

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS HIDRAULICAS EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SARAVERA,
DEPARTAMENTO DE ARAUCA

SARAVERA
JUNIO DE 2026

SARAVERA-ARAUCA
2026

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	5
2.	OBEJTIVOS	6
2.1.	OBJETIVO GENERAL	6
2.2.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	6
3.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	7
4.	DIAGNOSTICO	9
4.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	9
4.2	CHEQUEO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES	9
4.2.1.	Sector 1	9
4.2.2.	Sector 2	9
4.2.3.	Sector 3	10
4.3.	CHEQUEO DE REDES EXISTENTES	10
5.	ESTUDIO HIDROLÓGICO	10
5.1.	ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE LA ZONA DE ESTUDIO	10
5.1.1.	ZONIFICACIÓN HIDROLÓGICA	10
5.1.2.	HIDROGRAFÍA EN EL MUNICIPIO DE SARAVERA	11
5.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO	12
5.2.1.	NIVEL DE COMPLEJIDAD	12
5.3.	DATOS METEOROLÓGICOS	12
5.3.1.	Estaciones meteorológicas del sector	13
5.3.2.	ESTACIÓN MORICHAL	17
5.3.3.	TEMPERATURA	18
5.3.4.	HUMEDAD RELATIVA	18
5.3.5.	BRILLO SOLAR Y NUBLADO	19
5.3.6.	EVAPOTRANSPIRACIÓN	19
5.3.7.	VIENTOS	20
5.3.8.	BALANCE HÍDRICO	20
5.3.9.	PRECIPITACIÓN	21
5.3.10.	FRECUENCIA – INTENSIDAD - DURACIÓN DE LAS LLUVIAS:	22
5.3.11.	CURVAS REGIONALIZADAS IDF PARA LA ZONA DE INFLUENCIA ESTACIÓN 36030030 MORICHAL	23

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

6.	ANÁLISIS HIDRÁULICO	27
6.1.	ANÁLISIS BATIMÉTRICO	27
6.2	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DRENAJES SECTOR 1	32
6.2.1.	LONGITUD DEL CAUCE.....	32
6.2.2.	PERFIL DEL CAUCE	33
6.3.	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CUENCA.....	34
6.3.1.	ÁREA Y PERÍMETRO DE CUENCA	34
6.3.2.	FORMA DE LA CUENCA	35
6.4.	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DRENAJES SECTOR 2.....	38
6.4.1.	LONGITUD DEL CAUCE	38
6.4.2.	PERFIL DEL CAUCE	39
6.5.	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CUENCA.....	40
6.5.1.	ÁREA Y PERÍMETRO DE CUENCA	40
6.5.2.	FORMA DE LA CUENCA.....	41
6.6.	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DRENAJES SECTOR 3.....	44
6.6.1.	LONGITUD DEL CAUCE	44
6.6.2.	PERFIL DEL CAUCE	45
6.7.	CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CUENCA.....	46
6.7.1.	ÁREA Y PERÍMETRO DE CUENCA	46
6.7.2.	FORMA DE LA CUENCA.....	47
7.	ANÁLISIS HIDROLÓGICO	50
7.1.	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	50
7.2.	PERIODO DE RETORNO	52
7.3.	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	52
7.4.	INTENSIDAD:	53
7.5.	CÁLCULO DE CAUDAL DE DISEÑO	55
8.	DISEÑO DE ALCANTARILLA PORYECTADA	56
8.1.	CÁLCULO DE SECCIÓN DE ALCANTARILLA.....	56
8.2.	CÁLCULO DE CAUDAL DE DISEÑO Y CAUDAL MAXIMO	57
9.	SOCACACIÓN	69
9.1.	Socavación en obras de arte	69
9.2.	Cálculo de socavación obras de arte	70
10.	CHEQUEO HIDRÁULICO DE ESTRUCTURA EXISTENTE	76

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
	CARTA DE CESION DE DERECHOS.....	80

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

1. INTRODUCCION

Para garantizar la estabilidad y funcionalidad en el diseño de obras de drenaje, los estudios hidrológicos e hidráulicos constituyen un componente fundamental, ya que permiten caracterizar el comportamiento de las cuencas y estimar los caudales de escorrentía asociados a eventos de lluvia. A partir de estos análisis, es posible proyectar un manejo adecuado de las aguas lluvias, evitando afectaciones tanto a la infraestructura como a los pobladores aledaños.

El presente estudio hidrológico e hidráulico tiene como objetivo principal evaluar las condiciones hidrológicas y de flujo superficial para el diseño y construcción de alcantarillas en zona rural del municipio de Saravena, departamento de Arauca. Estas estructuras son esenciales para garantizar el adecuado drenaje transversal de las vías, permitiendo el paso controlado de las corrientes y reduciendo riesgos asociados a inundaciones, erosión y socavación.

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

2. OBEJTIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el estudio hidrológico e hidráulico y de socavación para la estructura del proyecto denominado **CONSTRUCCIÓN DE OBRAS HIDRAULICAS EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**

2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

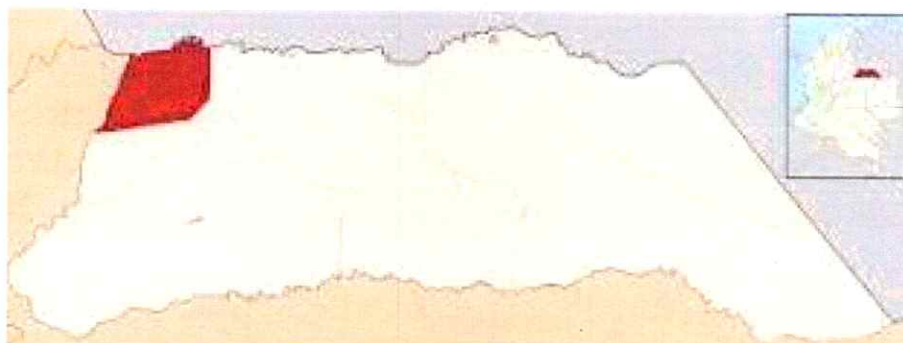
- Identificar los parámetros necesarios para el análisis hidrológico e hidráulico para el presente proyecto
- Realizar el estudio hidrológico del área de influencia del proyecto
- Realizar el estudio hidráulico de una estructura tipo alcantarillas
- Realizar el chequeo hidráulico de estructuras existentes
- Determinar la sección hidráulica necesaria para la construcción de una estructura tipo alcantarillas
- Determinar la socavación general para la estructura proyectada.

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

3. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto se encuentra localizado en la zona rural al sur del municipio de Saravena, departamento de Arauca.

Localización geográfica



Fuente: Wikipedia

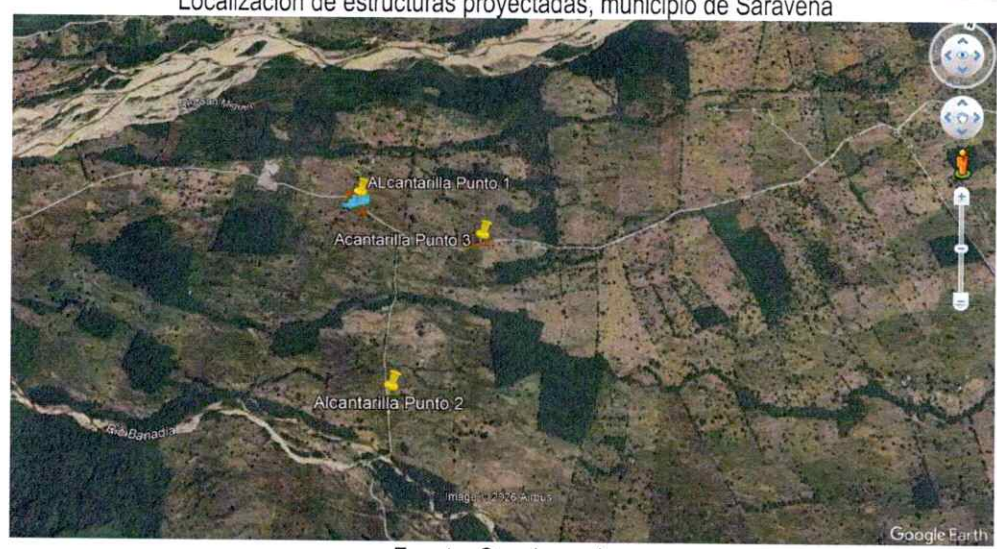
ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

Localización en el municipio de Saravena



Fuente: Google earth

Localización de estructuras proyectadas, municipio de Saravena



Fuente: Google earth

SECTOR	CORDENADAS	
ALCANTARILLA SECTOR 1	6°50'43.55"N	71°52'48.04"W
ALCANTARILLA SECTOR 2	6°50'11.79"N	71°52'33.62"W
ALCANTARILLA SECTOR 3	6°50'40.65"N	71°52'25.44"W

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

4. DIAGNOSTICO

4.1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en la construcción de obras de arte tipo alcantarilla, junto con sus respectivas obras de protección y adecuación hidráulica, en el sector de la vereda Las Palmeras, del municipio de Saravena, departamento de Arauca. Estas estructuras están destinadas a garantizar el adecuado drenaje de las aguas lluvias y de escorrentía superficial, permitiendo su paso controlado bajo la vía, con el fin de prevenir afectaciones a la infraestructura vial, minimizar procesos de erosión y socavación, y asegurar la estabilidad y durabilidad de la obra en el tiempo.

4.2 CHEQUEO DE ESTRUCTURAS EXISTENTES

De acuerdo con el estudio de diagnóstico realizado para el presente proyecto, se efectuó la inspección del área de intervención, evidenciándose que no existen estructuras hidráulicas tipo alcantarilla ni obras de drenaje previamente construidas en el sector. En este sentido, se identificó la necesidad de proyectar e implementar nuevas obras que permitan el adecuado manejo de las aguas de escorrentía, con el fin de garantizar la estabilidad de la vía, prevenir procesos de erosión y socavación, y reducir riesgos de afectación a la infraestructura y a las zonas aledañas.

4.2.1. Sector 1



4.2.2. Sector 2



ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

4.2.3. Sector 3



4.3. CHEQUEO DE REDES EXISTENTES

Sobre el sector en estudio 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 evacúan 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 kms² 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

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

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.

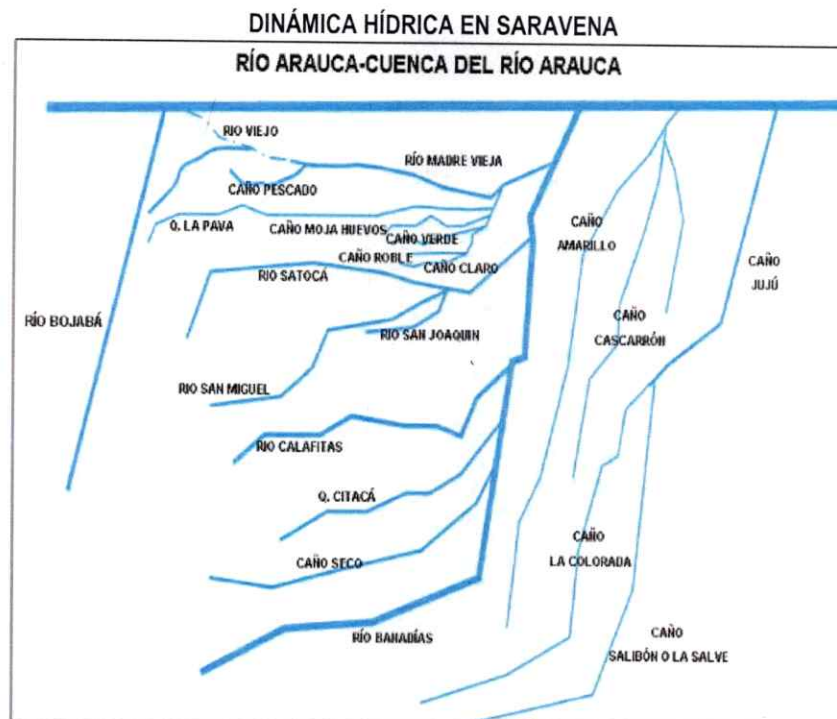
5.1.2. HIDROGRAFÍA EN EL MUNICIPIO DE SARAVERA

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 SARAVERA

CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCAS	
Río Arauca	Río Bojabá	Q. Cucurcana	
		Q. Agua Blanca	
	Río Banadías	Caño Seco	
		Q. Citacá	
		Río Calafitas	
		Río Satocá	Q. Chivaraquía
			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 Jujú	Caño Cascarrón	Caño Rojo
		Caño La Colorada	
		Caño Salibón-La Salve	

Fuente: PBOT MINICPIO SARAVERA 2011



Fuente: PBOT MUNICIPIO SARAENA 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 2024 tiene 65,107 habitantes: 33,698 mujeres (51.8%) y 31,409 hombres (48.2%). 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 SARAVERA -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.

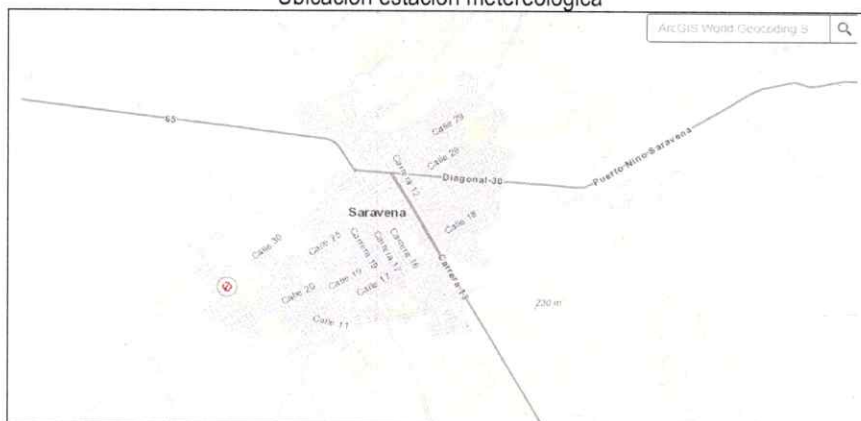
Datos estación meteorológica

Catalogo Nacional de Estaciones: SARAVERA - AUT [37045010]

Código	37045010
Nombre	SARAVERA - 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 estación meteorológica



Fuente: IDEAM

5.3.1.2. ESTACION BANADIA

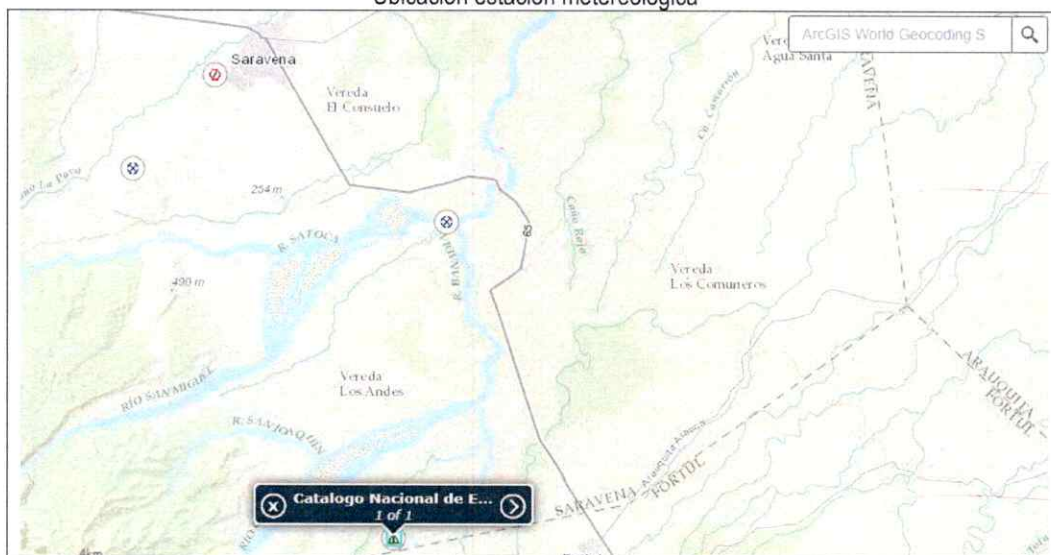
Esta estación fue instalada el 15 de diciembre de 1982 y fue suspendida el 15 de noviembre del 1993, por tanto, los datos obtenidos por esta estación se encuentran desactualizados por más de tres décadas.

Datos estación meteorológica

Catalogo Nacional de Estaciones: BANADIA [36030040]	
Código	36030040
Nombre	BANADIA [36030040]
Categoría	Pluviométrica
Longitud	-71,83
Latitud	6,80
Altitud	300,00
Departamento	Arauca
Municipio	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 SATOCA

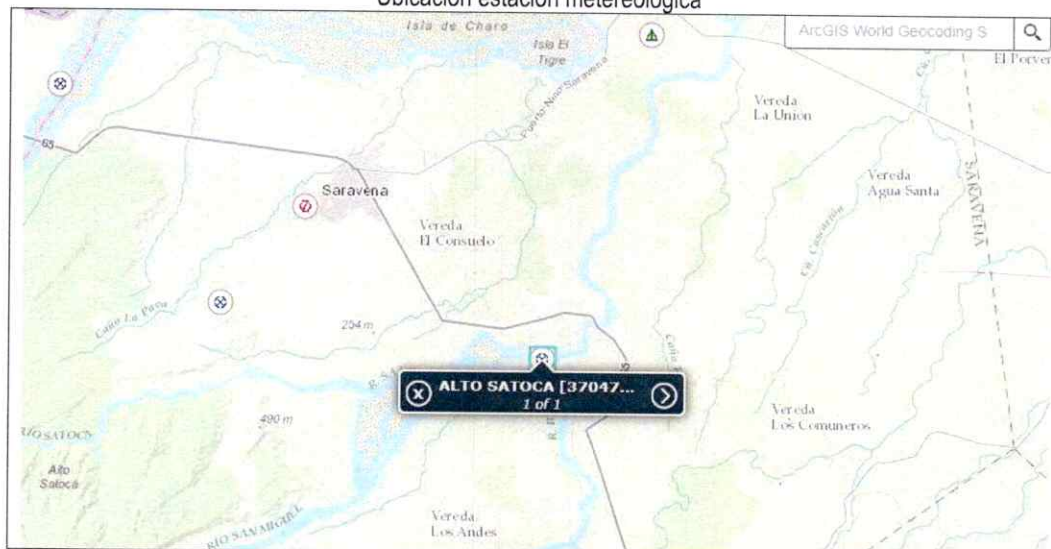
Esta estación fue instalada el 15 de diciembre de 1971 y fue suspendida el 15 de abril del 1986, por tanto, los datos obtenidos por esta estación se encuentran desactualizados por más de tres décadas

Datos estación meteorológica

Catalogo Nacional de Estaciones: ALTO SATOCA [37047010]	
Código	37047010
Nombre	ALTO SATOCA [37047010]
Categoría	Limnimétrica
Longitud	-71,82
Latitud	6,90
Altitud	196,00
Departamento	Arauca
Municipio	Saravena
Estado	Suspendida
Tecnología	Convencional
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

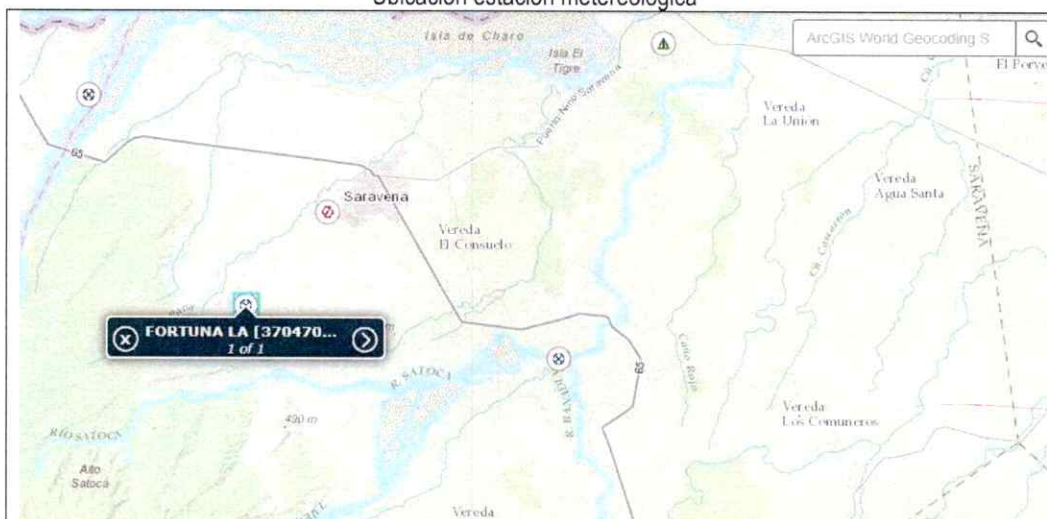
Esta estación fue instalada el 15 de diciembre de 1990 y fue suspendida el 13 de noviembre del 1994, por tanto, los datos obtenidos por esta estación se encuentran desactualizados por más de dos décadas

Datos estación meteorológica

Catalogo Nacional de Estaciones: FORTUNA LA [37047030]	
Código	37047030
Nombre	FORTUNA LA [37047030]
Categoría	Limnimétrica
Longitud	-71,92
Latitud	6,92
Altitud	250,00
Departamento	Arauca
Municipio	Saravena
Estado	Suspendida
Tecnología	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

Ubicación estación meteorológica



Fuente: IDEAM

De acuerdo a lo anterior se puede concluir que las estaciones SARAVERA -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 se encuentra localizada en la zona del piedemonte araucano al igual que el área de estudio por tanto las características climáticas 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 períodos 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 periodo 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 periodo 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

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

88

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.

5.3.9. 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, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION
NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)
EN 24 HORAS

FECHA DE
PROCESO: 9/02/2024

ESTACION: 36030030 MORICHAL

LATITUD 25/09/1901
LONGITUD 21/07/1919
ELEVACION 26/10/1900

TIPO EST PM
ENTIDAD 1 IDEAM
REGIONAL 6 BOYACA-
CASAN
DEPTO ARAUCA
MUNICIPIO TAME
CORRIENTE CABALIA

FECHA -INSTALCION 1982-DIC
FECHA-SUSPENSION

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

SARAVENA-ARAUCA
2026

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	85	67	42.7	21.5	65.9	65.5	63.3	10.8	65.9
2025	19.6	6.1	28.7	109	74.4	111	49	30.9	23.5	24.3	25.3	15.2	111
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. 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
ELEVACION	0100 m.s.n.m

los histogramas de precipitación son los registros IDEAM de los últimos 40 años más completos (1983-2025), 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 $1 \text{ mm/h} = 2.78 \text{ l/s/ha}$.

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

5.3.11. 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-escurrentía 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 (Díaz 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 (Díaz 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 Pacífico (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 (Díaz 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

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

Donde:

- I: intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h)
- T: periodo de retorno, en años
- M: precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual
- 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.

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

91

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 anterior

El valor para el parámetro M corresponde al promedio de las precipitaciones evaluadas los cuarenta y un años (41) años de la estación meteorológica en los cuales se tiene registro comprendidos en el periodo de 1982 y 2025.

Promedio de las precipitaciones para la estación meteorológica

VALORES MAXIMOS ANUALES DE PRECIPITACION EN 24 HR (mms)		
#	AÑO	P (mm)
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

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

92

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	65.9
41	2025	111
PROMEDIO M		109.47

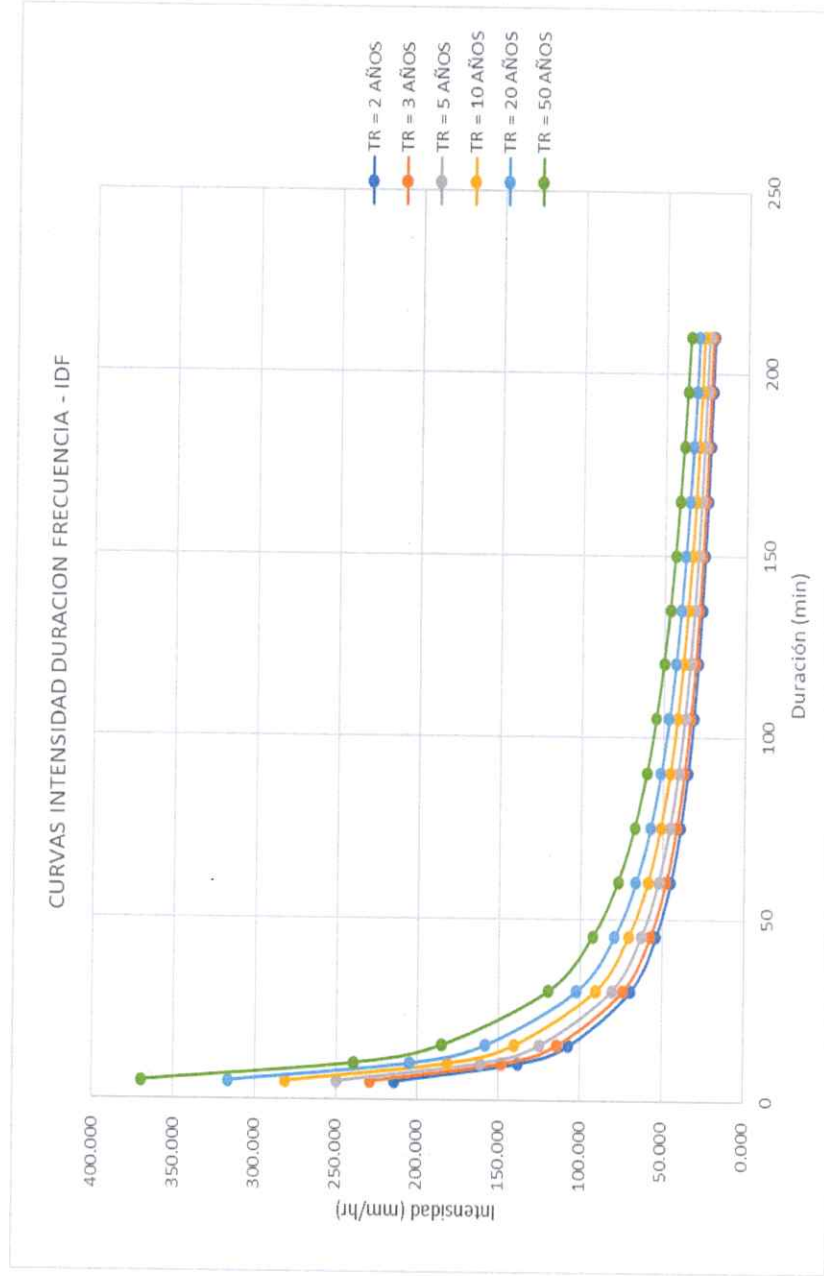
A partir de los datos recolectados por el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales-IDEAM, se estima el periodo de diseño, duración de la tormenta y la intensidad de la misma, para los distintos periodos de retorno.

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	369.818	316.474	281.296	250.028	229.231	213.963
10	238.968	204.498	181.767	161.562	148.124	138.258
15	185.098	158.399	140.792	125.142	114.733	107.091
30	119.606	102.354	90.976	80.864	74.138	69.200
45	92.644	79.280	70.468	62.635	57.425	53.600
60	77.287	66.138	58.787	52.252	47.906	44.715
75	67.151	57.465	51.077	45.399	41.623	38.851
90	59.864	51.229	45.535	40.473	37.107	34.635
105	54.324	46.488	41.320	36.727	33.673	31.430
120	49.941	42.737	37.987	33.764	30.956	28.894
135	46.369	39.681	35.270	31.349	28.742	26.827
150	43.391	37.132	33.005	29.336	26.896	25.105
165	40.862	34.968	31.081	27.626	25.329	23.641
180	38.683	33.103	29.423	26.153	23.977	22.380
195	36.780	31.475	27.976	24.867	22.798	21.280
210	35.103	30.039	26.700	23.732	21.758	20.309

Fuente: Autores

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

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO



Fuente: Autores

SARAVENA-ARAUCA
2026

6. ANÁLISIS HIDRÁULICO

El cauce en estudio se caracteriza por NO permanecer constantemente con agua, esto debido a que es un cauce generado por la esorrentía de aguas lluvias.

6.1. ANÁLISIS BATIMÉTRICO

Se realizo la batimetría del cauce sobre los sectores para la proyección de las alcantarillas con un alcance de 65 metros aguas arriba y 65 metros aguas abajo para el sector 1, con un alcance de 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo para el sector 2 y un alcance de 80 metros aguas arriba y 80 metros aguas abajo para el sector 3 con el fin de conocer la pendiente del canal y área de sección.

Batimetría sector 1.



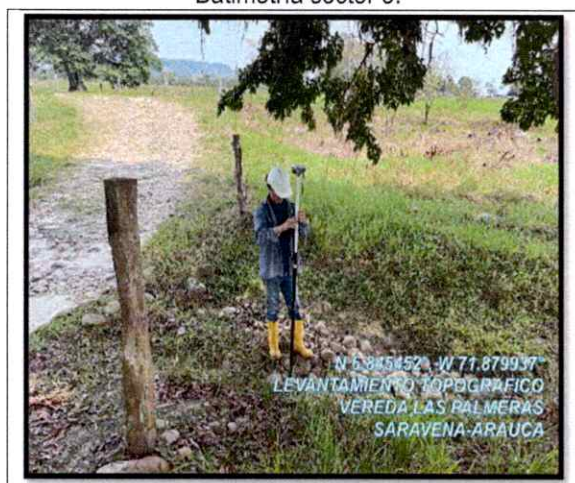
Fuente: estudio de topografía

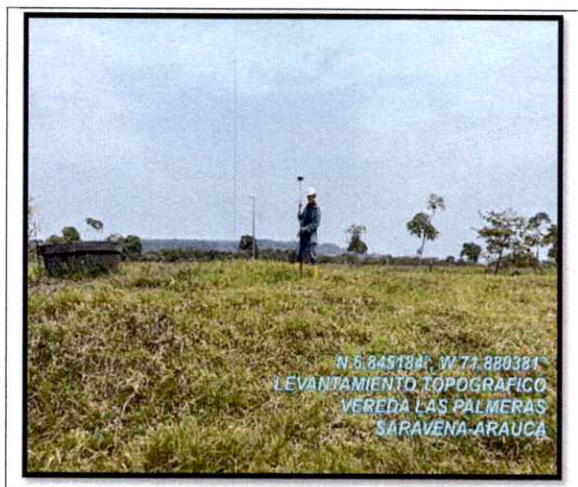
Batimetría sector 2.



Fuente: estudio de topografía

Batimetría sector 3.



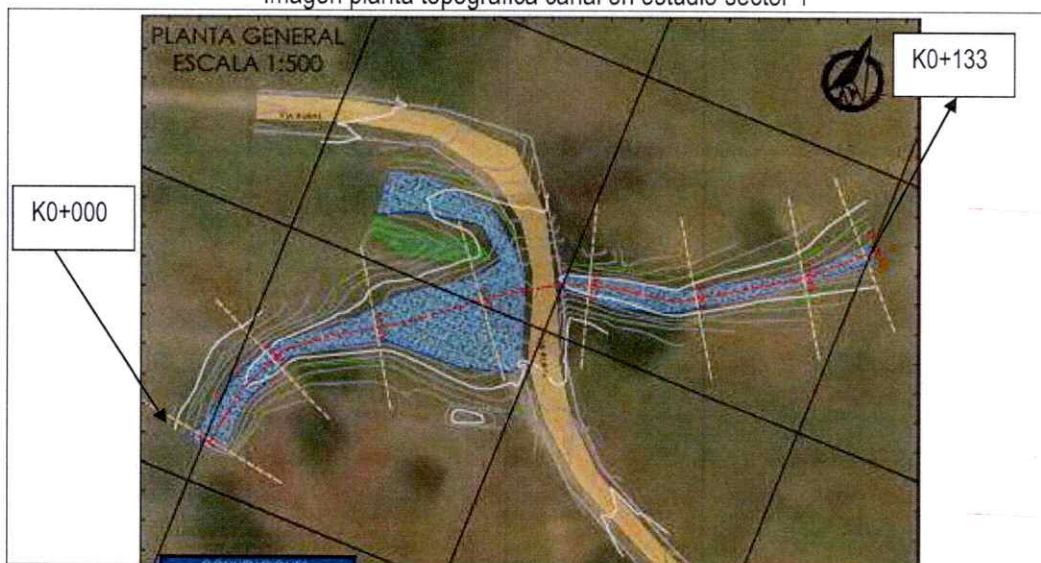


Fuente: estudio de topografía

Así mismo, a partir de la información recopilada en campo y de las consultas realizadas a los habitantes del sector, se evidenció que en la zona de estudio no existen quebradas naturales de carácter permanente. Los escurrimientos se presentan únicamente durante eventos de precipitación en época invernal, lo que indica que los caudales generados corresponden a flujos de escorrentía superficial de carácter temporal o intermitente, asociados directamente a la intensidad y duración de las lluvias.

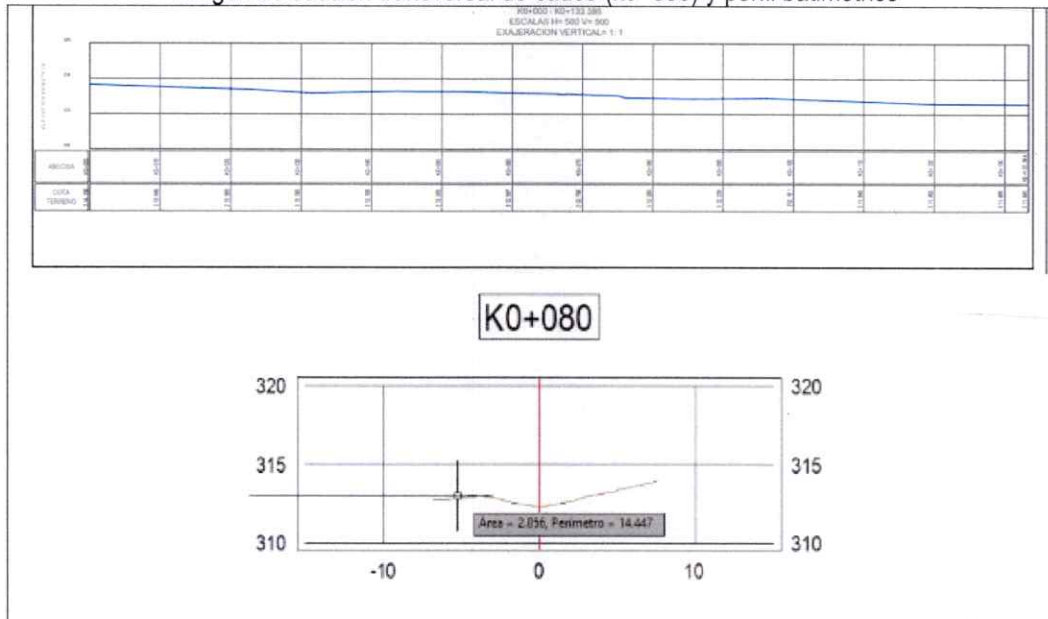
Es por esto que se realizara el análisis del caudal máximo generado de acuerdo a las condiciones de la cuenca y determinara la altura de flujo correspondiente.

Imagen planta topográfica canal en estudio sector 1



Fuente: autores del proyecto

Imagen de sección transversal de cauce (k0+080) y perfil batimétrico



Fuente: secciones transversales cauce

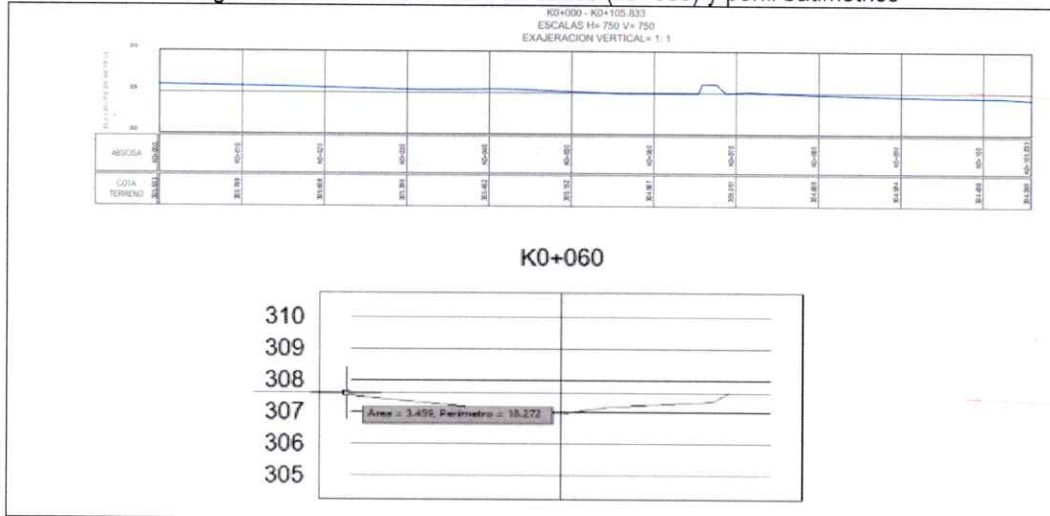
De acuerdo a la sección transversal del flujo en la k0+080 se tiene un área aferente de 2.85 m². Y un perímetro de 14.44m

Imagen planta topográfica canal en estudio sector 2



Fuente: autores del proyecto

Imagen de sección transversal de cauce (k0+060) y perfil batimetrico



Fuente: secciones transversales cauce

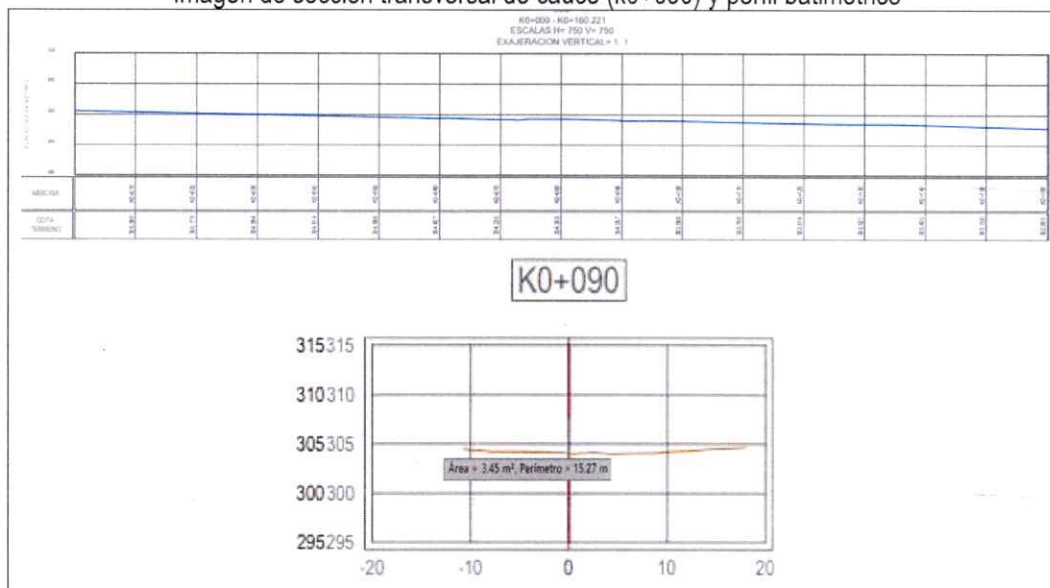
De acuerdo a la sección transversal del flujo en la k0+080 se tiene un área aferente de 3.459 m2. Y un perímetro de 18.272 m

Imagen planta topográfica canal en estudio sector 3



Fuente: autores del proyecto

Imagen de sección transversal de cauce (k0+090) y perfil batimétrico



Fuente: secciones transversales cauce

De acuerdo a la sección transversal del flujo en la k0+090 se tiene un área aferente de 3.45 m. Y un perímetro de 15.27 m

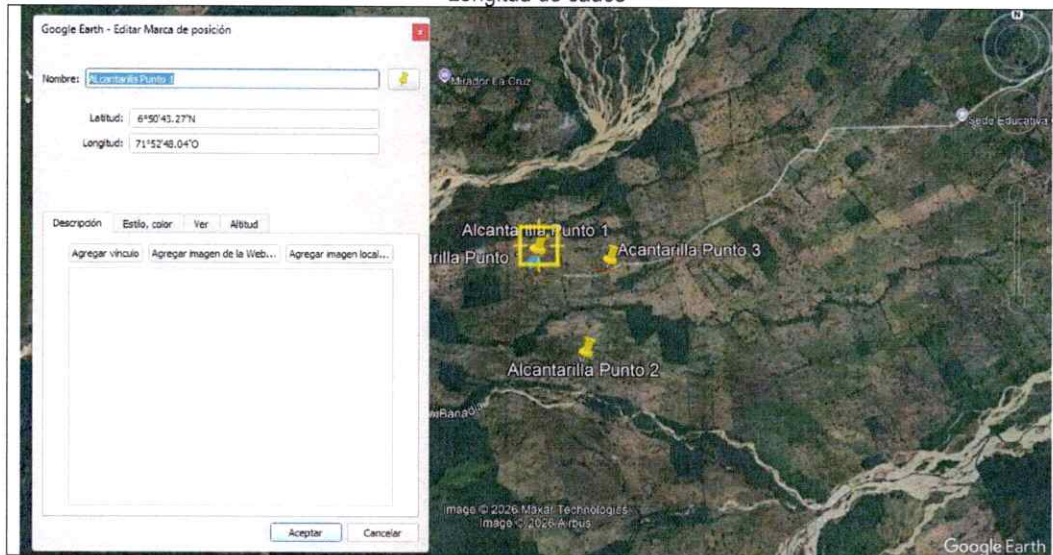
6.2 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DRENAJES SECTOR 1

6.2.1. 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.

Longitud de cauce



Fuente: Google earth

Para el presente estudio se tiene que la longitud del cauce por escorrentía es de 0.8 km

6.2.2. PERFIL DEL CAUCE

El perfil longitudinal de un cauce 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 concava 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 251 m.s.n.m. y la cota sobre la confluencia sobre la alcantarilla 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 a continuación:

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

Pm = pendiente media

Hmax = cota maxima de cuace

Hmin = cota minima del cuce

L = longitud de cuace

De cuerdo a lo anterior se tiene:

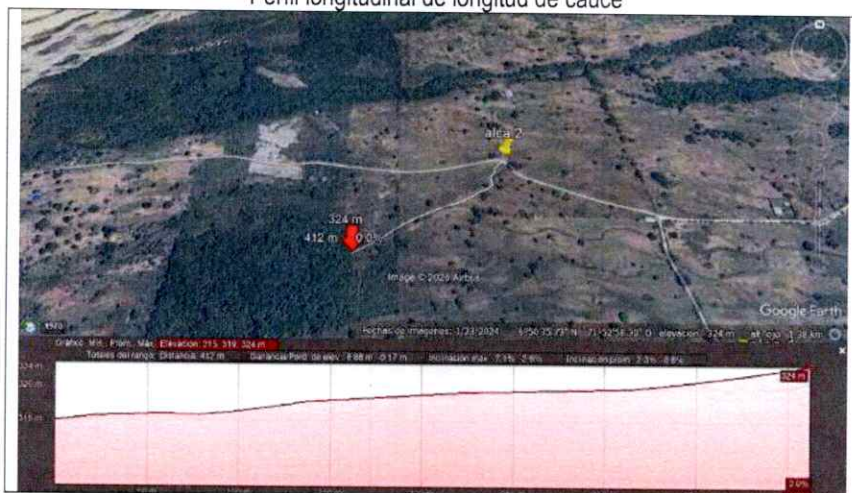
$H_{max} = 326 \text{ msnm}$

$H_{min} = 310 \text{ msnm}$

$L = 800$

$P_m = 2\%$

Perfil longitudinal de longitud de cauce

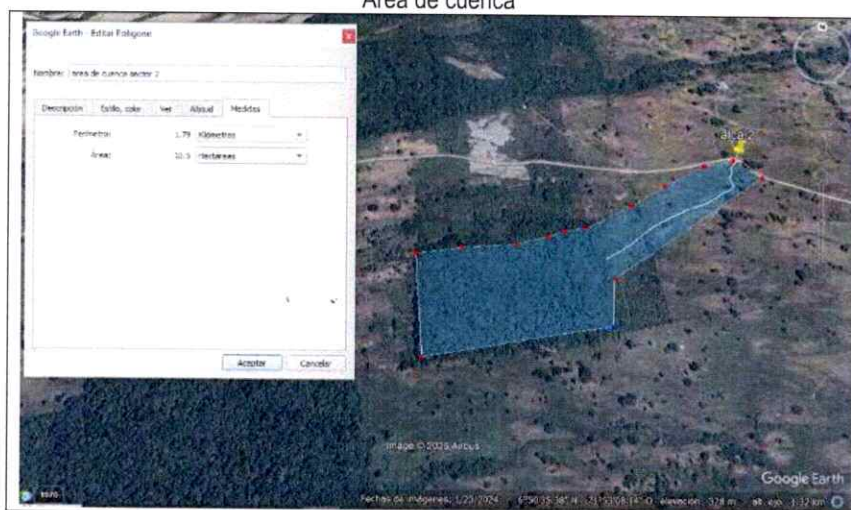


Fuente: Google earth

6.3. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CUENCA

6.3.1. ÁREA Y PERÍMETRO DE CUENCA

Área de cuenca



Fuente: Google earth

Después de delimitar el área de la cuenca se pudo establecer que la superficie en estudio equivale a una extensión de 0.10 km^2 , así mismo una vez delimitada la cuenca se pudo definir que su perímetro equivale a 1.82 km .

$$A = 0.10 \text{ KM}^2$$

$$A = 10 \text{ HA}$$

6.3.2. FORMA DE LA CUENCA

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

6.3.2.1. 6ÍNDICE 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:

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

Donde:

P = perímetro de la cuenca

A = área de la cuenca

De esta manera se tiene que

P= 1.82 km

A = 0.10km²

Kc = 1.6

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 oblonga a rectangular oblonga

6.3.2.2. 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.

por medio de sistemas de información geográfica se determinó que la cuenca tiene una longitud axial máxima de 0.8 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= 0.10 km²

L= 0.80 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.

6.3.2.3. 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.

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

Donde:

la = índice de alargamiento (adimensional)

Lm = longitud máxima km

L = ancho máximo km

Longitud máxima km



Fuente: Google earth

De acuerdo a lo anterior se tiene una longitud máxima de 0.74 km

Ancho máximo km



Fuente: Google earth

De acuerdo lo anterior se tiene ancho máximo de 0.22 km

Para la cuenca de estudio la longitud máxima es 0.74 Km y el ancho máximo perpendicular es 0.22 km. Por consiguiente, el índice de alargamiento es el equivalente a 0.30 valor que confirma el alargamiento de la cuenca.

$L_m = 0.74$ km

$L = 0.22$ km

$L_a = 0.30$

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

Fuente: Reyes Barroso y Carvajal universidad del valle 2010

De acuerdo a lo anterior se puede establecer que el índice de alargamiento es de 0.30 para una cuenca achatada.

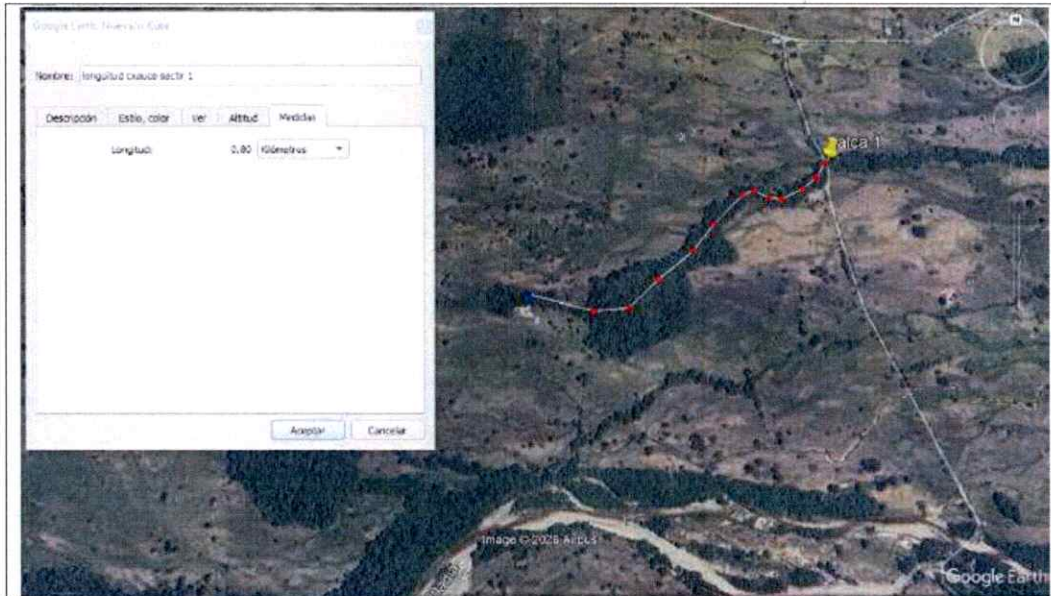
6.4. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DRENAJES SECTOR 2

6.4.1. 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.

Longitud de cauce



Fuente: Google earth

Para el presente estudio se tiene que la longitud del cauce por escorrentías es de 0.41 km

6.4.2. PERFIL DEL CAUCE

El perfil longitudinal de un cauce 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 concava 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 está sobre los 251 m.s.n.m. y la cota sobre la confluencia sobre la alcantarilla 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 a continuación:

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

P_m = pendiente media

H_{max} = cota máxima de cuace

H_{min} = cota mínima del cuce

L = longitud de cuace

De cuerdo a lo anterior se tiene:

Hmax = 324 msnm

Hmin = 315 msnm

L = 410 m

Pm = 2.25%

Perfil longitudinal de longitud de cauce

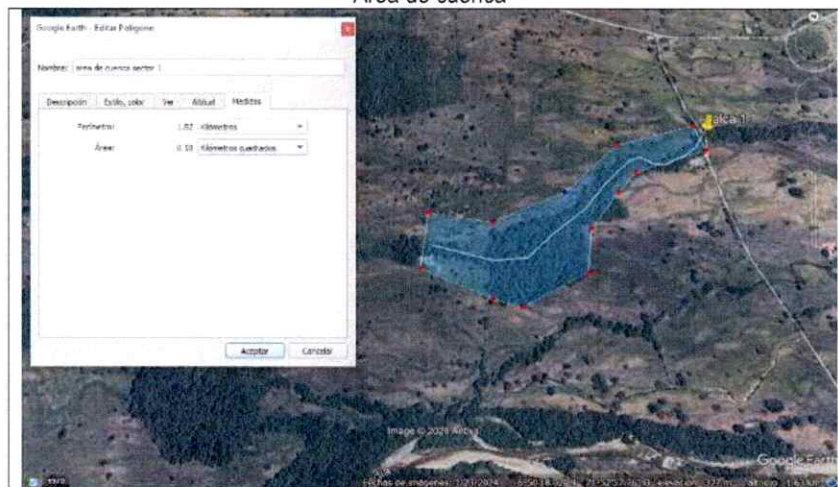


Fuente: Google earth

6.5. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CUENCA

6.5.1. ÁREA Y PERÍMETRO DE CUENCA

Área de cuenca



Fuente: Google earth

Después de delimitar el área de la cuenca se pudo establecer que la superficie en estudio equivale a una extensión de 0.105 km², así mismo una vez delimitada la cuenca se pudo definir que su perímetro equivale a 1.79 km.

$$A = 0.105 \text{ KM}^2$$

$$A = 10.5 \text{ HA}$$

6.5.2. FORMA DE LA CUENCA

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

6.5.2.1. 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:

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

Donde:

P = perímetro de la cuenca

A = área de la cuenca

De esta manera se tiene que

P= 1.79 km

A = 0.105 km²

Kc = 1.5

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 oblonga

6.5.2.2. 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.

por medio de sistemas de información geográfica se determinó que la cuenca tiene una longitud axial máxima de 0.41 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=0.105 km²

L= 0.41km

F = 0.62

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.

6.5.2.3. 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.

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

Donde:

la = índice de alargamiento (adimensional)

Lm = longitud máxima km

L = ancho máximo km

Longitud máxima km



Fuente: Google earth

De acuerdo a lo anterior se tiene una longitud máxima de 0.74 km

Ancho máximo km



Fuente: Google earth

De acuerdo lo anterior se tiene ancho máximo de 0.22 km

Para la cuenca de estudio la longitud máxima es 0.74 Km y el ancho máximo perpendicular es 0.22 km. Por consiguiente, el índice de alargamiento es el equivalente a 0.42 valor que confirma el alargamiento de la cuenca.

$L_m = 0.74 \text{ km}$ $L = 0.22 \text{ km}$ $L_a = 0.3$

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

Fuente: Reyes Barroso y Carvajal universidad del valle 2010

De acuerdo a lo anterior se puede establecer que el índice de alargamiento es de 0.30 para una cuenca achatada.

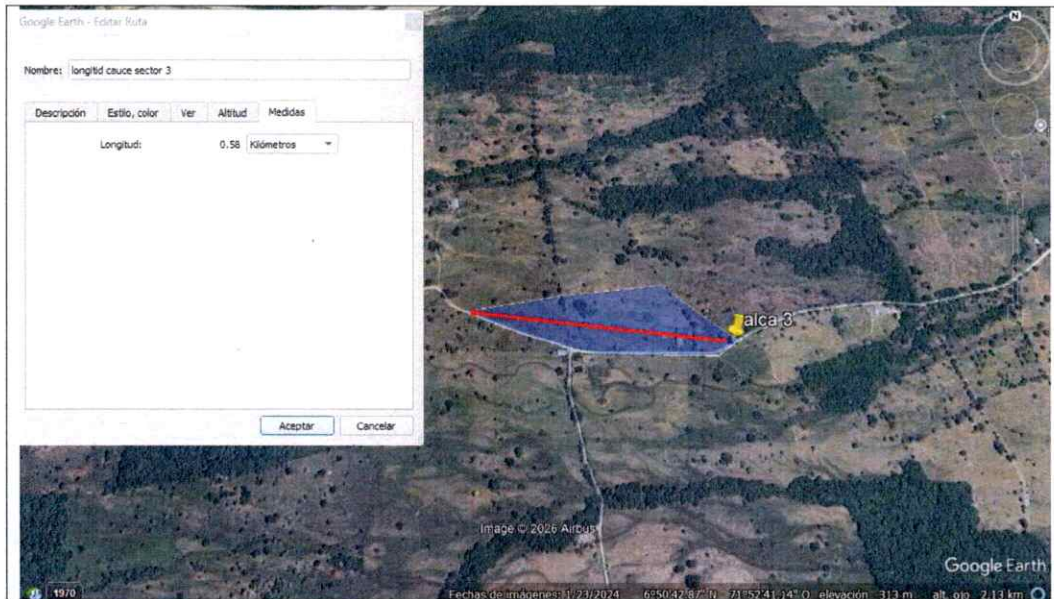
6.6. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DRENAJES SECTOR 3

6.6.1. 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.

Longitud de cauce



Fuente: Google earth

Para el presente estudio se tiene que la longitud del cauce por escorrentías es de 0.58 km

6.6.2. PERFIL DEL CAUCE

El perfil longitudinal de un cauce 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 concava 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 251 m.s.n.m. y la cota sobre la confluencia sobre la alcantarilla 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 a continuación:

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

Pm = pendiente media

Hmax = cota maxima de cuace

Hmin = cota minima del cuce

L = longitud de cuace

De cuerdo a lo anterior se tiene:

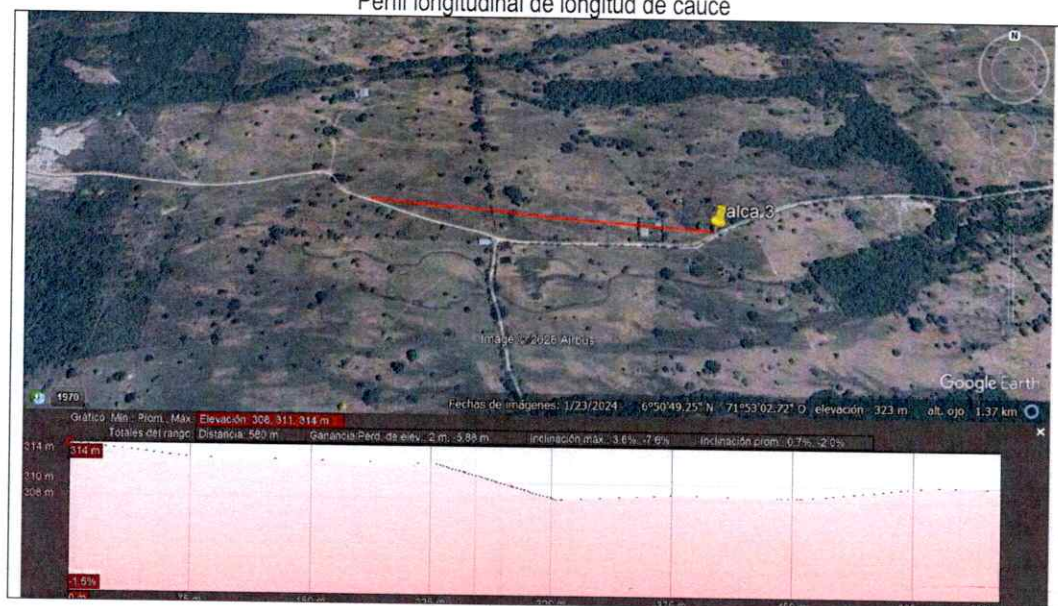
$H_{\max} = 314$ msnm

$H_{\min} = 310$ msnm

$L = 579$ m

$P_m = 0.6\%$

Perfil longitudinal de longitud de cauce

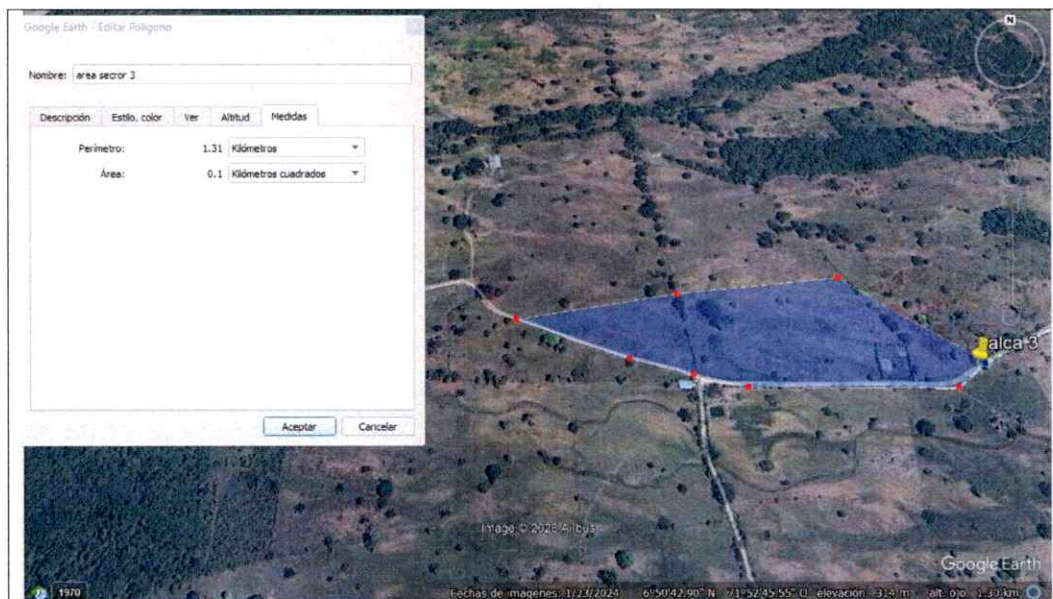


Fuente: Google earth

6.7. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA CUENCA

6.7.1. ÁREA Y PERÍMETRO DE CUENCA

Área de cuenca



Fuente: Google earth

Después de delimitar el área de la cuenca se pudo establecer que la superficie en estudio equivale a una extensión de 0.1 km², así mismo una vez delimitada la cuenca se pudo definir que su perímetro equivale a 1.31 km.

$$A = 0.0661 \text{ KM}^2$$

$$A = 6.61 \text{ HA}$$

6.7.2. FORMA DE LA CUENCA

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

6.7.2.1. 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:

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

Donde:

P = perímetro de la cuenca

A = área de la cuenca

De esta manera se tiene que

$P = 1.31 \text{ km}$

$A = 0.661 \text{ km}^2$

$K_c = 1.5$

Rangos de K_c	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 oblonga

6.7.2.2. 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.

por medio de sistemas de información geográfica se determinó que la cuenca tiene una longitud axial máxima de 0.41 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:

$A = 0.0661 \text{ km}^2$

$L = 0.57 \text{ km}$

$F = 0.18$

Valor De K_f	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.

6.7.2.3. 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.

$$l_a = \frac{L_m}{L}$$

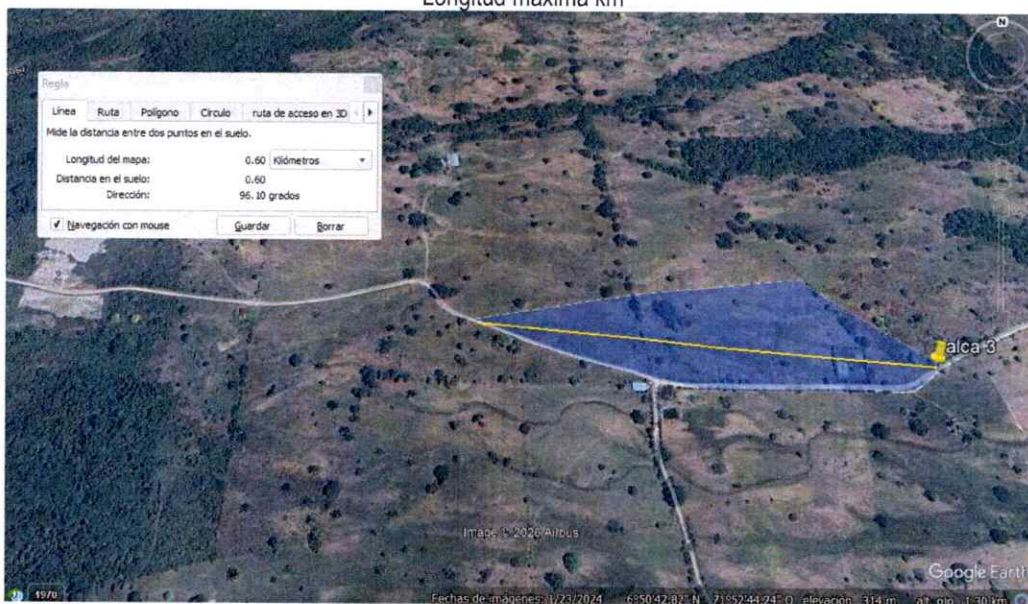
Donde:

l_a = índice de alargamiento (adimensional)

L_m = longitud máxima km

L = ancho máximo km

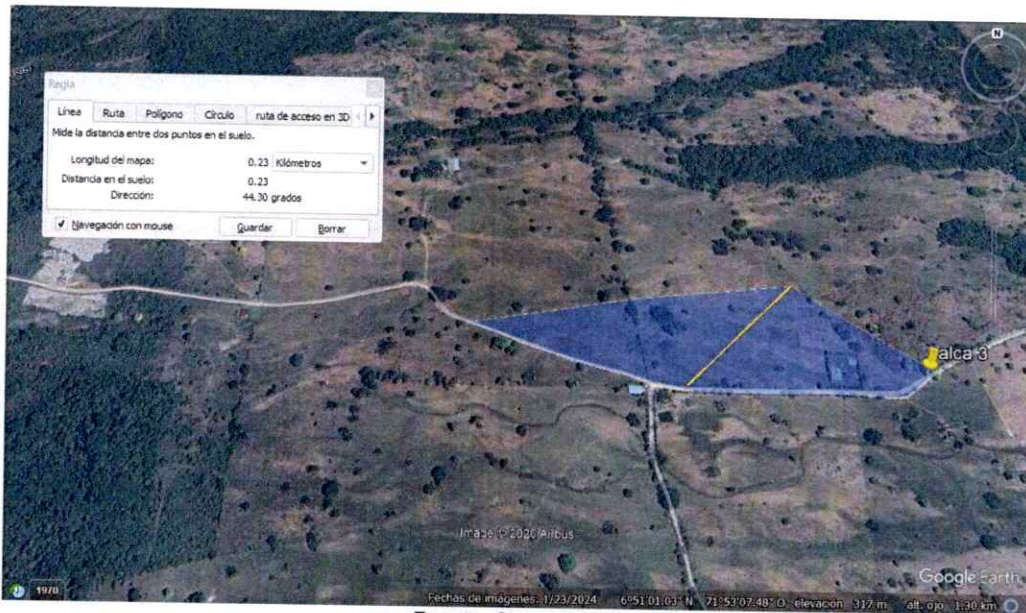
Longitud máxima km



Fuente: Google earth

De acuerdo a lo anterior se tiene una longitud máxima de 0.60 km

Ancho máximo km



Fuente: Google earth

De acuerdo lo anterior se tiene ancho máximo de 0.23 km

Para la cuenca de estudio la longitud máxima es 0.74 Km y el ancho máximo perpendicular es 0.22 km. Por consiguiente, el índice de alargamiento es el equivalente a 0.42 valor que confirma el alargamiento de la cuenca.

$L_m = 0.6 \text{ km}$

$L = 0.23 \text{ km}$

$L_a = 0.38$

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

Fuente: Reyes Barroso y Carvajal universidad del valle 2010

De acuerdo a lo anterior se puede establecer que el índice de alargamiento es de 0.38 para una cuenca achatada.

7. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

7.1. 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:

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

Donde:

T_c: 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.

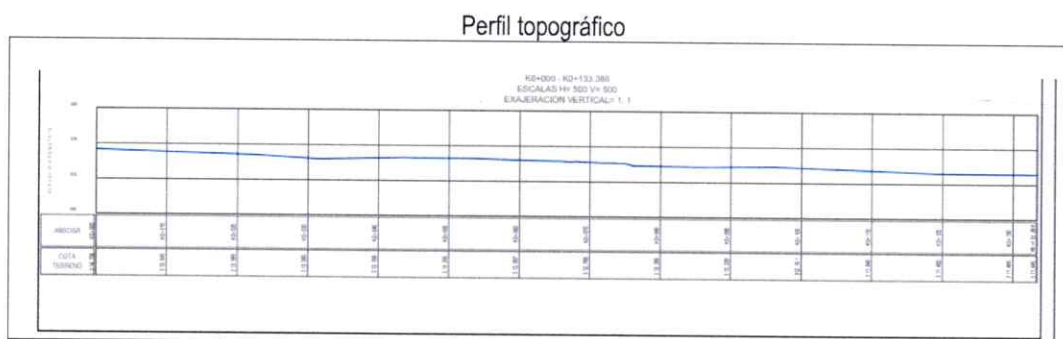
Datos de entrada:

Teniendo en cuenta la similitud de la longitud del cauce para los sectores 1 y 2 se toma la mayor de las des.

L = 0.133 km

Cálculo de pendiente:

Para el cálculo de la pendiente se tendrá en cuenta la batimetría realizada en el estudio topográfico del proyecto el cual nos permitirá definir de manera correcta la pendiente del tramo.



Fuente: plano perfil topográfico

Altura k0+000 = 314

Altura k0+217.07 = 311

Longitud de tramo = 133 m

S = 0.025 m/m

S=2.5%

T_c = 0.058015142 Hora

T_c = 3.480908523 minutos

T_c = 10 min

7.2. 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 Calda 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 = 20 años

7.3. 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
Áreas desarrolladas						
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95
Concreto/techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97
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
Promedio, 2-7%	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53
Pendiente, superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55
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
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53
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
Promedio, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46
Pendiente, superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51
Áreas no desarrolladas						
Área de cultivos						
Plano, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47
Promedio, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51
Pendiente, superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54
Pastizales						
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53
Bosques						
Plano, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39
Promedio, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47
Pendiente, superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52

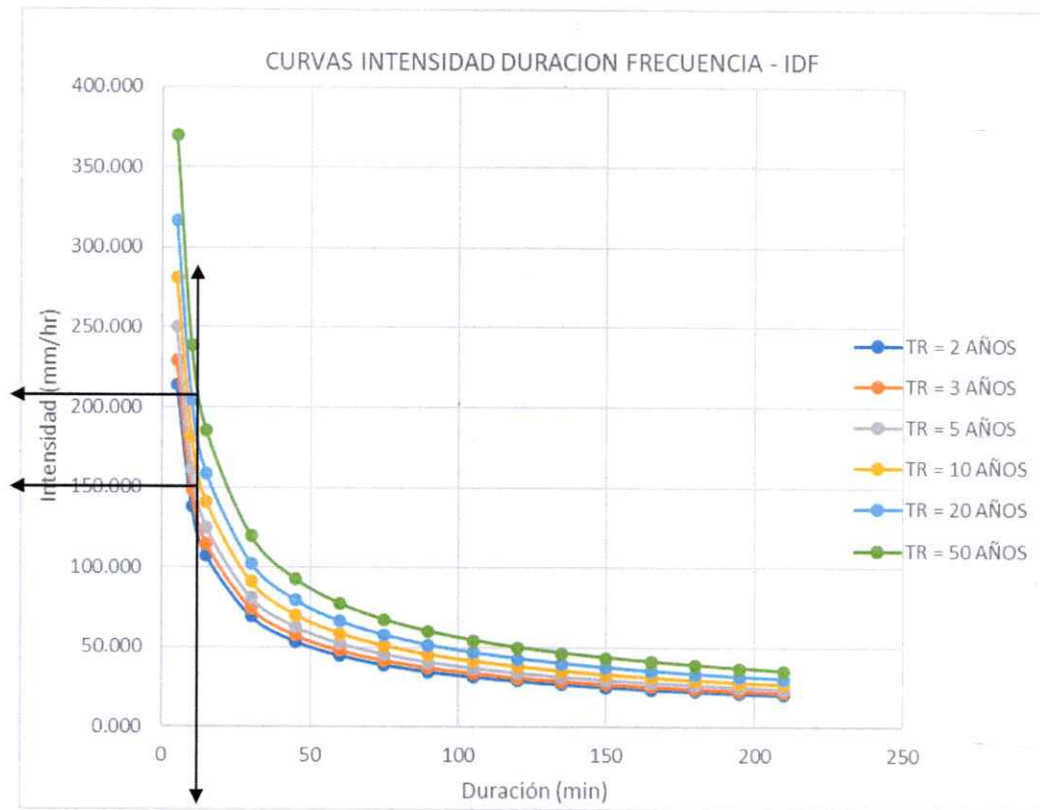
Fuente: Canales abiertos vente show

De acuerdo a las características del terreno que conforma el canal se tiene que:

$$C = 0.44$$

7.4. 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 20 años de acuerdo al estudio y para un periodo de retorno de inundación de 50 años con un tiempo de concentración $T_c = 10$ min.



De esta manera según la gráfica podemos determinar:

Pata Tr 20 años
TC= 10 Min
I = 150 mm/hora

Pata Tr 50 años
TC= 10 Min
I = 210 mm/hora

7.5. 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 las alcantarillas.

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

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>

cálculo de caudal para sector 1

tr = 20 años

AREAS DE DRENAJE		CALCULO DE CAUDAL				
DESCRIPCION	AREA ACUMULADA(Ha)	C	I	$Q=2,78 \times C \times I \times A$ (L/S)	Q (m3/s)	Q D
cuenca	10	0.44	150	1834.8	1.8348	1.83

tr = 50 años

AREAS DE DRENAJE		CALCULO DE CAUDAL				
DESCRIPCION	AREA ACUMULADA(Ha)	C	I	$Q=2,78 \times C \times I \times A$ (L/S)	Q (m3/s)	Q D
cuenca	10	0.44	210	2568.72	2.56872	2.57

Fuente: Autores del proyecto

cálculo de caudal para sector 2

tr = 20 años

AREAS DE DRENAJE		CALCULO DE CAUDAL				
DESCRIPCION	AREA ACUMULADA(Ha)	C	I	$Q=2,78 \times C \times I \times A$ (L/S)	Q (m3/s)	Q D
cuenca	10.5	0.44	150	1926.54	1.92654	1.93

tr = 50 años

AREAS DE DRENAJE		CALCULO DE CAUDAL				
DESCRIPCION	AREA ACUMULADA(Ha)	C	I	$Q=2,78 \times C \times I \times A$ (L/S)	Q (m3/s)	Q D
cuenca	10.5	0.44	210	2697.16	2.69716	2.70

Fuente: Autores del proyecto

cálculo de caudal para sector 3

tr = 20 años

AREAS DE DRENAJE		CALCULO DE CAUDAL				
DESCRIPCION	AREA ACUMULADA(Ha)	C	I	$Q=2,78 \cdot C \cdot I \cdot A$ (L/S)	Q (m3/s)	Q D
cuenca sector2	6.61	0.44	150	1212.8	1.2128	1.21

tr = 50 años

AREAS DE DRENAJE		CALCULO DE CAUDAL				
DESCRIPCION	AREA ACUMULADA(Ha)	C	I	$Q=2,78 \cdot C \cdot I \cdot A$ (L/S)	Q (m3/s)	Q D
cuenca sector2	6.61	0.44	210	1697.92	1.69792	1.70

8. DISEÑO DE ALCANTARILLA POR YECTADA

Para el buen desarrollo del presente proyecto y teniendo en cuenta la topografía del terreno donde se considera un terreno plano ya que no supera más del 3%. Se ve necesario la implementación de obras de arte que garanticen la estabilidad de los terraplenes de la vía paralela al cauce para que no sean erosionadas por las aguas lluvias que se descansen sobre ella en los meses de mayor precipitación en la zona.

De acuerdo a lo anterior y a criterio del diseñador se requiere la instalación de 2 Alcantarillas con el fin de permitir la circulación de las aguas lluvias de un costado a otro garantizando la estabilidad de la vía localizadas en el municipio de Saravena como se indica en el capítulo 3 del presente estudio. Por tanto, para el diseño de las presentes alcantarillas consistió en determinar el tipo de sección, material y embocadura de acuerdo a la longitud y pendiente que posee el terreno teniendo en cuenta las condiciones topográficas de la vía, con el fin de evacuar el caudal de diseño, provocando un nivel de agua en la entrada que no ponga en peligro de falla estructural, ni funcional la estructura del pavimento que se desea atravesar.

Los análisis hidráulicos para determinar la capacidad de las obras de drenaje correspondientes las alcantarillas proyectadas, se realizan mediante el modelo y software HY-8, desarrollado por la FHWA (Federal Highways Administration), del departamento de transportes de USA, el cual permite realizar la evaluación hidráulica considerando condiciones de flujo gradualmente variado. Donde se realizará la modelación y se escogerá la sección que mejor corresponda y garantiza de manera correcta la circulación de las aguas lluvias de un lugar a otro a través de la vía proyectada.

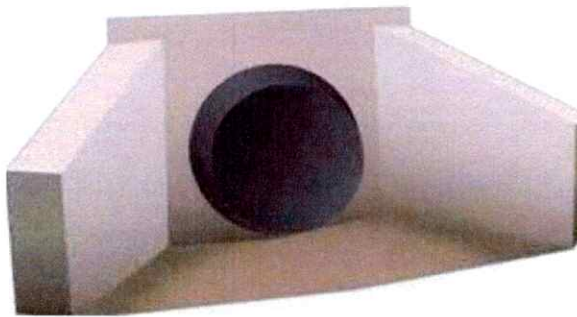
8.1. CALCULO DE SECCIÓN DE ALCANTARILLA

El esquema de drenaje e intercomunicación de los flujos de escorrentía concentrados a lado y lado del terraplén, se establecerá mediante la disposición de estructuras tipo Alcantarillas de 36" en concreto

debido a los caudales analizados ya que es importante considerar el posible desbordamiento y con la sección anterior se cumpliría la demanda de caudal de diseño, máximo y se garantiza una mayor capacidad hidráulica ante un evento de inundación. Así mismo para garantizar que no exista ningún tipo de rebose en la estructura se adoptara para las alcantarillas como caudal máximo el producido por una tormenta con un tiempo de retorno de 50 años

Sin embargo se realiza la modelación con las dimensiones proyectadas para la estructura con el fin de conocer el comportamiento del flujo de aguas a través, en la entrada y salida de las alcantarillas

Imagen de referencia



8.2. CALCULO DE CAUDAL DE DISEÑO Y CAUDAL MAXIMO

De acuerdo a lo anterior se tomará como caudal de diseño el mayor valor de los caudales obtenidos para un periodo de retorno de 10 años, y para el caudal máximo el mayor valor de valor de los caudales obtenido para un periodo de retorno de 50 años teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el capítulo 6.8 del presente estudio.

CAUDAL DISEÑO (m ³ /s)	
REFERENCIA DE AREA TRAMO	Q Diseño
Sector 1	1.83
Sector 2	1.93
Sector 3	1.21
CAUDAL MAXIMO	
REFERENCIA DE AREA TRAMO	Q Máximo
Sector 1	2.57
Sector 2	2.7
Sector 3	1.70

Fuente: Autores Del Proyecto

Una vez obtenido los datos se procede hacer la modelación para la estructura proyectada.

8.2.1. Resultados modelación Alcantarilla (sector 1)

Se realiza el ingreso de datos al software HY-8 para su respectiva modelación teniendo en cuenta los siguientes datos de campo.

Datos para modelación

REFERENCIA DE AREA TRAMO	Q DISEÑO	Q MAXIMO	ABSCISA	COTA BATEA ENTRADA	COTA RASANTE	ANCHO DE BASE TALUD	ANCHO DE CORONA	L ALCANT	S	N MANNING	COTA BATEA SALIDA	TIPO DE SECCION
sector 1	1.83	2.57	k0+069.5	312.79	314.59	6	5	6.5	7.50%	0.013	312.30	2 Ø 36"

Fuente: Autores Del Proyecto

Ingreso de datos para modelación

Crossing Properties

Name: ALCAN SECTOR 1

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	1.830	cms
Maximum Flow	2.570	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	4.600	m
Channel Slope	0.0250	m/m
Manning's n (channel)	0.030	
Channel Invert Elevation	312.790	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	4.600	m
Crest Elevation	314.590	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	6.000	m

Culvert Properties

Culvert 1

Add Culvert

Duplicate Culvert

Delete Culvert

Parameter	Value	Units
Name	Culvert 1	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	900.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.013	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	312.790	m
Outlet Station	6.000	m
Outlet Elevation	312.340	m
Number of Barrels	2	

Fuente: autores de proyecto

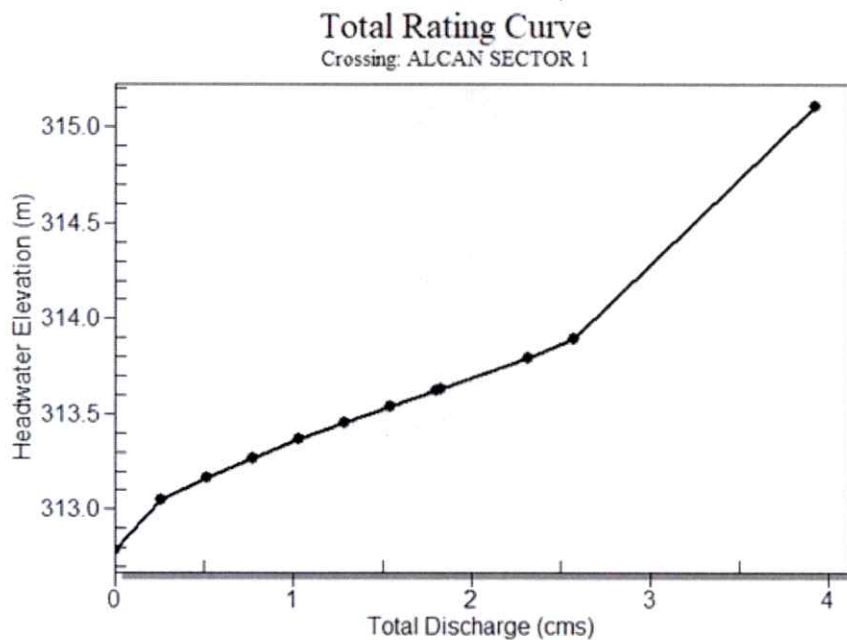
Resumen de flujos de Alcantarilla en el cruce

Elevación de la cabecera (m)	Descarga total (m3/s)	Descarga de alcantarilla (m3/s)	Descarga en carretera (m3/s)	Iteraciones
312.79	0.00	0.00	0.00	1
313.05	0.26	0.26	0.00	1
313.17	0.51	0.51	0.00	1
313.27	0.77	0.77	0.00	1
313.37	1.03	1.03	0.00	1
313.45	1.28	1.28	0.00	1
313.54	1.54	1.54	0.00	1
313.62	1.80	1.80	0.00	1
313.63	1.83	1.83	0.00	1
313.80	2.31	2.31	0.00	1
313.89	2.57	2.57	0.00	1
314.59	3.92	3.92	0.00	rebase

Fuente: autores de proyecto

De acuerdo a la tabla anterior se puede determinar que para que el flujo de agua sobrepase el nivel de la rasante del pavimento se requiere un caudal mayor a los 3 m³/s el cual es superior al caudal de diseño de 1.83 m³/s.

Gráfico de curva de clasificación para cruce



Fuente: autores de proyecto

Tabla resumen de alcantarilla

Descarga total (m ³ /s)	Descarga de alcantarilla (m ³ /s)	Elevación de la cabecera (m)	Profundidad de control de entrada (m)	Profundidad de control de salida (m)	Tipo de flujo	Profundidad normal (m)	Profundidad crítica (m)	Profundidad de salida (m)	Profundidad del agua de cola (m)	Velocidad de salida (m/s)
0.00	0.00	312.79	0.000	0.000	0-NF	0.000	0.000	0.490	0.000	0.000
0.26	0.26	313.05	0.263	0.070	1-JS1t	0.097	0.203	0.556	0.066	0.302
0.51	0.51	313.17	0.378	0.115	1-S2n	0.135	0.290	0.163	0.101	3.156
0.77	0.77	313.27	0.476	0.160	1-S2n	0.165	0.358	0.205	0.129	3.407
1.03	1.03	313.37	0.575	0.209	1-S2n	0.190	0.418	0.244	0.154	3.557
1.28	1.28	313.45	0.664	0.263	1-S2n	0.213	0.469	0.279	0.177	3.683
1.54	1.54	313.54	0.747	0.322	1-S2n	0.233	0.516	0.312	0.198	3.800
1.80	1.80	313.62	0.830	0.387	1-S2n	0.252	0.559	0.343	0.218	3.903
1.83	1.83	313.63	0.840	0.395	1-S2n	0.255	0.564	0.347	0.220	3.913
2.31	2.31	313.80	1.005	0.534	5-S2n	0.287	0.636	0.400	0.255	4.087
2.57	2.57	313.89	1.104	0.616	5-S2n	0.304	0.671	0.427	0.272	4.180

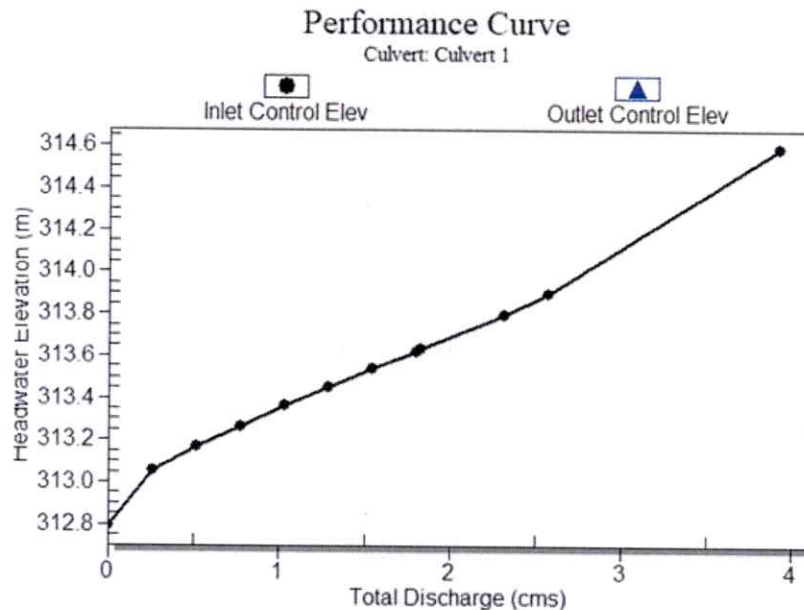
Fuente: autores de proyecto

De acuerdo a la tabla anterior se puede definir que la alcantarilla cumple con las condiciones esperadas, así mismo su velocidad es mayor a la mínima (0.75m/s) y menor o igual a la máxima (5m/s), también se puede determinar que a la profundidad crítica y la profundidad de salida es menor a la altura proyectada cumpliendo a cabalidad con las exigencias hidráulicas.

La elevación del caudal total está por debajo de la inversión de entrada.

Tipo de alcantarilla: alcantarilla recta
 Elevación de entrada (invertido): 312.79 m
 Outlet Elevación (invertido): 312.30 m
 alcantarilla Longitud: 6.5 m,
 pendiente de alcantarilla: : 0.075

Gráfico de curva de rendimiento de alcantarilla



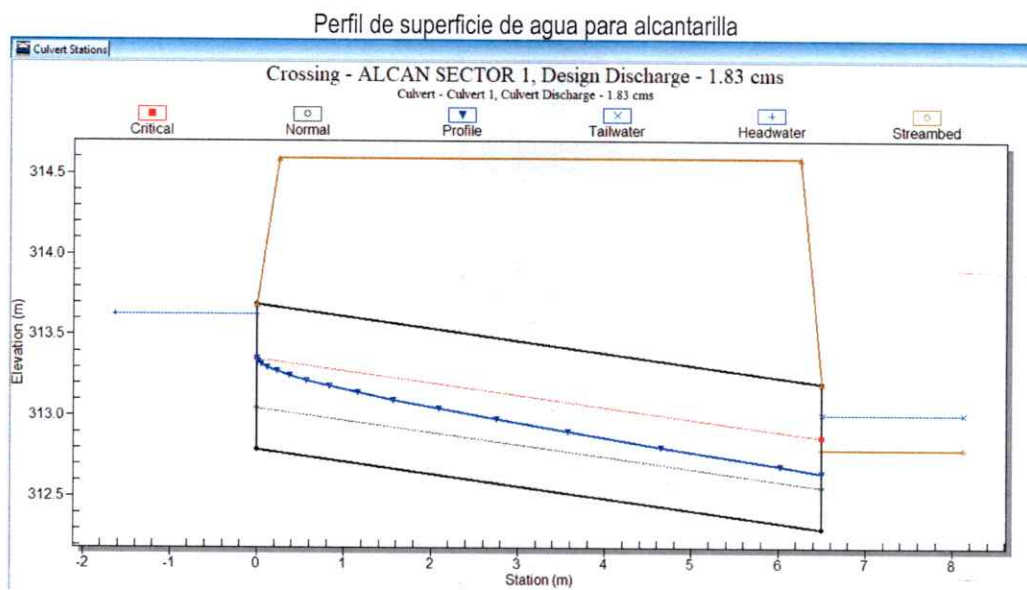
Fuente: autores de proyecto

Curva Clasificación del canal descendente

Caudal (m3/s)	Elevación de la superficie del agua (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	esfuerzo cortante (Pa)	Número de Froude
0.00	312.79	0.00	0.00	0.00	0.00
0.26	312.86	0.07	0.85	16.19	1.05
0.51	312.89	0.10	1.11	24.69	1.12
0.77	312.92	0.13	1.30	31.64	1.15
1.03	312.94	0.15	1.45	37.76	1.18
1.28	312.97	0.18	1.58	43.32	1.20
1.54	312.99	0.20	1.69	48.50	1.22
1.80	313.01	0.22	1.80	53.36	1.23
1.83	313.01	0.22	1.81	53.93	1.23
2.31	313.04	0.25	1.97	62.41	1.25
2.57	313.06	0.27	2.05	66.66	1.26

Fuente: autores de proyecto

De acuerdo al cuadro anterior se puede determinar que las profundidades del flujo no superan la cota de rasante que es 314.59 m.s.n.m.



DE ACUERDO A LA FIGURA ANTERIOR PODEMOS OBSERVAR QUE PARA EL CAUDAL DE DISEÑO CON EL CUAL SE MODELO UNA ALCANTARILLA DOBLE DE 36" ES SUFICIENTE YA QUE EL FLUJO NO SUPERA LA DE LÍNEA DE FLUJO CRÍTICA DE AGUAS. ASÍ MISMO SE PUEDE OBSERVAR QUE NO HABRÁ UN DESBORDAMIENTO SOBRE LA VÍA EN UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS PARA UN CAUDAL MÁXIMO.

8.2.2. Resultados modelación Alcantarilla (sector 2)

Se realiza el ingreso de datos al software HY-8 para su respectiva modelación teniendo en cuenta los siguientes datos de campo.

Datos para modelación

REFERENCIA DE AREA TRAMO	Q DISEÑO	Q MAXIMO	ABSCISA	COTA BATEA ENTRADA	COTA RASANTE	ANCHO DE BASE TALUD	ANCHO DE CORONA	L ALCANT	S	N MANNING	COTA BATEA SALIDA	TIPO DE SECCION
sector 2	1.93	2.70	k0+060	304.11	305.91	6	5	6.5	2.25%	0.013	303.96	2 Ø 36"

Fuente: Autores Del Proyecto

Ingreso de datos para modelación

Crossing Data - ALCAN SECTOR 2

Nombre: ALCAN SECTOR 2

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	1.930	cms
Maximum Flow	2.700	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	4.600	m
Channel Slope	0.0250	m/m
Manning's n (channel)	0.030	
Channel Invert Elevation	304.110	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	4.600	m
Crest Elevation	305.910	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	6.000	m

Culvert Properties

Culvert 1

Add Culvert

Duplicate Culvert

Delete Culvert

Parameter	Value	Units
CULVERT DATA		
Name	Culvert 1	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	900.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.013	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	304.110	m
Outlet Station	6.500	m
Outlet Elevation	303.960	m

Fuente: autores de proyecto

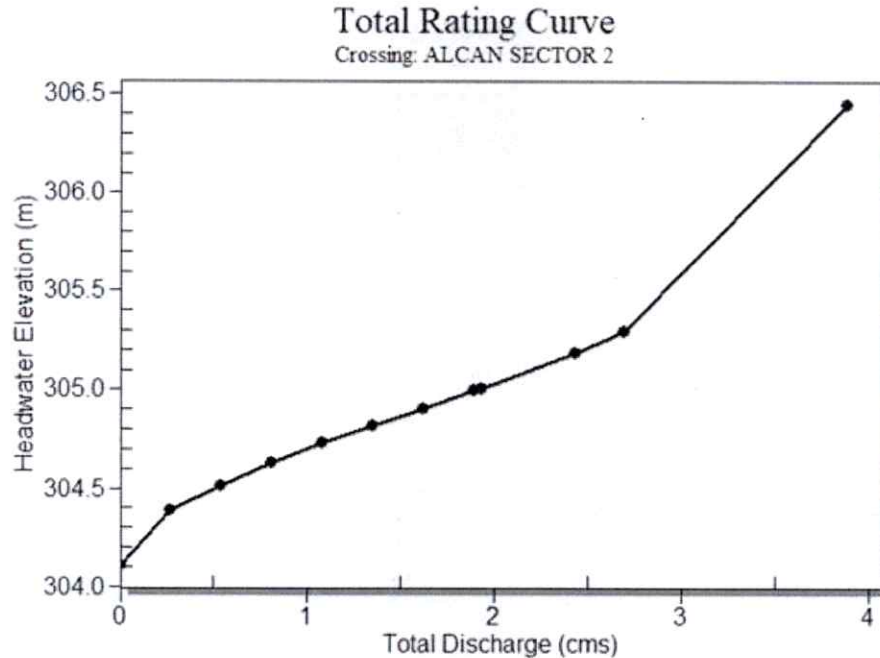
Resumen de flujos de alcantarilla en el cruce

Elevación de la cabecera (m)	Descarga total (m3/s)	Descarga de alcantarilla (m3/s)	Descarga en carretera (m3/s)	Iteraciones
304.11	0.00	0.00	0.00	1
304.39	0.27	0.27	0.00	1
304.51	0.54	0.54	0.00	1
304.63	0.81	0.81	0.00	1
304.73	1.08	1.08	0.00	1
304.82	1.35	1.35	0.00	1
304.91	1.62	1.62	0.00	1
304.99	1.89	1.89	0.00	1
305.01	1.93	1.93	0.00	1
305.18	2.43	2.43	0.00	1
305.29	2.70	2.70	0.00	1
305.91	3.89	3.89	0.00	rebase

Fuente: autores de proyecto

De acuerdo a la tabla anterior se puede determinar que para que el flujo de agua sobrepase el nivel de la rasante del pavimento se requiere un caudal mayor a los 3.0 m3/s el cual es superior al caudal de diseño de 1.93 m3/s.

Gráfico de curva de clasificación para cruce



Fuente: autores de proyecto

Tabla resumen de alcantarilla

Descarga total (m ³ /s)	Descarga de alcantarilla (m ³ /s)	Elevación de la cabecera (m)	Profundidad de control de entrada (m)	Profundidad de control de salida (m)	Tipo de flujo	Profundidad normal (m)	Profundidad crítica (m)	Profundidad de salida (m)	Profundidad del agua de cola (m)	Velocidad de salida (m/s)
0.00	0.00	304.11	0.000	0.000	0-NF	0.000	0.000	0.150	0.000	0.000
0.27	0.27	304.39	0.281	0.072	1-S2n	0.132	0.208	0.146	0.068	1.943
0.54	0.54	304.51	0.405	0.163	1-S2n	0.185	0.298	0.214	0.104	2.241
0.81	0.81	304.63	0.515	0.252	1-S2n	0.227	0.368	0.270	0.133	2.433
1.08	1.08	304.73	0.617	0.340	1-S2n	0.263	0.429	0.319	0.159	2.585
1.35	1.35	304.82	0.709	0.426	1-S2n	0.296	0.481	0.363	0.182	2.715
1.62	1.62	304.91	0.796	0.515	1-S2n	0.326	0.529	0.404	0.204	2.829
1.89	1.89	304.99	0.883	0.610	1-S2n	0.354	0.573	0.443	0.225	2.935
1.93	1.93	305.01	0.896	0.624	1-S2n	0.358	0.579	0.448	0.227	2.951
2.43	2.43	305.18	1.073	0.810	5-S2n	0.408	0.652	0.513	0.263	3.139
2.70	2.70	305.29	1.181	1.024	5-S2n	0.433	0.687	0.547	0.281	3.237

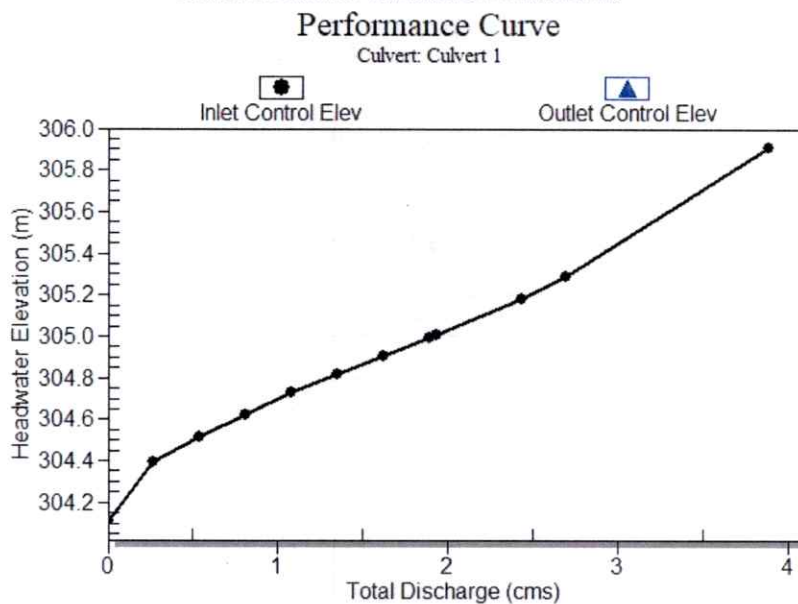
Fuente: autores de proyecto

De acuerdo a la tabla anterior se puede definir que la alcantarilla cumple con las condiciones esperadas, así mismo su velocidad es mayor a la mínima (0.75m/s) y menor o igual a la máxima (5m/s), también se puede determinar que a la profundidad crítica y la profundidad de salida es menor a la altura proyectada cumpliendo a cabalidad con las exigencias hidráulicas.

La elevación del caudal total está por debajo de la inversión de entrada.

Tipo de alcantarilla: alcantarilla recta
 Elevación de entrada (invertido): 304.11 m
 Outlet Elevación (invertido): 303.96 m
 alcantarilla Longitud: 6.5 m,
 pendiente de alcantarilla: : 0.0231

Gráfico de curva de rendimiento de alcantarilla

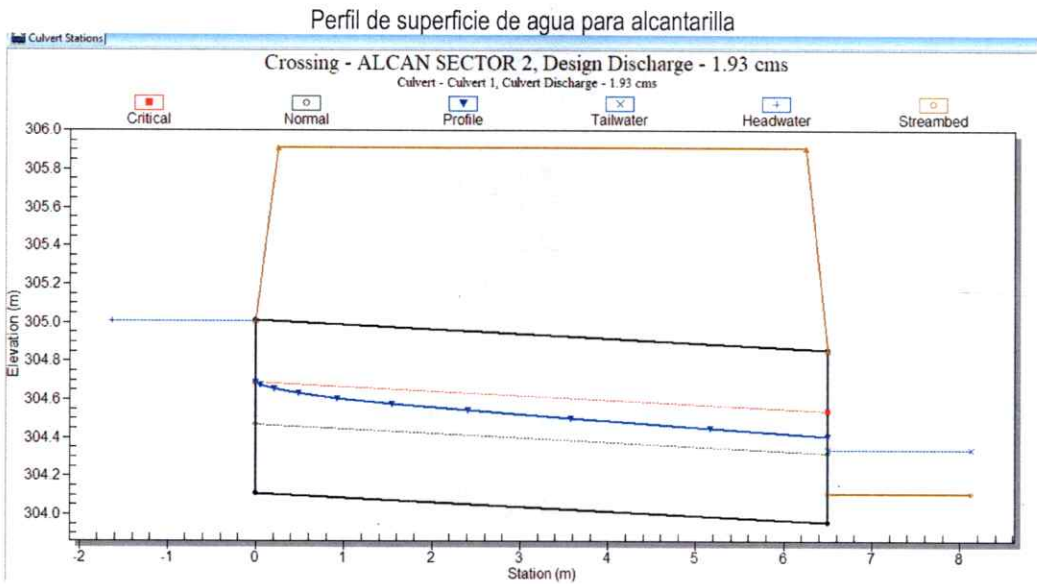


Curva Clasificación del canal descendente

Caudal (m3/s)	Elevación de la superficie del agua (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	esfuerzo cortante (Pa)	Número de Froude
0.00	304.11	0.00	0.00	0.00	0.00
0.27	304.18	0.07	0.86	16.69	1.05
0.54	304.21	0.10	1.13	25.45	1.12
0.81	304.24	0.13	1.32	32.61	1.16
1.08	304.27	0.16	1.48	38.92	1.18
1.35	304.29	0.18	1.61	44.67	1.20
1.62	304.31	0.20	1.73	50.00	1.22
1.89	304.33	0.22	1.83	55.02	1.23
1.93	304.34	0.23	1.84	55.75	1.23
2.43	304.37	0.26	2.01	64.36	1.25
2.70	304.39	0.28	2.09	68.76	1.26

Fuente: autores de proyecto

De acuerdo al cuadro anterior se puede determinar que las profundidades del flujo no superan la cota de rasante que es 305.91 m.s.n.m.



DE ACUERDO A LA FIGURA ANTERIOR PODEMOS OBSERVAR QUE PARA EL CAUDAL DE DISEÑO CON EL CUAL SE MODELO UNA ALCANTARILLA DOBLE DE 36" ES SUFICIENTE YA QUE EL FLUJO NO SUPERA LA DE LÍNEA DE FLUJO CRÍTICA DE AGUAS. ASÍ MISMO SE PUEDE OBSERVAR QUE NO HABRÁ UN DESBORDAMIENTO SOBRE LA VÍA EN UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS PARA UN CAUDAL MÁXIMO.

8.2.3. Resultados modelación Alcantarilla (sector 3)

Se realiza el ingreso de datos al software HY-8 para su respectiva modelación teniendo en cuenta los siguientes datos de campo.

Datos para modelación

REFERENCIA DE AREA TRAMO	Q DISEÑO	Q MAXIMO	ABSCISA	COTA BATEA ENTRADA	COTA RASANTE	ANCHO DE BASE TALUD	ANCHO DE CORONA	L ALCANT	S	N MANNING	COTA BATEA SALIDA	TIPO DE SECCION
sector 3	1.21	1.70	k0+085	304.25	306.05	6	5	6.5	2.25%	0.013	304.10	1 Ø 36"

Fuente: Autores Del Proyecto

Ingreso de datos para modelación

Crossing Properties

Name: ALCAN SECTOR 3

Parameter	Value	Units
DISCHARGE DATA		
Discharge Method	Minimum, Design, and Maximum	
Minimum Flow	0.000	cms
Design Flow	1.210	cms
Maximum Flow	1.700	cms
TAILWATER DATA		
Channel Type	Rectangular Channel	
Bottom Width	4.600	m
Channel Slope	0.0250	m/m
Manning's n (channel)	0.030	
Channel Invert Elevation	304.250	m
Rating Curve	View...	
ROADWAY DATA		
Roadway Profile Shape	Constant Roadway Elevation	
First Roadway Station	0.000	m
Crest Length	4.600	m
Crest Elevation	306.050	m
Roadway Surface	Paved	
Top Width	6.000	m

Culvert Properties

Culvert 1

Add Culvert

Duplicate Culvert

Delete Culvert

Parameter	Value	Units
Name	Culvert 1	
Shape	Circular	
Material	Concrete	
Diameter	900.000	mm
Embedment Depth	0.000	mm
Manning's n	0.013	
Culvert Type	Straight	
Inlet Configuration	Square Edge with Headwall	
Inlet Depression?	No	
SITE DATA		
Site Data Input Option	Culvert Invert Data	
Inlet Station	0.000	m
Inlet Elevation	304.250	m
Outlet Station	6.000	m
Outlet Elevation	304.100	m
Number of Barrels	1	

Fuente: autores de proyecto

Resumen de flujos de alcantarilla en el cruce

Elevación de la cabecera (m)	Descarga total (m3/s)	Descarga de alcantarilla (m3/s)	Descarga en carretera (m3/s)	Iteraciones
304.25	0.00	0.00	0.00	1
304.57	0.17	0.17	0.00	1
304.71	0.34	0.34	0.00	1
304.85	0.51	0.51	0.00	1
304.96	0.68	0.68	0.00	1
305.07	0.85	0.85	0.00	1
305.18	1.02	1.02	0.00	1
305.30	1.19	1.19	0.00	1
305.32	1.21	1.21	0.00	1
305.59	1.53	1.53	0.00	1
305.77	1.70	1.70	0.00	1
306.05	1.94	1.94	0.00	rebase

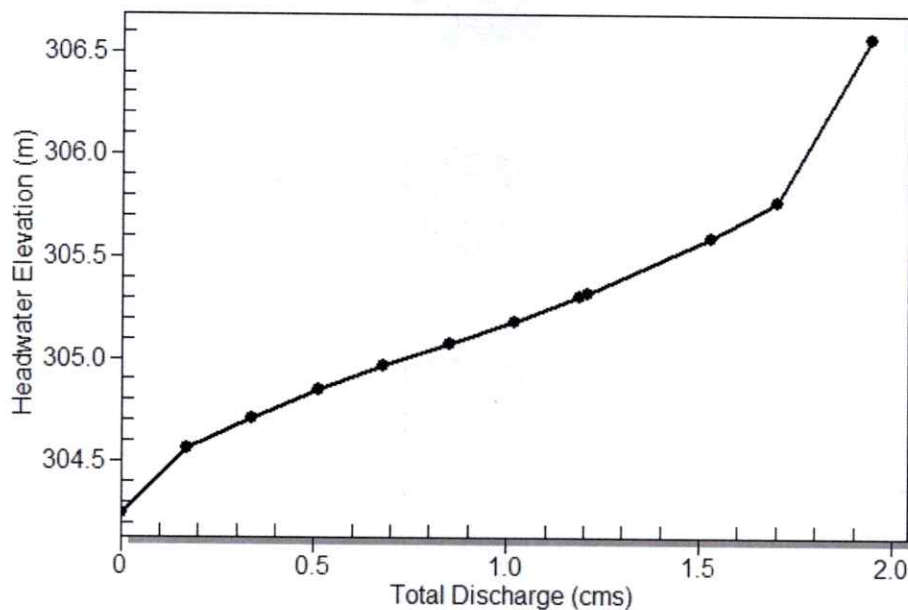
Fuente: autores de proyecto

De acuerdo a la tabla anterior se puede determinar que para que el flujo de agua sobrepase el nivel de la rasante del pavimento se requiere un caudal mayor a los 1.9 m3/s el cual es superior al caudal de diseño de 1.20 m3/s.

Gráfico de curva de clasificación para cruce

Total Rating Curve

Crossing: ALCAN SECTOR 3



Fuente: autores de proyecto

Tabla resumen de alcantarilla

Descarga total (m ³ /s)	Descarga de alcantarilla (m ³ /s)	Elevación de la cabecera (m)	Profundidad de control de entrada (m)	Profundidad de control de salida (m)	Tipo de flujo	Profundidad normal (m)	Profundidad crítica (m)	Profundidad de salida (m)	Profundidad del agua de cola (m)	Velocidad de salida (m/s)
0.00	0.00	304.25	0.000	0.000	0-NF	0.000	0.000	0.150	0.000	0.000
0.17	0.17	304.57	0.317	0.091	1-S2n	0.147	0.235	0.166	0.051	2.037
0.34	0.34	304.71	0.460	0.210	1-S2n	0.208	0.336	0.244	0.078	2.351
0.51	0.51	304.85	0.596	0.320	1-S2n	0.255	0.416	0.308	0.100	2.555
0.68	0.68	304.96	0.712	0.429	1-S2n	0.297	0.483	0.364	0.120	2.720
0.85	0.85	305.07	0.821	0.544	1-S2n	0.334	0.543	0.416	0.137	2.860
1.02	1.02	305.18	0.933	0.663	5-S2n	0.369	0.596	0.463	0.153	2.994
1.19	1.19	305.30	1.054	0.791	5-S2n	0.403	0.645	0.507	0.169	3.122
1.21	1.21	305.32	1.069	0.806	5-S2n	0.407	0.651	0.512	0.170	3.136
1.53	1.53	305.59	1.343	1.152	5-S2n	0.467	0.729	0.589	0.197	3.368
1.70	1.70	305.77	1.516	1.284	5-S2n	0.498	0.763	0.626	0.210	3.499

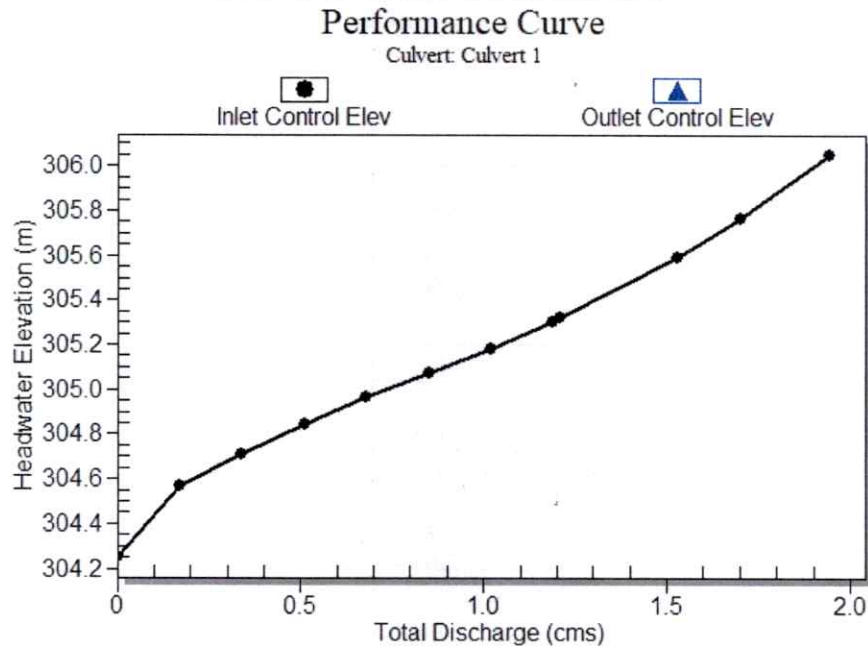
Fuente: autores de proyecto

De acuerdo a la tabla anterior se pudo definir que la alcantarilla cumple con las condiciones esperadas, así mismo su velocidad es mayor a la mínima (0.75m/s) y menor o igual a la máxima (5m/s), también se puede determinar que a la profundidad crítica y la profundidad de salida es menor a la altura proyectada cumpliendo a cabalidad con las exigencias hidráulicas.

La elevación del caudal total está por debajo de la inversión de entrada.

Tipo de alcantarilla: alcantarilla recta
Elevación de entrada (invertido): 304.25 m
Outlet Elevación (invertido): 303.96 m
Alcantarilla Longitud: 6.5 m,
pendiente de Alcantarilla: : 0.0231

Gráfico de curva de rendimiento de alcantarilla



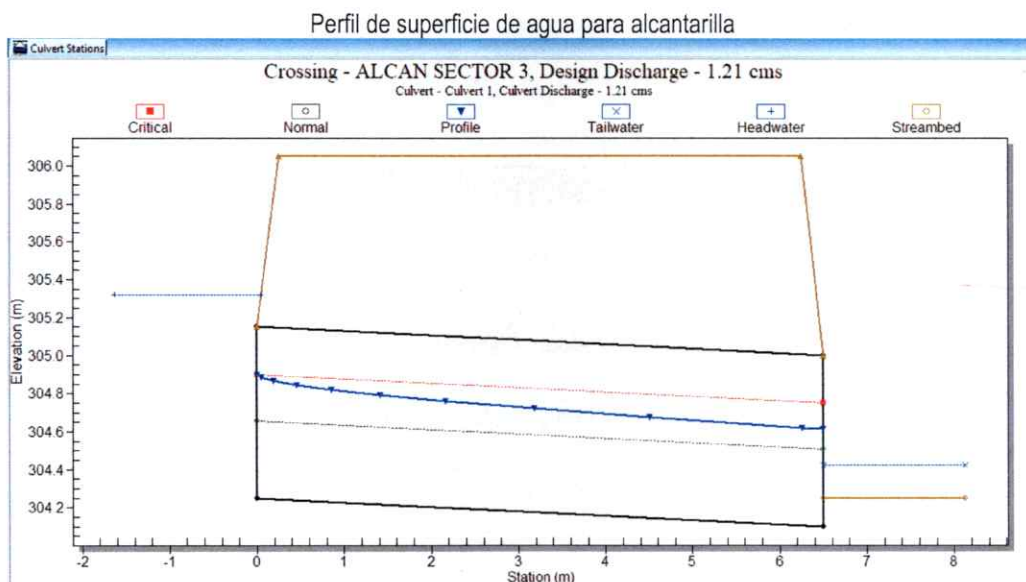
Fuente: autores de proyecto

Curva Clasificación del canal descendente

Caudal (m3/s)	Elevación de la superficie del agua (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	esfuerzo cortante (Pa)	Número de Froude
0.00	304.25	0.00	0.00	0.00	0.00
0.17	304.30	0.05	0.72	12.60	1.01
0.34	304.33	0.08	0.94	19.19	1.08
0.51	304.35	0.10	1.11	24.57	1.11
0.68	304.37	0.12	1.24	29.30	1.14
0.85	304.39	0.14	1.35	33.58	1.16
1.02	304.40	0.15	1.45	37.57	1.18
1.19	304.42	0.17	1.53	41.31	1.19
1.21	304.42	0.17	1.54	41.74	1.19
1.53	304.45	0.20	1.69	48.26	1.21
1.70	304.46	0.21	1.76	51.52	1.22

Fuente: autores de proyecto

De acuerdo al cuadro anterior se puede determinar que las profundidades del flujo no superan la cota de rasante que es 306.05 m.s.n.m.



Fuente: autores de proyecto

DE ACUERDO A LA FIGURA ANTERIOR PODEMOS OBSERVAR QUE PARA EL CAUDAL DE DISEÑO CON EL CUAL SE MODELO UNA ALCANTARILLA DE 36" ES SUFICIENTE YA QUE EL FLUJO NO SUPERA LA DE LÍNEA DE FLUJO CRÍTICA DE AGUAS. ASÍ MISMO SE PUEDE OBSERVAR QUE NO HABRÁ UN DESBORDAMIENTO SOBRE LA VÍA EN UN PERIODO DE RETORNO DE 50 AÑOS PARA UN CAUDAL MÁXIMO.

9. SOCAVACIÓN

Cuando se pretende calcular la socavación en un río, caño o afluente es difícil calcularla con exactitud debido a los diferentes factores que influyen en dicho fenómeno, como el caudal del río, 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 realizados 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 crecienta seleccionada.

9.1. Socavación en obras de arte

Las alcantarillas y box coulvert generan concentraciones de aguas, las cuales producen varios fenómenos, así:

- Socavación por flujo concentrado, si el fondo de la estructura se encuentra descubierto.

- Erosión aguas abajo de la estructura por chorros concentrados de agua a velocidades generalmente altas. Estos chorros pueden producir cárcavas de erosión de gran magnitud, si la fuerza tractiva de la corriente es superior a la resistencia a la erosión. Breusers y Raudhvi (1991) recomiendan utilizar las siguientes expresiones para determinar la profundidad, el ancho y la longitud de las fosas de socavación aguas abajo de las alcantarillas:

Profundidad de Socavación (Y_s):

$$\frac{Y_s}{D} = 0.65 \left(\frac{V}{V_c} \right)^{1/3}$$

V: Velocidad promedio en la alcantarilla, en metros por segundo (m/s).

D: Diámetro de la alcantarilla, en metros (m).

Fr: Número de Froude.

V^*C : Velocidad cortante crítica para el material del suelo, en metros por segundo (m/s).

Para el cálculo de la velocidad crítica calculada mediante una ecuación que relaciona el diámetro de la partícula de lecho de una muestra, en la cual el 50% es más fino, tomada del manual de drenajes del invias 2011.

$$V_c = 6.19 Y_0^{1/6} d_{50}^{1/3}$$

Donde:

V_c : Velocidad crítica por encima de la cual el material de lecho con tamaño d_{50} o más pequeño es transportado, en metros por segundo (m/s).

Y_0 : Profundidad del flujo, en metros (m).

d_{50} : Diámetro de la partícula de lecho de una muestra, en la cual el 50% es más fino, en metros (m).

así que para la obtención del diámetro de la partícula se tomó como referencia los resultados obtenidos de las muestras de laboratorios en cada una de las curvas granulométricas del estudio de suelos del presente proyecto teniendo en cuenta la referencia al punto de ubicación de la estructura de las alcantarillas a construir.

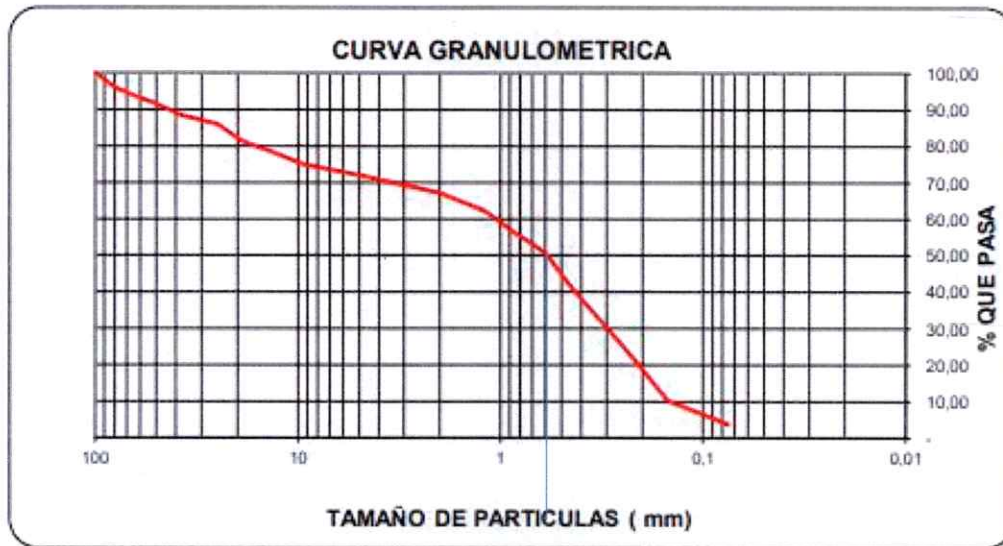
Teniendo en cuenta el anexo 2 del estudio de suelos del presente proyecto se puede clasificar el sondeo, la muestra para la estructura que se pretende evaluar en el presente estudio. Así mismo el tipo de suelo correspondiente a la estratigrafía del terreno.

9.2. Cálculo de socavación obras de arte

A continuación, se realizará el cálculo de la socavación para la obra de arte proyectada de acuerdo a su ubicación, análisis hidráulico y geotécnico.

9.2.1. Socavación alcantarilla proyectada (sector 1) (sondeo s1)

Teniendo en cuenta el estudio de suelos y para el cálculo de la velocidad crítica necesaria para el cálculo de socavación se identifica el diámetro de la partícula para d_{50} en la muestra de suelo obtenida en el punto de construcción de la estructura proyectada.



Fuente: estudio de suelos del proyecto

Dando como resultado $d_{50} = 0.6 \text{ mm} = 0.0006 \text{ m}$

Así mismo de acuerdo a los resultados en el capítulo diseño de alcantarilla los resultados de la modelación se obtiene altura del flujo y su velocidad

Caudal (m3/s)	Elevación de la superficie del agua (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	esfuerzo cortante (Pa)	Número de Froude
0.00	312.79	0.00	0.00	0.00	0.00
0.26	312.86	0.07	0.85	16.19	1.05
0.51	312.89	0.10	1.11	24.69	1.12
0.77	312.92	0.13	1.30	31.64	1.15
1.03	312.94	0.15	1.45	37.76	1.18
1.28	312.97	0.18	1.58	43.32	1.20
1.54	312.99	0.20	1.69	48.50	1.22
1.80	313.01	0.22	1.80	53.36	1.23
1.83	313.01	0.22	1.81	53.93	1.23
2.31	313.04	0.25	1.97	62.41	1.25
2.57	313.06	0.27	2.05	66.66	1.26

De acuerdo al caudal de diseño se toma como $Y_0 = 0.22$, $V = 1.81 \text{ m/s}$ y $Fr = 1.23$
Por tanto, de la ecuación

$$V_c = 6.19 Y_0^{1/6} d_{50}^{1/3}$$

$$\begin{aligned}Y_0 &= 0.22 \text{ m} \\d_{50} &= 0.0006 \text{ m} \\V_c &= 0.41 \text{ m/s}\end{aligned}$$

Teniendo en cuenta los datos obtenidos anteriormente se procede a realizar el cálculo de la socavación

Profundidad de Socavación (Y_s):

$$\begin{aligned}V_c &= 0.41 \text{ m/s} \\V &= 1.81 \text{ m/s} \\D &= 0.9 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\frac{Y_s}{D} = 0.65 \left(\frac{V}{V_c} \right)^{1/3}$$

$$Y_s = 0.96 \text{ m}$$

Ancho de Socavación (B_s)

$$\frac{B_s}{D} = 7.5 (F_r)^{2/3}$$

Donde:

$$\begin{aligned}F_r &= 1.23 \\D &= 0.9 \text{ m} \\B_s &= 7.75 \text{ m}\end{aligned}$$

Longitud de Socavación (L_s)

$$\frac{L_s}{D} = 15 (F_r)^{2/3}$$

Donde:

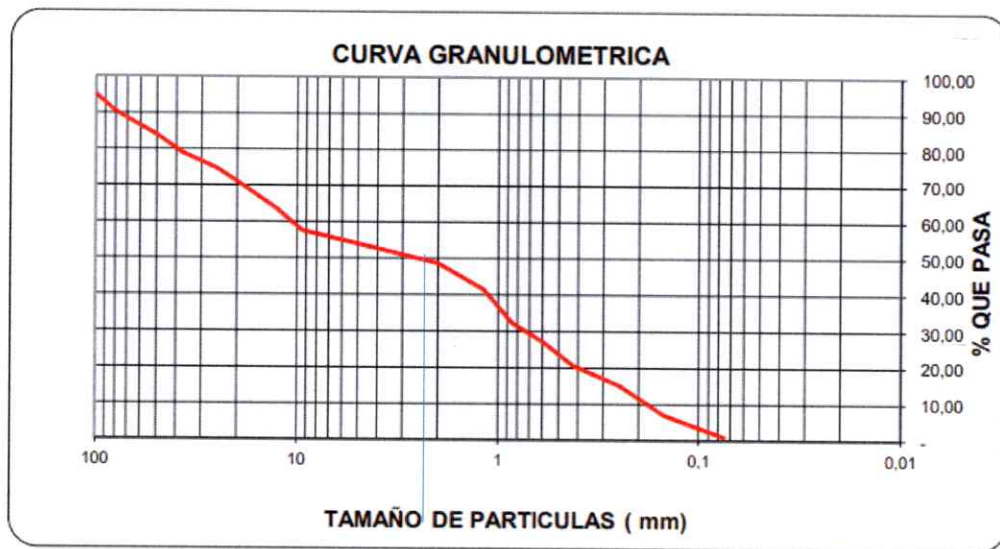
$$\begin{aligned}F_r &= 1.15 \\D &= 0.9 \text{ m} \\L_s &= 15.5 \text{ m}\end{aligned}$$

De acuerdo a los resultados anteriores se deduce que la socavación es proporcional a la altura de la estructura, en este caso debido a que se tiene una alcantarilla de diámetro 0.9 metro, la socavación puede llegar a 1 metro aproximadamente de acuerdo a las condiciones del suelo en una longitud de 15.50 metros aproximadamente y con un ancho aproximado de socavación de 7.75 metros aguas abajo.

Por tanto, es indispensable la conducción de las aguas lluvias mediante estructuras que garanticen el TRANSPORTE EVITANDO LA EROSIÓN.

9.2.2. Socavación alcantarilla proyectada (sector 2) (sondeo s3 muestra 1)

Teniendo en cuenta el estudio de suelos y para el cálculo de la velocidad crítica necesaria para el cálculo de socavación se identifica el diámetro de la partícula para d_{50} en la muestra de suelo obtenida en el punto de construcción de la estructura proyectada.



Fuente: estudio de suelos del proyecto

Dando como resultado $d_{50} = 2.3 \text{ mm} = 0.0023 \text{ m}$

Así mismo de acuerdo a los resultados en el capítulo diseño de alcantarilla los resultados de la modelación se obtiene altura del flujo y su velocidad

Caudal (m3/s)	Elevación de la superficie del agua (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	esfuerzo cortante (Pa)	Número de Froude
0.00	304.97	0.00	0.00	0.00	0.00
0.27	305.04	0.07	0.86	16.69	1.05
0.54	305.07	0.10	1.13	25.45	1.12
0.81	305.10	0.13	1.32	32.61	1.16
1.08	305.13	0.16	1.48	38.92	1.18
1.35	305.15	0.18	1.61	44.67	1.20
1.62	305.17	0.20	1.73	50.00	1.22
1.89	305.19	0.22	1.83	55.02	1.23
1.93	305.20	0.23	1.84	55.75	1.23
2.43	305.23	0.26	2.01	64.36	1.25
2.70	305.25	0.28	2.09	68.76	1.26

De acuerdo al caudal de diseño se toma como $Y_0 = 0.23$, $V = 1.84 \text{ m/s}$ y $Fr = 1.23$
Por tanto, de la ecuación

$$V_c = 6.19 Y_0^{1/6} d_{50}^{1/3}$$

$Y_0 = 0.23 \text{ m}$

$$d_{50} = 0.0023 \text{ m}$$

$$V_c = 0.64 \text{ m/s}$$

Teniendo en cuenta los datos obtenidos anteriormente se procede a realizar el cálculo de la socavación

Profundidad de Socavación (Y_s):

$$V_c = 0.64 \text{ m/s}$$

$$V = 1.84 \text{ m/s}$$

$$D = 0.9 \text{ m}$$

$$\frac{Y_s}{D} = 0.65 \left(\frac{V}{V_c} \right)^{1/3}$$

$$Y_s = 0.83 \text{ m}$$

Ancho de Socavación (B_s)

$$\frac{B_s}{D} = 7.5 (F_r)^{2/3}$$

Donde:

$$F_r = 1.23$$

$$D = 0.9 \text{ m}$$

$$B_s = 7.75 \text{ m}$$

Longitud de Socavación (L_s)

$$\frac{L_s}{D} = 15 (F_r)^{2/3}$$

Donde:

$$F_r = 1.23$$

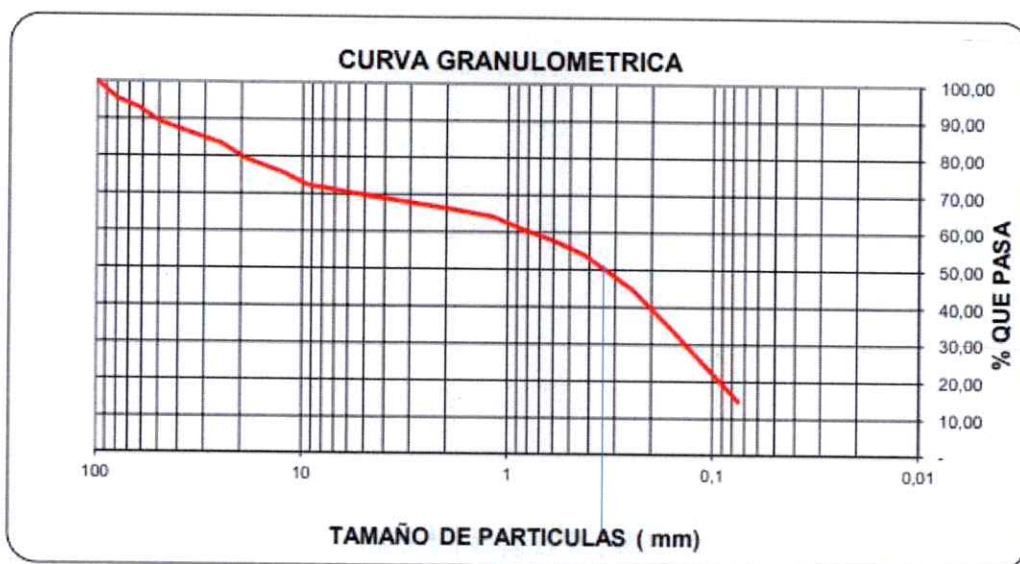
$$D = 0.9 \text{ m}$$

$$L_s = 15.5 \text{ m}$$

De acuerdo a los resultados anteriores se deduce que la socavación es proporcional a la altura de la estructura, en este caso debido a que se tiene una alcantarilla de diámetro 0.9 metro, la socavación puede llegar a 0.9 metro aproximadamente de acuerdo a las condiciones del suelo en una longitud de 15.50 metros aproximadamente y con un ancho aproximado de socavación de 7.75 metros aguas abajo. Por tanto, es indispensable la conducción de las aguas lluvias mediante estructuras que garanticen el TRANSPORTE EVITANDO LA EROSIÓN.

9.2.3. Socavación alcantarilla proyectada (sector 3) (sondeo s6 muestra 2)

Teniendo en cuenta el estudio de suelos y para el cálculo de la velocidad crítica necesaria para el cálculo de socavación se identifica el diámetro de la partícula para d_{50} en la muestra de suelo obtenida en el punto de construcción de la estructura proyectada.



Fuente: estudio de suelos del proyecto

Dando como resultado $d_{50} = 0.33 \text{ mm} = 0.00033 \text{ m}$

Así mismo de acuerdo a los resultados en el capítulo diseño de alcantarilla los resultados de la modelación se obtiene altura del flujo y su velocidad

Caudal (m ³ /s)	Elevación de la superficie del agua (m)	Profundidad (m)	Velocidad (m/s)	esfuerzo cortante (Pa)	Número de Froude
0.00	304.25	0.00	0.00	0.00	0.00
0.17	304.30	0.05	0.72	12.60	1.01
0.34	304.33	0.08	0.94	19.19	1.08
0.51	304.35	0.10	1.11	24.57	1.11
0.68	304.37	0.12	1.24	29.30	1.14
0.85	304.39	0.14	1.35	33.58	1.16
1.02	304.40	0.15	1.45	37.57	1.18
1.19	304.42	0.17	1.53	41.31	1.19
1.21	304.42	0.17	1.54	41.74	1.19
1.53	304.45	0.20	1.69	48.26	1.21
1.70	304.46	0.21	1.76	51.52	1.22

De acuerdo al caudal de diseño se toma como $Y_0 = 0.17$, $V = 1.54 \text{ m/s}$ y $Fr = 1.19$
Por tanto, de la ecuación

$$V_c = 6.19 Y_0^{1/6} d_{50}^{1/3}$$

$Y_0 = 0.17 \text{ m}$

$$d_{50}=0.00033\text{m}$$

$$V_c= 0.32 \text{ m/s}$$

Teniendo en cuenta los datos obtenidos anteriormente se procede a realizar el cálculo de la socavación

Profundidad de Socavación (Y_s):

$$V_c= 0.32 \text{ m/s}$$

$$V = 1.54 \text{ m/s}$$

$$D = 0.9\text{m}$$

$$\frac{Y_s}{D} = 0.65 \left(\frac{V}{V_c} \right)^{1/3}$$

$$Y_s= 0.99 \text{ m}$$

Ancho de Socavación (B_s)

$$\frac{B_s}{D} = 7.5 (F_r)^{2/3}$$

Donde:

$$F_r= 1.19$$

$$D = 0.9 \text{ m}$$

$$B_s = 7.58 \text{ m}$$

Longitud de Socavación (L_s)

$$\frac{L_s}{D} = 15 (F_r)^{2/3}$$

Donde:

$$F_r= 1.19$$

$$D = 0.9 \text{ m}$$

$$L_s = 15.16 \text{ m}$$

De acuerdo a los resultados anteriores se deduce que la socavación es proporcional a la altura de la estructura, en este caso debido a que se tiene una alcantarilla de diámetro 0.9 metro, la socavación puede llegar a 0.99 metro aproximadamente de acuerdo a las condiciones del suelo en una longitud de 15.16 metros aproximadamente y con un ancho aproximado de socavación de 7.58 metros aguas abajo. Por tanto, es indispensable la conducción de las aguas lluvias mediante estructuras que garanticen el TRANSPORTE EVITANDO LA EROSIÓN.

10. CHEQUEO HIDRÁULICO DE ESTRUCTURA EXISTENTE

De acuerdo con el diagnóstico del proyecto y las visitas de campo realizadas, se verificó que en los tres sectores definidos para la proyección de las alcantarillas no existen estructuras hidráulicas preexistentes.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El presente estudio permitió la verificación de las condiciones de drenaje del proyecto denominado **CONSTRUCCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS PARA ALCANTARILLAS EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**
- De acuerdo al análisis hidrológico de la zona de estudio se determina que el proyecto a ejecutar se encuentra ubicado en la vereda las Palmera zona Rural 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 promedio de la vía y su longitud se realizó el cálculo del tiempo de concentración $T_c = 10$ min.

Para el diseño de las alcantarillas se toma un valor de coeficiente de escorrentía de $c = 0.44$

- 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 y periodo de retorno de 20 de años para el caudal de diseño.

Periodo de retorno	Intensidad mm/h
20 años	150
50 años	210

- 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 de las alcantarillas proyectado se determinó que el área de la cuenca se pudo establecer que la superficie en estudio equivale a una extensión de 10 ha para el sector 1, 10.5 para el sector 2 y 6.6 ha para el sector 3
- Para el diseño hidráulico de las alcantarillas se tomó como periodo de retorno un tiempo de $TR = 50$ años para un caudal máximo y un $TR = 20$ años para el caudal de diseño.
- Según la topografía del lugar se pudo concluir que la pendiente de la cuenca es de 2.25% según la batimetría realizada.
- El caudal de diseño de las cuencas para el análisis de las alcantarillas existentes:

tr = 20 años

ÁREAS DE DRENAJE		CALCULO DE CAUDAL				
DESCRIPCION	AREA ACUMULADA(Ha)	C	I	$Q=2,78 \cdot C \cdot I \cdot A$ (L/S)	Q (m3/s)	Q D
cuenca sector1	10	0.44	150	1834.8	1.8348	1.83

tr = 50 años

ÁREAS DE DRENAJE		CALCULO DE CAUDAL				
DESCRIPCION	AREA ACUMULADA(Ha)	C	I	$Q=2,78 \cdot C \cdot I \cdot A$ (L/S)	Q (m3/s)	Q D
cuenca sector1	10	0.44	210	2568.72	2.56872	2.57

tr = 20 años

ÁREAS DE DRENAJE		CALCULO DE CAUDAL				
DESCRIPCION	AREA ACUMULADA(Ha)	C	I	$Q=2,78 \cdot C \cdot I \cdot A$ (L/S)	Q (m3/s)	Q D
cuenca sector2	10.5	0.44	150	1926.54	1.92654	1.93

tr = 50 años

ÁREAS DE DRENAJE		CALCULO DE CAUDAL				
DESCRIPCION	AREA ACUMULADA(Ha)	C	I	$Q=2,78 \cdot C \cdot I \cdot A$ (L/S)	Q (m3/s)	Q D
cuenca sector2	10.5	0.44	210	2697.16	2.69716	2.70

tr = 20 años

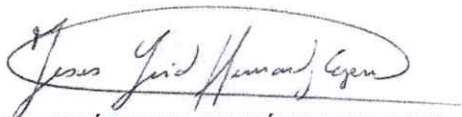
ÁREAS DE DRENAJE		CALCULO DE CAUDAL				
DESCRIPCION	AREA ACUMULADA(Ha)	C	I	$Q=2,78 \cdot C \cdot I \cdot A$ (L/S)	Q (m3/s)	Q D
cuenca sector2	6.61	0.44	150	1212.8	1.2128	1.21

tr = 50 años

ÁREAS DE DRENAJE		CALCULO DE CAUDAL				
DESCRIPCION	AREA ACUMULADA(Ha)	C	I	$Q=2,78 \cdot C \cdot I \cdot A$ (L/S)	Q (m3/s)	Q D
cuenca sector2	6.61	0.44	210	1697.92	1.69792	1.70

Fuente: autores del proyecto

- De acuerdo a los resultados en la modelación se tiene que una altura de flujo para el Qd de **Y = 0.6 m crítica para los sectores 1 y 2 respectivamente; y 0.65 m en el sector 3. la cual es inferior a la altura propuesta de 0.9 m trabajando la sección hidráulica garantizando que no haya rebose.**
- De acuerdo a los análisis realizados se tiene una socavación de a 0.96, 0.83 y 0.99 metros aproximadamente para los sectores 1, 2 y 3 respectivamente, así mismo de acuerdo a las condiciones del suelo en una longitud de 15.5 metros y con un ancho aproximado de socavación de 7.75 metros aguas abajo para ambos sectores analizados en los sectores 1 y 2; y una longitud de 15.16 metros y con un ancho aproximado de socavación de 7.58 metros aguas abajo
- **SE DEFINE COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN LA SECCIÓN HIDRÁULICA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA ALCANTARILLA DOBLE DE 36" PARA CADA UNO DE LOS SECTORES 1 Y 2 RESPECTIVAMENTE Y UNA ALCANTARILLA DE 36 PARA EL SECTOR 3**
- Los datos obtenidos de la socavación de la estructura de drenaje se deben a los diferentes crecientes, en las entradas y salidas debido a las altas precipitaciones y topografía del área del proyecto, estas crecientes producen vórtices y remolinos que erosionan y socavan el talud o el terreno bajo las alcantarillas. Es por estos que para la construcción de las mismas se requiere la construcción de placas de solera, tanto de la entrada como de la salida, y a su vez dentellones en los extremos.
- 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.



ING. JESÚS YESID HERNÁNDEZ EUGENIO
MAGISTER RECURSOS HÍDRICOS UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
CC. 88.235 784 de Cúcuta

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 OBRAS HIDRAULICAS EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**

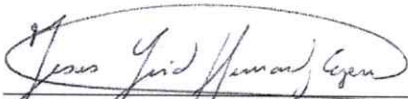
Por lo anterior, manifiesto ceder plenamente los derechos al municipio de saravena, Arauca..

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.

Pra 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 01 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 OBRAS HIDRAULICAS EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE SARAVERA, DEPARTAMENTO DE ARAUCA**

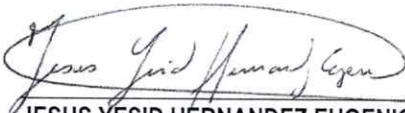
Por lo anterior, manifiesto que asumo toda responsabilidad referente a los perjuicios que puedan deducirse a causa de este estudio y exonero al municipio de saravena ante terceros de cualquier responsabilidad civil, penal o administrativa por cualquier falta u omisión del presente estudio.

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

Pra 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 01 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

149

REPÚBLICA DE COLOMBIA
IDENTIFICACIÓN PERSONAL
CÉDULA DE CIUDADANIA

NUMERO **88.235.784**

HERNANDEZ EUGENIO

APELLIDOS

JESUS YESID

NOMBRES



INDICE DERECHO

FECHA DE NACIMIENTO **12-DIC-1978**

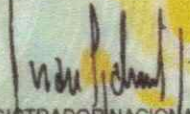
CUCUTA
(NORTE DE SANTANDER)
LUGAR DE NACIMIENTO

1.60
ESTATURA

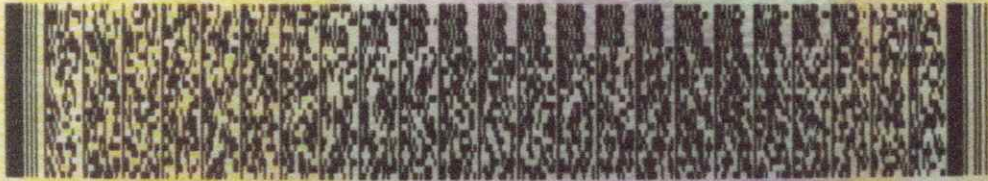
A+
G.S. RH

M
SEXO

14-MAR-1997 CUCUTA
FECHA Y LUGAR DE EXPEDICIÓN



REGISTRADOR NACIONAL
JUAN CARLOS GALINDO VACHA



A-1500150-00954677-M-0088235784-20171115 0058473010G 4 9902058473

NACIONAL DEL ESTADO CIVIL



República de Colombia
Ministerio de Educación Nacional
y en su nombre

La Universidad Francisco de Paula Santander

Con sede en la ciudad de Bogotá, D.C., y en las ciudades de Bucaramanga, Barranquilla, Medellín, Manizales, Palmira, Pereira, Santa Marta, Toluca, Tunja, Villavicencio y Yopal.

Confiere el Título de

Ingeniero Civil

A

Señor Víctor Hernández Eugenio

C.C. No. 88.235.734 expedido en Ciénega M. & S.

Quien cumplió satisfactoriamente con los requisitos académicos exigidos.
En testimonio de ello otorga el presente

DIPLOMA

Expedido en la ciudad de Ciénega, a 14 de Marzo de 2003


Rector


Decano

FECHA 25

NÚM. 19553

PÁGINA 0030

IMPRESIÓN 14668

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

BOGOTÁ D.C.

REPÚBLICA DE COLOMBIA

El Consejo Directivo y el Rector de la Universidad de los Andes

con las debidas autorizaciones legales y teniendo en cuenta que

Jesús Jesid Hernández Eugenio

C.C. 88.230.784

ha cumplido con los requisitos académicos exigidos por la Universidad, le otorgan, con los derechos y obligaciones correspondientes, el diploma de

Magister en Ingeniería
Arca Civil

El Presidente del Consejo Directivo

El Rector

El Decano de la Facultad

La Secretaría General

REGISTRADO

LIBRO 12 FOLIO 52

Bogotá D.C., 30 de Junio de 2006

P.J. Resolución N° 28 del 23 de febrero de 1949 del Ministerio de Justicia

25586



LA SUSCRITA DIRECTORA DE LA OFICINA DE ADMISIONES Y
REGISTRO DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
APROBADA POR RESOLUCION N° 28 DE FEBRERO 23 DE 1949
N° 800.007.586.1

CERTIFICACION

Que el señor JESÚS YESID HERNÁNDEZ EUGENIO, identificado con Cédula de Ciudadanía No: 88.235.784, recibió el título de MAGISTER EN INGENIERÍA, AREA CIVIL, de esta Universidad, el 30 de junio de 2006, de acuerdo al acta 672 libro 12 folio 52 de la misma fecha. El señor Hernández realizó la mencionada maestría con énfasis en RECURSOS HIDRÍCOS E HIDROINFORMÁTICA. ESTA CONSTANCIA SE EXPIDE A SOLICITUD DEL INTERESADO.


CLEMENIA NIETO GUZMÁN

Directora

Oficina de Admisiones y Registro

Bogotá, 08 de Septiembre de 2021

— 4 —

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



**MATRICULA No. 54202098020MTS
 INGENIERO CIVIL**

**DE FECHA 24/04/2003
 HERNANDEZ EUGENIO
 JESUS YESID
 C.C. 89235784
 UNIVERSIDAD FRANCISCO
 DE PAULA SANTANDER**

Juanito Jaramila
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.



**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA**

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JESUS YESID HERNANDEZ EUGENIO, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 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 Darío 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.