

	GESTIÓN DE RECURSOS Y SERVICIOS BIBLIOTECARIOS	Código	FO-GS-15
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN	VERSIÓN	02
		FECHA	03/04/2017
		PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca	Equipo Operativo de Calidad	Líder de Calidad	

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):
 NOMBRE(S): CARLOS ANDRES APELLIDOS: ALVAREZ SEQUEDA
 NOMBRE(S): JUAN CARLOS APELLIDOS: RIOS
 FACULTAD: INGENIERÍA
 PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA CIVIL
 DIRECTOR:
 NOMBRE(S): JUAN CARLOS APELLIDOS: SAYAGO ORTEGA
 CO-DIRECTOR:
 NOMBRE(S): _____ APELLIDOS: _____
 TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): MODELAMIENTO HIDRÁULICO Y PROPUESTA DE CANALIZACIÓN DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL LA BARTOLA QUE FLUYE DE SUR A NORTE EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE EL ZULIA, NORTE DE SANTANDER

RESUMEN

En el municipio de El Zulia existe una escorrentía superficial conocida como La Bartola que fluye por los barrios El Centro y Pueblo Nuevo por las avenidas 5ta y 6ta, entre las calles 4ta y 4N. Este cuerpo se abastece de las aguas que vienen del sector. A partir de la calle 4N la escorrentía superficial se encuentra canalizada sin generar riesgo a la comunidad; sin embargo, el tramo objeto de estudio requiere de un modelamiento hidráulico. Se proyecta modelar la escorrentía en las condiciones actuales y verificar si hay desbordamiento que pueda inundar las áreas adyacentes. También es importante considerar que esta escorrentía recibe los caudales de lavado y excesos de la planta de tratamiento de agua potable del área urbana del municipio de El Zulia.

PALABRAS CLAVE: modelamiento hidráulico, revestimiento, desbordamiento, escorrentía superficial.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 113 PLANOS: ILUSTRACIONES: CD ROOM: 1

Copia No Controlada

MODELAMIENTO HIDRÁULICO Y PROPUESTA DE CANALIZACIÓN DE LA
ESCORRENTÍA SUPERFICIAL LA BARTOLA QUE FLUYE DE SUR A NORTE EN EL
ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE EL ZULIA, NORTE DE SANTANDER

CARLOS ANDRES ALVAREZ SEQUEDA

JUAN CARLOS RIOS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2021

MODELAMIENTO HIDRÁULICO Y PROPUESTA DE CANALIZACIÓN DE LA
ESCORRENTÍA SUPERFICIAL LA BARTOLA QUE FLUYE DE SUR A NORTE EN EL
ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE EL ZULIA, NORTE DE SANTANDER

CARLOS ANDRES ALVAREZ SEQUEDA

JUAN CARLOS RIOS

Trabajo de trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Civil

Director

JUAN CARLOS SAYAGO ORTEGA

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

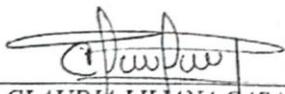
2021

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

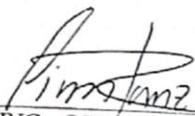
FECHA: 28 DE JUNIO DE 2021 HORA: 10:00 a. m.
LUGAR: VIDEO CONFERENCIA GOOGLE MEET
PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL
TITULO DE LA TESIS: "MODELAMIENTO HIDRAULICO Y PROPUESTA DE CANALIZACION DE LA ESCORRENTIA SUPERFICIAL LA BARTOLA QUE FLUYE DE SUR A NORTE EN EL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DE EL ZULIA, NORTE DE SANTANDER".
JURADOS: ING. CLAUDIA LILIANA CASADIEGO PERALTA
ING. GERSON LIMAS RAMIREZ
DIRECTOR: INGENIERO JUAN CARLOS SAYAGO ORTEGA

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
CARLOS ANDRES ALVAREZ SEQUEDA	2110020	4,3	CUATRO, TRES
JUAN CARLOS RIOS	1111726	4,3	CUATRO, TRES

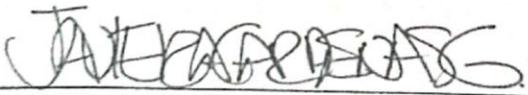
APROBADA



ING. CLAUDIA LILIANA CASADIEGO PERALTA



ING. GERSON LIMAS RAMIREZ

Vo. Bo. 

JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ
Coordinador Comité Curricular

Betty M.



**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA
LA CONSULTA, LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y LA PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Cúcuta,

Señores
BIBLIOTECA EDUARDO COTE LAMUS
Ciudad

Cordial saludo:

CARLOS ALVAREZ identificado(s) con la C.C. N° y **JUAN CARLOS RIOS**, identificado(s) con la C.C. N° 1.093.911.224, autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado titulado **MODELAMIENTO HIDRÁULICO Y PROPUESTA DE CANALIZACIÓN DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL LA BARTOLA QUE FLUYE DE SUR A NORTE EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE EL ZULIA, NORTE DE SANTANDER** presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar al título de **INGENIERO CIVIL**; autorizo(amos) a la biblioteca de la Universidad Francisco de Paula Santander, Eduardo Cote Lamus, para que con fines académicos, muestre a la comunidad en general a la producción intelectual de esta institución educativa, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo de grado en la página web de la Biblioteca Eduardo Cote Lamus y en las redes de información del país y el exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad Francisco de Paula Santander.
- Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde Internet, Intranet etc.; y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

Lo anterior, de conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la ley 1982 y el artículo 11 de la decisión andina 351 de 1993, que establece que **“los derechos morales del trabajo son propiedad de los autores”**, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

Carlos Andres Alvarez

CARLOS ALVAREZ
C.C. 1.093.737.156

Juan C. Rios

JUAN CARLOS RIOS
C.C. 1.093.911.224

Agradecimientos

A Dios por darnos la vida y la oportunidad de crecer intelectualmente para obtener el título de ingeniero civil.

A la familia por su apoyo permanente en todos los aspectos y dar fuerzas en los momentos de debilidad.

A universidad Francisco de Paula Santander por darnos la oportunidad con la cohorte espacial.

Al ingeniero Juan Carlos Sayago Ortega como director del proyecto de grado y su labor de docente transfiriendo sus conocimientos y experiencia en el área de las aguas.

Carlos y Juan Carlos.

Contenido

	pág.
Introducción	17
1. Problema	18
1.1 Título	18
1.2 Planteamiento del Problema	18
1.3 Formulación del Problema	18
1.4 Objetivos	19
1.4.1 Objetivo general	19
1.4.2 Objetivos específicos	19
1.5 Justificación	19
1.6 Alcances y Limitaciones	20
1.6.1 Alcances	20
1.6.2 Limitaciones	20
1.7 Delimitaciones	20
1.7.1 Delimitación espacial	20
1.7.2 Delimitación temporal	20
1.7.3 Delimitación conceptual	20
2. Marco Referencial	21
2.1 Antecedentes	21
2.1.1 Antecedentes empíricos	21
2.1.2 Antecedentes bibliográficos	21
2.2 Marco Teórico	22
2.2.1 Clasificación de los canales hidráulicos	22

2.2.2 Elementos geométricos de los canales	23
2.2.3 Comparación entre flujo en tuberías y flujo en canales abiertos	25
2.2.4 Flujo permanente y uniforme	25
2.2.5 Flujo gradualmente variado	25
2.2.6 Estados de flujo	26
2.2.7 Topografía	27
2.2.8 Estudio hidrológico	27
2.2.9 Diseño hidráulico	28
2.2.10 Área mínima de diseño	28
2.2.11 Diseño de la sección transversal	29
2.2.12 HEC-RAS	29
2.3 Marco Legal	30
3. Diseño Metodológico	32
3.1 Tipo de Investigación	32
3.2 Población y Muestra	32
3.2.1 Población	32
3.2.2 Muestra	32
3.3 Instrumentos para Recolección de Información	32
3.3.1 Fuentes primarias	32
3.3.2 Fuentes secundarias	33
3.4 Técnica Análisis y Procesamiento de Datos	33
3.5 Presentación de Resultados	33
4. Estudios Técnicos	34
4.1 Información General	34

4.1.1 Generalidades del Municipio El Zulia	34
4.1.2 Límites del Municipio El Zulia	36
4.1.3 Economía	36
4.1.4 Aspectos climáticos	37
4.1.5 Hidrografía	38
4.1.6 Perímetro urbano	40
4.1.7 Localización del proyecto, escorrentía superficial la bartola	42
4.2 Estudio Topográfico	43
4.3 Estudio de Suelos	44
5. Estudio Hidrológico y Modelamiento Hidráulico	46
5.1 Estudio Hidrológico	46
5.1.1 Hidrología superficial	46
5.1.2 Área de la microcuenca de la escorrentía superficial la bartola	48
5.1.3 Intensidad de lluvia	49
5.1.4 Coeficiente de escorrentía	52
5.1.5 Caudal de aguas lluvia	53
5.1.6 Calculo caudal por método racional	55
6. Estudio Hidráulico	57
6.1 Flujo Crítico	57
6.2 Modelamiento Hidráulico	58
6.2.1 Coeficiente de rugosidad de Manning	62
6.2.2 Granulometrías del material del lecho	64
6.3 Modelación Hidráulica del Cauce	65
7. Diseño Estructural	67

8. Conclusiones	74
9. Recomendaciones	75
Referencias Bibliográficas	76
Anexos	79

Lista de Figuras

	pág.
Figura 1. Elementos geométricos de los canales	23
Figura 2. Localización Municipio El Zulia	35
Figura 3. Localización del lugar proyecto	42
Figura 4. Área aferente a la escorrentía superficial la Bartola, área urbana el Zulia	49
Figura 5. Localización estación Camilo Daza (16015010)	50
Figura 6. Curvas IDF Estación APTO Camilo daza IDEAM	50
Figura 7. Periodos de retorno para proyectos viales	51
Figura 8. Coeficiente de escorrentía zonas urbanas	53
Figura 9. Comportamiento parámetros hidráulicos	60
Figura 10. Secciones transversales cauce escorrentía superficial la bartola	64
Figura 11. Vista cauce de la escorrentía superficial la Bartola	65
Figura 12. Caudales para modelación hidráulica escorrentía superficial la bartola con hec- ras	66
Figura 13. Modelo topográfico del cauce escorrentía superficial la bartola para modelación hidráulica HEC RAS	66
Figura 14. Modelamiento 1 presión del agua	67
Figura 15. Modelamiento 2 Presión del Agua	68
Figura 16. Modelamiento 3 Presión del Agua	68
Figura 17. Modelamiento 4 presión del agua	69
Figura 18. Modelamiento 5 presión del agua	69
Figura 19. Modelamiento 1 presión del suelo	70
Figura 20. Modelamiento 2 presión del suelo	70

Figura 21. Modelamiento 3 presión del suelo	71
Figura 22. Propuesta de refuerzo para los muros y loza de fondo del canal	73

Lista de Tablas

	pág.
Tabla 1. Variables	29
Tabla 2. Tiempo concentración	52
Tabla 3. Caudales esorrentía superficial La Bartola para diferentes periodos de retorno	56
Tabla 4. Valores coeficientes de manning para cauce esorrentía superficial La Bartola	63

Lista de Anexos

	pág.
Anexo 1. Laboratorio de Suelos	80
Anexo 2. Secciones Transversales Modelamiento Hidráulico Sin Revestimiento	86
Anexo 3. Perfil Longitudinal Modelamiento Hidráulico Sin Revestimiento	90
Anexo 4. Vista Tres Dimensiones Modelamiento Hidráulico Sin Revestimiento	91
Anexo 5. Secciones Transversales Modelamiento Hidráulico Con Revestimiento	92
Anexo 6. Perfil Longitudinal Modelamiento Hidráulico Con Revestimiento	96
Anexo 7. Vista Tres Dimensiones Modelamiento Hidráulico Con Revestimiento	97
Anexo 8. Parámetros Hidráulicos Modelamiento Hidráulico Con Revestimiento	98
Anexo 9. Fotografías	105
Anexo 10. Glosario	113

Resumen

En el municipio de El Zulia del departamento Norte de Santander existe una escorrentía superficial conocida como La Bartola que a traviesa el área urbana del municipio que fluye por los barrios el Centro y Pueblo Nuevo por las avenidas 5ta y 6ta, entre las calles 4ta y 4N con una longitud de aproximadamente de 500 metros. Este cuerpo se abastece de las aguas que vienen del sector el Triunfo y escurre superficialmente hasta la quebrada La Alejandra. A partir de la calle 4N la escorrentía superficial se encuentra canalizada sin generar riesgo a la comunidad adyacente a este cuerpo de agua, sin embargo, el tramo objeto del proyecto de grado requiere de un modelamiento hidráulico entre las calles 4ta y 4N que se encuentra sin revestimiento y genera riesgo de inundación en las épocas de invierno a las viviendas adyacentes a ese flujo. Se proyecta modelar la escorrentía en las condiciones actuales y verificar si hay desbordamiento que pueda inundar las áreas adyacentes y además hacer una propuesta de revestimiento del cauce que tenga capacidad de transportar los caudales de aguas lluvias sin generar riesgo de inundación. También es importante considerar que esta escorrentía recibe los caudales de lavado y excesos de la planta de tratamiento de agua potable del área urbana del municipio de El Zulia.

Abstract

In the municipality of El Zulia of the Norte de Santander department there is a surface runoff known as La Bartola that crosses the urban area of the municipality that flows through the Centro and Pueblo Nuevo neighborhoods on 5th and 6th avenues, between 4th and 4th streets. with a length of approximately 500 meters. This body is supplied by the waters that come from the El Triunfo sector and runs superficially to the La Alejandra stream. From the 4N street, the surface runoff is channeled without generating risk to the community adjacent to this body of water, however, the section object of the grade project requires a hydraulic modeling between the 4th and 4N streets that is without lining and creates a risk of flooding in the winter seasons to the houses adjacent to that flow. It is planned to model the runoff under current conditions and verify if there is an overflow that could flood the adjacent areas and also make a proposal for the lining of the channel that has the capacity to transport the flow of rainwater without generating risk of flooding. It is also important to consider that this runoff receives the washing flows and excesses from the drinking water treatment plant in the urban area of the municipality of El Zulia.

Introducción

En el municipio de El Zulia del departamento Norte de Santander existe una escorrentía superficial La Bartola que a traviesa el área urbana del municipio que fluye por los barrios el Centro y Pueblo Nuevo por las avenidas 5ta y 6ta entre las calles 4ta y 4N, esta escorrentía superficial es conocida como quebrada La Bartola, es un cuerpo de agua que viene del sector el Triunfo del municipio El Zulia y escurre superficialmente hasta la quebrada La Alejandra.

A partir de la calle 4N la escorrentía superficial se encuentra canalizada sin generar riesgo a la comunidad adyacente a este cuerpo de agua, el tramo objeto del proyecto de grado tiene como objeto hacer un modelamiento hidráulico del tramo entre las calles 4ta y 4N que se encuentra sin revestimiento y genera riesgo de inundación en las épocas de invierno a las viviendas adyacentes a ese flujo. Se proyecta modelar la escorrentía en las condiciones actuales y verificar si hay desbordamiento que pueda inundar las áreas adyacentes y además hacer una propuesta de revestimiento del cauce que tenga capacidad de transportar los caudales de aguas lluvias sin generar riesgo de inundación. También es importante considerar que esta escorrentía recibe los caudales de lavado y excesos de la planta de tratamiento de agua potable del área urbana del municipio de El Zulia.

La modelación hidráulica de la escorrentía superficial se hizo con el software HEC - RAS teniendo como insumos el levantamiento topográfico y el estudio de suelos que permiten ajustar el estudio a las condiciones reales del comportamiento del flujo de agua.

1. Problema

1.1 Título

MODELAMIENTO HIDRÁULICO Y PROPUESTA DE CANALIZACIÓN DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL LA BARTOLA QUE FLUYE DE SUR A NORTE EN EL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE EL ZULIA, NORTE DE SANTANDER.

1.2 Planteamiento del Problema

Colombia se ubica en la esquina noroccidental de América del sur, sobre la línea ecuatorial, debido a esta ubicación es propenso a cambios climáticos extremos sin importar la época del año, ya que Colombia no cuenta con estaciones definidas a lo largo del año, esto lo hace un país tropical; Norte de Santander situado en el noreste de la región andina del país, su relieve departamental determina una amplia variedad de climas, con esto su régimen de lluvias en su zona selvática alcanza 3500 mm anuales, en sus zonas de valle y montaña alcanza 500 mm anuales.

En el área urbana del municipio El Zulia en las áreas adyacentes al tramo de la escorrentía superficial La Bartola entre las calles 4ta y 4N se presentan problemas de inundación por el desbordamiento de las aguas que transporta esta escorrentía en épocas de invierno, amenazando la infraestructura existente en el entorno.

1.3 Formulación del Problema

¿Qué proponer, para evite el desbordamiento e inundación por la escorrentía superficial La Bartola en el sector del barrio Pueblo Nuevo del área urbana del municipio de El Zulia?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general. Evaluar y hacer el modelamiento hidráulico de la escorrentía superficial quebrada La Bartola entre las calles 4ta y 4N que atraviesa de sur a norte el área urbana del Municipio de El Zulia.

1.4.2 Objetivos específicos. Como se muestra a continuación:

Buscar y analizar la información relacionada a la escorrentía superficial La Bartola que atraviesa de sur a norte el área urbana del Municipio de El Zulia.

Realizar los estudios técnicos necesarios para el modelamiento hidráulico como la topografía y la caracterización de suelos de cauce de la escorrentía superficial La Bartola que atraviesa de sur a norte el área urbana del Municipio de El Zulia.

Hacer el modelamiento hidráulico de la escorrentía superficial La Bartola que atraviesa de sur a norte el área urbana del Municipio de El Zulia en condiciones actuales y con base en los resultados hacer una propuesta de revestimiento que no evite desbordamientos.

1.5 Justificación

La elaboración de este proyecto se justifica en la medida en que si se logra tener este estudio técnico que determine mediante el modelamiento hidráulico si hay desbordamiento de la escorrentía superficial La Bartola y con los resultados proponer el revestimiento o canalización que evite este riesgo de inundación, de esta forma se estará solucionando un problema sentido de la comunidad zuliana, ya que cada vez que viene los periodos de lluvia las viviendas del barrio Pueblo Nuevo del área urbana del municipio El Zulia que se encuentran adyacentes a la escorrentía superficial La Bartola se ven afectadas por inundaciones generando estrés y temor

por la afectación de sus viviendas en los habitantes de este sector.

1.6 Alcances y Limitaciones

1.6.1 Alcances. El proyecto está localizado en el sector comprendido entre las avenidas 5ta y 6ta y las calles 4ta y 4N de área urbana del municipio El Zulia, en una longitud de aproximadamente de 500 metros, se identificaran y analizaran los problemas que se están presentando con el manejo de las aguas lluvias.

1.6.2 Limitaciones. Como se muestra a continuación:

El área delimitada por la escorrentía superficial La Bartola.

1.7 Delimitaciones

1.7.1 Delimitación espacial. Sector comprendido entre las avenidas 5ta y 6ta y las calles 4ta y 4N de área urbana del municipio El Zulia, en una longitud de aproximadamente de 500 metros.

1.7.2 Delimitación temporal. Este proyecto se realizara por 4 meses durante el primer semestre del año 2021.

1.7.3 Delimitación conceptual. Talud, agua de escorrentía, cárcavos, erosión, acción antrópica del hombre.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes empíricos. En algunos sectores adyacentes a la escorrentía algunos pobladores de manera propia han realizado trabajos que puedan dar una pequeña solución al problema que se presentan debido a las inundaciones por las precipitaciones que ocurren en el sitio, como son la construcción de canalización en ladrillos y concreto, dichos trabajos fueron realizados sin ningún soporte técnico. Para realizar los estudios en este proyecto, se harán investigaciones sobre el tema de remoción en masa que se presentan debido al factor detonante aguas lluvia, un inventario de los movimientos, año del movimiento.

Los procesos de remoción en masa detonados por factores tanto naturales como antrópicos, causan daños importantes en lugares de altas pendientes. Las zonas montañosas tropicales son muy susceptibles a sufrir este tipo de problemas, debido a que generalmente se conjugan cuatro elementos fundamentales para la generación de fenómenos de remoción en masa: gradiente topográfico, sismicidad, meteorización de la roca parental y lluvias intensas. (Suárez, 1998, p.1)

2.1.2 Antecedentes bibliográficos. Para determinar los antecedentes se consideran los estudios anteriormente realizado por los ingenieros en su trayectoria como profesionales, de manera que se pueda abordar con estos conocimientos de dichos profesionales la problemática desde lo público.

Amado (2013), “diseño y presupuesto de las obras complementarias al canal de aguas lluvias Torcoroma “Chivera” en este proyecto evaluaron las zonas aledañas del sector de Torcoroma II –

Chivera observaron que el canal al cual tenían que solucionar la problemática, se hicieron diseños de gradas disipadoras de energía, con pantalla deflectora, canales de rápidas con tapa y columpio complementarias, de acuerdo con las características del terreno, con el fin de determinar el modelo más viable de acuerdo a las necesidades presentadas en el sector.

Este proyecto ayudó a tener en cuenta los tipos de diseño a emplear para la problemática de canales con altas velocidades de flujo en cuanto se presentan altas precipitaciones.

Ovalle (2013), “evaluación de la capacidad hidráulica del canal bogota en el tramo que va desde el puente al lado de la Universidad Libre hasta Santa Helena en la ciudad de San José de Cúcuta departamento del norte de Santander” en este proyecto en concreto se realizó una evaluación de la capacidad hidráulica sobre el Canal Bogotá, argumentando si cumple con su trabajo o no para el cual fue diseñado, ya que gran parte de la ciudad de Cúcuta no cuenta con alcantarillado pluvial, debido a terrenos en construcciones nuevas o simplemente terrenos sin construir el cual posee canales naturales y se hace sumamente importante que se trabaje esta problemática de una manera correcta puesto que este canal, atraviesa prácticamente toda la ciudad y por tanto transporta un alto volumen en el caudal cuando se presentan lluvias.

La conclusión a la que llegaron con su propio diseño es que cumplía con parámetros de acuerdo a la evaluación que se le realizó al canal sobre la capacidad hidráulica que admitía

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Clasificación de los canales hidráulicos. Los canales hidráulicos se clasifican en canales naturales y canales artificiales; los canales naturales llevan el curso natural según la forma del terreno, en los que varían según el tamaño pueden ir desde arroyuelos hasta ríos; las

propiedades hidráulicas de los canales naturales son irregulares, debido a esto el análisis del flujo se vuelve complejo ya que con lleva un estudio de hidrología, geomorfología, transporte de sedimentos entre otros, estos estudios constituyen la hidráulica fluvial.

Los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano: vertederos, cunetas de drenaje, canales de navegación etc., las propiedades hidráulicas de estos canales pueden ser controlados hasta un nivel deseado o diseñadas para cumplir unos requisitos determinados. Las aplicaciones de las teorías hidráulicas a canales artificiales darán resultados similares a las condiciones reales (Chow, 2004).

2.2.2 Elementos geométricos de los canales. Como se muestra a continuación:

Los elementos geométricos son propiedades de una sección de canal que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad del flujo. Estos elementos son muy importantes y se utilizan con amplitud en el cálculo de flujo. Para secciones de canal regulares y simples, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad de flujo y de otras dimensiones de la sección. La forma más conocida de la sección transversal de un canal es la trapecial. (Ingecivil, 2018, p.1)

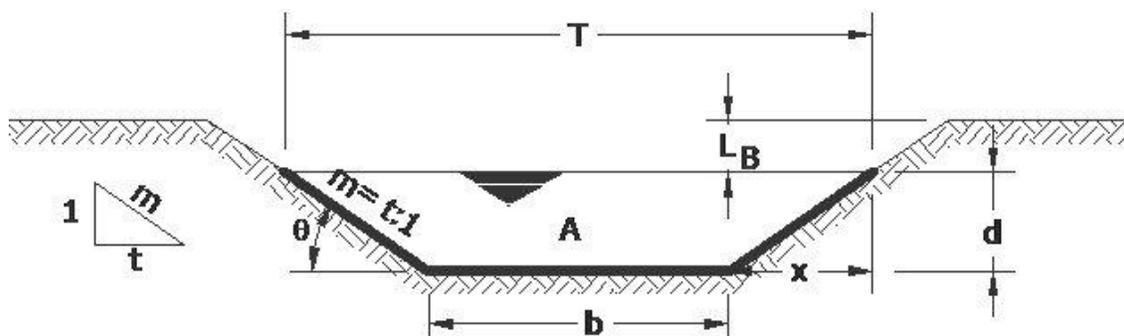


Figura 1. Elementos geométricos de los canales

“Tirante de agua o profundidad de flujo “d””: Es la distancia vertical desde el punto más bajo de una sección del canal hasta la superficie libre, es decir la profundidad máxima del agua en el canal.

Ancho superficial o espejo de agua “T””: Es el ancho de la superficie libre del agua, en m.

Talud “m””: Es la relación de la proyección horizontal a la vertical de la pared lateral (se llama también talud de las paredes laterales del canal).

Coefficiente de rugosidad (n): depende del tipo de material en que se aloje el canal.

Pendiente (S): es la pendiente longitudinal de la rasante del canal.

Área hidráulica (A): es la superficie ocupada por el agua en una sección transversal normal cualquiera, se expresada en m².

Perímetro mojado (P): es la longitud de la línea de contorno del área mojada entre el agua y las paredes del canal, expresado en m.

Raq hidráulico (R): es el cociente del área hidráulica y el perímetro mojado. $R=A/P$, en m.

Tirante medio (dm): es el área hidráulica dividida por el ancho de la superficie libre del agua. $dm=A/T$, se expresa m.

Libre bordo (Lb): es la distancia que hay desde la superficie libre del agua hasta la corona del bordo, se expresa en m.

Gasto (Q): es el volumen de agua que pasa en la sección transversal del canal en la unidad de tiempo, y se expresa en m³/s.

Velocidad media (V): es con la que el agua fluye en el canal, expresado en m/s. (Ruiz, 2010, p.1)

2.2.3 Comparación entre flujo en tuberías y flujo en canales abiertos. El flujo de agua en un conducto puede ser flujo en canal abierto o flujo en tubería. Estas dos clases de flujo son similares en muchos aspectos, pero se diferencian en un aspecto importante. El flujo en canal abierto debe tener una superficie libre, en tanto que el flujo en tubería no la tiene, debido a que en este caso el agua debe llenar completamente el conducto.

Una superficie libre está sometida a la presión atmosférica.

2.2.4 Flujo permanente y uniforme. El flujo uniforme permanente es el tipo de flujo fundamental que se considera en la hidráulica de canales abiertos. La profundidad del flujo no cambia durante el intervalo de tiempo bajo consideración; La característica principal de un flujo permanente y uniforme en canales abiertos es que la superficie del fluido es paralela a la pendiente del canal, es decir, $dy/dx = 0$ o la profundidad del canal es constante, cuando la pendiente final (S_f) es igual a la pendiente inicial (S_0) del canal (Monografías, 2008).

2.2.5 Flujo gradualmente variado. El Flujo Gradualmente Variado, denotado por F.G.V., es un flujo permanente cuya profundidad varía suave o gradualmente a lo largo de la longitud del canal, para un caudal dado. La variación de la profundidad, y , de un flujo gradualmente variado, en canales abiertos, respecto de un eje x coincidente con el fondo del canal, y para unas condiciones dadas de caudal, Q , tipo de sección transversal del canal, pendiente longitudinal, S_0 , y coeficiente de rugosidad, n , recibe el nombre de perfil hidráulico o perfil de flujo (Pérez, s. f.).

2.2.6 Estados de flujo. El estado o comportamiento del flujo en canales abiertos está gobernado básicamente por los efectos de la viscosidad y gravedad en relación con las fuerzas inerciales del flujo.

Efecto de la viscosidad: el flujo puede ser laminar, turbulento o transicional según el efecto de la viscosidad en relación con la inercia.

El flujo es laminar: si las fuerzas viscosas son muy fuertes en relación con las fuerzas inerciales, de tal manera que la viscosidad juega un papel importante para determinar el comportamiento de flujo.

El flujo es turbulento: si las fuerzas son débiles en relación con las fuerzas inerciales.

Efecto de la gravedad: el efecto de la gravedad sobre el estado de flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales.

La relación antes mencionada está dada por el número de Fraude, el cual se representa como:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gD}}$$

Donde

V: es la velocidad de flujo, en mt/s.

g: es la aceleración de la gravedad, en m^2/s .

D= L: es una longitud característica en mt.

Clasificación de flujo en canales:

Si $F=1$, crítico

Si $F>1$, supercrítico

Si $F<1$, subcrítico.

2.2.7 Topografía. Estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de pequeñas superficies terrestres, con sus formas y detalles tanto naturales como artificiales. El propósito de un levantamiento topográfico es determinar la posición relativa entre varios puntos sobre un plano horizontal.

Planimetría: Consiste en trazar el terreno sobre un alineamiento horizontal, tomando como base los azimuts, distancias, horizontales y referencias dadas en la libreta de campo.

Altimetría: Se encarga en determinar las elevaciones de los puntos a lo largo y ancho de una superficie en estudio. Además, representa en un plano el comportamiento del relieve a través de curvas de nivel, secciones transversales y perfiles longitudinales. El detalle característico de un estudio topográfico es la determinación de la posición tanto en elevación como en planta de puntos elegidos en el terreno que son necesarios para el dibujo de las curvas de nivel y para la construcción de planos topográficos. El estudio topográfico permite al ingeniero tener una visión completa y manejable del área de trabajo, tanto para el diseño como para la construcción de la obra; sobre todo en la actualidad debido al avance de la tecnología que permite la fabricación de equipos sofisticados y la manipulación de software que representan muy bien el terreno.

2.2.8 Estudio hidrológico. Se requieren de los estudios hidrológicos para determinar las lluvias críticas para determinar los caudales en régimen natural, que producen un incremento

máximo en la elevación del nivel freático. Dado que la precipitación es altamente variable en el tiempo y en el espacio, se debe contar con un número suficiente de datos y preferiblemente de varias estaciones meteorológicas, para lograr un buen grado de probabilidad en los estimados de los elementos críticos. Lo que se desea en última instancia, es la lluvia crítica que produce la descarga máxima (Rodan, 2005).

2.2.9 Diseño hidráulico. En el diseño de un sistema de canales deben considerarse factores de estudios tales como: la topografía, textura y estructura de suelos, porosidad total y efectiva, capacidad de retención de agua, y en especial la permeabilidad de los diferentes estratos que permitirá determinar la presencia de capas impermeables o poco permeables que influirán en forma decidida en la altura del nivel freático dentro del perfil. Para un diseño apropiado es necesario hacer una serie de estudios, que permitan tomar las decisiones adecuadas: (Rodan, 2005). Como información general, se requieren planos geodésicos que aporten datos relacionados con el área ocupada, topografía; estudios anteriores relacionados al suelo de la zona que permitan establecer datos geo hidrológicos valiosos para el análisis del problema; registros de las observaciones de aguas subterráneas.

El análisis de los datos hidrológicos permite establecer la frecuencia, duración y severidad de las precipitaciones y sus efectos provocan en última instancia problemas de drenaje.

2.2.10 Área mínima de diseño. El diseño de un canal requiere de una serie de iteraciones a partir de una sección transversal del canal, la cual como mínimo debería tener una superficie igual o mayor a la calculada según la ecuación: (Chow, 2004).

$$A_{min} = Q_{max} / V_{max}$$

Dónde: V_{max} : velocidad máxima permitida.

m/s. Q_{max} : Gasto máximo de diseño, m³ /s.

2.2.11 Diseño de la sección transversal. Vez que ya conocemos los parámetros; gasto máximo, velocidad máxima y área mínima, se deberá realizar una serie de iteraciones, de sucesivas secciones transversales a fin de encontrar aquella sección que sea capaz de trasladar de manera segura el caudal para el cual se diseña (Chow, 2004).

VARIABLES IMPORTANTES A TENER EN CUENTA:

Tabla 1. Variables

Variable	Indicador	Fuente	Técnica	Instrumento
Sección del cauce	Curvas de nivel	Levantamiento topográfico	Ordenar la pendiente de la sección y el perfil de la sección natural	Estación total
Estudio geotécnico	Estratigrafía	Resultado de estudio de laboratorio de suelo	Clasificación de suelos (granulometría)	Laboratorio de suelos
Intensidades	Estudio Hidrológico	IDEAM	Caudal de diseño	Estación meteorológicas
Dimensionamiento hidráulico	Estudio Hidráulico de canales abiertos	Ven Te Chow Hidráulica de canales	Analizar datos para obtener sección óptima	Ecuaciones

Fuente: Municipio de El Zulia, 2017.

2.2.12 HEC-RAS. Hoy en día disponemos de diversos softwares específicos de modelización hidráulica que facilitan la entrada de datos y permiten visualizar gráficamente los resultados, incluso exportarlos en forma de tablas, lo que nos facilita su interpretación. Entre todo ellos, destaca sin duda el software HEC-RAS (desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers), es uno de los programas de referencia dentro de su campo (Polo,

2014). Se trata de un software gratuito, por lo tanto, su uso se ha generalizado y se encuentra en un proceso constante de actualización al introducir continuas mejoras. Esto ha hecho que poco a poco la gran mayoría de administraciones hayan comenzado a exigir el estudio del impacto que pueden representar sobre la dinámica de los cauces cualquier tipo de actuación con un modelo hidráulico suficientemente fiable, como es el caso de HEC-RAS.(Polo, 2014). Nos permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua por lo que su objetivo principal es realizar estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables Polo (2014), desarrollo de un modelo hidráulico

Para desarrollar el modelo hidráulico de un cauce, canal o río, deben completarse los siguientes pasos:

Crear un proyecto nuevo

Introducir los datos geométricos

Introducir los datos hidráulicos: caudal y condiciones de contorno

Crear un plan seleccionando una geometría y unos datos hidráulicos y ejecutar la simulación

Ver resultados (Universidad de Granada, 2007).

2.3 Marco Legal

Artículo 366: El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales, el

gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación.

Gobierno de Colombia, Minambiente. Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

Gobierno de Colombia, Minambiente. Decreto 1594 de 1984. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.

Gobierno de Colombia, La Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”. La Resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo. La Resolución aplica a los prestadores de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, a las entidades formuladoras de proyectos de inversión en el sector, a los entes de vigilancia y control, a las entidades territoriales y las demás con funciones en el sector de agua potable y saneamiento básico, en el marco de la Ley 142 de 1994. Así como a los diseñadores, constructores, interventores, operadores, entidades o personas contratantes que elaboren o adelanten diseños, ejecución de obras, operen y mantengan obras, instalaciones o sistemas propios del sector de agua y saneamiento básico.

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

El diseño metodológico que se utilizó en la presente investigación es aplicado, se caracteriza por el interés de aplicar los conocimientos que se han obtenido, y su objetivo es predecir el comportamiento en específico una situación, en este caso particular será analizar el comportamiento hidráulico de la escorrentía superficial aplicando los conocimientos de las áreas de suelos, topográficos, hidrológicos e hidráulicos.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población. Los habitantes del área urbana del municipio de El Zulia departamento Norte de Santander.

3.2.2 Muestra. Los habitantes adyacentes al tramo de la escorrentía superficial que atraviesa el área urbana del municipio de El Zulia de sur a norte, que son aproximadamente por 50 familias.

3.3 Instrumentos para Recolección de Información

3.3.1 Fuentes primarias. Información hidrológica. se obtienen por parte del IDEAM tomados de la estación activa con información más cercana, que es Estación Camilo Daza.

Información del Terreno: se hará el levantamiento topográfico del recorrido de la escorrentía con secciones transversales, los instrumentos que se usaran son un GPS, con una estación topográfica.

Información del suelo: se tomará una muestra del suelo y se analizará en el laboratorio de suelos de la Universidad Francisco de Paula Santander.

3.3.2 Fuentes secundarias. Se consultarán libros, artículos, revistas e información y páginas web relacionadas con el tema que permiten nutrir de datos significativos para el proyecto de grado.

3.4 Técnica Análisis y Procesamiento de Datos

La información que se recopile en el sitio donde se realizaran los estudios del levantamiento topográfico y la muestra de suelos que se procesaron y analizaron como información básica para el diseño hidráulico de la escorrentía superficial que atraviesa de sur a norte el área urbana del municipio de El Zulia.

3.5 Presentación de Resultados

Se describirá los análisis de forma cuantitativa de la información que se recopile, en el diseño hidráulico de la escorrentía superficial que atraviesa de sur a norte el área urbana del municipio de El Zulia.

4. Estudios Técnicos

Se realizaron los estudios técnicos de los componentes de geotecnia y topografía, que son fundamentales para el estudio hidrológico y modelamiento hidráulico del flujo de agua que transporta la escorrentía superficial denominada La Bartola del área urbana del municipio de El Zulia.

4.1 Información General

En el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio del municipio de El Zulia, se considera como áreas de riesgo de inundación en épocas de invierno las áreas adyacentes a la escorrentía superficial la Bartola, se requiere de manera un estudio técnico la evaluación y diseño del canal pluvial en este sector dar solución satisfactoria a esta problemática.

4.1.1 Generalidades del Municipio El Zulia. El municipio El Zulia está situado en la subregión oriental del departamento, en el Área Metropolitana y en la zona de influencia fronteriza con la República de Venezuela. El municipio tiene una superficie de 449.07 Km², equivalente al 0.22% del área total del departamento.

El municipio El Zulia fue creado como entidad territorial mediante la ordenanza No. 04 Actualmente cuenta con 26 veredas que conforman su base político administrativa y la unidad territorial objeto del Esquema de Ordenamiento Territorial.

De su posición geográfica se derivan algunas singularidades, entre otras el hecho de ser una entidad estrictamente vinculada al proceso de evolución histórica, así mismo, por poseer una base patrimonial de recursos naturales que sustentan las cimientos para un desarrollo sostenido; por contener un entorno natural atractivo de su diversidad biológica y de la presencia de ecosistemas

estratégicos, que proporcionan abundantes servicios ambientales a las comunidades.

Esta unidad territorial, presenta un relieve básicamente montañoso constituido por la Cordillera Oriental, que permite poseer una diversidad bio - climática y conformar un sistema hidrográfico que se encuentra distribuido en la cuenca mayor del río Zulia. y limitantes que se encuentran arraigados a lo largo y ancho de su territorio y por lo tanto afectan su base de sustentación ecológica y presionan sobre las comunidades allí asentadas.

El Zulia, dista de Cúcuta 12 kilómetros por vía totalmente pavimentada y en buen estado.



Figura 2. Localización Municipio El Zulia

Fuente: Municipio el Zulia, 2017.

El municipio de El Zulia, se sitúa en la subregión oriental del departamento, con coordenadas geográficas.

4.1.2 Límites del Municipio El Zulia. Latitud: 7.933 Longitud: -72.6 Latitud: 7° 55' 59"

Norte Longitud: 72° 36' 0" Oeste.

El municipio El Zulia limita: al norte con el municipio de Cúcuta, al sur con los municipios de San Cayetano y Santiago, por el oriente con el municipio de Cúcuta y por el occidente con los municipios de Gramalote y Sardinata.

Extensión total: 449.07 Km²

Extensión área urbana: 1.49 Km²

Extensión área rural: 447.58 Km²

Altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar): 220

Temperatura media: 28° C

Distancia de referencia: 12 Km de la Capital.

4.1.3 Economía. La producción agrícola en renglones como Café, Arroz, maíz, yuca, cacao, caña de azúcar.

La producción pecuaria: Pesca artesanal y piscicultura.

La producción minera: Arcillas, calizas, carbón y arenas.

El 7,9% de los establecimientos se dedican a la industria; el 57,8% al comercio; el 33,8% a servicios y el 0,5% a otra actividad.

4.1.4 Aspectos climáticos. Como se muestra a continuación:

Temperatura. Dada la caracterización de su relieve, en el territorio del municipio se encuentran variados pisos térmicos, que van desde cálidos con temperatura media anual superior a los 25 grados centígrados, pasando por templados con temperatura de 18° C a 24°C, hasta fríos con temperatura media anual entre los 10°C y los 17°C. Las temperaturas mayores de 25°C se localizan en el casco urbano y en las zonas aferentes del río Zulia, río san Miguel y la carretera la “Y” Sardinata.

Para el casco urbano, la información suministrada por el IDEAM para una serie de 20 años, permite obtener un promedio mensual de 27.6°C, que varía de 26.7 a 28.7 °C. En cuanto a los valores absolutos registrados desde 1986, se tiene un máximo de 30.1°C en junio de 1990 y un mínimo de 21.3 °C en diciembre de 1987.

Precipitación. La distribución temporal de las lluvias en la estación Risaralda y su área de influencia es de tipo bimodal. El régimen de lluvias presenta dos temporadas lluviosas al año: la primera, de abril a mayo y la segunda, de septiembre a noviembre; intercaladas por dos períodos secos: el primero de diciembre a marzo y el segundo, del mes de junio a agosto.

La precipitación anual alcanza los 1747.32 mm, de los cuales el 35% se registran en la segunda temporada de lluvias, siendo noviembre el mes más lluvioso con 284.42 mm, es decir el 16.3% de las lluvias anuales.

Humedad Relativa. La humedad relativa promedio anual de la estación Risaralda ubicada en el municipio de El Zulia es de 82%. Los valores de esta estación son congruentes con el ciclo hidrológico bimodal característico de la subcuenca.

Vientos. La estación Risaralda no presenta registros para este parámetro, por lo cual se utilizan los valores confiables de la estación Aeropuerto Camilo Daza para el período 1980-2006.

Del análisis se puede deducir que de la variación anual de la velocidad del viento se destaca una mayor intensidad en los meses de junio, julio y agosto que obedece principalmente a la circulación general de la atmósfera en el trópico y al momento cuando la Zona de Confluencia Intertropical está localizada en la parte sur y desplazándose hacia la parte septentrional de Colombia y corresponde a los meses de mayor temperatura y brillo solar.

Brillo Solar. La presencia de insolación en una región, depende de la nubosidad y precipitación, cuando estas aumentan el valor de brillo solar disminuye y viceversa. Para este caso, el máximo registro se presenta en época de verano en el mes de agosto y la insolación es mínima en el mes de abril coincidiendo con el período de lluvias. Así, el comportamiento del brillo solar para el municipio de El Zulia varía de 3.7 a 6.4 horas/día con un promedio diario de 5 horas.

El comportamiento anual es de 1800.5 horas de sol al año con un promedio de 150 horas mensuales.

4.1.5 Hidrografía. El municipio de El Zulia, es rico en fuentes de agua superficiales. Atraviesan su territorio dos importantes ríos del Departamento: el Zulia y el Peralonso. Además, cuenta con numerosas quebradas.

Cuencas, vertientes y quebradas. Todas las corrientes superficiales que bañan al municipio de El Zulia, pertenecen a la cuenca principal de Río Catatumbo, del cual es afluente el río Zulia, siendo este su principal fuente hídrica.

Corriente. Existen además otros ríos importantes como el Peralonso y San Miguel.

Aspectos generales. El municipio de El Zulia cuenta con dos fuentes hídricas significativas el río Zulia y el río Peralonso. En la actualidad es este último el que se utiliza para el suministro de agua al sistema de acueducto que sirve al casco urbano.

El río Zulia se forma de varios ríos procedentes de unas lagunas en el páramo de Cachirí, en el departamento de Santander, a 4.220 metros sobre el nivel del mar, en la cordillera oriental de los Andes. Se halla entre 12°41'2" de longitud oriental y entre 8°9' de latitud norte. Corre por la provincia de Cúcuta, pasa a la vecina República de Venezuela, rindiendo el caudal de sus aguas al hermoso Lago de Maracaibo. En territorio colombiano es navegable 70 kilómetros, desde el antiguo puerto de Los Cachos en adelante y 260 en tierras venezolanas, de los cuales los últimos 80 son curso profundo y tranquilo adaptable a embarcaciones de gran calado. Hasta hace poco constituyó una especie de canal mercantil al cual debían estos valles su prosperidad e importancia, como centro del comercio nutrido, cuyos productos alimentaban poblaciones inmediatas y del departamento de Santander. Son varios los afluentes que recibe, entre los cuales se mencionan el Cucutilla, el Arboledas, el Salazar, el Peralonso, que le entran por la margen izquierda; el Pamplonita con su afluente el Táchira y el de la Grita, tributarios por la margen derecha.

El río Peralonso, nace en una pequeña laguna situada en el páramo de Guerrero, a una altura de 3.100 metros sobre el nivel del mar; recibe el curso de innumerables quebradas y riachuelos, y después de atravesar el territorio de los municipios de Salazar, Gramalote, Santiago, San Cayetano y parte de Cúcuta, desagua en el río Zulia, frente a Quebrada Seca, al norte de San Cayetano.

Todas las corrientes superficiales que bañan al municipio pertenecen a la cuenca principal de Río Catatumbo, del cual es afluente el río Zulia, siendo este su principal corriente. Existen además otros ríos importantes como el Peralonso y San Miguel. Adicional mente se encuentran numerosas quebradas entre las que se destacan: Alejandra, Carbonera, Contenta, Victoria, Zaragoza, Colorada, Mesonera, El Mestizo, Páramo, Las Micas, Macanillas, Contenta, La Victoria, Cuperana, los Venados, y Caño Jubuillo, Caño Asaro y Caño Picho. La estación climatológica más cercana al casco urbano es el Carmen de Tonchalá.

4.1.6 Perímetro urbano. Como se muestra a continuación:

Definición del Perímetro y Áreas de Expansión. Se delimita el área urbana del municipio El Zulia por el polígono denominado Perímetro Urbano, el cual forma parte integral del componente urbano en el E.O.T. y el Código de Urbanismo.

Dentro de las políticas urbanas definidas en el EOT se tienen:

Promover la utilización y densificación de las áreas libres dentro del perímetro urbano a fin de controlar la expansión de la ciudad y racionalizar la utilización de las áreas de terreno disponibles para futuros desarrollos.

Estimular la densificación de las áreas ya desarrolladas mediante programas de renovación, a fin de incrementar la utilización del espacio urbano e intensificar el de la actual infraestructura de servicios y vialidad.

Lo anterior conlleva incentivar la intensificación del uso del suelo dentro del casco urbano, repoblando y recuperando las estructuras existentes, buscando frenar la ampliación de la infraestructura de servicios públicos y consolidar el uso de la existente. Sin embargo, hay

planteadas áreas de reserva destinadas al crecimiento del casco urbano a largo plazo.

Disposición Urbanística. Las principales edificaciones en torno a las cuales gira la vida diaria en la cabecera municipal son:

El edificio de La Alcaldía Municipal, donde funcionan diferentes dependencias de la Administración.

El templo católico y los templos de diferentes congregaciones cristianas, que reúnen a sus fieles en los distintos servicios.

El parque municipal, epicentro de eventos culturales

Biblioteca Urbana para niños “República del Japón”

Colegio Marco Fidel Suárez

Colegio Francisco de Paula Santander

Polideportivo Ender Calderón

Plaza de toros Luis Carlos Galán

El Hospital Juan Luis Londoño

Cementerios Municipales

Los diferentes establecimientos comerciales

La mayor parte de las edificaciones corresponden viviendas unifamiliares, repartidas en los diferentes barrios de la cabecera municipal, las cuales presentan diferentes características

4.2 Estudio Topográfico

El objeto del proyecto de grado titulado Modelamiento Hidráulico y propuesta de canalización de la escorrentía superficial La Bartola localizada en el área urbana del municipio El Zulia, requiere como estudio básico el levantamiento topográfico del recorrido de la escorrentía superficial La Bartola.

Inicialmente se proyectó hacer estudio topográfico del recorrido del cauce de la escorrentía superficial conocida como La Bartola que atraviesa el área urbana del municipio de El Zulia del departamento Norte de Santander, sin embargo, por la pandemia COVID19 la universidad cerró los laboratorios entre ellos el de topografía y no fue posible tener acceso a los equipos para realizar el levantamiento topográfico.

Por las limitaciones económicas para contratar este importante componente del estudio, se inició la tarea de obtener apoyo con este estudio se contactó al ingeniero Mendoza que reside en las inmediaciones de la escorrentía superficial La Bartola nos facilitó el estudio topográfico del que dispone que comprende el levantamiento de planimetría y altimetría del eje del cauce de la escorrentía y de las zonas adyacentes que se ven afectadas por este flujo de aguas lluvias, sobre todo en épocas de fuerte invierno, la información aportada fueron los planos en planta, perfil longitudinal y secciones transversales que son la herramienta fundamental para los estudios hidrológicos y modelamiento hidráulico.

Sin embargo, se verificó en el terreno la correspondencia de los planos suministrados con las condiciones del terreno, ajustándose satisfactoriamente el terreno con los planos. También se hizo el levantamiento de las estructuras de pasos viales sobre la escorrentía superficial La Bartola.

En los anexos se presentan los planos topográficos aportados.

4.3 Estudio de Suelos

El estudio de suelos también es un estudio básico para el modelamiento hidráulico de la escorrentía superficial La Bartola, el estudio se realizó con el fin de hacer la clasificación del suelo y determinar la capacidad portante, se realizó un apique a dos metros de profundidad dado que el tramo del cauce muestra un suelo uniforme y su longitud es de aproximadamente 420 m.

El Estudio comprende la investigación del subsuelo, la evaluación de su comportamiento como material de fundación, y los análisis de estabilidad y deformación para diferentes alternativas de construcción.

La ejecución de este trabajo, incluyó las siguientes actividades:

Visita de reconocimiento al sitio del proyecto, para establecer las condiciones generales del área y la localización de un apique para la toma de muestras.

Elaboración del Perfil Estratigráfico.

Exploración del subsuelo y ensayos de campo.

Programa de ensayos de laboratorio, para obtener las características geotécnicas del subsuelo.

Análisis de estabilidad y deformación para la cimentación.

Elaboración del informe con el resumen de todas las actividades desarrolladas, los análisis efectuados, las conclusiones y recomendaciones que lleven a establecer un comportamiento satisfactorio del proyecto.

Perfil del Suelo. El horizonte A, se halla en los costados de la quebrada, en un espesor oscilante entre los 0,20 y 0,30 metros, compuesto por materia orgánica, residuos orgánicos y material de relleno. El horizonte B, lo conforman 0,80 metros de un limo arcilloso no plástico, de color habano tipificado como **10YR 7/8** en la Carta de colores de **MUNSELL**, con una humedad natural del 3%, Peso Unitario Suelto 1,443 gr/cm³; y compacto, 1,750 gr/cm³. y, bajo éste, el estrato de grava aluvial de color gris oscuro.

Capacidad Portante. Utilizando la ecuación de Terzaghi y empleando una cimentación poco profunda, se obtiene una capacidad portante de:

$$q_o = 4,20 \text{ Kg} / \text{Cm}^2$$

Asumiendo un factor de seguridad de 1,2 tenemos:

$$q_a = 4,20 \text{ Kg} / \text{Cm}^2 / 1,2$$

$$q_a = 3,50 \text{ Kg} / \text{Cm}^2.$$

Las fatigas de contacto producidas por las cargas vivas más la de la superestructura, y de ésta sobre la cimentación y ésta a su vez sobre el suelo; se estiman sean del orden de 2,120 Kg / Cm²; teniendo en cuenta la descarga de 1,443 Kg/Cm³, producida por el retiro de cada metro de excavación para llegar al nivel de desplante, la conformación de dichas fatigas es sumamente menores al Esfuerzo Cortante del suelo.

Existe además un buen factor de seguridad (FS = 1,2) en la capacidad de soporte, que asume cualquier sobrecarga adicional.

En los anexos se presentan los resultados de laboratorio de suelos.

5. Estudio Hidrológico y Modelamiento Hidráulico

Con base en los estudios técnicos de topografía y caracterización del suelo se realizará el estudio hidrológico para determinar el máximo caudal que transporta la escorrentía superficial La Bartola acorde al lineamiento del marco jurídico vigente (resolución 330 de 2017 y Manual Para Carreteras de INVIAS) y con el caudal determinado se realiza la simulación hidráulica del comportamiento del agua en el cauce levantado de la escorrentía superficial con el software HEC RAS 4.0.

5.1 Estudio Hidrológico

La hidrología abarca todas las ciencias hídricas, puede definirse como el estudio del ciclo hidrológico, este conocimiento se aplica al uso y control de los recursos hidráulicos, en este caso particular nos referimos al manejo de las aguas escorrentías superficiales que pueden afectar las vías y se basara en la resolución 330 de 2017 y el manual para hidrología, hidráulica con aplicación en el diseño y construcción de obras típicas para el drenaje y sub drenaje de carreteras.

5.1.1 Hidrología superficial. La hoya hidrográfica es el ente físico natural de todo cálculo en hidrología. Se define como un área limitada topográficamente, drenada por un curso de agua o un sistema de cursos de agua, tal que todo el caudal efluente es descargado a través de una salida simple, localizada en el punto más bajo de la misma. El límite topográfico es la divisoria, la cual se define como la línea que separa las precipitaciones que caen en hoyas inmediatamente vecinas, y que encaminan la escorrentía resultante para uno u otro sistema fluvial.

Las características físicas más importantes de las hoyas hidrográficas son las siguientes:

- a) Área de drenaje. Es el área plana (proyección horizontal) incluida entre su divisoria topográfica.
- b) Forma de la hoya. Esta característica es importante, pues se relaciona con la capacidad de concentración del caudal pico de una creciente. En hoyas circulares esta concentración es mayor, mientras que en hoyas alargadas es menor.
- c) Sistema de drenaje. Este parámetro indica la cantidad de los cursos de agua en la hoya y se identifica con la densidad de drenaje, definida esta última como la longitud total de los cursos de agua dentro de la hoya entre el área de drenaje de la misma. Una hoya con buen sistema de drenaje tiende a producir un mayor caudal pico de escorrentía superficial.
- d) Pendiente de la hoya. Determina, de manera indirecta, la capacidad de concentración del agua y la producción de caudales pico de escorrentía superficial altos en la hoya. Una hoya con alta pendiente es propensa a la producción de altos y rápidos caudales pico. Este parámetro se puede calcular por medio de la curva de distribución de pendientes de la hoya.
- e) Pendiente del cauce principal. Dado que el cauce principal es el desagüe de la hoya, este parámetro también determina la rapidez de producción del caudal pico de escorrentía superficial y la capacidad de concentración de la referida descarga. Para evaluar este parámetro existen dos metodologías. La primera se relaciona con la pendiente total del cauce principal, y es igual a la diferencia entre las cotas mayor y menor del cauce sobre la longitud total del mismo. La segunda se define como la pendiente media ponderada del cauce principal; para ello, en primer término, se debe trazar el perfil longitudinal de la corriente, y luego, haciendo base en la cota menor del

referido perfil, se calcula un triángulo que tenga la misma área geométrica del mencionado perfil longitudinal. La diferencia de cotas del triángulo resultante, dividida por la longitud del cauce, es igual a dicha pendiente. El valor de esta pendiente representa mejor las características reales de la pendiente promedio del cauce principal.

f) Tiempo de concentración. Se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la hoya contribuya al sitio de la obra de drenaje en consideración, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de la misma.

En general, el tiempo de concentración se calcula por medio de ecuaciones empíricas.

5.1.2 Área de la microcuenca de la escorrentía superficial la bartola. El área aferente corresponde al área que recibe y drena las aguas lluvias de la escorrentía superficial La Bartola del área urbana del municipio de El Zulia, Norte de Santander.

El área de la micro cuenca que drena las aguas superficiales a la escorrentía superficial La Bartola se determinó las imágenes satelitales de GOOGLE EARTH, definiendo por las alturas del suelo la divisoria de aguas, como se muestra en la siguiente figura.

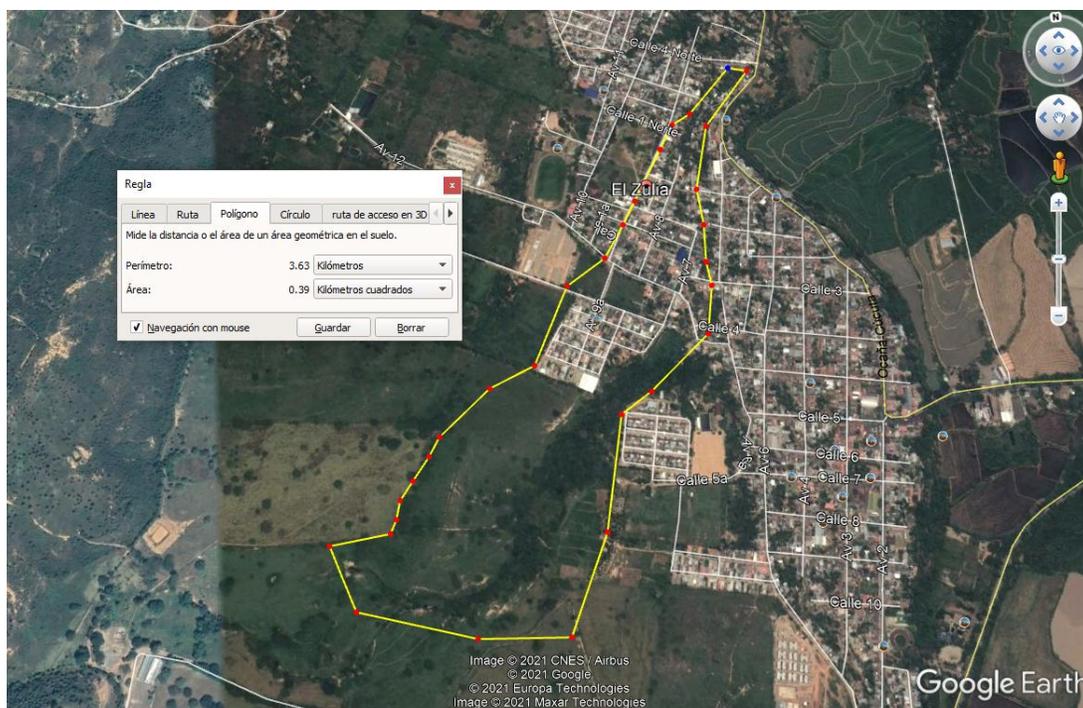


Figura 4. Área aferente a la escorrentía superficial la Bartola, área urbana el Zulia

Fuente: Google Earth, 2021.

Área aferente a la escorrentía superficial La Bartola en el Tramo objeto del estudio es de aproximadamente 0.39 Km^2 .

5.1.3 Intensidad de lluvia. Considerando la cercanía que tiene la escorrentía superficial La Bartola con la estación Camilo Daza y teniendo en cuenta que esta estación del IDEAM dispone de información de hace más de cincuenta años y dispone de curvas IDF, para determinar la intensidad de lluvia para determinar los caudales que escurren por la escorrentía La Bartola se usaran las curvas IDF de la estación 1601501 APTO CAMILO DAZA IDEAM, en la siguiente figura se muestra la localización de la estación y las curvas IDF referenciada.

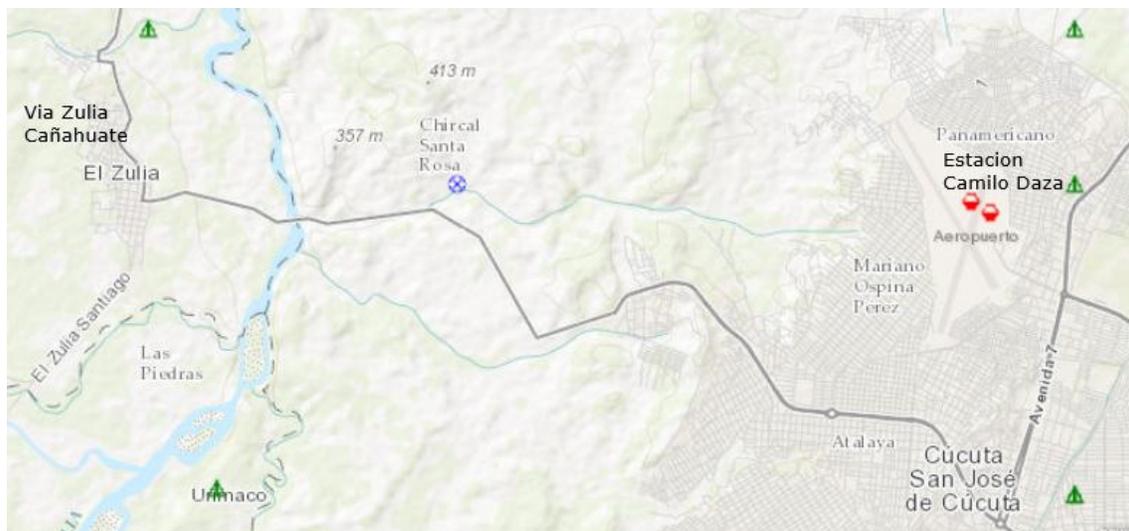


Figura 5. Localización estación Camilo Daza (16015010)

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2012.

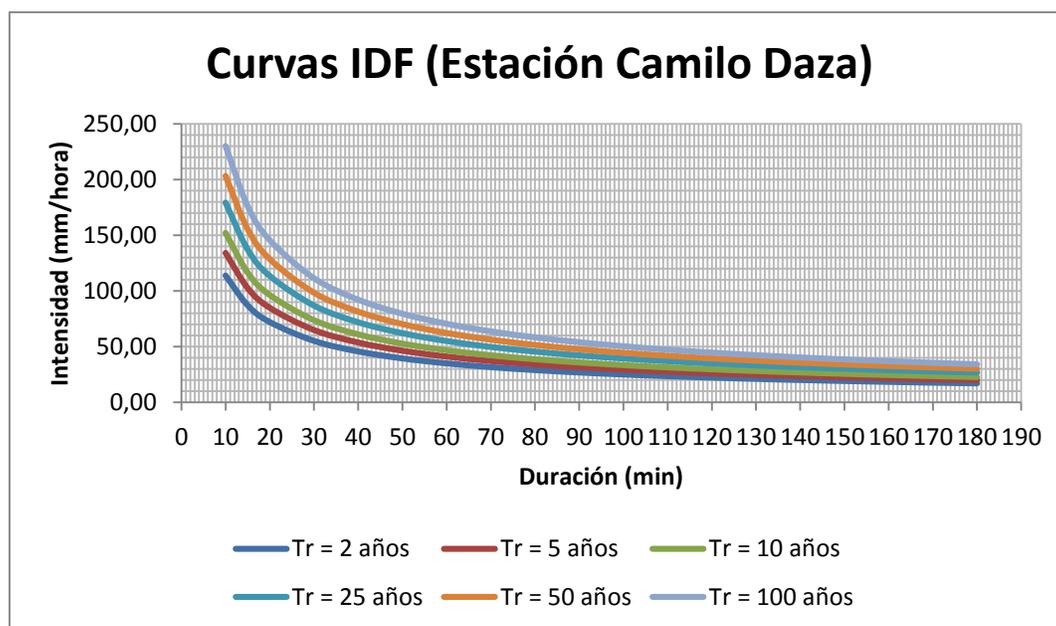


Figura 6. Curvas IDF Estación APTO Camilo daza IDEAM

Fuente: IDEAM, 2012.

Periodos de Retorno. Se deberán adoptar los siguientes periodos de retorno para el cálculo de caudales máximos instantáneos anuales en obras de drenaje pluvial con base en la resolución 330 de 2017.

El periodo de retorno de diseño de las obras podrá variarse, a juicio del ingeniero Consultor, para casos especiales, debidamente justificados.

En caso de que los taludes de corte de la vía sean inestables se podrá incrementar este periodo de retorno, a juicio del ingeniero Consultor.

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

Figura 7. Periodos de retorno para proyectos viales

Fuente: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, 2017.

Tiempo de concentración de las aguas en un determinado punto. El tiempo de concentración se define como el tiempo máximo que tarda la partícula más alejada del área, drenando hasta el punto de recolección. Se muestra el tiempo por tres métodos.

Tabla 2. Tiempo concentración

Modelo	tc (horas)	tc (minutos)
Kirpich	0.462	27.7
Temez	0.389	23.3
Ven te Chow	0.709	42.6
SCS	0.462	27.7
Promedio	0.505	30.3

Se acoge como tiempo de concentración 30 minutos.

Para periodo de retorno 50 años y duración de 30 minutos se acoge la intensidad de 119.44 mm/h.

5.1.4 Coeficiente de escorrentía. La aplicación de la fórmula racional depende del coeficiente de escorrentía, el cual se encuentra en tablas elaboradas para tal fin. En los siguientes cuadros se dan valores típicos del coeficiente para áreas urbanas y rurales, respectivamente.

Por otro lado, el valor del coeficiente de escorrentía C se puede determinar también de acuerdo con la siguiente expresión:

$$C = [(P_d - P_o)(P_d + 23P_o)] / (P_d + 11P_o)^2$$

Dónde:

Po: Parámetro que depende del uso y tipo de suelo, de la cobertura vegetal de la cuenca y de la humedad antecedente del suelo antes del aguacero de diseño, en milímetros (mm).

Pd: Precipitación máxima puntual anual en 24 horas para un periodo de retorno específico, en milímetros (mm).

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C
PRADOS	
Suelos arenosos, planos, 2%	0.05 - 0.10
Suelos arenosos, promedio, 2 -7 %	0.15 - 0.20
Suelos pesados (arcillosos), planos, 2%	0.13 - 0.17
Suelos pesados (arcillosos), promedio, 2 -7 %	0.18 - 0.22
Suelos pesados (arcillosos), pendientes, 7%	0.25 - 0.35
DISTRITOS COMERCIALES	
Áreas de centro de ciudad	0.70 - 0.95
Áreas vecinas	0.50 - 0.70
RESIDENCIAL	
Casas individuales separadas	0.30 - 0.50
Casas multifamiliares separadas	0.40 - 0.60
Casas multifamiliares unidas	0.60 - 0.75
Suburbana	0.25 - 0.40
Áreas de apartamentos de vivienda	0.50 - 0.70
INDUSTRIAL	
Áreas livianas	0.50 - 0.80
Áreas pesadas	0.60 - 0.90
PARQUES CEMENTERIOS	0.10 - 0.25
CAMPOS DE JUEGOS	0.20 - 0.35
ÁREAS DE PATIOS DE FERROCARRILES	0.20 - 0.40
ÁREAS NO DESARROLLADAS	0.10 - 0.30
CALLES	
Asfaltadas	0.70 - 0.95
Concreto	0.80 - 0.95
Ladrillo	0.70 - 0.85
CALZADAS Y ALAMEDAS	0.75 - 0.85
TECHOS	0.75 - 0.95

Figura 8. Coeficiente de escorrentía zonas urbanas

Fuente: Instituto Nacional de Vías, 2013.

5.1.5 Caudal de aguas lluvia. El método racional es aplicable cuando el área aferente es menor a 80 ha, este método parte de la definición del coeficiente de escorrentía C, valor adimensional, el cual se puede definir como la relación entre el volumen de escorrentía superficial, V_E , y el volumen de precipitación total, V_P , ambos expresados en m^3 , así:

$$C = \frac{V_{\text{Escorrentía Superficial}}}{V_{\text{Precipitación Total}}} = \frac{V_E}{V_P} = \frac{\frac{V_E}{t}}{\frac{V_P}{t}}$$

$$\frac{V_E}{t} = Q_E$$

$$\frac{V_P}{t} = i A$$

Dónde:

Q_E : Caudal de escorrentía superficial, en metros cúbicos por segundo (m³/s).

i : Intensidad de precipitación, en metros por segundo (m/s).

t : Tiempo de duración de la lluvia, en segundos (s).

A : Área de drenaje de la hoya hidrográfica, en metros cuadrados (m²).

Entonces,

$$C = \frac{Q_E}{i A}$$

El numerador representa el volumen de escorrentía superficial por unidad de tiempo de duración de la lluvia y el denominador representa el volumen de lluvia por unidad de tiempo de esta duración.

$$Q_E = C i A$$

Al utilizar la fórmula racional, se supone que el caudal Q_E toma un valor de caudal máximo (pico) Q_P , cuando, debido a una cierta intensidad de lluvia sobre el área de drenaje, es producido por esa precipitación que se mantiene por un tiempo igual al periodo de concentración del caudal en el punto en consideración. Teóricamente, éste es el tiempo de concentración, el cual se define como el tiempo requerido para que la escorrentía superficial fluya desde la parte más remota de la hoya hasta el punto de interés.

Entonces, Q_P corresponde a una lluvia de intensidad i sobre un área de drenaje A , lluvia ésta que dure, como mínimo, un tiempo tal que toda el área de drenaje contribuya a la escorrentía superficial, siendo Q_P el caudal máximo de escorrentía superficial, el cual está dado por:

$$Q_P = C i A$$

Ahora bien, si A está dado en km^2 , i en mm/h y Q_P en m^3/s , la anterior ecuación queda igual a:

$$Q_P = 0.278 C i A$$

5.1.6 Cálculo caudal por método racional. Con base en los parámetros de diseño definidos en los ítems anteriores basados en el modelo racional se determina el modelo racional.

Tabla 3. Caudales escorrentía superficial La Bartola para diferentes periodos de retorno

Tr	Área	Longitud Máxima	Desnivel	Tiempo Concentración	Intensidad	Coeficiente Escorrentía	Caudal	
años	ha	m	m	hr	mm/h		m ³ /s	L/s
2					60.60		2.626	2626.00
5					79.00		3.423	3423.33
10	39.00	1590	26.00	0.505	91.20	0.40	3.952	3952.00
25					106.60		4.619	4619.33
50					118.00		5.113	5113.33
100					129.30		5.603	5603.00

6. Estudio Hidráulico

Las estructuras hidráulicas de drenaje vial funcionan a superficie libre o canal abierto, sujeto a la presión atmosférica. Dependiendo de la variación de la profundidad y de la velocidad del flujo, a lo largo del canal y en el tiempo ocurren diferentes tipos de flujo, clasificados como uniformes, no uniformes o variados, permanentes y no permanentes o combinaciones de los anteriores, lo cual resulta conveniente para aplicaciones prácticas.

6.1 Flujo Crítico

La Energía Específica¹ (E), definida como la energía con respecto al fondo del canal, se expresa como:

$$E = y + \alpha \frac{V^2}{2g}$$

Siendo:

y: Profundidad del agua, en metros (m).

α : Coeficiente de Coriolis.

V: Velocidad media del flujo, en metros por segundo (m/s).

g: Aceleración de la gravedad, en metros por segundo cuadrado (m/s²).

Para un caudal dado, la energía específica es mínima para una profundidad “y” denominada profundidad crítica. Esta condición se satisface cuando:

$$F = \frac{V}{\sqrt{\frac{g D}{\alpha}}} = 1$$

En donde:

F: Número de Froude.

D: Profundidad hidráulica, en metros (m).

A partir de la anterior ecuación es posible encontrar el valor de la profundidad crítica (y_c), lo que para secciones simples se puede realizar algebraicamente, siendo necesario en secciones de ríos o más complejas aplicar métodos gráficos o numéricos, nomogramas o procedimientos de ensayo y error para encontrar la profundidad crítica.

Si bien para canales el flujo crítico no es deseable, pues éste es inestable al sufrir cambios de nivel significativos ante pequeñas variaciones de energía específica, sí tiene importantes implicaciones en el control del flujo.

6.2 Modelamiento Hidráulico

El análisis hidráulico se realizó mediante modelación en el Software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System) del cuerpo de ingenieros del ejército de Estados Unidos.

Este software está diseñado para el modelamiento hidráulico de cauces de drenaje naturales y artificiales mediante la solución de la ecuación general de la energía obteniendo las láminas de agua y parámetros hidráulicos de las secciones que se introducen mediante el siguiente

procedimiento:

Entre una sección y otra, se resuelve la ecuación de la energía (Bernoulli) para obtener las alturas de escurrimiento

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Dónde:

Y_1, Y_2 = Altura de agua en las secciones transversales 1 y 2.

Z_1, Z_2 = Cota de terreno las secciones transversales 1 y 2.

V_1, V_2 = velocidades promedio de la sección.

α_1, α_2 = coeficientes de ajuste de velocidades.

G = aceleración de la gravedad.

h_e = pérdida de carga.

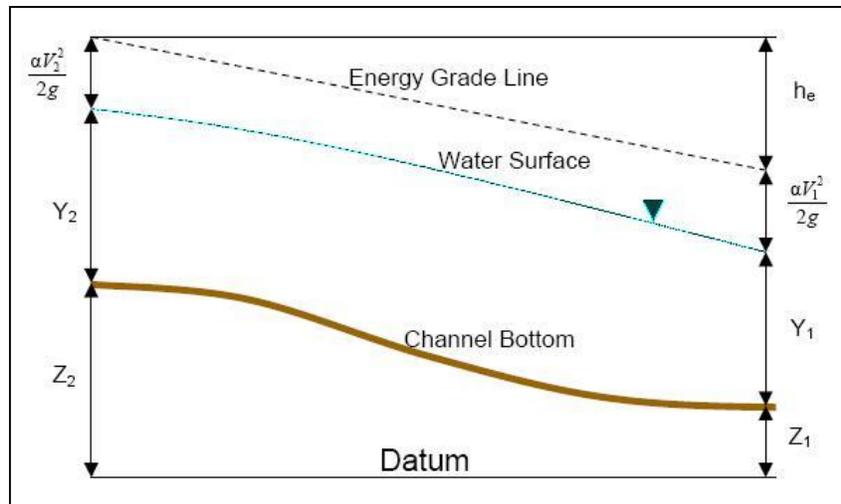


Figura 9. Comportamiento parámetros hidráulicos

La pérdida de carga (h_e) es considerada como la suma de la pérdida friccional entre dos secciones y la diferencia entre cargas de velocidad entre secciones ponderadas por un coeficiente de pérdida por contracción o expansión.

$$h_e = LS_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

Dónde:

L = largo representativo del tramo.

S_f = pendiente de fricción representativa entre dos secciones.

C = coeficiente de pérdida por expansión o contracción.

Dado que el modelo es unidimensional es necesario utilizar solo una altura de velocidad, este coeficiente compatibiliza las diferencias entre las alturas de velocidad de las distintas subsecciones.

Se define en función de las áreas de flujo y la capacidad de conducción.

$$\alpha = \frac{(A_t)^2 \left[\frac{(K_{lob})^3}{(A_{lob})^2} + \frac{(K_{ch})^3}{(A_{ch})^2} + \frac{(K_{rob})^3}{(A_{rob})^2} \right]}{(K_t)^3}$$

Se define la capacidad de conducción de una subsección como el caudal dividido por la raíz de la pérdida de carga, esto se introduce en la ecuación de Manning.

$$K = \frac{Q}{\sqrt{S_f}} (m^3 / s) \qquad K = \frac{1}{n} AR^{2/3} (m^3 / s)$$

Dónde:

K = capacidad de transporte de una subdivisión.

n = coeficiente de Manning de una subdivisión.

A = área de flujo de una subdivisión.

R = radio hidráulico de una subdivisión.

La pérdida friccional se evalúa como la ponderación de la pendiente friccional representativa entre dos secciones por la distancia representativa L entre ellas.

$$S_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

$$Pérdida \text{ friccional} = L \bar{S}_f$$

6.2.1 Coeficiente de rugosidad de Manning. En la determinación del coeficiente de rugosidad de Manning, juega un papel importante la experiencia del consultor. Así, en un primer intento para su obtención se emplean expresiones que estiman el coeficiente de rugosidad de Manning a partir de la granulometría del lecho. Entre las expresiones se emplearon:

Ecuación de Garde & Raju (1978), Subramanya (1982):

$$n = 0.047 \times D_{50}^{1/6}$$

Donde D50 es el diámetro para el cual pasa el 50% de las partículas (en metros).

Ecuación de Strickler: $n = 0.034 \times D_{50}^{1/6}$

Donde D50 es el diámetro para el cual pasa el 50% de las partículas (en pulgadas).

Ecuación de Meyer-Peter-Muller (1948): $n = 0.038 \times D_{90}^{1/9}$

Donde D90 es el diámetro para el cual pasa el 90% de las partículas (en metros).

Ecuación de Bray (1979): $n = 0.0495 \times D_{50}^{0.016}$

Donde D50 es el diámetro para el cual pasa el 50% de las partículas (en metros).

Ecuación de Lane y Carlson: $n = 1/39 \times D_{75}^{1/6}$

Donde D75 es el diámetro para el cual pasa el 75% de las partículas (en pulgadas).

Los valores calculados con las anteriores expresiones no consideran otros factores que inciden en la rugosidad del río, por lo que sirven de base para la aplicación del método de Cowan modificado (Chow, 1994).

Este método de Cowan modificado calcula el coeficiente “n” como: $n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m_5$

Donde n_0 corresponde a la rugosidad del material del cauce (el cual corresponde al valor obtenido con la expresión de Strickler) y los restantes parámetros o factores que afectan el coeficiente de rugosidad y que respectivamente son: irregularidades en la superficie (n_1); cambios de forma y tamaño de la sección (n_2); obstrucciones (n_3); vegetación y condiciones de flujo (n_4) y estructura de los meandros (m_5).

De acuerdo a lo anterior se calcula el coeficiente “n” tal como se presenta a continuación:

Tabla 4. Valores coeficientes de manning para cauce escorrentía superficial la bartola

Factor	Margen Izquierda	Cauce Central	Margen Derecho
Material Involucrado n_0	0.0200	0.0210	0.0200
Grado de Irregularidad n_1	0.0050	0.0070	0.0050
Variación Sección Transversal n_2	0.0100	0.0100	0.0100
Obstrucciones n_3	0.0150	0.0150	0.0150
Vegetación n_4	0.0060	0.0050	0.0060
Meandros m_5	1.1000	1.1000	1.1000
Rugosidad de Manning n	0.062	0.064	0.062

Se asumen entonces los anteriores valores del coeficiente "n" de Manning: para el fondo del cauce de 0.064, para la banca izquierda 0.062 y para la banca derecha 0.062.

En el caso de muros en los lados son en concreto con coeficiente de rugosidad de Manning $n=0.014$.

Para la modelación hidráulica que permita determinar los niveles y velocidades en la Escorrentía Superficial La Bartola, durante el tránsito del caudal de diseño, se emplearon las secciones transversales del cauce levantadas.

A continuación, se presentan las secciones transversales del levantamiento efectuado en los estudios previos, que se emplearan en la presente revisión, actualización y complementación.

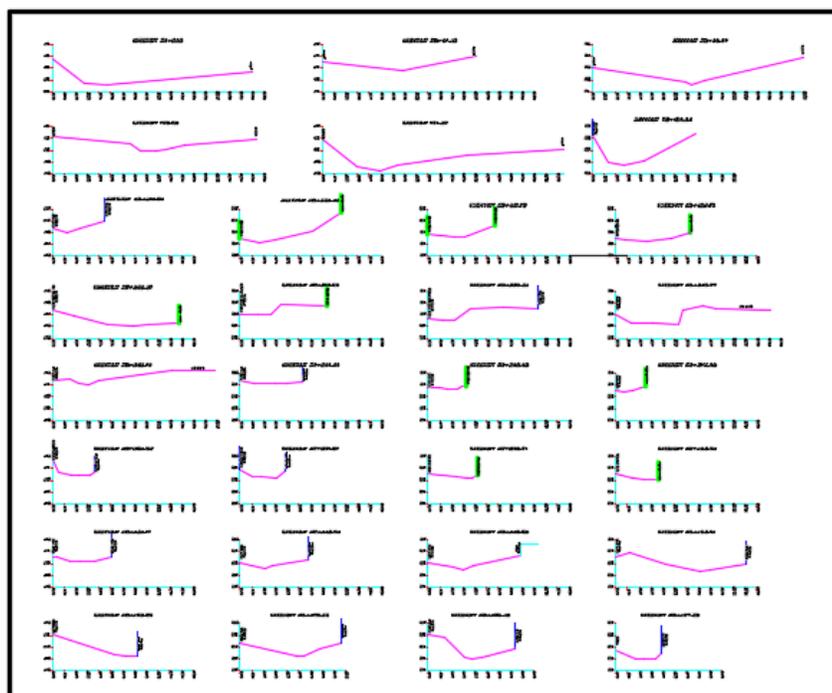


Figura 10. Secciones transversales cauce escorrentía superficial la bartola

6.2.2 Granulometrías del material del lecho. En la información que fue tomada de los estudios previos, se basó en la información de granulometrías del estudio de suelos del cauce de la Escorrentía Superficial La Bartola en el sitio del puente, durante la visita técnica al sitio del puente

adelantada en desarrollo de la presente revisión y complementación, en el lecho también abundan piedras y bloques de hasta un metro de diámetro, tal como se puede apreciar en la siguiente imagen.



Figura 11. Vista cauce de la escorrentía superficial la Bartola

6.3 Modelación Hidráulica del Cauce

El modelo topográfico empleado para la modelación hidráulica del cauce de Escorrentía Superficial La Bartola fue elaborado con base en las secciones transversales levantadas en desarrollo del estudio topográfico, pero empleando un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,062 para el cauce y 0,064 para las márgenes

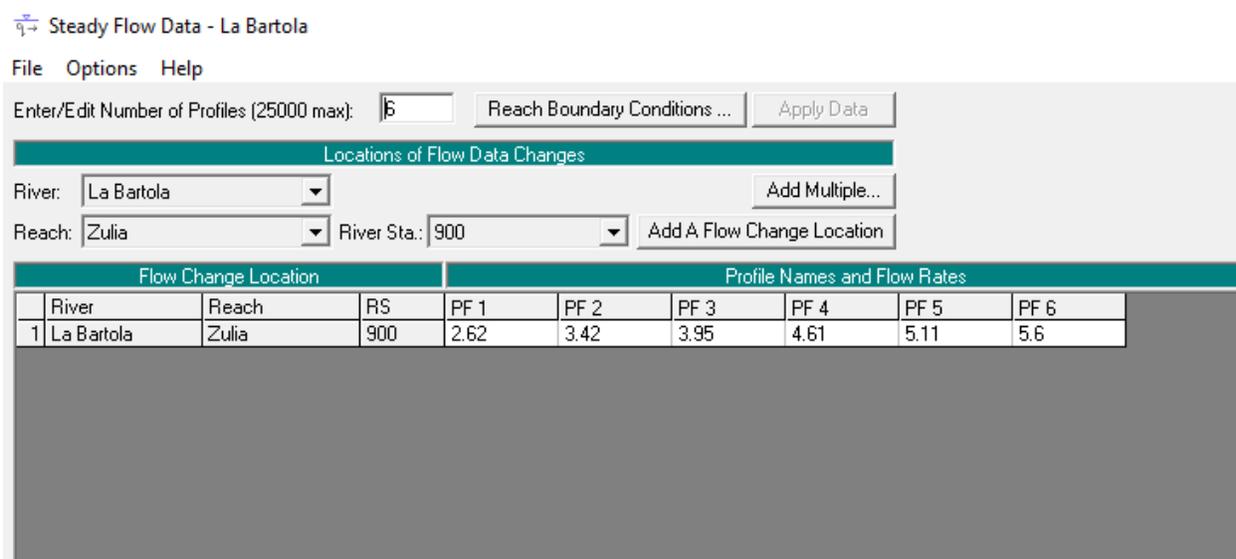


Figura 12. Caudales para modelación hidráulica escorrentía superficial la bartola con hecras

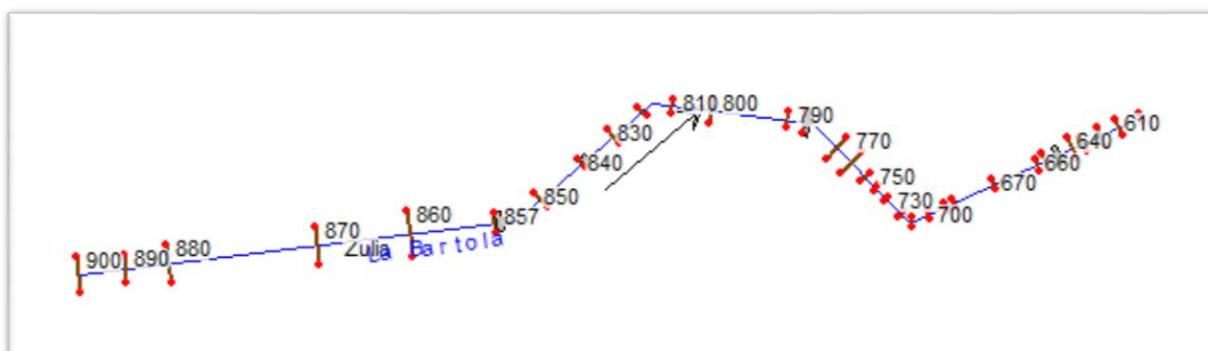


Figura 13. Modelo topográfico del cauce escorrentía superficial la bartola para modelación hidráulica HEC RAS

En los anexos se presentan los resultados del modelamiento hidráulico en las condiciones actuales (sin revestimiento) y en las condiciones proyectada (con revestimiento en concreto).

7. Diseño Estructural

El diseño estructural del canal La Bartola del municipio El Zulia, departamento Norte de Santander se realizó con el software SAP 2000.

SAP 2000 es un *software* comercial que se basa en el Método de los Elementos Finitos (MEF). Lo usamos para el cálculo de todo tipo de estructuras en el sector de la edificación. El nombre de este programa se corresponde con las siglas en inglés de Structural Analysis Program (Programa de Análisis Estructural).

A continuación, se muestran los resultados del modelamiento de la canalización proyectado en concreto reforzado con parrilla doble en los muros y loza de fondo. La sección considerada es de 2 m de ancho y 1.5 m alto.

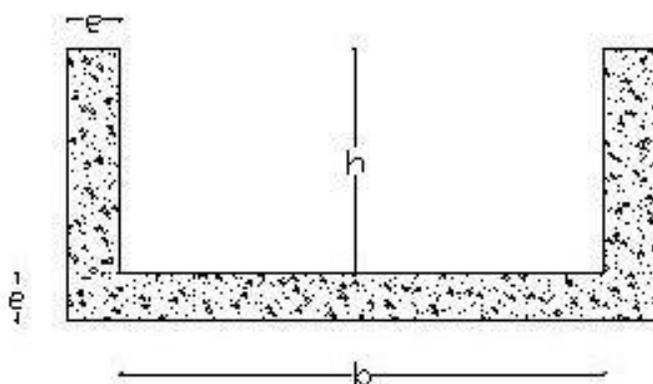


Figura 14. Modelamiento 1 presión del agua

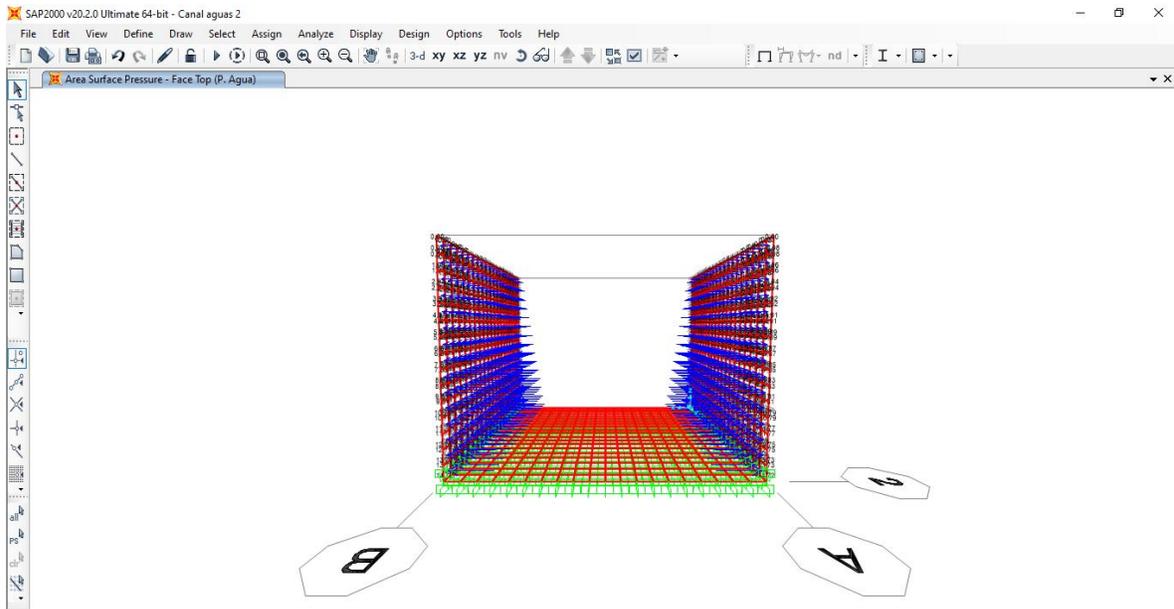


Figura 15. Modelamiento 2 Presión del Agua

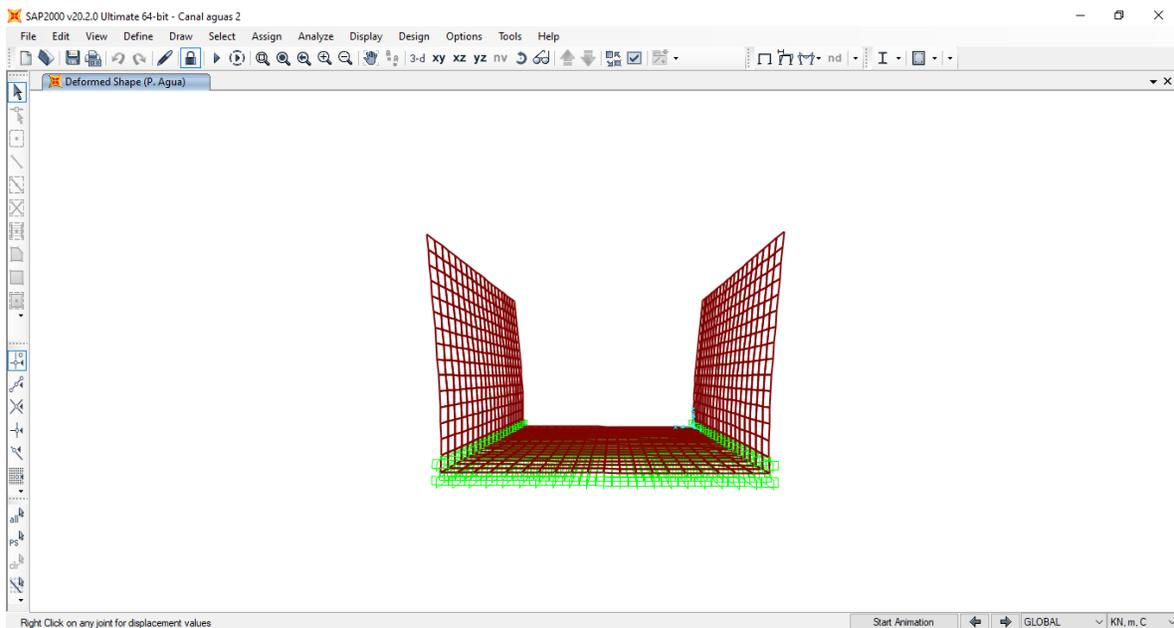


Figura 16. Modelamiento 3 Presión del Agua

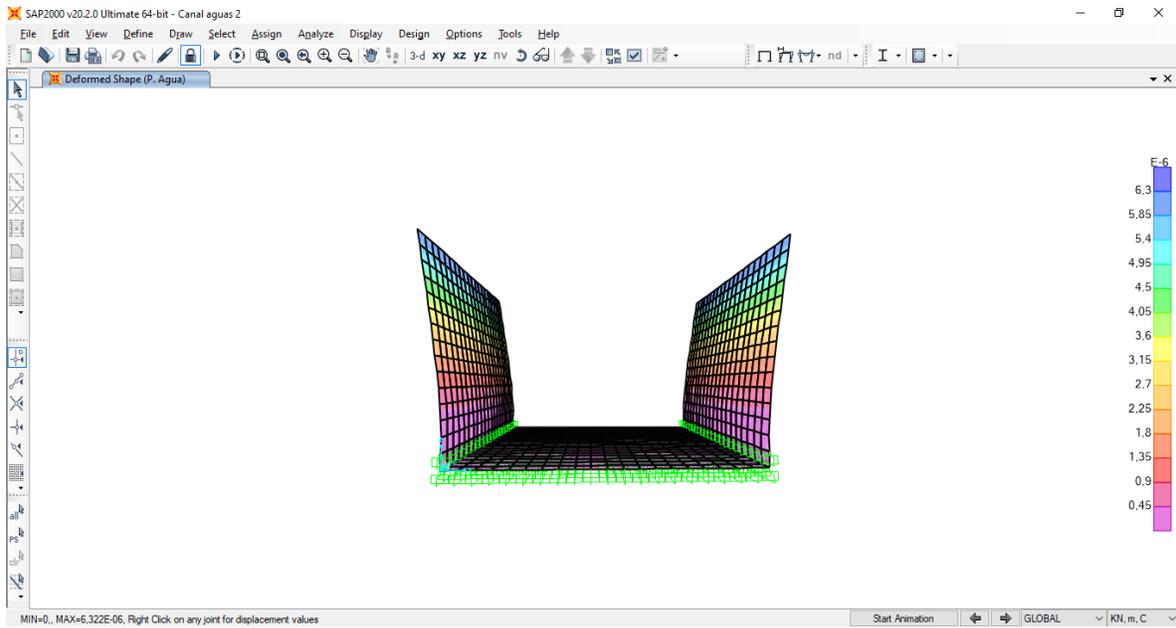


Figura 17. Modelamiento 4 presión del agua

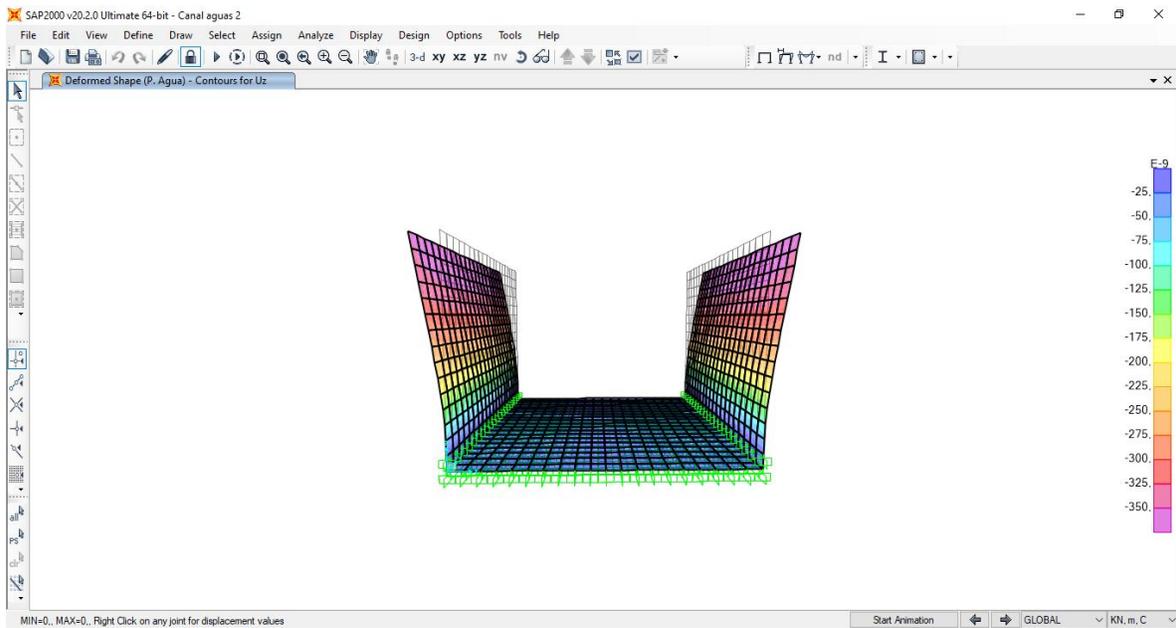


Figura 18. Modelamiento 5 presión del agua

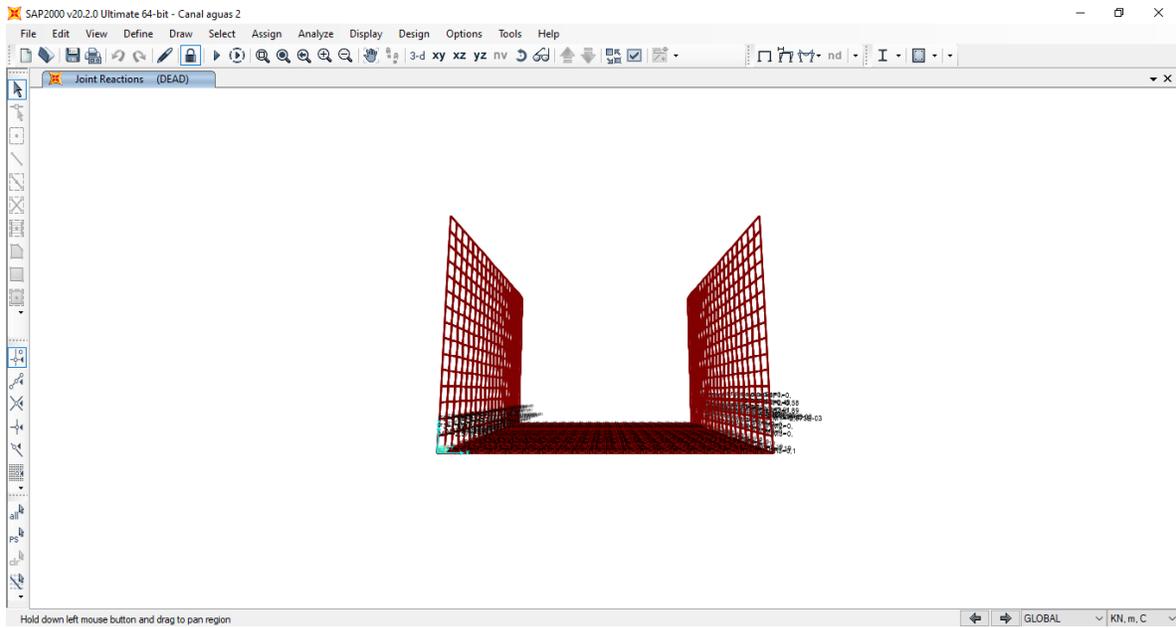


Figura 19. Modelamiento 1 presión del suelo

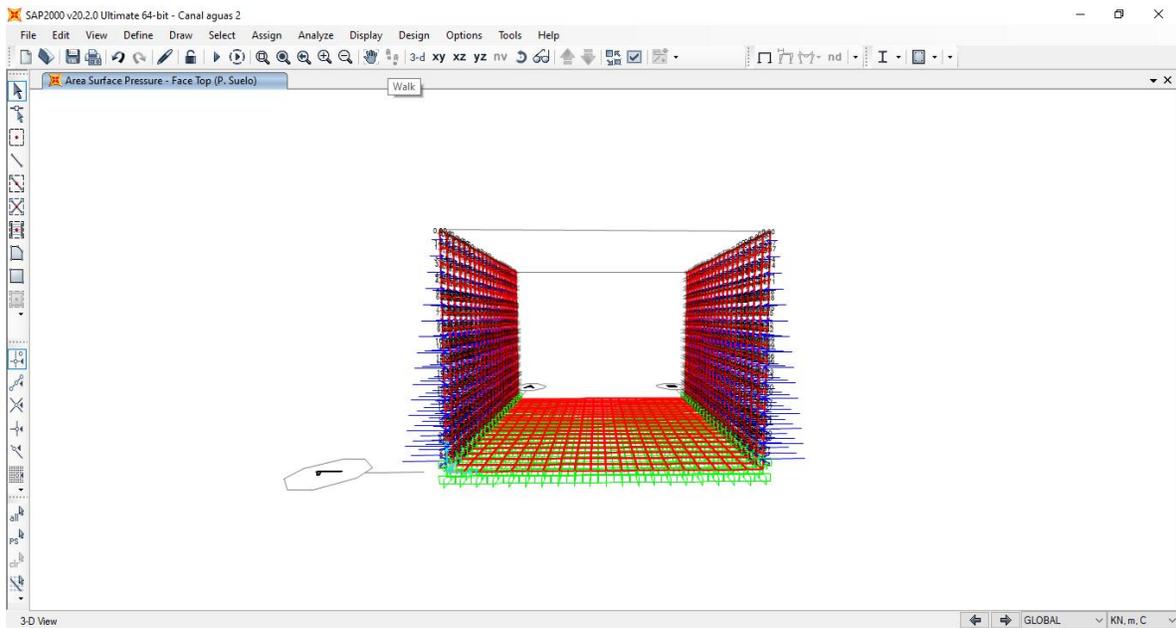


Figura 20. Modelamiento 2 presión del suelo

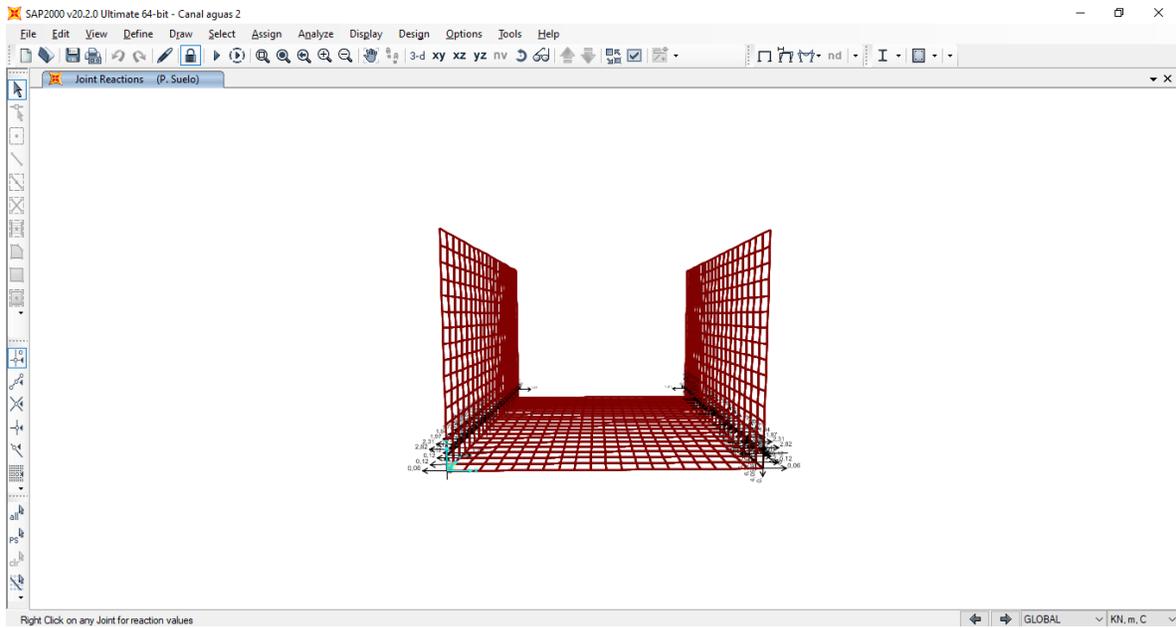
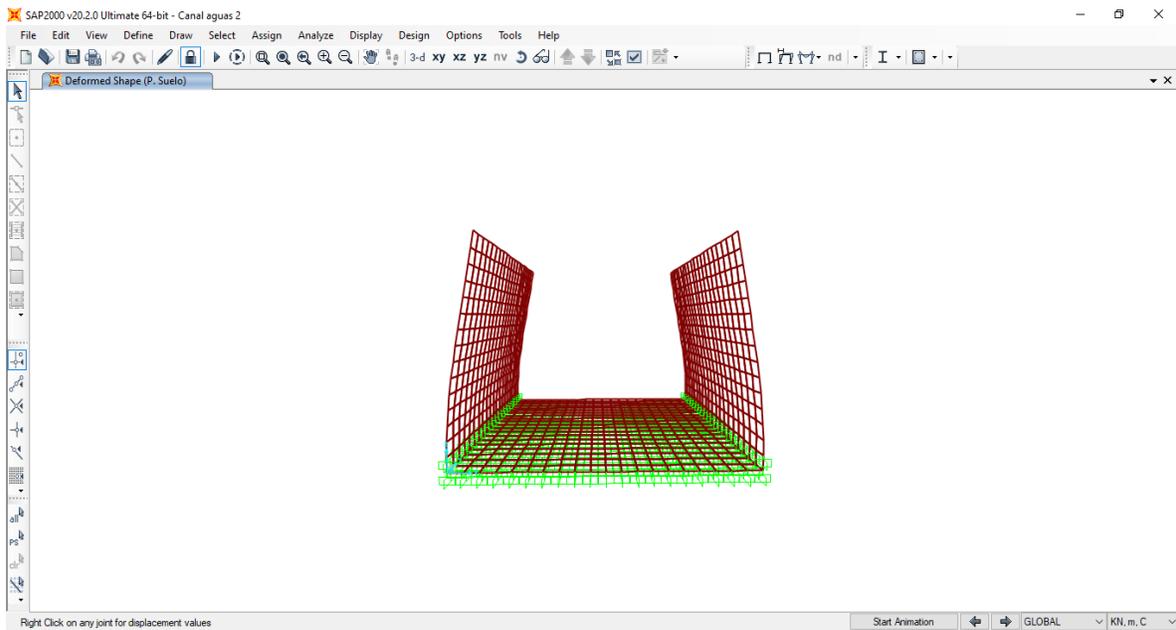
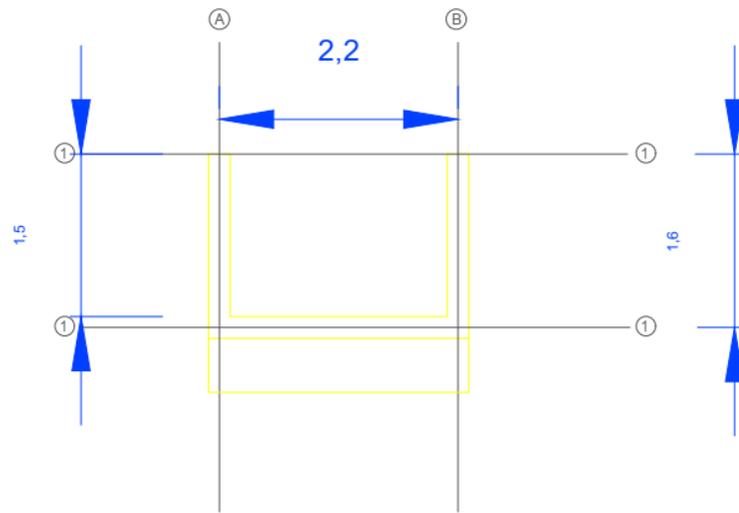


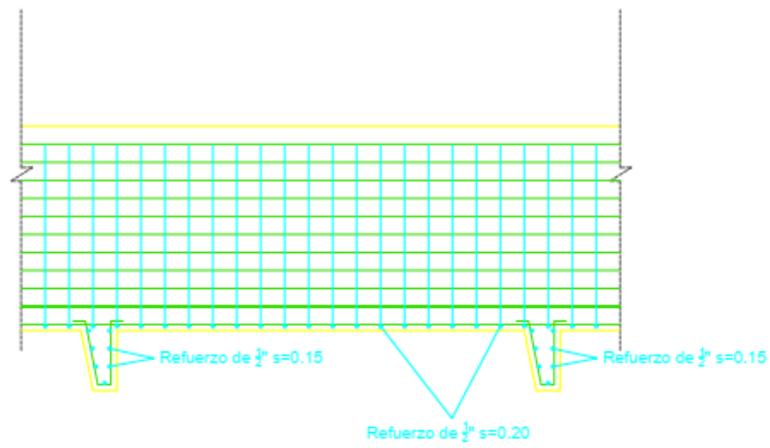
Figura 21. Modelamiento 3 presión del suelo



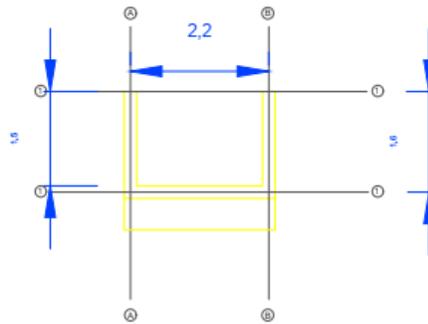
CORTE TRANSVERSAL



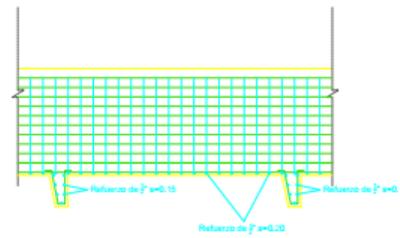
CORTE A-A'



CORTE TRANSVERSAL



CORTE A-A'



CORTE PLANTA

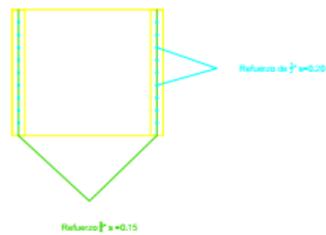


Figura 22. Propuesta de refuerzo para los muros y losa de fondo del canal

Con base en el diseño estructural del canal se deben construir los muros y losa de fondo en concreto de 28 MPa con un espesor de 0.25 m y refuerzo de 420 MPa de 1/2" de diámetro separado cada 0.15 m.

8. Conclusiones

El presente es un proyecto académico realizado como requisito de la Universidad Francisco de Paula Santander para obtener el título de ingeniero civil.

La escorrentía superficial La Bartola es un cuerpo de agua que a traviesa el área urbana del municipio El Zulia, básicamente delimitando la zona alta de la zona baja, en épocas de invierno esta escorrentía incrementa su caudal transportado y en algunos puntos de desborda generando incomodidades a los habitantes de las áreas adyacentes.

Se realizó un recorrido del área aferente de la microcuenca de la escorrentía superficial La Bartola para reconocer las características de la superficie y se hizo un detallado reconocimiento del cauce de la escorrentía superficial La Bartola, confrontando los resultados en el terreno real.

Se puede concluir que no se respetaron las zonas de aislamiento que se deben dejar a los lados de las escorrentías superficiales, quedando viviendas o partes de viviendas en las zonas de inundación de esta escorrentía superficial. Una forma de garantizar el no desbordamiento de esta escorrentía es con la canalización con dimensiones que garanticen el transporte eficaz de los caudales de agua lluvias que debe evacuar.

Como resultado del estudio realizado en el proyecto de grado se determinó que la canalización de la escorrentía debe hacerse en concreto reforzado con un espesor de 0.25 m y parrilla doble (en ambos lados para soportar los esfuerzos del agua y el suelo) en acero de refuerzo de 1/2" de 420 MPa con una separación de 0.15 m.

9. Recomendaciones

La cultura de la preservación ambiental propende por recuperar ecosistemas que han sido modificados por la acción antrópica. La acelerada urbanización del país ha dinamizado el desarrollo de las ciudades, al punto que estas han absorbido áreas rurales o sectores que anteriormente eran dedicados a actividades diversas, distintas a las de carácter residencial, esta es una situación que se presenta en la zona.

Se deben realizar mantenimiento preventivo con base en una programación periódica que garanticen el óptimo funcionamiento del sistema pluvial, es muy frecuente las obstrucciones en estos sistemas las obstrucciones por cuerpos extraños y sedimentación de sólidos.

Solicitar apoyo gubernamental para el mantenimiento de las estructuras proyectadas de la escorrentía superficial La Bartola del área urbana del municipio El Zulia.

Si por algún motivo se decide modificar los diseños hidráulicos debe notificarse al consultor y de no ser posible debe realizarse las modificaciones con personal técnico idóneo que garantice el óptimo funcionamiento del sistema.

Referencias Bibliográficas

- Instituto Nacional de Vías. (2013). *Manual de drenaje para carreteras*. Bogota: INVIAS.
- Amado, J. (2013). *Diseño y presupuesto de las obras complementarias al canal de aguas lluvias Torcoroma "Chivera"*. Tesis de grado. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.
- Chow, V. (1994). *Hidraulica de canales abiertos*. Bogotá: Nomos S.A.
- Chow, V. (2004). *Hidraulica de canales abiertos*. Bogotá: Nomos S.A.
- Giles, R. (1998). *Mecánica de Fluidos e Hidráulica*. Bogota: Mc Graw Hill.
- Ingecivil. (2018). *Elementos geométricos de la sección transversal de un canal*. Recuperado de: <https://www.ingecivil.net/2018/01/16/elementos-geometricos-de-la-seccion-transversal-de-un-canal/>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2012). *Información hidrometeorológica de la estación Camilo Daza*. Bogota: IDEAM.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (2017). *Resolución 0330 de 2017. Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Bogota:
- Monografias. (2018). *El flujo en canales abiertos y su clasificación*. Recuperado de: <https://www.monografias.com/trabajos14/canales-abierto/canales-abierto.shtml>
- Municipio del Zulia. (2017). *Esquema de ordenamiento territorial (EOT)*. Zulia: El Municipio.

Municipio del Zulia. (2018). *Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos del municipio de el Zulia*. Zulia: El Municipio.

Ovalle, J. (2013). *Evaluación de la capacidad hidráulica del canal bogota en el tramo que va desde el puente al lado de la Universidad Libre hasta Santa Helena en la ciudad de San José de Cúcuta departamento del norte de Santander*. Tesis de grado. Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Colombia.

Polo, V. (2014). Modelo hidráulico. Recuperado de:

<https://www.repuestoscoches24.es/recambios/aceite-hidraulico/vw/polo>

Republica de Colombia. (1991). *Constitución Política de Colombia de 1991*. Bogota: Imprenta Nacional.

Rodriguez, D. (s.f.). *Investigación aplicada*. Recuperado de:

<https://www.lifeder.com/investigacion-aplicada/>

Ruiz, P. (2010). *Conceptos y elementos de un canal*. Recuperado de:

<https://civilgeeks.com/2010/11/10/conceptos-y-elementos-de-un-canal>.

Sotelo, S. (2002). *Hidráulica General*. Bogota: LIMUSA 2002.

Suárez, J. (1998). *Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales*. Tesis de grado.

Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

Universidad de Granada. (2007). *Manual de Manejo HEC RAS*. Recuperado de:

https://cemexico.groups.et.byu.net/vocabulary/ManualBasico_HEC-RAS313_HEC-GeoRAS311_Espanol.pdf

Universidad de Sucre. (2012). *Manual de Manejo SAP2000*. Recuperado de:

<http://electronica.unisucre.edu.co/images/JRHA/MANUAL%20DE%20PRACTICAS%20ANALISISV3.0.pdf>

Corponor. (2019). *Municipio de El Zulia en la calle 4 a calle 4N entre avenidas 5 y 6*.

Recuperado de:

https://corponor.gov.co/publica_recursos/pomca/2019/zulia/4.FASE.PROSPT&ZONIF.ZULIA.Final.pdf/Informe_P&ZA_Zulia_vf_CORPONOR_1602.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Laboratorio de Suelos

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

OBRA: CONSTRUCCIÓN CANAL TOMA LA BARTOLA

SITIO: EL ZULIA

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE EL ZULIA N. DE S.

MUESTRA: Grava aluvial oxidada PROF: 0,60 m.

TAMIZ No.	PESO RETENIDO	% RETENIDO INDIVIDUAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES
3"	0	0		100,00	
2"	215,42	7,18		92,82	
1 ½"	340,57	11,35		81,47	
1"	304,53	10,15		71,32	
¾"	316,23	10,54		60,78	
½"	321,12	10,70		50,08	
3/8"	122,04	4,07		46,01	
No. 4	179,31	5,97		40,04	
8	103,40	3,45		36,59	
10	58,54	1,95		34,64	
16	151,16	5,04		29,60	
20	61,84	2,06		27,54	
40	217,04	7,23		20,31	
60	43,00	1,43		18,88	
100	92,00	3,03		15,81	
200	102,09	3,40		12,41	
Fondo Lavado +	372,33	12,41		0,0	
TOTAL	3.000,00	100,00		0,0	

CLASIFICACION U.S.C. **GM - GW**

γ suelto: 1,956 Gr/ Cm³

γ compacto: 2,076 Gr/ Cm³

LIMITES DE CONSISTENCIA Y GRADACION

OBRA: CONSTRUCCIÓN CANAL TOMA LA BARTOLA

SITIO: EL ZULIA

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE EL ZULIA N. DE S.

MUESTRA: Limo habano inorgánico de plasticidad media.

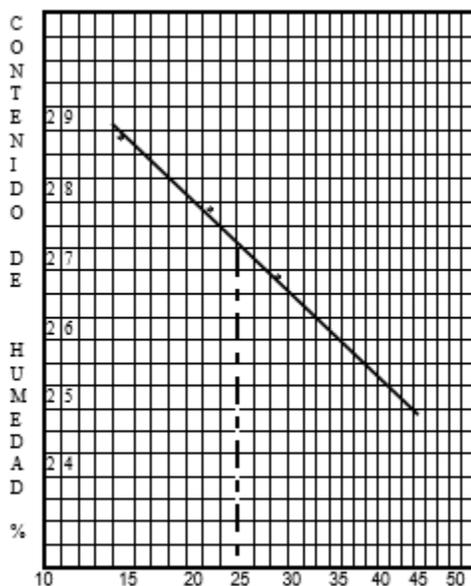
Prof.: 0,80 m. Sondeo 2

LIMITE LIQUIDO

No.	31	27	22	17
Vidrio No.	4	5	6	7
P1	21.61	17.00	20.80	20.60
P2	18.97	15.22	18.16	18.02
P3	8.63	8.53	8.57	9.08
% Humedad	25.53	26.61	27.53	28.86

LIMITE PLASTICO

Vidrio No.	8	9	10
P1	16.06	15.29	15.61
P2	14.89	14.19	14.40
P3	8.92	8.54	8.16
% Humedad	19.60	19.47	19.39



RESULTADOS

Límite Líquido 26.90%
 Límite Plástico 19.49%
 Índice Plasticidad 7.41%
 Lavado sobre Tamiz No. 200 77.35%
 Peso Unitario Suelto 1.505 Gr./Cm³
 Peso Unitario Compacto 1.673 Gr./Cm³

Índice de Grupo

U.S.C. CL - ML

ESFUERZO SECANTE DIRECTO

OBRA: CONSTRUCCIÓN CANAL TOMA LA BARTOLA

SITIO: EL ZULIA

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE EL ZULIA N. DE S.

CARGA NORMAL: 8Kg.

PROF: 0,60 m.

Constante del anillo: $0,299/2,2046 \text{ kg/cm}^2$ $\sigma = 0,62 \text{ kg/cm}^2$.

TIEMPO (Seg.).	CARGA LBS.	CARGA KGS.	AH	AV	$\delta = P/A$ $\frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$	TAN $\Phi = \frac{3}{\sigma}$
15	17	2,3053	1	0	0,0893	0,1440
30	28	3,7976	3	0	0,1472	0,2374
45	35	4,7470	7	-0,5	0,1839	0,2966
60	39	5,2895	11	-1,5	0,2050	0,3306
75	42	5,6964	16	-2,5	0,2207	0,3560
90	45	6,1033	21	-3,5	0,2365	0,3845
105	48	6,5101	26	-4,5	0,2523	0,4069
120	52	7,0571	30	-5	0,2733	0,4408
	55	7,4595	40	-5,5	0,2891	0,4663
	62	8,4089	50	-5,5	0,3258	0,5255
	67	9,0871	60	-5,5	0,3521	0,5679
	70	9,4940	70	-5,5	0,3679	0,5934
	74	10,0364	80	-5,5	0,3889	0,6273
	80	10,8502	90	-5,5	0,4204	0,6781
	83	11,2571	100	-4,5	0,4321	0,7036
	85	11,5284	110	-4	0,4467	0,7205
	87	11,7996	120	-3,5	0,4572	0,7375
	89	12,0709	130	-3,0	0,4671	0,7544
	90	12,2065	140	-2,0	0,4730	0,7629
	89	12,0709	150	-1,0	0,4671	0,75,44
	88	11,9353	160	0,0	0,4625	0,7490
	86	11,6640	170	+1,0	0,4520	0,7290

ESFUERZO SECANTE DIRECTO

OBRA: CONSTRUCCIÓN CANAL TOMA LA BARTOLA

SITIO: EL ZULIA

PROPIETARIO: MUNICIPIO DE EL ZULIA N. DE S.

CARGA NORMAL: 32Kg. PROF: 0,60 m.

CONSTANTE DEL ANILLO: 0,299/2,2046 kg/cm²

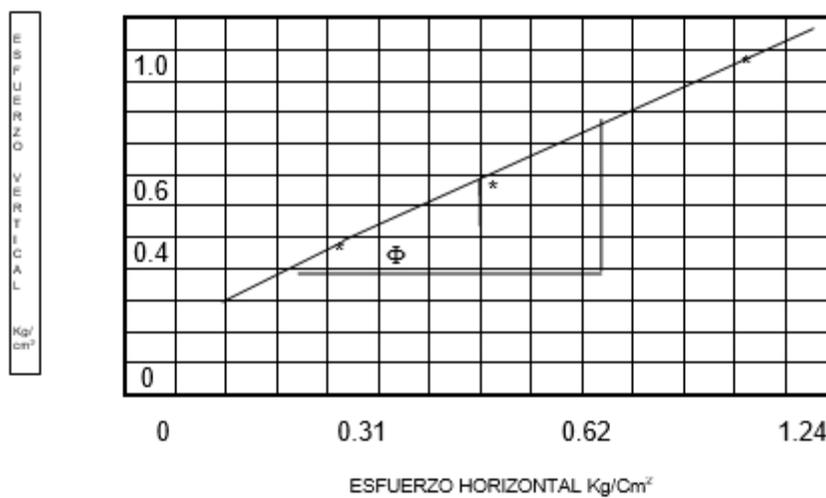
TIEMPO (seg.)	CARGA LBS.	CARGA KGS.	AH	AV	$\delta = \frac{P/A}{\text{Cm}^2}$ Kgs	TAN $\Phi = \frac{\tau}{\sigma}$
0	0,0	0,0	0	0	0,0	0,0
15	20	2,7126	0	0	0,1051	0,1130
30	33	4,4757	1	-0,5	0,1734	0,1865
45	45	6,1033	2,5	-2,0	0,2365	0,2543
60	50	6,7814	6,5	-3	0,2628	0,2826
75	55	7,4575	11	-3,5	0,2891	0,3109
90	61	8,2733	16	-4	0,3206	0,3447
105	68	9,2226	22	-5	0,3574	0,3843
120	73	9,9008	27	-5,5	0,3837	0,4126
	78	10,5788	30	-6	0,4099	0,4408
	88	11,9353	40	-6,5	0,4625	0,4973
	92	12,4778	50	-7	0,4837	0,5199
	97	13,1560	60	-7	0,5095	0,5482
	103	13,9697	70	-7	0,5413	0,5820
	108	14,6478	80	-7	0,5676	0,6103
	112	15,1903	90	-7	0,5886	0,6329
	115	15,5972	100	-7	0,6044	0,6499
	118	16,0041	110	-6,5	0,6202	0,6669
	120	16,2754	120	-6	0,6307	0,6782
	122	16,5466	130	-5,5	0,6412	0,6895
	121	16,4110	140	-4	0,6359	0,6838
	119	16,1397	150	-2	0,6254	0,6725
	113	15,3260	160	-1	0,5939	0,6386

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ESFUERZO SECANTE DIRECTO

OBRA: CONSTRUCCIÓN CANAL TOMA LA BARTOLA

SITIO: EL ZULIA

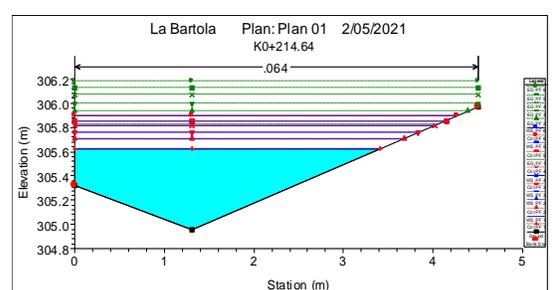
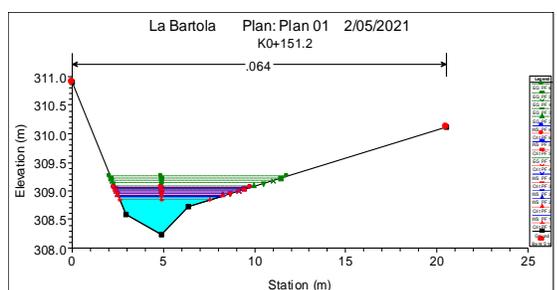
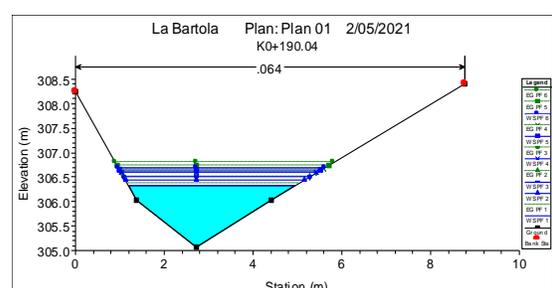
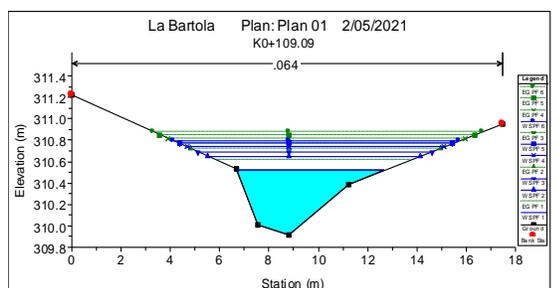
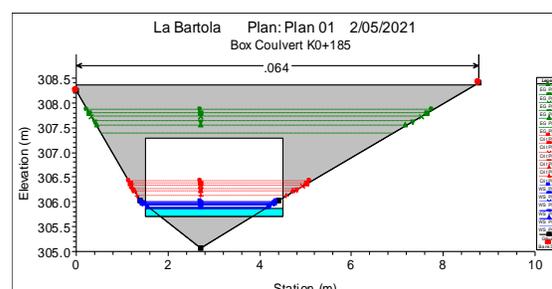
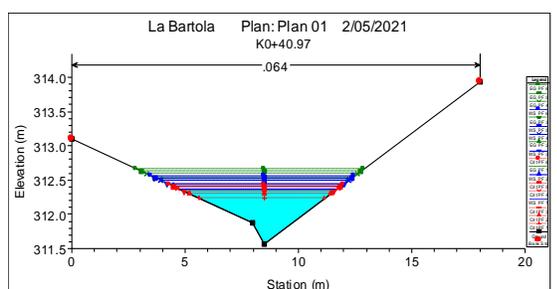
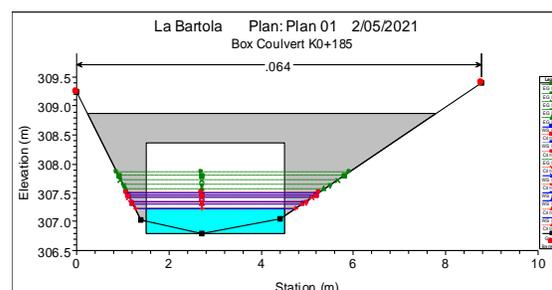
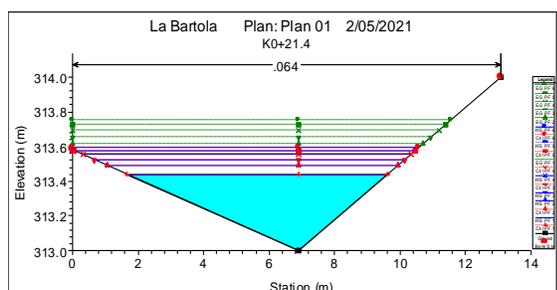
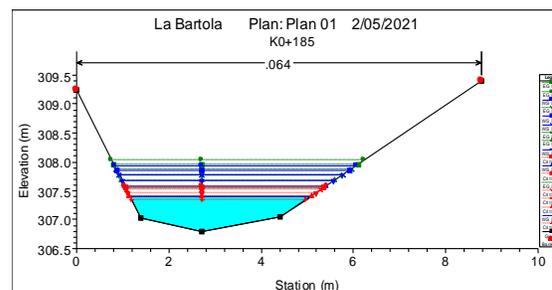
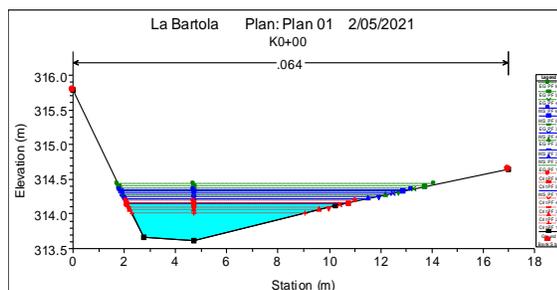
PROPIETARIO: MUNICIPIO DE EL ZULIA N. DE S.

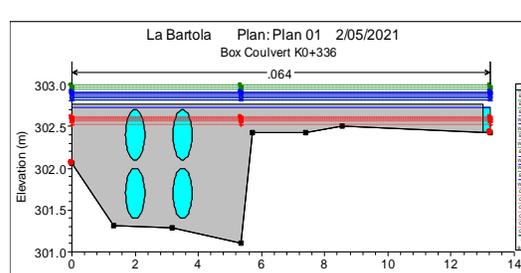
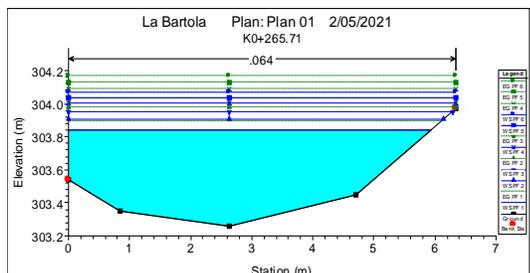
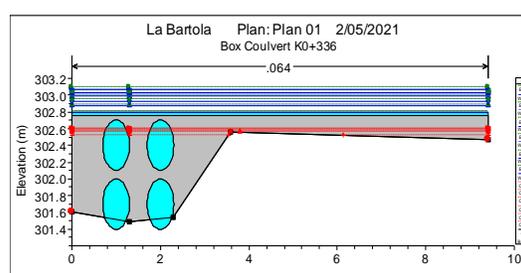
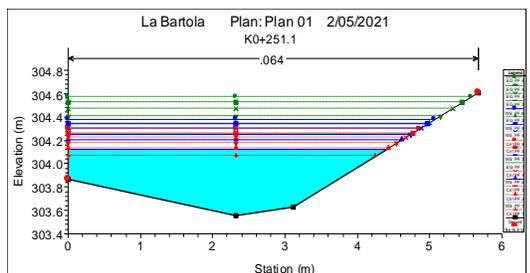
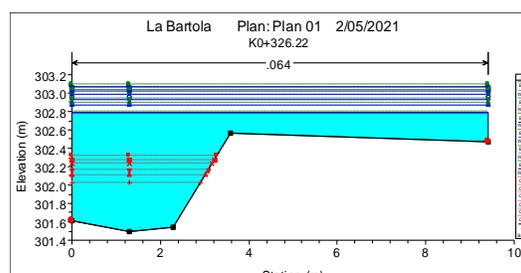
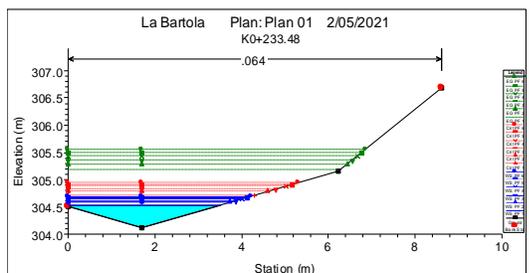
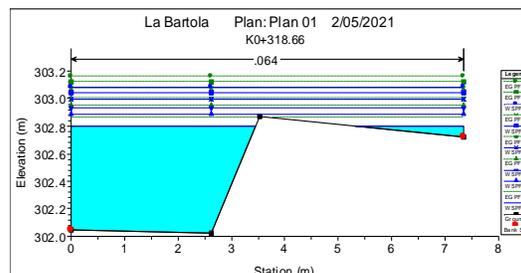
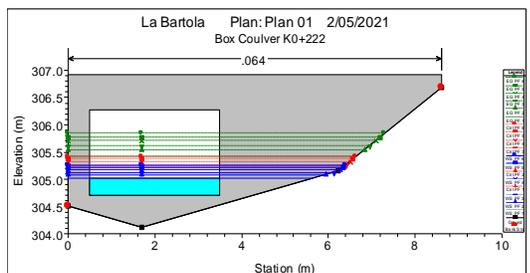
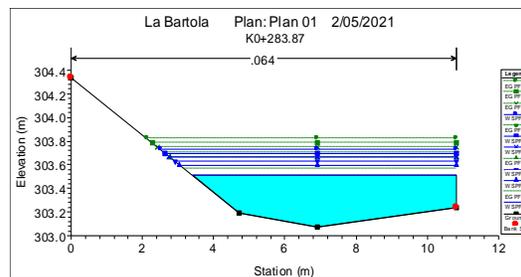
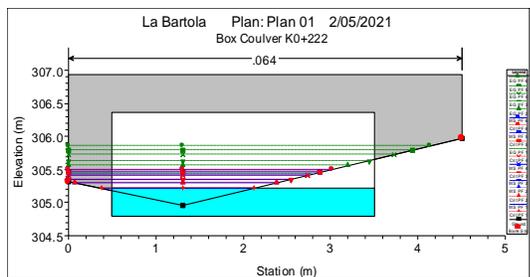


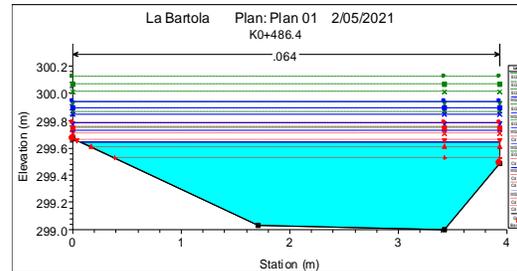
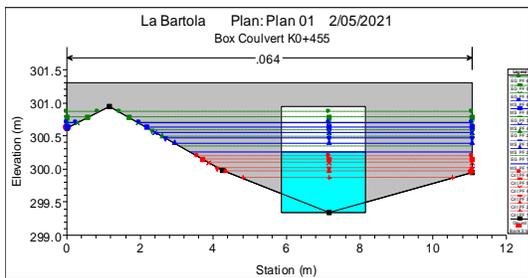
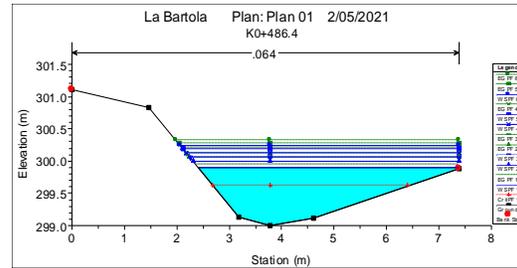
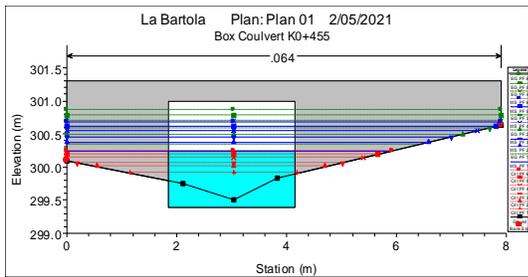
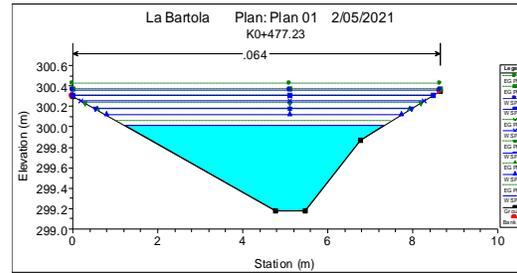
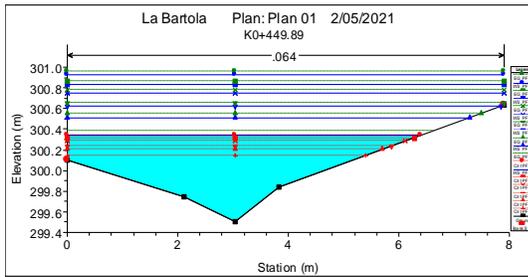
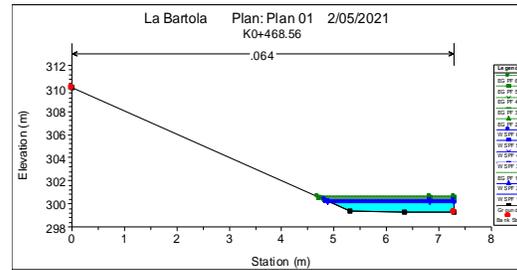
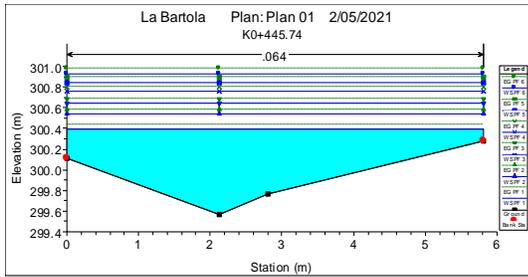
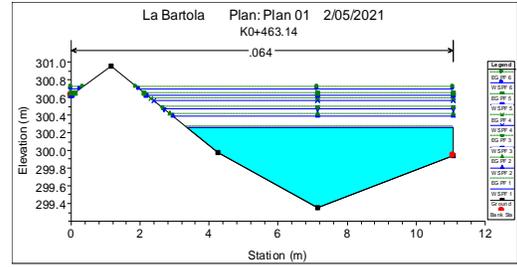
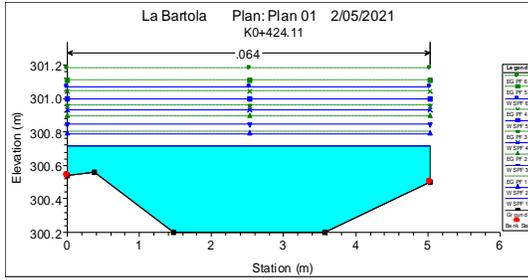
$$\phi = 37^{\circ} 57' 15''$$

$$c = 0,14 \text{ Kg/Cm}^2$$

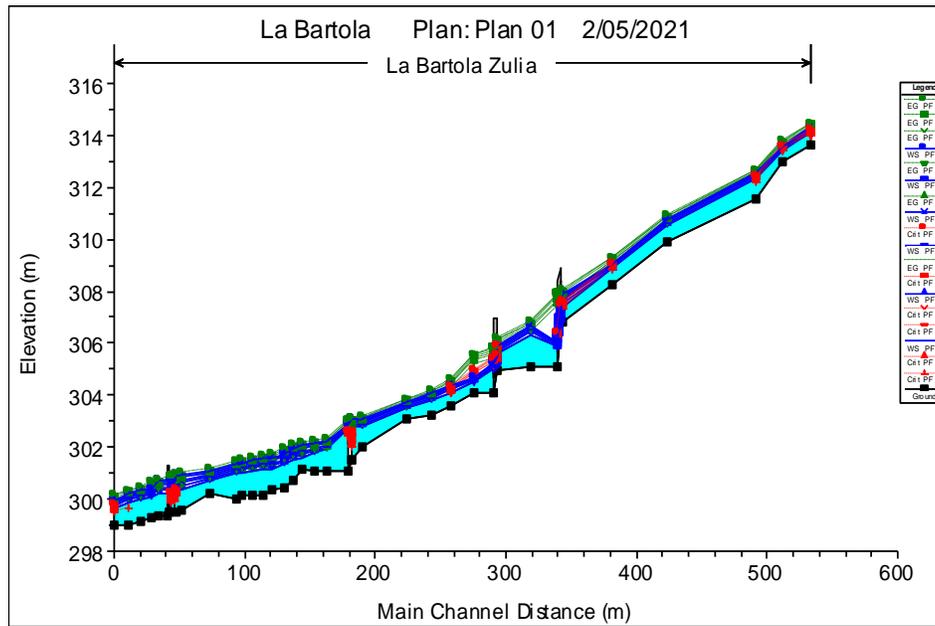
Anexo 2. Secciones Transversales Modelamiento Hidráulico Sin Revestimiento

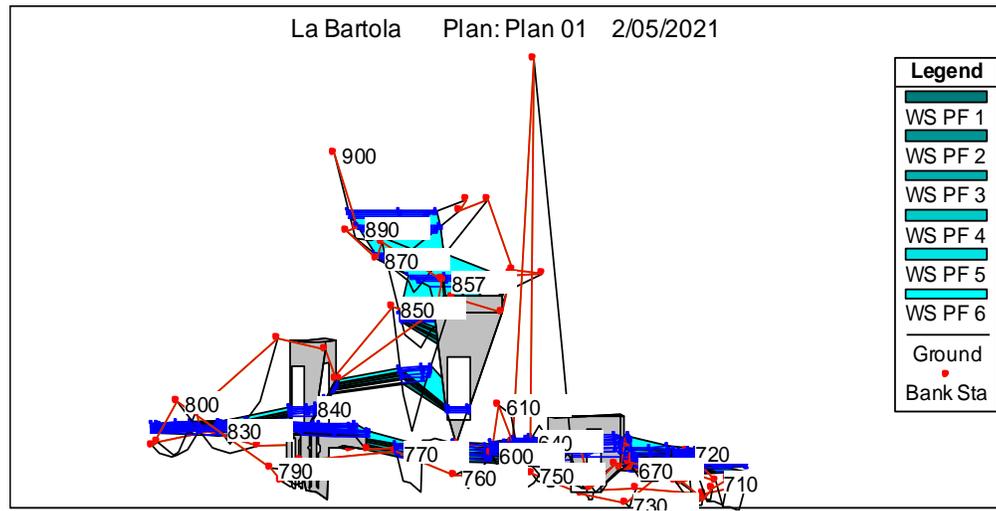




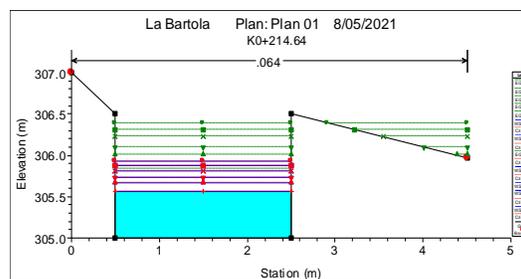
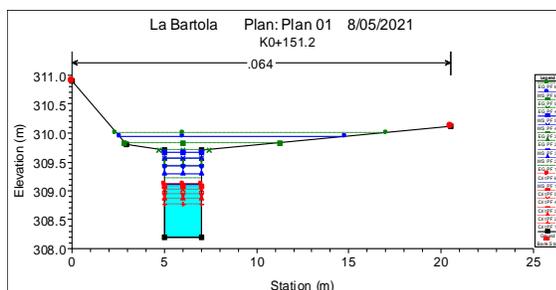
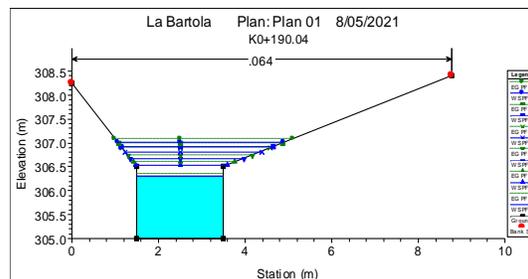
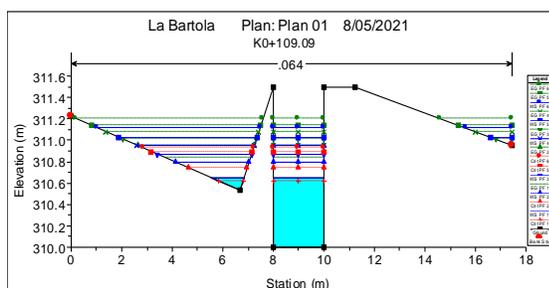
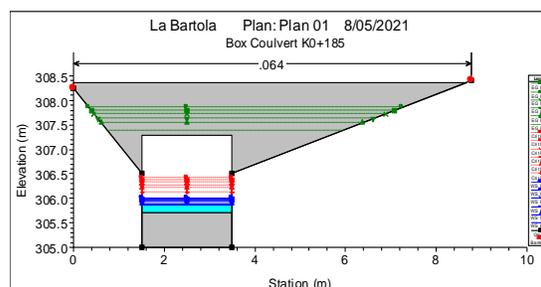
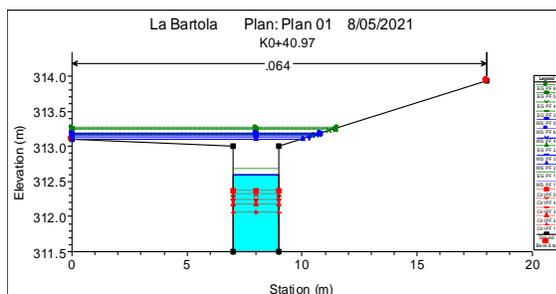
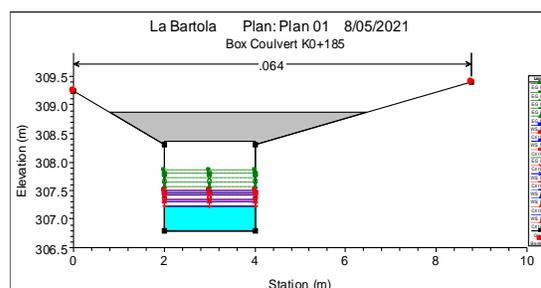
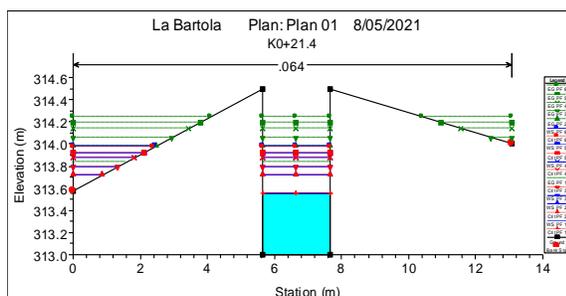
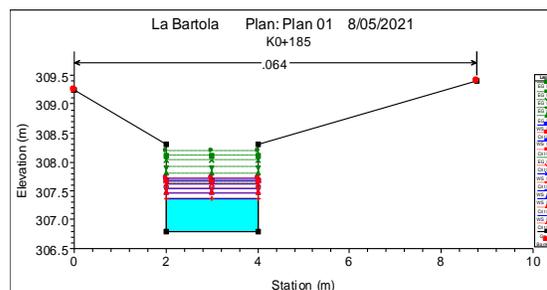
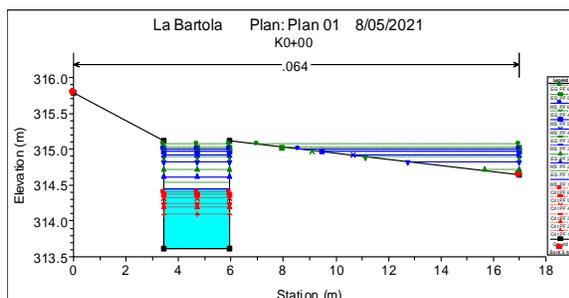


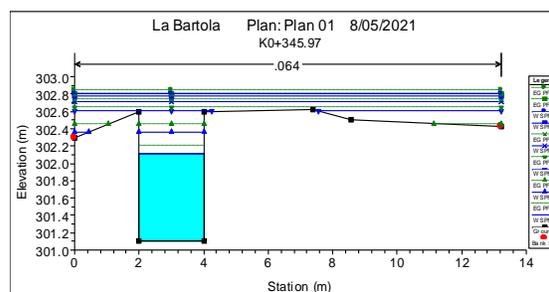
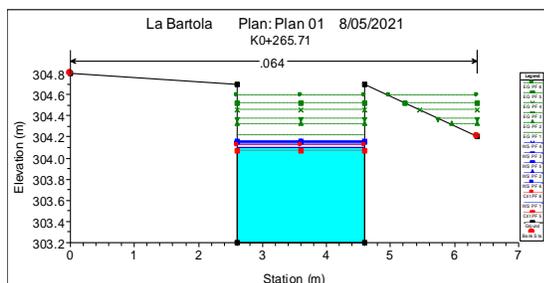
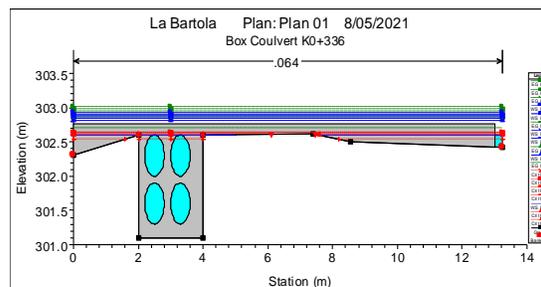
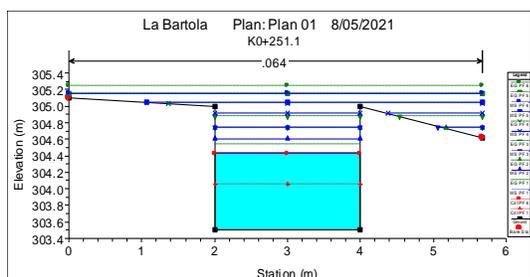
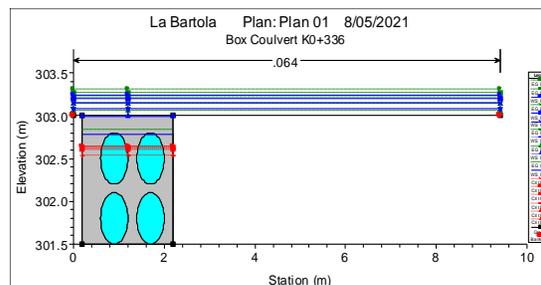
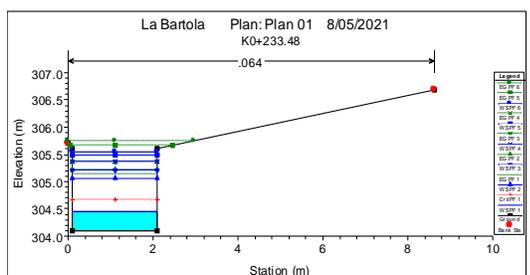
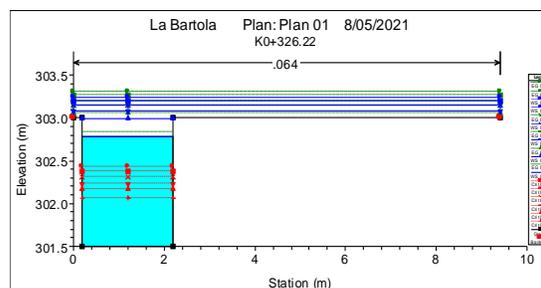
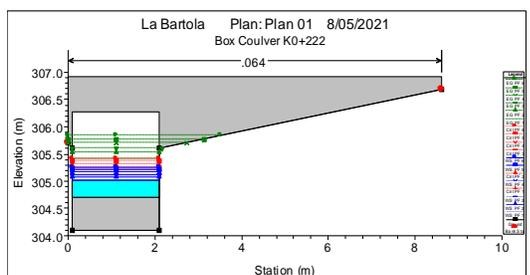
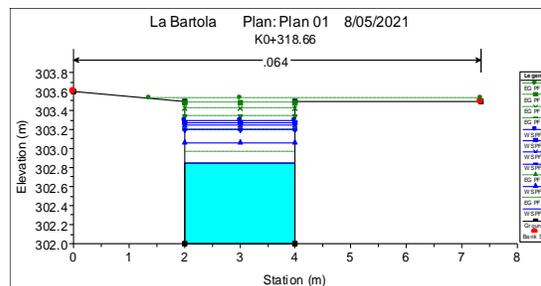
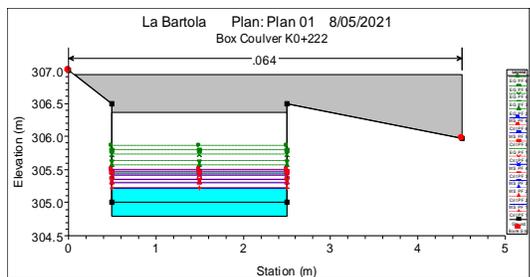
Anexo 3. Perfil Longitudinal Modelamiento Hidráulico Sin Revestimiento

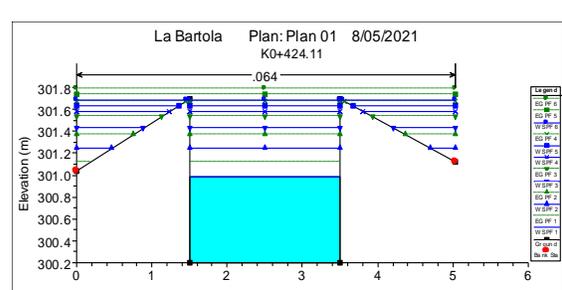
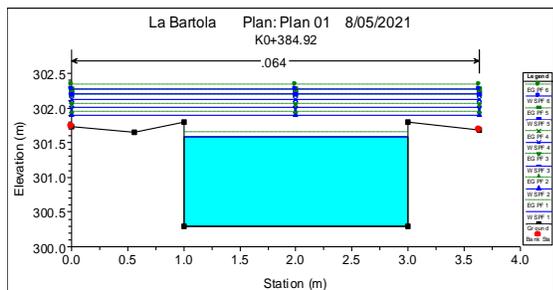
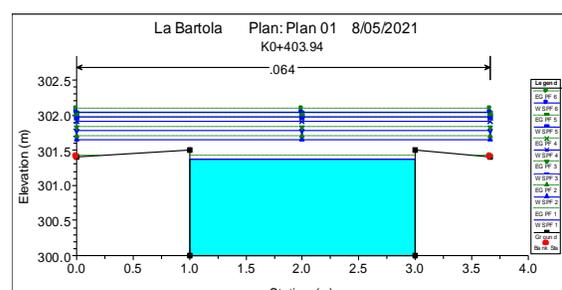
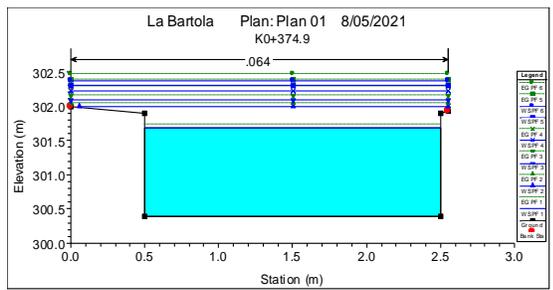
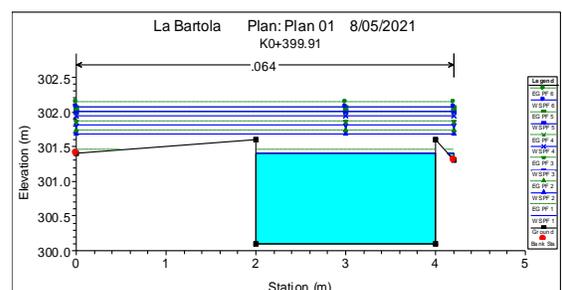
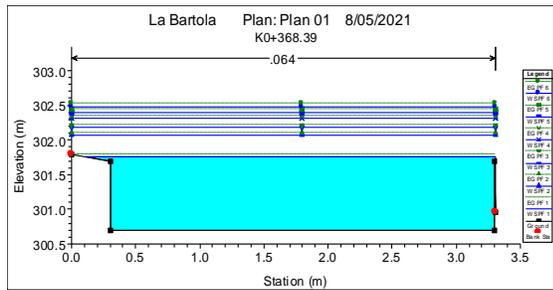
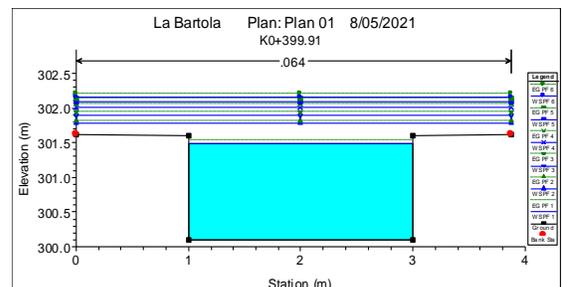
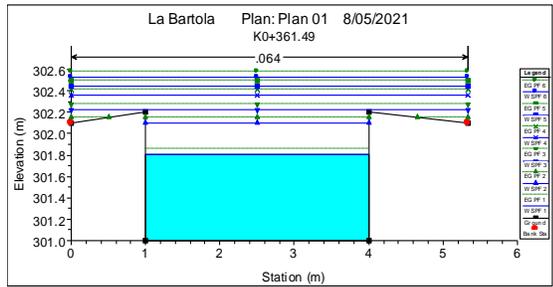
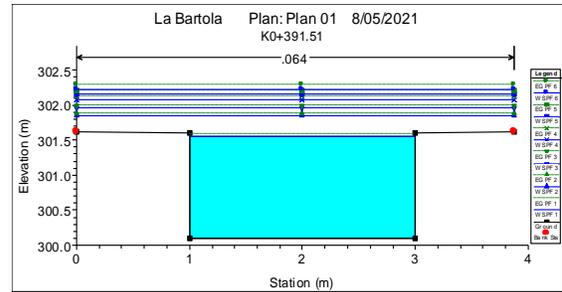
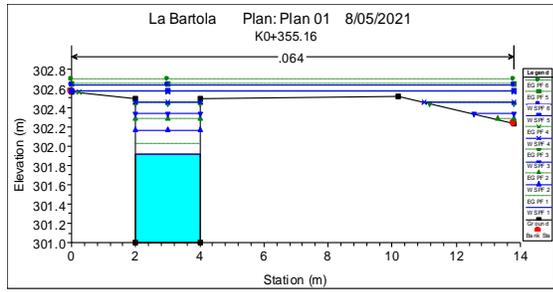


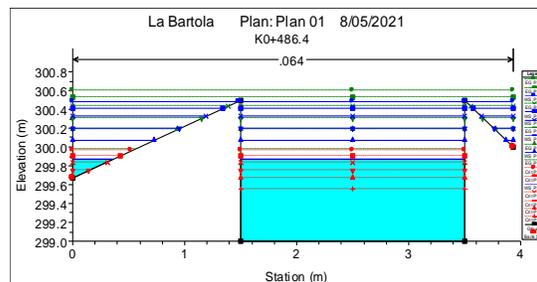
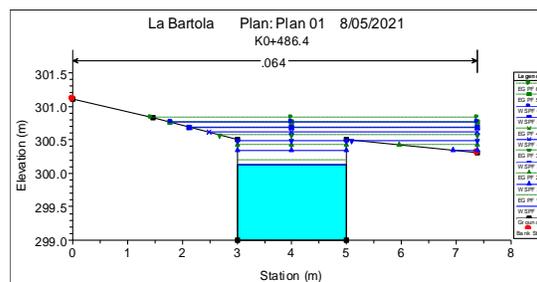
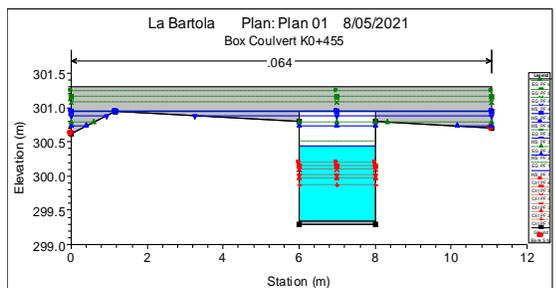
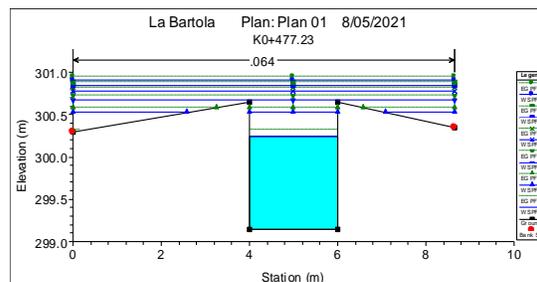
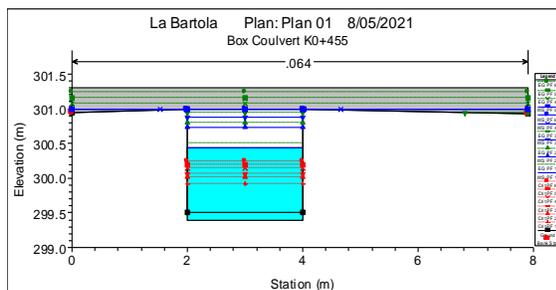
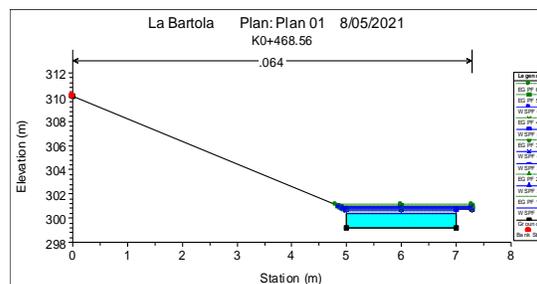
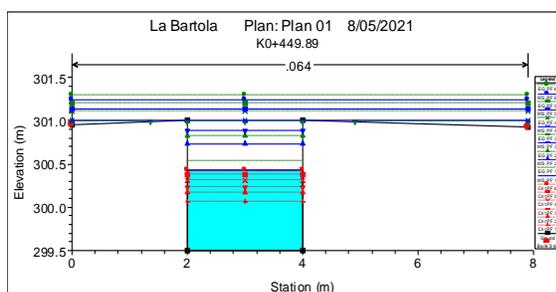
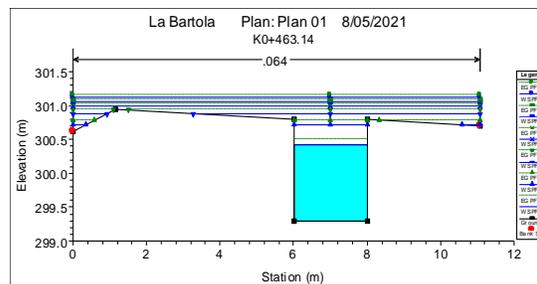
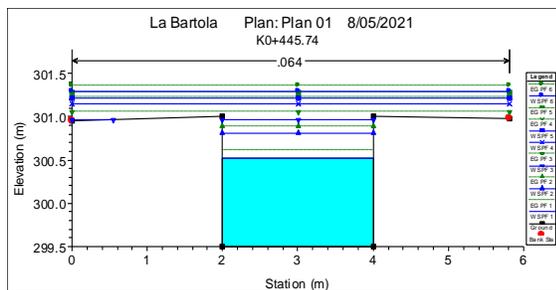
Anexo 4. Vista Tres Dimensiones Modelamiento Hidráulico Sin Revestimiento

Anexo 5. Secciones Transversales Modelamiento Hidráulico Con Revestimiento

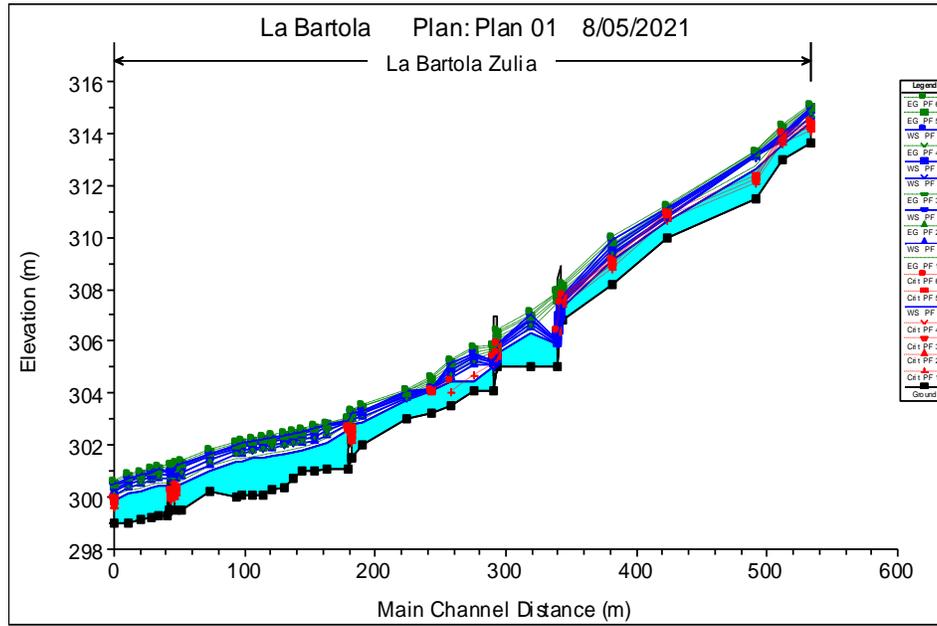


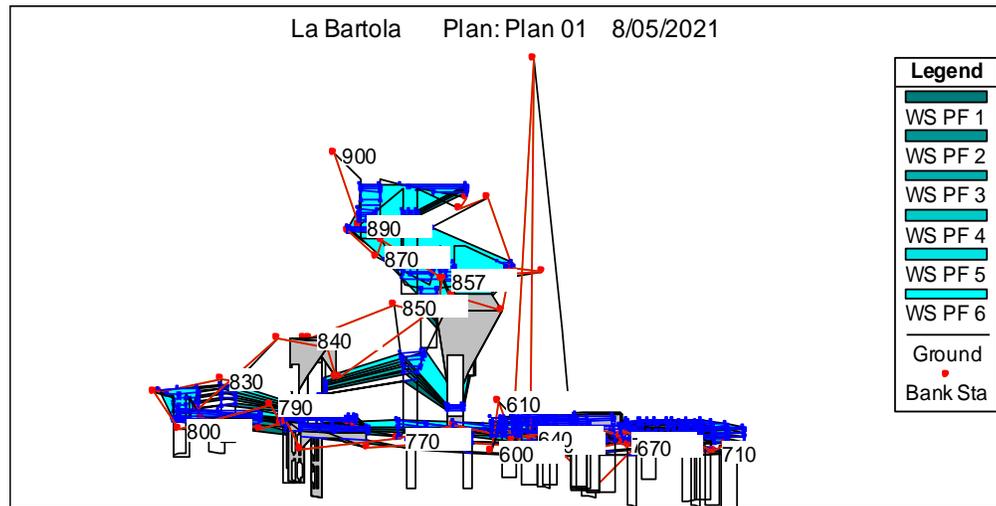






Anexo 6. Perfil Longitudinal Modelamiento Hidráulico Con Revestimiento



Anexo 7. Vista Tres Dimensiones Modelamiento Hidráulico Con Revestimiento

Anexo 8. Parámetros Hidráulicos Modelamiento Hidráulico Con Revestimiento

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Zulia	900	PF 1	2.62	313.61	314.45	314.09	314.53	0.015786	1.24	2.11	2.5	0.43
Zulia	900	PF 2	3.42	313.61	314.61	314.18	314.7	0.016816	1.37	2.5	2.5	0.44
Zulia	900	PF 3	3.95	313.61	314.83	314.24	314.89	0.021002	1.16	3.41	6.73	0.52
Zulia	900	PF 4	4.61	313.61	314.91	314.31	314.98	0.021038	1.13	4.1	8.84	0.53
Zulia	900	PF 5	5.11	313.61	314.96	314.36	315.03	0.020842	1.12	4.56	10.02	0.53
Zulia	900	PF 6	5.6	313.61	315	314.41	315.07	0.02102	1.13	4.95	10.92	0.54
Zulia	890	PF 1	2.62	313	313.56	313.56	313.84	0.08967	2.36	1.11	2	1.01
Zulia	890	PF 2	3.42	313	313.72	313.72	313.98	0.09018	2.27	1.51	2.87	1
Zulia	890	PF 3	3.95	313	313.8	313.8	314.06	0.090067	2.27	1.74	3.34	1
Zulia	890	PF 4	4.61	313	313.87	313.87	314.14	0.089548	2.29	2.01	3.8	1.01
Zulia	890	PF 5	5.11	313	313.92	313.92	314.2	0.089604	2.32	2.2	4.1	1.01
Zulia	890	PF 6	5.6	313	313.98	313.97	314.25	0.084645	2.29	2.44	4.45	0.99
Zulia	880	PF 1	2.62	311.5	312.6	312.06	312.67	0.013679	1.19	2.2	2	0.36
Zulia	880	PF 2	3.42	311.5	313.11	312.17	313.15	0.019584	0.94	3.65	10.02	0.5
Zulia	880	PF 3	3.95	311.5	313.13	312.23	313.19	0.020812	1	3.95	10.3	0.52
Zulia	880	PF 4	4.61	311.5	313.16	312.31	313.22	0.022692	1.08	4.26	10.59	0.54
Zulia	880	PF 5	5.11	311.5	313.18	312.37	313.25	0.024412	1.15	4.46	10.77	0.57
Zulia	880	PF 6	5.6	311.5	313.18		313.26	0.029627	1.26	4.44	10.76	0.63
Zulia	870	PF 1	2.62	310	310.65	310.62	310.83	0.075125	1.9	1.38	3.32	0.94
Zulia	870	PF 2	3.42	310	310.79	310.74	310.95	0.062239	1.74	1.96	4.89	0.88
Zulia	870	PF 3	3.95	310	310.87		311.01	0.054632	1.68	2.36	5.71	0.83
Zulia	870	PF 4	4.61	310	310.95		311.08	0.046186	1.61	2.87	6.63	0.78
Zulia	870	PF 5	5.11	310	311.03	310.89	311.14	0.040569	1.48	3.45	8.35	0.74
Zulia	870	PF 6	5.6	310	311.12	310.93	311.2	0.030848	1.31	4.27	10.32	0.65
Zulia	860	PF 1	2.62	308.2	309.11	308.76	309.22	0.022721	1.44	1.82	2	0.48
Zulia	860	PF 2	3.42	308.2	309.3	308.87	309.43	0.023299	1.55	2.21	2	0.47
Zulia	860	PF 3	3.95	308.2	309.42	308.93	309.56	0.023669	1.61	2.45	2	0.47
Zulia	860	PF 4	4.61	308.2	309.57	309.01	309.71	0.024121	1.68	2.74	2	0.46
Zulia	860	PF 5	5.11	308.2	309.68	309.07	309.83	0.024462	1.73	2.95	2	0.45
Zulia	860	PF 6	5.6	308.2	309.94	309.12	310.01	0.026065	1.17	4.8	12.21	0.59

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
Zulia	857	PF 1	2.62	306.8	307.36	307.36	307.64	0.089251	2.35	1.11	2	1.01
Zulia	857	PF 2	3.42	306.8	307.47	307.47	307.8	0.091895	2.57	1.33	2	1.01
Zulia	857	PF 3	3.95	306.8	307.53	307.53	307.9	0.09377	2.7	1.47	2	1.01
Zulia	857	PF 4	4.61	306.8	307.61	307.61	308.02	0.096188	2.84	1.62	2	1.01
Zulia	857	PF 5	5.11	306.8	307.67	307.67	308.11	0.098	2.94	1.74	2	1.01
Zulia	857	PF 6	5.6	306.8	307.72	307.72	308.19	0.099804	3.03	1.85	2	1.01
Zulia	855		Culvert									
Zulia	850	PF 1	2.62	305	306.31		306.36	0.008728	1	2.62	2	0.28
Zulia	850	PF 2	3.42	305	306.53		306.59	0.010169	1.12	3.06	2.11	0.3
Zulia	850	PF 3	3.95	305	306.67		306.74	0.011153	1.16	3.39	2.62	0.33
Zulia	850	PF 4	4.61	305	306.82		306.89	0.011769	1.21	3.82	3.15	0.35
Zulia	850	PF 5	5.11	305	306.92		306.99	0.011989	1.23	4.14	3.51	0.36
Zulia	850	PF 6	5.6	305	307		307.08	0.012048	1.25	4.47	3.83	0.37
Zulia	840	PF 1	2.62	305	305.56	305.56	305.84	0.089158	2.35	1.11	2	1.01
Zulia	840	PF 2	3.42	305	305.67	305.67	306	0.091874	2.57	1.33	2	1.01
Zulia	840	PF 3	3.95	305	305.73	305.73	306.1	0.093812	2.7	1.47	2	1.01
Zulia	840	PF 4	4.61	305	305.81	305.81	306.22	0.096246	2.84	1.62	2	1.01
Zulia	840	PF 5	5.11	305	305.87	305.87	306.31	0.097938	2.94	1.74	2	1
Zulia	840	PF 6	5.6	305	305.92	305.92	306.39	0.100046	3.03	1.85	2	1.01
Zulia	835		Culvert									
Zulia	830	PF 1	2.62	304.1	304.46	304.66	305.13	0.317226	3.63	0.72	2	1.93
Zulia	830	PF 2	3.42	304.1	305.06		305.22	0.033279	1.77	1.93	2	0.58
Zulia	830	PF 3	3.95	304.1	305.22		305.38	0.029957	1.77	2.24	2	0.53
Zulia	830	PF 4	4.61	304.1	305.37		305.54	0.029412	1.82	2.54	2	0.52
Zulia	830	PF 5	5.11	304.1	305.48		305.66	0.028812	1.85	2.77	2	0.5
Zulia	830	PF 6	5.6	304.1	305.55		305.74	0.030572	1.93	2.91	2	0.51
Zulia	820	PF 1	2.62	303.5	304.44	304.06	304.54	0.021164	1.4	1.87	2	0.46
Zulia	820	PF 2	3.42	303.5	304.61		304.73	0.023089	1.55	2.21	2	0.47
Zulia	820	PF 3	3.95	303.5	304.75		304.88	0.025969	1.55	2.55	2.61	0.5
Zulia	820	PF 4	4.61	303.5	304.91		305.03	0.026258	1.52	3.02	3.3	0.51
Zulia	820	PF 5	5.11	303.5	305.05		305.15	0.02619	1.45	3.52	4.62	0.53

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
Zulia	820	PF 6	5.6	303.5	305.15	304.42	305.24	0.023428	1.38	4.07	5.68	0.52
Zulia	810	PF 1	2.62	303.2	304.1		304.21	0.023329	1.45	1.8	2	0.49
Zulia	810	PF 2	3.42	303.2	304.15		304.31	0.034791	1.8	1.9	2	0.59
Zulia	810	PF 3	3.95	303.2	304.16		304.37	0.04534	2.06	1.91	2	0.67
Zulia	810	PF 4	4.61	303.2	304.16		304.45	0.061064	2.4	1.92	2	0.78
Zulia	810	PF 5	5.11	303.2	304.15	304.07	304.52	0.076318	2.68	1.91	2	0.87
Zulia	810	PF 6	5.6	303.2	304.13	304.12	304.59	0.097327	3	1.87	2	0.99
Zulia	800	PF 1	2.62	303	303.76		303.8	0.020172	0.87	3.02	10.82	0.52
Zulia	800	PF 2	3.42	303	303.84		303.88	0.015162	0.88	3.89	10.82	0.47
Zulia	800	PF 3	3.95	303	303.9		303.94	0.012195	0.87	4.54	10.82	0.43
Zulia	800	PF 4	4.61	303	303.97		304	0.010176	0.87	5.28	10.82	0.4
Zulia	800	PF 5	5.11	303	304.02		304.05	0.009161	0.88	5.82	10.82	0.38
Zulia	800	PF 6	5.6	303	304.06		304.1	0.008345	0.88	6.34	10.82	0.37
Zulia	790	PF 1	2.62	302	302.85		302.97	0.027907	1.55	1.69	2	0.54
Zulia	790	PF 2	3.42	302	303.06		303.19	0.025718	1.61	2.12	2	0.5
Zulia	790	PF 3	3.95	302	303.2		303.34	0.02474	1.64	2.41	2	0.48
Zulia	790	PF 4	4.61	302	303.24		303.42	0.030966	1.85	2.49	2	0.53
Zulia	790	PF 5	5.11	302	303.27		303.48	0.035886	2.01	2.54	2	0.57
Zulia	790	PF 6	5.6	302	303.29		303.53	0.041304	2.17	2.58	2	0.61
Zulia	780	PF 1	2.62	301.5	302.78	302.06	302.83	0.009246	1.02	2.56	2	0.29
Zulia	780	PF 2	3.42	301.5	302.99	302.17	303.06	0.010735	1.15	2.98	2	0.3
Zulia	780	PF 3	3.95	301.5	303.09	302.23	303.14	0.021283	1.03	3.83	9.42	0.52
Zulia	780	PF 4	4.61	301.5	303.15	302.31	303.2	0.018542	1.05	4.4	9.42	0.49
Zulia	780	PF 5	5.11	301.5	303.21	302.37	303.26	0.01572	1.04	4.93	9.42	0.46
Zulia	780	PF 6	5.6	301.5	303.24	302.42	303.3	0.015126	1.06	5.28	9.42	0.45
Zulia	775		Culvert									
Zulia	770	PF 1	2.62	301.1	302.12		302.2	0.017003	1.29	2.03	2	0.41
Zulia	770	PF 2	3.42	301.1	302.36		302.46	0.018402	1.35	2.54	2.43	0.42
Zulia	770	PF 3	3.95	301.1	302.6		302.65	0.019817	0.98	4.02	9.93	0.49
Zulia	770	PF 4	4.61	301.1	302.71		302.74	0.013907	0.86	5.38	13.23	0.43
Zulia	770	PF 5	5.11	301.1	302.78		302.81	0.010274	0.81	6.29	13.23	0.38
Zulia	770	PF 6	5.6	301.1	302.8		302.84	0.010377	0.84	6.63	13.23	0.38

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
Zulia	760	PF 1	2.62	301	301.92		302.02	0.022467	1.43	1.83	2	0.48
Zulia	760	PF 2	3.42	301	302.17		302.28	0.019955	1.46	2.34	2	0.43
Zulia	760	PF 3	3.95	301	302.34		302.44	0.024518	1.45	2.73	3.24	0.5
Zulia	760	PF 4	4.61	301	302.46		302.56	0.02799	1.43	3.22	4.81	0.56
Zulia	760	PF 5	5.11	301	302.57		302.64	0.036225	1.19	4.31	13.79	0.68
Zulia	760	PF 6	5.6	301	302.64		302.7	0.02313	1.07	5.23	13.79	0.56
Zulia	750	PF 1	2.62	301	301.8		301.86	0.011536	1.09	2.41	3	0.39
Zulia	750	PF 2	3.42	301	302.1		302.15	0.008153	1.04	3.29	3	0.32
Zulia	750	PF 3	3.95	301	302.22		302.28	0.01144	1.03	3.85	5.34	0.39
Zulia	750	PF 4	4.61	301	302.36		302.41	0.009292	1.01	4.55	5.34	0.35
Zulia	750	PF 5	5.11	301	302.45		302.5	0.008453	1.02	5.03	5.34	0.33
Zulia	750	PF 6	5.6	301	302.53		302.58	0.007865	1.02	5.47	5.34	0.32
Zulia	740	PF 1	2.62	300.7	301.76		301.79	0.007601	0.82	3.18	3.2	0.26
Zulia	740	PF 2	3.42	300.7	302.06		302.1	0.005864	0.82	4.19	3.31	0.23
Zulia	740	PF 3	3.95	300.7	302.18		302.22	0.006081	0.86	4.58	3.31	0.23
Zulia	740	PF 4	4.61	300.7	302.31		302.35	0.006411	0.92	5.01	3.31	0.24
Zulia	740	PF 5	5.11	300.7	302.4		302.44	0.006734	0.96	5.3	3.31	0.24
Zulia	740	PF 6	5.6	300.7	302.48		302.53	0.007044	1.01	5.56	3.31	0.25
Zulia	730	PF 1	2.62	300.4	301.68		301.73	0.009234	1.02	2.56	2	0.29
Zulia	730	PF 2	3.42	300.4	301.99		302.05	0.009801	1.07	3.2	2.49	0.3
Zulia	730	PF 3	3.95	300.4	302.1		302.16	0.010527	1.14	3.48	2.55	0.31
Zulia	730	PF 4	4.61	300.4	302.22		302.3	0.011375	1.22	3.79	2.55	0.32
Zulia	730	PF 5	5.11	300.4	302.3		302.38	0.012165	1.28	3.99	2.55	0.33
Zulia	730	PF 6	5.6	300.4	302.37		302.46	0.012928	1.34	4.18	2.55	0.33
Zulia	720	PF 1	2.62	300.3	301.59		301.64	0.009067	1.01	2.58	2	0.29
Zulia	720	PF 2	3.42	300.3	301.89		301.94	0.010198	0.99	3.47	3.63	0.32
Zulia	720	PF 3	3.95	300.3	302.01		302.06	0.009833	1.02	3.87	3.63	0.31
Zulia	720	PF 4	4.61	300.3	302.13		302.19	0.009757	1.07	4.32	3.63	0.31
Zulia	720	PF 5	5.11	300.3	302.2		302.27	0.010003	1.11	4.6	3.63	0.32
Zulia	720	PF 6	5.6	300.3	302.28		302.34	0.010258	1.15	4.85	3.63	0.32
Zulia	710	PF 1	2.62	300.1	301.55		301.59	0.006766	0.91	2.89	2	0.24
Zulia	710	PF 2	3.42	300.1	301.85		301.88	0.007061	0.87	3.94	3.87	0.27

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
Zulia	710	PF 3	3.95	300.1	301.96		302	0.006909	0.9	4.38	3.87	0.27
Zulia	710	PF 4	4.61	300.1	302.08		302.13	0.006972	0.95	4.85	3.87	0.27
Zulia	710	PF 5	5.11	300.1	302.16		302.21	0.007235	0.99	5.14	3.87	0.28
Zulia	710	PF 6	5.6	300.1	302.23		302.28	0.007495	1.03	5.41	3.87	0.28
Zulia	700	PF 1	2.62	300.1	301.48		301.53	0.007603	0.95	2.76	2	0.26
Zulia	700	PF 2	3.42	300.1	301.77		301.82	0.008801	0.93	3.66	3.87	0.31
Zulia	700	PF 3	3.95	300.1	301.89		301.94	0.008334	0.96	4.11	3.87	0.3
Zulia	700	PF 4	4.61	300.1	302.01		302.06	0.008236	1.01	4.58	3.87	0.3
Zulia	700	PF 5	5.11	300.1	302.08		302.14	0.008509	1.05	4.86	3.87	0.3
Zulia	700	PF 6	5.6	300.1	302.15		302.21	0.008787	1.09	5.12	3.87	0.3
Zulia	690	PF 1	2.62	300.1	301.41		301.46	0.009361	1	2.61	2.07	0.28
Zulia	690	PF 2	3.42	300.1	301.69		301.74	0.010771	0.95	3.6	4.21	0.33
Zulia	690	PF 3	3.95	300.1	301.82		301.86	0.009515	0.96	4.13	4.21	0.31
Zulia	690	PF 4	4.61	300.1	301.94		301.99	0.009021	0.99	4.66	4.21	0.3
Zulia	690	PF 5	5.11	300.1	302.01		302.07	0.009209	1.03	4.96	4.21	0.3
Zulia	690	PF 6	5.6	300.1	302.08		302.14	0.009421	1.07	5.23	4.21	0.31
Zulia	680	PF 1	2.62	300	301.38		301.42	0.007704	0.95	2.75	2	0.26
Zulia	680	PF 2	3.42	300	301.65		301.7	0.008938	0.94	3.64	3.66	0.3
Zulia	680	PF 3	3.95	300	301.78		301.83	0.008371	0.96	4.1	3.66	0.29
Zulia	680	PF 4	4.61	300	301.9		301.96	0.008381	1.01	4.56	3.66	0.29
Zulia	680	PF 5	5.11	300	301.97		302.03	0.008823	1.06	4.81	3.66	0.3
Zulia	680	PF 6	5.6	300	302.04		302.1	0.009265	1.11	5.04	3.66	0.3
Zulia	670	PF 1	2.62	300.2	300.98		301.13	0.034397	1.67	1.57	2	0.6
Zulia	670	PF 2	3.42	300.2	301.24		301.37	0.033922	1.59	2.16	2.79	0.58
Zulia	670	PF 3	3.95	300.2	301.43		301.53	0.029033	1.43	2.76	3.71	0.53
Zulia	670	PF 4	4.61	300.2	301.58		301.68	0.025619	1.36	3.39	4.46	0.5
Zulia	670	PF 5	5.11	300.2	301.64		301.74	0.026985	1.41	3.63	4.72	0.51
Zulia	670	PF 6	5.6	300.2	301.69		301.79	0.028054	1.45	3.86	4.96	0.52
Zulia	660	PF 1	2.62	299.5	300.53		300.61	0.01658	1.28	2.05	2	0.4
Zulia	660	PF 2	3.42	299.5	300.8		300.89	0.015069	1.31	2.61	2	0.37
Zulia	660	PF 3	3.95	299.5	300.96		301.06	0.017155	1.35	2.93	2.54	0.4
Zulia	660	PF 4	4.61	299.5	301.15		301.22	0.017289	1.17	3.94	5.81	0.45
Zulia	660	PF 5	5.11	299.5	301.21		301.28	0.016276	1.19	4.29	5.81	0.44

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
Zulia	660	PF 6	5.6	299.5	301.29		301.36	0.014278	1.18	4.75	5.81	0.42
Zulia	650	PF 1	2.62	299.5	300.43	300.06	300.53	0.021762	1.41	1.85	2	0.47
Zulia	650	PF 2	3.42	299.5	300.72	300.17	300.82	0.017795	1.4	2.44	2	0.4
Zulia	650	PF 3	3.95	299.5	300.88	300.23	300.98	0.017381	1.43	2.76	2	0.39
Zulia	650	PF 4	4.61	299.5	301.01	300.31	301.11	0.042595	1.42	3.24	7.9	0.71
Zulia	650	PF 5	5.11	299.5	301.13	300.37	301.2	0.022669	1.22	4.2	7.9	0.53
Zulia	650	PF 6	5.6	299.5	301.23	300.43	301.3	0.015264	1.11	5.03	7.9	0.45
Zulia	645		Culvert									
Zulia	640	PF 1	2.62	299.3	300.43		300.5	0.012885	1.16	2.26	2	0.35
Zulia	640	PF 2	3.42	299.3	300.72		300.79	0.015088	1.2	2.85	2.82	0.38
Zulia	640	PF 3	3.95	299.3	300.88		300.94	0.020615	1.03	3.82	8.73	0.5
Zulia	640	PF 4	4.61	299.3	300.99		301.03	0.01599	0.94	4.88	11.07	0.45
Zulia	640	PF 5	5.11	299.3	301.05		301.1	0.012452	0.91	5.62	11.07	0.41
Zulia	640	PF 6	5.6	299.3	301.12		301.16	0.010244	0.89	6.31	11.07	0.37
Zulia	630	PF 1	2.62	299.2	300.36		300.43	0.011868	1.13	2.33	2	0.33
Zulia	630	PF 2	3.42	299.2	300.65		300.72	0.011537	1.18	2.89	2	0.31
Zulia	630	PF 3	3.95	299.2	300.77		300.85	0.013185	1.25	3.16	2.32	0.34
Zulia	630	PF 4	4.61	299.2	300.85		300.94	0.015558	1.38	3.34	2.36	0.37
Zulia	630	PF 5	5.11	299.2	300.9		301.01	0.017311	1.47	3.47	2.39	0.39
Zulia	630	PF 6	5.6	299.2	300.95		301.07	0.018985	1.56	3.59	2.41	0.41
Zulia	620	PF 1	2.62	299.15	300.24		300.32	0.014009	1.2	2.18	2	0.37
Zulia	620	PF 2	3.42	299.15	300.53		300.59	0.019805	1.07	3.18	6.13	0.48
Zulia	620	PF 3	3.95	299.15	300.68		300.72	0.013694	0.91	4.34	8.64	0.41
Zulia	620	PF 4	4.61	299.15	300.77		300.81	0.010666	0.89	5.17	8.64	0.37
Zulia	620	PF 5	5.11	299.15	300.84		300.88	0.009315	0.89	5.75	8.64	0.35
Zulia	620	PF 6	5.6	299.15	300.9		300.94	0.008386	0.89	6.29	8.64	0.33
Zulia	610	PF 1	2.62	299	300.12		300.19	0.013103	1.17	2.24	2	0.35
Zulia	610	PF 2	3.42	299	300.34		300.42	0.015919	1.27	2.68	2.45	0.39
Zulia	610	PF 3	3.95	299	300.49		300.57	0.019267	1.23	3.2	4.28	0.46
Zulia	610	PF 4	4.61	299	300.61		300.69	0.017667	1.23	3.75	4.89	0.45
Zulia	610	PF 5	5.11	299	300.69		300.77	0.016626	1.23	4.15	5.26	0.44
Zulia	610	PF 6	5.6	299	300.76		300.84	0.015759	1.23	4.54	5.59	0.44

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
Zulia	600	PF 1	2.62	299	299.87	299.56	299.98	0.029451	1.48	1.78	2.36	0.54
Zulia	600	PF 2	3.42	299	300.07	299.67	300.19	0.029443	1.49	2.3	2.79	0.52
Zulia	600	PF 3	3.95	299	300.2	299.75	300.31	0.029431	1.48	2.66	3.12	0.51
Zulia	600	PF 4	4.61	299	300.33	299.84	300.44	0.02941	1.49	3.09	3.47	0.51
Zulia	600	PF 5	5.11	299	300.41	299.9	300.53	0.029437	1.51	3.39	3.69	0.5
Zulia	600	PF 6	5.6	299	300.49	299.96	300.61	0.029401	1.52	3.68	3.9	0.5

Anexo 9. Fotografías

A continuación, se presenta un registro fotográfico con el reconocimiento topográfico y de suelos efectuado en campo:

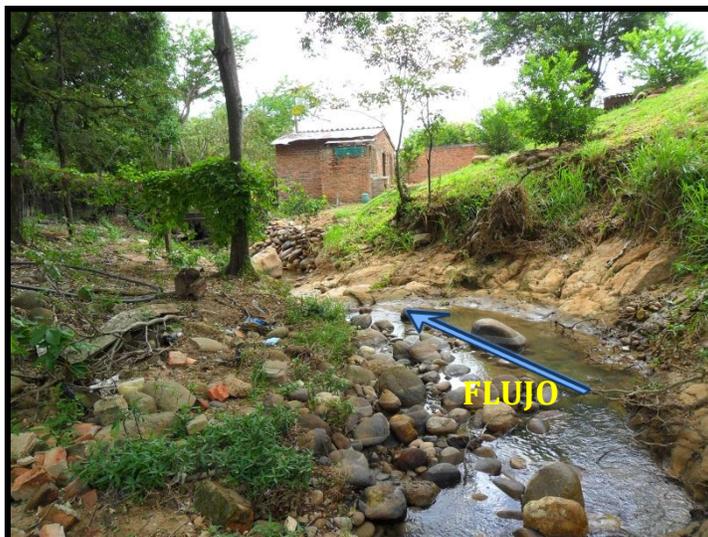


Foto No. 1 Zona de Inicio de la quebrada o toma a canalizar, se aprecia la existencia de cantos rodados sobre tamaño, así como roca.



Foto No. 2 Sector 10 m antes del pontón ubicado en la calle 5, se puede apreciar el riesgo inminente de las viviendas aledañas por inundaciones y socavación.



Foto No. 3 Flujo de costado de la quebrada o toma bajo el pontón ubicado en la calle 5; se observa la excesiva acumulación de sedimentos y basuras.



Foto No. 4 Flujo del costado de quebrada o toma bajo el pontón ubicado en la calle 5; se advierte sobre la socavación de la placa base del pontón.

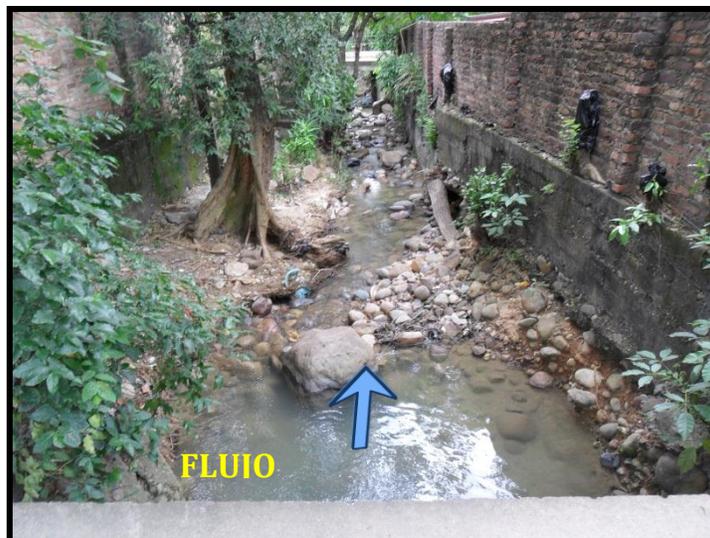


Foto No. 5 Zona entre la calle 5 Y 4, aquí se detecta la obstrucción al flujo del agua por rocas, árboles y maleza.



Foto No. 6 Vista desde el pontón ubicado en la calle 4 hacia la calle 5, se muestra la obstrucción al flujo del agua por rocas, árboles y maleza. También se aprecia la exposición de las casas aledañas a una eventual inundación.



Foto No. 7 Vista desde el pontón ubicado en la calle 4 hacia la calle 3, se muestra la obstrucción al flujo del agua por rocas y la espesa vegetación.



Foto No. 8 Pontón ubicado en la calle 4.



Foto No. 9 Zona típica entre la calle 4 Y 3, se detecta la obstrucción al flujo del agua por rocas, árboles y maleza.



Foto No. 10 Inicio del muro de contención en concreto ciclópeo sobre un costado de la quebrada o toma hacia la calle 3.



Foto No. 11 Detalle viviendas ubicadas muy cerca a la quebrada o toma en dirección hacia la calle 3.



Foto No. 12 Detalle de la estructura artesanal construida por la comunidad sobre la calle 3 que hace las veces de un Box Coulvert conformada por cuatro tubos de 24” revestidos en concreto y con una placa de concreto de espesor 0.25 metros.



Foto No. 13 Detalle de la estructura artesanal construida por la comunidad sobre la calle 3 que hace las veces de un Box Coulvert y la socavación ocasionada en los últimos años.



Foto No. 14 Zona de la quebrada o toma entre la calle 3 y calle 2, se aprecia los linderos de varias viviendas, así como obstrucciones de escombros al flujo.



Foto No. 15 Zona de la quebrada o toma entre la calle 3 y calle 2, se aprecia los linderos de varias viviendas, así como el estancamiento del agua ocasionada por la socavación del suelo en los últimos años.



Foto No. 16 Zona curva de la quebrada o toma entre la calle 3 y calle 2, se aprecia los linderos de varias viviendas, así como el estancamiento del agua ocasionada por la socavación del suelo en los últimos años.

Anexo 10. Glosario

Descripción general de canales hidráulicos. Los canales son conductos abiertos o cerrados en los cuales el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin ninguna presión, pues la superficie libre del líquido está en contacto con la atmósfera; esto quiere decir que el agua fluye impulsada por la presión atmosférica y de su propio peso (Monografías, 2018).

Aguas lluvias Aguas. Provenientes de la precipitación pluvial.

Alcantarillado de aguas lluvias. Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de aguas lluvias.

Aliviadero. Estructura diseñada en colectores combinados, con el propósito de separar los caudales que exceden la capacidad del sistema y conducirlos a un sistema de drenaje de agua lluvia.

Hidrograma. Gráfica que representa la variación del caudal con el tiempo en un sitio determinado, que describe usualmente la respuesta hidrológica de un área de drenaje a un evento de precipitación.

Precipitación. Cantidad de agua lluvia caída en una superficie durante un tiempo determinado.