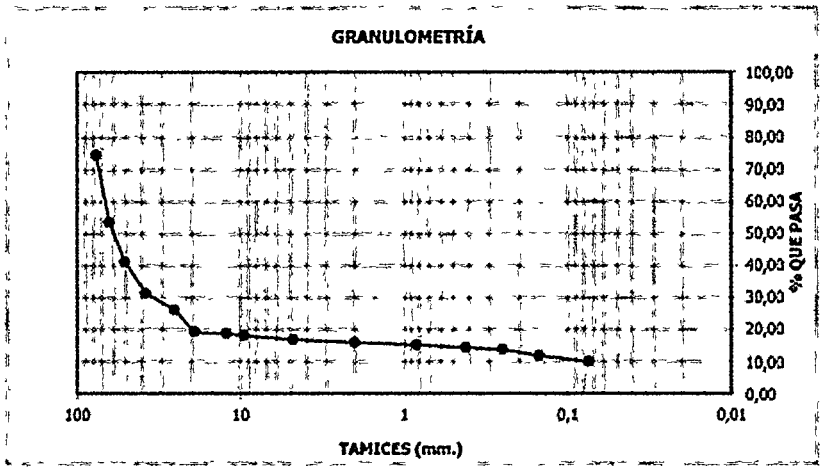
Teniendo en cuenta el estudio de suelos del presente proyecto se puede clasificar el sondeo, la muestra para cada la estructura del puente que se pretende evaluar en el presente estudio de acuerdo al sondeo No.1 y 2 los cuales corresponden a los estribos del puente existente.

Ubicación de sondeos

Fuente: Estudio de suelos del presente proyecto

Curva granulométrica

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DE ENROCADO PARA LA MITIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE EROSIÓN FLUVIAL Y LA PROTECCIÓN DE LA MARGEN DERECHA AGUAS ARRIBA DEL RÍO SATOCA, EN EL SECTOR DEL FUENTE DE LA VEREDA LOS PLACERES, MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.				
SOLICITADO POR:	ALCALDÍA DE SARAVENA				
LOCALIZACIÒN:	(6°53'32,39'N ;71°52'55,61"O)				
MATERIAL:	GRAVAS POBREMENTE GRADADAS CON ALGO DE LIMO				
MUESTRA:	A2-M3	PROFUNDIDAD:	3,2-4,7	FECHA:	2026/06/20
NORMA ASOCIADA	I.N.V.E-122,123,125,126	EQUIPO UTILIZADO:	BALANZA ,CAZUELA CASAGRANDE		



D10	0,0734	D30	34,0563	D60	67,2

HUM.(%)	8,67	%GRAVA	83,08	AASHTO:	A-1a(0)
I.P.		%ARENA	6,90	U.S.C.:	GP-GM
		%FINOS	10,02		

Fuente: estudio de suelos del proyecto

De acuerdo a la curva granulométrica de la muestra 1 del sondeo 1 realizado en el estribo derecho se tiene un d_{50} = 0.06m

una vez calculado los valores necesarios para la ecuación de la socavación realizamos el remplazo de la mismas:

$$Y_s = 0.365 \left(\frac{Q^{0.784}}{B^{0.784}\ d_{50}^{0.157}} \right)$$

Cálculo de socavación

Q	B	Y0	d50	Ys	socavación
572.12	93.29	0.9821	0.06	2.3531144	**2.4**

Fuente: autores del proyecto

De acuerdo a lo anterior se tiene una socavación de 2.34 m, por tanto: se recomienda que la cimentación de las estructuras de protección sea a una profundidad mínima de 2.4 metros por debajo de la cota del fondo del canal.

Cota del fondo del canal = 231.46 msnm

Cota de cimentación = 229.06 msnm

10. ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Con fundamento en el análisis hidrológico, hidráulico y de socavación desarrollado para el puente sobre el río Satocá, se evidenció que el proceso erosivo presente en la margen y en la zona de los estribos obedece principalmente a la acción de las crecientes y a la dinámica del cauce, las cuales generan pérdida progresiva de material y comprometen la estabilidad del terreno adyacente a la estructura. El estudio determinó una profundidad de socavación estimada de 2,40 m, por lo que cualquier intervención deberá considerar este valor como profundidad mínima de desplante de las obras de protección, con el fin de garantizar su estabilidad y funcionamiento. De acuerdo con las condiciones hidráulicas del cauce, las características geomorfológicas del sector y la naturaleza del fenómeno identificado, se analizaron las siguientes alternativas de solución:

Alternativa 1. Muros en gaviones.

Consiste en la construcción de estructuras flexibles conformadas por gaviones en malla metálica rellenos con roca, ubicados sobre la margen afectada y en las zonas de aproximación al puente. Esta alternativa presenta ventajas por su capacidad de disipar energía hidráulica y adaptarse a pequeños asentamientos diferenciales; sin embargo, requiere una adecuada cimentación por debajo de la profundidad de socavación estimada y un mantenimiento periódico para garantizar su durabilidad.

Alternativa 2. Protección mediante enrocado.

Esta alternativa contempla la conformación de un manto de enrocado de protección sobre el talud y el pie de la margen, utilizando roca de tamaño adecuado para resistir las velocidades de flujo y evitar el arrastre del material del cauce. El enrocado permite disipar la energía del agua, controlar los procesos erosivos y proteger la ladera frente a eventos de creciente, constituyéndose en una solución de menor mantenimiento, alta durabilidad y mejor comportamiento hidráulico al integrarse con las condiciones naturales del río.

Desde el punto de vista técnico, hidráulico y constructivo, la protección mediante enrocado se considera la alternativa más adecuada para el control de la socavación. Este tipo de solución permite disipar la energía del flujo, reducir la velocidad del agua en contacto con la margen, controlar los procesos erosivos y proteger el terreno frente a eventos de crecientes. Adicionalmente, el enrocado presenta una alta capacidad de adaptación a las irregularidades del terreno y a las variaciones naturales del cauce, sin afectar significativamente su comportamiento hidráulico.

Otro aspecto relevante es su facilidad constructiva, ya que su ejecución requiere procesos menos complejos que otras obras de contención, permitiendo una instalación más rápida, menores tiempos de intervención y una reducción en los costos asociados al mantenimiento durante la vida útil de la obra. Asimismo, al tratarse de una solución flexible, el enrocado ofrece un mejor desempeño frente a asentamientos diferenciales y a las variaciones propias del cauce, disminuyendo el riesgo de fallas estructurales y facilitando las labores de conservación cuando sean necesarias.

No obstante, el dimensionamiento definitivo de la obra de protección, incluyendo la longitud de intervención, espesor de la capa de enrocado, granulometría del material pétreo, geometría de los taludes y profundidad de cimentación, deberá ser desarrollado mediante el correspondiente diseño estructural, tomando como base las recomendaciones del presente estudio hidráulico y los parámetros establecidos en el estudio geotécnico del proyecto, con el fin de garantizar la estabilidad y el adecuado funcionamiento de la solución propuesta.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El presente estudio permitió la verificación de las condiciones de drenaje del proyecto denominado **CONSTRUCCION DE OBRAS HIDRAULICAS DE ESTABILIZACION Y PROTECCION DE LA MARGEN DEL RIO SOTACA, SOBRE EL SECTOR DEL PUENTE DE LA VEREDA LOS PLACERES, MUNICIPIO DE SARAVENA DEPARTAENTO DE ARAUCA.**

- De acuerdo al análisis hidrológico de la zona de estudio se determina que el proyecto a ejecutar se encuentra ubicado en la zona rural, vereda los placeres del Municipio de Saravena, departamento de Arauca.

- Se realizó la caracterización de los elementos más representativos que definen el clima de la zona como precipitación, temperatura, brillo solar, humedad relativa, vientos y evapotranspiración.

- Teniendo en cuenta la pendiente de rio y su longitud se realizado el cálculo del tiempo de concentración Tc = 145 min.

  Para el diseño de alcantarillas se toma un valor de coeficiente de escorrentía de c= 0.53

- Los datos para la creación de las Curvas IDF Regionalizadas fueron tomados de la Estación 36030030 MORICHAL

- El cálculo de la intensidad mm/h I para un periodo de retorno de 50 años para un caudal máximo con el fin de evaluar una posible inundación los cuales arrojaron los datos

Periodo de retorno	Intensidad mm/h
100 años	55

- la topografía de la cuenca del sector es predominantemente ondulada lo cual en su gran mayoría el trayecto que recorre la vía posee buenas pendientes para el respectivo drenaje, donde en época de lluvias abundantes no se genera inundación o encharcamiento de áreas representativas.

- Para el análisis hidráulico del puente existente se determinó que el área de la cuenca se pudo establecer que la superficie en estudio equivale a una extensión de 75.3 km^2, así mismo una vez delimitada la cuenca se pudo definir que su perímetro equivale a 45.4 km.

- de acuerdo al índice de compacidad se tiene una forma de cuenca oval redonda a oval oblonga y su factor de forma obedece a una cuenca alargada.

- Para el diseño hidráulico del puente se tomó como periodo de retorno un tiempo de TR= 100 años.

- Según la topografía del lugar se pudo concluir que la pendiente de la cuenca es de 4.2% según la batimetría realizada.

- De acuerdo a su topografía se tiene un coeficiente de escorrentía C= 0.53, un tiempo de concentración de Tc= 145 minutos, lo cual nos permite definir una intensidad de I= 55 mm/h

- El caudal de diseño de la cuenca para el análisis del puente, equivale a Qd= 572.12 m3/s.

AREAS DE DRENAJE		CALCULO DE CAUDAL				
DESCRIPCION	AREA ACUMULADA(Ha)	C	I	Q=2,78*C*I*A (L/S)	Q (m3/s)	Q D
sector 1	7060	0.53	55	572121.22	572.12	572.12

Fuente: autores del proyecto

- De acuerdo a los resultados en la modelación se tiene que una altura de flujo para el Qd de **Y = 0.9821 m.**

- Se define como **Cota del fondo del canal = 231.46 msnm, Cota de lámina de agua = 232.44 msnm y Cota máxima del cauce = 234.00 msnm.**

- se tomó como criterio de evaluación de la socavación del puente la metodología de **Maza Álvarez - Echavarría Alfaro (1973)**

- De acuerdo a los análisis realizados se tiene una socavación de 2.35 m, por tanto, se recomienda que la cimentación del puente sea 2.4 m por debajo de la cota del fondo del canal. Dejando como **Cota de cimentación = 229.06 msnm**

- El análisis hidrológico, hidráulico y de socavación permitió establecer que el puente presenta un proceso de erosión asociado a la dinámica del río Satoçá, estimándose una profundidad de socavación de **2,40 m**, condición que debe ser considerada como criterio mínimo para el diseño y la cimentación de cualquier obra de protección que se proyecte en el sector, con el fin de garantizar la estabilidad de la margen y la seguridad de la infraestructura.

- Del análisis de las alternativas de protección evaluadas, se concluye que la **protección mediante enrocado** constituye la solución técnicamente más conveniente, debido a su adecuado comportamiento hidráulico, su capacidad para disipar la energía del flujo y controlar los procesos de socavación, así como por su facilidad constructiva, adaptabilidad a las condiciones naturales del cauce y menores requerimientos de mantenimiento. No obstante, el diseño definitivo de la solución deberá ser

- se recomienda una visita previa a la construcción por parte del consultor con el fin de determinar si las condiciones iniciales que se tuvieron en cuenta para la elaboración de este estudio han cambiado y afectan considerablemente el desarrollo de la obra.

JESUS YESID HERNANDEZ EUGENIO
C.C. 88'235.784 de Cúcuta
TP.54202098020NTS
Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander.
MAGISTER RECURSOS HÍDRICOS - UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

CARTA DE CESION DE DERECHOS

Yo JESÚS YESID HERNÁNDEZ EUGENIO, identificado con CC 88.235 784, en calidad de Ingeniero Civil con matrícula profesional No. 54202-0980 NTS, certifico que realicé el Estudio Hidrológico e hidráulico para el proyecto cuyo objeto es **CONSTRUCCIÓN DE ENROCADO PARA LA MITIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE EROSIÓN FLUVIAL Y LA PROTECCIÓN DE LA MARGEN DERECHA AGUAS ARRIBA DEL RÍO SATOCA, EN EL SECTOR DEL PUENTE DE LA VEREDA LOS PLACERES, MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.** Por lo anterior, manifiesto ceder plenamente los derechos al municipio de Saravena.

La duración de los derechos cedidos será por término indefinido a partir de la fecha de la firma de la presente carta de cesión de derechos.

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

Se expide a los 25 días del mes de junio de 2026.

Cordialmente,

JESUS YESID HERNANDEZ EUGENIO
C.C. 88'235.784 de Cúcuta
TP.54202098020NTS
Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander.
MAGISTER RECURSOS HÍDRICOS - UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

CARTA DE RESPONSABILIDAD

Yo JESÚS YESID HERNÁNDEZ EUGENIO, identificado con CC 88.235 784, en calidad de Ingeniero Civil con matrícula profesional No. 54202-0980 NTS, certifico que realicé el Estudio Hidrológico e hidráulico para el proyecto cuyo objeto es: **CONSTRUCCIÓN DE ENROCADO PARA LA MITIGACIÓN DE LOS PROCESOS DE EROSIÓN FLUVIAL Y LA PROTECCIÓN DE LA MARGEN DERECHA AGUAS ARRIBA DEL RÍO SATOCA, EN EL SECTOR DEL PUENTE DE LA VEREDA LOS PLACERES, MUNICIPIO DE SARAVENA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA.**

Por lo anterior, manifiesto que asumo toda responsabilidad referente a los perjuicios que puedan deducirse a causa de este estudio y exonero al Departamento de Arauca ante terceros de cualquier responsabilidad civil, penal o administrativa por cualquier falta u omisión del presente estudio.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la secretaria de Infraestructura Física Departamental no constituye una aprobación del estudio, sino una verificación.

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

Se expide a los 25 días del mes de junio de 2026.

Cordialmente,

JESUS YESID HERNANDEZ EUGENIO
C.C. 88'235.784 de Cúcuta
TP.54202098020NTS
Ingeniero Civil – Universidad Francisco de Paula Santander.
MAGISTER RECURSOS HÍDRICOS - UNIVERSIDAD DE LOS ANDES


REPÚBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACIÓN PERSONAL
CÉDULA DE CIUDADANÍA

NÚMERO 88.235.784
HERNANDEZ EUGENIO
APELLIDOS
JESUS YESID
NOMBRES
FIRMA

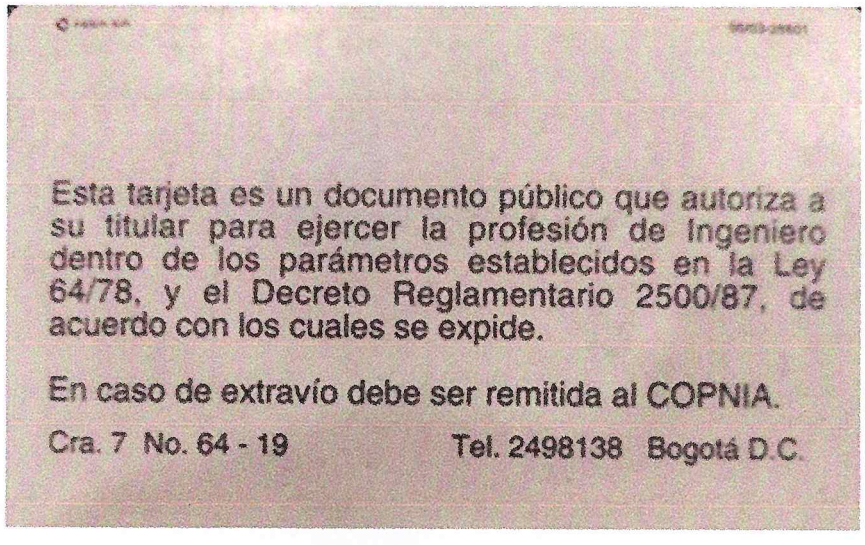

FECHA DE NACIMIENTO 12-DIC-1978
CUCUTA
(NORTE DE SANTANDER)
LUGAR DE NACIMIENTO
1.60 ESTATURA
A+ G.S. RH
M SEXO
14-MAR-1997 CUCUTA
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICIÓN
INDICE DERECHO
REGISTRADOR NACIONAL
JUAN CARLOS GALINDO VACHA


REPUBLICA DE COLOMBIA
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA
Y SUS PROFESIONES AUXILIARES

MATRICULA No.54202098020NTS
INGENIERO CIVIL

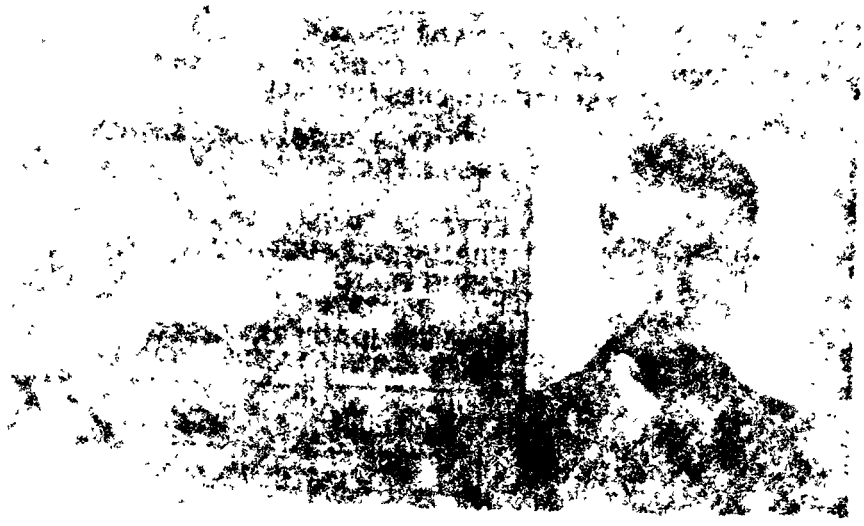
DE FECHA 24/04/2003
HERNANDEZ EUGENIO
JESUS YESID
C.C. 88235784
UNIVERSIDAD FRANCISCO
DE PAULA SANTANDER

PRESIDENTE DEL CONSEJO


Esta tarjeta es un documento público que autoriza a su titular para ejercer la profesión de Ingeniero dentro de los parámetros establecidos en la Ley 64/78, y el Decreto Reglamentario 2500/87, de acuerdo con los cuales se expide.

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA.

Cra. 7 No. 64 - 19 Tel. 2498138 Bogotá D.C.



REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2026-4572780

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JESUS YESID HERNANDEZ EUGENIO, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 88235784, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 54202-098020 desde el 24 de Abril de 2003, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 3404.

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 seis (06) días del mes de Julio del año dos mil veintiseis (2026).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firma 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.