



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**Facultad de Tecnología de la Construcción**

**Monografía**

**“DISEÑO HIDRÁULICO DEL CAUCE UBICADO EN LOS BARRIOS OSCAR  
GÁMEZ Nº 2, LA COMUNA Y EL 14 DE ABRIL EN EL MUNICIPIO DE ESTELI”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

**Elaborado por**

Br. Maritza del Carmen Dormuz Castilblanco

Br. Katherine Fabiola Ubeda Soza

**Tutor**

M.Sc. Ing. María Elena Baldizón Aguilar

Managua, Noviembre 2019

## DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a:

**Dios**, por darme las fuerzas para salir adelante y no rendirme ante los problemas que se me presentaron, y así permitir mi preparación académica en lo que un día soñé y al fin se cumplió.

**Mis padres**, Andrés Dormuz y Sonia Castilblanco, por su apoyo incondicional, consejos, motivación, comprensión, amor y por ayudarme tanto moral, como económicamente.

**Mis hermanos**, quienes con sus palabras de aliento y buenas vibras siempre estuvieron presentes.

Maritza Dormuz Castilblanco.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios infinitamente por haberme brindado la sabiduría, el entendimiento para contemplar este logro tan merecido que con mucho esfuerzo he culminado.

A mis padres, ya que me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, perseverancia y coraje para conseguir mis objetivos y por apoyarme en cada decisión y proyecto.

Gracias a mi tutora Ing. María Elena Baldizón Aguilar y Asesor Ing. Jairo Saldaña; por su dedicación, paciencia, motivación y criterio, ha sido un placer contar con su guía y ayuda.

Gracias a mi compañera de tesis, por su capacidad de esfuerzo, porque sin su colaboración este estudio hubiese sido más largo y complicado.

El desarrollo de esta monografía no lo puedo catalogar como algo fácil, pero si puedo afirmar que durante todo este tiempo pude gozar de cada momento, de cada investigación y proceso que se realizó dentro de ésta; y puedo asegurar que todo me sirvió para aprender y reforzar mis conocimientos.

**¡Muchas gracias!**

Maritza Dormuz Castilblanco.

## **DEDICATORIA**

### **A Dios:**

Este logro obtenido es gracias a ti, por tus abundantes Bendiciones en mi vida y en las de mi familia, por toda esa fuerza, sabiduría y entendimiento que día a día fuiste suministrándome y que me permitieron ser una gran persona.

### **A mi Madre:**

Gracias a mi linda Madre Fabiola Soza Quintero, quien se ha esforzado por darme una educación y por brindarme todo su apoyo, amor, comprensión y dedicación.

### **A mi Padre:**

Gracias por brindarme su apoyo

### **A mi Hermana:**

Ingrid Massiel Ubeda Soza, quien han estado a mi lado brindándome sus consejos y ánimo para seguir adelante.

### **A mi Abuela:**

María Antonia Quintero, quien han estado a mi lado brindándome sus consejos y ánimo para seguir adelante.

Katherine Fabiola Ubeda Soza.

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios que me dio la vida, la sabiduría y la inteligencia para poder culminar mi trabajo monográfico.

A mis padres y a papi gracias por su apoyo incondicional, por su ayuda económica y sus sacrificios para poder realizar este trabajo monográfico.

A mi tutora Ing. María Elena Baldizón Aguilar, por su ayuda voluntariosa en todo momento.

A mi compañera de tesis porque nos apoyamos.

A Carlos Hernández por haberme apoyado y ayudado.

Y finalmente a mis amigos por sus consejos y ánimos que me brindaron.

Katherine Fabiola Ubeda Soza.

*Dando siempre gracias por todo al Dios y Padre, en el nombre de nuestro Señor Jesucristo. ffe.*

## RESUMEN EJECUTIVO

La idea de mostrar este proyecto tiene como objetivo no solo presentarlo como defensa para optar al título de ingeniería civil como estudiantes egresados de la UNI; si no para demostrar las necesidades que tenemos cada día como sociedad. Esto como resultado del incremento de la tasa de natalidad, lo que hace que la cantidad de población habitante en una ciudad incremente, por ende, surgen más necesidades que se deben superar, de esta forma garantizar el derecho a la vida a toda la población.

El proyecto consiste en la construcción de un cauce rectangular que atraviesa los barrios Oscar Gámez 2, La Comuna y 14 de Abril, los cuales se encuentran en la zona periférica al noroeste de la ciudad de Estelí, exactamente en el distrito 3.

Este cauce está previsto en una construcción de 830 mts de longitud, con 3.50 mts de ancho por 0.82 de profundidad, esto con un costo estimado de C\$ 9,180,643.35 en total, el cual en el transcurso de esta tesis se demostrará más detalladamente por alcances cada uno de los costos.

De llevarse a cabo dicho proyecto, beneficiaria a una población aproximada de 3,500 habitantes que colindan a ambos lados del cauce, al igual que beneficiados secundarios, y algunos terciarios; esto por ser una obra tanto de prevención como de mitigación antes futuras inundaciones que ocurrieren durante temporadas de invierno.

## Tabla de Contenido

CAPÍTULO I.....	- 1 -
INTRODUCCIÓN .....	- 1 -
1.1 Generalidades.....	- 2 -
1.2 Antecedentes .....	- 4 -
1.3 Justificación .....	- 5 -
1.4 Objetivos.....	- 6 -
1.4.1 Objetivo general .....	- 6 -
1.4.2 Objetivos específicos: .....	- 6 -
CAPÍTULO II.....	- 7 -
Descripción del área de estudio .....	- 7 -
2.1 Ubicación .....	- 8 -
2.2 Datos demográficos .....	- 9 -
2.3 Descripción física del Municipio de Estelí.....	- 9 -
2.3.1 Topografía.....	- 9 -
2.3.2 Relieve .....	- 10 -
2.3.3 Tipo de suelo.....	- 11 -
2.3.4 Orografía .....	- 11 -
2.3.5 Hidrografía .....	- 11 -
2.3.6 Clima.....	- 12 -
2.4 Actividad económica .....	- 12 -
CAPÍTULO III.....	- 13 -
Marco teórico .....	- 13 -
3.1 Estudio hidrológico de la cuenca.....	- 14 -
3.1.1 Cuenca hidrográfica .....	- 14 -
3.2 Geología de la cuenca .....	- 19 -
3.2.1 Uso de suelo .....	- 19 -
3.2.2 Tipos de suelo.....	- 19 -
3.2.3 Granulometría del suelo .....	- 20 -
3.3 Estimación del caudal de escorrentía por el método racional.....	- 20 -
3.3.1 Ubicación del punto de interés .....	- 20 -
3.3.2 Delimitación de la cuenca .....	- 21 -

3.4 Coeficiente de escorrentía .....	- 21 -
3.5. Determinación de las características hidrometeorológicas de cada subcuenca. .....	- 22 -
3.5.1 Nombre .....	- 22 -
3.5.2 Área .....	- 22 -
3.5.2.1 Longitud del cauce (L) .....	- 22 -
3.5.2.1 Altura máxima (H <sub>máx</sub> ).....	- 23 -
3.5.2.2 Altura mínima (H <sub>mín</sub> ): .....	- 23 -
3.5.2.3 Pendiente del fondo del cauce (SC): .....	- 23 -
3.5.2.4 Tiempo de concentración (T <sub>c</sub> ) .....	- 23 -
3.5.2.5 Intensidad de precipitación (I): .....	- 23 -
3.5.2.6 Período de retorno. ....	- 23 -
3.6 Estudio hidráulico.....	- 24 -
3.6.1 Principio de continuidad .....	- 24 -
3.6.2 Canal abierto.....	- 24 -
3.6.3 Tipos de Canales .....	- 25 -
3.7 Software HEC RAS .....	- 27 -
3.8 Topografía.....	- 28 -
3.8.1 Definición .....	- 28 -
3.8.2 Levantamiento topográfico .....	- 28 -
3.9 Costo y presupuesto .....	- 28 -
CAPÍTULO IV.....	- 29 -
METODOLOGÍA .....	- 29 -
4.1 Visita a la Alcaldía de Estelí y áreas de estudio de Estelí.....	- 30 -
4.2 Obtención de datos del INETER .....	- 31 -
4.3 Levantamiento topográfico .....	- 31 -
4.4 Estudio granulométrico.....	- 32 -
4.4.1 Información general.....	- 32 -
4.4.2 Nombre del proyecto: .....	- 32 -
4.4.3 Localización del sitio de proyecto: .....	- 32 -
4.5 Caracterización fisiográfica del área de la cuenca en estudio .....	- 34 -
4.5.1 Área de la cuenca o subcuenca .....	- 34 -
4.5.2 Estudio hidrológico de la cuenca en estudio.....	- 34 -



4.5.3 Cálculo de caudal de escorrentía .....	- 35 -
4.6 Simulación hidráulica para la determinación de las áreas inundables en las zonas pobladas del cauce .....	- 36 -
4.6.1 Modelación hidráulica con HEC-RAS. Versión 4 .....	- 37 -
CAPÍTULO V.....	- 40 -
CÁLCULOS Y RESULTADOS .....	- 40 -
5.1 Estudio de suelo.....	- 41 -
5.1.1 Estratigrafía del sub-suelo.....	- 41 -
5.1.2 Revestimiento de cauce .....	- 41 -
5.1.3 Estudio de Laboratorio. ....	- 42 -
5.2 Estudio hidrológico.....	- 42 -
5.2.1 Microcuenca MCB <sup>o</sup> Oscar Gámez No 2, La Comuna y 14 de Abril.....	- 42 -
5.3 CALCULOS HIDRAULICOS.....	- 44 -
5.3.1 Cálculo de Canal por H-Canales .....	- 44 -
5.3.2 Revisión de la capacidad de las obras existentes en cruces del cuace. ...	- 46 -
5.3.3 Revisión de canal con el programa HEC – RAS.....	- 48 -
5.4 Evaluación hidráulica de las crecidas con HEC-RAS .....	- 54 -
5.5 Costo y presupuesto .....	- 81 -
5.5.1 Generalidades.....	- 81 -
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	- 82 -
CONCLUSIONES .....	- 83 -
RECOMENDACIONES .....	- 85 -
BIBLIOGRAFIA .....	- 86 -
Bibliografía .....	- 87 -
ANEXOS.....	- 88 -
ANEXO I. FOTOS DEL CAUCE Y LEVANTAMIENTO.....	I
ANEXO II. DATOS DE INTENSIDAD DE LLUVIA. INETER.....	V
ANEXO III. AREAS TRIBUTARIAS Y CALCULO DE CAUDALES .....	VI

## Índice de tablas

Tabla 1: Factores que influyen en el Coeficiente de escorrentia (Us), tipos de suelos (Ts) y pendiente del terreno (Pt) -----	22 -
Tabla 2: Periodos de retorno según tipo de obra-----	36 -
Tabla 3:Ensayo de Laboratorio -----	42 -
Tabla 4. Datos de la cuenca -----	43 -
Tabla 5:Coeficiente de escorrentia -----	43 -
Tabla 6:Caudal de diseño -----	44 -
Tabla 7:Cálculo de tirante normal.. -----	45 -
Tabla 8:Calculo del caudal - cauce revestido -----	45 -
Tabla 9: Datos de la caja puente existente – Programa de Hec-ras -----	47 -
Tabla 10: Datos de alcantarilla existente – Programa de Hec-ras -----	48 -
Tabla 11: Resultado de las principales variables hidráulicas- Cauce Natural --	79 -
Tabla 12:Resultado de las principales variables hidráulicas - Cauce Revestido--	79 -
-	
Tabla 13:Resultado de la distribución de flujos en los puntos de análisis - Cauce Natural-----	80 -
Tabla 14:Resultado de la distribución de flujo en los puntos de análisis - Cauce Revestido -----	80 -
Tabla 15: Presupuesto -----	81 -
Tabla 16: Datos para el cálculo del caudal -----	V
Tabla 17: Método Racional -----	VI

# **CAPÍTULO I**

# **INTRODUCCIÓN**

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1 Generalidades**

La deforestación y la consecuente erosión observadas en muchas cuencas favorecen las escorrentías, incrementan la evaporación y reducen la infiltración que alimenta los acuíferos subterráneos. La cuenca es una superficie de territorio en la que las aguas de lluvia escurren en una misma dirección, concurriendo hacia un mismo cuerpo de agua, que puede ser un río, un lago o una laguna.

Desde hace varios siglos, el hombre ha tratado de solucionar diferentes tipos de problemas que las sociedades han demandado, uno de ellos son las inundaciones causadas; las cuales son una amenaza potencial para muchas comunidades ubicadas a orillas de las zonas bajas. Ante las precipitaciones intensas, se desbordan algunos cauces debido a la cantidad de sedimentos arrastrados por las escorrentías a lo largo del tiempo y a la cantidad de basura depositada por la población cercana, ocasionando pérdidas humanas, destrucción de bienes materiales y daños a la naturaleza.

El Municipio de Estelí, presenta severos problemas de inestabilidad de terrenos, fenómenos de deslizamientos, traslación, rotación, deslizamientos superficiales, flujos y derrumbes debido a que los suelos en su mayoría son de ladera y están sin vegetación forestal la principal amenaza que presenta el municipio es la inundación en la zona urbana como rural siendo la ciudad más susceptible debido a su ubicación geográfica y concentración de la población. Posee una topografía ondulada, con montañas y algunas mesetas de elevadas alturas.

El área geográfica está distribuida en tres distritos: El distrito uno con veintiocho barrios, el distrito dos con veinte barrios y el distrito tres con treinta cuatro barrios donde el distrito tres presenta un problema de un cauce natural que abarca el barrio Oscar Gámez N° 2, 14 de abril y la Comuna donde en épocas de invierno el cauce

sube su nivel provocando inundaciones y deslaves en los barrios mencionados anteriormente.

Este cauce es un afluente superficial del Rio Estelí que recibe aguas pluviales provenientes de los escurrimientos de ambos lados del cauce, la longitud que atraviesa el cauce es de 830 metros, este no sólo recibe aguas provenientes de las precipitaciones de lluvia, sino que también de los consumos domésticos de agua.

Con la realización del trabajo monográfico se da a conocer las características actuales en las que se encuentran el cauce natural ubicado en los Bo. Oscar Gámez Nº 2, Bo. La Comuna y el Bo. 14 de abril, así como también las soluciones propuestas para su diseño hidráulico. Se realizó el levantamiento topográfico que permitió modelar el relieve del terreno, la realización del estudio hidrológico que permitió transitar el caudal de diseño, obteniendo los datos geométricos e Hidráulicos del cauce natural, se diseñó la sección transversal y tipo de material con que se revestirá el canal además se realizó un estudio granulométrico del suelo para ver su clasificación y saber si surgirá la necesidad de hacer un mejoramiento en cuanto al suelo para que pueda resistir las cargas de diseño del canal.

## **1.2 Antecedentes**

El barrio Oscar Gámez surgió después del terremoto de 1972 en Managua, precisamente se pensó para que lo habitaran los damnificados de la capital, quienes todavía no se adaptaban al clima frío (menor a 20 grados Celsius) de Estelí. La Habra, como se llamaba en ese entonces el Oscar Gámez con diez viviendas, fue financiada por la ciudad de La Habra de Estados Unidos y fue habitado después por Estilianos; El barrio la Comuna surgió después de la insurrección de Estelí en los años 1979 y se ven afectados por las crecidas del cauce.

Este cauce cuenta con pequeñas construcciones ya existentes como lo son la construcción del cauce ubicado en el Tecnológico Industrial Comandante Francisco Rivera, con una longitud de 116 metros por 2.6 metros de ancho además de pequeños revestimientos con piedra y concreto que han hecho algunos pobladores, un puente peatonal y una rampla con tubos de concreto reforzado, según la alcaldía de Estelí no hay estudio sobre el cauce ya que era una zona donde no habían pobladores cerca del lugar, han sido terrenos tomados por la población y que han construido sobre el cauce viéndose afectados en tiempos de invierno.

### **1.3 Justificación**

Los habitantes de los Bo. Oscar Gámez N°2, 14 de Abril y La Comuna, muestran preocupación en las épocas de invierno con la crecida del cauce debido a las inundaciones de las casas colindantes, ya que el cauce no cuenta con la capacidad suficiente para almacenar todo el caudal proveniente de las escorrentías de la zona producto de las precipitaciones de lluvia, es necesario el estudio hidráulico e hidrológico de este cauce para poder diseñar un canal apropiado al tipo de suelo, escorrentía superficial, relieve del terreno, rugosidad, uso del suelo esto va permitir que el caudal no afecte a las viviendas adyacentes al cauce.

El diseño del cauce revestido de los Bo. Oscar Gámez N°2, 14 de Abril y La Comuna va mejorar la condiciones de vida de los habitantes de estas zonas ya que es una gestión de riesgo para prevenir inundaciones en las viviendas adyacentes, socavaciones en estructuras ya existentes, la erosión de calles, además que esto viene a ser un beneficio social previniendo enfermedades y malos olores producto del rebalzo del cauce con aguas contaminadas inundando las casas de las familias ubicadas paralelas al cauce, esto va a mejorar el tránsito seguro de los habitantes sin riesgo a que el canal se salga de su curso hidráulico.**(ver fotos en Anexo 1).**

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Diseñar hidráulicamente el cauce que atraviesa los barrios Oscar Gámez N° 2, 14 de abril y la comuna en el municipio de Estelí departamento de Estelí.

### **1.4.2 Objetivos específicos:**

1. Modelar el relieve del terreno a través de un levantamiento topográfico en la zona de análisis que permita obtener las secciones transversales del cauce, así como también su perfil longitudinal.
2. Realizar estudios geotécnicos identificando los datos granulométricos para conocer el tipo de suelo.
3. Efectuar el estudio hidrológico de la zona correspondiente a su punto de cierre para determinar los caudales de diseño para un periodo de retorno de 25 años.
4. Encontrar sección transversal de canal de acuerdo a las características geométricas e hidráulicas del cauce que permitirá evitar las inundaciones.
5. Hacer la simulación hidráulica del cauce revestido haciendo uso del software HEC-RAS. Versión 4.0
6. Proponer obras para mejorar el funcionamiento hidráulico del cauce.
7. Calcular el presupuesto estimado de la obra aplicando la guía de costos FISE para obtener el costo total del proyecto.



# **CAPÍTULO II**

## **Descripción del área de estudio**

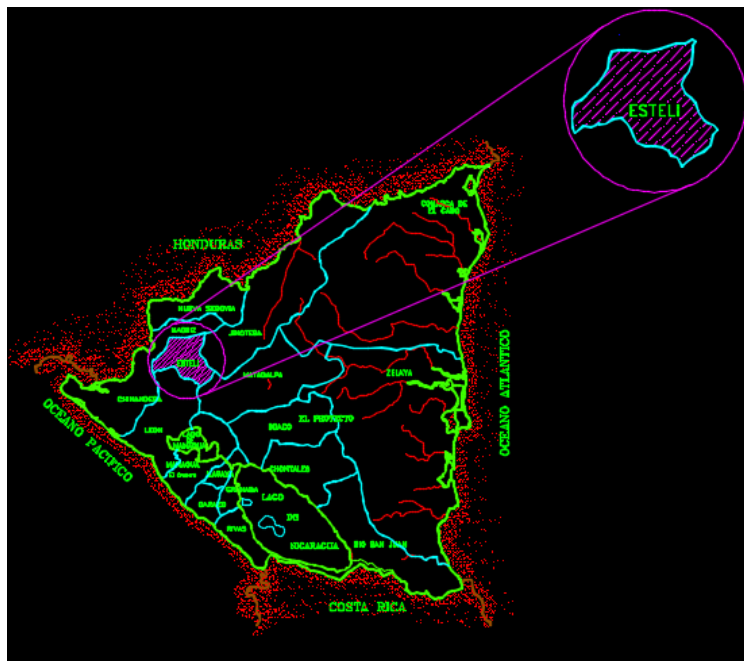
## II. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

### 2.1 Ubicación

El departamento de Estelí dista 147 km de la capital Managua y 110 km de la frontera de El Espino que es el punto fronterizo más cercano con Honduras, se conecta a través de la carretera panamericana con el occidente y norte de Nicaragua. (**Figura 1.**)

El municipio de Estelí desde hace tres décadas representa históricamente un territorio privilegiado tanto por las múltiples opciones productivas, turísticas y culturales como también por su posición geográfica. Esto le ha permitido ser el mercado natural de todos los municipios que le rodean, incluyendo los relativos a los departamentos de Madriz y Nueva Segovia y algunos municipios de León, Chinandega, Jinotega y Matagalpa.

El cauce en estudio se encuentra localizado en el municipio de Estelí, departamento de Estelí, dentro del casco urbano entre los barrios Oscar Gámez N° 2, La Comuna y el 14 de abril. (**Figura 2**)



**Figura 1. Macro localización del proyecto**

Fuente: Google



Figura 2. Micro Localización del proyecto

Fuente: Google Earth

## 2.2 Datos demográficos

La población del municipio de Estelí es de **122,924** habitantes esta información está basada en la proyección del INIDE 2010 al 2025.

## 2.3 Descripción física del Municipio de Estelí

### 2.3.1 Topografía

La topografía del Municipio de Estelí es ondulada con elevaciones montañosas y mesetas de considerable altura. Entre las elevaciones de mayor consideración se encuentran: La Fila (1,608 msnm), Las Brisas (1,603.8 msnm), El Tisey (1,550 msnm), Tomabú (1,445 msnm), Yeluca (1,426.8 msnm), Arrayan (1,387 msnm), El Carao ( 1,386 msnm), Agua Fría (1,367 msnm), Santa Clara (1,365.6 msnm), Moropotente (1,339 msnm), Las Mesas (1,300 msnm), El Pino (1,275 msnm), Sabana Larga (1,200 msnm), El Bonete (1,061 msnm).

### 2.3.2 Relieve

El relieve es variado, el cual está condicionado a las particularidades morfo estructurales que presenta el territorio. La altura media municipal es de 1.150 msnm siendo el punto más elevado el Cerro la fila que alcanza 1603 msnm de acuerdo con la altitud se distinguen los niveles siguientes:

- Altiplanicie que corresponde al denominado Valle de Estelí y las planicies del norte y sur.
- Montañas Altas del Este, ocupadas predominantemente por Mesetas comprendidas entre 1000 a 1436 msnm.
- Montañas Bajas del Estelí, ocupadas por Mesetas comprendidas entre 800 y 1000 msnm.
- Montañas Altas del Oeste, ocupadas por Cuestas y comprendidas entre 1000 y 1608 msnm encontrándose el punto más elevado del municipio que corresponde al Cerro la Fila.
- Montañas Bajas del Oeste, ocupadas por lomas y comprende entre 600 y 1000 msnm.

Además de este tipo de área se distinguen los siguientes tipos de paisajes geomorfológicos:

- Valles rellenados de suelos de reciente formación en los sitios de El Regadío e Isiquí.
- Abanicos de formaciones coluviales en los sitios de La Montañita, Santa Cruz, El Espinal y al noroeste y suroeste del casco urbano de Estelí.
- Lomas (ondulado) en los sitios de Tomabú, La Labranza, El Cebollal y Cerro YelUCA de formaciones del terciario.
- Flujo de formación geológica del terciario en los alrededores de la Montañita.
- Talud de suelos coluviales en los lugares conocidos como La Tunoza, Isidriillo.

### **2.3.3 Tipo de suelo**

El suelo es arcilloso debido a que la ciudad cuenta con una cuenca hidrográfica muy importante como lo es el río Estelí.

### **2.3.4 Orografía**

El área municipal posee una topografía ondulada, con montañas y algunas mesetas de elevada altura (Tisey tiene 1.550 msnm y Tomabú 1.445 msnm). Flujo de formación geológica del terciario en los alrededores de La Montañita. Talud de suelos coluviales. Sus suelos, por lo general oxisoles de poca vocación agrícola, lo ocupan bosques coníferos y latifoliadas como pinos, robles, cedros, cedrelos, carapa, caoba o genízaro.

### **2.3.5 Hidrografía**

Al municipio lo dividen tres zonas hidrográficas: La Vertiente del Pacífico (120 km<sup>2</sup>); la Vertiente del Atlántico (506 km<sup>2</sup>); y la Cuenca Lacustre(Lago de Managua) con 200 km<sup>2</sup> que conecta con el océano Atlántico por el río San Juan al sur.

El principal río que cruza el municipio es el Río Estelí que es el que forma el Salto de la Estanzuela.

El Río Estelí a su paso por la ciudad ha desaparecido, por su alto nivel de contaminación y la deforestación de sus cuencas y de su ribera, los organismos gubernamentales y civiles han implementado un plan de manejo de aguas negras y reforestación para tratar de estabilizar la contaminación del río, sin embargo, el río no recupera su curso y solo en temporadas de lluvia vuelve a crecer, causando inundaciones en las poblaciones cercanas a él.

El río cuenta con un gran sentido histórico indígena. En su cabecera se encuentra gran cantidad de piedras de origen volcánico con figuras en bajo relieve de los

elementos de la naturaleza y los puntos cardinales que reflejan rasgos de su cosmovisión.

### **2.3.6 Clima**

El clima de la ciudad de Estelí varía, debido a la altitud, la latitud, y la orografía que condicionan diversas zonas. En general el clima del municipio es templado seco por ser una zona sujeta a la sequía.

### **2.4 Actividad económica**

Como cabecera del departamento del mismo nombre y principal ciudad del norte del país, Estelí mantiene una actividad industrial y comercial elevada, llegando a ser la segunda ciudad más importante después de Managua en términos económicos

El municipio es atravesado por la carretera panamericana, lo que proporciona gran ventaja para el desarrollo ya que permite la vinculación con centros de producción por el sector sur y al norte con la frontera de Honduras. Las vías de acceso con el resto de las regiones son carreteras de todo tiempo y están revestidas con material selecto, principalmente las que comunican con El Sauce, Limay, Yalí y la Concordia. La mayoría de las comunidades rurales cuentan con caminos de tierra sin tratamiento, originados en su mayoría en la ciudad de Estelí.

# **CAPÍTULO III**

## **Marco teórico**

### **III. MARCO TEORICO**

#### **3.1 Estudio hidrológico de la cuenca**

Los Estudios Hidrológicos permiten conocer los caudales máximos de avenida a partir del conocimiento del régimen de lluvias máximas y la caracterización del territorio.

Un Estudio Hidráulico consiste en determinar el comportamiento hidráulico de los cauces a su paso por la zona objeto de estudio, de modo que se compruebe la capacidad de la sección del cauce.

##### **3.1.1 Cuenca hidrográfica**

Una cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal de agua; también se define como la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de los sistemas de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca “divisoras de aguas” se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río.

##### **3.1.1.1 Morfología de la cuenca hidrográfica**

La respuesta hidrológica de una cuenca hidrográfica depende de sus características físicas. Recíprocamente, el carácter hidrológico de una cuenca contribuye considerablemente a formar sus características físicas, esta interrelación permite predecir la respuesta hidrológica a partir de los parámetros físicos que son fáciles de medir (Linsley, Kohler, & Paulus, 1977).

##### **3.1.1.2 Área de la cuenca**

###### **A. Definición**

Se define como la superficie en proyección horizontal que contiene la corriente principal de una cuenca, delimitada por el parteaguas el cual es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas.



## **B. Tamaño de la superficie de la cuenca**

El tamaño de la superficie de la cuenca en Km<sup>2</sup> se obtiene a través de software especializados como sistemas de información geográfica (SIG), AutoCAD, Arc view tomando en cuenta los criterios y especificaciones técnicas de diseño, a través de esta área es posible determinar su clasificación en cuanto a su tamaño.

### **3.1.1.3 Parámetros según su forma**

#### **A. Índice de alargamiento ( $I_a$ )**

Este índice relaciona la longitud máxima encontrada de la cuenca, medida en el sentido del río principal y el ancho máximo de ella medido perpendicularmente; se calcula de acuerdo a la fórmula siguiente.

Cuando  $I_a$  toma valores mayores a la unidad, se trata de cuencas alargadas, mientras que para los valores cercanos a 1, se trata de una cuenca cuya red de drenaje presenta la forma de abanico y puede tenerse un río principal corto.

#### **B. Índice de Compacidad ( $K_e$ )**

Según (Villón, 2002) el índice de compacidad de una cuenca, definida por Gravelious, expresa la relación entre el perímetro de la cuenca, y el perímetro equivalente de una circunferencia, que tiene la misma área que la cuenca.

El índice de compacidad, trata de expresar la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la escorrentía, particularmente en las características del hidrograma. Las cuencas de forma alargada, reducen las probabilidades de que sean cubiertas en su totalidad por una tormenta, lo que afecta al tipo de respuesta que se presenta en el río.

#### **C. Coeficiente de forma ( $K_f$ )**

Se define como coeficiente de forma existente a la relación existente al área promedio de la cuenca entre su longitud, desde su origen hasta su punto de cierre.

Este coeficiente mientras más converja a este valor a la unidad se considera menos achatado. Sí la cuenca tiene un  $K_f$  menor, tiene menos tendencia a concentrar las intensidades de lluvias, que una cuenca de igual área con una  $K_f$  mayor.

#### **3.1.1.4 Parámetros según su drenaje**

##### **A. Orden de una corriente**

Antes de hablar del orden de las corrientes, conviene ver su clasificación (Villón, 2002). Todas las corrientes pueden dividirse en tres clases generales dependiendo del tipo de escurrimiento, el cual está relacionado con las características físicas y condiciones climáticas de la cuenca.

Así una corriente puede ser efímera, intermitente o perenne.

**Una corriente efímera**, es aquella que solo lleva agua cuando llueve e inmediatamente después.

**Una corriente intermitente**, lleva agua la mayor parte del tiempo, pero principalmente en época de lluvias; su aporte cesa cuando el nivel freático desciende por debajo del fondo del cauce.

**La corriente perenne**, contiene agua todo el tiempo, ya que aún en época de sequía es abastecida continuamente, pues el nivel freático siempre permanece por arriba del fondo del cauce.

El orden de las corrientes, es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. Para hacer esta clasificación, se requiere de un plano de la cuenca que incluya tanto corrientes perennes como intermitentes. El procedimiento más común para esta clasificación, es considerar como corrientes de orden uno, aquellas que no tienen ningún tributario; de orden dos, a las que solo

tienen tributarios de orden uno; de orden tres, aquellas corrientes con dos o más tributarios de orden dos, etc.

Así, el orden de la principal, indicará la extensión de la red de corrientes dentro de la cuenca.

## **B. Densidad de drenaje ( $D_d$ )**

Según (CORASCO, 2008), este parámetro refleja controles topográficos, litológicos, pedológico y vegetaciones, tomando en cuenta la influencia del hombre; en general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión. La densidad de drenaje se calcula dividiendo la longitud total de las corrientes de la cuenca entre el área de esta.

El valor de densidad de drenaje es inversamente proporcional a la extensión de la cuenca. Para un valor alto de densidad corresponda grandes volúmenes de escurrimientos la que producirá ascensos de las corrientes, se puede considerar que valores próximos o máximos a  $0.5 \text{ Km/Km}^2$  indican eficiencia en la red de drenaje.

### **3.1.1.5 Parámetros según su relieve**

#### **A. Pendiente del terreno**

De acuerdo a (Linsley, Kohler, & Paulus, 1977) este es un factor muy importante en el proceso de flujo de superficie y es por lo tanto un parámetro hidrológico de interés, particularmente en cuencas pequeñas donde los procesos de flujo pueden ser el factor dominante en la determinación de la forma del Hidrograma.

## **B. Pendiente del cauce principal**

La pendiente de un canal influye sobre la velocidad de flujo, y debe jugar un papel muy importante en la forma del hidrograma. Los perfiles típicos de los cauces naturales son cóncavos hacia arriba; además, todas las cuencas, con excepción de las más pequeñas, tienen varios canales cada uno con un perfil diferente (Linsley, Kohler, & Paulus, 1977).

Según (CORASCO, 2008) una forma de determinar la pendiente es determinar el desnivel entre el punto más alto y más bajo de los extremos del río de estudio y luego dividirlo entre su longitud del mismo cauce.

## **C. Curva hipsométrica**

Puesta en coordenadas representa la relación entre la cota y la superficie de la cuenca que se encuentran por encima de esta cota. El relieve de cuenca se representa correctamente con un plano, curva de nivel, sin embargo estas curvas de nivel son muy complejas, por medio de la curva hipsométrica se sintetiza esta información lo que la hace más adecuada para trabajar.

## **D. Elevación promedio de la cuenca**

Según (CORASCO, 2008) la variación altitudinal de una cuenca hidrográfica incide directamente sobre su distribución térmica y por lo tanto en la existencia de microclimas y hábitats muy característicos de acuerdo con las condiciones locales reinantes.

Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región, en la cual da una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas de ella.

Para estimar la elevación media de la cuenca existen diferentes métodos uno de ellos es el de Área-Elevación para el cual es necesario disponer de un mapa con curvas de nivel cuya separación altitudinal sea idéntica de nivel a nivel, este método inicia con la medición de áreas en las diferentes franjas del terreno, delimitada por las curvas de nivel consecutivas y la divisoria de aguas.

### **E. Longitud del cauce principal**

Es la medida del escurrimiento principal de la cuenca, medido desde la parte más alta hasta la salida, este parámetro influye en el tiempo de concentración y en la mayoría de los índices morfo métricos. Se obtiene a partir del mapa digitalizado de la red de drenaje, haciendo uso del programa AutoCAD u otro programa que tenga esas facultades

## **3.2 Geología de la cuenca**

### **3.2.1 Uso de suelo**

El uso de suelo se refiere a la ocupación de una superficie determinada en función de su capacidad agrológica y por tanto de su potencial de desarrollo, se clasifica de acuerdo a su ubicación como urbano o rural, representa un elemento fundamental para el desarrollo de la ciudad y sus habitantes ya que es a partir de éstos que se conforma su estructura urbana y por tanto se define su funcionalidad.

### **3.2.2 Tipos de suelo**

El tipo de suelo ayuda a conocer de forma segura la permeabilidad del suelo, así como el grado de infiltración de lluvia. Mientras este sea más impermeable, la escorrentía actuará con mayor velocidad en la superficie (Gómez Espinoza & Ferrey Sevilla, 2014).

### **3.2.3 Granulometría del suelo**

De acuerdo a (Ing. Néstor Luis Sánchez, 2013), la granulometría se define como la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de un suelo, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca.

### **3.3 Estimación del caudal de escorrentía por el método racional**

Entendemos por caudal de escorrentía aquella porción de la lluvia que se mueve sobre la superficie de la tierra y que en un momento dado llega hasta un cauce en el cual transita libremente. También es considerada como escorrentía la porción de lluvia que fluye sobre los tejados de las edificaciones, áreas de parqueo, de las superficies de las carreteras etc.

Para su estimación en las áreas urbanas el Método Racional es el más común y el más recomendado. La simplicidad de este método radica en que asume que la lluvia tiene una intensidad igual en toda el área estudiada y además que el tiempo de concentración de la escorrentía en el punto de estudio es igual a la duración de la lluvia.

#### **3.3.1 Ubicación del punto de interés**

Se hace la determinación del punto de interés en un mapa geodésico preferiblemente a escala 1:50000 para realizar el estudio hidrológico y así determinar el caudal de aportación para futuras construcciones de obras civiles ya sean: Alcantarillas, puentes, canales revestidos, cajas puentes o cualquier obra hidráulica; las curvas de nivel del mapa geodésico deberán estar a cada 5 metros para una mayor precisión.

### 3.3.2 Delimitación de la cuenca

Se delimita la cuenca referenciándose en un punto de control o punto de cierre, delimitándola por los puntos de mayor elevación en donde escurre agua de manera superficial en cada cuenca y se delimita cada Subcuenca dependiendo de su orden de corriente esta no debe de ser menor que 5 Km<sup>2</sup>. **(Ver Anexo III).**

### 3.4 Coeficiente de escorrentía

Es la variable menos precisa del método racional. Su uso en la fórmula implica una relación fija entre la tasa de escorrentía pico y la tasa de lluvia para la cuenca de drenaje, lo cual no es cierto en la realidad. Una selección adecuada del coeficiente de escorrentía requiere del conocimiento y la experiencia.

El coeficiente de escorrentía también depende de las características y condiciones del suelo. La tasa de infiltración disminuye a medida que la lluvia continúa y también es influida por las condiciones de humedad antecedentes al suelo. Otros factores que influyen son la intensidad de las lluvias, la proximidad del nivel freático, el grado de compactación del suelo, la porosidad del subsuelo, la vegetación, la pendiente del suelo y el almacenamiento por depresión.

La alcaldía de Managua (ALMA) ha establecido la obtención de este coeficiente a través de una tabla elaborada por el Departamento de drenaje pluvial en base a documentos: Normas checoslovacas para la estabilización de cauces y cárcavas ver **Tabla 1** (Baltodano & Morales, 2015).

Tabla 1: Factores que influyen en el Coeficiente de escorrentia (Us), tipos de suelos (Ts) y pendiente del terreno (Pt)

<b>USO DEL SUELO</b>	<b>Us</b>
Vegetación densa, bosques, cafetal con sombras, pastos.	0.04
Malezas, arbustos, solar baldío, cultivos perennes, parques, cementerios, campos deportivos.	0.06
Sin vegetación o con cultivos anuales.	0.10
Zonas suburbanas (viviendas, negocios).	0.20
Casco urbano y zonas industriales.	0.30 – 0.50
<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>Ts</b>
Permeable (terreno arenoso, ceniza volcánica, pómez).	1.00
Semipermeable (terreno arcilloso arenoso).	1.25
Impermeable (terreno arcilloso, limoso, marga).	1.50
<b>PENDIENTE DEL TERRENO (%)</b>	<b>Pt</b>
0.0 – 3.0	1.00
3.1 – 5.00	1.50
5.1 – 10.0	2.00
10.1 – 20.0	2.50
20.1 y mas	3.0
<b>C = Us * Ts * Pt</b>	

Fuente:Departamento de drenaje pluvial de la Alcaldia de Managua

### 3.5. Determinación de las características hidrometeorológicas de cada subcuenca.

**3.5.1 Nombre:** Para identificar a cada sub cuenca generalmente se toma la primera o las siglas del nombre en el que se localiza el punto de interés de la cuenca.

**3.5.2 Área:** El área de aportación se obtiene por lecturas directas con el planímetro en el mapa geodésico.

**3.5.2.1 Longitud del cauce (L):** La longitud se mide tomando en cuenta el cauce principal, que generalmente es el de mayor recorrido partiendo del punto más remoto hasta el punto de control.



**3.5.2.1 Altura máxima ( $H_{m\acute{a}x}$ ):** Es la elevación máxima del punto más remoto del cauce principal donde se inicia el escurrimiento de agua.

**3.5.2.2 Altura mínima ( $H_{m\acute{i}n}$ ):** Es la elevación del punto de control de la subcuenca.

**3.5.2.3 Pendiente del fondo del cauce ( $SC$ ):** Es la pendiente del fondo del cauce principal y puede ser un valor estipulado, como un 3.5%.

**3.5.2.4 Tiempo de concentración ( $T_c$ ):** Se calcula aplicando el método del proyecto Hidrometeorológico Centroamericano.

**3.5.2.5 Intensidad de precipitación ( $I$ ):**

El método tradicional para estimar la precipitación que se debe considerar en el diseño (la máxima correspondiente a un cierto período de retorno) consiste en analizar los datos disponibles en las estaciones meteorológicas próximas a la cuenca que se analiza.

La intensidad de precipitación se obtiene por la lectura directa en la curva de Intensidad Duración Frecuencia (IDF) de la estación meteorológica o por la aplicación de su respectiva ecuación definida para el período de retorno ( $T_r$ ) seleccionado para el diseño.

**3.5.2.6 Período de retorno.**

La lluvia de diseño de un sistema de aguas lluvias es un tema relativamente complejo, puesto que depende del grado de seguridad ante las inundaciones que requiera la ciudadanía, o sea el período de retorno de la misma.

Por lo tanto, el período de retorno es el intervalo en años, en que determinada precipitación se espera que ocurra, o bien que este evento una vez cada  $N$  años, no necesariamente significa que el evento suceda a intervalos constantes de cada  $N$  años, más bien existe  $1/N$  de probabilidades que la crecida de  $N$  años ocurra dentro de cualquier período.

## **3.6 Estudio hidráulico**

### **3.6.1 Principio de continuidad**

Las ecuaciones de continuidad que establece que las tasas volumétricas de flujo de entrada y salida son iguales; es decir  $I = Q$ . Un flujo permanente es aquel en el que la velocidad en cada punto del flujo es constante con respecto al tiempo. Una manera muy simple de entender esto es imaginar la toma de una fotografía instantánea y de otra, cinco minutos más tarde; si el flujo es permanente, las dos fotografías serán idénticas.

Si las cantidades totales de flujo de entrada y flujo de salida son iguales, se dice que el sistema es cerrado.

Cuando esta condición no se cumple, el sistema es abierto. El ciclo hidrológico es un sistema cerrado para el agua, pero el proceso lluvia-escorrentía en una cuenca es abierto, porque no toda la lluvia se convierte en escorrentía; una parte de ella vuelve a la atmósfera mediante la evaporación (Chow, Maidment, & Mays, 1994).

### **3.6.2 Canal abierto**

Es un conducto en el cual el agua fluye con una superficie libre. De acuerdo con su origen puede ser natural o artificial.

Los canales naturales son todos los cursos de agua que existen de manera natural en la tierra, los cuales varían de tamaños, por ejemplo: Pequeños arroyuelos en zonas montañosas, grandes quebradas, arroyos, pequeños ríos, etc.

Los canales artificiales son aquellos construidos mediante el esfuerzo humano por ejemplo: Canales de central hidroeléctricas, canales de navegación, etc.

Los canales artificiales por lo general se diseñan con figuras geométricas regulares: Forma trapezoidal es la más utilizadas para canales debido a que presenta un área

de flujo grande en relación con el perímetro mojado, la forma rectangular y triangular son casos especiales del trapecio.

Dentro del diseño de canales abiertos existen:

Canales no erosionables.

Canales erosionables que se socavan, pero no se sedimentan.

Canales en pastos.

### **3.6.3 Tipos de Canales**

El diseño de canales para conducción de aguas de drenaje debe aprovechar al máximo la topografía del terreno con el fin de garantizar la conducción por gravedad, con un costo mínimo. Cuando la diferencia de cotas entre los puntos inicial y final del canal es muy pequeña el diseño resulta en estructuras muy grandes con velocidades bajas y peligro de sedimentación.

Los canales se pueden clasificar de varias formas:

- ✓ Canales según visibilidad del agua
- ✓ Canales abiertos
- ✓ Canales cerrados
- ✓ Canales según el material
- ✓ Canales según la sección
- ✓ Canales naturales

#### **3.6.3.1 Características del flujo de canales**

El flujo de agua en canales presenta una superficie libre en la que actúa la presión atmosférica. El área de la sección transversal del flujo cambia con la profundidad del agua. El flujo en canales presenta una superficie libre, que implica un área de flujo variable, y además las fuerzas impulsoras del movimiento son de naturaleza gravitacional.

En los canales reales (tridimensional), debido a la presencia de una superficie libre

y a la fricción a lo largo de la pared de canal, la velocidad media en canales ordinarios generalmente ocurre un poco debajo de la superficie libre.

### **3.6.3.2 Clasificación de flujos**

El flujo en canales puede ser clasificado como: Permanente o estacionario, impermanente o no estacionario, uniforme y no uniforme o variado, según la variación de la velocidad con el tiempo y el espacio. El flujo en un canal es el resultado de la acción de las fuerzas impulsoras, y de las fuerzas de fricción que actúan como fuerzas retardadoras. Cuando ambas fuerzas son iguales la aceleración del flujo es nula y por lo tanto el flujo es uniforme.

### **3.6.3.3 Flujo permanente o impermanente**

En canales se dice que un flujo es permanente si la profundidad del flujo no cambia con el tiempo. En caso contrario es impermanente. Definiendo el caudal en una forma similar a la que se ha estudiado:

$$Q=A*V$$

La ecuación de continuidad en flujo permanente toma la forma:

$$Q=A_1*V_1=A_2*V_2$$

Donde:

Q: Caudal (constante).

A<sub>i</sub>: Área de la sección transversal.

V<sub>i</sub>: Velocidad media.

### **3.6.3.4 Flujo uniforme o variado**

En canales se dice que un flujo es uniforme si la profundidad del flujo es la misma en todas las secciones del canal. De otra forma, el flujo es variado.

### **3.6.3.5 Determinación del coeficiente de rugosidad Manning**

Aplicando la fórmula Manning, la más grande dificultad reside en la determinación del coeficiente de rugosidad  $n$  pues no hay un método exacto de seleccionar un valor  $n$ . Para ingenieros veteranos, esto significa el ejercicio de un profundo juicio de ingeniería y experiencia; para novatos, puede ser no más de una adivinanza, y diferentes individuos obtendrán resultados diferentes.

Para calcular entonces el coeficiente de rugosidad  $n$  se dispone de tablas (como la publicada por el U.S Department of Agriculture en 1955; Chow, 1959) y una serie de fotografías que muestran valores típicos del coeficiente  $n$  para un determinado tipo de canal (Ramser, 1929 y Scobey, 1939).

### **3.7 Software HEC RAS**

Es un programa de modelización hidráulica unidimensional que permite simular flujos en cauces naturales para determinar el nivel del agua, estudios de inundabilidad y determinar las zonas inundables.

El HEC-RAS (Hydrologic Engineering Centers River Analysis System) fue desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros de la Armada de los USA, surge como evolución del conocido y ampliamente utilizado HEC-2, con varias mejoras con respecto a este, entre las que destaca la interface gráfica de usuarios que facilita las labores de pre proceso y postproceso, así como la posibilidad de intercambios de datos con el sistema de información geográfica ArcGis mediante HEC-GEORAS.

Es un programa que permite obtener el perfil de la lámina de agua en un tramo del Cauce o río, es decir los calados correspondientes en cada una de las secciones consideradas. Este programa realiza los cálculos con unas condiciones de movimiento estacionario unidimensional.

Con HEC-RAS se pueden calcular perfiles de agua para flujo unidimensional y gradualmente variado en canales naturales o construidos por el hombre. Se puede calcular perfiles de agua para flujos en régimen de agua subcríticos, supercríticos o mixtos.

### **3.8 Topografía**

#### **3.8.1 Definición**

Es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la Tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre; es decir, estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones y su representación gráfica o analítica a una escala determinada. También ejecuta replanteos (trazos) sobre el terreno para la realización de diversas obras de ingeniería a partir de las condiciones del proyecto establecidas sobre un plano. Asimismo, realiza trabajos de deslinde, división de tierras (agrodesia), catastro rural y urbano, así como levantamientos y trazos en trabajos subterráneos (García, 2014).

#### **3.8.2 Levantamiento topográfico**

El levantamiento es un conjunto de operaciones que determinan las posiciones de los puntos, la mayoría calculan superficies y volúmenes y la representación de medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos entonces son topográficos (Guevara Naranjo & Fuentes Carvajal, 2009).

### **3.9 Costo y presupuesto**

El costo y presupuesto es el valor monetario de los materiales e insumos que se deberán utilizar en la construcción, así como también la cantidad de materiales.

# **CAPÍTULO IV**

# **METODOLOGÍA**

## **IV. METODOLOGÍA**

El proceso de implementación del estudio consistió de los siguientes pasos:

### **4.1 Visita a la Alcaldía de Estelí y áreas de estudio de Estelí**

Se realizó la visita a la alcaldía de Estelí con el objetivo de obtener información sobre el cauce sin revestir ubicado en los Barrios: Oscar Gámez N° 2, La comuna y 14 de Abril; además se verificó que es un proyecto que va a ser de utilidad a la Alcaldía municipal de Estelí en un futuro, por lo que fue necesario el suministro de información por parte de esta entidad tales como: Caracterización de Estelí, uso de suelos, mapas urbanos, tipos de suelos, datos de población que serán de utilidad para los diversos estudios que conlleva el diseño hidráulico de cauce.

Con el objetivo de identificar el problema y plantear las posibles soluciones a este se hace el recorrido en toda la longitud del cauce, definiendo las áreas potencialmente más afectadas debido a inundaciones, enfermedades o problemas de tráfico.

#### **Fuentes primarias**

- Identificación del área de estudio.
- Ubicación del cauce y puntos estratégicos.
- Observación visual de las características del cauce.
- Datos y mapas de la zona de estudio.
- Proyección de la población actual en dichos barrios.

#### **Fuentes secundarias**

- Se recolectaron datos a través de encuestas además de otros documentos estadísticos del municipio de Estelí.



## **Recolección y análisis de los datos**

- Encuesta socioeconómica a las familias beneficiadas.
- Levantamiento topográfico del terreno para conocer las elevaciones y puntos estratégicos de la ubicación del cauce.
- Uso de los programas asistidos por computadora como AutoCAD y CIVILCAD para la determinación de la red y de sus perfiles respectivamente.
- Uso del programa Excel para la elaboración de los cálculos matemáticos.

### **4.2 Obtención de datos del INETER**

Se recopiló información hidrometeorológica aplicable a la zona, se obtuvieron las curvas IDF de Condega (Anexo. II), intensidades de lluvias máximas, mapa topográfico etc.

### **4.3 Levantamiento topográfico**

Se trabajó con estación total (focus 2-5"), una de las grandes ventajas de utilizar es que la toma y registro de datos es automática, eliminando los errores de lectura, anotación, transcripción y calculo; ya que con estas estaciones la toma de datos es automática (en forma digital) y los cálculos de coordenadas se realizan por medio de programas de computación incorporados a dichas estaciones.

En levantamiento topográfico se detalló cada alcantarilla, caja puente, casa, bordillos, esquinas de casas e mallas, puntos de cambios y BM. Con la finalidad de obtener una evaluación detallada y documentada para proceder a elaborar los planos y el diseño (**ver Fotos en Anexo I y planos**).

La longitud total del levantamiento es de 800 metros longitudinales, tomándose 42 secciones transversales a lo largo del cauce.

Toda esta información sirvió para la elaboración de los planos, con los cuales se realizaron los diseños hidráulicos, movimiento de tierra y partes constructivas del cauce para elaborar el presupuesto (**ver planos**).

#### **4.4 Estudio granulométrico**

##### **4.4.1 Información general**

Se presentan en este informe los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en el proyecto “DISEÑO HIDRAULICO DEL CAUCE UBICADO EN LOS BARRIOS OSCAR GAMEZ Nº 2, LA COMUNA Y EL14 DE ABRIL EN EL MUNICIPIO DE ESTELI”, se localiza en la ciudad de Estelí, departamento de Estelí.

En anexos de este informe se presentan los resultados de laboratorio y de clasificación.

##### **4.4.2 Nombre del proyecto:**

El proyecto se denominará “DISEÑO HIDRAULICO DEL CAUCE UBICADO EN LOS BARRIOS OSCAR GAMEZ NO 2, LA COMUNA Y EL 14 DE ABRIL EN EL MUNICIPIO DE ESTELI”

##### **4.4.3 Localización del sitio de proyecto:**

El lugar donde se realizaron las investigaciones se localiza: Cauce Bº Oscar Gámez No 2, La comuna y El 14 de Abril; donde comienza en Instituto Nacional Tecnológico Francisco el Zorro que desemboca en el Rio Estelí aproximadamente en dirección Norte, en la ciudad de Estelí, departamento de Estelí.

##### **4.4.4 Objetivos del estudio:**

El objetivo general del estudio es el de obtener los parámetros básicos necesarios del sub-suelo, para el diseño de las cimentaciones de la obra de revestimiento para la estabilización del cauce, lo cual permita tomar las previsiones pertinentes, A fin de alcanzar el desarrollo exitoso del proyecto, se determinó lo siguiente:

- Tipos de suelos existentes.
- Nivel de desplante de la cimentación.
- Presión admisible del suelo.

#### **4.4.5 Estudio efectuado**

Los estudios efectuados se dividieron en tres fases principales:

- Estudio de Campo.
- Estudio de Laboratorio.
- Estudio de las Soluciones de Fundación.

##### **4.4.5.1 Estudio de campo**

El estudio fue realizado de acuerdo a solicitud técnica definida por las bachilleras, en las que se incluye la ejecución de 5 (cinco) sondeos manuales, los que se distribuyeron de forma equitativa en cada cauce, 3 sondeos manuales se distribuyeron en toda la longitud del cauce en los barrios antes mencionados, 2 sondeos se distribuyeron en toda la longitud del cauce.

Las exploraciones se efectuaron a una profundidad promedio de 0.70 metros, tomándose muestras alteradas de cada estrato observado.

En cada uno de los sondeos manuales se tomaron muestras alteradas de los estratos observados, posteriormente se procedió a determinar la resistencia del suelo mediante la utilización de un penetrómetro de bolsillo.

Las muestras obtenidas en el campo se identificaron preliminarmente mediante procedimientos rutinarios de campo, luego se trasladaron al laboratorio para su correspondiente análisis

## 4.5 Caracterización fisiográfica del área de la cuenca en estudio

### 4.5.1 Área de la cuenca o subcuenca

Se delimitó el área de la cuenca a través del programa AutoCAD. El mapa utilizado fue suministrado por la Alcaldía de Managua, el cual fue elaborado por INETER, dicho mapa tiene una escala de 1:10,000 y cada curva de nivel tiene una separación de 2 m.

Como esta tiene un área menor de los 5 km<sup>2</sup>, no fue necesario dividirla en subcuencas para su estudio. Se realizaron cálculos de caudales utilizando el método hidrológico denominado "Método racional".

$$Q = 0.2778 * C * I * A$$

En donde:

Q: Caudal en m<sup>3</sup>/s, estimado en el punto de cierre de la microcuenca.

0.2778: Coeficiente adimensional de conversión de unidades de medidas.

C: Coeficiente de escorrentía. (adimensional).

I: Intensidad de la lluvia en mm/h igual al tiempo de concentración.

A: Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

### 4.5.2 Estudio hidrológico de la cuenca en estudio

Se procedió a realizar el estudio hidrológico y un análisis de amenaza en el área considerada; con los datos pluviógrafos se hacen los cálculos para un periodo de retorno de 25 años, en donde se ocupan las siguientes fórmulas que permiten encontrar diversos factores que inciden en la cuenca.

Pendiente del cauce (SC):

$$SC = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L}$$

Donde

Sc: pendiente del cauce

Hmáx: Altura máxima

Hmín: Altura mínima

L: Longitud del Cauce

Tiempo de concentración (Tc):

$$t_c = 0.0041 \left[ \frac{3.28L}{\sqrt{Sc}} \right]^{0.77}$$

Donde

Tc: Tiempo de concentración en minutos

L: Longitud del cauce principal en metros

Sc: Pendiente del cauce en m/m

Intensidad de lluvia

$$I = \frac{A}{(TR + d)b}$$

Donde

I: Intensidad de lluvia

A: Coeficiente determinado

TR: Tiempo de retorno

d: Coeficiente determinado

b: Coeficiente determinado

#### **4.5.3 Cálculo de caudal de escorrentía**

La fórmula del método racional es una herramienta muy utilizada para medir escorrentías y descargas, se obtienen buenos resultados para cuencas no mayores

de 500 km<sup>2</sup>. Los resultados de estos cálculos permitieron determinar el caudal de entrada a utilizar en la zona.

El análisis de la intensidad se hizo por las curvas IDF, para un período de retorno de 25 años (**ver tabla 2**), con los datos de intensidad máxima de precipitación de la estación Condega (Estelí).

Tabla 2: Periodos de retorno según tipo de obra

<b>Tipo de obra</b>	<b>Período de retorno (años)</b>
Puente, caja puente o alcantarilla	>25 años
Cauces principales naturales o artificiales revestidos.	25 años
Cauces secundarios naturales o artificiales revestidos.	25 años
Micropresas	>25 años
Desarrollos urbanos, bodegas, gasolineras, estacionamientos y otros similares	10 años
Otros conductos pluviales (Tragantes, cunetas, vados etc.)	5 años

Fuente: Reglamento de drenaje pluvial para el municipio de Managua. Documento actualizando septiembre 2012. Alcaldía de Managua.

#### **4.6 Simulación hidráulica para la determinación de las áreas inundables en las zonas pobladas del cauce**

La evaluación hidráulica se entiende como la determinación de las alturas, a las que llegaría el nivel del agua en el cauce para diferentes caudales. De esta manera, se pueden inferir las áreas que son susceptibles a inundación para diferentes períodos de recurrencia.

#### **4.6.1 Modelación hidráulica con HEC-RAS. Versión 4**

Esta simulación se realizó utilizando el programa HEC-RAS, el cual es el programa más usado en este tipo de evaluaciones. El sistema es un paquete de programas para el cálculo hidráulico a régimen permanente y no permanente, en cauces naturales.

La evaluación hidráulica, se realizó en ramal del cauce ubicado en los barrios Oscar Gámez N° 2, La comuna y el 14 de Abril, comprendido entre el estacionamiento 0+00 (Sección Transversal No.1), y el estacionamiento 0+800 (Sección Transversal No.17).

##### **4.6.1.1 Información necesaria para el HEC-RAS**

Para aplicar el modelo se requiere de información topográfica, datos de flujo y condiciones de fronteras. Los levantamientos topográficos consisten fundamentalmente en la delineación del eje del tramo del cauce en estudio y la medición de secciones transversales a intervalos de 10 metros en promedio. Para efectos de este estudio, el levantamiento topográfico fue realizado por las Br. Maritza Dormuz y Katherine Ubeda

Los datos de flujo son aquellos caudales para los cuales se quiere determinar el perfil longitudinal, y las condiciones de frontera son necesarias para fijar la cota de lámina de agua inicial.

##### **4.6.1.1.1 Datos geométricos**

Un modelo hidráulico requiere del ingreso de la morfometría o forma del río, la cual incluye los siguientes datos geométricos: identificadores del río, tramo y estacionamientos, coordenadas X e Y (distancia y cotas), longitudes aguas abajo del tramo, coeficientes de rugosidad de Manning, puntos que definen el cauce principal, y coeficientes de contracción y expansión.

Las secciones transversales se deben situar en lugares representativos del cauce y en lugares donde hay cambios de caudal, de pendiente de forma, rugosidad donde empiezan y termina los diques marginales y estructuras hidráulicas (puentes, alcantarillas y alivaderos).

La sección de un valor apropiado para el coeficiente  $n$  de Manning, es muy significativa en los perfiles de superficie de aguas calculados. El valor de  $n$  de Manning es muy variable y depende de varios factores.

#### **4.6.1.1.2 Caudales**

En el presente estudio se determinaron los datos para flujo permanente. Para flujo permanente, el caudal utilizado es uno, con periodo de retorno de 25 años.

#### **4.6.1.1.3 Condiciones de frontera**

Se seleccionó la profundidad normal como condición normal de frontera para el análisis de flujo estacionario, para ello se calculó la pendiente del tramo del cauce. Siendo el valor utilizado de 0.03 m/m (3%).

#### **4.6.1.1.4 Escenario analizado**

Consiste en observar los niveles de crecida para el caudal escogido, donde el caudal se confina entre las bordas existentes a la hora del levantamiento, utilizando la geometría natural del cauce.

#### **4.6.1.1.5 Modificaciones del cauce**

El HEC-RAS permite realizar una serie de excavaciones en la geometría del cauce. En general, esta opción se utiliza para estudios de planificación de territorio; y también se puede utilizar para diseñar canales para control de avenidas. Este



software se utiliza para evaluar las modificaciones realizadas en canales, pero el programa no cubre el diseño de canales estables.

El usuario deberá comprobar y asegurarse de que dichas modificaciones no afectan a la estabilidad del cauce.

En primer lugar, se debe desarrollar un modelo hidráulico del cauce en que se va a analizar la modificación. Este modelo debe incluir varias secciones aguas abajo o aguas arriba del tramo a modificar, según el régimen, de manera que las condiciones de frontera no afecten a la zona del cauce en que se va a realizar la modificación. Además, también se deben incluir algunas secciones aguas arriba, o aguas abajo, para evaluar cómo afectará dicha modificación al perfil de la lámina de agua.

A continuación, se realizan los cambios con excavaciones y/o terraplenes que permiten definir secciones que sustituyan a la geometría existente. Realizados todos los cambios, los perfiles de lámina de agua en ambas condiciones (la original y la modificada), se pueden comparar mediante gráficos o tablas.

# **CAPÍTULO V**

## **CÁLCULOS Y RESULTADOS**

## V. CÁLCULOS Y RESULTADOS

### 5.1 Estudio de suelo

#### 5.1.1 Estratigrafía del sub-suelo

Sobre la base del informe de exploración y los resultados de laboratorio, se puede afirmar que en la secuencia estratigráfica del subsuelo de los sitios en estudio se pueden describir los tipos de suelos que a continuación se mencionan:

- Suelos con predominio de fracción fina, los cuales están constituidos por arcillas inorgánicas de alta compresibilidad y de alta plasticidad, de color gris oscuro. Según el sistema unificado de clasificación de suelos (**SUCS**), se clasifica del tipo **CH**. La consistencia relativa de este tipo de suelo es blanda.
- Suelos elásticos, los cuales se encuentran conformados por limos arcillosos, de alta compresibilidad y de alta plasticidad, color café oscuro. Este material se clasifica, según el sistema unificado de clasificación de suelos (**SUCS**), del tipo **MH**. La consistencia relativa de este material es blanda.

#### 5.1.2 Revestimiento de cauce

En general el suelo predominante en el sitio en estudio, en el estrato superior, corresponde a un suelo elástico con predominio de fracción fina, constituido por una arcilla inorgánica de alta compresibilidad, del tipo **CH o MH**. Este material en el sondeo Sm-1 presentaba un espesor promedio de 0.50 metros y en los sondeos Sm-2 y Sm-3 su espesor es de 0.10 metros.

Se hace notar que en el sondeo Sm-4, se observó una capa superficial de 0.10 metros de espesor, la cual estaba constituida por desechos (basura) de todo tipo

Subyace al estrato de limo arcilloso, un lecho de piedra bolón limo arcilloso de alta compresibilidad.

### 5.1.3 Estudio de Laboratorio.

Las muestras obtenidas en el campo se reagruparon en el laboratorio para realizarle los ensayos básicos necesarios, para tal efecto se utilizaron los procedimientos establecidos por las Normas de la A.S.T.M., los que se muestran en tabla 3.

Tabla 3:Ensayo de Laboratorio

Ensaye	Especificaciones A. S. T. M.
Granulometría de los suelos	D – 422
Límite líquido de los suelos	D – 423
Índice de plasticidad de los suelos	D – 424
Humedad de campo	D – 558

Los suelos en estudio se clasificaron por el sistema S.U.C.S. (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), según la A.S.T.M., en su designación D 2487.

## 5.2 Estudio hidrológico

### 5.2.1 Microcuenca MCB<sup>o</sup> Oscar Gámez No 2, La Comuna y 14 de Abril

Determinación del caudal de la Micro cuenca MCB<sup>o</sup> OSCAR GAMEZ NO 2, (Tabla 5) LA COMUNA Y 14 DE ABRIL (Ver Anexo III. de Área de Cuenca).

Por el método racional

La fórmula del método racional es una herramienta muy utilizada para medir escorrentías y descargas, se obtienen buenos resultados para cuencas no mayores de 500km<sup>2</sup>.

#### 5.2.1.1 Parámetros de la micro cuenca

- Parámetros físicos determinados directamente en el plano geodésico.

Tabla 4. Datos de la cuenca

Parámetros	Datos
Área	2.57 km <sup>2</sup>
Longitud del cauce	1,527m
Altura máxima	1,707msnm
Altura mínima	1,668msnm
Período de retorno	25 años

- Pendiente del terreno:

La pendiente del terreno la calculamos de acuerdo a las alturas máximas y mínimas y a la distancia máxima del flujo en la cuenca.

$$Sc = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{L} = \frac{1,707 - 1,668}{1,527} = \frac{0.0255m}{m} = 2.55\%$$

- Coeficiente de escorrentía:

El coeficiente de escorrentía “C”, que refleja las características de la cuenca, como topografía, tipo de suelo y uso de la tierra, se determinó por medio de tabla 5.

Tabla 5: Coeficiente de escorrentia

Parámetro	valor
Uso del suelo: (zona suburbana)	Us = 0.20
Tipo de suelo: (terreno arcilloso)	Ts = 1.50
Pendiente del terreno: (5.1 a 10.0 %)	Pt = 2.00
$C = Us * Ts * Pt$	$0.20 * 1.50 * 2.0 = 0.6$

- Tiempo de concentración:

Se determinó en función de la longitud del cauce y de la pendiente de la cuenca.

$$t^c = 0.0041 \left[ \frac{3.28L}{\sqrt{Sc}} \right]^{0.77} = 0.0041 \left[ \frac{3.28 * 1,527}{\sqrt{0.0255}} \right]^{0.77} = 11.879 \text{ min.}$$

- Intensidad de la lluvia:

Se determina la intensidad de la lluvia en función período de retorno para 25 años, de las curvas IDF estación Estelí- Condega (**Anexo II**) y en base a las normas que rigen para una zona inundable de alto riesgo.

$$I = \frac{A}{(TR + d)^b} = \frac{4502.393}{(25 + 22)^{0.969}} = 107.94 \text{ (mm/h)}$$

Finalmente se calculó el caudal que nos da el siguiente resultado:

- El caudal por el método racional sería:

$$Q = 0.2778 C * I * A = (0.2778) (0.6) (107.94) (2.57) = 4.62 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 5.3 CALCULOS HIDRAULICOS

Para el tramo en estudio del cauce se calculó el caudal del área poblada utilizando el método racional, con dicho caudal resultante se realizó la simulación hidráulica. El resultado obtenido se muestra en la Tabla 8.

Tabla 6: Caudal de diseño

TR (año)	Q(m <sup>3</sup> /s)
25	4.62

#### 5.3.1 Cálculo de Canal por H-Canales

Para el cauce denominado MCB<sup>o</sup> Oscar Gámez No 2, La Comuna y 14 de abril, se realizó el diseño hidráulico, aplicando el software H- Canal y el programa de Hec – Ras para verificar si las obras existentes de drenaje tienen la capacidad de transportar el caudal calculado (**ver Tabla 7 y 8**). Utilizando el caudal que se calculó por el método racional. Donde se muestra en las capturas del software de h- canal

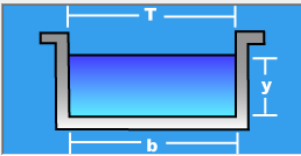
que el diseño es apropiado para el cauce, donde no se puede tomar talud porque se encuentran casas cerca al cauce en estudio (**ver anexo I**).

Tabla 7: Cálculo de tirante normal.

Lugar:	<input type="text"/>	Proyecto:	<input type="text"/>
Tramo:	<input type="text"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>

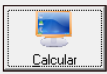
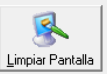


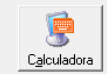
  

<b>Datos:</b>	
Caudal (Q):	<input type="text" value="4.62"/> m <sup>3</sup> /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="2.50"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.015"/> m/m

<b>Resultados:</b>			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.4228"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="3.3457"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="1.0571"/> m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.3160"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="2.5000"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="4.3704"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.1459"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="1.3964"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

 Calcular	 Limpiar Pantalla	 Imprimir	 Menú Principal	 Calculadora
--	--	--	--	---

Ingresar el valor del ancho de fondo del canal

09.44      28/10/2019

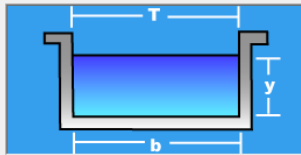
Fuente: H- Canal e propia

Tabla 8: Cálculo del caudal - cauce revestido

Lugar:	<input type="text"/>	Proyecto:	<input type="text"/>
Tramo:	<input type="text"/>	Revestimiento:	<input type="text"/>



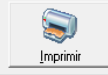

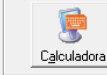
  

<b>Datos:</b>	
Tirante (y):	<input type="text" value="0.4228"/> m
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="2.50"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="0"/>
Coefficiente de rugosidad (n):	<input type="text" value="0.013"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.015"/> m/m

<b>Resultados:</b>			
Caudal (Q):	<input type="text" value="4.6193"/> m <sup>3</sup> /s	Velocidad (v):	<input type="text" value="4.3702"/> m/s
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="1.0570"/> m <sup>2</sup>	Perímetro (p):	<input type="text" value="3.3456"/> m
Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.3159"/> m	Espejo de agua (T):	<input type="text" value="2.5000"/> m
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.1459"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="1.3962"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Subcrítico"/>		

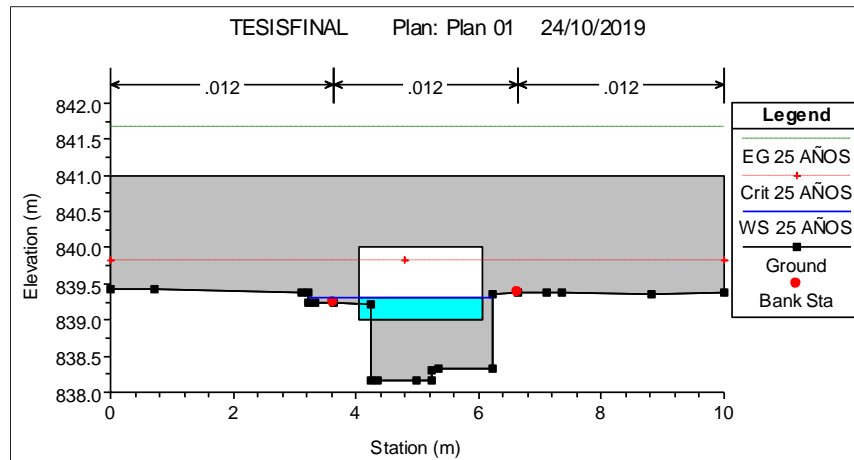
 Calcular	 Limpiar Pantalla	 Imprimir	 Menú Principal	 Calculadora
--	--	--	--	---

Fuente: H-Canal e propia

### 5.3.2 Revisión de la capacidad de las obras existentes en cruces del cuace.

Se revisó una caja puente que está ubicada en la intersección de la calle (figura 3 y tabla 9) donde se puede observar que la caja puente tiene la capacidad de transportar el caudal calculado por el método racional para un retorno de 25 años y una alcantarilla que se encuentra en la intersección de la calle (Figura 4 y tabla 10). que de igual forma se observa que tiene la capacidad de trasportar dicho caudal

**Figura 3. Caja puente existente**



Fuente: Propia



Tabla 9: Datos de la caja puente existente – Programa de Hec-ras

Culvert ID:

Solution Criteria:

Shape:  Span:  Rise:

Chart #:

Scale #:

Distance to Upstrm XS:  Upstream Invert Elev:

Culvert Length:  Downstream Invert Elev:

Entrance Loss Coeff:  # identical barrels :

Exit Loss Coeff:

Manning's n for Top:

Manning's n for Bottom:

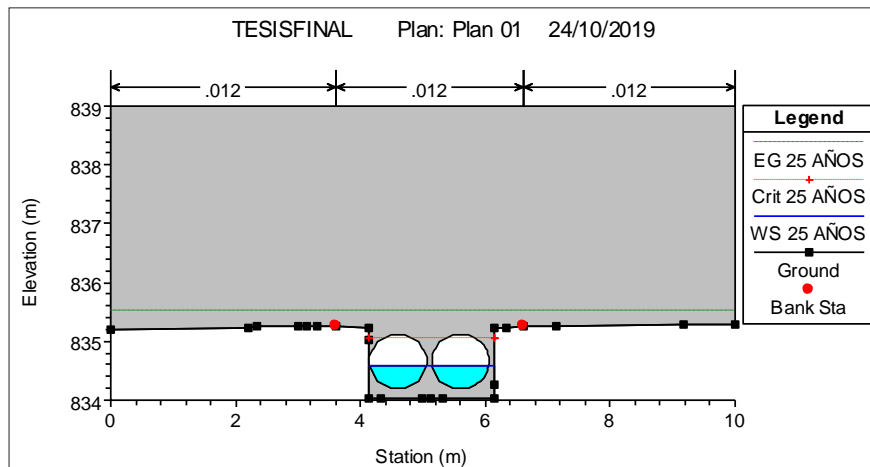
Depth to use Bottom n:

Depth Blocked:

Centerline Stations		
	Upstream	Downstream
1	5.05	5.05
2		
3		
4		

Fuente: Propia

Figura 4. Alcantarilla existente



Fuente: Propia

Tabla 10: Datos de alcantarilla existente – Programa de Hec-ras

Add ... Copy Delete ... Culvert ID: **Culvert #1**  
 Solution Criteria: Highest U.S. EG Rename ...  
 Shape: Circular Span: Diameter: 0.92  
 Chart #: 1 - Concrete Pipe Culvert  
 Scale #: 1 - Square edge entrance with headwall  
 Distance to Upstrm XS: 3 Upstream Invert Elev: 837  
 Culvert Length: 6 Downstream Invert Elev: 834.2  
 Entrance Loss Coeff: 0.013 # identical barrels: 2  
 Exit Loss Coeff: 1  
 Manning's n for Top: 0.013  
 Manning's n for Bottom: 0.013  
 Depth to use Bottom n: 0  
 Depth Blocked: 0

Centerline Stations		
	Upstream	Downstream
1	4.6	4.6
2	5.6	5.6
3		
4		

OK Cancel Help

Fuente: Propia

### 5.3.3 Revisión de canal con el programa HEC – RAS

Para el uso del programa, se usó de ejemplo la sección hidráulica en estudio. Para empezar el HEC – RAS, se abre la ventana principal. (Ver Figura N°5 y 6).

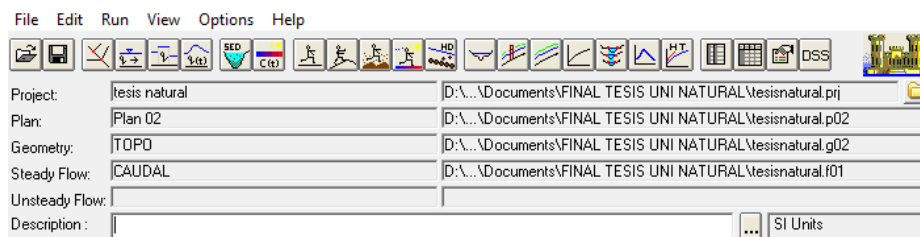
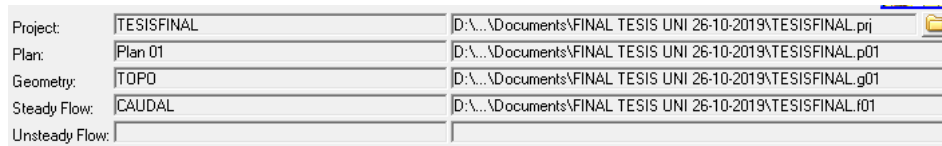


Figura 5. Ventanilla principal de Hec – Ras- Cauce natural

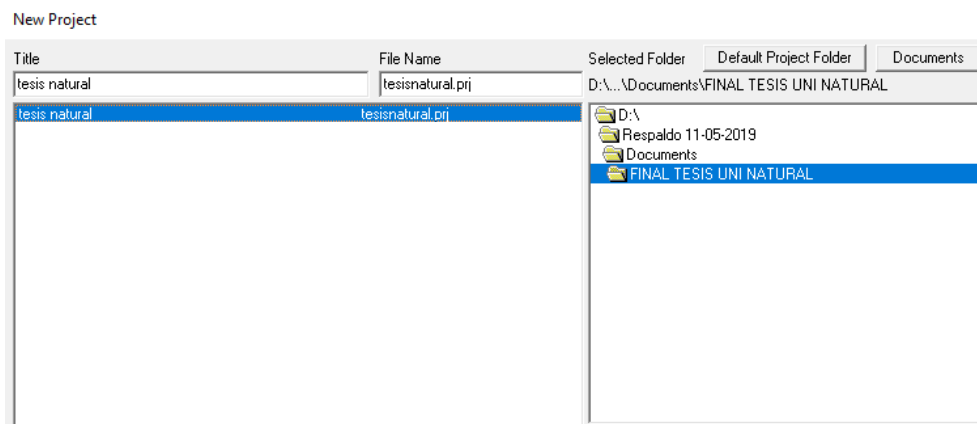


**Figura 6. Ventanilla principal de Hec – Ras- Cauce revestido**

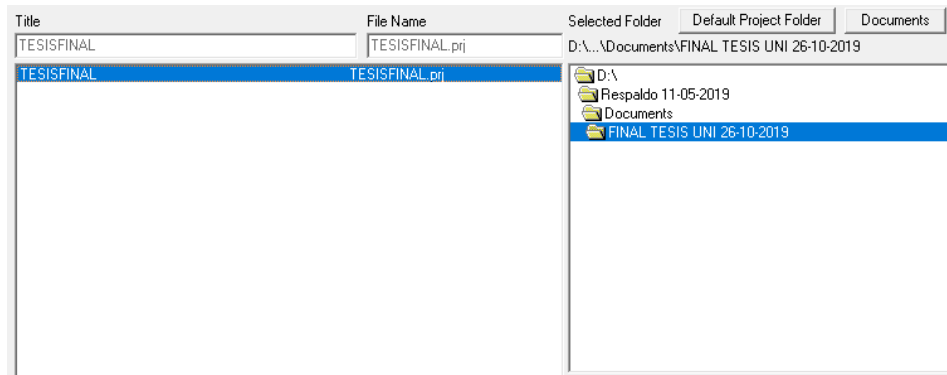
### 5.3.3.1 Pasos en el desarrollo de un modelo hidráulico con HEC – RAS

Hay cinco pasos principales para crear un modelo hidráulico con el programa HEC – RAS.

1. Empezar un proyecto nuevo. Para empezar un nuevo proyecto se escoge en el menú file de la ventana principal New Project, aquí se nombra el proyecto y el archivo en donde se guarda. Antes de introducir cualquier dato geométrico se elige el sistema de unidades en el que se va a trabajar. (Ver Figura 7 y 8)



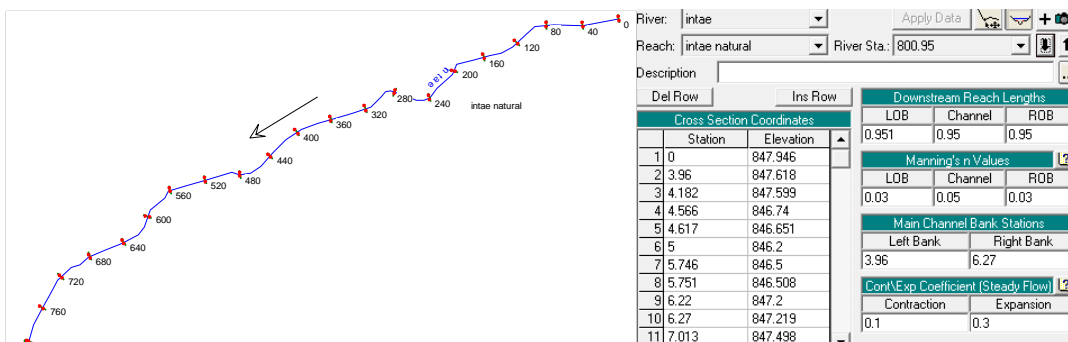
**Figura 7. Nuevo Proyecto – cauce natural**



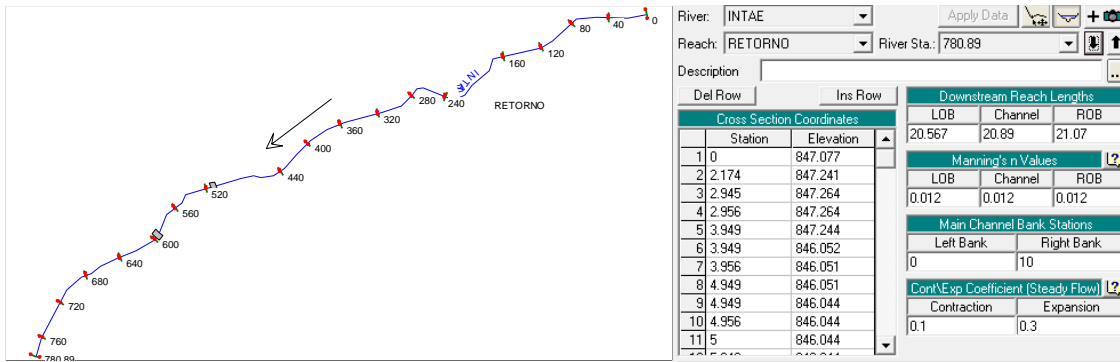
**Figura 8. Nuevo Proyecto – cauce revestido**

## 2. Introducir datos geométricos.

Los datos geométricos se introducen al seleccionar Geometric Data del menú Edit, luego se empiezan editando al apretar el botón RiverReach. Se dibuja el tramo desde aguas arriba a aguas abajo, después que el tramo se dibuja se introducen datos de las secciones transversales del canal en estudio. (Ver Figura 9 y 10)



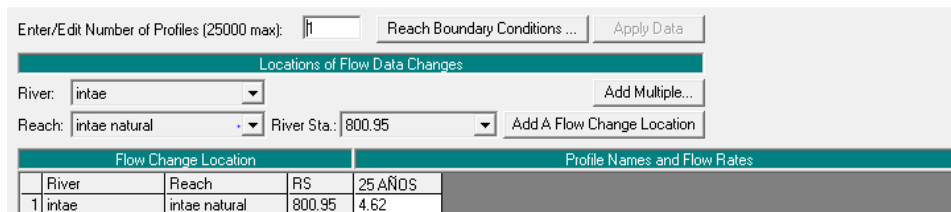
**Figura 9. Grafico del cauce natural y datos de secciones transversales**



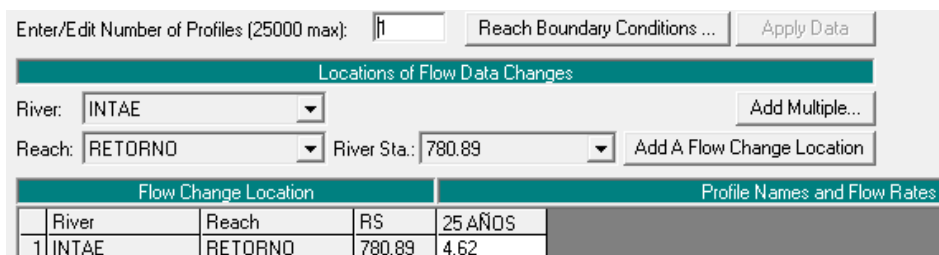
**Figura 10. Grafico del cauce revestido y datos de secciones transversales**

### 3. Introducir datos de flujo.

Una vez que los datos geométricos se han entrado se empieza a introducir los datos de flujo que se requiera. En este caso se introduce caudal para un periodo (25 años), este caudal de entrada se calcula por medio de un método hidrológico. (Ver Figura 11 y 12)



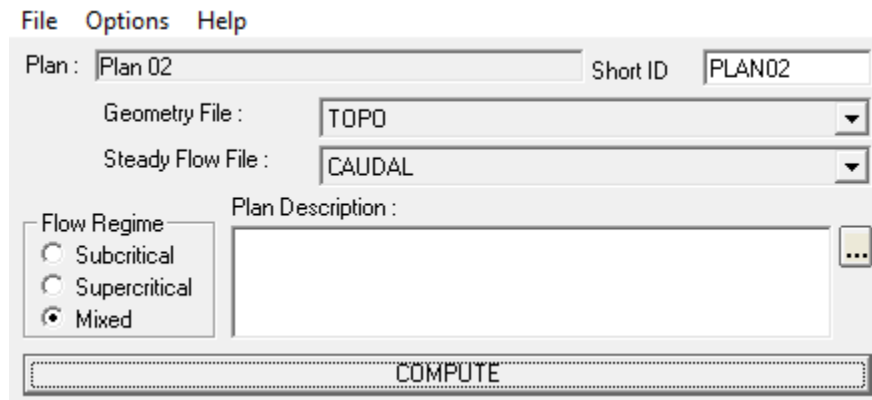
**Figura 11. Datos de flujo cauce natural**



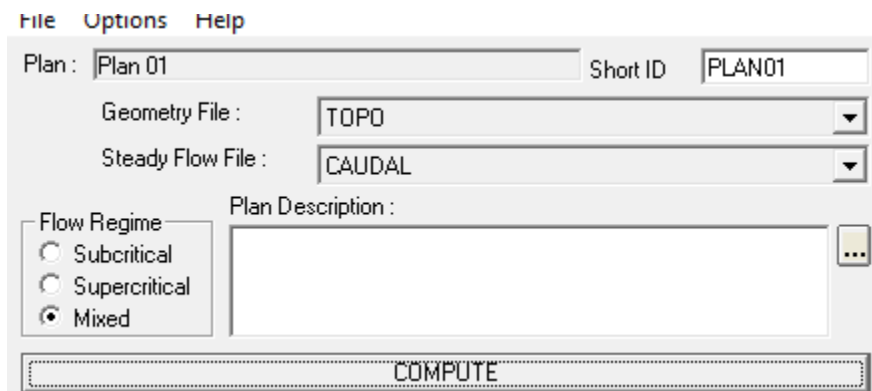
**Figura 12. Datos de flujo cauce revestido**

#### 4. Ejecutar los Cálculos Hidráulicos.

Una vez que los datos geométricos y de flujo estén introducidos, el modelador puede comenzar los cálculos. (Ver Figura 13)



**Figura 13. Modelador comienza los cálculos – cauce natural**



**Figura 14. Modelador comienza los cálculos – cauce revestido**

5. Ver e Imprimir los Resultados.

Aquí se puede imprimir el resultado a través de gráficos de secciones transversales y gráficos de perfiles de agua. (Ver Figuras N°15 y Figuras 16)

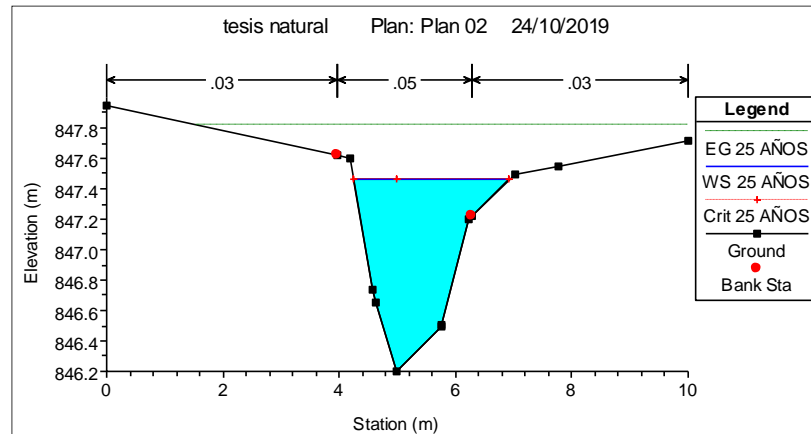


Figura 15. Gráfico de sección transversal cauce natural

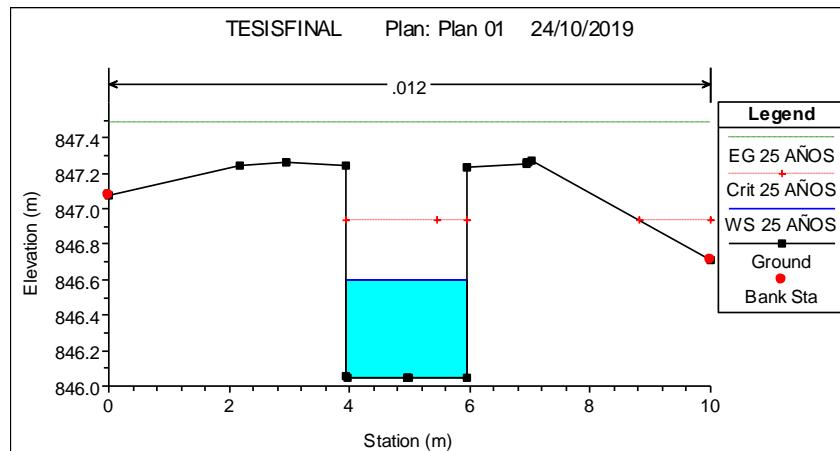
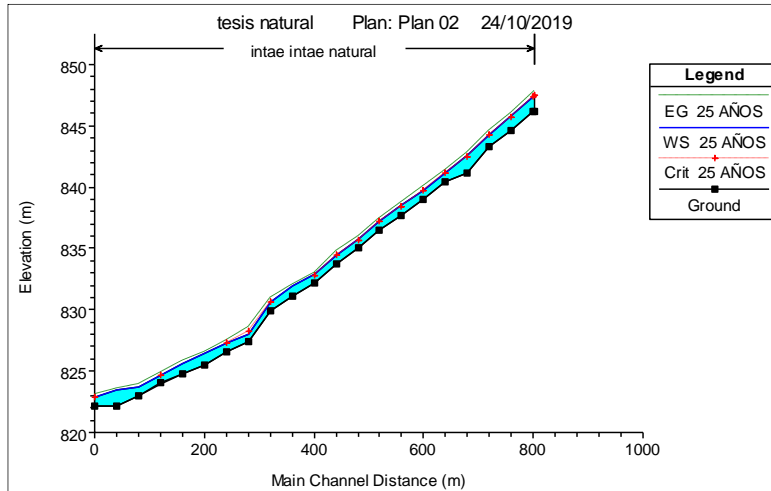
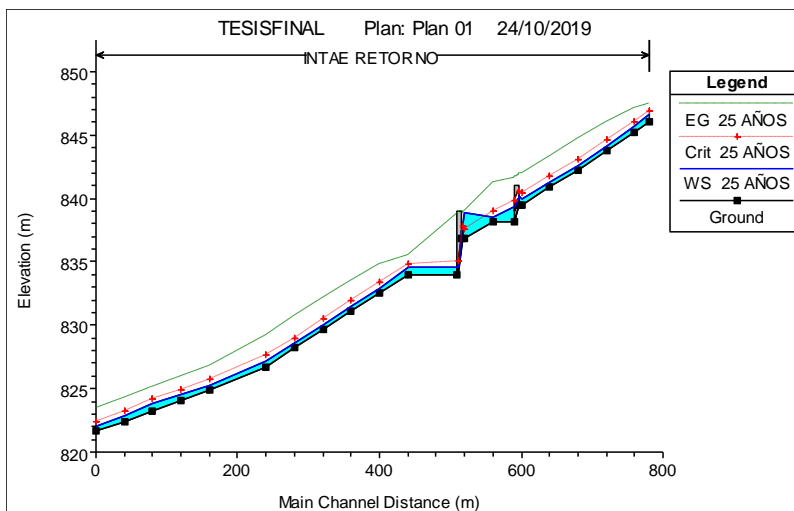


Figura 16. Gráfico de sección transversal cauce revestido



**Figura 17. Gráfico de perfiles de agua cauce natural**



**Figura 18. Gráfico de perfiles de agua cauce revestido**

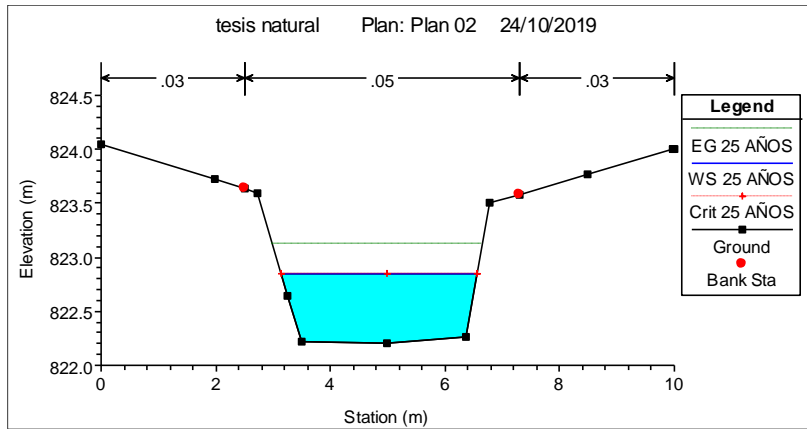
#### 5.4 Evaluación hidráulica de las crecidas con HEC-RAS

El resultado de la evaluación hidráulica es el del cauce natural.

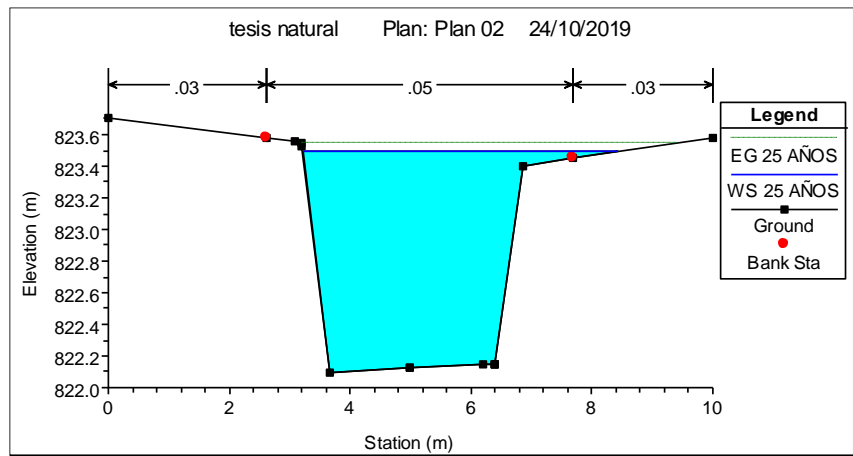
Para evidenciar los resultados obtenidos en la evaluación hidráulica, en los del escenario planteado, se seleccionaron veintiún puntos los cuales se presentan a



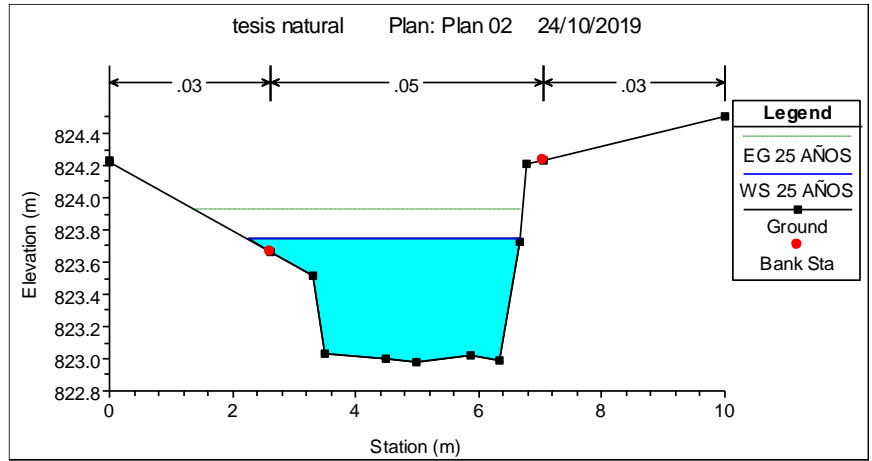
continuación en las figuras N°19 a N°39, dichos resultados obtenidos plasman el caudal con período de retorno de 25 años y la condición natural del Cauce:



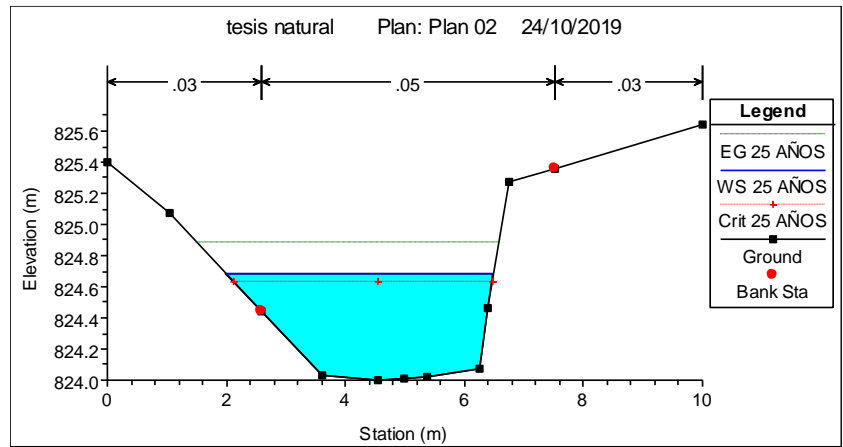
**Figura 19. Sección de cauce natural. Estación No. 0+00**



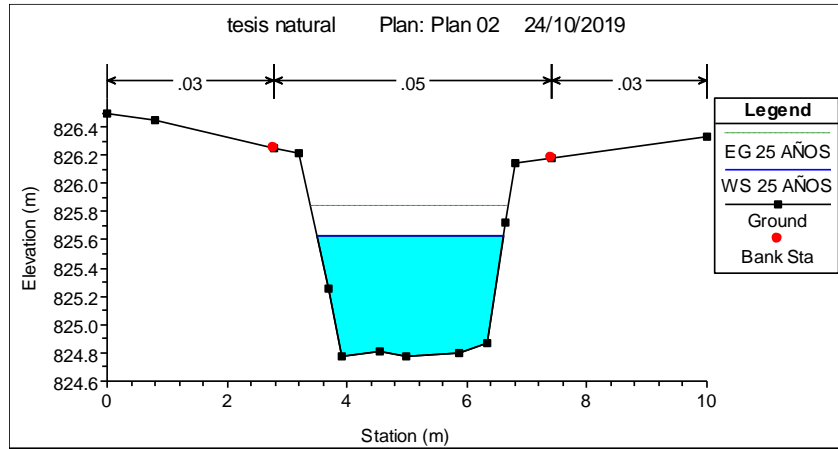
**Figura 20. Sección de cauce natural. Estación No. 0+40**



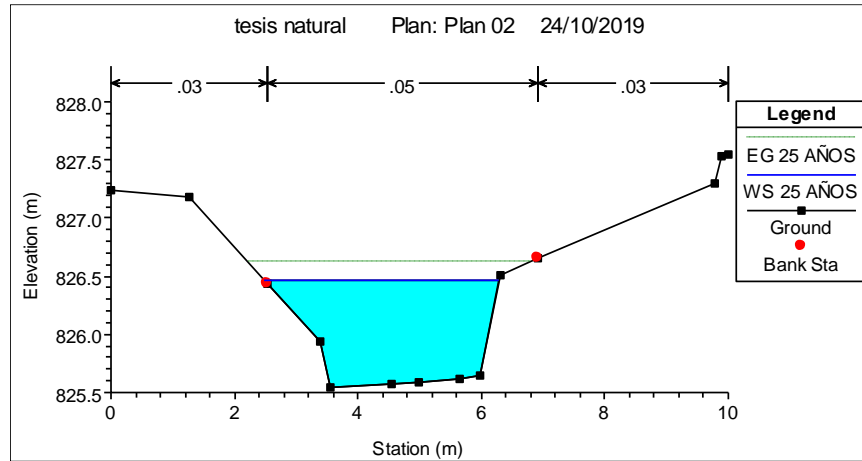
**Figura 21. Sección de cauce natural. Estación No. 0+80**



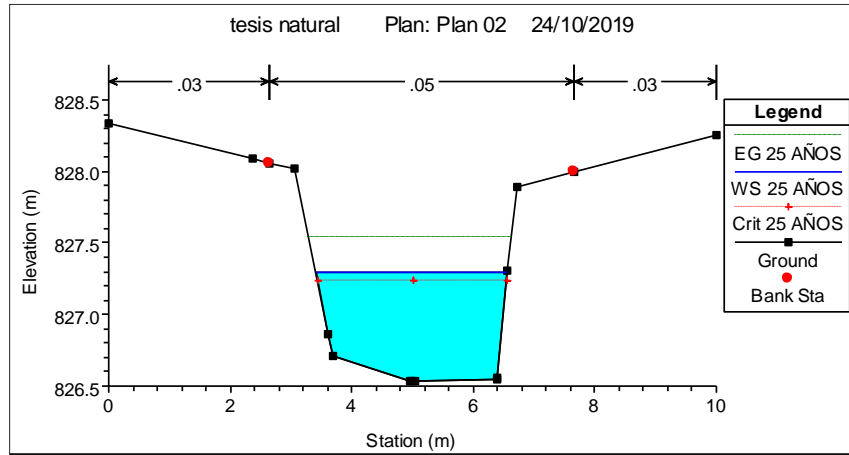
**Figura 22. Sección de cauce natural. Estación No. 0+120**



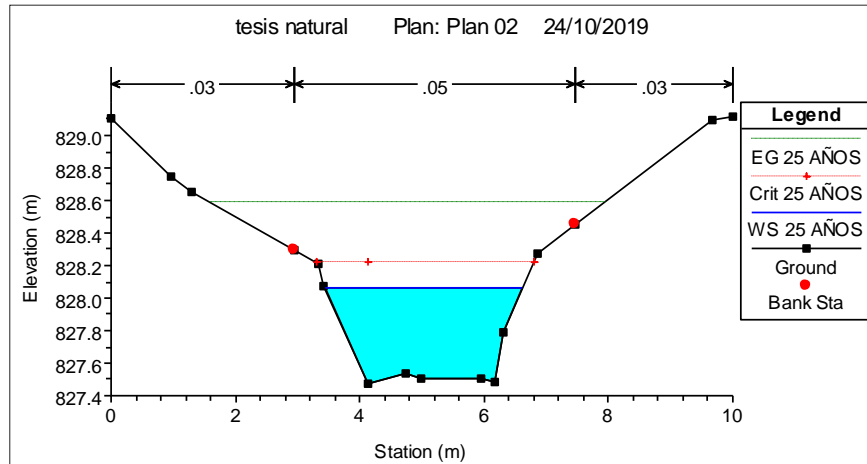
**Figura 23. Sección de cauce natural. Estación No. 0+160**



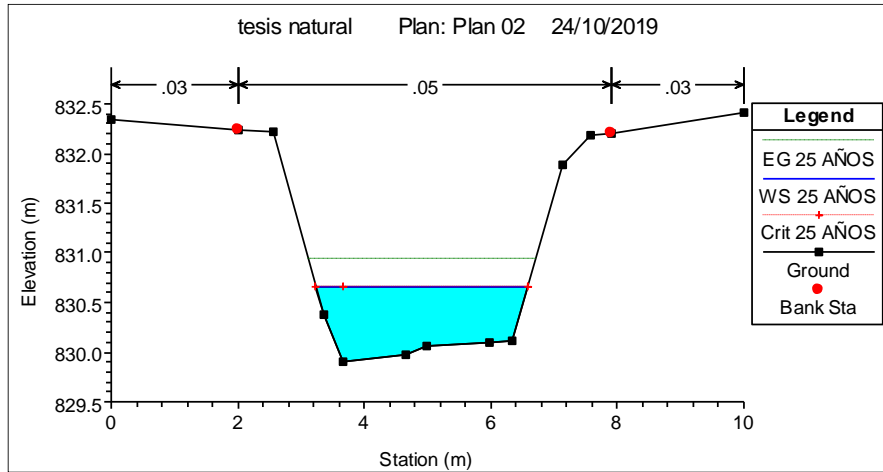
**Figura 24. Sección de cauce natural. Estación No. 0+200**



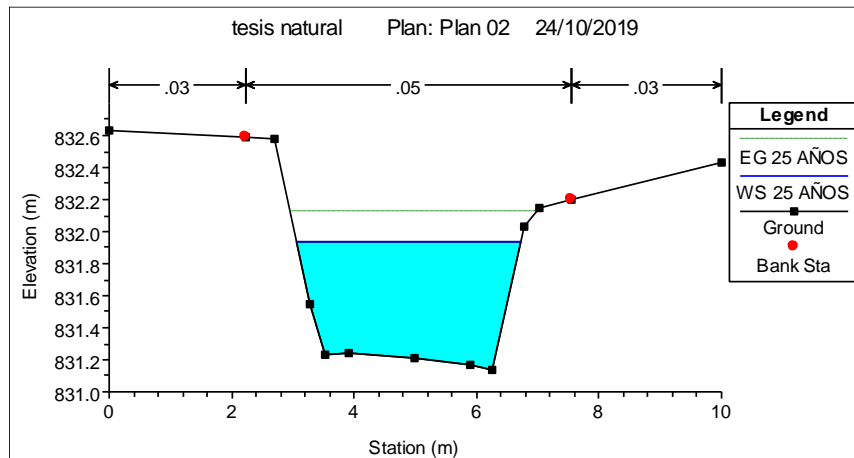
**Figura 25. Sección de cauce natural. Estación No. 0+240**



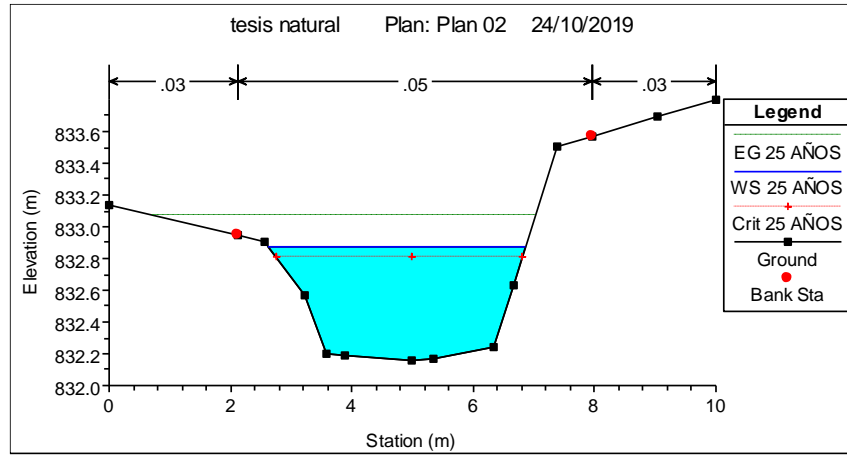
**Figura 26. Sección de cauce natural. Estación No. 0+280**



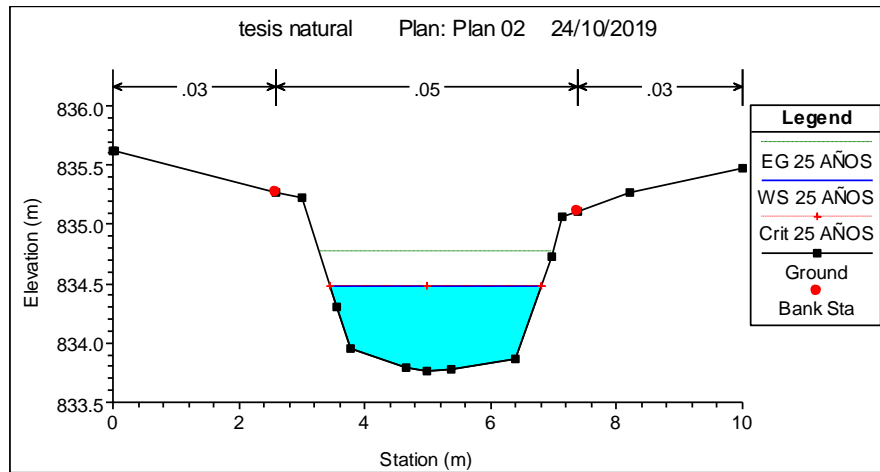
**Figura 27. Sección de cauce natural. Estación No. 0+320**



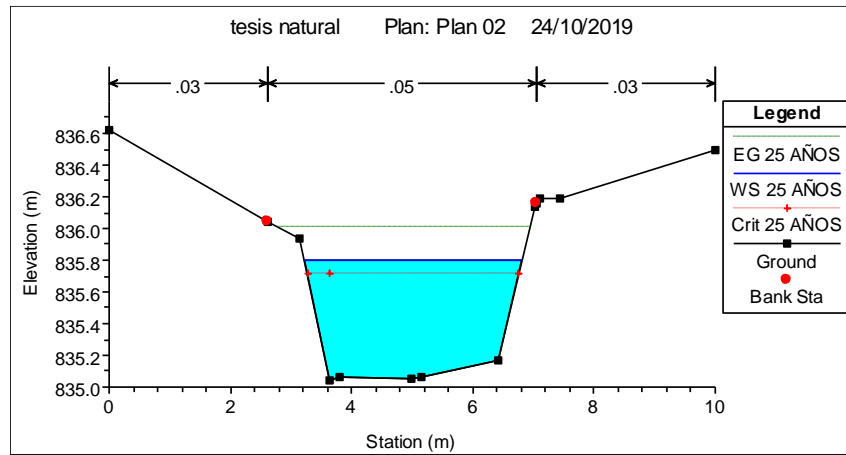
**Figura 28. Sección de cauce natural. Estación No. 0+360**



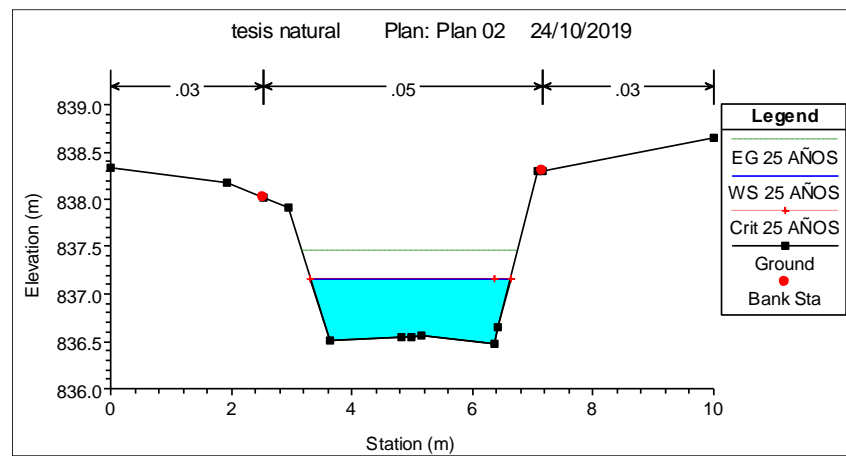
**Figura 29. Sección de cauce natural. Estación No. 0+400**



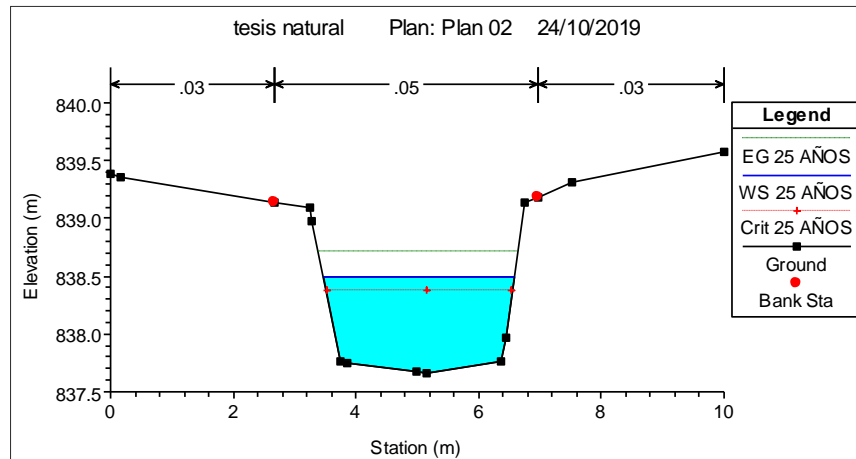
**Figura 30. Sección de cauce natural. Estación No. 0+440**



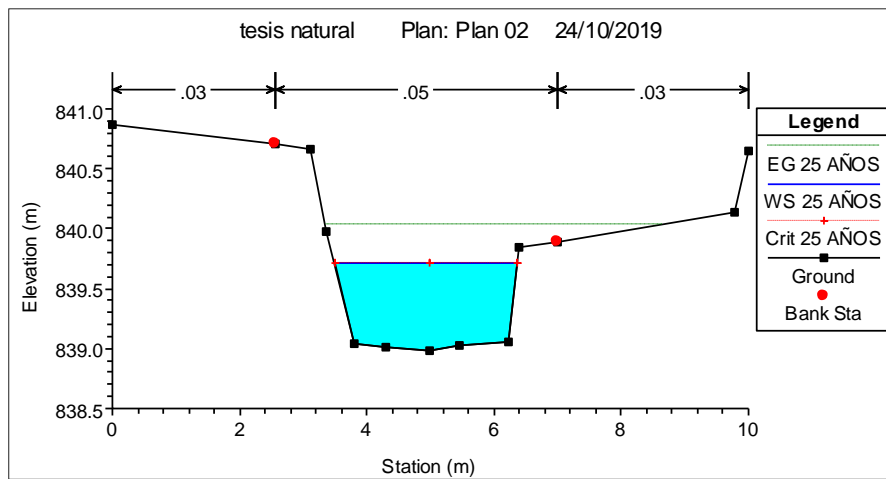
**Figura 31. Sección de cauce natural. Estación No. 0+480**



**Figura 32. Sección de cauce natural. Estación No. 0+520**

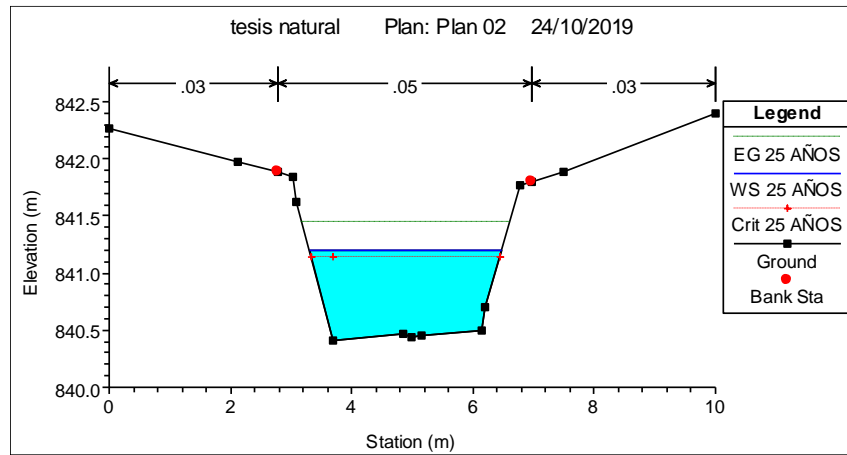


**Figura 33. Sección de cauce natural. Estación No. 0+560**

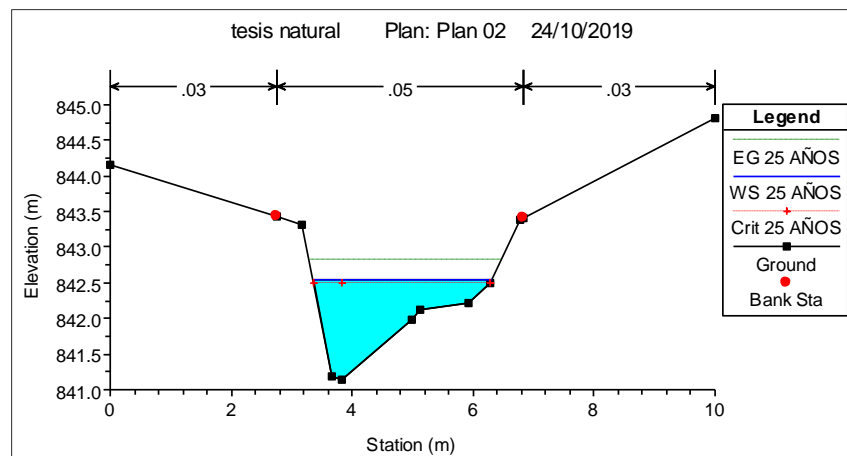


**Figura 34. Sección de cauce natural. Estación No. 0+600**

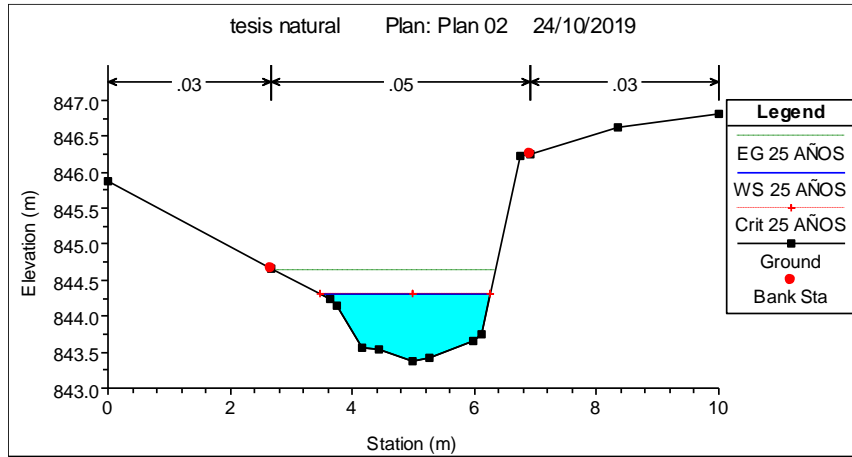




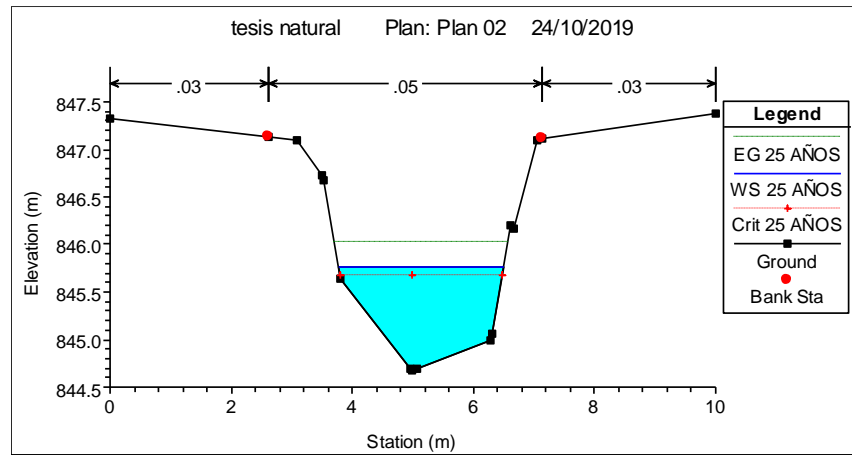
**Figura 35. Sección de cauce natural. Estación No. 0+640**



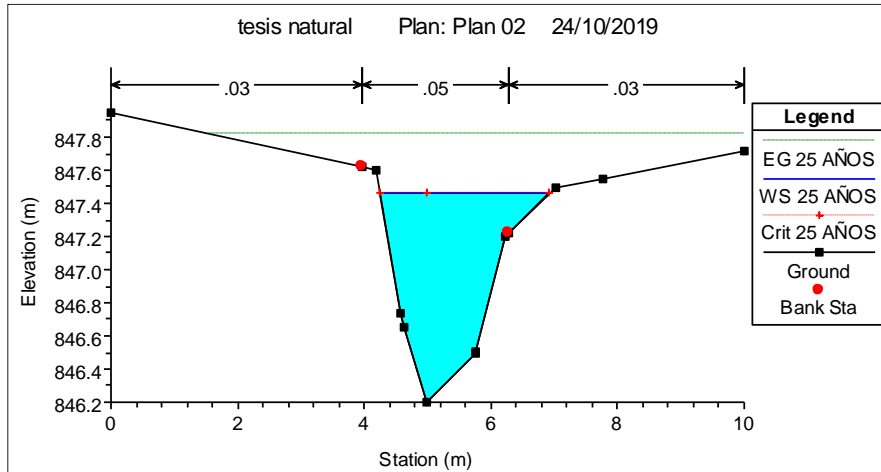
**Figura 36. Sección de cauce natural. Estación No. 0+680**



**Figura 37. Sección de cauce natural. Estación No. 0+720**



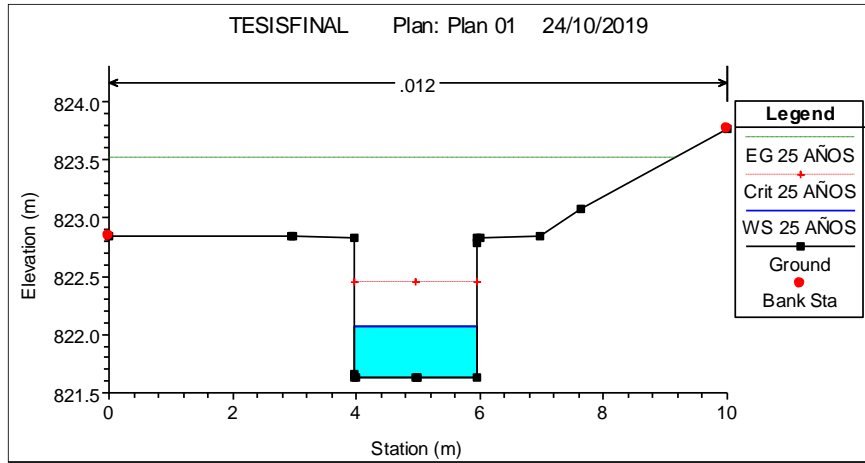
**Figura 38. Sección de cauce natural. Estación No. 0+760**



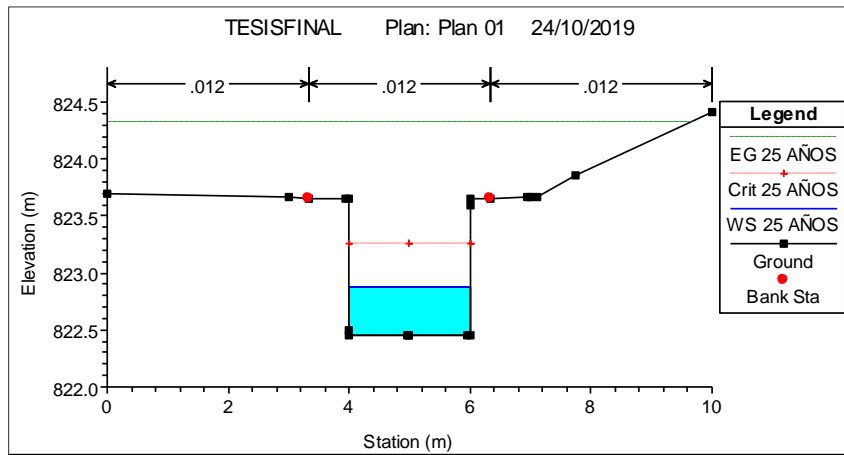
**Figura 39. Sección de cauce natural. Estación No. 0+800.95**

Se puede observar en las figuras del número 19 al número 39, en las condiciones naturales en todas las estaciones de las secciones transversales analizadas se refleja que el cauce en ese tramo no tiene capacidad de conducción para el caudal de escorrentía para la crecida evaluada ya que el nivel del agua está por encima de los niveles de las secciones.

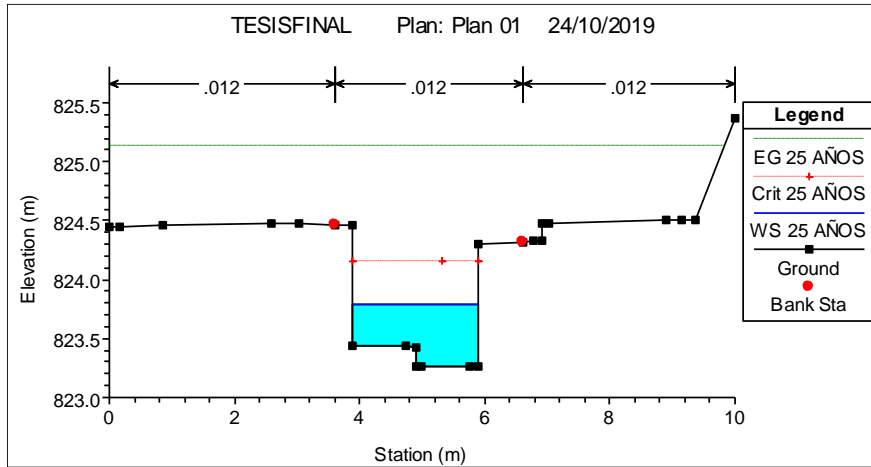
A continuación, se presentan, en el mismo orden las figuras N° 40 a la 65, con los resultados de la evaluación hidráulica en cauce revestido, correspondiente a las modificaciones en el cauce.



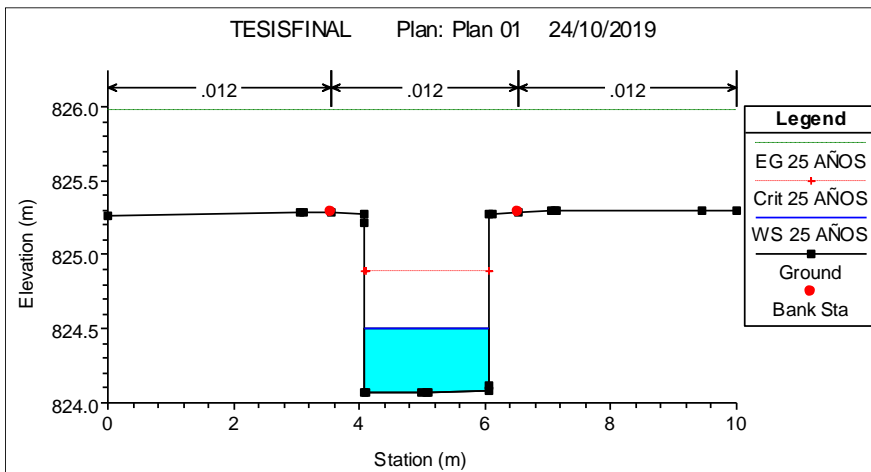
**Figura 40. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+000**



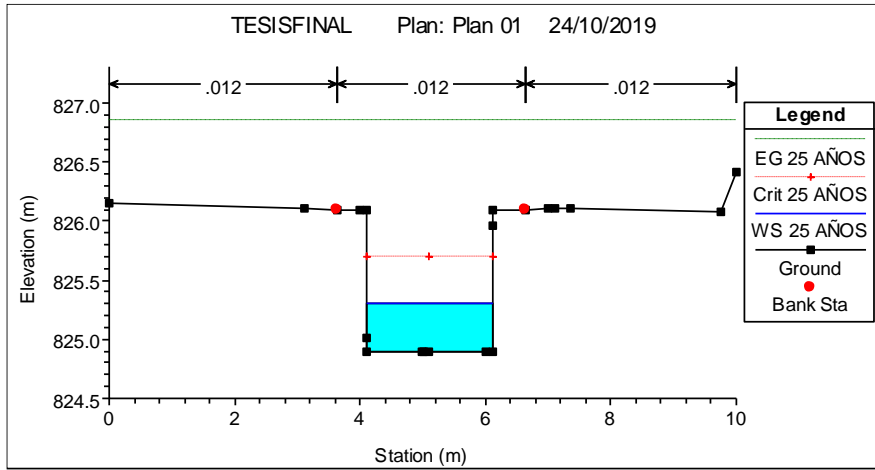
**Figura 41. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+40**



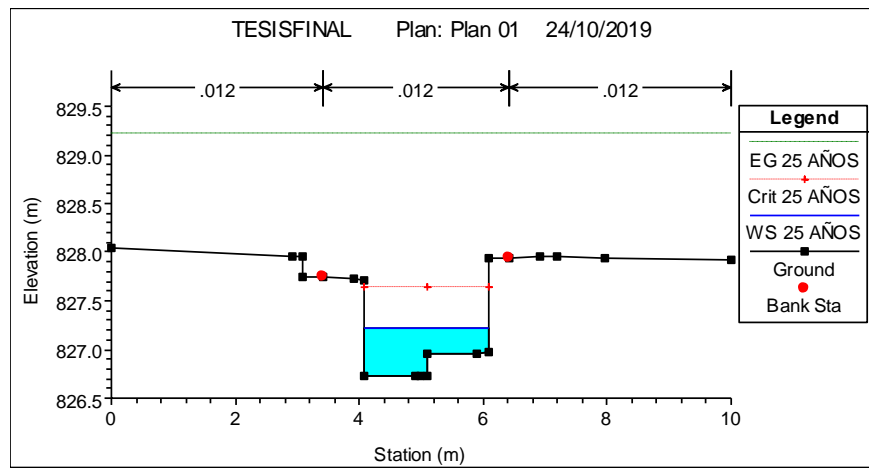
**Figura 42. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+80**



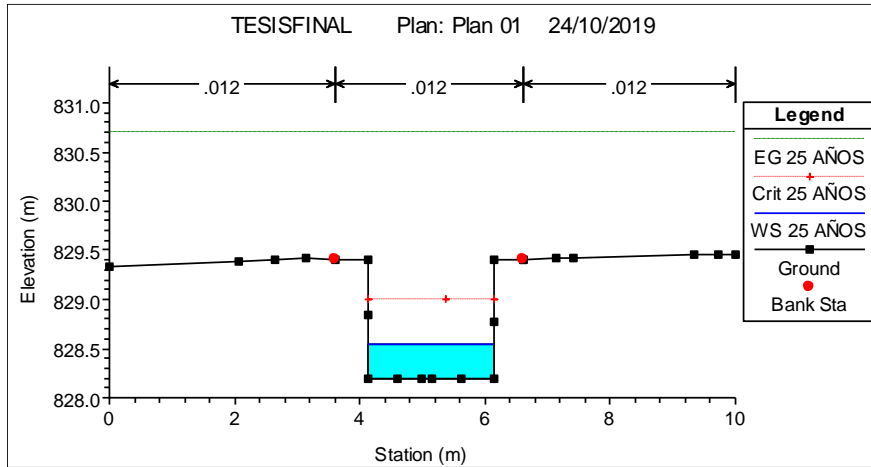
**Figura 43. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+120**



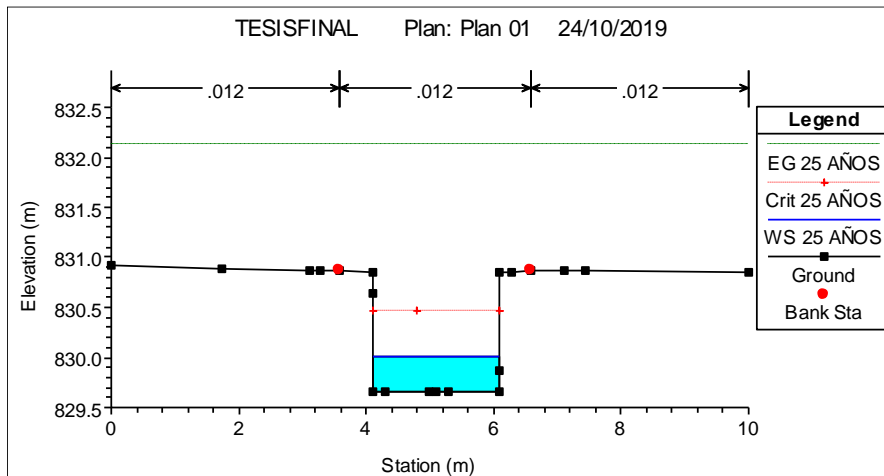
**Figura 44. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+160**



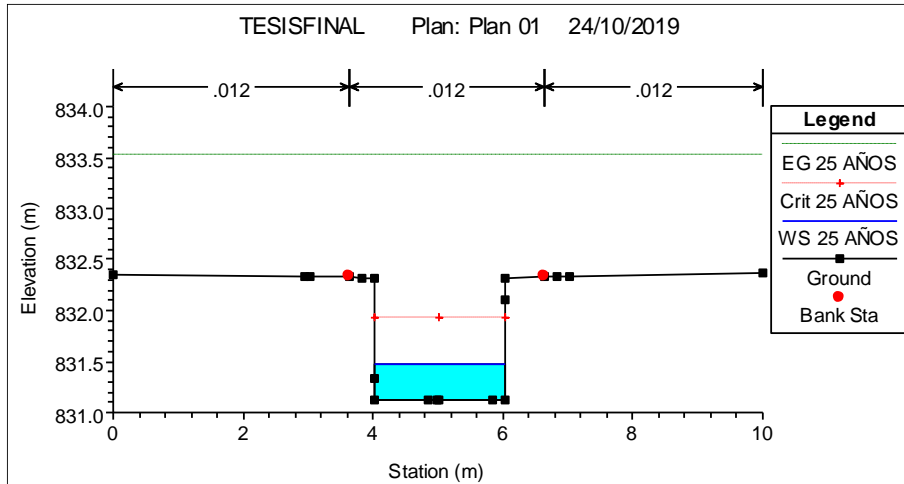
**Figura 45. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+240**



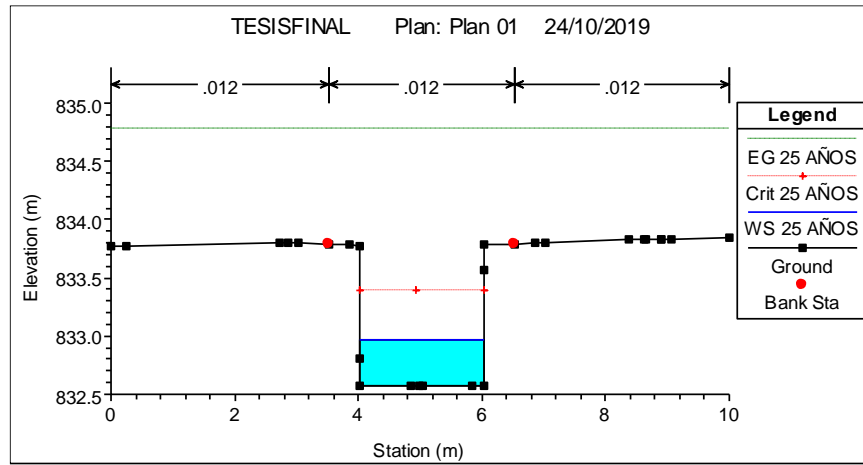
**Figura 46. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+280**



**Figura 47. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+320**

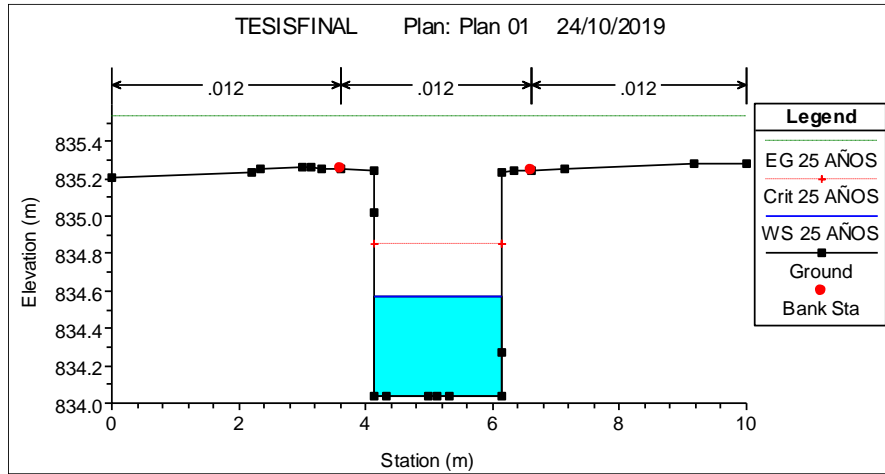


**Figura 48. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+360**

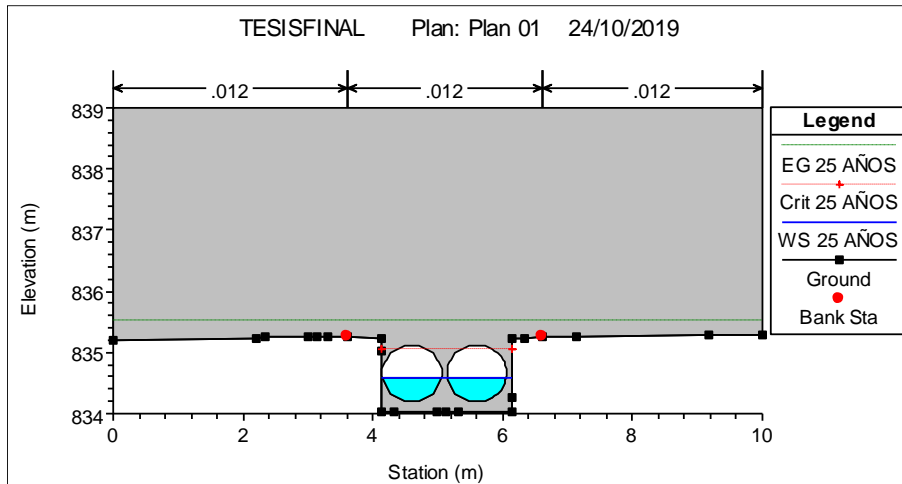


**Figura 49. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+400**

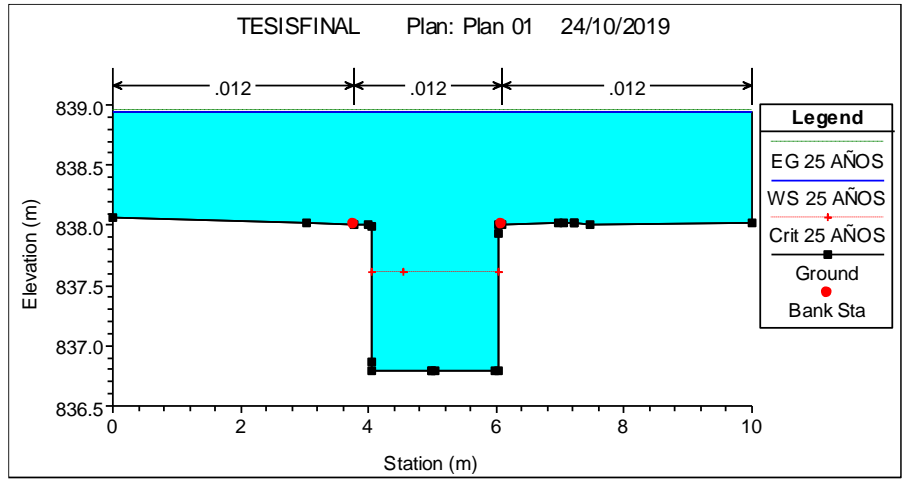




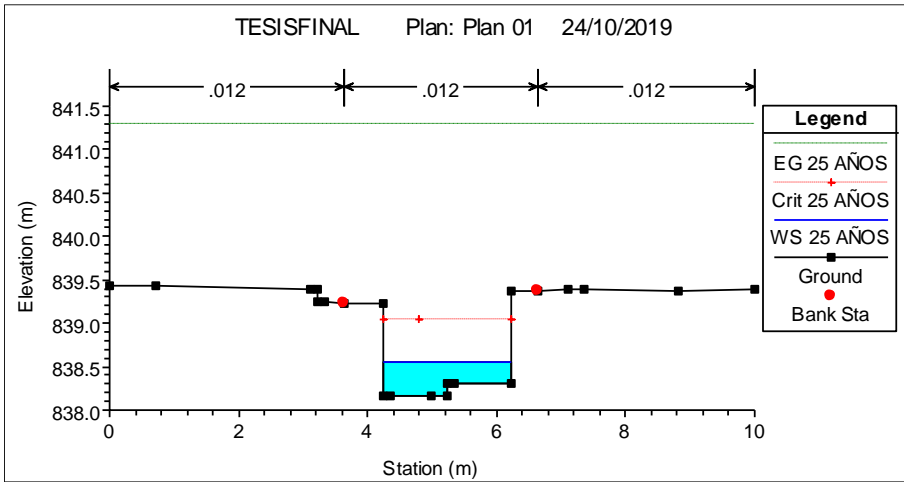
**Figura 50. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+440**



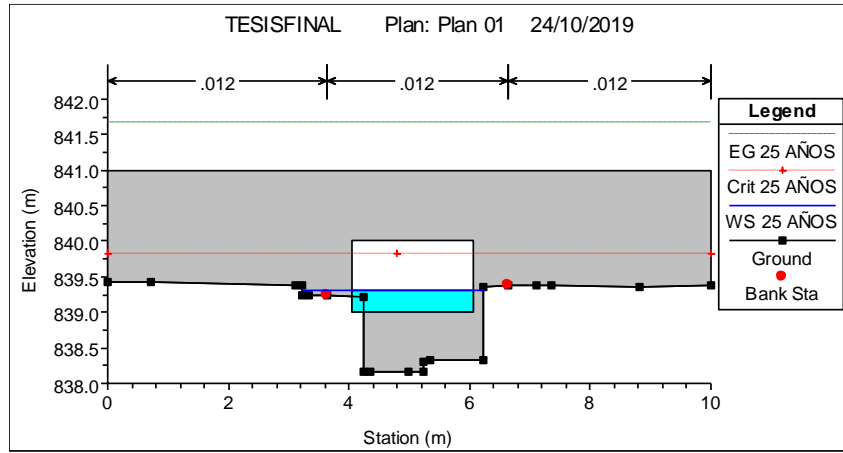
**Figura 51. Sección de cauce revestido con alcantarilla. Estación No. 0+500**



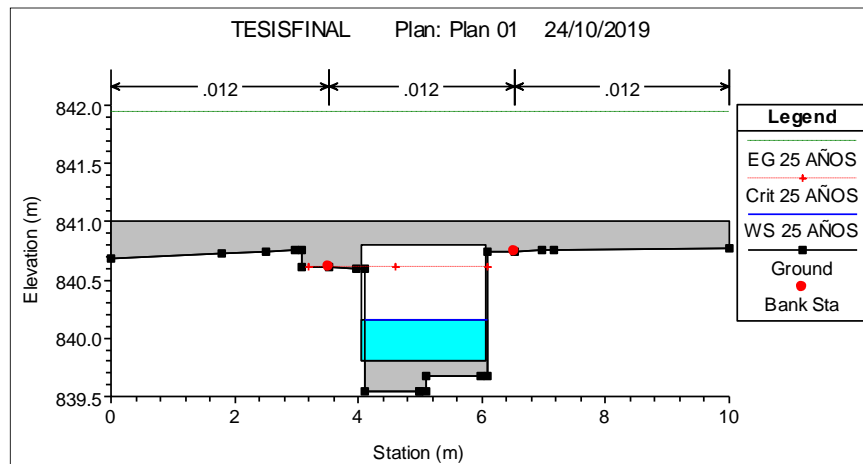
**Figura 52. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+520**



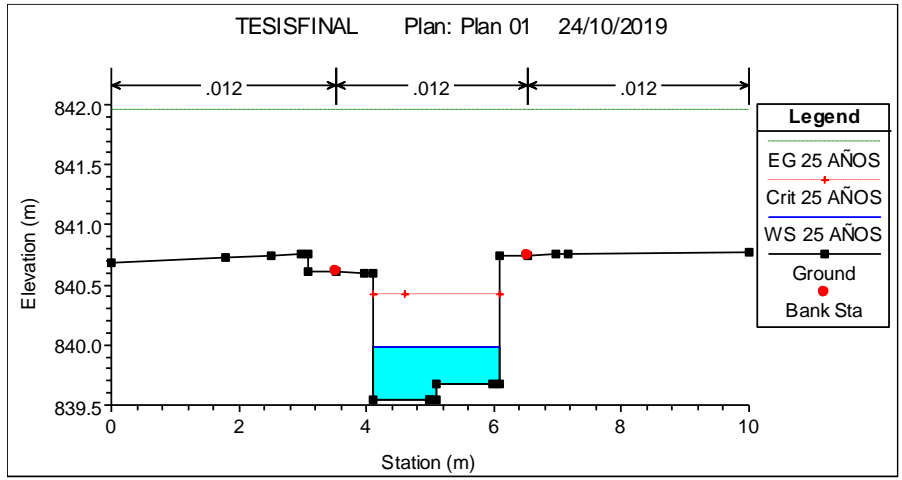
**Figura 53. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+560**



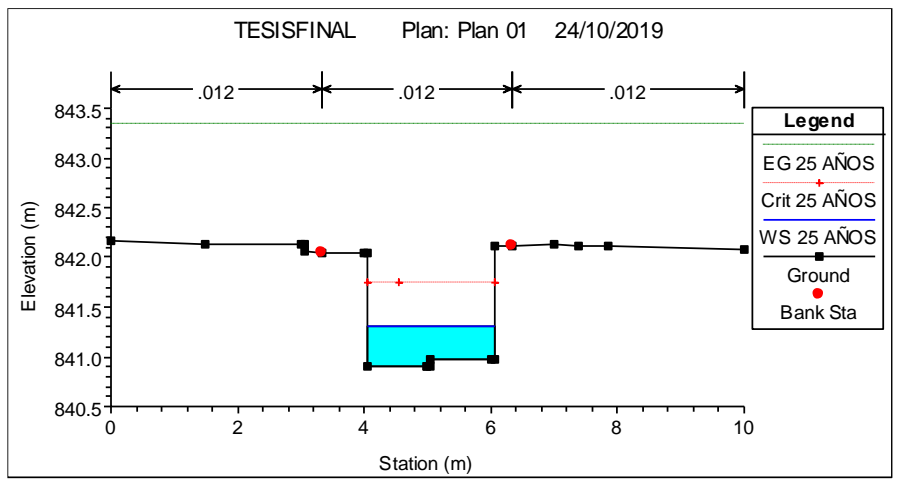
**Figura 58. Sección de cauce revestido con caja puente. Estación No. 0+590**



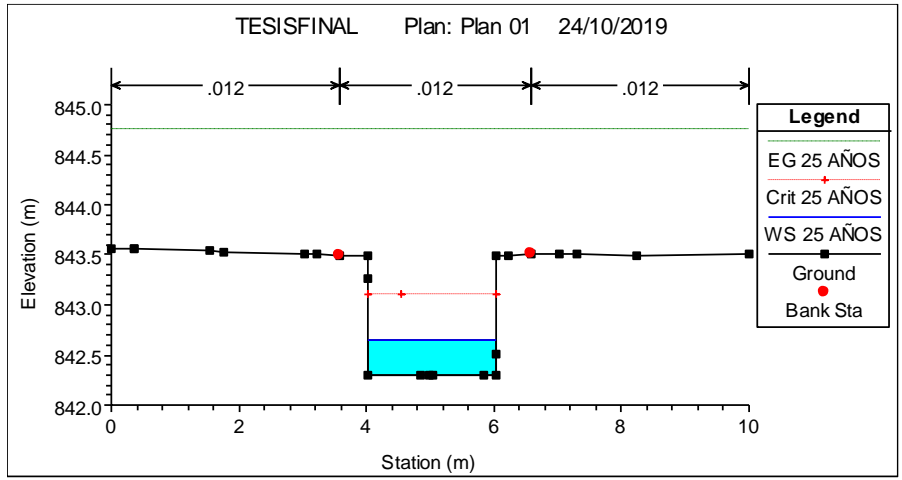
**Figura 59. Sección de cauce revestido con caja puente. Estación No. 0+590**



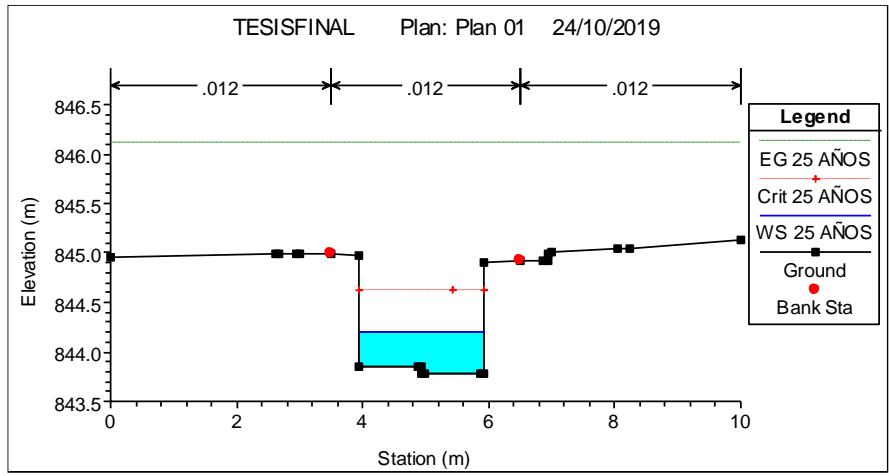
**Figura 60. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+600**



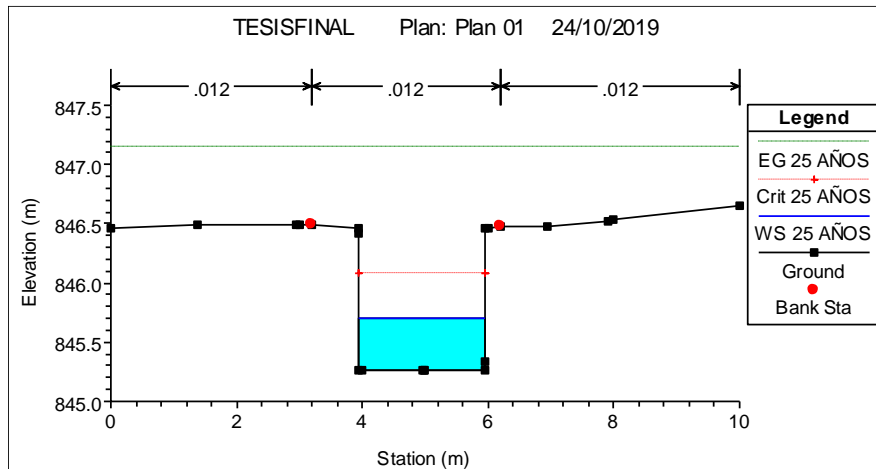
**Figura 61. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+640**



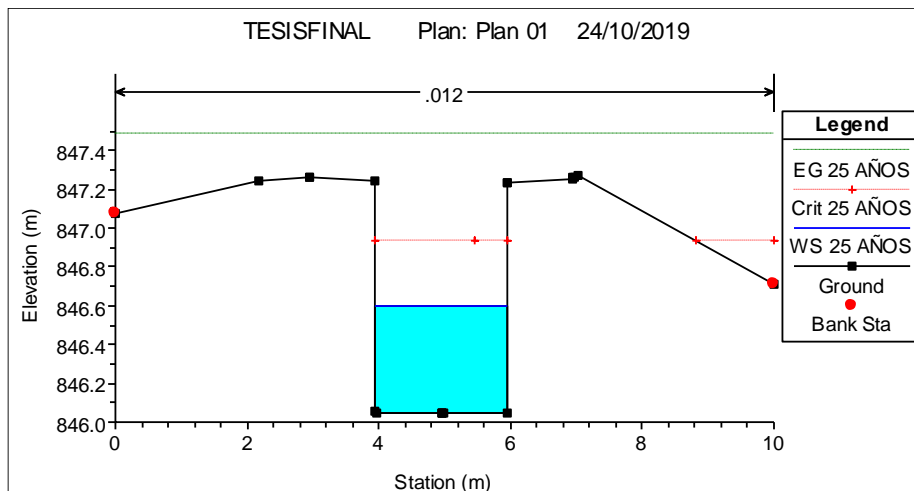
**Figura 62. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+680**



**Figura 63. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+720**



**Figura 64. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+760**

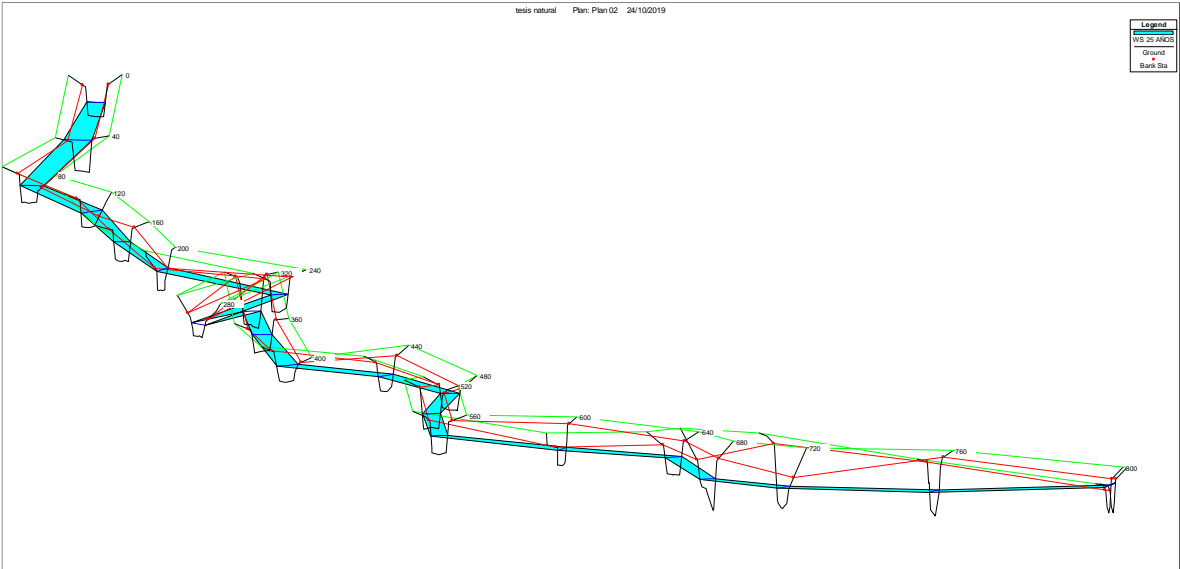


**Figura 65. Sección de cauce revestido. Estación No. 0+780.89**

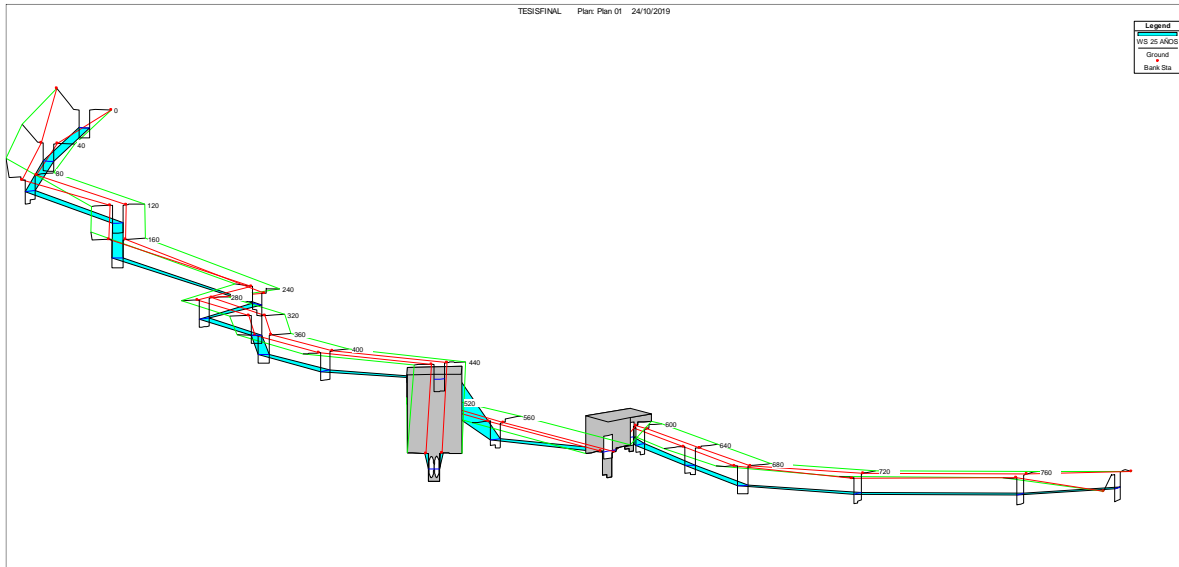
En las figuras de la 40 a la 65 se puede analizar lo siguiente:

Las estaciones 0+00, 0+40, 0+80, 0+120, 0+160, 0+240, 0+280, 0+320, 0+360, 0+400, 0+420, 0+500, 0+520, 0+560, 0+590, 0+600, 0+640, 0+680, 0+720, 0+760, 0+780.89 correspondientes al cauce revestido, tiene la capacidad de transportar la crecida estimada en excepto la estación 0+520 que dicha sección transversal no tiene capacidad para transportar la crecida evaluada. También analizamos obras existentes como caja puente y alcantarilla que estas tienen la capacidad suficiente para transportar las aguas. Se estimó el área de posibles desbordamientos de la

zona poblada utilizando los resultados del programa HEC-RAS con el análisis de 21 secciones en el canal. Además, se valoró el área de posibles inundaciones para un evento con período de recurrencia 25 años tanto en el cauce natural como el revestido; considerando las condiciones socioeconómicas del sector. (Ver Figura N°66 y 67)



**Figura N° 66. Resultado de superficie del agua para secciones analizada cauce natural**



**Figura N° 67. Resultado de superficie del agua para secciones analizada cauce revestido**

Hec - Ras permite exportar o copiar los resultados obtenidos de una simulación. En la opción **Prolife Summary Table** (Fig. 11,12,13 y 14) que se encuentra en la pestaña **View** del menú principal del programa de Hec – Ras, se dispone de unas tablas que contienen resultados del análisis hidráulico (el gasto, la cota de la base del canal, la elevación del agua, la velocidad, el área hidráulica, el número de froude, etc.). Los valores que son necesarios para hacer la comparación son los correspondientes a la elevación del agua, los cuales están dados en cada sección transversal definida e interpolada.



Tabla 11: Resultado de las principales variables hidráulicas- Cauze Natural

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
intae natural	800.95	25 AÑOS	4.62	846.20	847.47	847.47	847.82	0.040945	2.65	1.77	2.69	0.93
intae natural	800	25 AÑOS	4.62	846.17	847.34	847.42	847.77	0.053585	2.90	1.61	2.40	1.06
intae natural	760	25 AÑOS	4.62	844.68	845.77	845.68	846.03	0.029317	2.26	2.04	2.74	0.84
intae natural	720	25 AÑOS	4.62	843.36	844.30	844.30	844.64	0.041451	2.55	1.81	2.77	1.01
intae natural	680	25 AÑOS	4.62	841.15	842.54	842.49	842.82	0.039436	2.32	2.00	2.95	0.90
intae natural	640	25 AÑOS	4.62	840.41	841.21	841.14	841.45	0.029559	2.19	2.11	3.18	0.86
intae natural	600	25 AÑOS	4.62	838.98	839.71	839.71	840.03	0.042636	2.52	1.83	2.86	1.01
intae natural	560	25 AÑOS	4.62	837.67	838.49	838.38	838.71	0.025010	2.08	2.22	3.10	0.78
intae natural	520	25 AÑOS	4.62	836.47	837.15	837.15	837.45	0.040685	2.40	1.93	3.32	1.01
intae natural	480	25 AÑOS	4.62	835.05	835.80	835.71	836.01	0.025292	2.05	2.26	3.59	0.82
intae natural	440	25 AÑOS	4.62	833.77	834.48	834.48	834.78	0.037926	2.40	1.93	3.34	1.01
intae natural	400	25 AÑOS	4.62	832.15	832.88	832.81	833.07	0.024762	1.96	2.35	4.24	0.84
intae natural	360	25 AÑOS	4.62	831.14	831.94		832.13	0.022600	1.96	2.36	3.67	0.78
intae natural	320	25 AÑOS	4.62	829.91	830.65	830.65	830.95	0.039588	2.39	1.93	3.35	1.01
intae natural	280	25 AÑOS	4.62	827.47	828.06	828.22	828.59	0.093488	3.24	1.43	3.17	1.54
intae natural	240	25 AÑOS	4.62	826.53	827.29	827.23	827.55	0.030702	2.22	2.08	3.16	0.87
intae natural	200	25 AÑOS	4.62	825.54	826.47		826.63	0.016869	1.76	2.63	3.80	0.67
intae natural	160	25 AÑOS	4.62	824.78	825.63		825.84	0.023179	2.03	2.28	3.10	0.76
intae natural	120	25 AÑOS	4.62	824.00	824.69	824.63	824.89	0.024156	2.00	2.34	4.50	0.84
intae natural	80	25 AÑOS	4.62	822.98	823.74		823.93	0.023578	1.91	2.42	4.40	0.79
intae natural	40	25 AÑOS	4.62	822.09	823.49		823.55	0.004408	1.04	4.44	5.21	0.33
intae natural	0	25 AÑOS	4.62	822.20	822.84	822.84	823.13	0.039240	2.37	1.95	3.41	1.00

Tabla 12: Resultado de las principales variables hidráulicas - Cauze Revestido

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
RETORNO	780.89	25 AÑOS	4.62	846.04	846.60	846.93	847.49	0.010013	4.18	1.10	2.00	1.80
RETORNO	760	25 AÑOS	4.62	845.27	845.70	846.08	847.15	0.020146	5.33	0.87	2.00	2.58
RETORNO	720	25 AÑOS	4.62	843.78	844.19	844.63	846.11	0.031540	6.13	0.75	2.00	3.19
RETORNO	680	25 AÑOS	4.62	842.29	842.65	843.10	844.76	0.035117	6.43	0.72	2.00	3.43
RETORNO	640	25 AÑOS	4.62	840.91	841.31	841.75	843.34	0.034494	6.32	0.73	2.00	3.34
RETORNO	600	25 AÑOS	4.62	839.54	839.98	840.42	841.95	0.034122	6.23	0.74	2.00	3.27
RETORNO	590											
RETORNO	560	25 AÑOS	4.62	838.17	838.55	839.05	841.30	0.056115	7.34	0.63	2.01	4.18
RETORNO	520	25 AÑOS	4.62	836.80	838.94	837.61	838.95	0.000029	0.44	11.64	10.00	0.10
RETORNO	500											
RETORNO	440	25 AÑOS	4.62	834.04	834.57	834.85	835.53	0.011103	4.34	1.06	2.00	1.90
RETORNO	400	25 AÑOS	4.62	832.58	832.97	833.39	834.78	0.028072	5.97	0.77	2.00	3.06
RETORNO	360	25 AÑOS	4.62	831.12	831.48	831.93	833.53	0.033639	6.34	0.73	2.00	3.35
RETORNO	320	25 AÑOS	4.62	829.66	830.01	830.47	832.14	0.035531	6.46	0.72	2.00	3.45
RETORNO	280	25 AÑOS	4.62	828.19	828.55	829.01	830.70	0.036195	6.50	0.71	2.00	3.48
RETORNO	240	25 AÑOS	4.62	826.73	827.21	827.65	829.21	0.036063	6.27	0.74	2.01	3.31
RETORNO	160	25 AÑOS	4.62	824.89	825.31	825.70	826.85	0.022081	5.50	0.84	2.00	2.71
RETORNO	120	25 AÑOS	4.62	824.07	824.50	824.89	825.98	0.020638	5.37	0.86	2.00	2.62
RETORNO	80	25 AÑOS	4.62	823.26	823.79	824.15	825.13	0.019486	5.13	0.90	2.02	2.45
RETORNO	40	25 AÑOS	4.62	822.45	822.88	823.26	824.33	0.020239	5.34	0.87	2.00	2.59
RETORNO	0	25 AÑOS	4.62	821.63	822.06	822.44	823.52	0.020345	5.35	0.86	2.00	2.60

Tabla 13:Resultado de la distribución de flujos en los puntos de análisis - Cauce Natural

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)
intae natural	800.95	25 AÑOS	847.82	847.47	0.35	0.04	0.00		4.49	0.13	2.69
intae natural	800	25 AÑOS	847.77	847.34	0.43	0.04	0.01		4.60	0.02	2.40
intae natural	760	25 AÑOS	846.03	845.77	0.26	1.38	0.01		4.62		2.74
intae natural	720	25 AÑOS	844.64	844.30	0.33	1.62	0.02		4.62		2.77
intae natural	680	25 AÑOS	842.82	842.54	0.27	1.36	0.01		4.62		2.95
intae natural	640	25 AÑOS	841.45	841.21	0.24	1.41	0.01		4.62		3.18
intae natural	600	25 AÑOS	840.03	839.71	0.32	1.28	0.03		4.62		2.86
intae natural	560	25 AÑOS	838.71	838.49	0.22	1.26	0.01		4.62		3.10
intae natural	520	25 AÑOS	837.45	837.15	0.29	1.27	0.02		4.62		3.32
intae natural	480	25 AÑOS	836.01	835.80	0.21	1.23	0.01		4.62		3.59
intae natural	440	25 AÑOS	834.78	834.48	0.29	1.21	0.03		4.62		3.34
intae natural	400	25 AÑOS	833.07	832.88	0.20	0.95	0.00		4.62		4.24
intae natural	360	25 AÑOS	832.13	831.94	0.19	1.17	0.01		4.62		3.67
intae natural	320	25 AÑOS	830.95	830.65	0.29	1.10	0.04		4.62		3.35
intae natural	280	25 AÑOS	828.59	828.06	0.54	2.33	0.02		4.62		3.17
intae natural	240	25 AÑOS	827.55	827.29	0.25	0.89	0.03		4.62		3.16
intae natural	200	25 AÑOS	826.63	826.47	0.16	0.79	0.01	0.00	4.62		3.80
intae natural	160	25 AÑOS	825.84	825.63	0.21	0.95	0.00		4.62		3.10
intae natural	120	25 AÑOS	824.89	824.69	0.20	0.95	0.00	0.09	4.53		4.50
intae natural	80	25 AÑOS	823.93	823.74	0.19	0.34	0.04	0.01	4.61		4.40
intae natural	40	25 AÑOS	823.55	823.49	0.06	0.40	0.02		4.62	0.00	5.21
intae natural	0	25 AÑOS	823.13	822.84	0.29				4.62		3.41

Tabla 14:Resultado de la distribución de flujo en los puntos de análisis - Cauce Revestido

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)
RETORNO	780.89	25 AÑOS	847.49	846.60	0.89				4.62		2.00
RETORNO	760	25 AÑOS	847.15	845.70	1.45	0.29	0.06		4.62		2.00
RETORNO	720	25 AÑOS	846.11	844.19	1.91	1.00	0.05		4.62		2.00
RETORNO	680	25 AÑOS	844.76	842.65	2.11	1.33	0.02		4.62		2.00
RETORNO	640	25 AÑOS	843.34	841.31	2.04	1.39	0.02		4.62		2.00
RETORNO	600	25 AÑOS	841.95	839.98	1.98	1.37	0.02		4.62		2.00
RETORNO	590		Culvert								
RETORNO	560	25 AÑOS	841.30	838.55	2.74				4.62		2.01
RETORNO	520	25 AÑOS	838.95	838.94	0.01			1.26	2.02	1.35	10.00
RETORNO	500		Culvert								
RETORNO	440	25 AÑOS	835.53	834.57	0.96				4.62		2.00
RETORNO	400	25 AÑOS	834.78	832.97	1.81	0.67	0.09		4.62		2.00
RETORNO	360	25 AÑOS	833.53	831.48	2.05	1.23	0.02		4.62		2.00
RETORNO	320	25 AÑOS	832.14	830.01	2.12	1.38	0.01		4.62		2.00
RETORNO	280	25 AÑOS	830.70	828.55	2.15	1.43	0.00		4.62		2.00
RETORNO	240	25 AÑOS	829.21	827.21	2.00	1.45	0.05		4.62		2.01
RETORNO	160	25 AÑOS	826.85	825.31	1.54	2.22	0.14		4.62		2.00
RETORNO	120	25 AÑOS	825.98	824.50	1.47	0.85	0.02		4.62		2.00
RETORNO	80	25 AÑOS	825.13	823.79	1.34	0.80	0.04		4.62		2.02
RETORNO	40	25 AÑOS	824.33	822.88	1.45	0.79	0.01		4.62		2.00
RETORNO	0	25 AÑOS	823.52	822.06	1.46	0.81	0.00		4.62		2.00

## 5.5 Costo y presupuesto

### 5.5.1 Generalidades

El cálculo de los costos, se realizó, basándose en costo actuales de mano de obra y materiales, y en los resultados de los volúmenes de obra calculados sobre la base de los planos constructivos adjuntos al presente informe.

El costo estimado total de la obra del cauce asciende a C\$9,180,643.35 (nueve millones ciento ochenta mil, seiscientos cuarenta y tres mil con 35/100).

A continuación, se describe los costos unitarios y totales (tabla 14) como resultados de una serie de cálculos basados en sistemas básicos constructivos y procedimientos técnicos, como resultados de lo expuesto en los planos constructivos.

Tabla 15: Presupuesto

PROYECTO: DISEÑO HIDRAULICO DEL CAUCE UBICADO EN LOS BARRIOS OSCAR GAMEZ N2, LA COMUNA Y 14 DE ABRIL EN EL MUNICIPIO DE ESTELI						
ETAPA	SUB ETAPA	ACTIVIDADES A REALIZAR	U/M	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	0	PRELIMINARE S	M2			
	01	LIMPIEZA INICIAL	M2	2,407		
	01	LIMPIEZA INICIAL			C\$15.00	
	00	TRAZO Y NIVELACION	M2			C\$112,880.00
	01	TRAZO Y NIVELACION	M2	2,407	C\$40.00	C\$96,280.00
	02	NIVELAS SENCILLAS	UNID	83	C\$200.00	C\$16,600.00
2	00	MOVIMIENTO DE TIERRA	M3			C\$821,737.10
	01	CORTE DE TERRENO NATURAL	M3	1,573.43	C\$180.00	C\$283,217.40
	02	DESALOJO DEL MATERIAL CORTADO	M3	2,045.46	C\$95.00	C\$194,318.70
	03	ACARREO DE MATERIAL SELECTO	M3	625.82	C\$250.00	C\$156,455.00
	04	RELLENO Y COMPATACION	M3	625.82	C\$300.00	C\$187,746.00
3	00	FORMALETA	M2			C\$2,208,742.40
	01	FORMALETA	M3	5,812.48	C\$380.00	C\$2,208,742.40
4	00	CONCRETO CICLOPEDO	M3			C\$3,910,960.00
	01	LOZA DE 0.20 M DE GROSOR	M3	415	C\$3,800.00	C\$1,577,000.00
	02	PAREDES DE CONCRETO CICLOPEDO O GROSOR 0.20 X 1.85 DE H	M2	614.2	C\$3,800.00	C\$2,333,960.00
5	00	ACABADOS	M2			C\$859,346.00
	01	FINO TIPO ARENILLADO EN LOZA	M2	2,075	C\$150.00	C\$311,250.00
	02	REPELLO EN PAREDES PARTE INTERNA	M2	2,739	C\$200.00	C\$547,800.00
	03	REPELLO EN COLUMNA DE PARED	M2	1.48	C\$200.00	C\$296.00
6	00	ROTULO DE PROYECTO	UND	1		C\$13,500.00
	01	ROTULO DE PROYECTO	UND	1	C\$13,500.00	C\$13,500.00
7	00	LIMPIEZA FINAL	M2	2,401		
					SUB TOTAL	C\$7,913,665.50
					IVA 15%	C\$1,187,049.83
					IMI 1%	C\$79,928.02
					TOTAL	C\$9,180,643.35

# **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## CONCLUSIONES

1. Durante la realización del levantamiento topográfico se observó que las secciones naturales son bastante irregulares.
2. El tipo de suelo predominante es de tipo elástico con predominio de fracción fina constituido por una arcilla inorgánica de alta compresibilidad, del tipo **CH o MH**. Este material en el sondeo Sm-1 presentaba un espesor promedio de 0.50 metros y en los sondeos Sm-2 y Sm-3 su espesor es de 0.10 metros. Se hace notar que en el sondeo Sm-4, se observó una capa superficial de 0.10 metros de espesor, la cual estaba constituida por desechos (basura) de todo tipo subyace al estrato de limo arcilloso, un lecho de piedra bolón con limo arcilloso de alta compresibilidad.
3. Para delimitar la cuenca se tomó en cuenta no solo la del cauce natural sino también sus alrededores al Sur con el barrio Nuevo Amanecer al oeste con el barrio San Miguel de la Ciudad de Estelí que hace extender el área hidrológica, el área de la cuenca resulto de 2.57 km<sup>2</sup>, es por esta razón y por los datos de las precipitaciones que el caudal de escorrentía es de 4.62 m<sup>3</sup>/s.
4. La simulación del cauce revestido en el programa de Hec-Ras dio como resultado que en toda la extensión del cauce, existe un punto crítico que genera una problemática en la población aledaña, esto debido a que cuando las lluvias rebalsan su capacidad del cauce, este se desborda en las estación 0+520 , lo que genera como consecuencia inundaciones a las viviendas más vulnerables, las cuales por su situación económica no cuentan con una estructura en la construcción que permita a ver frente ante la situación.
5. Se diseñó canal con sección rectangular ya que hay construcciones existentes habitacionales que estas por lógica no se pueden desalojar (**ver anexo I**). Donde resulta un tirante de 0.4228, para una altura total de 1m incluyendo el borde libre, un talud de 0, con un espejo de agua 2.50m, por el cual transitará

un caudal de 4.62 m<sup>3</sup>/s igual al caudal de diseño modelado en el software HCANALES.

6. Las obras preliminares tienen un costo de C\$112,8800.00, movimiento de tierra de C\$821,737.10, el revestimiento del canal de C\$3,910,960.00, todos ellos costos de materiales a utilizar, sumado impuesto más imprevisto más utilidades nos da un costo total de C\$9,180,643.35 (nueve millones ciento ochenta mil, seiscientos cuarenta y tres con treinta y cinco centavos).

## RECOMENDACIONES

1. Sobre la base de este estudio, elaborar los mapas de amenaza y riesgo a inundaciones en los alrededores del cauce en estudio.
2. Realizar una apropiada planificación urbana para evitar asentamientos o edificaciones en áreas con un potencial alto de inundación en las cercanías de cauces.
3. Iniciar programas de reforestación para detener el proceso de erosión en la cuenca sur y norte de la ciudad, y de esta manera reducir paulatinamente los incrementos de escorrentías que provocan inundaciones en la capital.
4. Implementar programas de mantenimiento del cauce que incluyan, entre otras cosas, limpiezas periódicas del caudal y sus orillas.
5. Incorporar de una manera activa a la comunidad en la solución y mitigación del problema de la basura en el control de inundaciones.
6. Revestir las calles aledañas al cauce, para evitar la inundación con sedimentos en el fondo del canal.
7. Proveer y mejorar los servicios básicos tales como alcantarillado, sistemas de aguas lluvias y aguas negras, manejo de desechos sólidos y basura, para evitar el problema de la inundación.

# BIBLIOGRAFIA



## **Bibliografía**

1. Alcaldía Municipal de Estelí. (2012). Caracterización de Estelí. Estelí, Nicaragua.
2. (Sevilla, 2014).
3. Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hidrología Aplicada. Santa Fé de Bogotá, Colombia.: McGraw-Hill Interamericana, S.A.
4. CORASCO. (2008). Manual para la revisión de estudios hidrotécnicos de drenaje menor. Managua, Nicaragua.
5. Delgado, M. (febrero 02 2012). Tipos de Canales.
6. Eulalio Juárez Badillo, A. R. (2007). Mecánica de Suelos. México, D.F.: LIMUSA.
7. García, D. A. (2014). Topografía y sus Aplicaciones. México: Grupo editorial Patria.
8. Guevara Naranjo, S. F., & Fuentes Carvajal, J. A. (2009). Topografía. Obtenido de Topografía: <http://www.monografias.com/trabajos14/topograf/topograf.shtml>
9. Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulus, J. L. (1977). Hidrología para Ingenieros. Bogotá, Colombia: McGraw Hill Latinoamericana, S.A.
10. Mijáres, F. J. (1992). Fundamentos de Hidrología de Superficie. México D.F.: Grupo Noriega Editores.
11. Sheng, T. C. (1992). Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas: estudio y planificación de cuencas hidrográficas. Roma, Italia: FAO.
12. (Villon, 2002).
13. (Departamento de drenaje pluvial de la Alcaldía de Managua , 2002).
14. (Scobey, 1929).
15. (Sanchez, 2013).

# ANEXOS

## ANEXO I. FOTOS DEL CAUCE Y LEVANTAMIENTO

Foto 1 : Cauce Natural



Fuente: Propia

Foto 2: Alcantarilla



Fuente: Propia

Foto 3: Estacion Total



Fuente: Propia

Foto 4: Gps



Fuente: Propia

**Foto 5:** Levantamiento



**Fuente:** Propia

**Foto 6:** Levantamiento



**Fuente:** Propia

**Foto 7 :** Levantamiento



**Fuente:** Propia

**Foto 8 :** Levantamiento



**Fuente:** Propia

**Foto 9 : Caja puente existente  
en Cauce Natural**



**Fuente: Propia**

**Foto 10 : Cauce Natural**



**Fuente: Propia**

**Foto 11 : Cauce Natural**



**Fuente:** Propia

**Foto 12 : Cauce Natural**



**Fuente:** Propia

**Foto 13 : Cauce Natural**



**Fuente:** Propia

**Foto 14 : Cauce Natural**



**Fuente:** Propia

## ANEXO II. DATOS DE INTENSIDAD DE LLUVIA. INETER

Tabla 16: Datos para el cálculo del caudal

PARAMETROS DE AJUSTE PARA LAS ECUACIONES DE LA FORMA  
 $I = A/(t+d)^b$

T: Años	r	A	d	b
1.5	-0.9998	2150.861	14.0	1.008
2	-0.9996	3269.357	19.0	1.047
5	-0.9989	3063.418	18.0	0.970
10	-0.9978	2715.039	16.0	0.915
15	-0.9984	4069.531	21.0	0.970
25	-0.9982	4502.393	22.0	0.969
50	-0.9982	5779.707	25.0	0.991
100	-0.9983	8388.430	30.0	1.035

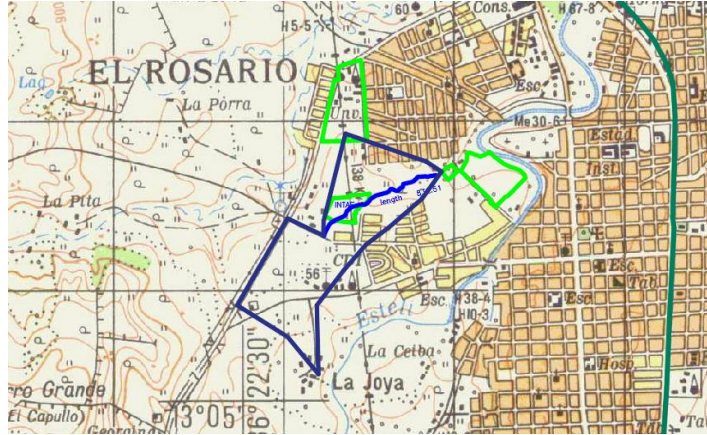
INTENSIDADES EN (mm/h) OBTENIDAS DEL AJUSTE  
 ESTACION: CONDEGA

	Tiempo en Minuto						
	5	10	15	30	60	120	360
1.5 años	110.5	87.3	72.2	47.4	28.1	15.4	5.5
2 años	117.4	96.3	81.5	55.6	33.7	18.7	6.5
5 años	146.5	121.0	103.2	71.8	44.8	25.8	9.7
10 años	167.5	137.7	117.3	81.7	51.6	30.3	12.0
15 años	172.6	145.5	125.9	89.8	57.3	33.5	12.8
25 años	184.5	156.5	135.9	97.7	62.9	36.9	14.1
50 años	198.8	170.7	149.5	109.1	70.9	41.7	15.9
100 años	211.4	184.1	162.9	121.0	79.5	46.8	17.4

Fuente: Past Danidas (2004)

# ANEXO III. AREAS TRIBUTARIAS Y CALCULO DE CAUDALES

## Áreas tributarias al cauce



Fuente: Mapa Geodésico

Tabla 17: Método Racional

CALCULO DEL CAUDAL																																																																																		
Nombre del Proyecto: Diseño de Cauce de los Barrios Oscar Gamez, La comuna y 14 de Abril																																																																																		
Tiempo de retorno		25 años		A		=		4502.393																																																																										
Porcentaje de las estaciones meteorológicas		100 %		d		=		22																																																																										
				b		=		0.969																																																																										
CALCULO DEL CAUDALES DE LAS SUBCUENCAS POR EL MÉTODO RACIONAL																																																																																		
CUENCA	ÁREA Km <sup>2</sup>	LONG m	Hmax m	Hmin m	Sc mm	%	Tc Min	I mm/hora	Us	Coeficiente de escorrentía			Caudal m <sup>3</sup> /s																																																																					
1	2	3	4	5	6	8	7	8	9	10	11	12	13																																																																					
cuenca	2.57	1,527	1,707	1,668	0.0255	2.55	11.879	107.94	0.2	1.5	2	0.6	4.62																																																																					
PARAMETROS DE AJUSTE PARA LAS ECUACIONES DE LA FORMA I = A(B+K) <sup>2</sup>																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>T años</th> <th>A</th> <th>B</th> <th>K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>2</td><td>0.9680</td><td>2102.981</td><td>12.0</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.9680</td><td>1505.307</td><td>16.0</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.9680</td><td>1003.418</td><td>18.0</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.9680</td><td>511.059</td><td>18.0</td></tr> <tr><td>15</td><td>0.9684</td><td>458.531</td><td>21.0</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.9682</td><td>402.383</td><td>21.0</td></tr> <tr><td>50</td><td>0.9680</td><td>279.707</td><td>20.0</td></tr> <tr><td>100</td><td>0.9682</td><td>1705.453</td><td>20.0</td></tr> </tbody> </table>														T años	A	B	K	2	0.9680	2102.981	12.0	3	0.9680	1505.307	16.0	5	0.9680	1003.418	18.0	10	0.9680	511.059	18.0	15	0.9684	458.531	21.0	20	0.9682	402.383	21.0	50	0.9680	279.707	20.0	100	0.9682	1705.453	20.0																																	
T años	A	B	K																																																																															
2	0.9680	2102.981	12.0																																																																															
3	0.9680	1505.307	16.0																																																																															
5	0.9680	1003.418	18.0																																																																															
10	0.9680	511.059	18.0																																																																															
15	0.9684	458.531	21.0																																																																															
20	0.9682	402.383	21.0																																																																															
50	0.9680	279.707	20.0																																																																															
100	0.9682	1705.453	20.0																																																																															
INTENSIDADES EN mm/hora OBTENIDAS DEL AJUSTE ESTACION: CONDESA																																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">T años</th> <th colspan="6">Tiempo de Retorno</th> </tr> <tr> <th>2</th> <th>3</th> <th>5</th> <th>10</th> <th>15</th> <th>20</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.8 años</td><td>110.0</td><td>97.0</td><td>70.0</td><td>47.4</td><td>32.1</td><td>18.9</td></tr> <tr><td>2 años</td><td>117.4</td><td>98.5</td><td>81.5</td><td>55.8</td><td>33.7</td><td>18.7</td></tr> <tr><td>3 años</td><td>146.0</td><td>125.0</td><td>103.2</td><td>71.8</td><td>44.8</td><td>20.6</td></tr> <tr><td>5 años</td><td>187.0</td><td>157.7</td><td>117.3</td><td>81.7</td><td>51.8</td><td>20.3</td></tr> <tr><td>10 años</td><td>172.6</td><td>146.0</td><td>126.8</td><td>88.8</td><td>57.3</td><td>22.8</td></tr> <tr><td>15 años</td><td>184.0</td><td>158.6</td><td>136.0</td><td>97.7</td><td>62.8</td><td>26.6</td></tr> <tr><td>20 años</td><td>184.0</td><td>150.7</td><td>135.9</td><td>100.1</td><td>70.9</td><td>41.7</td></tr> <tr><td>Location</td><td>211.0</td><td>184.1</td><td>160.9</td><td>121.0</td><td>75.8</td><td>48.8</td></tr> </tbody> </table>														T años	Tiempo de Retorno						2	3	5	10	15	20	1.8 años	110.0	97.0	70.0	47.4	32.1	18.9	2 años	117.4	98.5	81.5	55.8	33.7	18.7	3 años	146.0	125.0	103.2	71.8	44.8	20.6	5 años	187.0	157.7	117.3	81.7	51.8	20.3	10 años	172.6	146.0	126.8	88.8	57.3	22.8	15 años	184.0	158.6	136.0	97.7	62.8	26.6	20 años	184.0	150.7	135.9	100.1	70.9	41.7	Location	211.0	184.1	160.9	121.0	75.8	48.8
T años	Tiempo de Retorno																																																																																	
	2	3	5	10	15	20																																																																												
1.8 años	110.0	97.0	70.0	47.4	32.1	18.9																																																																												
2 años	117.4	98.5	81.5	55.8	33.7	18.7																																																																												
3 años	146.0	125.0	103.2	71.8	44.8	20.6																																																																												
5 años	187.0	157.7	117.3	81.7	51.8	20.3																																																																												
10 años	172.6	146.0	126.8	88.8	57.3	22.8																																																																												
15 años	184.0	158.6	136.0	97.7	62.8	26.6																																																																												
20 años	184.0	150.7	135.9	100.1	70.9	41.7																																																																												
Location	211.0	184.1	160.9	121.0	75.8	48.8																																																																												

Fuente: Propia