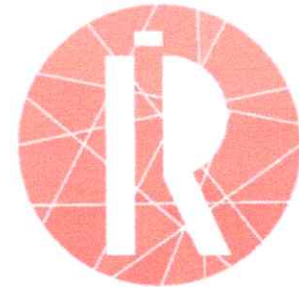


# ESTUDIO DE HIDROLOGÍA



EMPRESA DE  
SERVICIOS PÚBLICOS  
DE ACACIAS E.S.P  
NIT: 822.001.833-5



RÁSTER INGENIERÍA  
S.A.S  
NIT: 901.372.366-4  
R/L: ASLEY  
FERNANDO ESPEJO

**CONSULTORÍA 128 DE 2021**

**“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA BOCATOMA  
EN LA QUEBRADA LAS BLANCAS DEL MUNICIPIO DE ACACIAS,  
DEPARTAMENTO DEL META”**

VILLAVICENCIO – META, FEBRERO DE 2022

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Listado de estaciones meteorológica del proyecto. Tipo estación: Pm: Pluviométrica. ....	10
Tabla 2 Periodos del fenómeno ENSO Fuente: Oceanic Niño Index, ONI, www.cpc.ncep.noaa.gov .....	16
Tabla 3 Tiempo de concentración de la cuenca .....	20
Tabla 4 Lluvia de diseño para $Tr=2.33$ años .....	24
Tabla 5 Lluvia de diseño para $Tr=5$ años .....	24
Tabla 6 Lluvia de diseño para $Tr=10$ años .....	25
Tabla 7 Lluvia de diseño para $Tr = 20$ años .....	26
Tabla 8 Lluvia de diseño para $Tr = 25$ años .....	26
Tabla 9 Lluvia de diseño para $Tr = 50$ años .....	27
Tabla 10 Lluvia de diseño para $Tr = 100$ años .....	28
Tabla 11 Caudales de diseño Q Las Blancas.....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3 Cuenca Q Las Blancas (Fuente: Consultor) .....	13
Figura 4 Curvas IDF Proyecto.....	14
Figura 5 Índice Oceánico Niño ONI para clasificación de los Fenómenos ENSO....	15
Figura 6 Curva profundidad-área para reducir precipitación puntual (Fuente: Ven te Chow) .....	23
Figura 7 Lluvia de diseño para $Tr = 2.33$ años .....	24
Figura 8 Lluvia de diseño para $Tr = 5$ años .....	25
Figura 9 Lluvia de diseño para $Tr = 10$ años .....	25
Figura 10 Lluvia de diseño para $Tr = 20$ años .....	26
Figura 11 Lluvia de diseño para $Tr = 25$ años .....	27
Figura 12 Lluvia de diseño para $Tr = 50$ años .....	27
Figura 13 Lluvia de diseño para $Tr = 100$ años .....	28



### REVISIÓN DE DOCUMENTO

ELABORÓ	
ING. CIVIL ESPECIALISTA EN VÍAS Y TRANSPORTE <b>ASLEY FERNANDO ESPEJO DIAZ</b> MP. 25202168297 CND	Firma: 
FECHA: 25/02/2022	

### CONTROL DE VERSIÓN

VERSIÓN No.	FECHA	ELABORÓ	DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN



**TABLA DE CONTENIDO**

<b>1</b>	<b>GENERALIDADES</b> .....	<b>6</b>
1.1	INTRODUCCIÓN .....	6
1.2	ALCANCE Y OBJETIVOS .....	7
1.3	MARCO NORMATIVO .....	7
1.4	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO.....	8
<b>2</b>	<b>HIDROMETRÍA</b> .....	<b>9</b>
2.1	RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA.....	9
2.1.1	<i>INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA</i> .....	9
<b>3</b>	<b>ESTUDIOS HIDROLÓGICOS</b> .....	<b>11</b>
3.1	METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	11
3.1.1	<i>CONSECUCCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA</i> .....	11
3.1.2	<i>ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LA CUENCA</i> .....	11
3.1.3	<i>ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS</i> .....	11
3.2	MÉTODOS DE DISEÑO .....	12
3.3	DELIMITACIÓN DE LA CUENCA .....	12
3.3.1	<i>Cuenca Quebrada Las Blancas</i> .....	12
3.4	INTENSIDAD DE LLUVIA (CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA IDF) .....	13
3.5	FENÓMENOS ENSO EL NIÑO Y LA NIÑA.....	14
3.6	ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS.....	17
3.6.1	<i>TIEMPO DE CONCENTRACIÓN</i> .....	18
3.6.2	<i>MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO</i> .....	21
3.7	CAUDALES DE DISEÑO .....	29
3.7.1	<i>QUEBRADA LAS BLANCAS</i> .....	30
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>31</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>32</b>



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Localización del municipio .....	8
Ilustración 2 zona de intervención (Localización) .....	9
Ilustración 3 Localización Estaciones meteorológicas IDEAM.....	10



## 1 GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El objeto de este estudio es el de llevar a cabo el estudio de hidrología en la Quebrada Las Blancas, el cuál es el cuerpo hídrico de influencia del casco urbano del municipio de Acacias; con el propósito de conocer los efectos hidrológicos del cuerpo hídrico.

La evaluación de la hidrología se realiza a partir de los registros de las estaciones meteorológicas cercanas a lugar de intervención, las cuales contienen los valores de precipitación históricas y son aquellas las que determinan la curva de intensidad frecuencia duración; cuyos datos son utilizados para realizar los cálculos de los caudales máximos de diseño para diferentes periodos de retorno.

Hay que mencionar, además, que es importante tener en cuenta las características físicas del lugar de la obra, es decir su pendiente, área de aferencia, superficie y particularidades hídricas del terreno, entre otras.

Este informe se compone de las siguientes secciones; en las que se presenta en primer lugar la información hidrometeorológica empleada para la ejecución del estudio y la metodología de trabajo desarrollada. Posteriormente se realiza el levantamiento de la información de campo y recolección de la información secundaria con respecto al objeto del contrato.

Como siguiente capítulo se presenta la climatología de la zona, después evaluando parámetros de precipitación según los registros hidrometeorológicos de las estaciones más cercanas y proyectándolos al punto de interés. Posteriormente se estiman los caudales máximos para diferentes periodos de retorno, el cual es uno de los objetivos de los estudios de hidrología. Por último, se determinan las conclusiones y recomendaciones correspondientes según los resultados encontrados.



## 1.2 ALCANCE Y OBJETIVOS

Los estudios de hidrología tienen los siguientes objetivos:

- a. Obtener la información cartográfica e hidrológica relacionada con el objeto del estudio.
- b. Caracterización del cauce de la fuente de captación.
- c. Determinación de las precipitaciones máximas.

El alcance o logro de los anteriores objetivos se limita a los siguientes.

- d. Determinar las precipitaciones máximas de diseño para los diferentes periodos de Retorno de 2; 5; 10; 20; 25; 50 y 100 años.
- e. A escala temporal el análisis de la precipitación y la climatología se realiza a partir de los registros de las estaciones climatológicas más cercanas con información actualizada disponible.

## 1.3 MARCO NORMATIVO

Existen varias normas que plantean y abordan el tema a escala territorial, estas son las más relevantes:

- RAS-2000.
- Manual de Drenaje de Carreteras del Instituto Nacional de Vías INVIAS desarrollado en el año 2009, en estos se encuentran los procesos a seguir para desarrollar las actividades hidrológicas del caso.
- Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Acacias vigente.



## 1.4 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de Acacias está situado en el Departamento del Meta, en la región centro-oriental del país. Su economía se basa en el sector agropecuario, la explotación petrolera y la prestación de servicios.

El vínculo territorial, social y económico del municipio de Acacias (Meta) está directamente relacionado con la capital del departamento, Villavicencio, de quien lo separa una distancia de 28 Km. Asimismo, el municipio con esta conexión se permite tener otro sin número de relaciones económicas y sociales con Bogotá D.C. y los demás municipios que se conectan a través de la vía nacional. Límites del municipio:

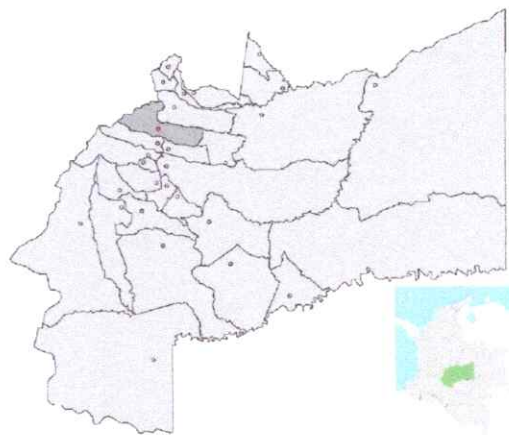
- Norte: Dpt. Cundinamarca
- Sur: Mps. de Castilla la Nueva y Guamal
- Oriente: Mpio. San Carlos de Guaroa
- Occidente: Mpio. de Guamal

Extensión total: 1.169 Km<sup>2</sup>

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 498 s.n.m

Temperatura media: 24 C° C

*Ilustración 1 Localización del municipio*





El área de estudio es en el sector de la bocatoma existente que geográficamente se ubica en las coordenadas (Latitud: 4° 0'30.52"N longitud: 73°48'30.09"O) sobre la corriente de la Quebrada Las Blancas, a 7 kilómetros aproximadamente de la carrera 23, vía principal que conduce de Acacias a Villavicencio.

Ilustración 2 zona de intervención (Localización)



Fuente: Google Earth

## 2 HIDROMETRÍA

### 2.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Se recopiló y analizó toda la información disponible relacionada con la zona de influencia, en cuanto a cartografía, precipitaciones, suelos y caudales.

#### 2.1.1 INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA

En la cuenca propia de la Quebrada Las Blancas no se encuentran estaciones Limnimétricas ni limnigráficas, por consiguiente, se utilizará las estaciones



meteorológicas y pluviométricas de la zona para realizar modelos escorrentía para predecir los niveles y caudales máximos.

Como información secundaria se investigó la documentación existente en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM encontrando, la que se relaciona a continuación.

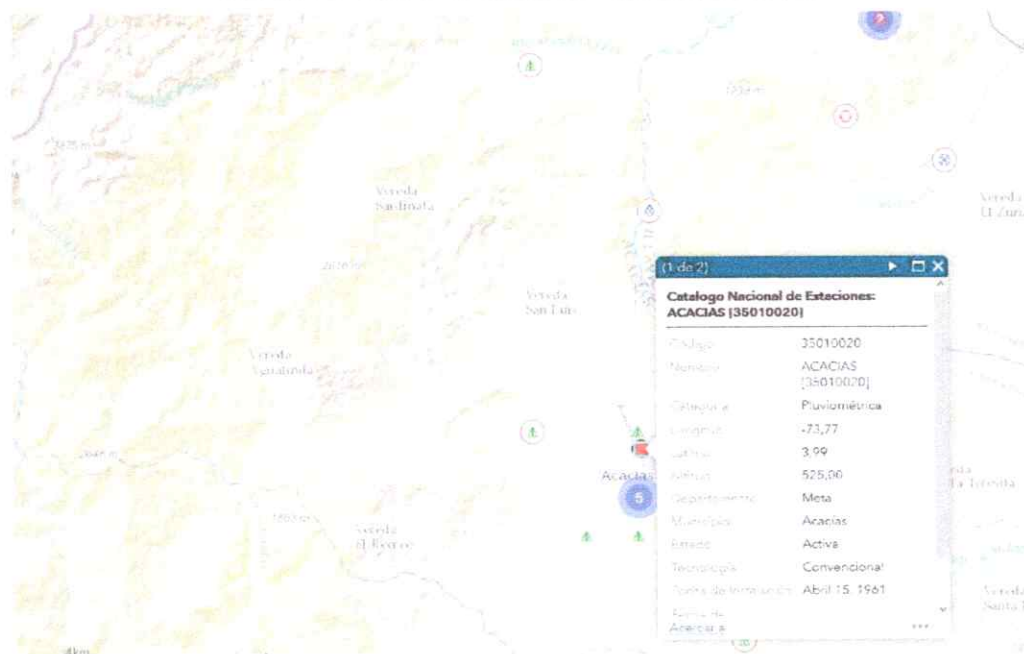
La información Hidrometeorológica recolectada se puede observar en el ANEXO 1 INFORMACIÓN HIDROMETEOROLÓGICA.

*Tabla 1 Listado de estaciones meteorológica del proyecto. Tipo estación: Pm: Pluviométrica*

Código	Tipo	Nombre estación	Nombre subcuenca	Municipio	Latitud (norte)	Longitud (oeste)	Entidad
35010020	PM	Acacias	Guayuriba	Acacias	4°41'17.5"	76°56'3.3"	IDEAM

A continuación, se presenta el mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas de estudio.

*Ilustración 3 Localización Estaciones meteorológicas IDEAM*



### 3 ESTUDIOS HIDROLÓGICOS

#### 3.1 METODOLOGÍA DE TRABAJO

Las actividades necesarias para la elaboración de los Estudios son las siguientes:

##### 3.1.1 CONSECUCIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

Consecución de información hidroclimatológica, cartográfica y de suelos, en el IDEAM y en el IGAC. Además, se entrevistará a la comunidad del municipio de Acacias para investigar sobre los niveles máximos presentados históricamente en la zona esto con el fin de tener valores de referencia para el análisis.

##### 3.1.2 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LA CUENCA

Se determinan los principales parámetros morfométricos de la cuenca de estudio según el punto de cierre de referencia.

##### 3.1.3 ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS

Conformadas las series anuales de las precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones de estudio, se estiman los caudales máximos a diferentes periodos de retorno de interés del proyecto. Estos se comparan y se analizaran con los niveles históricos proporcionados por la comunidad para así analizar los caudales y niveles máximos más probables, teniendo en cuenta las limitaciones de información y métodos convencionales de evaluación hidrológica, hidráulica, con niveles y secciones transversales.



Con respecto a la estimación de caudales mínimos no se cuenta con la información histórica ni de medición suficiente para establecer estos valores.

### 3.2 MÉTODOS DE DISEÑO

Los métodos de cálculo a utilizar son las siguientes:

- a. Método del Hidrograma Unitario.
- b. Método de Polígonos de Thiessen.
- c. Método del Número de Curva.

### 3.3 DELIMITACIÓN DE LA CUENCA

En esta sección se presentan las cuencas de los principales cuerpos hídricos de influencia de la zona en estudio. Posteriormente se presentan las principales características morfométricas a utilizar para el análisis de caudales del proyecto.

#### 2.2.1. Cuenca Quebrada Las Blancas

La cuenca de la Quebrada Las Blancas tiene su nacimiento al occidente del casco urbano del municipio de Acacias a una altitud aproximada de 1100 msnm. Se desarrolla en dirección Oeste a Este preferencialmente, para finalmente terminar en el punto de cierre o referencia del proyecto en el punto de diseño de la obra de captación a una altitud de 650 msnm.

La corriente cuenta con una longitud de 9.17 km y una pendiente media del 3.49%, alcanza un área de 33.07 km<sup>2</sup>.



Figura 1. Cuenca Q Las Blancas (Fuente: Consultor)



### 3.4 INTENSIDAD DE LLUVIA (CURVAS INTENSIDAD DURACIÓN FRECUENCIA IDF)

El análisis de precipitaciones máximas incluye la determinación de intensidades máximas, en el que se cuantifica la cantidad de lluvia caída en duraciones de 10, 20, 30, 60, 120 y 1440 minutos. Esta labor se realiza aplicando la metodología de Vargas y Díaz-Granados, la cual para la región del Pacífico, da la siguiente curva de intensidad-duración-frecuencia:

$$I = 5.53 \frac{T^{0.17}}{(d/60)^{0.63}} M^{0.42}$$
$$R^2 = 0.93$$

Ecuación 1



Siendo,

$I$ , intensidad (mm/h).

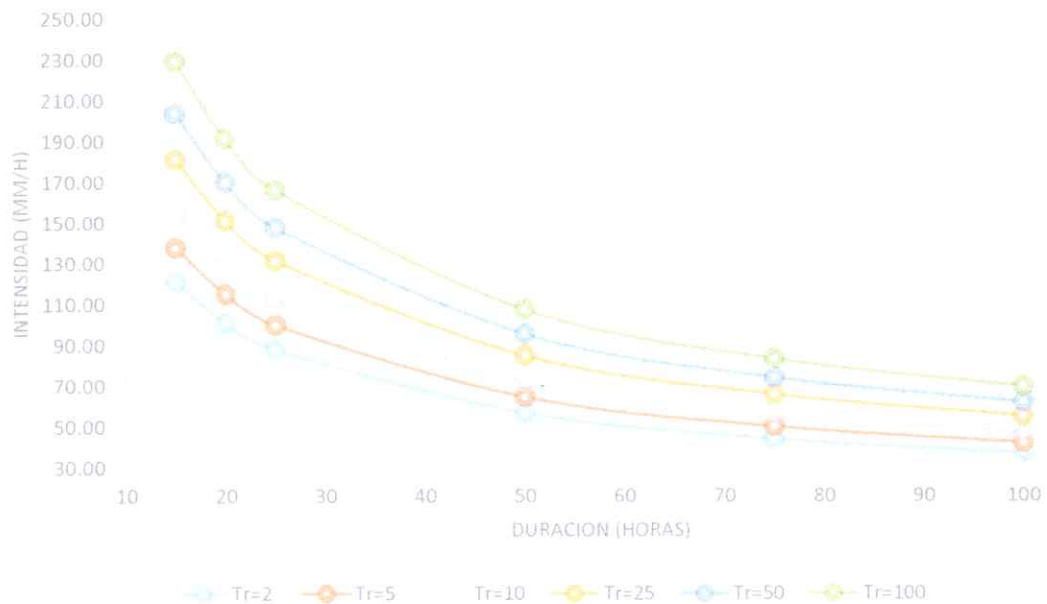
$T$ , período de retorno (años).

$d$ , duración (horas)

$M$ , promedio anual de la precipitación máxima anual.

Para los valores de  $M$  de la cuenca de estudio, las curvas IDF obtenidas son las siguientes:

Figura 2 Curvas IDF Proyecto



### 3.5 FENÓMENOS ENSO EL NIÑO Y LA NIÑA

Los Fenómenos ENSO La Niña y El Niño importantes actualmente en la planificación de obras hidráulicas, produce enfriamiento el primero consolidándose en lluvias muy superiores a las normales, mientras que el segundo fenómeno es el caso contrario, es decir, por la variedad climática se consolidan altas temperaturas muy por encima de las normales, ocasionando sequía y disminución acentuada de los niveles de agua en las corrientes hídricas y es por esta razón que al ser el nivel de reducción el

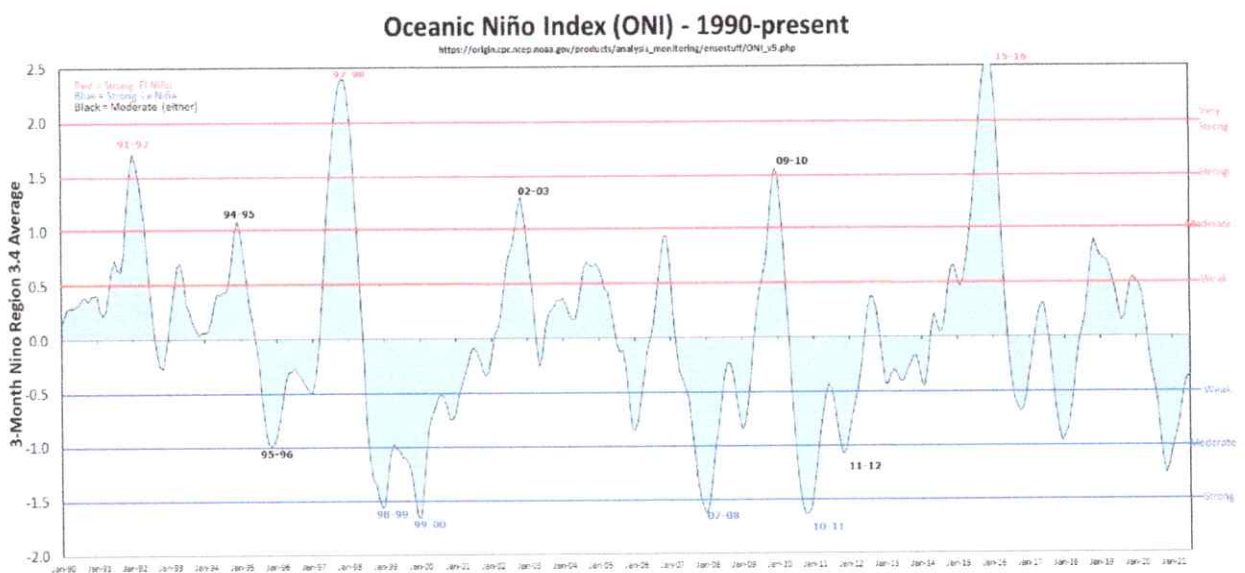


parámetro relevante para el diseño de un canal navegable, se analice la repercusión del fenómeno de El Niño, específicamente en las curvas de duración de los niveles y caudales.

El Fenómeno ENSO que significa El Niño oscilación Sur, se usa para describir la fase caliente representada en El Niño y la fase fría en La Niña, fueron clasificados por el NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) de los Estados Unidos según el Índice Oceánico Niño ONI, por medio de un umbral de al menos tres (3) períodos de tres (3) meses consecutivos superpuestos, asignando para el Fenómeno El Niño un evento débil (0.5 a 0.9), moderado (1 a 1.4), fuerte (1.5 a 1.9) y muy fuerte (mayor a 2) y para el Fenómeno La Niña, la misma clasificación pero con valores negativos, aspectos que se describen gráficamente en la

Figura 3 para los años involucrados en el período 1950-2015.

Figura 3 Índice Oceánico Niño ONI para clasificación de los Fenómenos ENSO





De la información de la entidad gubernamental descrita, se extrajeron los meses correspondientes a los Fenómenos ENSO, para El Niño y La Niña, los que se aprecian en la Tabla 2.

Tabla 2 Periodos del fenómeno ENSO Fuente: Oceanic Niño Index, ONI [www.cpc.ncep.noaa.gov](http://www.cpc.ncep.noaa.gov)

ANO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1950												
1951												
1952												
1953												
1954												
1955												
1956												
1957												
1958												
1959												
1960												
1961												
1962												
1963												
1964												
1965												
1966												
1967												
1968												
1969												
1970												
1971												
1972												
1973												
1974												
1975												
1976												
1977												
1978												
1979												
1980												
1981												
1982												
1983												
1984												
1985												
1986												
1987												
1988												
1989												
1990												
1991												
1992												
1993												
1994												
1995												
1996												
1997												
1998												
1999												
2000												
2001												
2002												
2003												
2004												
2005												
2006												
2007												
2008												
2009												
2010												
2011												
2012												
2013												
2014												
2015												





### 3.6 ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS

Para el análisis de caudales máximos, se tiene en cuenta las siguientes situaciones:

1. Para el presente proyecto no se cuenta con el tiempo, información hidrometeorológica histórica, recursos técnicos y económicos para el análisis minucioso del comportamiento de la Quebrada Las Blancas.
2. En la cuenca propia de la Quebrada Las Blancas no se encuentran estaciones Limnimétricas ni limnigráficas, por consiguiente, se utilizará las estaciones meteorológicas y pluviométricas de la zona para realizar modelos escorrentía para predecir los niveles y caudales máximos. Con estos niveles se analizarán y se compararán con los datos recogidos de la entrevista de los pobladores de la zona y la información existente en los entes gubernamentales y pobladores del municipio.
3. Con respecto a los caudales mínimos de la zona no se calculan al no tener información histórica ni meteorológica fiable para la proyección a diferentes periodos de diseño.
4. Los resultados arrojados son una estimación aproximada que se hace del análisis de un modelo de lluvia escorrentía, información obtenida de los pobladores de caudales y niveles históricos.

Como se menciona en la metodología, para la obtención de caudales máximos, se emplean el método del Hidrograma unitario, los cuales se explican a continuación.

Para la aplicación de las anteriores metodologías es necesario asignar a cada cuenca los coeficientes de escorrentía (C) o de Número de curva (CN) a partir de las



caracterizaciones de suelos y cobertura vegetal existentes, siguiendo el procedimiento descrito en el Anexo 2.

### 3.6.1 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Se determinará como el promedio de los tiempos de concentración calculados con las expresiones del US Corps of Engineers, Bransby-Williams, Kirpich, Ventura, Passini, SCS, Temez Williams, Giandotti, Haktanir-Sezen y California.

Las ecuaciones empleadas por los anteriores autores son:

*Kirpich* 
$$T_c = 0.06628 \left( \frac{L}{S^{0.50}} \right)^{0.77}$$
 *Ecuación 2*

Donde,

$T_c$ : Tiempo de concentración (horas).

$L$ : Longitud del cauce principal (Km).

$S$ : Pendiente del cauce principal (m/m).

*Bransby-Williams* 
$$T_c = 58.5 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.3}}$$
 *Ecuación 3*

Siendo,

$T_c$ : Tiempo de concentración (minutos)

$L$ : Longitud del curso principal (Km)

$A$ : Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

$S$ : Pendiente entre la máxima y la mínima elevación del curso principal (m/Km)

*US Corps of Engineers* 
$$T_c = 0.28 \left( \frac{L}{S^{0.25}} \right)^{1.76}$$
 *Ecuación 4*

Siendo,



$T_c$ : Tiempo de concentración (horas).

$L$ : Longitud del cauce principal (Km).

$S$ : Pendiente del cauce principal (m/m).

*Williams*

$$T_c = 16.32 L A^{0.4} (D S^{0.2})^{-1}$$

*Ecuación 5*

Siendo,

$T_c$ : Tiempo de concentración (minutos)

$L$ : Longitud del curso principal (Km)

$A$ : Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

$D$ : Diámetro equivalente (Km)

$S$ : Pendiente entre la máxima y la mínima elevación del curso principal (m/m)

*California*

$$T_c = 60(0.87L^3 H_B^{-1})^{0.385}$$

*Ecuación 6*

Siendo,

$T_c$ : Tiempo de concentración (minutos)

$L$ : Longitud del curso principal (Km)

$H_B$ : Diámetro equivalente (Km)

*Temez*

$$T_c = 18[L(100S)^{-0.25}]^{0.75}$$

*Ecuación 7*

Siendo,

$T_c$ : Tiempo de concentración (minutos)

$L$ : Longitud del curso principal (Km)

$S$ : Pendiente del cauce principal (m/m).

*Giandotti*

$$T_c = (240A^{0.5} + 90L)[25.3(S L)^{0.5}]^{-1}$$

*Ecuación 8*

Siendo,

$T_c$ : Tiempo de concentración (minutos)

$L$ : Longitud del curso principal (Km)



A: Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

S: Pendiente entre la máxima y la mínima elevación del curso principal (m/m)

*Haktanir-Sezen*

$$T_c = 44.75L^{0.841}$$

*Ecuación 9*

Siendo,

$T_c$ : Tiempo de concentración (minutos)

L: Longitud del curso principal (Km)

*Ventura*

$$T_c = 0.30 \left( \frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.75}$$

*Ecuación 10*

Donde,

$T_c$ : Tiempo de concentración (horas).

L: Longitud del cauce principal (Km).

S: Pendiente del cauce principal (%).

Para el cálculo de la intensidad se recomienda realizar el diseño para períodos de retorno de 2.33, 5, 10, 20, 25, 50 y 100 años para cada cuenca hidrográfica delimitada.

### 3.6.1.1 Tiempo de Concentración de Diseño

Después de computados los resultados de tiempo de Concentración para las diferentes expresiones, se evalúa y se promedia, dando el valor de diseño a utilizar.

*Tabla 3 Tiempo de concentración de la cuenca*

SUBCUENCA		TOTAL
Área:	A	3306.56 ha
		33.07 Km <sup>2</sup>
Longitud:	L	9170.7 m
		09.17 km



SUBCUENCA		TOTAL
Pendiente:	S	0.0349 m/m
		3.490 %
		34.90 m/km
Diámetro Equivalente:	D <sub>e</sub>	6488.5 m
		06.49 km
ECUACIÓN		T <sub>c</sub> (MIN)
Kirpich		79.72
Bransby-Williams		130.25
US Corps of Engineers		171.24
Williams		182.88
California		357.90
Temez		75.04
Giandotti		154.08
Haktanir-Sezen		288.52
Ventura		75.04
<b>PROMEDIO</b>		<b>168.30</b>
t <sub>lag</sub> = 0.6*T <sub>c</sub>		100.98

### 3.6.2 MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO

#### 3.6.2.1 Estimación Lluvia Neta

Para la obtención de las pérdidas se emplea el método propuesto por el Soil Conservation Service (SCS) basado en el concepto del "número de curva", CN.

De acuerdo a este método la escorrentía directa o precipitación efectiva producida por un evento de precipitación se calcula como:

$$P_e = \frac{(P - \alpha S)^2}{P + (1 - \alpha)S} \quad \text{si } P > S \quad \text{Ecuación 11}$$

$$P_e = 0 \quad \text{si } P \leq S$$



Donde,

Pe: precipitación efectiva (mm)

P: precipitación máxima para el período de retorno deseado (mm)

S: retención potencial máxima después que comienza la escorrentía (mm)

$\alpha$ S: umbral de escorrentía o abstracción inicial, es decir todas las pérdidas antes que comience la escorrentía (mm). Este valor es un parámetro del modelo HEC-HMS. El SCS propone un valor de 0.2 para el parámetro y relaciona la retención potencial máxima (S) con el suelo y las condiciones de cobertura de la cuenca a través del número de curva (CN).

Por medio del cruce de mapas de geología y coberturas de suelo de la cuenca se determina el Numero de Curva ponderada, el cual se observa en el Anexo 2. Para el análisis hidrológico y cálculo de caudales el Numero de Curva de la cuenca corresponde a 52.67.

Esta relación para condiciones normales de humedad antecedente está dada por:

$$S = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) = 355.55 \text{ mm}$$

*Ecuación 12*

El número de curva para las cuencas de la vía se obtiene a partir de la ponderación dentro del área de las diferentes unidades de suelo y cobertura vegetal definidas a partir de la información secundaria investigada en el IGAC (ver Anexo 2).

### 3.6.2.2 Lluvia de Diseño

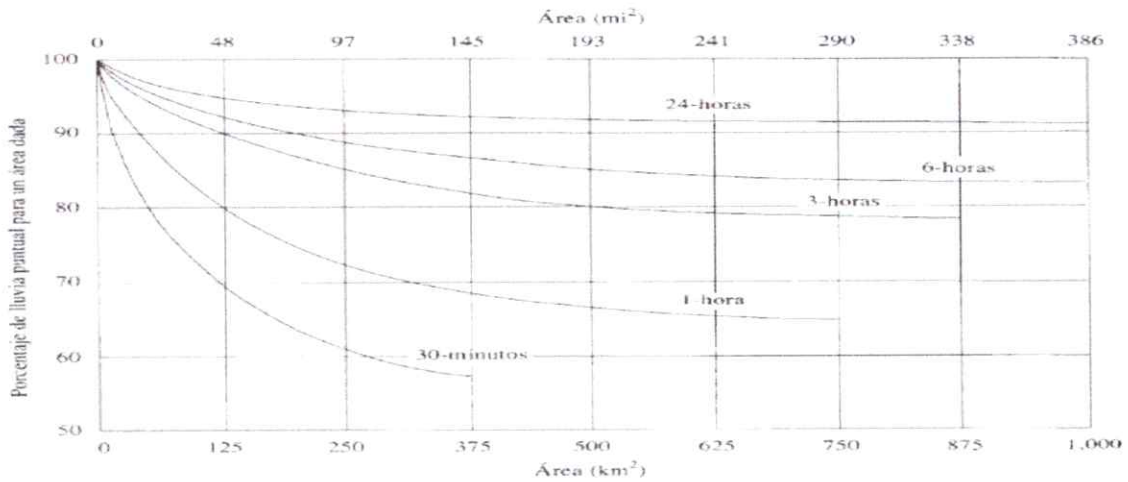
El Hietograma de la precipitación de diseño o distribución de la lluvia empleado para el cálculo de caudales máximos, se obtiene por el método del bloque alternativo, en el



que se calcula la profundidad de precipitación como el producto de la intensidad (estimada con la curva IDF) por la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra entonces la cantidad de lluvia que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo y los bloques o incrementos se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración del aguacero y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central. Este proceso se denomina Método de Bloques Alternos. (Chow, Hidrología Aplicada, 1994)

En la obtención de la lluvia de diseño al aplicar el hidrograma unitario, el factor para calcular la precipitación máxima promedio en la hoya se realiza con ayuda de la curva profundidad-área elaborada por la Organización Meteorológica Mundial (1983, en Ven Te Chow 1994), la cual se observa en la Figura 4. En cuanto a la duración de la lluvia total, se adopta una duración cercana al tiempo de concentración.

Figura 4 Curva profundidad-área para reducir precipitación puntual (Fuente: Ven te Chow)



Las lluvias de diseño para los diferentes periodos de retorno se pueden observar a continuación.

Tabla 4 Lluvia de diseño para  $T_r=2.33$  años

t (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$ (mm)	$\Delta P_{alter}$ (mm)
20	100.98	33.66	33.66	3.24
40	65.25	43.50	9.84	3.83
60	50.54	50.54	7.04	4.84
80	42.16	56.22	5.68	7.04
100	36.63	61.06	4.84	33.66
120	32.66	65.32	4.26	9.84
140	29.64	69.15	3.83	5.68
160	27.25	72.66	3.50	4.26
180	25.30	75.89	3.24	3.50

Figura 5 Lluvia de diseño para  $T_r = 2.33$  años

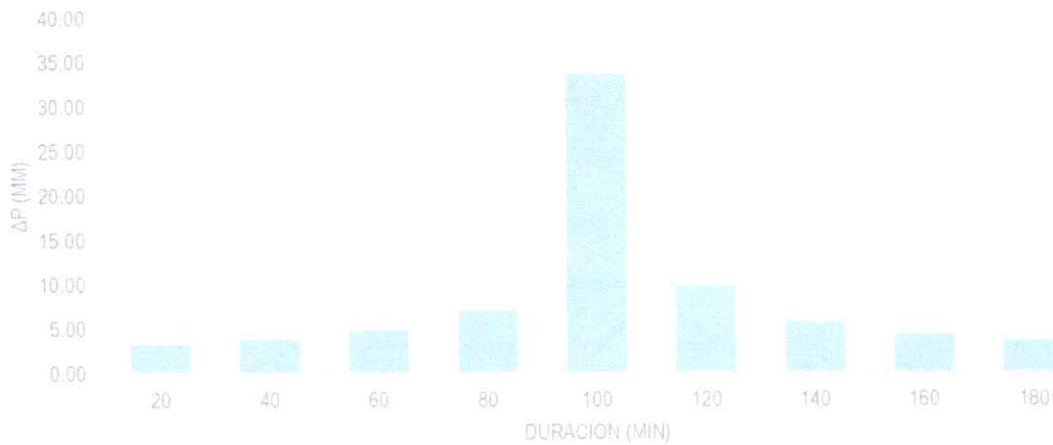


Tabla 5 Lluvia de diseño para  $T_r=5$  años

t (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$ (mm)	$\Delta P_{alter}$ (mm)
20	114.98	38.33	38.33	3.68
40	74.30	49.53	11.20	4.37
60	57.55	57.55	8.02	5.51
80	48.01	64.01	6.46	8.02
100	41.71	69.52	5.51	38.33
120	37.19	74.37	4.85	11.20
140	33.74	78.74	4.37	6.46
160	31.02	82.73	3.99	4.85
180	28.80	86.41	3.68	3.99





Figura 6 Lluvia de diseño para  $T_r = 5$  años

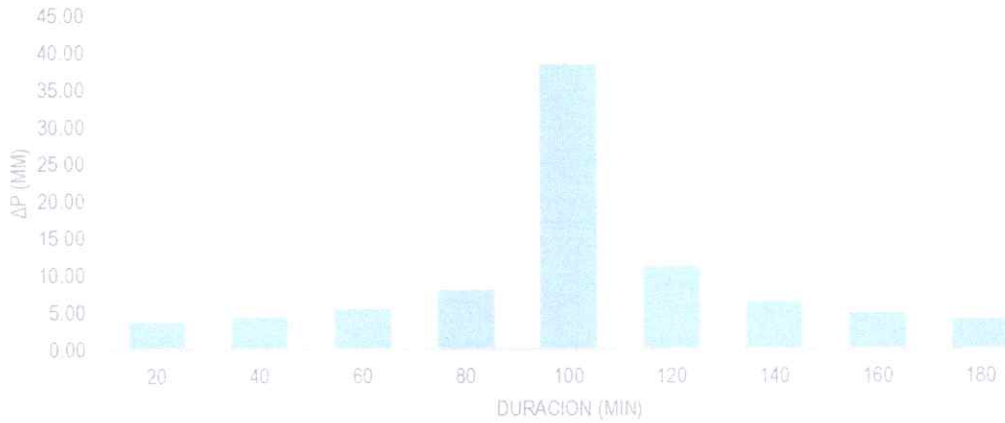


Tabla 6 Lluvia de diseño para  $T_r = 10$  años

t (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$ (mm)	$\Delta P_{alter}$ (mm)
20	129.36	43.12	43.12	4.15
40	83.59	55.73	12.61	4.91
60	64.75	64.75	9.02	6.20
80	54.01	72.02	7.27	9.02
100	46.93	78.22	6.20	43.12
120	41.84	83.67	5.46	12.61
140	37.97	88.59	4.91	7.27
160	34.90	93.07	4.49	5.46
180	32.41	97.22	4.15	4.49

Figura 7 Lluvia de diseño para  $T_r = 10$  años

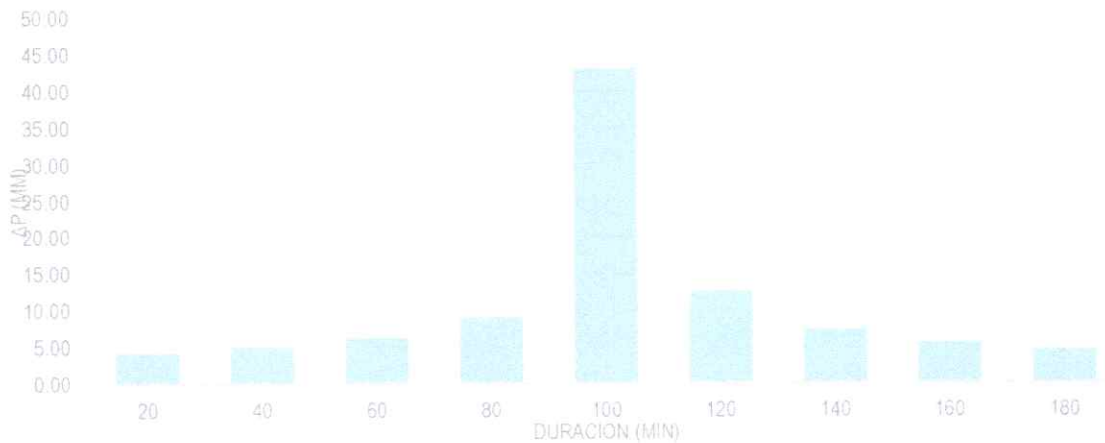


Tabla 7 Lluvia de diseño para  $T_r = 20$  años

t (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$ (mm)	$\Delta P_{alter}$ (mm)
20	145.54	48.51	48.51	4.66
40	94.04	62.69	14.18	5.53
60	72.84	72.84	10.15	6.97
80	60.77	81.02	8.18	10.15
100	52.80	88.00	6.97	48.51
120	47.07	94.14	6.14	14.18
140	42.71	99.66	5.53	8.18
160	39.27	104.71	5.05	6.14
180	36.46	109.38	4.66	5.05

Figura 8 Lluvia de diseño para  $T_r = 20$  años

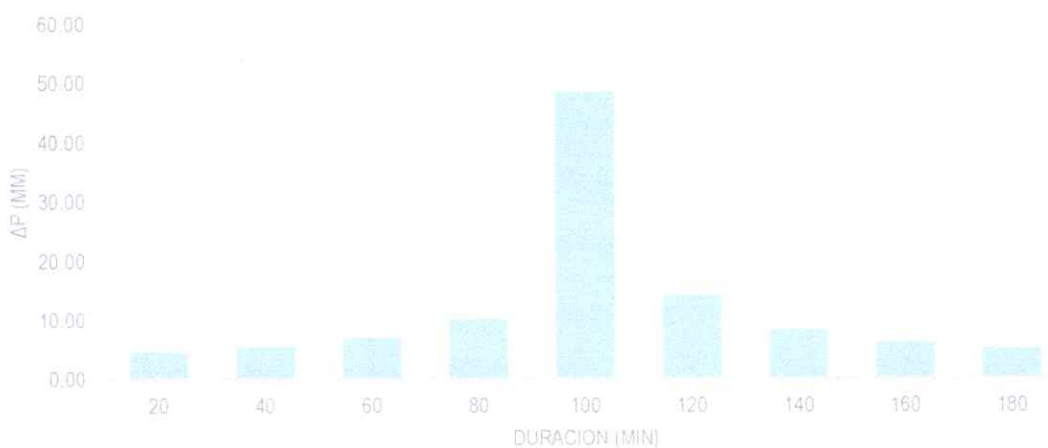


Tabla 8 Lluvia de diseño para  $T_r = 25$  años

t (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$ (mm)	$\Delta P_{alter}$ (mm)
20	151.16	50.39	50.39	4.84
40	97.68	65.12	14.73	5.74
60	75.66	75.66	10.54	7.24
80	63.12	84.16	8.50	10.54
100	54.84	91.40	7.24	50.39
120	48.89	97.78	6.38	14.73
140	44.36	103.52	5.74	8.50
160	40.78	108.76	5.24	6.38
180	37.87	113.60	4.84	5.24

Figura 9 Lluvia de diseño para  $T_r = 25$  años

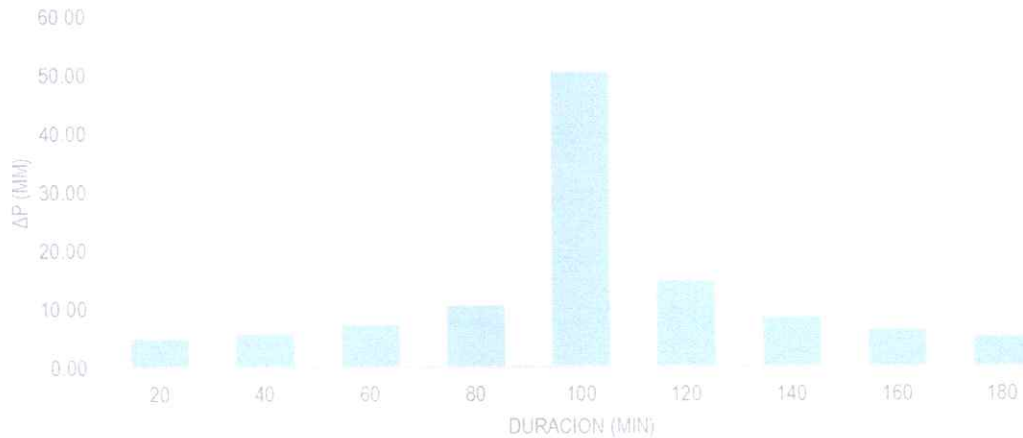


Tabla 9 Lluvia de diseño para  $T_r = 50$  años

t (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$ (mm)	$\Delta P_{alter}$ (mm)
20	170.07	56.69	56.69	5.45
40	109.89	73.26	16.57	6.46
60	85.12	85.12	11.86	8.15
80	71.01	94.68	9.56	11.86
100	61.70	102.83	8.15	56.69
120	55.00	110.01	7.18	16.57
140	49.91	116.46	6.46	9.56
160	45.89	122.36	5.90	7.18
180	42.60	127.81	5.45	5.90

Figura 10 Lluvia de diseño para  $T_r = 50$  años

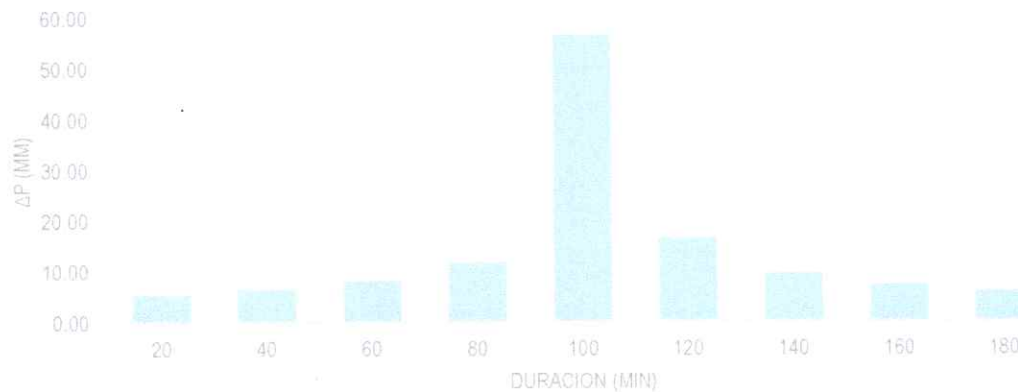
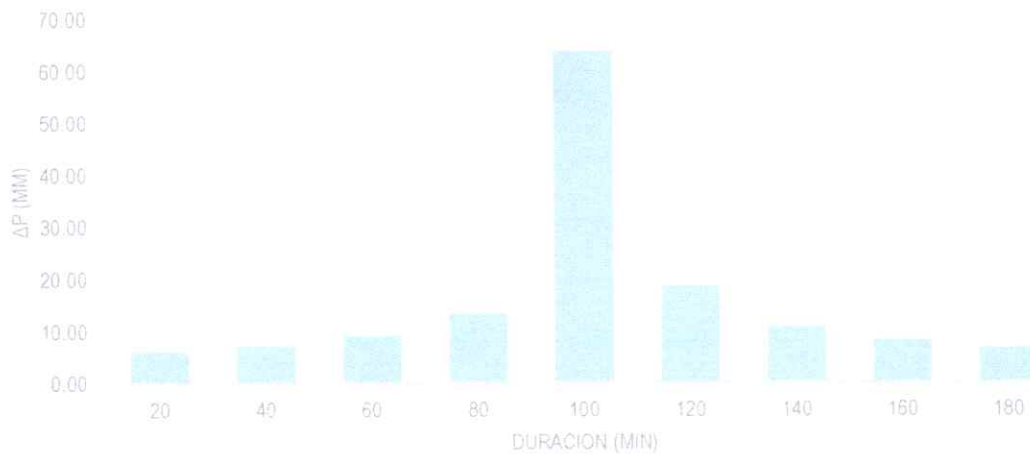


Tabla 10 Lluvia de diseño para  $T_r = 100$  años

t (min)	I (mm/h)	P (mm)	$\Delta P$ (mm)	$\Delta P_{alter}$ (mm)
20	191.34	63.78	63.78	6.13
40	123.64	82.42	18.65	7.26
60	95.77	95.77	13.34	9.17
80	79.89	106.52	10.76	13.34
100	69.41	115.69	9.17	63.78
120	61.88	123.76	8.07	18.65
140	56.15	131.03	7.26	10.76
160	51.62	137.66	6.64	8.07
180	47.93	143.80	6.13	6.64

Figura 11 Lluvia de diseño para  $T_r = 100$  años



### 3.6.2.3 Definición del Hidrograma unitario

Se utiliza el Hidrograma unitario sintético triangular propuesto por el Soil Conservation Service, cuyos parámetros son:

$$T_p = \frac{D}{2} + 0.6 \times T_c$$

Ecuación 13

Donde,



$D$ : Intervalo de discretización de la lluvia (horas)

$T_p$ : Tiempo al pico del hidrograma (horas).

$T_c$ : Tiempo de concentración (horas). Calculado como el promedio de las expresiones del US Corps of Engineers, Bransby-Williams, Kirpich, Ventura, Passini, SCS, Temez Williams, Giandotti, Haktanir-Sezen y California.

El valor de  $0.6 \times T_c$  es tomado como el tiempo de rezago (lag time), este utilizado como parámetro de entrada en la modelación hidrológica con el software HEC-HMS. Una vez definido el tiempo al pico,  $T_p$  se calculan los demás elementos del hidrograma triangular:

$$T_b = 2.67 \times T_p$$

Ecuación 14

$$Q_p = \frac{A}{1.8 \times T_b}$$

Ecuación 15

Donde,

$T_b$ : Tiempo base del hidrograma (horas)

$Q_p$ : Caudal pico del hidrograma ( $m^3/s/mm$ )

$A$ : Área de la cuenca ( $Km^2$ )

Para la transformación lineal de lluvia neta a escorrentía se usa el procedimiento conocido como convolución (para cada bloque del histograma de precipitación efectiva se calcula su hidrograma unitario, obteniéndose el hidrograma final de la cuenca al sumar cada uno de los hidrogramas unitarios desplazado en el tiempo), el que se realiza con ayuda de una hoja de cálculo preparada para ello.

### 3.7 CAUDALES DE DISEÑO

Después de evaluados los métodos descritos en los títulos anteriores, se presentan los caudales para cada uno de los cuerpos hídricos del proyecto.



### 3.7.1 QUEBRADA LAS BLANCAS

Los caudales máximos de la Quebrada Las Blancas se calculan por medio de los calculados por el Hidrograma Unitario Sintético. Los Caudales máximos se pueden observar en la Tabla 11.

Tabla 11 Caudales de diseño Q Las Blancas

Periodo de retorno, Tr (años)	Caudal máximo
	m <sup>3</sup> /s
2.33	22.70
5	33.00
10	45.60
20	61.80
25	67.90
50	90.0
100	117.50

Para la modelación hidráulica de la zona del proyecto se tomará como caudal de diseño para evaluación del nivel máximo, el correspondiente al periodo de retorno de 100 años.



#### 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para el presente proyecto no se cuenta con el tiempo, información primaria, recursos técnicos y económicos para el análisis minucioso del comportamiento de la Quebrada Las Blancas.
- En la cuenca propia de la Quebrada Las Blancas no se encuentran estaciones Limnimétricas ni limnigráficas, por consiguiente, se utilizará las estaciones meteorológicas y pluviométricas de la zona para realizar modelos escorrentía para predecir los niveles y caudales máximos.
- Con respecto a los caudales mínimos de la zona no se calculan al no tener información histórica ni meteorológica fiable para la proyección a diferentes periodos de diseño.
- Los resultados arrojados son una estimación aproximada que se hace del análisis de un modelo de lluvia escorrentía, información obtenida y niveles históricos.
- Los caudales máximos de diseño del análisis hidráulico es un valor determinado por medio del Hidrograma Unitario, el cual arroja caudales máximos.

Período de retorno, Tr (años)	Caudal máximo
	m <sup>3</sup> /s
2.33	22.70
5	33.00
10	45.60
20	61.80
25	67.90
50	90.0
100	117.50



## 5 BIBLIOGRAFÍA

Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogota: McGraw-Hill.

Universidad del Cauca. (2016). *Parte IV. Socavación en Puentes*. Popayan.

R. Vargas and M. Díaz Granados, "Curvas Sintéticas regionalizadas de Intensidad - Duración - frecuencia para Colombia," Universidad de los andes, Departamento de ingeniería civil, Bogotá, 1997.

M. Ferrer, J. Rodríguez and T. Estrela, "Generación automática del número de curva con sistemas de información geográfica.," *Ingeniería del Agua*, vol. 2, no. 4, diciembre 1995.

IDEAM, "Catalogo Nacional de Estaciones, series Hidrometeorológicas mensuales multianuales," Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales IDEAM, Bogotá, 2015.

T. Ochoa, *Hidráulica de ríos y procesos morfológicos*, Bogotá, D.C, Ecoediciones, 2011.

H. Rodríguez, *Hidráulica Fluvial fundamentos y aplicaciones, socavación*, Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2010.





# ANEXO 1. DATOS CLIMATICOS

ESTACION ACACIAS 35010020

AÑO	MESES												VALOR MAXIMO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2000	9.2	51.2	68.5	92	98	52	52.5	75	57	107	106	112	112
2001	54	14	105	95	135	109	72	49	84	90	50	64	135
2002	3	52	135	66	92	132	130	135	65	135	44	72	135
2003	0	26	60	98	100	120	54	36	98	135	111	52	135
2004	8	70	56	115	85	164	92	43	90	68	128	130	164
2005	20	121	38	76	104	58	126	67	58	120	96	29	126
2006	62	7	125	88	89	80	63	61	92	67	123	87	125
2007	4	7	93	136	86	88	75	81	85	60	81	30	136
2008	67	19	16	54	100	60	104	63	115	99	103	64	115
2009	70	15	67	118	103	85	78	87	42	55	68	48	118
2010	0	36	85	87	136	98	81	57	85	55	120	132	136
2011	53	19	61	132	83	80	67	67	40	64	170	80	170
2013	0	45	62	80	90	130	82	60	38	131	75	40	131
2015	28	7	99	140	88	52	110	53	46	80	136	48	140
2016	0	33	55	146	80	89	64	136	110	150	155	135	155
2017	30	35	58	56	93	62	34	42	51	74	113	120	120
2018	29	5	46	79	79	73	45	117	45	139	100	17	139
2019	20	32	114	275	135	95	68	65	78	35	67	84	275
2020	15	5	110	85	68	86	124	60	72	48	106	95	124
2021	27	5	46	140	137	79	105	65	62	45	130		140

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 H



	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAXIMO	70	121	135	275	137	164	130	136	115	150	170	135
MEDIO	25	30.2	75	108	99	90	81.3	71	71	88	104	76
MINIMO	0	5	16	54	68	52	34	36	38	35	44	17

## ANEXO 2. ASIGNACION DE NUMERO DE CURVA Y COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

### B.1. INTRODUCCION

La determinación del número de curva de la cuenca se realiza mediante un promedio ponderado por el área del número de curva asignado a cada zona o unidad de suelo y cobertura vegetal homogénea identificada dentro de la cuenca.

Esta delimitación de zonas homogéneas se realiza a partir de las Carta de suelos escala 1:100.000 del "Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Meta"<sup>1</sup>.

### B.2. USOS DE SUELOS

Para el uso de la tierra se han considerado los criterios mostrados en la Tabla 1 que relacionan la cobertura vegetal descrita en los informes del IGAC y los usos del suelo incluidos en las tablas para la asignación del CN:

TABLA 1 EQUIVALENCIA COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO

Cobertura vegetal (Igac)	Usos del suelo (Tabla CN):
Pastos	Pastizales
Bosque	Bosque
Cultivos de subsistencia	Leguminosas
Cultivos permanentes	Cultivos en surco
Vegetación natural	Bosque normal
Frailejón y pajonales	Matorrales

<sup>1</sup> IGAC Subdirección Agrologica, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Choco. Bogota. 2005.



### B.3. TIPO DE SUELOS Y CONDICIONES DE DRENAJE

La asignación de la condición hidrológica o tipo de suelo se ha realizado bajo las siguientes consideraciones:

TABLA 2 ASIGNACIÓN DE TIPO DE SUELO

Grupo	Textura	Infiltración	Drenaje
A	Arenosa	Rápida	Muy bueno
	Arenolimosa		
B	Francoarenosa	Moderada	Bueno a moderado
	Franca		
	Francoarcillosa-arenosa		
	Francolimosa		
C	Francoarcillosa	Lenta	Imperfecto
	Francoarcillosa-limosa		
	Arcilloarenosa		
D	Arcillosa	Muy lenta	Pobre
Los suelos con niveles freáticos altos y macizos rocosos son del grupo D			

Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 1990)



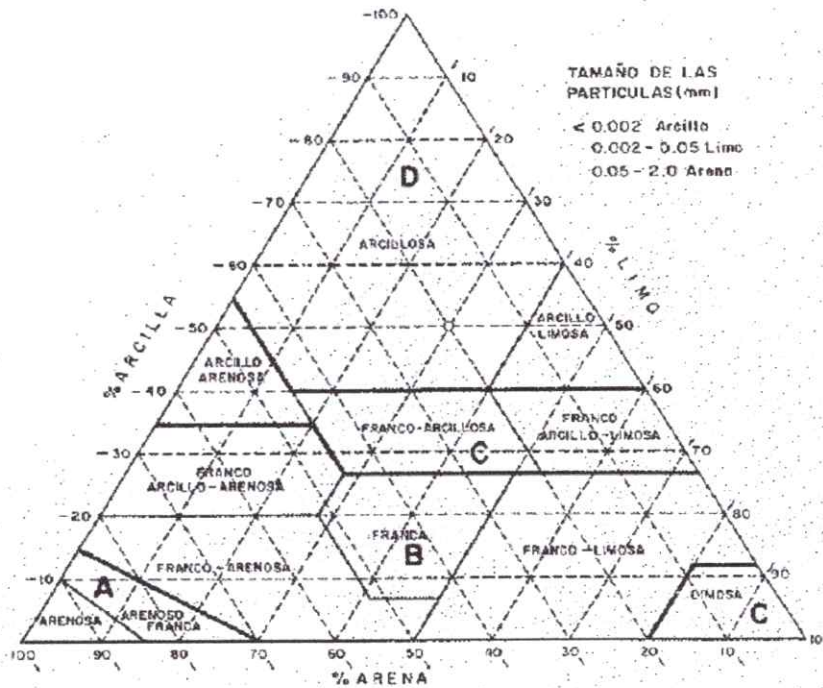


FIGURA 1 TRIANGULO DE TEXTURA Y GRUPO DE SUELO  
 Fuente: (Ministerio de Obras Públicas, 1990)

En la Figura 1 se observa el triángulo de textura de clasificación de los suelos y sus respectivos grupos hidrológicos para la asignación del CN.

La textura del suelo es determinada a partir de la clasificación del primer horizonte de suelo, con base en los perfiles o apiques practicados en el terreno dentro de los estudios referenciados.

Con el uso y tipo de suelo, se asigna a cada unidad hidrológica un valor de número de curva a partir de las tablas para el método de infiltración del SCS dadas por el INVIAS.

#### B.4. CORRECCION NUMERO DE CURVA

Por último el número de curva asignado a cada zona se corrige para considerar la pendiente de la cuenca. Dicha corrección se realiza con la expresión de Arnold (Arnold, 2001):

QBFQGF0XG5



$$CN = \frac{CN_{III} - CN_{II}}{3} \times (1 - 2 \times e^{-13.86 \times S}) + CN_{II}$$

ECUACIÓN 1

Donde,

CN: valor de número de curva ajustado.

CNII: número de curva condición humedad antecedente media (Es el valor originalmente asignado a cada zona hidrológica).

CNIII: número de curva condición humedad antecedente III (húmeda).

S: pendiente media de la zona homogénea (%).

## B.5. ASIGNACION DE NUMERO DE CURVA UNIDADES GEOLOGICAS

A continuación, se presentan las unidades de suelo o zonas hidrológicas homogéneas presentes dentro de las cuencas de la vía y el número de curva estimado y coeficiente de escorrentía asignado para cada una de las cuencas.

El símbolo de cada unidad de suelo se compone de tres elementos. Las primeras letras mayúsculas indica el paisaje (M = montaña, A = altiplanicie, L = lomerío, V = valle). La segunda letra indica el clima (A = Nival, B = Subnival pluvial, E = Extremadamente frío húmedo y muy húmedo, G = Muy Frío muy húmedo, H = Muy frío húmedo, J = Frío pluvial, K = Frío muy húmedo, L = Frío húmedo, M = Frío seco, O = Medio pluvial, P = Medio muy húmedo, R = Medio seco, V = Cálido húmedo). La tercera letra indica el contenido pedológico.

Las letras minúsculas son empleadas para las fases de pendiente y su significado es el siguiente:

- a. Pendiente 0-3% Topografía plana, plano - cóncava.
- b. Pendiente 3-7% Topografía ligeramente inclinada y ligeramente ondulada.
- c. Pendiente 7-12% Topografía moderadamente inclinada, ligeramente quebrada y moderadamente ondulada.
- d. Pendiente 12-25% Topografía fuertemente inclinada, moderadamente quebrada y fuertemente ondulada.
- e. Pendiente 25-50% Topografía ligeramente empinada, fuertemente quebrada y ligeramente escarpada.
- f. Pendiente 50-75% Topografía moderadamente empinada y moderadamente escarpada.
- g. Pendiente > del 75% Topografía fuertemente empinada y fuertemente escarpada.



Los números arábigos señalan las fases por erosión:

1. = Grado de erosión ligero
2. = Grado de erosión moderado
3. = Grado de erosión severo

La letra empleada para la fase por pedregosidad es p = pedregosidad y la letra empleada para la fase por inundabilidad o encharcamientos es x = inundables o encharcables

Se debe observar que los bosques se han tomado como una cobertura de pastos, pues, hacia el futuro es posible que desaparezcan estas zonas y sean reemplazadas por la principal actividad de la zona, es decir, la ganadería.

## B.6. ASIGNACION DE NUMERO DE CURVA CUENCA

La asignación del Numero de curva para la cuenca en estudio, se determinación por medio del ponderado de las áreas de los suelos que componen la cuenca. El resultado de la ponderación se puede observar en la Tabla 3.

TABLA 3 NUMERO DE CURVA CUENCA

CNII	-	35
CNIII	-	55
Pendiente	%	3.49
CN	-	41.67

Cuenca	Subcuenca				Numero de Curva		
	Subcuenca	Area Unidad ha	% Area Cuenca	CN Unidad	Area Cuenca ha	CN	C
Q Las Blancas	MOAf	6.67	0.01%	88	64574.14	41.67	0.30
	MOAf	0.00	0.00%	58			
	MOAf	1.61	0.00%	58			
	MOAf	26.47	0.04%	66			
	MOAf	5.95	0.01%	58			



MOAf	2.25	0.00%	88
MOAf	1.04	0.00%	88
MOAf	67.45	0.10%	100
MOAf	459.43	0.71%	50
MOAf	0.00	0.00%	32
MOCf	0.00	0.00%	32
MOCf	49.13	0.08%	32
MOCf	108.45	0.17%	32
MOCf	68.07	0.11%	32
VUEb	60.31	0.09%	88
MUEf	3.47	0.01%	81
VUAa	3.85	0.01%	58
VUCa	0.01	0.00%	58
LUAe	0.07	0.00%	72
VUEb	1.46	0.00%	58
VUAa	18.03	0.03%	58
LUAe	3.35	0.01%	72
VUEb	5.11	0.01%	58
MOCf	37.24	0.06%	45
MOCf	179.92	0.28%	45
MOCf	103.00	0.16%	45
MOCf	47.05	0.07%	45
MUCf1	1.71	0.00%	66
MOCf	4.78	0.01%	45
MOCf	59.07	0.09%	36
MOAf	13.20	0.02%	36
MOCf	167.91	0.26%	36
MUEf	56.49	0.09%	36
MOCf	64.63	0.10%	36
MUEf	139.29	0.22%	36
MUEf	45.09	0.07%	45
MOCf	368.01	0.57%	30
MOCf	25.87	0.04%	32
MOAf	57.20	0.09%	30
MUEf	2.58	0.00%	30
MOAf	179.74	0.28%	30



MOCf	0.03	0.00%	30
MOCf	173.51	0.27%	32
LUAe	1.74	0.00%	72
VUEb	17.52	0.03%	58
LUAe	2.72	0.00%	90
VUEb	22.37	0.03%	88
VUAa	15.66	0.02%	88
VUEb	5.99	0.01%	88
VUEb	9.74	0.02%	88
MUCf1	13.29	0.02%	100
VUAa	2.10	0.00%	100
LUAe	0.08	0.00%	100
VUEb	3.10	0.00%	100
VUEb	46.25	0.07%	100
MOCf	248.55	0.38%	100
MUEf	145.58	0.23%	100
MUAg	0.22	0.00%	50
MUCf1	9185.52	14.22%	50
VUAa	1.74	0.00%	50
VUAa	1.68	0.00%	50
VUCa	1.44	0.00%	50
LUAe	226.78	0.35%	70
LUAe	147.84	0.23%	70
MOAf	2700.07	4.18%	30
MUEf	1645.88	2.55%	30
VUEb	7.64	0.01%	50
VUEb	1869.97	2.90%	50
MOCf	33003.06	51.11%	30
MUEf	12629.09	19.56%	30

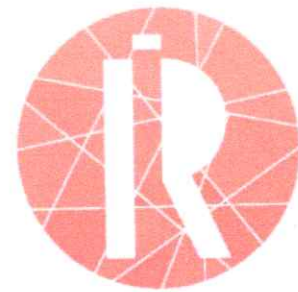




# ESTUDIO DE HIDRÁULICA



EMPRESA DE  
SERVICIOS PÚBLICOS  
DE ACACIAS E.S.P  
NIT: 822.001.833-5



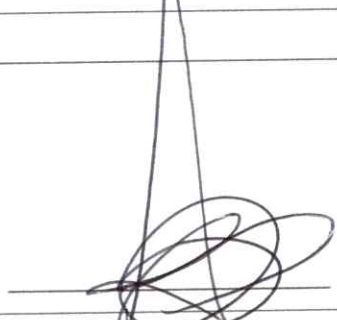
RÁSTER INGENIERÍA  
S.A.S  
NIT: 901.372.366-4  
R/L: ASLEY  
FERNANDO ESPEJO

CONSULTORÍA 128 DE 2021

**“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA BOCATOMA  
EN LA QUEBRADA LAS BLANCAS DEL MUNICIPIO DE ACACIAS,  
DEPARTAMENTO DEL META”**

VILLAVICENCIO – META, FEBRERO DE 2022

**REVISIÓN DE DOCUMENTO**

ELABORÓ	
INGENIERO CIVIL ESPECIALISTA EN RECURSOS HÍDRICOS <b>ASLEY FERNANDO ESPEJO DIAZ</b> MP. 25202168297 CND	Firma: 
FECHA: 25/02/2022	

**CONTROL DE VERSIÓN**

VERSIÓN No.	FECHA	ELABORÓ	DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN



## TABLA DE CONTENIDO

<b>1 GENERALIDADES</b> .....	<b>5</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	5
1.2 ALCANCE Y OBJETIVOS .....	5
1.3 MARCO NORMATIVO .....	6
1.4 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	6
<b>2 HIDRÁULICA</b> .....	<b>8</b>
2.1 ANÁLISIS DE NIVELES MÁXIMOS (PERFILES DE FLUJO) .....	8
2.2 MODELACIÓN HIDRÁULICA .....	9
2.2.1 Longitudes modelación HEC-RAS .....	9
2.2.2 Calibración del Modelo .....	12
2.2.3 Resultados modelación HEC-RAS Caudales máximos .....	13
<b>3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>23</b>
<b>4 BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>24</b>



**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Longitudes modelo .....	11
Tabla 2 Datos de control .....	12
Tabla 3 Resultados modelación Hidráulica caudales máximos .....	13

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 Abscisado de modelo matemático (Fuente: Consultor) .....	10
---	----

**ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1 Localización del municipio .....	7
Ilustración 2 zona de intervención (Localización) .....	7



## 1 GENERALIDADES

### 1.1 INTRODUCCIÓN

La hidráulica, en general, es una ciencia que trata de las leyes del equilibrio y movimiento de los líquidos y la aplicación de dichas leyes a la solución de problemas prácticos. Estudia los flujos en conductos abiertos y cerrados en los cauces de los ríos, en canales, canaletas, tuberías, túneles, vertederos, etc. Se trata de una disciplina esencialmente semiempírica debido a que utiliza deducciones analíticas de ciertas leyes físicas, complementadas con parámetros o coeficientes experimentales que representan comportamientos de los líquidos que no pueden ser descritos de manera estricta con métodos teóricos o conceptuales.

El objeto de este estudio es el de llevar a cabo el estudio de hidráulica en la Quebrada Las Blancas, el cuál es el cuerpo hídrico de influencia del casco urbano del municipio de Acacias; con el propósito de conocer los efectos hidráulicos del cuerpo hídrico.

Este informe se compone del análisis de los niveles máximos (cálculo del perfil de agua en la zona de la corriente) y la modelación hidráulica del cauce. Por último, se determinan las conclusiones y recomendaciones correspondientes según los resultados encontrados.

### 1.2 ALCANCE Y OBJETIVOS

El alcance del análisis hidráulico contempla básicamente el dimensionamiento de la estructura de captación.

El alcance del estudio se limita a los siguientes.

- a. Determinar el tipo de funcionamiento hidráulico de la obra.
- b. Diseñar la estructura necesaria según sea el caso.



El objetivo se limita a los siguientes.

- a. Determinar los caudales máximos y condiciones hidráulicas presentadas en la estructura de captación.
- b. Establecer capacidad de la estructura hidráulica.

### 1.3 MARCO NORMATIVO

Existen varias normas que plantean y abordan el tema a escala territorial, estas son las más relevantes:

- RAS-2000.
- Manual de Drenaje de Carreteras del Instituto Nacional de Vías INVIAS desarrollado en el año 2009, en estos se encuentran los procesos a seguir para desarrollar las actividades hidrológicas del caso.
- Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Acacias vigente.

### 1.4 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El municipio de Acacias está situado en el Departamento del Meta, en la región centro-oriental del país. Su economía se basa en el sector agropecuario, la explotación petrolera y la prestación de servicios.

El vínculo territorial, social y económico del municipio de Acacias (Meta) está directamente relacionado con la capital del departamento, Villavicencio, de quien lo separa una distancia de 28 Km. Asimismo, el municipio con esta conexión se permite tener otro sin número de relaciones económicas y sociales con Bogotá D.C. y los demás municipios que se conectan a través de la vía nacional. Límites del municipio:

- Norte: Dpt. Cundinamarca
- Sur: Mps. de Castilla la Nueva y Guamal
- Oriente: Mpio. San Carlos de Guaroa



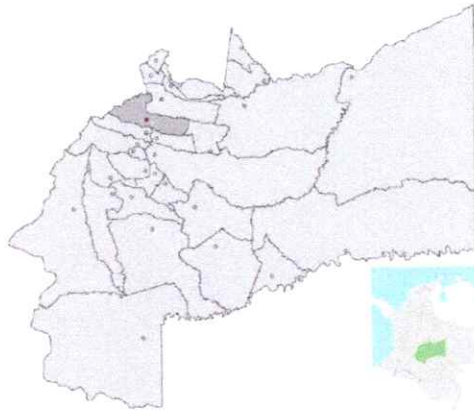
- Occidente: Mpio. de Guamal

Extensión total: 1.169 Km<sup>2</sup>

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 498 s.n.m

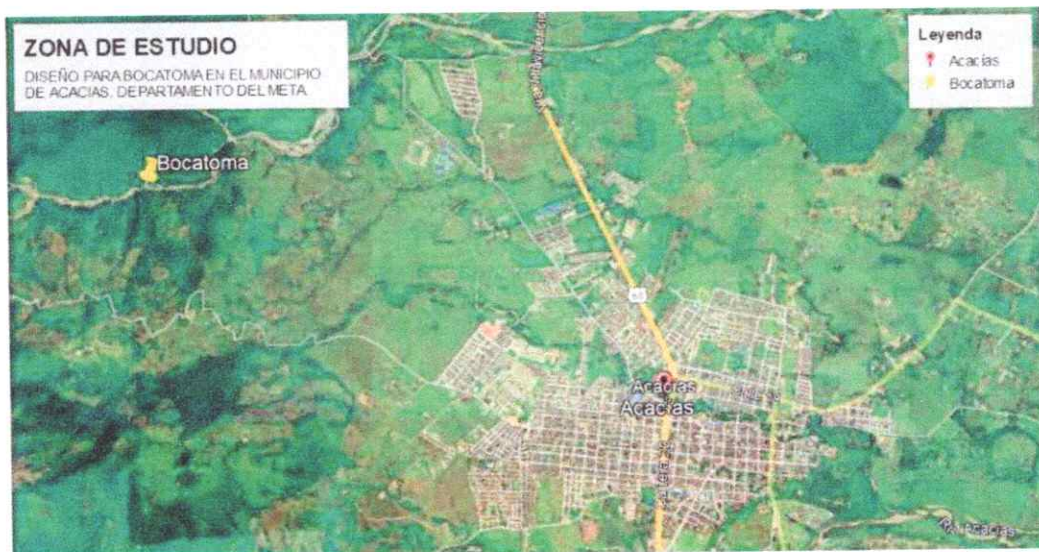
Temperatura media: 24 C°.

Ilustración 1 Localización del municipio



El área de estudio es en el sector de la bocatoma existente que geográficamente se ubica en las coordenadas (Latitud: 4° 0'30.52"N longitud: 73°48'30.09"O) sobre la corriente de la Quebrada Las Blancas, a 7 kilómetros aproximadamente de la carrera 23, vía principal que conduce de Acacias a Villavicencio.

Ilustración 2 zona de intervención (Localización)



Fuente: Google Earth



## 2 HIDRÁULICA

### 2.1 ANÁLISIS DE NIVELES MÁXIMOS (PERFILES DE FLUJO)

El cálculo del perfil de agua en la zona de la corriente se realiza con la ayuda del programa HEC-RAS desarrollado por el Hydrologic Engineering Center en su versión 5.2 de marzo de 2020. El procedimiento básico de cálculo de este programa se basa en la solución de la ecuación de energía unidimensional por el método del paso estándar y la evaluación de las pérdidas de energía debidas a la fricción con la expresión de Manning.

Sus hipótesis principales son las de flujo permanente (por lo tanto, no hay variación de la lámina de agua o de la velocidad con el tiempo, aunque tiene también la capacidad de flujo no permanente), gradualmente variado (es decir una distribución hidrostática de presiones) y unidimensional (la única componente de la velocidad es en la dirección del flujo) y contornos rígidos (no se admite erosión o sedimentación en el cauce).

Los datos de entrada al modelo son:

- a. Régimen del flujo: El programa HEC-RAS permite calcular de manera simultánea flujo de tipo Mixto, es decir, considerándolo subcrítico o supercrítico.
- b. Altura en la sección transversal inicial o final (para la consideración de régimen subcrítico y supercrítico respectivamente): calculada a partir de la pendiente de energía considerada generalmente igual a la pendiente del fondo.
- c. Caudal: correspondiente al período de retorno de diseño de niveles máximos: 100 años. Además, se realizará el análisis para los demás periodos de retorno para analizar el comportamiento de la corriente.
- d. Coeficientes de pérdidas de energía, “n” de Manning.





- e. Coeficiente de contracción = 0.1 secciones normales.<sup>1</sup>
- f. Coeficiente de expansión = 0.3 secciones normales.<sup>2</sup>
- g. Geometría de las secciones transversales y longitud de los tramos tomados de la batimetría ejecutada en cada sitio.

## 2.2 MODELACIÓN HIDRÁULICA

### 2.2.1 Longitudes modelación HEC-RAS

Para la modelación de los cauces hídricos, se debe tener en cuenta las longitudes del cauce central, borde izquierdo y derecho, esto influye en la determinación de las pérdidas de energía y con ello la modelación de los niveles mínimos, medios máximos presentes en los puntos de interés del proyecto. A continuación, se presentan las longitudes entre secciones transversales del modelo.

Las longitudes son determinadas por medio de la aplicación Geo HECRAS y la batimetría de la zona, según la distribución del talweg del cuerpo hídrico y la distribución de las bancas las cuales varían al ser un río sin intervención.

---

<sup>1</sup> Manual del Usuario HEC-RAS (US Army Corps of Engineers, 2010)

<sup>2</sup> Manual del Usuario HEC-RAS (US Army Corps of Engineers, 2010)



Figura 1 Abscisado de modelo matemático (Fuente: Consultor)

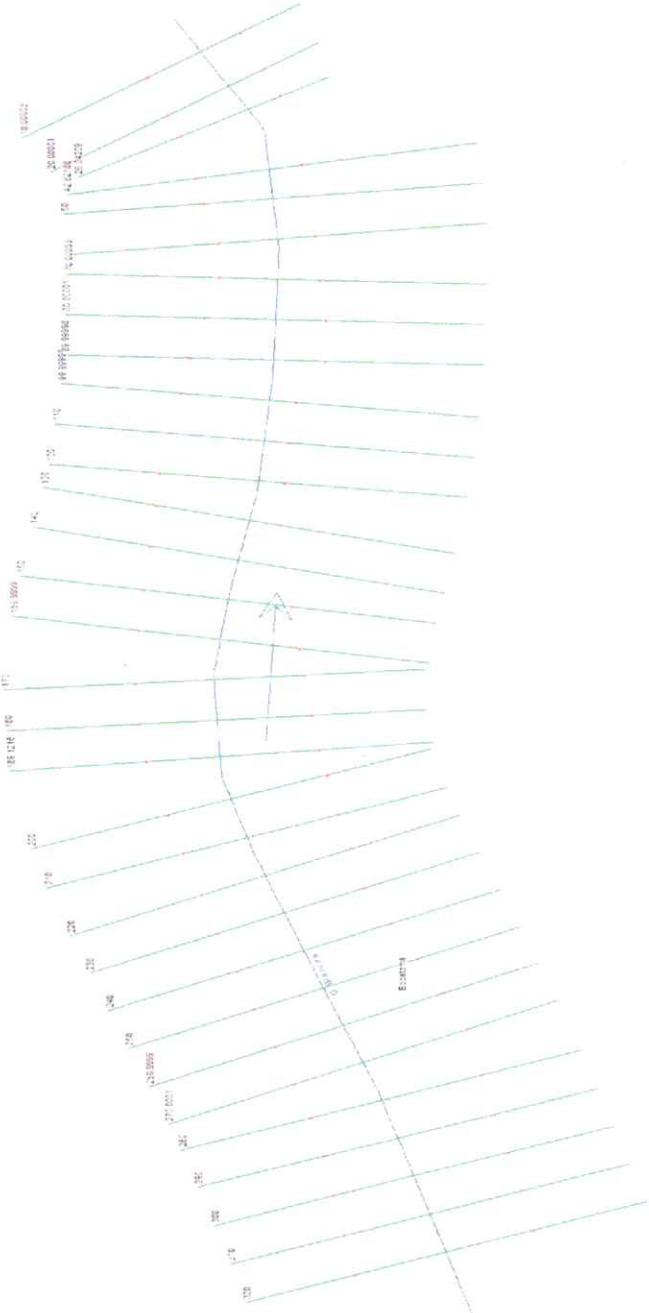


Tabla 1 Longitudes modelo

	River Station	LOB	Channel	ROB
1	320	10.12	10	10.07
2	310	10.12	10	10.07
3	300	10.12	10	10.07
4	290	10.03	10	10.19
5	280	8.29	10	12.96
6	270.0001	10	10	10.22
7	259.9999	10.2	10	9.86
8	250	10	10	10.02
9	240	10.1	10	10.02
10	230	10.15	10	10.02
11	220	11.96	10	7.92
12	210	10.23	10	10.01
13	200	15.85	10.88	3.65
14	189.1216	9.59	9.12	8.59
15	180	10.01	10	10.18
16	170	15.03	10	4.49
17	159.9999	10.01	10	10.78
18	150	11.54	10	9.55
19	140	10.05	10	10.85
20	130	7.22	10	11.48
21	120	10	10	10.08
22	110	10	10	10.08
23	99.99998	8	10	11.48
24	89.99998	10.03	10	10.15
25	80.00001	10.15	10	10.15
26	70.00003	6.33	10	11.92
27	59.99992	10.02	10	10.01
28	50	5.44	7.38	8.22
29	42.62188	6.01	15.78	19.82
30	26.84209	4.92	6.84	8.3
31	20.00001	10.79	10	10.43
32	10.00003	8.85	10	28.64

(Fuente Consultor)



### 2.2.2 Calibración del Modelo

El proceso realiza una calibración hidrodinámica. El coeficiente de rugosidad de (Chezy o Manning) es típicamente el principal parámetro de calibración, dado que ajusta el nivel de agua, el caudal y tiene influencia en la distribución de flujo. A menos que la tipología del río presente algún tipo de contracción o cambio abrupto en la sección transversal.

Típicamente, cuando la relación entre los flujos de alta y baja ( $Q_{max}/Q_{min}$ ) es baja, la calibración hidrodinámica no requiere incluir el componente sedimentológico y morfológico pues los cambios en el lecho no significativos.

El proceso trata de simular el nivel de agua y caudal determinados en la medición de caudal realizado en el software HEC-RAS en el modelo hidráulico de la figura, por medio de la simulación sucesiva y variando el coeficiente de rugosidad de Manning hasta conseguir el nivel de agua determinado en la medición de campo, para el caso del proyecto se tienen los siguientes datos de control:

Tabla 2 Datos de control

Parámetro	Valor
Nivel de Agua (msnm)	674.91
Caudal ( $m^3/s$ )	16.877

Después de realizado el proceso se logra el nivel de agua medido con un coeficiente de Manning  $n=0.055$ , y tomando como referencia los rangos de este parámetro de la Tabla 5-6 Valores de Coeficiente de rugosidad  $n$  (Chow, Hidraulica de Canales Abiertos, 1994), este valor es típico de Corrientes Naturales de ancho mayor a 100 pies con secciones irregulares y rugosas los cuales sugiere coeficientes entre 0.035 y 0.100. Con este valor determinado se simulará los caudales máximos y mínimos del proyecto.



2.2.3 Resultados modelación HEC-RAS Caudales máximos

Los resultados de la modelación hidráulica en HEC-RAS, se pueden observar en el Anexo 4 Modelación Hidráulica HEC-RAS. A continuación, se transcriben los principales resultados hidráulicos de las zonas a proyectar las estructuras correspondientes al muelle.

Tabla 3 Resultados modelación Hidráulica caudales máximos

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Froude # Chl
Bocatoma	320	TR 2.33	22.7	681.05	681.83	681.83	0.040799	1.75	13.06	0.97
Bocatoma	320	TR 5	33	681.05	681.93	681.93	0.041805	2.01	16.87	1.02
Bocatoma	320	TR 10	45.6	681.05	682.04	682.04	0.041955	2.18	21.32	1.04
Bocatoma	320	TR 20	61.8	681.05	682.15	682.15	0.040577	2.35	26.66	1.05
Bocatoma	320	TR 25	67.9	681.05	682.19	682.19	0.0405	2.42	28.5	1.05
Bocatoma	320	TR 50	90	681.05	682.33	682.33	0.039488	2.53	35.36	1.05
Bocatoma	320	TR 100	117.5	681.05	682.48	682.48	0.037854	2.6	43.98	1.04
Bocatoma	310	TR 2.33	22.7	680.5	681.45	681.31	0.019138	1.67	15.29	0.72
Bocatoma	310	TR 5	33	680.5	681.58	681.45	0.022984	1.67	19.65	0.77
Bocatoma	310	TR 10	45.6	680.5	681.69	681.6	0.025566	1.8	23.93	0.82
Bocatoma	310	TR 20	61.8	680.5	681.81	681.73	0.029026	1.79	29.15	0.86
Bocatoma	310	TR 25	67.9	680.5	681.86	681.77	0.02965	1.71	31.54	0.86
Bocatoma	310	TR 50	90	680.5	682	682	0.030007	1.79	39.14	0.87
Bocatoma	310	TR 100	117.5	680.5	682.14	682.12	0.028686	2.11	47.31	0.89
Bocatoma	300	TR 2.33	22.7	679.97	681.13	681.13	0.043375	1.93	13.32	0.99



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Froude # Chl
Bocatoma	300	TR 5	33	679.97	681.22	681.22	0.043134	2.13	17.17	1.01
Bocatoma	300	TR 10	45.6	679.97	681.32	681.32	0.04232	2.31	21.45	1.03
Bocatoma	300	TR 20	61.8	679.97	681.43	681.43	0.041328	2.5	26.47	1.04
Bocatoma	300	TR 25	67.9	679.97	681.46	681.46	0.042065	2.58	28.02	1.06
Bocatoma	300	TR 50	90	679.97	681.59	681.61	0.042114	2.77	33.99	1.08
Bocatoma	300	TR 100	117.5	679.97	681.74	681.74	0.039209	2.85	42.15	1.06
Bocatoma	290	TR 2.33	22.7	679	679.94	680.21	0.089607	3.69	6.18	1.55
Bocatoma	290	TR 5	33	679	680.17	680.39	0.082912	3.53	9.74	1.5
Bocatoma	290	TR 10	45.6	679	680.33	680.54	0.078356	3.58	13.72	1.47
Bocatoma	290	TR 20	61.8	679	680.47	680.67	0.076633	3.71	18.27	1.47
Bocatoma	290	TR 25	67.9	679	680.52	680.71	0.083402	3.66	20.26	1.52
Bocatoma	290	TR 50	90	679	680.65	680.84	0.075451	3.9	25.39	1.48
Bocatoma	290	TR 100	117.5	679	680.79	681.03	0.069142	4.16	31.42	1.46
Bocatoma	280	TR 2.33	22.7	678.18	678.93	679.12	0.130635	3.47	6.7	1.78
Bocatoma	280	TR 5	33	678.18	679.04	679.27	0.129774	3.79	8.93	1.82
Bocatoma	280	TR 10	45.6	678.18	679.16	679.41	0.124137	4.01	11.63	1.81
Bocatoma	280	TR 20	61.8	678.18	679.29	679.56	0.113739	4.22	14.96	1.77
Bocatoma	280	TR 25	67.9	678.18	679.36	679.62	0.101726	4.16	16.67	1.7
Bocatoma	280	TR 50	90	678.18	679.49	679.8	0.095396	4.48	20.6	1.68
Bocatoma	280	TR 100	117.5	678.18	679.64	680	0.087658	4.78	25.41	1.66
Bocatoma	270.0001	TR 2.33	22.7	677.5	678.37	678.42	0.049546	2.53	9.15	1.14
Bocatoma	270.0001	TR 5	33	677.5	678.51	678.58	0.049653	2.81	11.99	1.17
Bocatoma	270.0001	TR 10	45.6	677.5	678.65	678.74	0.048633	3.1	15	1.19



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Froude # Chl
Bocatoma	270.0001	TR 20	61.8	677.5	678.81	678.92	0.047597	3.4	18.57	1.2
Bocatoma	270.0001	TR 25	67.9	677.5	678.87	678.98	0.04736	3.49	19.84	1.21
Bocatoma	270.0001	TR 50	90	677.5	679.06	679.21	0.046276	3.76	24.42	1.22
Bocatoma	270.0001	TR 100	117.5	677.5	679.27	679.45	0.04585	4	30.01	1.23
Bocatoma	259.9999	TR 2.33	22.7	676.31	677.21	677.42	0.126971	3.71	6.28	1.79
Bocatoma	259.9999	TR 5	33	676.31	677.36	677.61	0.105167	4.01	8.46	1.7
Bocatoma	259.9999	TR 10	45.6	676.31	677.52	677.82	0.090521	4.27	10.97	1.63
Bocatoma	259.9999	TR 20	61.8	676.31	677.71	678.07	0.083823	4.5	14.12	1.61
Bocatoma	259.9999	TR 25	67.9	676.31	677.78	678.13	0.081816	4.57	15.28	1.6
Bocatoma	259.9999	TR 50	90	676.31	677.98	678.35	0.076171	4.8	19.26	1.58
Bocatoma	259.9999	TR 100	117.5	676.31	678.19	678.56	0.08081	4.96	24.29	1.62
Bocatoma	250	TR 2.33	22.7	675.5	676.58	676.69	0.045978	3.52	7.1	1.17
Bocatoma	250	TR 5	33	675.5	676.87	676.96	0.040597	3.73	9.77	1.13
Bocatoma	250	TR 10	45.6	675.5	677.38	677.29	0.028023	2.95	16.18	0.94
Bocatoma	250	TR 20	61.8	675.5	677.94	677.63	0.015049	2.02	30.39	0.68
Bocatoma	250	TR 25	67.9	675.5	678.07	677.75	0.012133	1.97	34.68	0.63
Bocatoma	250	TR 50	90	675.5	678.5	677.92	0.007332	1.9	49.14	0.51
Bocatoma	250	TR 100	117.5	675.5	678.92	678.1	0.005602	1.93	63.91	0.47
Bocatoma	240	TR 2.33	22.7	675	676.15	676.23	0.039504	3.47	7.08	1.1
Bocatoma	240	TR 5	33	675	676.45	676.53	0.036308	3.75	9.63	1.09
Bocatoma	240	TR 10	45.6	675	676.85	676.85	0.028488	3.74	13.49	0.99
Bocatoma	240	TR 20	61.8	675	677.17	677.17	0.027983	4.01	17.11	1
Bocatoma	240	TR 25	67.9	675	677.28	677.28	0.027739	4.09	18.45	1
Bocatoma	240	TR 50	90	675	677.65	677.65	0.026761	4.33	23.18	1
Bocatoma	240	TR 100	117.5	675	678.1	678.1	0.027462	4.27	29.98	1.01



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Froude # Chl
Bocatoma	230	TR 2.33	22.7	674.5	675.86	675.89	0.033356	3.28	7.52	1.02
Bocatoma	230	TR 5	33	674.5	676.2	676.2	0.029703	3.43	10.51	0.99
Bocatoma	230	TR 10	45.6	674.5	676.37	676.53	0.039246	4.09	12.21	1.15
Bocatoma	230	TR 20	61.8	674.5	676.63	676.87	0.043758	4.44	15.19	1.23
Bocatoma	230	TR 25	67.9	674.5	676.71	677.02	0.046533	4.56	16.18	1.27
Bocatoma	230	TR 50	90	674.5	676.94	677.32	0.056232	4.97	19.43	1.4
Bocatoma	230	TR 100	117.5	674.5	677.16	677.57	0.074193	5.18	23.53	1.57
Bocatoma	220	TR 2.33	22.7	673.84	674.4	674.67	0.3617	5.17	5.09	2.88
Bocatoma	220	TR 5	33	673.84	674.47	674.82	0.374643	5.91	6.43	3.01
Bocatoma	220	TR 10	45.6	673.84	674.57	674.98	0.315359	6.21	8.36	2.86
Bocatoma	220	TR 20	61.8	673.84	674.68	675.17	0.280279	6.62	10.54	2.77
Bocatoma	220	TR 25	67.9	673.84	674.72	675.23	0.266227	6.71	11.39	2.73
Bocatoma	220	TR 50	90	673.84	674.87	675.44	0.229722	7.01	14.34	2.61
Bocatoma	220	TR 100	117.5	673.84	675.06	675.7	0.185146	7.12	18.3	2.41
Bocatoma	210	TR 2.33	22.7	673.47	674.18	674.18	0.035737	2.46	10.76	1
Bocatoma	210	TR 5	33	673.47	674.31	674.33	0.039036	2.84	13.48	1.08
Bocatoma	210	TR 10	45.6	673.47	674.43	674.49	0.042369	3.22	16.37	1.14
Bocatoma	210	TR 20	61.8	673.47	674.56	674.66	0.047759	3.67	19.37	1.24
Bocatoma	210	TR 25	67.9	673.47	674.6	674.73	0.049218	3.82	20.46	1.26
Bocatoma	210	TR 50	90	673.47	674.74	674.92	0.054466	4.3	24.01	1.35
Bocatoma	210	TR 100	117.5	673.47	674.91	675.16	0.057666	4.74	28.36	1.41
Bocatoma	200	TR 2.33	22.7	672.5	673.52	673.63	0.062169	3.14	8.13	1.31
Bocatoma	200	TR 5	33	672.5	673.72	673.82	0.056792	3.19	11.45	1.27





Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Froude # Chl
Bocatoma	200	TR 10	45.6	672.5	673.89	674	0.053964	3.32	15.1	1.26
Bocatoma	200	TR 20	61.8	672.5	674.07	674.19	0.053021	3.45	19.31	1.27
Bocatoma	200	TR 25	67.9	672.5	674.13	674.24	0.052669	3.47	20.85	1.26
Bocatoma	200	TR 50	90	672.5	674.3	674.43	0.053034	3.64	25.79	1.28
Bocatoma	200	TR 100	117.5	672.5	674.45	674.63	0.056912	3.97	30.59	1.35
Bocatoma	189.1216	TR 2.33	22.7	672.08	673.08	673.09	0.040641	2.36	9.61	1.04
Bocatoma	189.1216	TR 5	33	672.08	673.24	673.26	0.03889	2.61	12.64	1.05
Bocatoma	189.1216	TR 10	45.6	672.08	673.38	673.42	0.040229	2.92	15.63	1.09
Bocatoma	189.1216	TR 20	61.8	672.08	673.58	673.63	0.037923	3.09	20.01	1.08
Bocatoma	189.1216	TR 25	67.9	672.08	673.64	673.7	0.037281	3.13	21.71	1.08
Bocatoma	189.1216	TR 50	90	672.08	673.86	673.9	0.033832	3.25	27.75	1.05
Bocatoma	189.1216	TR 100	117.5	672.08	674.13	674.13	0.028871	3.28	36.26	0.99
Bocatoma	180	TR 2.33	22.7	672	672.7	672.72	0.043668	2.36	9.64	1.07
Bocatoma	180	TR 5	33	672	672.82	672.88	0.046407	2.72	12.15	1.14
Bocatoma	180	TR 10	45.6	672	672.96	673.04	0.046103	3	15.2	1.16
Bocatoma	180	TR 20	61.8	672	673.11	673.23	0.047547	3.3	18.74	1.2
Bocatoma	180	TR 25	67.9	672	673.17	673.29	0.047584	3.38	20.08	1.21
Bocatoma	180	TR 50	90	672	673.34	673.49	0.048156	3.66	24.62	1.24
Bocatoma	180	TR 100	117.5	672	673.52	673.69	0.049216	3.96	29.7	1.27
Bocatoma	170	TR 2.33	22.7	671.5	672.36	672.36	0.038592	2.19	10.4	1
Bocatoma	170	TR 5	33	671.5	672.48	672.51	0.040721	2.52	13.16	1.06
Bocatoma	170	TR 10	45.6	671.5	672.65	672.66	0.035005	2.64	17.42	1.02
Bocatoma	170	TR 20	61.8	671.5	672.82	672.84	0.034241	2.81	22.33	1.02
Bocatoma	170	TR 25	67.9	671.5	672.86	672.89	0.035663	2.93	23.54	1.05
Bocatoma	170	TR 50	90	671.5	672.99	673.07	0.040032	3.33	27.48	1.13
Bocatoma	170	TR 100	117.5	671.5	673.13	673.26	0.042505	3.73	32.15	1.19





Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Froude # Chl
Bocatoma	159.9999	TR 2.33	22.7	670.53	671.8	671.86	0.068678	2.37	9.56	1.26
Bocatoma	159.9999	TR 5	33	670.53	671.9	671.99	0.069169	2.71	12.2	1.3
Bocatoma	159.9999	TR 10	45.6	670.53	671.98	672.12	0.078955	3.15	14.49	1.42
Bocatoma	159.9999	TR 20	61.8	670.53	672.09	672.26	0.07934	3.47	17.86	1.46
Bocatoma	159.9999	TR 25	67.9	670.53	672.13	672.31	0.075909	3.55	19.18	1.44
Bocatoma	159.9999	TR 50	90	670.53	672.27	672.47	0.067993	3.84	23.71	1.41
Bocatoma	159.9999	TR 100	117.5	670.53	672.41	672.66	0.063632	4.18	28.76	1.41
Bocatoma	150	TR 2.33	22.7	669.5	670.76	670.93	0.088963	3.22	7.06	1.49
Bocatoma	150	TR 5	33	669.5	670.93	671.09	0.081445	3.37	9.81	1.46
Bocatoma	150	TR 10	45.6	669.5	671.09	671.26	0.071176	3.54	12.9	1.4
Bocatoma	150	TR 20	61.8	669.5	671.26	671.45	0.064279	3.76	16.43	1.37
Bocatoma	150	TR 25	67.9	669.5	671.31	671.52	0.063375	3.86	17.6	1.38
Bocatoma	150	TR 50	90	669.5	671.49	671.73	0.058595	4.16	21.74	1.36
Bocatoma	150	TR 100	117.5	669.5	671.69	672.01	0.054254	4.46	26.89	1.34
Bocatoma	140	TR 2.33	22.7	668.5	670.59	669.93	0.004014	1.25	18.13	0.36
Bocatoma	140	TR 5	33	668.5	670.82	670.13	0.005115	1.53	21.6	0.42
Bocatoma	140	TR 10	45.6	668.5	671.07	670.34	0.006298	1.77	25.71	0.47
Bocatoma	140	TR 20	61.8	668.5	671.36	670.59	0.007329	1.97	31.31	0.51
Bocatoma	140	TR 25	67.9	668.5	671.46	670.67	0.007428	2.03	33.43	0.52
Bocatoma	140	TR 50	90	668.5	671.79	670.95	0.007079	2.21	40.78	0.52
Bocatoma	140	TR 100	117.5	668.5	672.16	671.32	0.006756	2.4	49.5	0.52
Bocatoma	130	TR 2.33	22.7	669	670.55	669.86	0.003988	1.29	17.63	0.36
Bocatoma	130	TR 5	33	669	670.75	670.07	0.005406	1.61	20.47	0.43
Bocatoma	130	TR 10	45.6	669	670.97	670.29	0.00676	1.93	23.63	0.49
Bocatoma	130	TR 20	61.8	669	671.21	670.54	0.008199	2.27	27.23	0.54
Bocatoma	130	TR 25	67.9	669	671.29	670.63	0.008699	2.38	28.47	0.56
Bocatoma	130	TR 50	90	669	671.55	670.92	0.010338	2.76	32.6	0.62



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Froude # Chl
Bocatoma	130	TR 100	117.5	669	671.83	671.24	0.01205	3.16	37.24	0.68
Bocatoma	120	TR 2.33	22.7	668.91	670.51	669.93	0.005318	1.26	18.04	0.41
Bocatoma	120	TR 5	33	668.91	670.7	670.14	0.006161	1.51	21.83	0.45
Bocatoma	120	TR 10	45.6	668.91	670.92	670.36	0.006726	1.75	26.1	0.48
Bocatoma	120	TR 20	61.8	668.91	671.17	670.58	0.007273	1.99	31	0.51
Bocatoma	120	TR 25	67.9	668.91	671.26	670.64	0.007468	2.08	32.69	0.52
Bocatoma	120	TR 50	90	668.91	671.53	670.87	0.008067	2.34	38.38	0.55
Bocatoma	120	TR 100	117.5	668.91	671.84	671.14	0.008619	2.62	44.84	0.58
Bocatoma	110	TR 2.33	22.7	669.5	670.3	670.18	0.019613	1.89	12.04	0.74
Bocatoma	110	TR 5	33	669.5	670.42	670.34	0.024377	2.32	14.22	0.85
Bocatoma	110	TR 10	45.6	669.5	670.53	670.51	0.030641	2.81	16.24	0.97
Bocatoma	110	TR 20	61.8	669.5	670.7	670.7	0.031528	3.16	19.53	1.01
Bocatoma	110	TR 25	67.9	669.5	670.77	670.77	0.031014	3.26	20.85	1.01
Bocatoma	110	TR 50	90	669.5	671	671	0.029528	3.54	25.41	1
Bocatoma	110	TR 100	117.5	669.5	671.25	671.25	0.028097	3.85	30.56	1
Bocatoma	99.99998	TR 2.33	22.7	669.5	670.01	670	0.044279	1.93	11.71	1.03
Bocatoma	99.99998	TR 5	33	669.5	670.11	670.11	0.044357	2.26	14.75	1.07
Bocatoma	99.99998	TR 10	45.6	669.5	670.24	670.24	0.041334	2.53	18.42	1.07
Bocatoma	99.99998	TR 20	61.8	669.5	670.28	670.38	0.060681	3.21	19.75	1.31
Bocatoma	99.99998	TR 25	67.9	669.5	670.3	670.43	0.065847	3.42	20.42	1.38
Bocatoma	99.99998	TR 50	90	669.5	670.39	670.6	0.078643	4.04	23.03	1.53
Bocatoma	99.99998	TR 100	117.5	669.5	671.35	670.79	0.009358	2.29	54.88	0.6
Bocatoma	89.99998	TR 2.33	22.7	668.79	669.56	669.56	0.03699	2.1	11.23	0.98



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Froude # Chl
Bocatoma	89.99998	TR 5	33	668.79	669.68	669.69	0.035053	2.37	14.57	0.99
Bocatoma	89.99998	TR 10	45.6	668.79	669.8	669.82	0.035182	2.67	17.96	1.02
Bocatoma	89.99998	TR 20	61.8	668.79	669.97	669.97	0.031138	2.86	22.79	0.99
Bocatoma	89.99998	TR 25	67.9	668.79	670.03	670.03	0.030045	2.93	24.5	0.99
Bocatoma	89.99998	TR 50	90	668.79	670.65	670.2	0.008555	2.21	44.1	0.57
Bocatoma	89.99998	TR 100	117.5	668.79	671.34	670.41	0.00381	1.9	68.89	0.41
Bocatoma	80.00001	TR 2.33	22.7	668.08	669.19	668.94	0.010893	1.5	15.9	0.57
Bocatoma	80.00001	TR 5	33	668.08	669.35	669.13	0.011467	1.76	20.04	0.6
Bocatoma	80.00001	TR 10	45.6	668.08	669.49	669.27	0.012683	2.05	24.04	0.65
Bocatoma	80.00001	TR 20	61.8	668.08	669.85	669.44	0.00765	1.95	34.86	0.53
Bocatoma	80.00001	TR 25	67.9	668.08	670.04	669.49	0.005824	1.86	40.69	0.48
Bocatoma	80.00001	TR 50	90	668.08	670.67	669.69	0.002949	1.66	61.98	0.36
Bocatoma	80.00001	TR 100	117.5	668.08	671.36	669.9	0.001854	1.58	87.34	0.3
Bocatoma	70.00003	TR 2.33	22.7	668	668.89	668.89	0.030463	2.26	11.46	0.93
Bocatoma	70.00003	TR 5	33	668	669.06	669.06	0.026105	2.41	16.16	0.89
Bocatoma	70.00003	TR 10	45.6	668	669.19	669.19	0.027018	2.67	20.05	0.92
Bocatoma	70.00003	TR 20	61.8	668	669.82	669.33	0.006128	1.79	39.89	0.48
Bocatoma	70.00003	TR 25	67.9	668	670.02	669.38	0.004553	1.69	46.75	0.42
Bocatoma	70.00003	TR 50	90	668	670.67	669.55	0.002318	1.51	70.69	0.32
Bocatoma	70.00003	TR 100	117.5	668	671.36	669.73	0.001502	1.44	98.81	0.27
Bocatoma	59.99992	TR 2.33	22.7	667.52	668.05	668.22	0.118047	3.35	6.94	1.7



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Froude # Chl
Bocatoma	59.99992	TR 5	33	667.52	668.7	668.38	0.011239	1.82	19.13	0.6
Bocatoma	59.99992	TR 10	45.6	667.52	669.22	668.56	0.00536	1.62	30.41	0.44
Bocatoma	59.99992	TR 20	61.8	667.52	669.8	668.75	0.003109	1.54	44.65	0.36
Bocatoma	59.99992	TR 25	67.9	667.52	670	668.81	0.002686	1.53	50.04	0.34
Bocatoma	59.99992	TR 50	90	667.52	670.65	669.04	0.001861	1.52	69.31	0.29
Bocatoma	59.99992	TR 100	117.5	667.52	671.33	669.3	0.00141	1.54	92.58	0.26
Bocatoma	50	TR 2.33	22.7	666.77	668.23	667.66	0.004451	1.13	20.52	0.38
Bocatoma	50	TR 5	33	666.77	668.72	667.83	0.002595	1.08	31.41	0.31
Bocatoma	50	TR 10	45.6	666.77	669.24	668.01	0.001777	1.12	43.43	0.27
Bocatoma	50	TR 20	61.8	666.77	669.81	668.2	0.001368	1.18	58.02	0.25
Bocatoma	50	TR 25	67.9	666.77	670.01	668.27	0.001275	1.2	63.43	0.24
Bocatoma	50	TR 50	90	666.77	670.65	668.5	0.001064	1.28	82.67	0.23
Bocatoma	50	TR 100	117.5	666.77	671.33	668.74	0.00091	1.34	105.57	0.22
Bocatoma	42.62188	TR 2.33	22.7	666.5	668.23	667.38	0.002099	0.87	26.97	0.27
Bocatoma	42.62188	TR 5	33	666.5	668.73	667.58	0.001319	0.89	40.01	0.23
Bocatoma	42.62188	TR 10	45.6	666.5	669.24	667.75	0.000991	0.93	54.27	0.21
Bocatoma	42.62188	TR 20	61.8	666.5	669.82	667.96	0.000807	0.99	71.14	0.19
Bocatoma	42.62188	TR 25	67.9	666.5	670.01	668.02	0.000764	1.01	77.22	0.19
Bocatoma	42.62188	TR 50	90	666.5	670.66	668.23	0.000668	1.08	97.98	0.18
Bocatoma	42.62188	TR 100	117.5	666.5	671.34	668.46	0.000614	1.16	121.46	0.18
Bocatoma	26.84209	TR 2.33	22.7	666.4	668.21	667.18	0.001079	0.72	33.2	0.2



Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Froude # Chl
Bocatoma	26.84209	TR 5	33	666.4	668.72	667.35	0.000756	0.75	48.09	0.18
Bocatoma	26.84209	TR 10	45.6	666.4	669.24	667.53	0.000596	0.78	65.4	0.16
Bocatoma	26.84209	TR 20	61.8	666.4	669.82	667.72	0.000489	0.82	88.99	0.15
Bocatoma	26.84209	TR 25	67.9	666.4	670.02	667.79	0.000456	0.83	97.88	0.15
Bocatoma	26.84209	TR 50	90	666.4	670.67	668	0.00038	0.86	127.47	0.14
Bocatoma	26.84209	TR 100	117.5	666.4	671.35	668.23	0.000337	0.9	159.4	0.14
Bocatoma	20.00001	TR 2.33	22.7	666	668.22	666.79	0.000447	0.56	43.1	0.13
Bocatoma	20.00001	TR 5	33	666	668.72	666.96	0.00038	0.61	61.36	0.13
Bocatoma	20.00001	TR 10	45.6	666	669.24	667.14	0.000327	0.65	82.12	0.12
Bocatoma	20.00001	TR 20	61.8	666	669.82	667.33	0.00029	0.7	106.01	0.12
Bocatoma	20.00001	TR 25	67.9	666	670.02	667.41	0.00028	0.71	114.43	0.12
Bocatoma	20.00001	TR 50	90	666	670.67	667.61	0.000259	0.76	142.43	0.12
Bocatoma	20.00001	TR 100	117.5	666	671.35	667.86	0.000249	0.83	172.89	0.12
Bocatoma	10.00003	TR 2.33	22.7	665.5	668.22	666.31	0.0002	0.45	55.62	0.09
Bocatoma	10.00003	TR 5	33	665.5	668.72	666.48	0.0002	0.51	73.27	0.1
Bocatoma	10.00003	TR 10	45.6	665.5	669.24	666.65	0.0002	0.57	92.21	0.1
Bocatoma	10.00003	TR 20	61.8	665.5	669.82	666.85	0.0002	0.64	114.21	0.1
Bocatoma	10.00003	TR 25	67.9	665.5	670.02	666.91	0.0002	0.66	122.13	0.1
Bocatoma	10.00003	TR 50	90	665.5	670.67	667.14	0.0002	0.72	151.22	0.11
Bocatoma	10.00003	TR 100	117.5	665.5	671.35	667.39	0.0002	0.79	183.14	0.11

(Fuente: Consultor)



### 3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En cuestión a la realización de construcción o mantenimiento de la estructura de captación se recomienda hacerlo en épocas de estiaje o seca las cuales corresponden del mes de enero hasta el mes de febrero principalmente.
- Con respecto a los caudales mínimos de la zona no se calculan al no tener información histórica ni meteorológica fiable para la proyección a diferentes periodos de diseño.
- Los caudales máximos de diseño del análisis hidráulico es un valor determinado por medio del Hidrograma Unitario, el cual arroja caudales máximos.

Período de retorno, Tr (años)	Caudal máximo
	m <sup>3</sup> /s
2.33	22.70
5	33.00
10	45.60
20	61.80
25	67.90
50	90.0
100	117.50



#### 4 BIBLIOGRAFÍA

- Chow, V. T. (1994). *Hidraulica de Canales Abiertos*. Santafe de Bogota: McGraw Hill.
- Universidad del Cauca. (2016). *Parte IV. Socavación en Puentes*. Popayan.
- R. Vargas and M. Díaz Granados, "Curvas Sintéticas regionalizadas de Intensidad - Duración - frecuencia para Colombia," Universidad de los andes, Departamento de ingeniería civil, Bogotá, 1997.
- M. Ferrer, J. Rodríguez and T. Estrela, "Generación automática del número de curva con sistemas de información geográfica.," *Ingeniería del Agua*, vol. 2, no. 4, diciembre 1995.
- IDEAM, "Catalogo Nacional de Estaciones, series Hidrometeorológicas mensuales multianuales," Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales IDEAM, Bogotá, 2015.
- T. Ochoa, *Hidráulica de ríos y procesos morfológicos*, Bogotá, D.C. Ecoediciones, 2011.
- H. Rodríguez, *Hidráulica Fluvial fundamentos y aplicaciones, socavación*, Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2010.





Villavicencio, febrero de 2022



## MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **ASLEY FERNANDO ESPEJO DIAZ**, ingeniero civil especialista en recursos hídricos; con matrícula profesional vigente 25202-168297 CND, e identificado con C.C. N° 80882602 de Bogotá, hago constar que el ESTUDIO DE HIDROLOGÍA E HIDRÁULICA, fue elaborado en cumplimiento a los requisitos y normas aplicados a este tipo de actividades, para el proyecto **“ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA BOCATOMA EN LA QUEBRADA LAS BLANCAS DEL MUNICIPIO DE ACACIAS, DEPARTAMENTO DEL META”**

En consecuencia, asumo la responsabilidad del presente estudio, en cualquier tipo de caso, situación o eventualidad que pudiera presentarse, en que la obra a que hace referencia el proyecto no se ejecute conforme a lo estipulado por el estudio, no asumiré responsabilidad civil ni penal alguna.

Atentamente,



---

**ASLEY FERNANDO ESPEJO DÍAZ**  
ING. CIVIL ESP. EN RECURSOS HÍDRICOS  
M.P 25202-168297 CND

REPUBLICA DE COLOMBIA  
CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA  
COPNIA

MATRICULA PROFESIONAL No.  
**25202168297CND**  
INGENIERO CIVIL

DE FECHA **23/04/2009**  
**ASLEY FERNANDO**  
**ESPEJO DIAZ**  
C.C. 80882602  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
COLOMBIA

  
PRESIDENTE DEL CONSEJO



Este es un documento público expedido en virtud de la Ley 842 de 2003, que autoriza a su titular para ejercer como Ingeniero en todo el Territorio Nacional.

En caso de extravío debe ser remitida al COPNIA

Calle 78 No. 9 - 57 Oficina 1301 Tel. 3220102 Bogotá D.C.



**CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA  
COPNIA**

**EL DIRECTOR GENERAL**

**CERTIFICA:**

1. Que ASLEY FERNANDO ESPEJO DIAZ, identificado(a) con Cedula de Ciudadanía 80882602, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 25202-168297 desde el 23 de Abril de 2009, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 449.
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 cinco (05) días del mes de Enero del año dos mil veintidos (2022).

**Rubén Dario Ochoa Arbeláez**

Firma del titular (\*)

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