

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

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): JHAN CARLOS APELLIDOS: ROZO DURAN

NOMBRE(S): ANDRÉS FELIPE APELLIDOS: PEREZ RUIZ

FACULTAD: INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS: INGENERÍA CIVIL

DIRECTOR:

NOMBRE(S): SAYAGO ORTEGA APELLIDOS: JUAN CARLOS

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS EN UNA LONGITUD DE 100 METROS, LOCALIZADO EN EL LIMITE DE LOS BARRIOS BELÉN DE UMBRÍA Y VILLA LA PAZ DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ CÚCUTA, DPTO. NORTE DE SANTANDER.

Introducción: Se desarrolló una serie de estudios tales como los geotécnicos, topográficos e hidrológicos, que permitieron conocer las condiciones reales del área de análisis y aportaron aspectos importantes a seguir para la metodología del diseño. **Objetivo:** Realizar el diseño hidráulico para el óptimo funcionamiento del canal de aguas lluvias, localizado en el límite de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz, en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta, departamento de Norte de Santander. **Material y métodos:** La investigación realizada en el presente proyecto es aplicada, descriptiva y de tipo experimental debido a que se da a conocer un diseño de canal de aguas lluvias a través de la aplicación de teorías desarrolladas con el fin de resolver la necesidad de la población; área de la microcuenca hidrográfica que engloba los barrios Belén, La Pastora, Villa la Paz y Belén de Umbría. **Resultados:** Se cuenta con dos tipos de suelo, la primera mitad con un suelo gravoso arcilloso mal graduado con alta presencia de materia orgánica influenciada por el cuerpo hídrico que lo surca, este suelo cuenta con una capacidad admisible de 18,74 kg/cm² y la segunda mitad con una arcilla de alta plasticidad con un límite líquido alto de 50,78% y una capacidad admisible de 2,16 kg/cm². La carga estructural y la carga hidrodinámica sumadas producen una carga de 0,30 kg/cm² lo que es mucho menor que la carga admisible de los suelos presentes en el proyecto, lo que permite afirmar que los suelos soportaran la estructura; se debe hacer en concreto reforzado con parrilla doble, con espesor de 20 centímetros en la base y con espesor de muros de 15 centímetros, concreto estructural de 28 MPa y acero de refuerzo de ½" de 420 MPa separados cada 20 centímetros. **Conclusión:** La sección del canal de cien metros estudiada en el proyecto se compone de secciones con formas irregulares que tienden a la forma trapezoidal, que cuenta con una pendiente promedio de 5,74%, se confirmó que el canal natural es altamente peligroso tanto para las personas que transitan por él paso peatonal o puente improvisado.

PALABRAS CLAVES: Diseño hidráulico, hidráulica, canal.

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 132 PLANOS: ILUSTRACIONES: CD ROOM: 1

Copia No Controlada

**DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS EN UNA LONGITUD DE
100 METROS, LOCALIZADO EN EL LÍMITE DE LOS BARRIOS BELÉN DE
UMBRÍA Y VILLA LA PAZ DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ CÚCUTA,
DPTO. NORTE DE SANTANDER**

**JHAN CARLOS ROZO DURAN
ANDRÉS FELIPE PEREZ RUIZ**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA CIVIL
SAN JOSÉ DE CÚCUTA**

2023

**DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS EN UNA LONGITUD DE
100 METROS, LOCALIZADO EN EL LÍMITE DE LOS BARRIOS BELÉN DE
UMBRÍA Y VILLA LA PAZ DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ CÚCUTA,
DPTO. NORTE DE SANTANDER**

JHAN CARLOS ROZO DURAN

ANDRÉS FELIPE PEREZ RUIZ

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

INGENIERO CIVIL

DIRECTOR

JUAN CARLOS SAYAGO ORTEGA

ING. CIVIL, ESP. GEPUR, MSC GERENCIA DE EMPRESAS

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA CIVIL

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2023

ACTA DE SUSTENTACION DE TRABAJO DE GRADO

FECHA: 17 DE MARZO DE 2023 HORA: 2:30 p. m.

LUGAR: SD - 304 UFPS.

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA CIVIL

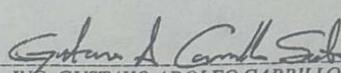
TITULO DE LA TESIS: "DISEÑO HIDRAULICO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS EN UNA LONGITUD DE 100 METROS, LOCALIZADO EN EL LIMITE DE LOS BARRIOS BELEN DE UMBRIA Y VILLA LA PAZ DEL MUNICIPIO DE SAN JOSE DE CUCUTA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER".

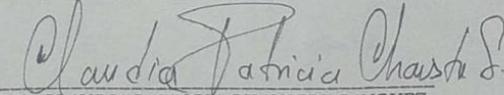
JURADOS: ING. GUSTAVO ADOLFO CARRILLO SOTO
ING. CLAUDIA PATRICIA CHAUSTRE SANCHEZ

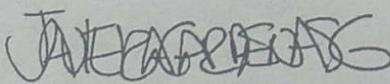
DIRECTOR: ING. JUAN CARLOS SAYAGO ORTEGA

NOMBRE DE LOS ESTUDIANTES:	CODIGO	CALIFICACION	
		NUMERO	LETRA
ANDRES FELIPE PEREZ RUIZ	1114047	4,6	CUATRO, SEIS
JHAN CARLOS ROZO DURAN	1113474	4,6	CUATRO, SEIS

MERITORIA


ING. GUSTAVO ADOLFO CARRILLO SOTO


ING. CLAUDIA PATRICIA CHAUSTRE SANCHEZ


Yo. Bo. JAVIER ALFONSO CARDENAS GUTIERREZ
Coordinador Comité Curricular

Betty M.

Contenido

Introducción	15
1. Título	16
2. Problema de la investigación	16
2.1 Planteamiento del problema	16
2.2 Formulación del problema	17
3. Justificación	18
4. Objetivos	19
4.1 Objetivo general	19
4.2 Objetivos específicos	19
5. Alcances y limitaciones	19
5.1 Los alcances	19
5.2 Las limitaciones	20
6. Delimitaciones	20
6.1 Delimitación espacial	20
6.2 Delimitación temporal	20
6.3 Delimitación conceptual	21
7. Marco referencial	21
7.1 Antecedentes y estado del arte	21

7.1.1 Antecedentes empíricos	21
7.1.2 Antecedentes bibliográficos	21
7.2 Marco teórico	26
7.2.1 Conducción hidráulica	27
7.2.2 Hidráulica de canales	27
7.2.3 Geometría de los canales	27
7.2.4 Tipos de flujos	31
7.2.5 Topografía	33
7.2.6 GPS Mono - frecuencia de código y fase	34
7.2.7 Levantamiento topográfico en RKT	34
7.2.8 Características del suelo	35
7.2.9 Estudio hidrológico	35
7.2.10 Curvas IDF	36
7.2.11 HEC-RAS	36
7.2.12 Diseño hidráulico	37
7.2.13 Presupuesto	37
7.3 Marco legal	38
8. Diseño metodológico	39
8.1 Tipo de investigación	39
8.2 Población y muestra	39

8.2.1 Población	39
8.2.2 Muestra	40
8.3 Instrumentos para la recolección de información	40
8.4 Técnicas de análisis y procesamiento de datos	41
8.5 Fases y actividades específicas del proyecto	41
9. Estudios técnicos	43
9.1 Características de la zona del proyecto	44
9.1.1 Información general	44
9.1.2 Descripción la zona	45
9.1.3 Localización del proyecto, drenaje pluvial belén Umbría Límites con Villa Paz.	46
9.2 Estudio topográfico	47
9.3 Estudio de suelos	52
10. Estudio hidrológico	59
10.1 Generalidades	59
10.2 Método Racional	60
10.3 Calculo tiempo de concentración	61
10.4 Intensidad de lluvia	62
10.5 Área influencia	64
10.6 Cálculo de caudal de aguas lluvias	65
11. Modelamiento hidráulico	66

11.1 Coeficiente de rugosidad	66
11.2 Modelamiento Hidráulico del cauce	68
11.3 Modelamiento Hidráulico de la sección definida	74
12. Diseño estructural	80
13. Presupuesto	84
14. Conclusiones	86
15. Recomendaciones	88
16. Referencias	89
Anexos	94

Lista de figuras

Figura 1. Diferencia entre canales y tuberías	26
Figura 2. Sección natural.	28
Figura 3. Sección rectangular	29
Figura 4. Comparación de varias secciones transversales que se caracterizan por tener todo un radio hidráulico de 1 m.	30
Figura 5. Equipos para RTK	34
Figura 6. Ciclo de fases del proyecto	41
Figura 7. Microcuenca del proyecto	45
Figura 8. Viviendas próximas al cuerpo hídrico	46
Figura 9. Localización del proyecto, ubicado en el mapa de Cúcuta	47
Figura 10. Jornada de Descapote y limpieza	48
Figura 11. Levantamiento topográfico en RTK	49
Figura 12. Perfil sección longitudinal de la escorrentía	50
Figura 13. Perfiles secciones transversales del proyecto	51
Figura 14. Curvas IDF estación 1601501 Apto Camilo Daza	63
Figura 15. Coeficiente de escorrentía zonas urbanas	64
Figura 16. Área aferente del proyecto.	65
Figura 17. Cálculo de rugosidad mediante el método de Cowan para taludes del canal.	67
Figura 18. Cálculo de rugosidad mediante el método de Cowan para el fondo del canal.	68
Figura 19. Creación del proyecto en HEC-RAS	69
Figura 20. Ingreso, geometría sección transversal del canal natural abscisa K0+000 y K0+010	69
Figura 21. Ingreso, geometría sección transversal del canal natural abscisa K0+020 y K0+030	70
Figura 22. Ingreso, geometría sección transversal del canal natural abscisa K0+040 y K0+050	70

Figura 23. Ingreso, geometría sección transversal del canal natural abscisa K0+060 y K0+070	71
Figura 24. Ingreso, geometría sección transversal del canal natural abscisa K0+080 y K0+090	71
Figura 25. Ingreso, geometría sección transversal del canal natural abscisa K0+100.	72
Figura 26. Ubicación secciones transversales canal natural en HEC-RAS	72
Figura 27. Caudales para 5 periodos de retorno canal natural	73
Figura 28. Ingreso datos de pendiente	73
Figura 29. Canal modelado en 3 dimensiones	74
Figura 30. Ingreso, geometría sección transversal del canal revestido abscisa K0+000 y K0+010.	75
Figura 31. Ingreso, geometría sección transversal del canal revestido abscisa K0+020 y K0+030	76
Figura 32. Ingreso, geometría sección transversal del canal revestido abscisa K0+040 y K0+050	76
Figura 33. Ingreso, geometría sección transversal del canal revestido abscisa K0+060 y K0+070.	77
Figura 34. Ingreso, geometría sección transversal del canal revestido abscisa K0+080 y K0+090.	77
Figura 35. Ingreso, geometría sección transversal del canal revestido abscisa K0+100	78
Figura 36. Caudales para 5 periodos de retorno canal revestido	78
Figura 37. Ingreso datos de pendiente canal revestido	79
Figura 38. Canal revestido modelado en 3 dimensiones	79
Figura 39. Combinación, área de acero Ast1	80
Figura 40. Estructural, vista de planta, área de acero Ast1	80

Figura 41. Estructural, vista frontal, área de acero Ast1	81
Figura 42. Combinación, área de acero Ast2.	81
Figura 43. Estructural, vista de planta, área de acero Ast2	82
Figura 44. Estructural, vista frontal, área de acero Ast2	82
Figura 45. Dimensiones nominales de las barras de refuerzo	83
Figura 46. Detalle estructural, revestimiento del canal	84
Figura 47. Presupuesto revestimiento de canal	85
Figura 48. Diagrama de Gantt.	86
Figura 49. Mano de obra	86

Lista de tabla

Tabla 1. Tipos de flujo	32
Tabla 2. Pendiente tramo a tramo	51
Tabla 3. Excavación, conservación y sobre tamaños	53
Tabla 4. Resultados de laboratorio	56
Tabla 5. Caudales para diferentes años de retorno	66

Lista de Anexos

Anexo 1. Coordenadas Topográficas	94
Anexo 2. Estudio de suelos	99
Anexo 3. Evidencia fotográfica: Preparación muestra para límites de consistencia.	117
Anexo 4. Ensayo de corte directo.	118
Anexo 5. Secciones transversales del terreno natural	119
Anexo 6. Perfil longitudinal del terreno natural	120
Anexo 7. Secciones transversales del canal revestido	121
Anexo 8. Perfil longitudinal del canal revestido	122
Anexo 9. Parámetros hidráulicos del canal revestido	123
Anexo 10. Superposición de las secciones transversales definidas en las secciones naturales	125
Anexo 11. Cantidad de obra	126
Anexo 12. Listado de equipos, materiales y Jornales	127
Anexo 13. Análisis de precio unitarios	128

Resumen

Introducción: Se desarrolló una serie de estudios tales como los geotécnicos, topográficos e hidrológicos, que permitieron conocer las condiciones reales del área de análisis y aportaron aspectos importantes a seguir para la metodología del diseño. **Objetivo:** Realizar el diseño hidráulico para el óptimo funcionamiento del canal de aguas lluvias, localizado en el límite de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz, en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta, departamento de Norte de Santander. **Material y métodos:** La investigación realizada en el presente proyecto es aplicada, descriptiva y de tipo experimental debido a que se da a conocer un diseño de canal de aguas lluvias a través de la aplicación de teorías desarrolladas con el fin de resolver la necesidad de la población; área de la microcuenca hidrográfica que engloba los barrios Belén, La Pastora, Villa la Paz y Belén de Umbría. **Resultados:** Se cuenta con dos tipos de suelo, la primera mitad con un suelo gravoso arcilloso mal graduado con alta presencia de materia orgánica influenciada por el cuerpo hídrico que lo surca, este suelo cuenta con una capacidad admisible de $18,74 \text{ kg/cm}^2$ y la segunda mitad con una arcilla de alta plasticidad con un límite líquido alto de $50,78\%$ y una capacidad admisible de $2,16 \text{ kg/cm}^2$. La carga estructural y la carga hidrodinámica sumadas producen una carga de $0,30 \text{ kg/cm}^2$ lo que es mucho menor que la carga admisible de los suelos presentes en el proyecto, lo que permite afirmar que los suelos soportarán la estructura; se debe hacer en concreto reforzado con parrilla doble, con espesor de 20 centímetros en la base y con espesor de muros de 15 centímetros, concreto estructural de 28 MPa y acero de refuerzo de $\frac{1}{2}$ " de 420 MPa separados cada 20 centímetros. **Conclusión:** La sección del canal de cien metros estudiada en el proyecto se compone de secciones con formas irregulares que tienden a la forma trapezoidal, que cuenta con una pendiente promedio de $5,74\%$, se confirmó que el canal natural es altamente peligroso tanto para las personas que transitan por él paso peatonal o puente improvisado.

Introducción

En el presente proyecto de investigación se hizo los estudios previos y el diseño de canal de aguas lluvias no erosionable en una longitud de 100 metros localizado en el límite de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz, en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta del departamento de Norte de Santander.

Se desarrolló una serie de estudios tales como los geotécnicos, topográficos e hidrológicos, que permitieron conocer las condiciones reales del área de análisis y aportaron aspectos importantes a seguir para la metodología del diseño.

Para lograr el modelamiento ideal del cauce se utilizó el método de la sección óptima, permitiendo que se cumpla con todos los parámetros de diseño establecidos por la resolución 0330 del 2017 y en general que se ajuste a los distintos aspectos de seguridad y viabilidad para satisfacer la necesidad de la población aledaña al cuerpo hídrico. Así mismo, se llevó a cabo un presupuesto que permitiera conocer la dimensión de la inversión que se debería realizar.

1. Título

DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS EN UNA LONGITUD DE 100 METROS, LOCALIZADO EN EL LÍMITE DE LOS BARRIOS BELÉN DE UMBRÍA Y VILLA LA PAZ DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ CÚCUTA, DPTO. NORTE DE SANTANDER.

2. Problema de la investigación

2.1 Planteamiento del problema

Este proyecto se enfoca en una zona del límite de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz, que presenta problemas con el sistema de canalización actual, el cual se conforma de tramos contruidos en concreto reforzado de sección rectangular y tramos naturales de sección transversal no definida, los cuales presenta 4 problemas preocupantes para la comunidad aledaña.

En primer lugar, se observa que debido a la falta de estabilidad en los taludes y a la pendiente longitudinal significativa que tiene el canal natural se presenta el fenómeno de la erosión, específicamente en tiempos de alta precipitación, el cual lleva a que las dimensiones del canal sean alteradas y amenaza en gran manera la estabilidad estructural de las viviendas y a la calle en afirmado que se encuentran ubicadas paralelamente a este.

Así mismo, en temporadas de invierno la comunidad se ve afectada por las inundaciones debido a los desbordamientos que se presentan gracias a que el canal no tiene la capacidad de transportar el caudal demandado.

También se identificó la falta de accesibilidad que tienen los habitantes para salir o entrar a sus viviendas, ya que no se cuenta con un puente peatonal que permita un acceso seguro y cómodo, por tal razón a estas personas no les queda otra opción que pasar por el canal a pesar del alto riesgo que esto abarca, ya que el contacto con las aguas estancadas puede traer un serio problema a la salud como infecciones cutáneas y diarreicas, de igual modo se pueden sufrir accidentes debido a la forma pedregosa irregular del canal y a los depósitos de escombros depositados en el mismo.

Finalmente se observa que la contaminación ambiental en el área trae consigo serios problemas de salud pública, éstos son generados principalmente por el empozamiento de las aguas lluvias, además se registra la existencia de agentes contaminantes como aguas servidas de tuberías anexas por la misma comunidad, facilitando la proliferación de insectos y agentes bacterianos, asimismo provoca malos olores, los cuales contaminan el aire que se respira.

Por lo anterior, se requiere una solución inmediata para garantizar el bienestar de los habitantes aledaños a este tramo del canal no revestido. El desarrollo de este proyecto permitió dar un primer paso a la solución concreta que necesita la comunidad, la cual es la construcción del canal que se debe realizar por parte de las entidades pertinentes de la ciudad.

2.2 Formulación del problema

¿El diseño de un canal de aguas lluvias, localizado en el límite de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz en la ciudad de Cúcuta del departamento de Norte de Santander, permitirá mitigar la afectación que está generando en la actualidad desde el punto de vista civil y ambiental el manejo de las aguas lluvias?

3. Justificación

Este proyecto se desarrolló en respuesta a la necesidad que tienen los habitantes de las zonas aledañas al canal natural localizado en el límite de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz de la ciudad de San José de Cúcuta, debido a que las fuertes precipitaciones en la estación de invierno producen socavaciones en los taludes del canal, lo cual afecta directamente la estabilidad estructural de las viviendas y de la calle en afirmado que se encuentra paralelamente a este, de igual modo este fenómeno origina inundaciones que ocasionan daños en enseres y colocan en riesgo la vida humana. También se puede identificar problemas de accesibilidad a las viviendas, ya que este canal natural no tiene puentes peatonales, por lo cual los residentes de la zona se ven obligados a atravesar el canal a pesar del gran peligro que esto conlleva, así mismo la falta del revestimiento del canal natural ha permitido el empozamiento de las aguas lluvias, en consecuencia esto aumenta la proliferación de vectores que afectan la salubridad de los habitantes; es por ello que existe la necesidad de hacer un diseño de canal que permita mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector y de los que sí o sí deben transitar por el canal.

Cabe resaltar que los niños y ancianos de la zona hacen parte de la población altamente afectada, puesto que estos son los más vulnerables a las enfermedades producidas por la proliferación de moscos y también a las que se pueden generar por el contacto con las aguas contaminadas que transporta el canal, finalmente se cree que realizar un diseño del canal hace parte del primer paso que ayudaría en un futuro la construcción del mismo por parte de la entidades encargadas, ya que este sistema hidráulico es estrictamente necesario para reestablecer el derecho a vivir en un medio ambiente sano y con una infraestructura adecuada.

4. Objetivos

4.1 Objetivo general

Realizar el diseño hidráulico para el óptimo funcionamiento del canal de aguas lluvias, localizado en el límite de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz, en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta, departamento de Norte de Santander.

4.2 Objetivos específicos

- Consultar referentes teóricos y legales que den respuesta al objeto de estudio del presente proyecto.
- Hacer los estudios técnicos de topografía y suelos del cauce localizado en el límite de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz, en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta, departamento de Norte de Santander.
- Elaborar un estudio hidrológico y el modelamiento hidráulico del cauce localizado en el límite de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta, departamento de Norte de Santander.
- Hacer el presupuesto del revestimiento del canal localizado en el límite de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz en la zona urbana del municipio de San José de Cúcuta, departamento de Norte de Santander.

5. Alcances y limitaciones

5.1 Los alcances

En este proyecto se logró un aporte al área que encierra un tramo de 100 metros del canal

natural ubicado en el límite de los Barrios Belén de Umbría y Villa la Paz, del municipio de San José de Cúcuta, a través de estudios preliminares al diseño, los cuales son el topográfico, geotécnico e hidrológico, todo con el fin de dar a conocer un modelamiento hidráulico que brinde un óptimo funcionamiento al transporte de las aguas lluvias. Cabe aclarar que en este proyecto no se va a construir el canal, solo se presenta un diseño del mismo y finalmente un presupuesto del revestimiento.

5.2 Las limitaciones

Se presentan limitaciones al analizar la zona en los sistemas de información geográfica como Google Earth Pro, debido a la desactualización del sistema y principalmente a que el canal de aguas lluvia estudiada se encuentra en un área restringida por la legalización de suelos.

6. Delimitaciones

6.1 Delimitación espacial

El estudio se desarrolló en el municipio de San José de Cúcuta del departamento de Norte de Santander, específicamente en la zona urbana correspondiente al límite de los Barrios Belén de Umbría y Villa la Paz, los cuales pertenecen a la comuna 9. El canal natural a analizar esta comprendido a lo largo de la calle 25 y sus coordenadas U.T.M. son 871721,87 N – 771863,63 E – 18 N, el tramo de estudio inicia en la finalización del canal construido de sección rectangular y recorre una longitud de 100 metros.

6.2 Delimitación temporal

El proyecto se desarrolló durante 4 meses académicos después de haber sido aprobado el anteproyecto del mismo.

6.3 Delimitación conceptual

Canal de aguas lluvias, precipitación, caudales, erosión, pendiente y revestimiento.

7. Marco referencial

7.1 Antecedentes y estado del arte

7.1.1 Antecedentes empíricos

En los últimos años se ha presentado un gran crecimiento de los asentamientos humanos en los límites del barrio Belén y La Pastora en la ciudad de Cúcuta, estos se caracterizan por estar en una zona de riesgo alto debido a que las aguas lluvias de la microcuenca convergen allí y forman un cuerpo de agua principal que no está canalizado, por consecuencia durante épocas del año se presentan desbordamientos que afectan gravemente a la población asentada, tanto que el pasado mes de noviembre del 2021 la comunidad decidió pedirle ayuda al gobierno municipal a través del diario La opinión con un reportaje periodístico, en donde una de las afectadas puntualizó “Necesitamos una canalización urgente para evitar una tragedia”.

7.1.2 Antecedentes bibliográficos

Álvarez, Carlos. y Rios, Juan. 2021, en su trabajo de grado para optar al título de ingeniero civil titulado: Modelamiento hidráulico y propuesta de canalización de la escorrentía superficial la bartola que fluye de sur a Norte en el área urbana del municipio del Zulia, Norte de Santander. En su proyecto de grado los autores consideraron que para el correcto análisis del flujo era necesario realizar un recorrido por el área aferente de la microcuenca, esto los llevo a identificar que la población aledaña al cuerpo hídrico no respeto las zonas de aislamiento que se deben dejar a los lados de la escorrentía, por tal razón se hace necesario canalizar las aguas para

disminuir la afectación. Lo anterior se asemeja a lo que pasa en la zona de estudio del presente proyecto, ya que la comunidad se ha encargado de invadir los terrenos que hacen parte del área proyectada a inundaciones. (Álvarez, 2021)

Pérez, Cesar. 2020, en su artículo de investigación titulado: Construcción de canales de recolección de agua lluvia con material PET, tenía como objetivo diseñar sistemas de recolección de agua lluvia con material reciclado a través de una investigación cuantitativa en la cual se empleó el método racional, donde se evaluaron variables climatológicas, hidráulicas y funcionales de los canales propuestos. Se pudo tener como resultado que este tipo de materiales funcionan dependiendo de la adherencia que se les dé a las botellas de plástico durante el proceso constructivo. Este proyecto aportó una idea sobre un posible material para el recubrimiento, pero esto depende del caudal que este cuerpo hídrico transporte en altas precipitaciones. (Perez, 2020)

Castillo, Gibran. 2019, en su artículo de revisión titulado: Contaminación de canales de agua lluvia en zonas urbana. El autor da a conocer que gracias al rápido crecimiento de las ciudades y a la impermeabilización de los suelos, hace que se conlleve a la pérdida de infiltración natural del agua, esto vuelve necesario la construcción de canales para aguas lluvias dentro de las ciudades, debido al aumento de agua de escorrentía en las zonas urbanas y así evitar inundaciones. También aclara que la interacción de los habitantes con los canales de drenaje a cielo abierto no siempre es amigable, por lo que se presentan problemas de índole ambiental. Lo anterior justifica la urgencia de poder satisfacer la necesidad que tienen los habitantes aledaños al canal de aguas lluvias en estudio, debido a que la comunidad corre el riesgo de inundaciones en temporadas de altas precipitaciones, así mismo la falta de revestimiento el canal permite el estancamiento de las aguas que traen consigo una afectación directa a la vida humana. (Castillo, 2019)

Guamán, Víctor. 2018, en su proyecto de investigación para obtener el título de Magister en métodos matemáticos y simulación numérica en ingeniería titulado, esto les ayudo a identificar que los vertederos rectangulares se caracterizan por permitir el paso de un mayor flujo de agua a pesar de presentar una menor altura de carga, claramente este resultado aporta una sugerencia para el presente proyecto porque indica que preferiblemente la sección rectangular es la que más se ajusta a los cambios de altura del fondo del canal que se logra evidenciar en la topografía realizada del área en estudio. (Guamán, 2018)

Barrero, Adriana. y Beltrán, Danilo. 2018, en su trabajo de grado para optar al título de especialista en recursos hídricos titulado: Diseño del sistema de recolección de aguas lluvias más eficientes para el plan parcial de la vereda San Bartolomé en el municipio de Gachancipá departamento de Cundinamarca. Los autores identificaron que las principales causas de las inundaciones de los sectores aledaños al canal natural del municipio de Gachancipá son los sedimentos y la proliferación de especies vegetales, lo cual reduce considerablemente la capacidad hidráulica del canal y aumenta el riesgo de desbordamientos al no poder evacuar rápidamente los caudales en precipitaciones fuertes. El canal a estudiar en el presente trabajo de investigación también se caracteriza por presentar estas condiciones que limitan al flujo, trayendo como consecuencia la afectación en la estabilidad estructural de las viviendas y en los enseres de los habitantes. (Barrero, 2018)

Ramos Cueva, Dante y Viera Baca, Evelyn Juleisy. 2017 en su trabajo de grado para obtener el título de ingeniero civil titulado: Diseño de canal – vía como estructura de evacuación de aguas pluviales de la ciudad de Trujillo previa desviación de escurrimiento de la quebrada san Idelfonso hacia el rio moche. Con el presente estudio se pretende calcular el área de cuenca y su caudal máximo de precipitación que se da en la lluvia más intensa, esto con el fin poder

determinar el área de la sección requerida para conducir este caudal en el nivel más crítico. En primer lugar, se hizo una recolección hidrográfica de la cuenca de San Idelfonso, esto arrojó el caudal a transportar por el cuerpo hídrico y finalmente se realizó el diseño de la estructura de drenaje. Se obtuvo como resultado que el canal vía debe tener un ancho de 20 metros para que se genere una lámina de agua de 20 centímetros en la precipitación más fuerte. Este proyecto aporta un nuevo conocimiento sobre una alternativa de diseño de canal bifuncional que depende principalmente de las condiciones topográficas del área a intervenir y de la necesidad que se desea suplir, claramente para el proyecto en curso no se tendrá en cuenta este tipo de sección debido a que las condiciones no se ajustan. (Ramos Cueva, 2017)

León, Adolfo.; Córdoba, Juan. y Carreño, Fernando. 2016, en su artículo titulado: Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. Los autores enfatizan en la importancia de aprovechar el recurso hídrico a través de distintos sistemas de canalización y almacenamiento de las aguas lluvias, ya que esto mejora la calidad de vida humana y determina el nivel de desarrollo del lugar. La problemática visualizada en el área de estudio sobre la recolección de las aguas lluvias debe hacer reflexionar a tal punto de que se disminuya los índices de concentración de contaminantes que aporta la comunidad aledaña al canal como los son las aguas negras y servidas, esto a través de una canalización adecuada que evite que las aguas lluvias sean mezcladas con aguas altamente contaminadas. (Leon Cordoba y Carreño, 2016)

Baltodao, William. 2015, en su monografía para obtener el título de ingeniero civil titulado: Diseño hidráulico de un canal de 1km de longitud que comprende parte de la zona 2, 5, 6 y 11 del municipio de ciudad sandino, Nicaragua. Claramente el objetivo del proyecto fue presentar una sección del cauce que permita transportar el caudal en periodos altos de

precipitación. Para el desarrollo se tuvo en cuenta la utilización del mapa geodésico y el uso de programas, como: Excel, Hcanales, AutoCAD y civil3d, estos ayudaron a obtener resultados más precisos. Finalmente se pudo determinar que la sección que mejor se ajusta al canal es trapezoidal, esto con el fin de que el caudal se drene mejor. De este proyecto se tomó como aporte que es bastante fundamental el uso del software que se tiene actualmente para lograr el mejor diseño que se ajuste a la realidad. (Baltodao, 2015)

Peña, Carlos. y Lara, Jaime. 2012, en su artículo titulado: Tratamiento de aguas de escorrentía mediante humedales artificiales: estado de arte. Los autores desean dar a entender la afectación que se está viviendo en los cuerpos hídricos como ríos donde se vierten las aguas lluvias previamente canalizadas por estructuras que no permiten las condiciones mínimas en la calidad del agua, debido a que en el primer intervalo de tiempo en un evento de lluvia, el proceso de escorrentía aporta contaminantes que se reflejan en las concentraciones de la precipitación, como es el caso de los sólidos suspendidos, coliformes fecales, materia orgánica, metales pesados y otros constituyentes como aceites, grasas e hidrocarburos. El tramo en estudio se caracteriza por presentar estos tipos de agentes contaminantes que disminuyen la calidad del agua vertida a los ríos, impactando los ecosistemas aguas abajo y la salud humana de quienes consumirán este líquido preciado, por tal razón se necesita una acción lo más pronto posible. (Peña-Lara, 2012)

Se realizó una visita a la oficina de infraestructura municipal, nos comunicamos con los ingenieros responsables y nos informaron que dentro de los proyectos y planes que tiene la oficina de infraestructura municipal no se contemplan estudios técnicos para la zona del proyecto ubicado en los límites de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz. (Oficina-de-infraestructura-municipal, 2023).

7.2 Marco teórico

El agua es un elemento esencial para la conservación y creación de vida de ahí la necesidad e interés de la humanidad por entender su comportamiento, el agua la podemos encontrar en movimiento o estática desde los canales naturales formados por el paso del agua en contra pendiente hasta las corrientes de agua en el mar, el agua permanece en contantes movimiento va de un lugar a otro, todo rastro de vida se ha formado cerca de zonas donde se encuentra este líquido precioso, el avance de la ciencia nos ha permitido entender y así mismo en la medida de lo posible controlar su trayectoria, lo que nos ha facilitado expandir los asentamientos humanos a lugares donde naturalmente no surca uno de estos afluentes.

Existen dos tipos de canales, abiertos y cerrados. Los abiertos son los que tienen una superficie libre que por acción de la fuerza atmosférica permite el movimiento del afluente y los cerrados donde el líquido este confinado y trabaja con presión hidráulica. Cada sistema se aplica según la necesidad. (Felices, 2007).

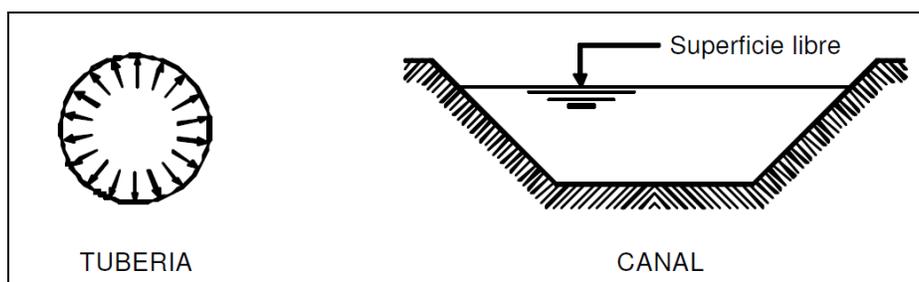


Figura 1. Diferencia entre canales y tuberías

Fuente: (Felices, 2007)

7.2.1 Conducción hidráulica

Volumen de control finito encargado del transporte de un líquido de un lugar a otro. Específicamente en la ingeniería, es la estructura usada para conducir un fluido desde una fuente (origen) hasta un sitio elegido (destino). (Cadavid, 2006)

Se presenta en dos formas, según la forma de construirlas: conducción cerrada y conducción abierta.

7.2.2 Hidráulica de canales

Es la aplicación de la mecánica de fluidos incompresibles que comprende los métodos para efectuar cálculos y llegar a resultados cuantitativos indispensables para solucionar cualquier problema en que intervenga un líquido. Por eso es una actividad en esencia práctica. (Cadavid, 2006)

Los sistemas de canales abiertos suelen ser más complejos que los cerrados, ya que los cerrados tienen una sección definida que generalmente es circular en cambio, los canales abiertos poseen diversas formas incluso secciones sin geometría definida en el caso de los canales naturales, lo que genera más incertidumbre al encontrar un factor de rugosidad adecuado. (CHOW, HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS, 1994)

7.2.3 Geometría de los canales

Podemos encontrar canales dependiendo su origen, naturales o artificiales, dependiendo de su forma, prismáticos y no prismáticos. La forma de un canal se define en base a la necesidad que se desee cubrir, para múltiples inconvenientes se presentan diversas soluciones. Las

secciones transversales de los canales artificiales se construyen dependiendo de los siguientes criterios, economía, topografía, resistencia estructural o estabilidad geotécnica. (Cadavid, 2006)

Dentro de las secciones de un canal encontramos:

Sección natural, muestra variadas formas que sirven para crearlas, se podría decir que esta clase de sección es un caso bastante particular de secciones mixtas. Adquiere gran importancia los conceptos de canal principal y secundario. Durante temporadas de alta precipitación, en ocasiones, el canal principal es insuficiente provocando que el flujo se desborde. A raíz de ello se reparte entre el canal principal y los secundarios que generalmente son llamados, por este hecho, llanuras de inundación. (Cadavid, 2006).

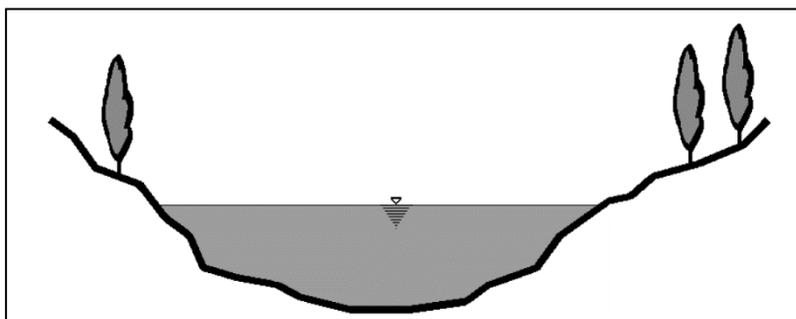


Figura 2. Sección natural.

Fuente: (Cadavid, 2006)

Sección rectangular, sus parámetros geométricos son el ancho de base b y la altura h . En las aplicaciones prácticas de la hidráulica se podría afirmar que es la sección más simple. Generalmente por estabilidad geotécnica se requiere dotar la sección con un recubrimiento de concreto armado. Esta previsión es evidentemente indispensable cuando se construye sobre un terraplén. También se pueden encontrar canales rectangulares sin recubrimiento como las zanjas o trincheras, especialmente en ambientes rurales. (Cadavid, 2006)

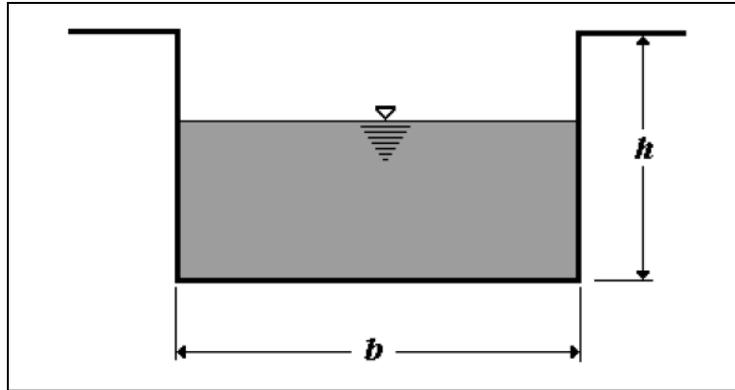


Figura 3. Sección rectangular

Fuente: (Cadavid, 2006)

Son elementos geométricos aquellas propiedades de un canal que se define por la geometría de la sección y la profundidad del flujo. A continuación, se presentan los de importancia básica.

La profundidad de flujo o tirante (y), es la distancia vertical desde el punto más bajo hasta la superficie libre, es decir la profundidad máxima del agua en el canal. (Ruiz, 2008)

Ancho superficial o espejo de agua (T), es el ancho de la superficie libre del agua.

Área mojada (A), es el área de sección transversal perpendicular a la dirección del flujo.

Perímetro mojado (P), es el contorno sólido en contacto con el cuerpo hídrico.

Radio hidráulico (R), es la relación del área mojada con respecto al perímetro mojado.

$$R = \frac{A}{P}$$

Se observa varias secciones transversales que se caracterizan por tener todo un radio hidráulico de 1 m.

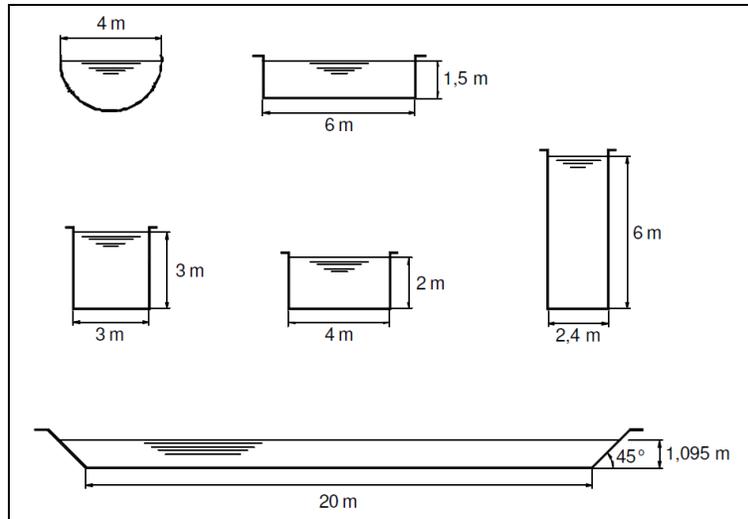


Figura 4. Comparación de varias secciones transversales que se caracterizan por tener todo un radio hidráulico de 1 m.

Fuente: (Felices, 2007)

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

Libre bordo (Lb), es la distancia que hay desde la superficie libre del agua hasta la corona del bordo.

Gasto (Q), es el volumen de agua que pasa en la sección transversal del canal en la unidad de tiempo, y se expresa en m³/s. Para fluidos incomprensibles el principio de continuidad nos permite calcularla con:

$$Q = \frac{V}{t} = A \cdot V$$

Velocidad media (v), es con la que el agua fluye en el canal, expresado en m/s. (Ruiz, 2008).

Profundidad hidráulica (D), es la relación entre el área mojada y el ancho en la superficie.

$$D = \frac{A}{T}$$

Se debe tener en cuenta el área mínima de diseño, un canal requiere de una serie de iteraciones a partir de una sección transversal, la cual como mínimo debería tener una superficie igual o mayor a la calculada según la ecuación. (CHOW, HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS, 1994)

$$A_{\min} = \frac{Q_{\max}}{V_{\max}}$$

V_{\max} : velocidad máxima permitida, m/s.

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

7.2.4 Tipos de flujos

Desde la practicidad, es adecuado definir una clasificación de tipos de flujo, con ayuda de una secuencia simplificada de suposiciones, que permita percibir las diferentes formas o estados en que se presenta el flujo a superficie libre en la realidad. (Villanueva, 2016)

El flujo unidimensional a superficie libre puede ser clasificado con base en diferentes criterios, la más aceptada y conocida es posiblemente la siguiente:

Tabla 1.
Tipos de flujo

Tipo de flujo	Criterio de clasificación
Permanente y no permanente	Tiempo
Uniform y variado	Espaciado
Laminar y turbulento	Fuerzas viscosas
Subcrítico y supercrítico	Fuerzas de gravedad

Fuente: (Villanueva, 2016)

Flujo según el tiempo: Es permanente cuando sus características hidráulicas como lo son velocidad, tirante y gasto permanecen constantes todo el tiempo o durante un lapso determinado. Si varían de un instante a otro, es no permanente.

Flujo según el espacio: Es uniforme, cuando sus características permanecen sin variación a lo largo del canal. La velocidad media y el tirante cambian a lo largo del canal cuando es flujo variado, este tiene una subclasificación: *gradualmente, rápidamente y espacialmente*.

La diferencia principal entre un flujo gradualmente variado y otro rápidamente variado radica en que para el primer caso se presenta una variación gradual de los tirantes a lo largo del canal y en el segundo caso dicha variación se presenta bruscamente entre dos secciones consecutivas o en un tramo muy corto (caso típico de un salto hidráulico). (Villanueva, 2016)

Flujo laminar y turbulento: El flujo puede ser laminar, de transición o turbulento. La influencia de la viscosidad se mide a través del número de Reynolds.

$$Re = \frac{uRh}{\nu}$$

En la práctica se aceptan los siguientes rangos de clasificación:

Flujo laminar $Re < 500 - 600$

Flujo de transición $500 < Re < 2000$

Flujo turbulento $Re > 2000$

Flujo subcrítico y supercrítico: Por lo que se refiere a la preponderancia de las fuerzas gravitatorias, existe también una clasificación, la cual queda definida por el número de Froude.

$$Fr = \frac{u}{\sqrt{g \cdot Y}}$$

El flujo se clasifica en:

Subcrítico $Fr < 1$

Crítico $Fr = 1$

Supercrítico $Fr > 1$

7.2.5 Topografía

Etimológica del topo “lugar” y grafía “escribir”, es la representación de un lugar mediante técnicas y procedimientos para determinar la posición por medio de puntos sobre la superficie terrestre que posteriormente se emitirán en un plano, es lo que comúnmente se conoce como levantamiento.

La topografía tiene por objeto el cálculo de superficies y volúmenes, y la representación de las medidas tomadas en el campo mediante perfiles y planos, por lo cual estos trabajos

también se consideran dentro de la topografía. La teoría de la topografía se basa básicamente en la geometría plana, geometría del espacio, trigonometría y matemáticas en general. (Guayanay, 2012)

7.2.6 GPS Mono - frecuencia de código y fase

Son receptores que toman datos de la portada L1 en sus dos modalidades código C/A y fase. Son equipos que trabajan en tiempo real en modo diferencial y en diferido. Tiene una muy buena precisión afianzándose como un método de medición topográfica muy rentable.



Figura 5. Equipos para RTK

Fuente: (Guayanay, 2012)

7.2.7 Levantamiento topográfico en RKT

Este levantamiento topográfico se puede realizar mediante un sistema GPS utilizando el método cinemático en tiempo real RTK (Real Time Kinematic). Se compone de un GPS fijo de referencia y un GPS en movimiento. Se utilizan dos receptores con equipo de radio módem, un trípode rígido, un bastón, una colectora de datos y un flexómetro.

Un ejemplo de equipo completo estaría compuesto por:

- Receptor de doble frecuencia en modo RTK.
- Baterías (para la estación de referencia y el receptor móvil).
- Antena de doble frecuencia.
- Terminal para receptor GPS (colectora)
- Radio-modem.

7.2.8 Características del suelo

Tal cual como existe el ciclo del agua también se ha representado gráficamente de una forma simplificada el ciclo de los suelos, existen 3 grandes grupos de suelos: sedimentarios, metamórficas e ígneas. Cada uno de estos tipos de suelo tiene diferentes propiedades y características tanto morfológicas como mineralógicas.

Para la ejecución de un proyecto de cualquier índole se necesita conocer las propiedades mecánicas de los suelos por medio de una exploración donde se observa la estratigrafía y condiciones del suelo de fundación, también se realizan ensayos de laboratorio que determinen parámetros necesarios para calcular los esfuerzos actuantes y análisis de asentamientos. (DAS, 2015)

7.2.9 Estudio hidrológico

Es la recolección y análisis estadístico de los posibles sucesos que se desarrollen en la naturaleza, donde se prevé y proyectan comportamientos del medio. Utiliza equipos de medición tales como pluviómetros, pluviógrafo, anemómetro, piranómetro, actinógrafo, etc.

Dado que la precipitación es altamente variable en el tiempo y en el espacio, se debe contar con un número suficiente de datos y preferiblemente de varias estaciones meteorológicas, para lograr un buen grado de precisión en los estimados de los elementos críticos.

En estos estudios se obtienen datos importantes tales como caudales máximos, temperaturas medias y máximas, velocidad del viento, etc. Fundamentales para los diseños de las múltiples soluciones. (CHOW, HIDROLOGÍA APLICADA , 1994)

7.2.10 Curvas IDF

La Curva Intensidad Duración Frecuencia, representa la intensidad (I) o magnitud de una lluvia fuerte expresada en milímetros por hora, para una duración (D) determinada que usualmente puede ser 30, 60, 90, 120 o 360 minutos y que se estima tiene una probabilidad de ocurrencia, o frecuencia (F) expresada en años, lo que también se conoce como periodo de retorno. (IDEAM, 2016)

7.2.11 HEC-RAS

En el campo de ingeniería actualmente es común la utilización de software, dentro de estos existe una gran variedad de uso privado (pagos) y públicos (gratis). Dentro de los últimos en la parte hidráulica destaca el HEC-RAS (desarrollado por Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers). Es un programa que facilita la entrada de datos y permiten una visualización grafica de los resultados, permitiendo realizar cálculos de flujo estable unidimensional, flujo inestable unidimensional y bidimensional, cálculos de lecho móvil/transporte de sedimentos y modelado de temperatura/calidad del agua.

Este programa permanece en constante actualización corrigiendo y mejorando su

manejabilidad, se destaca entre los programas de su tipo. (UU., 2015)

7.2.12 Diseño hidráulico

Para diseñar un sistema de escorrentía artificial es indispensable conocer el cambio de relieve de la zona, las propiedades como textura, densidad, parámetros de resistencia y consistencia de los suelos de fundación, estratificación y estado del mismo para determinar posible presencia de niveles freáticos, poseer datos relevantes sobre el comportamiento hidrológico de la zona. Para un diseño apropiado es necesario hacer una serie de estudios, que permitan tomar las decisiones adecuadas.

Aplicando teoremas de diferentes autores calcular parámetros necesarios para definir las secciones del canal, elementos geométricos, velocidades máximas, gastos. Todo bajo unas recomendaciones dadas por las normas vigentes para la zona donde se ejecute el diseño, en el caso de Colombia la ley 0330 del 2017 entre otras normas. (CARLOS ANDRES ALVAREZ SEQUEDA, JUAN CARLOS RIOS, 2021)

7.2.13 Presupuesto

En todas las fases de un proyecto, pre-inversión, inversión y fase operacional, debemos elaborar análisis unitarios teniendo en cuenta el movimiento del mercado actual para realizar un presupuesto por cada propuesta emitida. Un fin cuantitativo que pasa a ser cualitativo en la toma de decisiones de un proyecto.

Para realizar un presupuesto es de suma importancia tener claros las etapas del proyecto, como también conocer todos los procesos encerrados en los diferentes marcos financieros, constructivos y legales. Para esto el primer paso para realizar un presupuesto es definir las

etapas. En el análisis económico de un proyecto, el costo del producto debe compararse con los flujos económicos que se simulan en el tiempo para determinar si es rentable o no. La rentabilidad está medida con respecto al tipo de proyecto que se esté realizando, es decir, puede ser económica, financiera o social. (Acosta, 2018)

7.3 Marco legal

Constitución política de Colombia, Artículo 366: El bienestar general y el mejoramiento de la calidad de vida de la población son finalidades sociales del Estado. Será objetivo fundamental de su actividad la solución de las necesidades insatisfechas de salud, de educación, de saneamiento ambiental y de agua potable. Para tales efectos, en los planes y presupuestos de la Nación y de las entidades territoriales, el gasto público social tendrá prioridad sobre cualquier otra asignación.

República de Colombia, Ministerio de vivienda, Ciudad y Territorio. Resolución número 0330 del 08 de junio del 2017: “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”. La Resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.

La Resolución aplica a los prestadores de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, a las entidades formuladoras de proyectos de inversión en el sector, a los entes de vigilancia y control, a las entidades territoriales y las demás con funciones en el sector de agua potable y saneamiento básico, en el marco de la Ley 142 de 1994. Así como a los

diseñadores, constructores, interventores, operadores, entidades o personas contratantes que elaboren o adelanten diseños, ejecución de obras, operen y mantengan obras, instalaciones o sistemas propios del sector de agua y saneamiento básico.

8. Diseño metodológico

8.1 Tipo de investigación

Investigación según el propósito:

La investigación realizada en el presente proyecto es aplicada, debido a que se da a conocer un diseño de canal de aguas lluvias a través de la aplicación de teorías desarrolladas con el fin de resolver la necesidad de la población.

Investigación según el nivel:

Se trata de una investigación descriptiva, puesto que reseña el modelamiento ideal del canal a partir de la medición de distintas variables que llevaron a conocer las condiciones iniciales del área en estudio.

Investigación según la estrategia:

Se desarrolló una investigación de tipo experimental a través de estudios de campo que permitieron conocer el comportamiento de las variables para determinar si la hipótesis establecida del diseño del canal solucionaría la problemática en cuestión.

8.2 Población y muestra

8.2.1 Población

El presente proyecto se dirige al área de la microcuenca hidrográfica que engloba los

barrios Belén, La Pastora, Villa la Paz y Belén de Umbría, los cuales son los que alimentan al canal de agua lluvias que inicia en el barrio Belén y desemboca en la quebrada Tonchalá.

8.2.2 Muestra

El proyecto se enfoca en un tramo de canal sin revestimiento de 100 metros de longitud, que se encuentra paralelamente a la calle 25 correspondiente al barrio Villa la Paz e inicia en la finalización del canal revestido de sección rectangular y termina 100 metros aguas abajo.

8.3 Instrumentos para la recolección de información

Fuentes primarias:

Conocimiento del sitio. La comunidad y los presidentes de las juntas de acción comunal de los barrios aledaños proporcionaron información valiosa sobre el comportamiento del cauce. Esta información se recolecto con la visita de campo usando instrumentos como el celular, libretas, lápiz y flexómetro.

Estudios previos. Para el desarrollo del estudio hidrológico se hizo uso de la base de datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), debido a que es una entidad del gobierno que brinda información verídica, para este fin se utilizó el computador y sus unidades de almacenaje como instrumento de recolección. El estudio topográfico se realizó utilizando el método cinemático en tiempo real RTK y el geotécnico se apoyó a través de los instrumentos encontrados en el laboratorio de suelos como tamices estándar, máquina de corte, cazuela de Casagrande, balanzas, hornos de secado, etc.

Fuentes secundarias:

Para la realización del proyecto se tuvo en cuenta la información que brinda la biblioteca Eduardo Cote Lamus de la Universidad Francisco de Paula Santander y la web, tales como libros, proyectos de grado y artículos.

8.4 Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Los estudios previos al diseño se alcanzaron gracias a distintas técnicas de análisis como la del software de modelamiento de canales que permitió recopilar la información de puntos topográficos arrojada por el método cinemático en tiempo real RTK. Los resultados de los estudios de suelos e hidrología se presentaron mediante tablas, gráficas y diagramas usando la herramienta Excel.

8.5 Fases y actividades específicas del proyecto

Para poder lograr los objetivos trazados en el presente proyecto se realizó a cabalidad las fases que enmarcaron la metodología del proyecto. El ciclo de fases fue el siguiente:



Figura 6. Ciclo de fases del proyecto
Fuente: Elaboración propia.

Nota: Fases que fueron necesarias en el proyecto para su correcta ejecución.

Las actividades realizadas son las siguientes:

- 1) Se consultaron referente teóricos y legales.
 - a. Se consultaron referentes internacionales.
 - b. Se consultaron referentes nacionales.
 - c. Se consultaron referentes legales.
- 2) Se realizó el estudio topográfico.
 - a. Visita de campo.
 - b. Levantamiento en RTK.
 - c. Selección del archivo de trabajo.
 - d. Procesamiento de datos.
- 3) Se realizó el estudio geotécnico.
 - a. Reconocimiento del campo.
 - b. Exploración del subsuelo.
 - c. Ensayos de laboratorio.
- 4) Se realizó el estudio hidrológico.
 - a. Recolección de la información hidrometeorológica.

- b. Caracterización morfométrica de la cuenca.
 - c. Cálculo del caudal de diseño.
- 5) Procesamiento de datos.
- a. Procesamiento de los datos arrojados por el estudio topográfico en el software.
 - b. Análisis de la información proporcionada en el estudio geotécnico.
- 6) Modelamiento hidráulico del cauce.
- a. Dimensionamiento del canal a través del método de la sección óptima.
 - b. Análisis estructural del canal.
- 7) Presupuesto del revestimiento.
- a. Cálculo de cantidad de obra.
 - b. Determinación del costo de construcción.

9. Estudios técnicos

Se ejecutaron los respectivos estudios topográfico y geotécnico que permitieron la adquisición de la información necesaria para la modelación hidráulica del canal, límite entre los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz.

9.1 Características de la zona del proyecto

9.1.1 Información general

La ciudad de Cúcuta departamento de Norte de Santander es un territorio fronterizo con una extensión de 1,176 Km² se destaca por ser una de las principales ciudades de Colombia. Tiene una aglomeración urbana oficialmente constituida (denominada Área Metropolitana de Cúcuta), cuya población asciende a más de 1'200.000 personas. (GOV, 2022)

Cúcuta tiene 3 cuerpos hídricos que surcan sus límites, recorriendo su área metropolitana en la zona suroccidental encontraremos la Quebrada Tonchalá que atraviesa la comuna 9 y 8 del sur al norte para luego seguir su curso hacia el occidente del país. También encontraremos el Rio Pamplonita afluente que desde el sur surca por el centro oriental de la ciudad hasta la zona nororiental, colisionando con el tercer cuerpo hídrico presente en los límites de la ciudad, el Rio Táchira que al desembocar sus aguas en el Rio Pamplonita este sigue su curso hacia el norte del país.

Población y comercio: En la ciudad de Cúcuta según los datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), se cuenta con 787,891 habitantes de los cuales el 48.4% son hombres y el 51.6% mujeres. La población en su gran mayoría es joven con un 65.8% de edades entre 15 a 65 años. Se estima que el promedio de habitantes por vivienda es de 4 habitantes/vivienda, el índice de pobreza monetaria ascendió en el periodo comprendido entre 2014 a 2018 de 33.1% a 36.2% esto se evidencia en la tasa de desempleo que asciende a 24.9%.

La ocupación de la población es del 22.31% en el área del comercio y tan solo del 16.82% en el área agrícola el otro 60,87% se dedica a otro tipo de actividades dentro de un marco económico. De las personas sin actividad económica se tiene que el 33% son estudiantes,

el 39% se dedican a oficios del hogar y el 28% a otras actividades. (DANE, 2021)

9.1.2 Descripción la zona

La sección de canal de estudio se encuentra en la hoya hidrográfica encerrada por los barrios, Belén de Umbría, Villa la Paz, Magdalena, La Pastora y Rudesindo Soto. Recolectando los flujos de agua desde lo más alto de sus cordilleras hasta desembocar en la quebrada Tonchalá que fluye de sur a norte en la zona suroriental de Cúcuta. Esta microcuenca cuenta con un sistema de recolección de aguas lluvias de aproximadamente 807 metros de longitud, un canal rectangular desde la Avenida 28 con calle 28 de barrio Belén hasta la Avenida 39 con calle 27 del barrio Belén de Umbría límites con el barrio Villa la Paz. El canal de estudio de este proyecto es la sección que inicia en el final del canal existente y finaliza 100 metros aguas abajo.

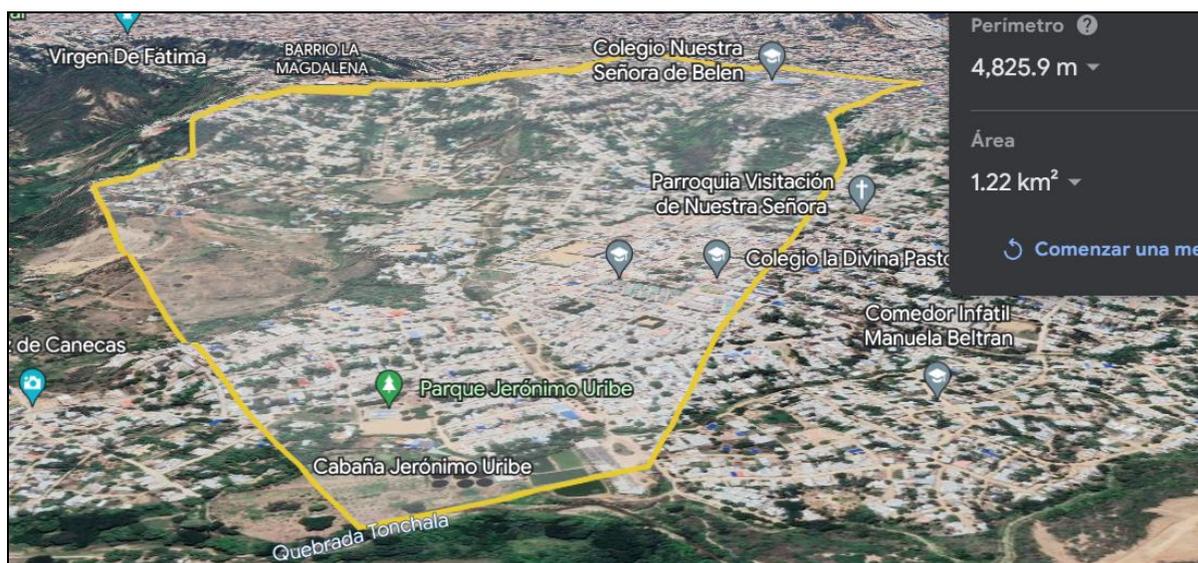


Figura 7. Microcuenca del proyecto

Fuente: La delimitación se realizó con la ayuda de (Google-Earth, 2023) y apoyados en el conocimiento detallado de los barrios donde se desarrolló el proyecto por parte de los estudiantes.

Nota: Cuenca hidrográfica del proyecto, recolecta los flujos desde lo alto de sus cordilleras hasta la Quebrada Tonchalá.

La zona está compuesta por vías en su mayoría pavimentadas y vías en suelo natural, terreno irregular, sin ningún diseño geométrico. Las viviendas próximas al canal, fueron construidas con materiales transitorios (muros de madera y cubiertas en zinc).



Figura 8. Viviendas próximas al cuerpo hídrico

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Casas construidas a menos de 1 metro del afluente principal.

9.1.3 Localización del proyecto, drenaje pluvial belén Umbría Límites con Villa Paz.

El desarrollo de este proyecto se llevó a cabo en el área urbana del municipio de Cúcuta en los límites de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz a lo largo de la calle 25 y sus coordenadas geográficas son 871721,87 N – 771863,63 E – 18 N.

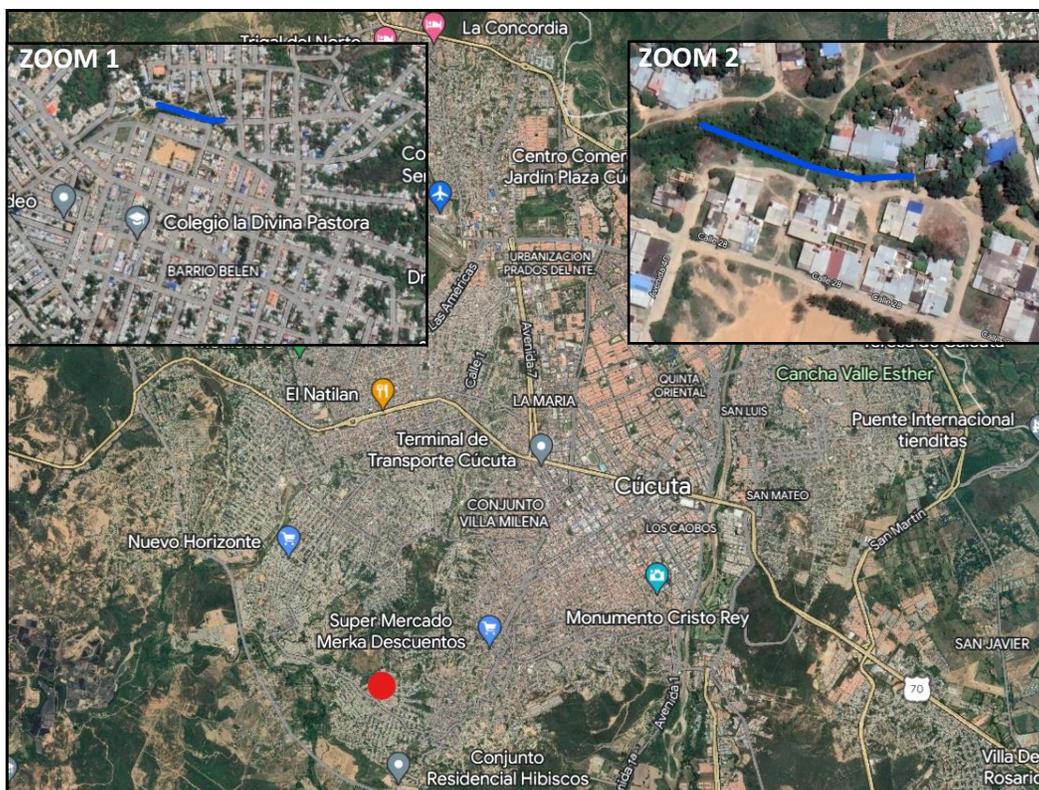


Figura 9. Localización del proyecto, ubicado en el mapa de Cúcuta

Fuente: (Google-Earth, 2023)

Nota: El punto rojo indica la ubicación del proyecto en la ciudad de Cúcuta en la zona suroccidental, se anexo dos acercamientos donde se puede apreciar detalladamente la zona del proyecto.

9.2 Estudio topográfico

Para la correcta ejecución de este proyecto era fundamental realizar el geoposicionamiento, por medio de algún método topográfico que proporcionara la planimetría y altimetría de la forma más precisa posible, ya que son datos imprescindibles para el proyecto.

Antes de realizar dicha topografía encontramos que la escorrentía presentaba una boscosidad densa. Al ser una limitación, la comunidad del barrio Villa la Paz voluntariamente decidieron realizar una jornada de limpieza y descapote al canal natural en un tramo de 100 metros, lo que permitió realizar el levantamiento topográfico sin inconvenientes y además se

generó un mantenimiento al canal natural.



Figura 10. Jornada de Descapote y limpieza

Fuente: Elaboración propia.

Nota: jornada voluntaria por parte de la comunidad del barrio villa la paz, en la imagen se muestra lo densa que estaba la flora y como queda después del retiro de maleza.

El método topográfico utilizado en este proyecto fue un levantamiento en RTK, el cual es un sistema moderno que consiste en la obtención de coordenadas en tiempo real con precisión centimétrica. Se hizo uso de un receptor fijo en modo estático de coordenadas conocidas, mientras un receptor móvil o también conocido como “Rover” toma las coordenadas en detalles como muro, bordes de vía, pozos, postes, bordes de talud, fondo de canal y puntos de nivel en tiempo real por medio de un sistema de telecomunicaciones. Se procesaron los datos y se organizaron en un documento Excel para una mejor manipulación.



Figura 11. Levantamiento topográfico en RTK

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Los equipos utilizados fueron alquilados, en la imagen se evidencia como fueron tomados los puntos y donde se ubicó el receptor fijo.

Los datos organizados a través de una tabla fueron importados al software de AutoCAD y posterior a eso se hizo una triangulación de los puntos captados en el área de estudio para poder determinar el perfil longitudinal del cuerpo hídrico y las secciones transversales; en total se decidió hacer una análisis de 11 secciones transversales que fueron generadas desde la estación 0 metros hasta la estación 100 metros cada 10 metros para obtener un mejor detalle de la geomorfología del tramo en estudio.

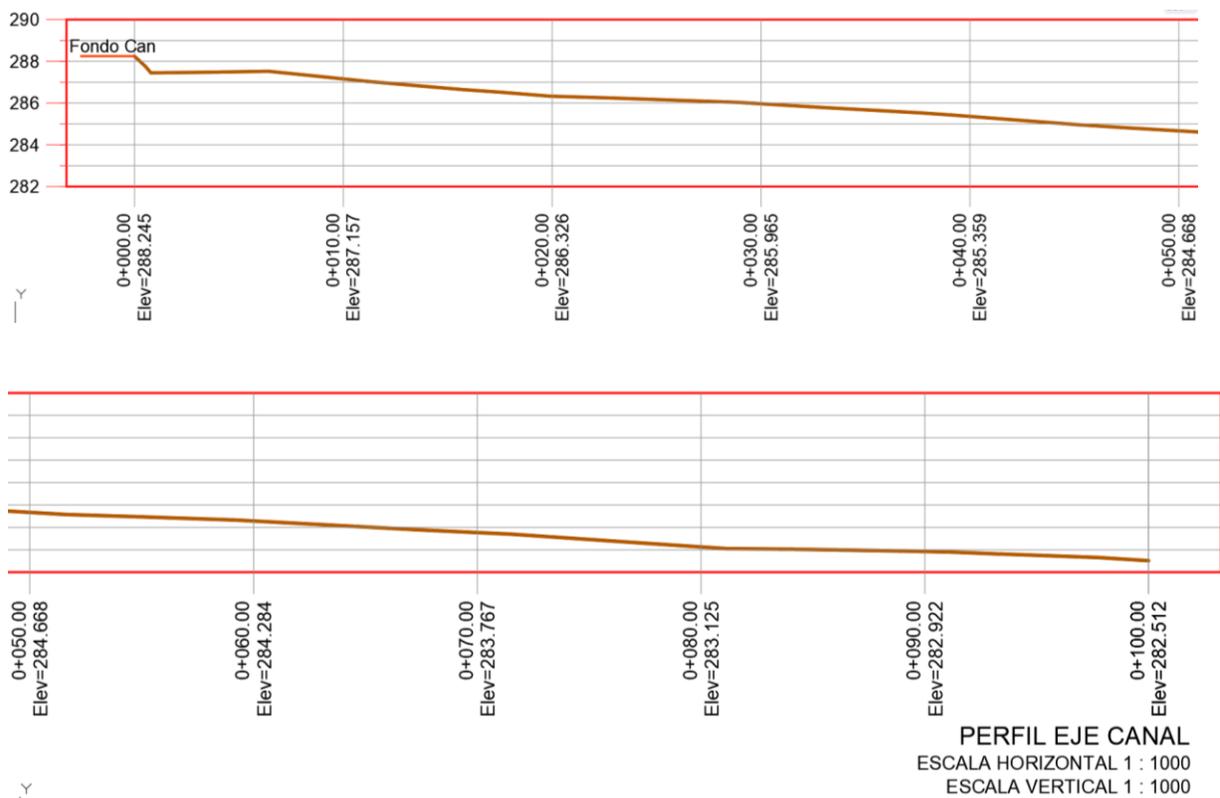
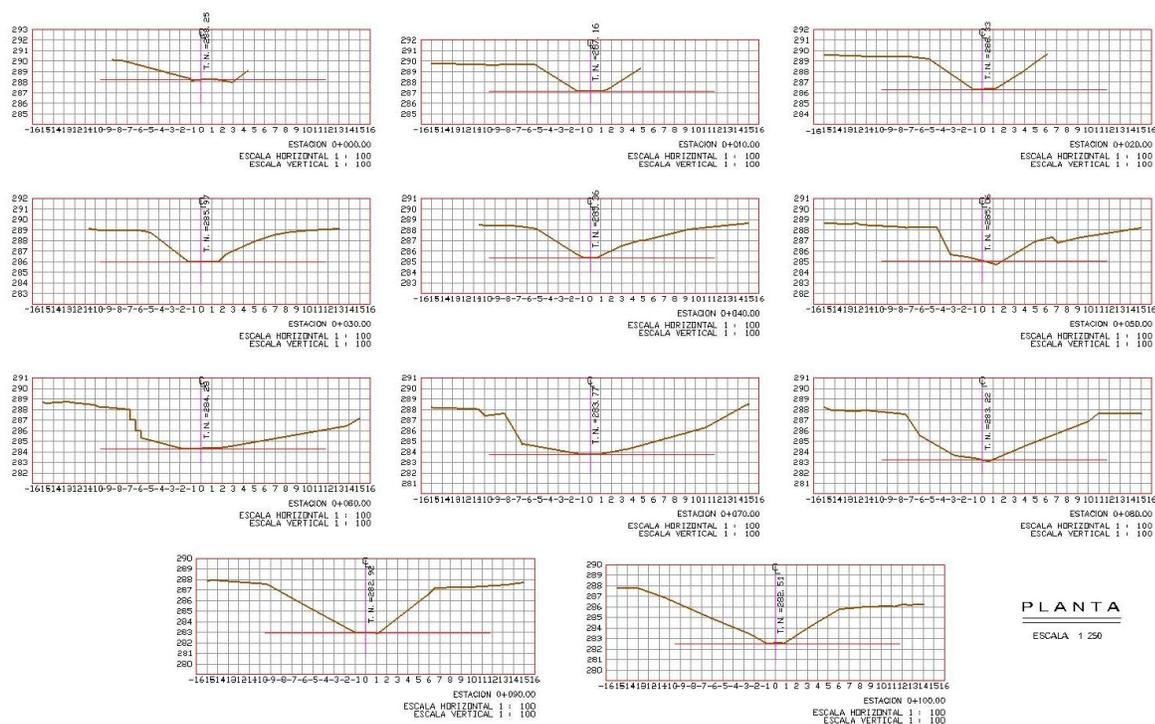


Figura 12. Perfil sección longitudinal de la escorrentía

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Datos tomados cada 10 metros.



PLANTA
ESCALA 1:250

Figura 13. Perfiles secciones transversales del proyecto

Fuente: Elaboración propia.

Nota: en total 11 perfiles de secciones transversales desde la estación 0 (cero) hasta la estación 100 (cien).

Tabla 2. Pendiente tramo a tramo

	Secciones	Cotas	Pendiente
Tramo 1	K0+000	288,25	10,90%
	K0+010	287,16	
Tramo 2	K0+010	287,16	8,30%
	K0+020	286,33	
Tramo 3	K0+020	286,33	3,60%
	K0+030	285,97	
Tramo 4	K0+030	285,97	6,10%
	K0+040	285,36	
Tramo 5	K0+040	285,36	3,00%

	K0+050	285,06	
Tramo 6	K0+050	285,06	7,80%
	K0+060	284,28	
Tramo 7	K0+060	284,28	5,10%
	K0+070	283,77	
Tramo 9	K0+070	283,77	5,50%
	K0+080	283,22	
Tramo 10	K0+080	283,22	3,00%
	K0+090	282,92	
Tramo 11	K0+090	282,92	4,10%
	K0+100	282,51	
	Promedio		5,74%

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Pendiente tramo a tramo, al final se promedian dando como resultado la pendiente total.

9.3 Estudio de suelos

Dentro del estudio como primera instancia, se exploró del terreno para determinar visualmente el estado en el que se encontraba (detectar presencia de nivel freático u otra condición), posterior a esto se seleccionó la cantidad de muestras adecuada según lo define la norma para toma de muestras y exploración INVIAS 102 y 104, con el fin de describir el perfil estratigráfico en la medida que se iba profundizando, además se tuvo en cuenta la conservación y el transporte de las muestras como indica la norma INVIAS 103. Se realizó el estudio para conocer las propiedades mecánicas del suelo de fundación y así poder determinar parámetros como límites de consistencia, resistencia (Cohesión y Angulo de fricción interna), peso específico y carga última.

Se efectuaron dos apiques uno a 25 metros y otro a 75 metros desde el inicio del tramo

estudiado, estos se localizaron a un lado del centro del canal, uno de ellos a 1 metro y el otro a 2 metros respectivamente, el primero por influencia de la escorrentía superficial se encontraba saturado, por tal razón se tomó la decisión de hacer el segundo apique a 2 metros del centro para que no se viera alterada la muestra por el nivel freático. Los dos apiques se hicieron a una profundidad de 2 metros.



Tabla 3. Excavación, conservación y sobre tamaños

Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la imagen se muestra donde se realizó el apique 1 y apique 2, se muestran también los sobre tamaños presentes en el canal y como se conservaron las muestras usando sacos amarrados para generar el efecto hermético, garantizando la menor alteración posible.

Se tomó 1 muestra por apique de aproximadamente 40 kilos, ya que el perfil explorado no presentó cambio de estrato. Las muestras se tomaron a 2 metros de profundidad de la cota rasante y fueron llevadas al laboratorio de suelos de la Universidad Francisco de Paula Santander

donde se procesaron inmediatamente. A las dos muestras se les realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

INVIAS 122. Determinación en el laboratorio el contenido de agua de muestras de suelo roca y mezclas de suelo agregado: El material se extendió en un recipiente metálico lo suficientemente grande para realizar el respectivo cuarteo de donde se seleccionó tres muestras de una cantidad aproximadamente de 150 gramos, fueron llevadas al horno y después de un tiempo no menor a 18 horas a una temperatura de 110°C se sacaron y pesaron. Posteriormente se realizaron los cálculos respectivos aplicando la fórmula porcentaje de humedad descrita en la norma y promediando los 3 valores.

$$\%Humedad = \frac{\text{Peso Humedo de la muestra} - \text{Peso Seco de la muestra}}{\text{Peso Seco de la muestra}}$$

INVIAS 123. Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos: El material se extendió en un recipiente metálico lo suficientemente grande para realizar el respectivo cuarteo de donde se seleccionó una muestra dependiendo del tamaño máximo nominal encontrado a simple vista, se tomó su peso, se dejó en estado saturado para posteriormente realizar una separación, por medio húmedo sobre el tamiz N200. Terminado el lavado se lleva al horno a una temperatura de 110°C por un tiempo no menor a 18 horas, se toma su peso y se pasa por una serie de tamices. En este proyecto se utilizó la serie alternativa descrita en la norma compuesta por los tamices de 3", 1-1/2", 3/4", 3/8", N4, N8, N16, N30, N50, N100, N200, se toma el peso retenido en cada uno de los tamices y se procesan los datos emitiendo como resultado una curva granulométrica.

INVIAS 125 y 126. Limite líquido y limite plástico: La muestra fue extendida en bandejas y puestas en contacto directo con el sol, para su secado natural hasta tener una humedad que permitiera la separación libre de las partículas por medio de un mazo de goma. Después de disgregar, la muestra se pasó por el tamiz N40 obteniendo así la muestra que se manipulo en el ensayo. La muestra pasada por el tamiz N40 se humedece repetidamente por medio de un atomizador y se homogeniza con una espátula hasta tener una consistencia Dura-plástica, el recipiente se tapa herméticamente y se deja curar 24 horas.

Pasadas las 24 horas se sacó una pequeña cantidad de aproximadamente 30 gramos para el ensayo de limite plástico, el cual se amasa con la mano hasta tener una esfera, con esta masa de suelo se hacen esferas de aproximadamente 2 gramos que, con la ayuda de una superficie, preferiblemente un vidrio esmerilado se realizaran bastones de máximo 3 milímetros, que al presentar agrietamiento y no permitir realizar los bastones se depositaron en unos recipientes herméticos y posteriormente se pesaron.

Para el límite líquido con el material restante de aproximadamente 180 gramos y con la ayuda de un equipo para limite líquido calibrado (Cazuela de Casagrande, ranurador que cumpla las medidas especificadas en la norma y balanza) se procedió a homogenizar la muestra hasta conseguir que el material aplicado en la cazuela, que fue separado 2 milímetros por un ranurador, después de una serie de caídas libres a una altura de 1 centímetro, permitieran que las paredes de material en la cazuela se unieran 13 milímetros. Se tomaron 4 muestras para diferentes rangos de golpes. De 40 a 35, 35 a 30, 30 a 20 y menor a 20 golpes. Se llevaron al horno, para posteriormente tomar su peso seco con la fórmula porcentaje de humedad. Los datos que se emitieron son: el límite plástico, promediando los porcentajes de humedad obtenidos y el límite líquido graficando porcentaje de humedad versus número de golpes, trazando una línea vertical

en los 25 golpes que choque con la gráfica se obtiene el límite líquido.

INVIAS 154. Ensayo de corte directo: Este consiste en colocar el espécimen del ensayo en un dispositivo de corte directo, aplicar luego un esfuerzo normal determinado, humedecer o drenar el espécimen del ensayo, consolidar el espécimen bajo el esfuerzo normal, desbloquear las mitades (marcos) de la caja de corte que contiene la muestra, y desplazar horizontalmente una mitad respecto a la otra a una velocidad constante, mientras se miden la fuerza de corte y los desplazamientos normales y horizontales. La velocidad de corte debe ser suficientemente lenta para permitir la disipación prácticamente total del exceso de presión de poros. (INVIAS, 2012)

Este ensayo se realizó remodelando las muestras en límite plástico, no se saturó en el caso del primer apique, porque la saturación presente en la exploración no era natural si no inducida por el cuerpo hídrico que surca alrededor, se trabaja bajo la hipótesis que el canal este revestido.

En la siguiente tabla se presentan los parámetros obtenidos por medio de los ensayos de laboratorio:

Tabla 4.
Resultados de laboratorio

Parámetros	Apique 1	Apique 2
Descripción	Grava arcillosa mezcla de grava arena y arcilla	Arcilla de alta plasticidad
Profundidad	2 metros	2 metros
Clasificación U.S.C.	Gc	Ch
Clasificación aashto	A-2-6	A-7-6
%H. Natural	14,95%	18,75%
%Grava	40,30%	0,00%
%Arena	34,23%	0,90%

%Finos	25,47%	99,10%
Cu	64,00	1,00
Cc	0,11	1,00
L. Liquido	23,58%	50,78%
L. Plástico	12,19%	15,50%
I.p.	11,39%	35,29%
□	1612,00 KG/M ³	1528,00 KG/M ³
□	32,00°	7,13°
C	0,16 kg/cm ²	0,24 kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Datos de laboratorio de los apiques 1 y 2.

Apique 1. Es una grava arcillosa, mezcla de grava, arena y arcilla mal graduada con índice de plasticidad de 11.39%, ángulo de fricción interna de 32,00° y una cohesión de 0,16 Kg/cm². En la exploración se encontró una gran cantidad de materia orgánica, plásticos y vidrios, posiblemente arrastrados por la corriente que surca a su alrededor. Se encontraron cantos rodantes con tamaños superiores a los 20 cm, en los 2 metros que se profundizaron no se apreció cambio de estrato, se calculó la capacidad portante del suelo con la ecuación de Terzaghi para cimientos corridos, expresada por:

$$q_{ult} = cN_c S_c + \bar{q}N_q + 0,5\gamma B N_\gamma S_\gamma$$

Los valores de N_c , N_q y N_γ son tomados de la tabla Factores de capacidad de carga de Terzaghi, S_c y S_γ tienen valor de 1 por las condiciones del canal, los valores de cohesión (c), peso específico (γ) y \bar{q} se emiten en la Tabla 3. Por consiguiente, la carga última es:

$$q_u = 22,49 \text{ kg/cm}^2$$

Asumiendo un factor de seguridad de 1,2 se obtiene:

$$q_u = 22,49 / 1,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_a = 18,74 \text{ kg/cm}^2$$

Las presiones ejercidas por la super estructura y el paso de cuerpo hídrico son mucho menores a la carga admisible del suelo donde se cimenta esta primera parte del canal.

En los anexos se presentan los datos adquiridos en laboratorio.

Apique 2. Es una arcilla de alta plasticidad, mal graduada con índice de plasticidad de 35,29%, ángulo de fricción interna de $7,13^\circ$ y una cohesión de $0,24 \text{ kg/cm}^2$. Presenta un alto límite líquido con 50,78%, se encontró en consistencia plástica. En los 2 metros que se profundizaron no se apreció cambio de estrato, se calculó la capacidad portante del suelo con la ecuación de Terzaghi para cimientos corridos.

$$q_u = 2,60 \text{ kg/cm}^2$$

Asumiendo un factor de seguridad de 1,2 se obtiene:

$$q_u = 2,60 / 1,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_a = 2,17 \text{ kg/cm}^2$$

Las presiones ejercidas por la super estructura y el paso de cuerpo hídrico son menores a la carga admisible del suelo donde se cimenta el canal. Teniendo en cuenta la descarga producida por el retiro de cada metro de excavación para llegar al nivel de desplante, se aumenta la capacidad admisible.

En los anexos se presentan los datos adquiridos en laboratorio.

10. Estudio hidrológico

10.1 Generalidades

La hidrología puede definirse como el estudio del ciclo hidrológico, este conocimiento se aplica al uso y control de los recursos hidráulicos, en el caso de este proyecto a las escorrentías superficiales, todo lo que tiene que ver con el agua en Colombia está regido bajo la resolución 0330 del 2017, reglamento técnico de agua potable y saneamiento básico, el cual define pautas, requisitos y recomendaciones para la correcta ejecución de obras hidráulicas.

El proyecto diseño hidráulico del canal de aguas lluvias en una longitud de 100 metros, localizado en el límite de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz del municipio de san José Cúcuta, dpto. Norte de Santander está ubicado en la microcuenca encerrada por la divisoria de aguas de algunos barrios de la comuna 9, los cuales son: Belén, La Pastora, Belén de Umbría, Villa la Paz, y Rudesindo Soto, como se muestra en la figura 7. La microcuenca, cuenta para el escurrimiento de las aguas lluvia, con un sistema conformado por un canal abierto de sección rectangular en concreto reforzado de aproximadamente 800 metros, al final de la sección construida, el sistema lo continua una depresión de secciones transversales variadas de formas irregulares, con tendencia trapezoidal, compuesta de materiales tales como: material vegetal, material transportado, material sedimentado y cantos rodantes que desemboca el flujo

transportado en la quebrada Tonchalá.

Lo primero fue identificar el área de influencia que tiene el canal. Para determinar el área de escurrimiento superficial con la cual obtuvimos el flujo que pasara por el canal. Para el cálculo del caudal se utilizó el método racional aplicable a áreas de drenaje menores a 2.5 km². (INVIAS-MDC, 2009)

10.2 Método Racional

Definición: Es un método para el cálculo del caudal máximo instantáneo de una escorrentía superficial sobre una hoya hidrográfica, que relaciona parámetros de volumen de escorrentía superficial, área y tiempo.

$$Q_E = C . I . A$$

Al usarcé el método racional, tenemos que el caudal Q_E toma un valor de caudal máximo (pico) Q_P , cuando, por una cierta intensidad de lluvia en el área de drenaje superficial, producido por una precipitación que se mantiene un lapso de tiempo igual al tiempo de concentración del caudal en el punto considerado (INVIAS-MDC, 2009). Entonces, Q_P corresponde a una lluvia de intensidad “i” sobre una superficie de drenaje “A”, que dure como mínimo, un lapso de tiempo tal que toda la superficie de drenaje aporte a la escorrentía superficial, siendo Q_P el caudal máximo de escorrentía superficial, dado por:

$$Q_P = C . I . A$$

Ahora bien, si A está dado en km², i en mm/h y Q_P en m³/s, la anterior ecuación queda

igual a:

$$Q_p = 0,278 . C . I . A$$

10.3 Calculo tiempo de concentración

El tiempo de concentración, se define como el lapso de tiempo necesario para que la escorrentía superficial transite desde la parte más remota de la cuenca hidrográfica hasta un punto de interés.

Se calculó el tiempo de concentración utilizando 10 ecuaciones empíricas suministradas por el manual de drenaje de carreteras, la gama de valores fue tan amplia que se decidió calcular un intervalo de confianza. De esta manera se descartó dos ecuaciones empíricas trabajando con un total de ocho, como se muestra a continuación:

Tabla 4.

Tiempo de concentración.

Modelo	TC (Horas)	TC (Minutos)
KIRPICH	0,1541	9,24
TÉMEZ	0,1827	10,96
CROSS	0,7995	47,97
GIANDOTTI	0,6039	36,24
SCS-RANSER	0,4320	25,92
VENTURA-HERAS	0,1839	11,04
V.T. CHOW	0,5503	33,02
CIE EEUU	0,4091	24,55
HATHAWAY	0,2498	14,99
FAA	0,1563	9,38
PROMEDIO	0,3722	22,33
Promedio	22,00 minutos	
Desviación estándar	12,78 minutos	
Rango	34,78 minutos	9,22 minutos

	Máximo	Mínima
Promedio final		17,39 minutos

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Donde, CIE es Cuerpo de Ingenieros Ejercito EEUU, FAA es Federal Aviation Administration, los modelos subrayados en amarillo son los que no entraron dentro del intervalo de confianza.

Se calculó un tiempo de concentración de 17,39 minutos, sin embargo, para no incurrir en infravalorar la intensidad de lluvia se tomará el tiempo mínimo de 15 minutos como se indica en el manual de drenaje de carreteras en el numeral 2.1.

10.4 Intensidad de lluvia

La estación más cercana que nos puede suministrar esta información estadística es la estación Camilo Daza, además de su cercanía, es una estación que dispone de información de hace más de cincuenta años. Para determinar la intensidad de lluvia se utilizarán las curvas IDF de la estación 1601501 APTO CAMILO DAZA IDEAM.

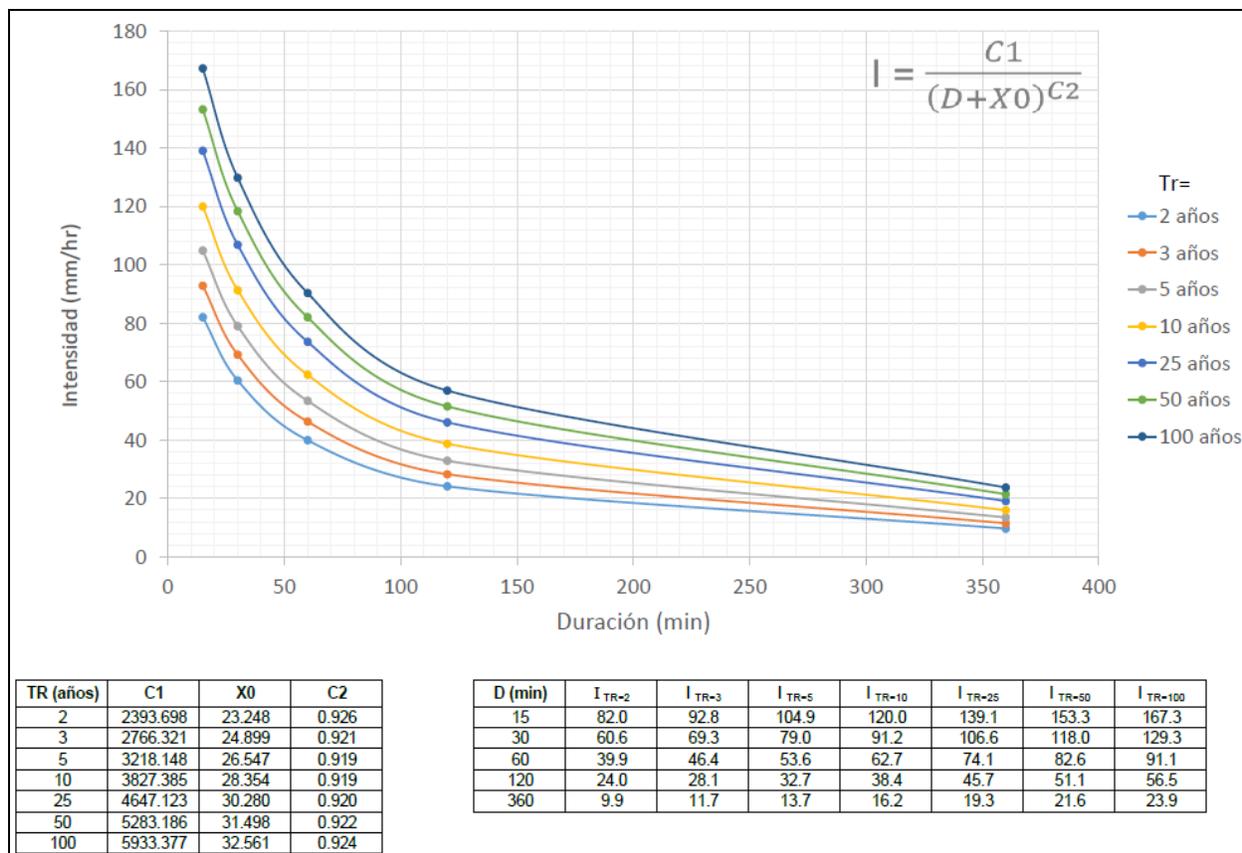


Figura 14. Curvas IDF estación 1601501 Apto Camilo Daza

Fuente: (IDEAM, Curvas IDF, 2017)

Nota: Curvas IDF

Periodo de retorno: Es el estimativo de la probabilidad de ocurrencia de que un determinado evento vuelva a suceder después de un periodo específico. Para modular, es esencial conocer el caudal máximo que pueda presentarse para cubrir cualquier eventualidad y así asegurar el funcionamiento hidráulico del sistema de escurrimiento superficial. Ya que el programa nos permite modular con diferentes periodos de retorno utilizaremos 3, 5, 10, 25, 50 y 100 años tomando este último como la máxima eventualidad que se pueda presentar.

Coefficiente de escorrentía: Es uno de los tres (3) parámetros necesarios para la

aplicación del método racional, su magnitud depende del tipo de superficie donde drena el agua.

En la siguiente tabla suministrada por INVIAS se puede apreciar los valores típicos de este coeficiente según el tipo de área de drenaje.

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

Figura 15. Coeficiente de escorrentía zonas urbanas

Fuente: (INVIAS, Instituto nacional de vías, 2013)

Nota: El valor del coeficiente de escorrentía depende del tipo de área drenaje.

En su mayoría la superficie de la microcuenca está pavimentada, por lo que se decide tomar 0,90 como factor de escorrentía.

10.5 Área influencia

El área aferente corresponde al área que recibe, y transporta los flujos de agua lluvia que llegan hasta el canal del proyecto ubicado en límites con los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz.

Con la ayuda de imágenes satelitales obtenidas de la herramienta informática GOOGLE EARTH

se determinó el área aferente, trazando con ayuda de las alturas la divisoria de aguas como se muestra a continuación.

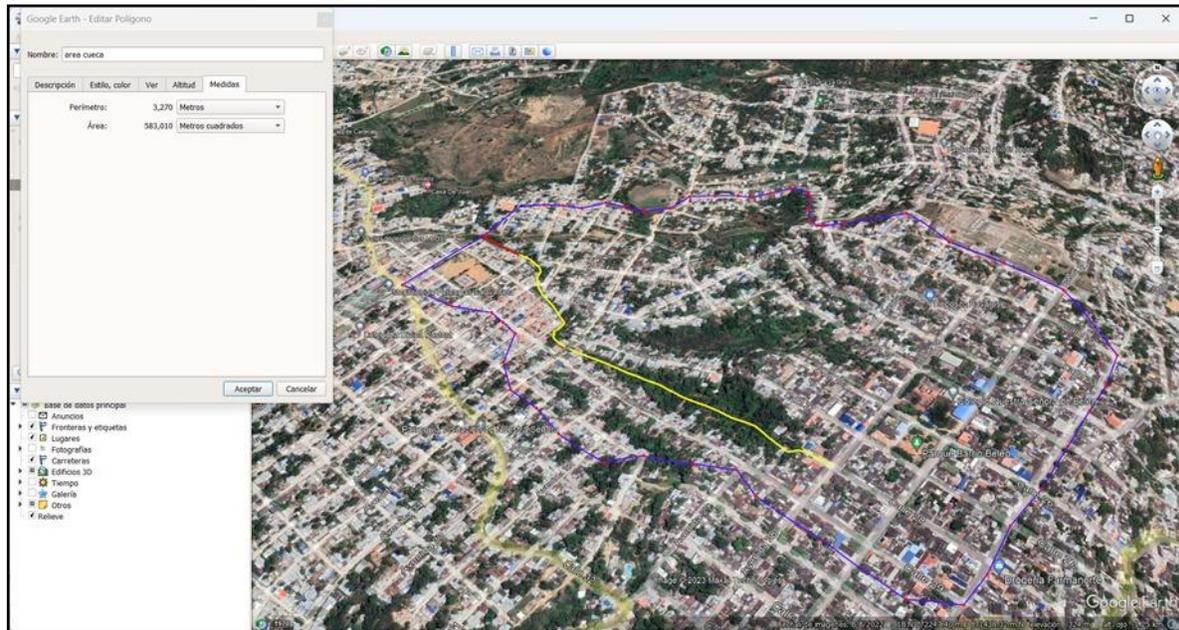


Figura 16. Área aferente del proyecto.

Fuente: La delimitación se realizó, con la ayuda de (Google-Earth, 2023) y apoyados en el conocimiento detallado de los barrios donde se desarrolló el proyecto por parte de los estudiantes.

Nota: superficie que recibe y transporta el cuerpo hídrico en dirección al canal del proyecto, la línea azul representa la demarcación del área aferente, la amarilla el trazado del canal existente de sección rectangular y la línea roja indica la sección de 100 metros del proyecto.

Donde se obtuvo un área de 583.010 metros cuadrados (quinientos ochenta y tres mil diez metros cuadrados).

10.6 Cálculo de caudal de aguas lluvias

Aplicando la ecuación descrita anteriormente para coeficiente de escorrentía igual a 0,90, tiempo de concentración igual a 15 minutos y diferentes años de retorno, tenemos:

Tabla 5.
Caudales para diferentes años de retorno

TR	Área	LONG MAX	TC	Intensidad	Coeficiente Escorrentía	Caudal	
AÑOS	KM ²	M	MIN	MM/H		L/S	M ³ /S
2				81,9547		11954,65	11,95
5				104,7534		15280,28	15,28
10	0,5830	907,16	15,00	119,8043	0,9	17475,74	17,48
25				139,2356		20310,17	20,31
50				153,2927		22360,67	22,36
100				167,3101		24405,37	24,41

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se presentan los caudales para diferentes años de retorno, para un tiempo de concentración de 15 minutos un área de 0,5830 km² y coeficiente de escorrentía de 0,90

11. Modelamiento hidráulico

11.1 Coeficiente de rugosidad

Para un correcto modelamiento hidráulico se debe determinar la rugosidad promedio del cuerpo de agua en el fondo y en los taludes, por tal razón, se hizo necesario buscar un método que permita identificar de una manera más precisa la alteración que sufre el agua después de rozar la superficie natural de cuerpo hídrico. La búsqueda permitió encontrar que el método de Cowan es uno de los más exactos debido a que este tiene en cuenta distintos factores de análisis como es el material involucrado, el grado de irregularidad, la variación de la sección transversal, las obstrucciones, la vegetación y los meandros; el análisis de estos factores depende exclusivamente de criterio que tenga el observador con respecto a la caracterización del área en estudio. Para determinar este coeficiente de rugosidad se utiliza la siguiente expresión:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) * n_5$$

Donde, n0 corresponde al material involucrado, n1 al grado de irregularidad, n2 al grado

de variación de la sección transversal, n_3 a las obstrucciones, n_4 a la vegetación y finalmente n_5 al grado de los efectos de los meandros. A continuación, se presenta el cálculo del coeficiente con la metodología nombrada anteriormente:

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
Material involucrado	Tierra		0.020
	Corte en roca	n_0	0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave		0.000
	Menor		0.005
	Moderado	n_1	0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual		0.000
	Ocasionalmente alternante	n_2	0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante		0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable	n_3	0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja		0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta	n_4	0.025-0.050
	Muy Alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor		1.00
	Apreciable	n_5	1.15
	Severo		1.30

Figura 17. Cálculo de rugosidad mediante el método de Cowan para taludes del canal.
Nota: Valores para el cálculo de rugosidad mediante el método de Cowan para taludes del canal.

Teniendo en cuenta estos datos tenemos que:

$$N = (0.02 + 0.01 + 0.005 + 0.01 + 0.025) * 1.15$$

$$n = 0.0805$$

CONDICIONES DEL CANAL		VALORES	
Material involucrado	Tierra	n_0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy Alta		0.050-0.100
Grado de los efectos por meandros	Menor	n_5	1.00
	Apreciable		1.15
	Severo		1.30

Figura 18. Cálculo de rugosidad mediante el método de Cowan para el fondo del canal.
 Nota: Valores para el cálculo de rugosidad mediante el método de Cowan para el fondo del canal.

Teniendo en cuenta estos datos tenemos que:

$$n = (0.028 + 0.01 + 0.005 + 0.02 + 0.01) * 1.15$$

$$n = 0.08395$$

Finalmente se puede determinar que el coeficiente de rugosidad en los taludes del canal es de aproximadamente de 0.0805 y en el fondo de 0.08395.

11.2 Modelamiento Hidráulico del cauce

Para el desarrollo del modelamiento hidráulico se hizo uso del programa HEC-RAS, el cual permite modelar la realidad del cauce ya sea natural o artificial, dando una idea simplificada

del comportamiento del caudal en distintos periodos de retorno, esto con el fin de determinar si la estructura hidráulica cumple con los requisitos básicos para una correcta evacuación de las aguas lluvias.

Inicialmente se creó el proyecto en Hec-Ras, dándole el nombre de “Canal Belén de Umbría”.

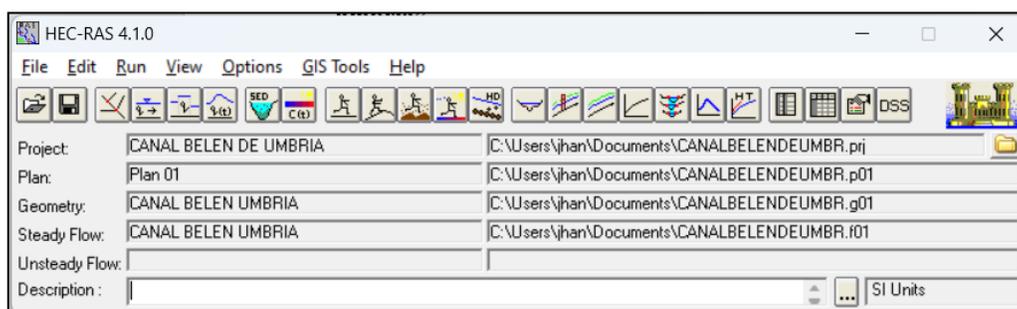


Figura 19. Creación del proyecto en HEC-RAS

Fuente: Elaboración propia

Nota: Creación del proyecto, asignación de nombre y ubicación.

River: CANAL A LL			Reach: BELEN UMBRIA			River Sta.: 1100			Description: K0+000		
Cross Section Coordinates			Downstream Reach Lengths			Manning's n Values			Main Channel Bank Stations		
Station	Elevation		LOB	Channel	ROB	LOB	Channel	ROB	Left Bank	Right Bank	Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)
1	-8.42	290.09	13.48	10	6.39	0.0805	0.08394	0.0805	-8.42	4.41	0.1
2	-7.5	290.03									
3	-1.15	288.33									
4	-1.14	288.34									
5	-0.94	288.11									
6	0	288.25									
7	0.17	288.28									
8	1.39	288.28									
9	2.97	287.99									
10	4.41	289.04									
11											
12											

River: CANAL A LL			Reach: BELEN UMBRIA			River Sta.: 1000			Description: K0+010		
Cross Section Coordinates			Downstream Reach Lengths			Manning's n Values			Main Channel Bank Stations		
Station	Elevation		LOB	Channel	ROB	LOB	Channel	ROB	Left Bank	Right Bank	Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)
1	-15	289.77	7.73	10	12.23	0.0805	0.08394	0.0805	-15	4.8	0.1
2	-10.41	289.68									
3	-9.39	289.62									
4	-7.75	289.64									
5	-6.97	289.63									
6	-5.24	289.67									
7	-1.21	287.16									
8	0	287.16									
9	1.23	287.16									
10	1.8	287.34									
11	4.8	289.31									
12											

Figura 20. Ingreso, geometría sección transversal del canal natural abscisa K0+000 y K0+010.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se ingresaron los datos de la topografía en el programa HEC-RAS de la sección K0+000 y K0+010.

Posteriormente se ingresó la geometría de las secciones transversales obtenidas en el

estudio topográfico del sector y además en cada sección se registró la longitud existente entre secciones, la rugosidad y la abscisa que determina el punto en donde posiblemente se puede registrar un desborde. A continuación, se visualiza cada una de las secciones ingresadas al programa

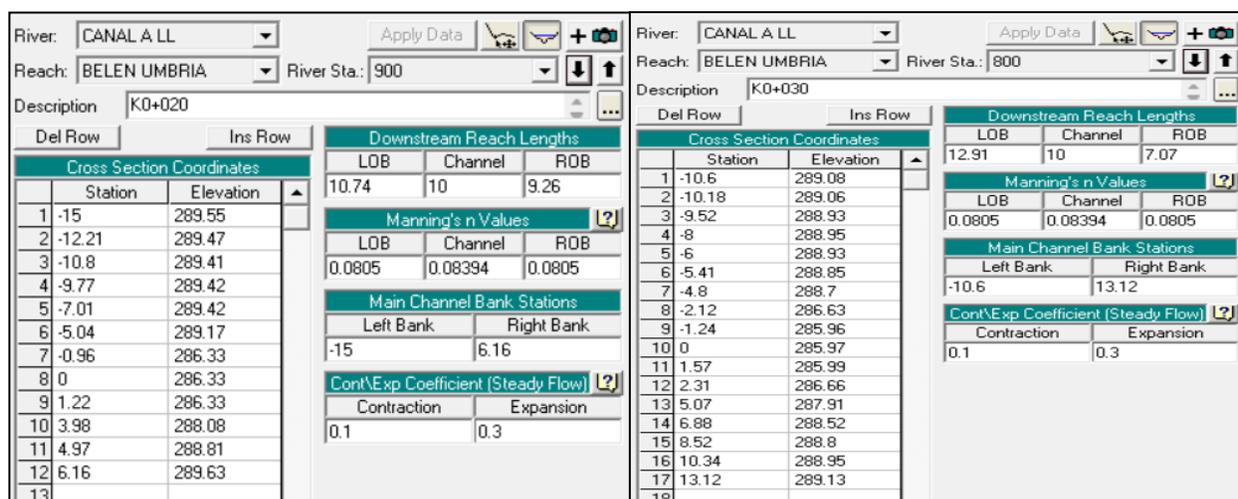


Figura 21. Ingreso, geometría sección transversal del canal natural abscisa K0+020 y K0+030.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se ingresaron los datos de la topografía en el programa HEC-RAS de la sección K0+020 y K0+030.

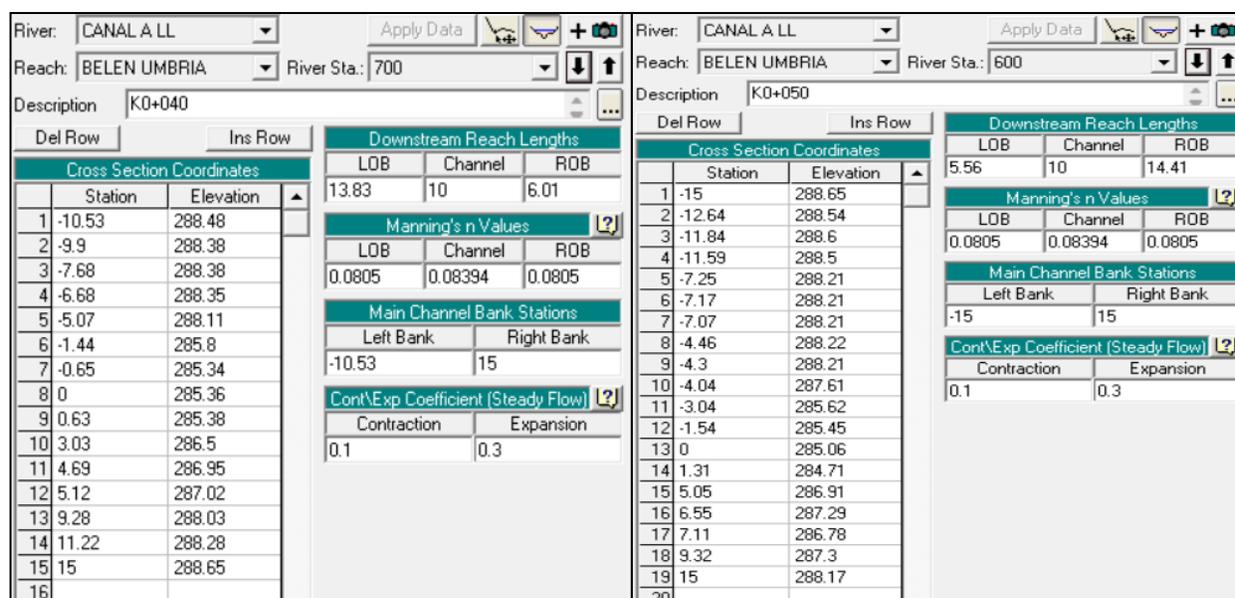


Figura 22. Ingreso, geometría sección transversal del canal natural abscisa K0+040 y K0+050.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se ingresaron los datos de la topografía en el programa HEC-RAS de la sección K0+040 y K0+050.

Cross Section Coordinates		
Station	Elevation	
1	-15	288.61
2	-14.64	288.59
3	-12.67	288.72
4	-12.35	288.66
5	-10.16	288.38
6	-9.6	288.19
7	-9.15	288.2
8	-6.77	288
9	-6.77	287
10	-6.27	287
11	-6.27	286
12	-5.77	286
13	5.77	285.27
14	-1.54	284.23
15	-1.51	284.23
16	0	284.28
17	1.75	284.33
18	2.8	284.52
19	13.77	286.37
20	14.31	286.68
21	15	287.13
22		

Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB
10	10	10

Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
0.0805	0.08394	0.0805

Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
-15	15

Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

Figura 23. Ingreso, geometría sección transversal del canal natural abscisa K0+060 y K0+070.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se ingresaron los datos de la topografía en el programa HEC-RAS de la sección K0+060 y K0+070.

Cross Section Coordinates		
Station	Elevation	
1	-15	288.2
2	-14.97	288.2
3	-14.29	287.9
4	-11.9	287.86
5	-10.99	287.89
6	-9.57	287.75
7	-7.32	287.49
8	-5.96	285.56
9	-2.63	283.59
10	-0.78	283.38
11	0	283.22
12	0.5	283.11
13	0.64	283.11
14	4.09	284.58
15	10.04	286.87
16	10.95	287.57
17	11.43	287.58
18	15	287.61
19		

Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB
11.04	10	8.68

Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
0.0805	0.08394	0.0805

Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
-15	15

Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

Figura 24. Ingreso, geometría sección transversal del canal natural abscisa K0+080 y K0+090.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se ingresaron los datos de la topografía en el programa HEC-RAS de la sección K0+080 y K0+090.

Cross Section Coordinates		Downstream Reach Lengths		
Station	Elevation	LOB	Channel	ROB
1	-15	287.73	0	0
2	-13.03	287.72	0	0
3	-10.53	286.83	0	0
4	-6.02	284.82	0	0
5	-2.39	283.36	0	0
6	-0.79	282.49	0	0
7	0	282.51	0	0
8	0.52	282.52	0	0
9	0.82	282.5	0	0
10	3.34	284.13	0	0
11	6.09	285.76	0	0
12	7.15	285.86	0	0
13	8.55	285.97	0	0
14	11.07	286.04	0	0
15	11.2	286	0	0
16	12.01	286.17	0	0
17	12.78	286.13	0	0
18	13.37	286.17	0	0
19	14	286.21	0	0
20				

Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
0.0805	0.08394	0.0805

Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
-15	14

Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

Figura 25. Ingreso, geometría sección transversal del canal natural abscisa K0+100.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se ingresaron los datos de la topografía en el programa HEC-RAS de la sección K0+100.

Después de registrar cada una de las secciones transversales se pudo observar en planta la ubicación de ellas.

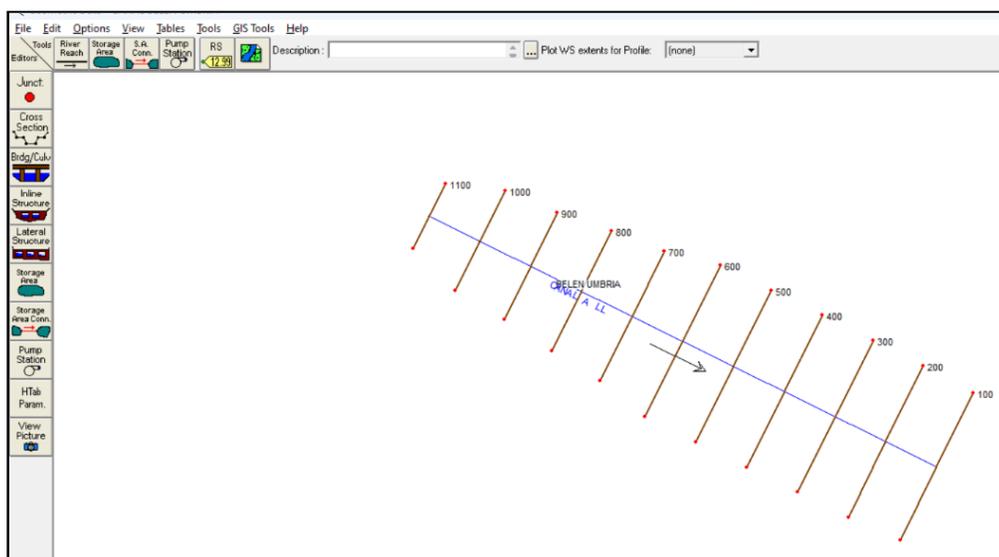
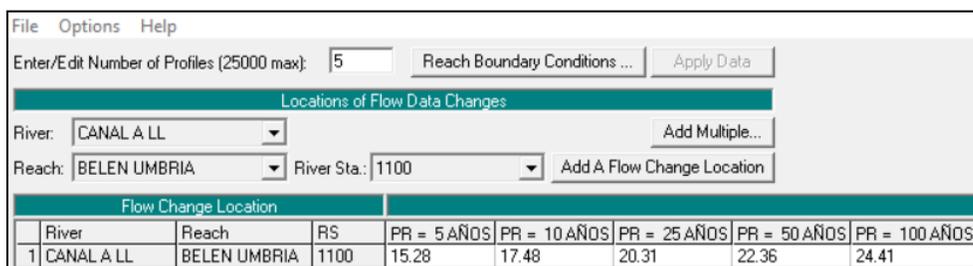


Figura 26. Ubicación secciones transversales canal natural en HEC-RAS.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se observa la ubicación en planta de las secciones transversales del canal natural.

Luego se registró el valor de los caudales arrojados por el estudio hidrológico para identificar la capacidad existente del cuerpo hídrico y se decidió analizar el proceso con 5 periodos de retorno.



The screenshot shows a software window with a menu bar (File, Options, Help) and several input fields. The 'Enter/Edit Number of Profiles (25000 max):' field is set to 5. Below this, there are dropdown menus for 'River' (CANAL A LL) and 'Reach' (BELEN UMBRIA), along with a 'River Sta.' field set to 1100. A table titled 'Flow Change Location' displays discharge values for five return periods (PR = 5 AÑOS, 10 AÑOS, 25 AÑOS, 50 AÑOS, 100 AÑOS) for the specified river and reach.

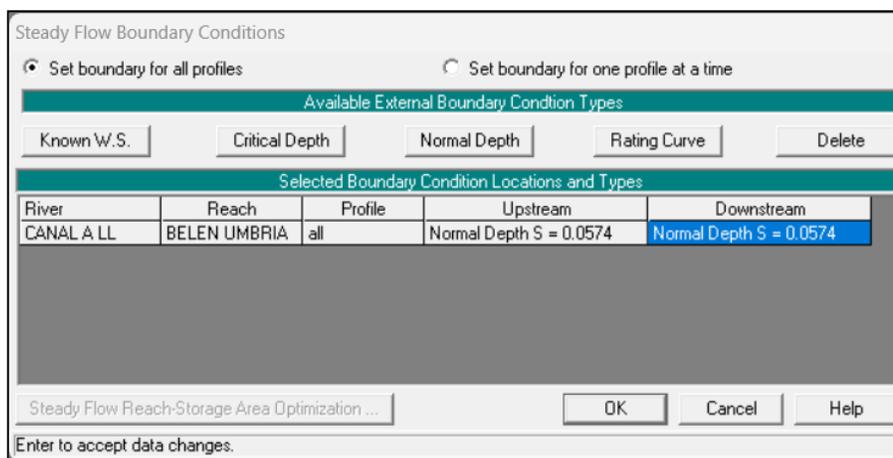
River	Reach	RS	PR = 5 AÑOS	PR = 10 AÑOS	PR = 25 AÑOS	PR = 50 AÑOS	PR = 100 AÑOS
1 CANAL A LL	BELEN UMBRIA	1100	15.28	17.48	20.31	22.36	24.41

Figura 27. Caudales para 5 periodos de retorno canal natural.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se decide considerar los años de retorno 5, 10, 25 y 100.

Más adelante se especificó la pendiente promedio del tramo completo de 100 metros.



The screenshot shows the 'Steady Flow Boundary Conditions' dialog box. It has two radio buttons: 'Set boundary for all profiles' (selected) and 'Set boundary for one profile at a time'. Below this, there are buttons for 'Known W.S.', 'Critical Depth', 'Normal Depth', 'Rating Curve', and 'Delete'. A table titled 'Selected Boundary Condition Locations and Types' shows the following data:

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
CANAL A LL	BELEN UMBRIA	all	Normal Depth S = 0.0574	Normal Depth S = 0.0574

At the bottom, there are buttons for 'Steady Flow Reach-Storage Area Optimization ...', 'OK', 'Cancel', and 'Help'. A status bar at the very bottom says 'Enter to accept data changes.'

Figura 28. Ingreso datos de pendiente.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Pendiente del tramo de estudio.

Como paso final se ejecuta el programa dando como resultado la siguiente modelación en tres dimensiones.

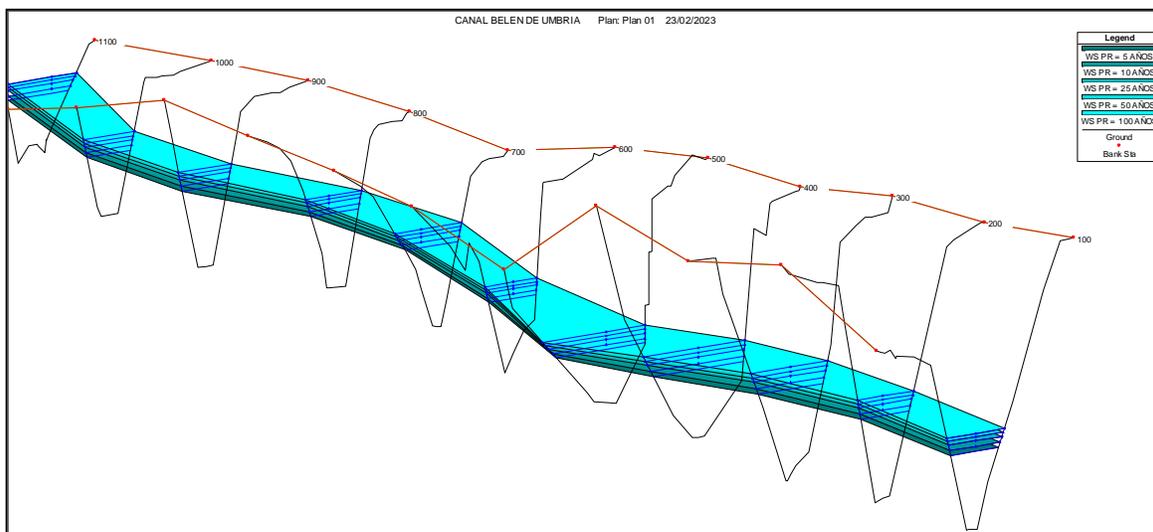


Figura 29. Canal modelado en 3 dimensiones.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las líneas azules representan el nivel del tirante de agua en los diferentes periodos de retorno.

Finalmente se puede observar en el perfil longitudinal que el canal se desborda en la sección k0+000 desde un periodo de retorno de 5 años, por tal razón se plantea revestir el canal con una sección definida que tenga la capacidad de evacuar en el menor tiempo posible el caudal suministrado en altas precipitaciones. En los anexos se puede identificar con un mejor nivel de detalle cada sección transversal.

11.3 Modelamiento Hidráulico de la sección definida

Las dimensiones de la sección transversal del canal revestido fueron seleccionadas teniendo primeramente como base las condiciones existentes en el área de estudio, esto quiere decir, que se analizó una posible alternativa de sección transversal que coincidiera con la sección

del canal que se encuentra construido antes de iniciar el tramo de 100 metros analizado. Las dimensiones internas seleccionadas para analizar el comportamiento en el programa HEC-RAS de los caudales en los 5 periodos de retorno son de 2.8 metros de ancho y 1.5 metros de altura.

Inicialmente se creó el proyecto en Hec-Ras, dándole el nombre de “Canal definido cor2”. Como se realizó para “Canal Belén de Umbría”.

Posterior a esto se ingresó la geometría de las secciones transversales definidas y además en cada sección se registró la longitud existente entre secciones, la rugosidad del concreto y la abscisa que determina el punto en donde posiblemente se puede registrar un desborde. A continuación, se visualiza cada una de las secciones ingresadas al programa.

Cross Section Coordinates		
Station	Elevation	
1	-1.4	289.75
2	-1.4	288.25
3	0	288.25
4	1.4	288.25
5	1.4	289.75

Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
10	10	10
0.014	0.014	0.014

Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
-1.4	1.4

Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

Cross Section Coordinates		
Station	Elevation	
1	-1.4	288.66
2	-1.4	287.16
3	0	287.16
4	1.4	287.16
5	1.4	288.66

Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
10	10	10
0.014	0.014	0.014

Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
-1.4	1.4

Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

Figura 30. Ingreso, geometría sección transversal del canal revestido abscisa K0+000 y K0+010. Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se ingresaron los datos de la geometría en el programa HEC-RAS de la sección K0+000 y K0+010.

River: CANAL ALL BELEN			River: CANAL ALL BELEN		
Reach: TRAMO P.			Reach: TRAMO P.		
River Sta.: 900			River Sta.: 800		
Description: K0+020			Description: K0+030		
Downstream Reach Lengths			Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB	LOB	Channel	ROB
10	10	10	10	10	10
Cross Section Coordinates			Cross Section Coordinates		
Station	Elevation		Station	Elevation	
1	-1.4	287.83	1	-1.4	287.47
2	-1.4	286.33	2	-1.4	285.97
3	0	286.33	3	0	285.97
4	1.4	286.33	4	1.4	285.97
5	1.4	287.83	5	1.4	287.47
Manning's n Values			Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB	LOB	Channel	ROB
0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
Main Channel Bank Stations			Main Channel Bank Stations		
Left Bank	Right Bank		Left Bank	Right Bank	
-1.4	1.4		-1.4	1.4	
Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)			Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)		
Contraction	Expansion		Contraction	Expansion	
0.1	0.3		0.1	0.3	

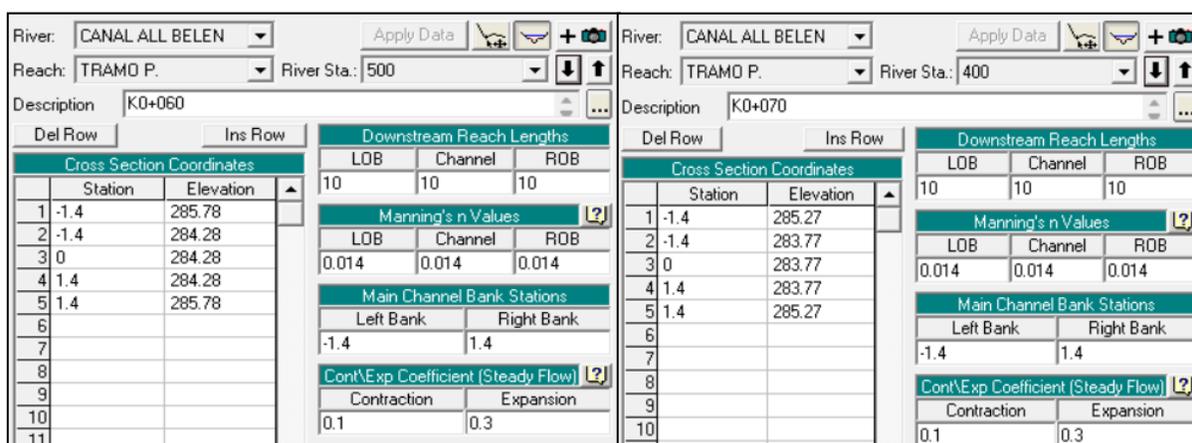
Figura 31. Ingreso, geometría sección transversal del canal revestido abscisa K0+020 y K0+030
Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se ingresaron los datos de la geometría en el programa HEC-RAS de la sección K0+020 y K0+030.

River: CANAL ALL BELEN			River: CANAL ALL BELEN		
Reach: TRAMO P.			Reach: TRAMO P.		
River Sta.: 700			River Sta.: 600		
Description: K0+040			Description: K0+050		
Downstream Reach Lengths			Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB	LOB	Channel	ROB
10	10	10	10	10	10
Cross Section Coordinates			Cross Section Coordinates		
Station	Elevation		Station	Elevation	
1	-1.4	286.86	1	-1.4	286.56
2	-1.4	285.36	2	-1.4	285.06
3	0	285.36	3	0	285.06
4	1.4	285.36	4	1.4	285.06
5	1.4	286.86	5	1.4	286.56
Manning's n Values			Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB	LOB	Channel	ROB
0.014	0.014	0.014	0.014	0.014	0.014
Main Channel Bank Stations			Main Channel Bank Stations		
Left Bank	Right Bank		Left Bank	Right Bank	
-1.4	1.4		-1.4	1.4	
Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)			Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)		
Contraction	Expansion		Contraction	Expansion	
0.1	0.3		0.1	0.3	

Figura 32. Ingreso, geometría sección transversal del canal revestido abscisa K0+040 y K0+050
Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se ingresaron los datos de la geometría en el programa HEC-RAS de la sección K0+040 y K0+050.



Cross Section Coordinates	
Station	Elevation
1	-1.4
2	-1.4
3	0
4	1.4
5	1.4
6	
7	
8	
9	
10	
11	

Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB
10	10	10

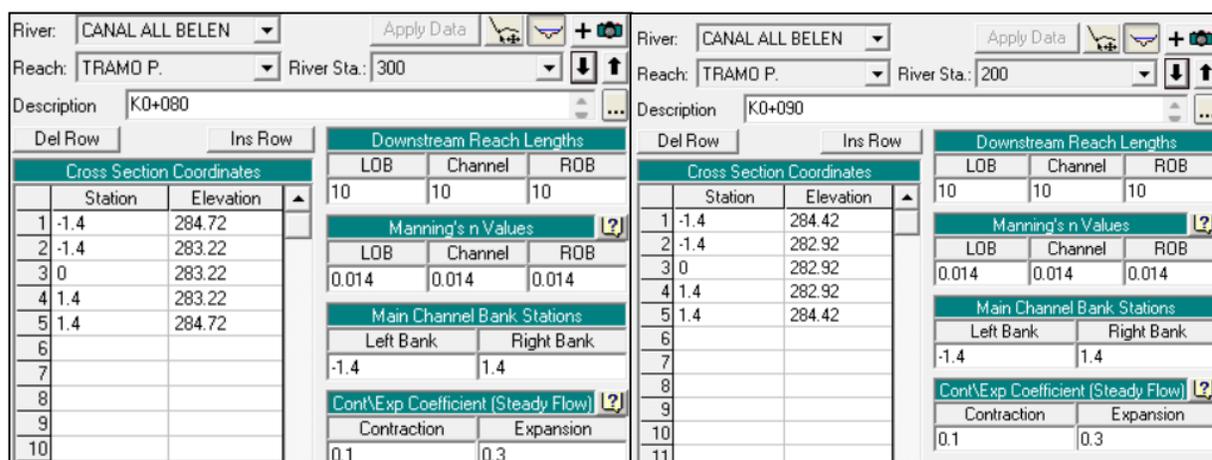
Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
0.014	0.014	0.014

Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
-1.4	1.4

Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

Figura 33. Ingreso, geometría sección transversal del canal revestido abscisa K0+060 y K0+070.
Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se ingresaron los datos de la geometría en el programa HEC-RAS de la sección K0+060 y K0+070.



Cross Section Coordinates	
Station	Elevation
1	-1.4
2	-1.4
3	0
4	1.4
5	1.4
6	
7	
8	
9	
10	

Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB
10	10	10

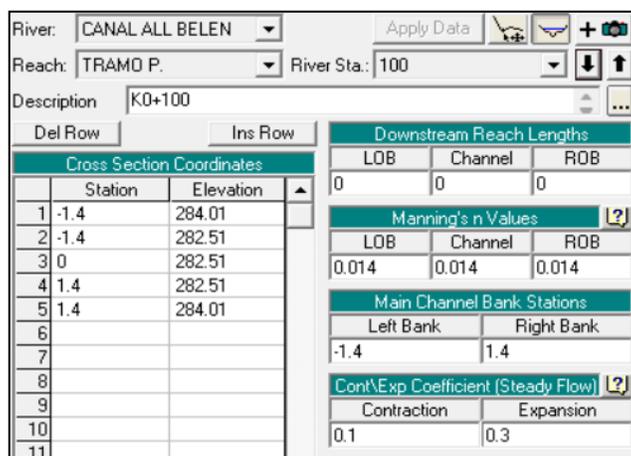
Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
0.014	0.014	0.014

Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
-1.4	1.4

Cont\Exp Coefficient (Steady Flow)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

Figura 34. Ingreso, geometría sección transversal del canal revestido abscisa K0+080 y K0+090.
Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se ingresaron los datos de la geometría en el programa HEC-RAS de la sección K0+080 y K0+090.



Cross Section Coordinates	
Station	Elevation
1	-1.4
2	-1.4
3	0
4	1.4
5	1.4
6	
7	
8	
9	
10	
11	

Downstream Reach Lengths		
LOB	Channel	ROB
0	0	0

Manning's n Values		
LOB	Channel	ROB
0.014	0.014	0.014

Main Channel Bank Stations	
Left Bank	Right Bank
-1.4	1.4

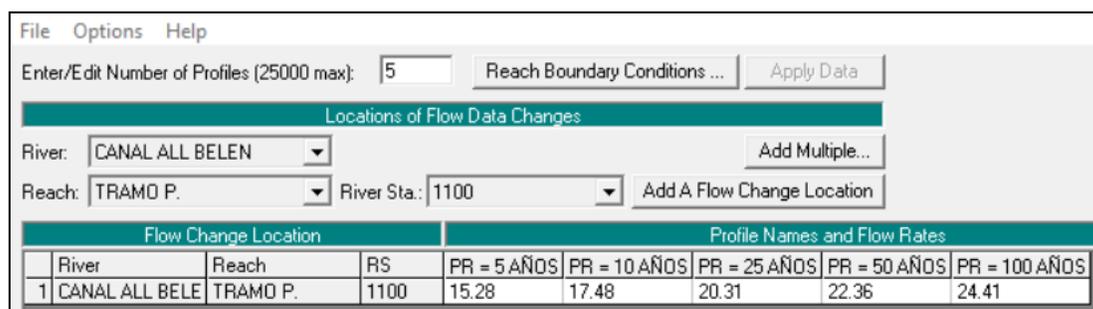
Cont'Exp Coefficient (Steady Flow)	
Contraction	Expansion
0.1	0.3

Figura 35. Ingreso, geometría sección transversal del canal revestido abscisa K0+100

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se ingresaron los datos de la geometría en el programa HEC-RAS de la sección K0+100.

Se registró el valor de los caudales arrojados por el estudio hidrológico para identificar si las dimensiones asumidas cumplen con la capacidad de transportar el líquido en precipitaciones críticas, aquí también se tuvo en cuenta los 5 periodos de retorno.



Flow Change Location		Profile Names and Flow Rates						
River	Reach	RS	PR = 5 AÑOS	PR = 10 AÑOS	PR = 25 AÑOS	PR = 50 AÑOS	PR = 100 AÑOS	
1	CANAL ALL BELE	TRAMO P.	1100	15.28	17.48	20.31	22.36	24.41

Figura 36. Caudales para 5 periodos de retorno canal revestido.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Se decide considerar los años de retorno 5, 10, 25 y 100.

Más adelante se especificó la pendiente del tramo inicial y final

Available External Boundary Condition Types				
Known W.S.	Critical Depth	Normal Depth	Rating Curve	Delete
Selected Boundary Condition Locations and Types				
River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
CANAL ALL BELE	TRAMO P.	all	Normal Depth S = 0.109	Normal Depth S = 0.041

Figura 37. Ingreso datos de pendiente canal revestido.

Fuente: Elaboración propia.

Como paso final se corre el programa dando como resultado la siguiente modelación en tres dimensiones.

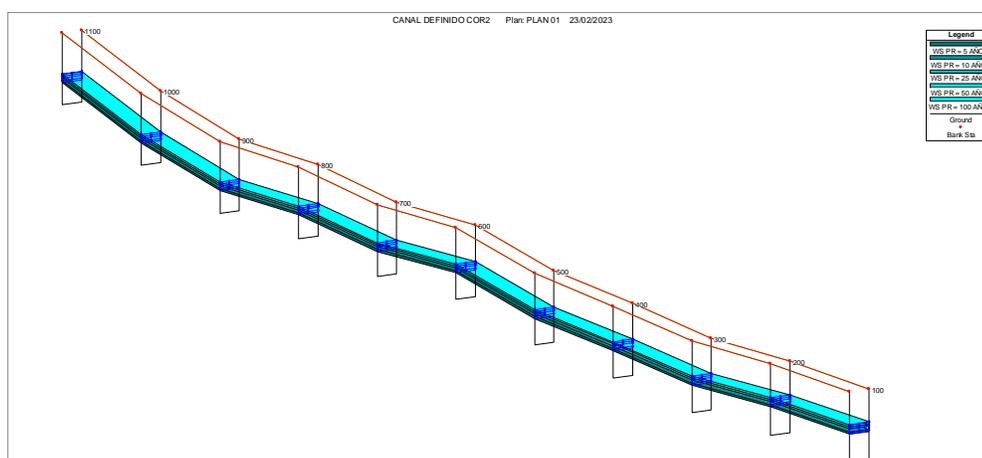


Figura 38. Canal revestido modelado en 3 dimensiones.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Las líneas azules representan el nivel del tirante de agua en los diferentes periodos de retorno.

Finalmente se puede observar en el perfil longitudinal que la sección transversal definida del canal de aguas lluvias no se desborda en ningún periodo de retorno, por tal razón, se asume esta alternativa de sección transversal en concreto reforzado para revestir el cuerpo hídrico en estudio. En los anexos se puede identificar con un mejor nivel de detalle cada sección transversal definida.

12. Diseño estructural

Para la realización del análisis estructural se usó como herramienta el programa SAP 2000, el cual permite determinar la cuantía de acero que necesita la estructura hidráulica para soportar las fuerzas del agua y del suelo en precipitaciones significativas. A continuación, se puede visualizar los resultados arrojados en la combinación de cargas que se realizó teniendo en cuenta el análisis de la carga muerta, las fuerzas hidrodinámicas, el empuje pasivo y los sismos.

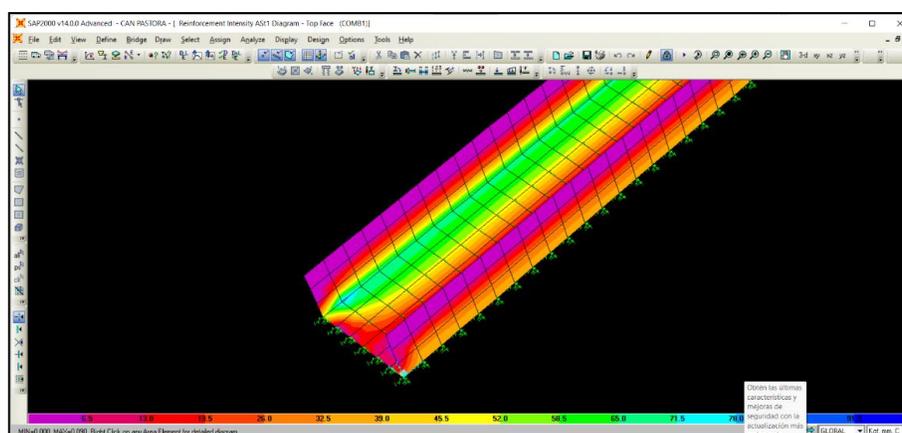


Figura 39. Combinación, área de acero Ast1.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Análisis tridimensional de la cuantía de acero en la dirección Ast1

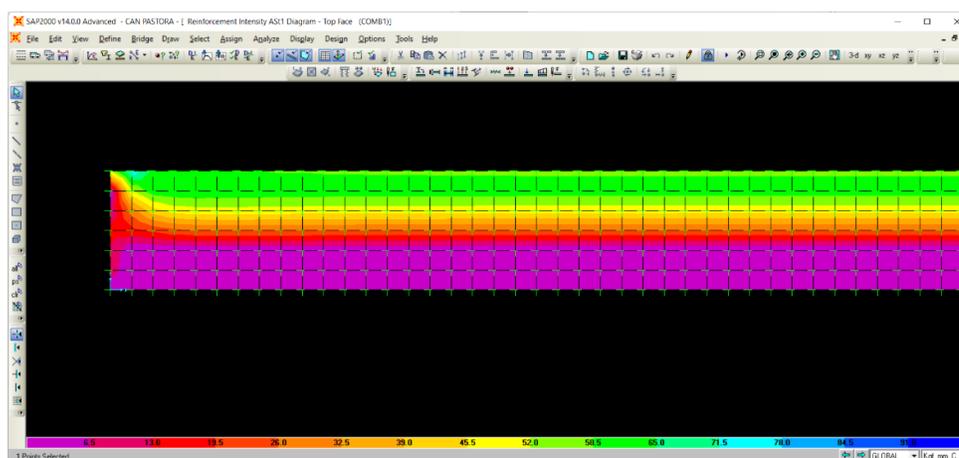


Figura 40. Estructural, vista de planta, área de acero Ast1.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Piso.

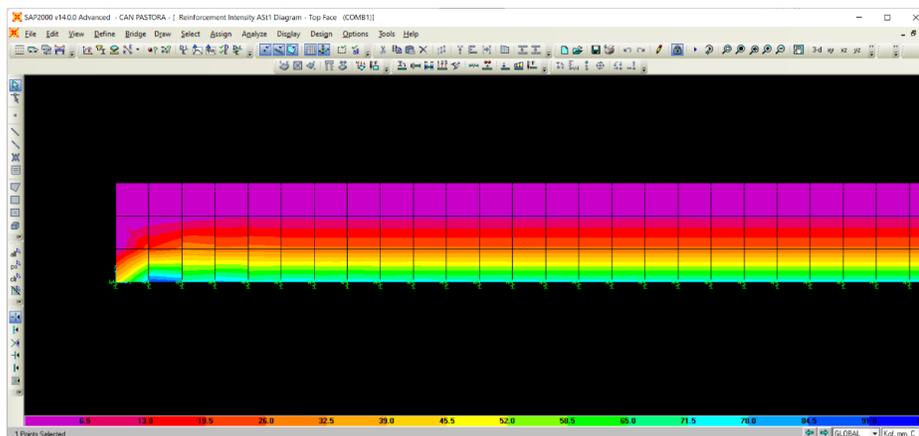


Figura 41. Estructural, vista frontal, área de acero Ast1.

Fuente: Elaboración propia

Nota: Muros.

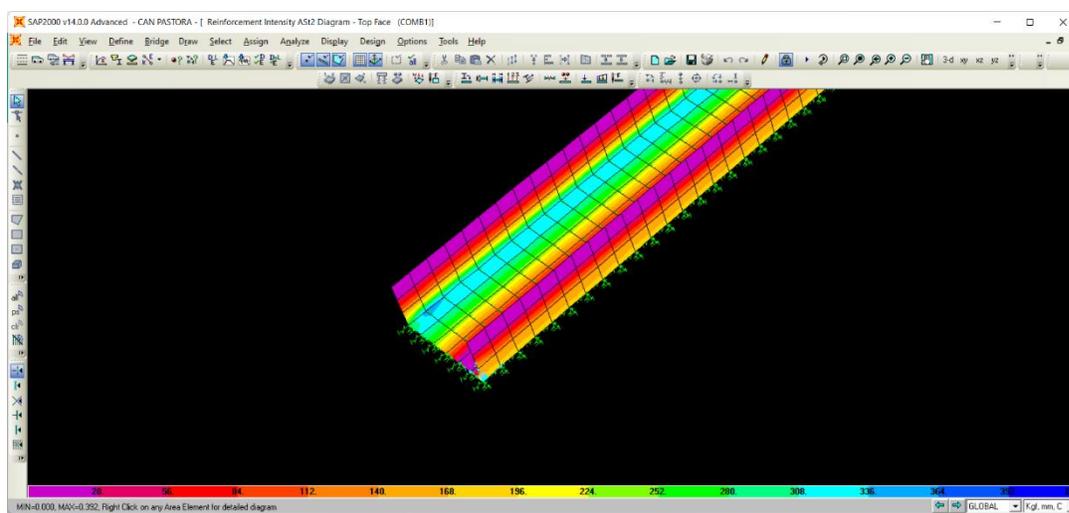


Figura 42. Combinación, área de acero Ast2.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Análisis tridimensional de la cuantía de acero en la dirección Ast2.

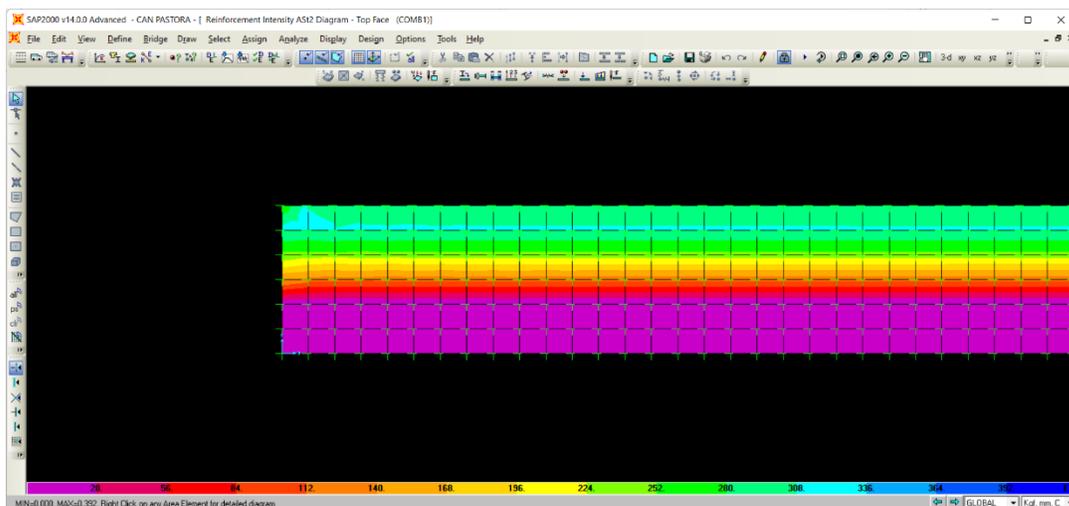


Figura 43. Estructural, vista de planta, área de acero Ast2.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Piso.

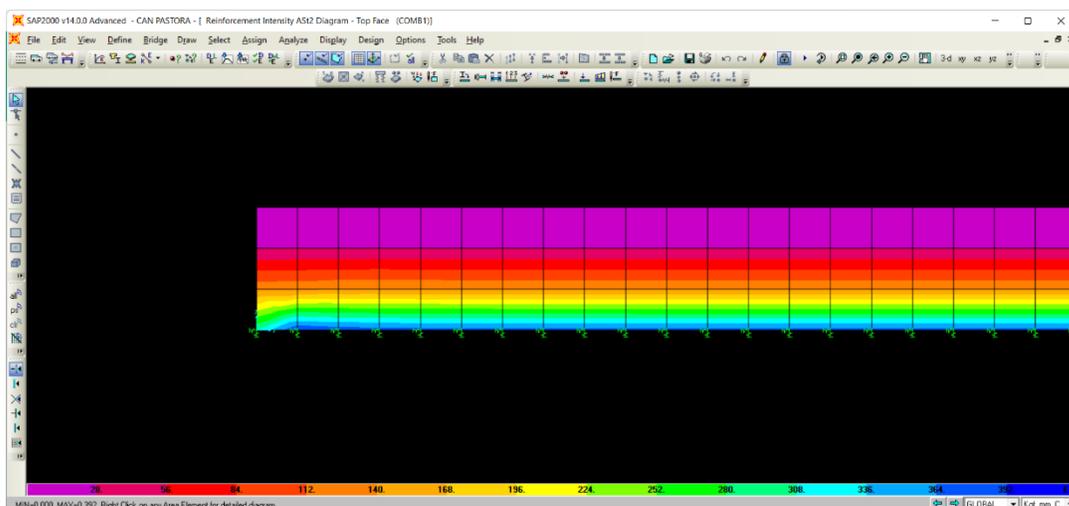


Figura 44. Estructural, vista frontal, área de acero Ast2

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Muros.

Para calcular el diámetro de varilla a utilizar en el reforzamiento de la estructura se asume una separación entre varillas de 20 centímetros y se tiene en cuenta el ast máximo que se determinó a través del software con las combinaciones de cargas, el cual es de 0.392 mm.

$$A_{st} = \frac{\text{Area de la Varilla}}{\text{separación entre Varillas}}$$

$$\text{Area de la Varilla} = A_{st} * \text{separación entre Varillas}$$

$$\text{Area de la Varilla} = 0.392 \text{ mm} * 200 \text{ mm} = 78.4 \text{ mm}^2$$

Posterior a esto se identificó cual es la barra de refuerzo que cumple con el área en la siguiente figura:

Designación de la barra (véase la nota)	Diámetro de referencia en pulgadas	DIMENSIONES NOMINALES			Masa kg/m
		Diámetro mm	Area mm ²	Perímetro mm	
No. 2	1/4"	6.4	32	20.0	0.250
No. 3	3/8"	9.5	71	30.0	0.560
No. 4	1/2"	12.7	129	40.0	0.994
No. 5	5/8"	15.9	199	50.0	1.552
No. 6	3/4"	19.1	284	60.0	2.235
No. 7	7/8"	22.2	387	70.0	3.042
No. 8	1"	25.4	510	80.0	3.973
No. 9	1-1/8"	28.7	645	90.0	5.060
No. 10	1-1/4"	32.3	819	101.3	6.404
No. 11	1-3/8"	35.8	1006	112.5	7.907
No. 14	1-3/4"	43.0	1452	135.1	11.380
No. 18	2-1/4"	57.3	2581	180.1	20.240

Figura 45. Dimensiones nominales de las barras de refuerzo.

Fuente: (NSR-10, 2010)

Nota: Se seleccionó acero de 1/2".

Finalmente se determinó que el canal de aguas lluvias tendrá como reforzamiento en su estructura un acero no. 4 ubicado en las dos direcciones cada 20 centímetros, además el emparrillado se realizará en las dos caras para evitar una alteración de la estructura.

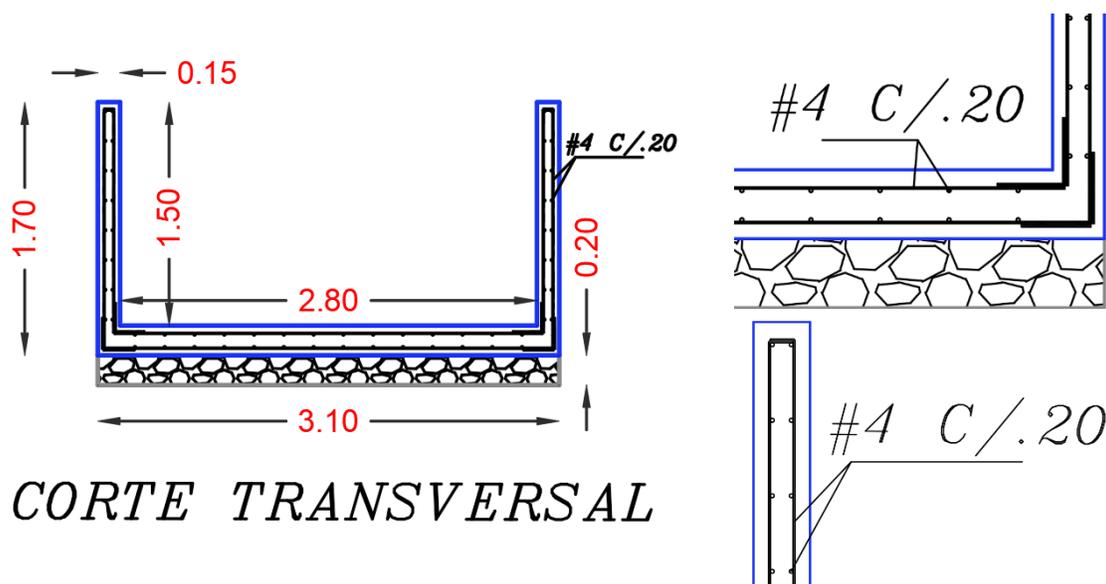


Figura 46. Detalle estructural, revestimiento del canal.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Acero de 420 MPa de ½" doble parrilla, acero transversal cada 20 centímetros.

13. Presupuesto

Para poder determinar el valor total de la construcción del canal de aguas lluvias ubicado en los límites de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz de la ciudad de Cúcuta, se tuvo que realizar un proceso que inicio con el cálculo de la cantidad de obra con base a los planos topográficos y a la sección definida en concreto reforzado en el modelamiento hidráulico. Posterior a eso se hizo un listado de materiales, equipos y jornales con precios actuales que fueron necesarios para la construcción del análisis de precios unitarios de cada actividad constructiva (*Anexo 12*), además cabe aclarar que los rendimientos de los mismos fueron tomados de la cartilla construprecios. Más adelante se llevó a cabo la multiplicación del valor de la cantidad de obra de cada actividad con el precio unitario para desarrollar dicha actividad, esto

finalmente permite generar el presupuesto general de obra que se muestra a continuación.

PRESUPUESTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS EN UNA LONGITUD DE 100 METROS LOCALIZADO EN EL LIMITE DE LOS BARRIOS BELÉN DE UMBRÍA Y VILLA LA PAZ DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ CÚCUTA, DPTO. NORTE DE SANTANDER					
PRESUPUESTO GENERAL DE OBRA					
No	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1.0.	PRELIMINARES				\$ 7.078.037.09
1.1.	Localizacion y Replanteo	M2	1.000.00	\$ 7.078.04	\$ 7.078.037.09
2.0.	MOVIMIENTO DE TIERRAS				\$ 169.077.060.36
2.1.	Excavación Manual de material común	M3	64.55	\$ 45.624.23	\$ 2.944.836.83
2.2.	Relleno con material seleccionado	M3	1.306.36	\$ 123.799.39	\$ 161.727.016.07
2.3.	Retiro de Sobrantes	M3	64.55	\$ 68.249.69	\$ 4.405.207.46
3.0.	CIMENTACIÓN				\$ 31.024.725.94
3.1.	Concreto ciclopedo (Concreto 21 MPa (60%) Y Piedra (40%))	M3	62.00	\$ 500.398.81	\$ 31.024.725.94
4.0.	ESTRUCTURA				\$ 202.287.228.00
4.1.	Acero de Refuerzo No.4	KG	13.384.21	\$ 7.562.34	\$ 101.215.960.03
4.2.	Cinta estructural	ML	200.00	\$ 36.344.73	\$ 7.268.946.93
4.3.	Concreto de 28 MPa Impermeabilizado (Muros y piso del canal)	M3	107.00	\$ 876.657.21	\$ 93.802.321.04
5.0.	ASEO Y LIMPIEZA GENERAL				\$ 2.919.950.88
5.1.	Aseo general	M2	2.000.00	\$ 1.459.98	\$ 2.919.950.88
TOTAL					\$ 412.387.002.00

Figura 47. Presupuesto revestimiento de canal.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Propuesta revestimiento del canal estudiado.

Además, se realizó una programación de obra través del diagrama de Gantt donde se tuvo en cuenta el rendimiento y la cantidad de la mano de obra para determinar el tiempo de ejecución, a continuación de presenta el análisis estimado por actividad, que permite entender que el proyecto se desarrollara en un tiempo de 4 meses.

ACTIVIDAD	Duración Semanas Días Laborales	Mes 1				Mes 2					Mes 3				Mes 4			
		1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S	5S	1S	2S	3S	4S	1S	2S	3S	4S
		1-5	8-12	15-19	22-26	29-3	6-10	13-17	20-24	27-1	4-8	11-15	18-22	25-29	2-6	9-13	16-20	23-27
1.1. Localización y Replanteo	5																	
2.1. Excavación Manual de material común	10																	
2.2. Relleno con material seleccionado	25																	
2.3. Retiro de Sobrantes	5																	
3.1. Concreto ciclopedo (Concreto 21 MPa (60%) Y Piedra (40%))	5																	
4.1. Acero de Refuerzo No.4	20																	
4.2. Cinta estructural	5																	
4.3. Concreto de 28 MPa Impermeabilizado (Muros y piso del canal)	20																	
5.1. Aseo general	5																	

Figura 48. Diagrama de Gantt.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Programación de obra.

Ahora se dará a conocer la cantidad de mano de obra a usar en cada actividad para poder ejecutar la construcción de canal de aguas lluvias en un tiempo estimado de 4 meses.

ACTIVIDAD / MANO DE OBRA	Topógrafo auxiliar	Cadenero 1	Cadenero 2	Ayudante de especialidad	Oficial de construcción	Ayudante de construcción
1.1. Localización y Replanteo	1	1	1	1	1	2
2.1. Excavación Manual de material común	-	-	-	-	-	5
2.2. Relleno con material seleccionado	-	-	-	-	-	27
2.3. Retiro de Sobrantes	-	-	-	-	-	1
3.1. Concreto ciclopedo (Concreto 21 MPa (60%) Y Piedra (40%))	-	-	-	-	2	4
4.1. Acero de Refuerzo No.4	-	-	-	-	4	13
4.2. Cinta estructural	-	-	-	-	-	1
4.3. Concreto de 28 MPa Impermeabilizado (Muros y piso del canal)	-	-	-	-	3	7
5.1. Aseo general	-	-	-	-	-	8

Figura 49. Mano de obra

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Cantidad de mano de obra a contratar.

14. Conclusiones

Dentro de los proyectos y planes que tiene la oficina de infraestructura municipal no se contemplan estudios técnicos para la zona del proyecto ubicado en los límites de los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz.

La sección del canal de cien metros estudiada en el proyecto se compone de secciones con formas irregulares que tienden a la forma trapezoidal, que cuenta con una pendiente promedio de 5,74%, se confirmó que el canal natural es altamente peligroso tanto para las

personas que transitan por él paso peatonal o puente improvisado, como para las personas que habitan en casas muy próximas al afluente, por la irregularidad del terreno como por la contaminación presente producto del estancamiento de materia orgánica y otras sustancias transportadas por el cuerpo hídrico.

En cuanto a las propiedades del suelo de fundación se cuenta con dos tipos de suelo, la primera mitad con un suelo gravoso arcilloso mal graduado con alta presencia de materia orgánica influenciada por el cuerpo hídrico que lo surca, este suelo cuenta con una capacidad admisible de $18,74 \text{ kg/cm}^2$ y la segunda mitad con una arcilla de alta plasticidad con un límite líquido alto de $50,78\%$ y una capacidad admisible de $2,16 \text{ kg/cm}^2$. La carga estructural y la carga hidrodinámica sumadas producen una carga de $0,30 \text{ kg/cm}^2$ lo que es mucho menor que la carga admisible de los suelos presentes en el proyecto, lo que permite afirmar que los suelos soportaran la estructura.

Al realizar la modulación hidráulica se encontró que el canal se desborda en la primera sección por el talud derecho en todos los años de retorno, se considera altamente peligroso ya que justo en ese tramo se encuentran viviendas que poseen una estructura simple, además que la única forma de acceder a ellas es cruzando el canal.

Como resultado de los estudios realizados se determinó que la canalización de la escorrentía se debe hacer en concreto reforzado con parrilla doble, con espesor de 20 centímetros en la base y con espesor de muros de 15 centímetros, concreto estructural de 28 MPa y acero de refuerzo de $\frac{1}{2}$ " de 420 MPa separados cada 20 centímetros.

Se estima que la ejecución de este proyecto tiene un valor de \$ 412.387.002.00 (cuatrocientos doce millones trescientos ochenta y siete mil dos pesos colombianos), además su

construcción ha sido programada para un periodo de 4 meses considerando la participación de mano de obra calificada la cual es: 1 topógrafo auxiliar, 2 cadeneros, 1 ayudante de especialidad, 4 oficiales y 27 ayudantes de construcción.

15. Recomendaciones

Se necesita intervención inmediata para canalizar la escorrentía límites con los barrios Belén de Umbría y Villa la Paz, ya que es un peligro inminente para las personas que viven próximas al cuerpo hídrico como para los que cruzan de un barrio al otro por el canal natural.

De no revestirse el canal natural, se recomienda realizarle mantenimientos periódicos a la escorrentía donde se realicen actividades como: Retiro de residuos sólidos, Podar la vegetación presente para evitar una alta densificación de la misma, nivelación simple.

16. Referencias

1. Acosta CA. Costos y presupuestos para edificaciones con Excel, s10 y Project (2 ed.). Perú: Lima; 2018.
2. Álvarez C. Modelamiento hidráulico y propuesta de canalización de la escorrentía superficial la bartola que fluye de sur a norte en el área urbana del municipio del Zulia, Norte De Santander. Colombia: Norte de Santander; 2021.
3. Baltodao W. Diseño hidráulico de un canal de 1km de longitud que comprende parte de la zona 2, 5, 6 y 11 del municipio de ciudad Sandino, Nicaragua; 2015.
4. Barrero A. Diseño del sistema de recolección de aguas lluvias más eficiente para el plan parcial de la vereda San Bartolomé en el municipio de Gachancipá departamento de Cundinamarca. Colombia: Cundinamarca; 2018.
5. Cadavid JH. Hidráulica de Canales Fundamentos (Vol. 1). Medellín, Colombia: Fondo Editorial Universidad EAFIT; 2006.
6. Álvarez CA, Ríos, JC. Modelamiento hidráulico y propuesta de canalización de la escorrentía superficial la bartola que fluye de sur a norte en el área urbana del municipio del Zulia, Norte De Santander. Cúcuta: Universidad Francisco De Paula Santander; 2021.
7. Castillo G. Contaminación de canales de agua lluvia en zonas urbana. El autor da a conocer que gracias al rápido crecimiento de las ciudades y a la impermeabilización de los suelos; 2019.
8. Chow VT. Hidráulica de canales abiertos. (J. G. Saldarriaga, Trad.) MCGRAW-HILL; 1994.

9. Chow VT. Hidrología aplicada. McGRAW-HILL; 1994.
10. DANE. Sistema Estadístico Nacional, Bogotá: Gobierno de Colombia [Internet]. 2022 [Consultado 20 de marzo de 2021]. Disponible en:
<https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/planes-departamentos-ciudades/210319-InfoDane-Cucuta-Norte-de-Santander.pdf>
11. Das BM. Fundamentos de ingeniería geotécnica (Cuarta Edición ed.). (J. L. Cárdenas, Trad.) Cengage Learning Editores, S.A; 2015.
12. Felices AR. HIDRAULICA DE TUBERIAS Y CANALES (1 ed.). PERU: Universidad Nacional de Ingeniería; 2007.
13. Google-Earth. Google Earth Pro [Internet]. 2023 [Consultado 20 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://earth.google.com/web/@7.87773751,-72.534084,290.04788805a,474.87058242d,30y,0h,0t,0r>
14. GOV PG. Área Metropolitana de Cúcuta [Internet]. 2023 [Consultado 20 de abril de 2022]. Disponible en:
<https://amc.gov.co/amc/cucuta/#:~:text=En%20la%20actualidad%2C%20el%20%20C3%A1rea,m%20de%201'200.000%20personas.>
15. Guamán V. Modelación numérica y experimental de un canal rectangular abierto con diferentes tipos de vertederos, el cual tuvo como objetivo validar las tecnologías basadas en Dinámica de fluidos computacional (CFD) con la finalidad de caracterizar adecuadamente; 2018.

16. Mantilla-Guayanay FM. Aplicación de nuevas tecnologías en topografía. [Tesis en Internet]. Ecuador: Escuela Politécnica Nacional; 2012 [consultado 30 de Noviembre de 2022].
Disponibile en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5170/1/CD-4545.pdf>
17. IDEAM. Curvas intensidad duración frecuencia –IDF [Internet]. 2016 [Consultado 20 de abril de 2022]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/curvas-idf>
18. IDEAM. Curvas IDF. [Internet]. 2017 [Consultado 20 de abril de 2022]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/curvas-idf>
19. INVIAS. Normas de Ensayo de materiales para carreteras [Internet]. 2012 [Consultado 20 de abril de 2022].
20. INVIAS. Instituto nacional de vías. Bogotá. [Internet]. 2013 [Consultado 20 de abril de 2022].
21. INVIAS-MDC. Manual de Drenaje para Carreteras. Bogotá. [Internet]. 2009 [Consultado 20 de abril de 2022].
22. Cordoba-Ruiz JC, Carreño-Sayago UF, León-Agaton A. Revisión del estado de arte en captación y aprovechamiento de aguas lluvias en zonas urbanas y aeropuertos. Tecnura [Internet]. 2009 [Consultado 20 de abril de 2022]; 20(50):141-153. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-921X2016000400010&script=sci_abstract&tlng=es
23. NSR-10. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Bogotá. Internet]. 2010 [Consultado 20 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>

24. Oficina de infraestructura municipal. Informe consulta planes en la zona del proyecto. Cúcuta. [Internet]. 2023 [Consultado 20 de abril de 2022]. Disponible en:
https://www.asocapitales.co/nueva/wp-content/uploads/2020/11/Cucuta_Plan-de-Desarrollo-Municipal_2020-2023.pdf
25. Peña-Guzmán CA, Lara-Borrero J. Tratamiento de aguas de escorrentía mediante humedales artificiales: estado de arte. Cienc. Ing. Neogranad. [Internet]. 2012 [Consultado 20 de abril de 2022]; 22(2). Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702012000200003
26. Perez C. Construcción de canales de recolección de agua lluvia con material PET. Centro Sur [Internet]. 2020 [Consultado 20 de abril de 2022]; 4(1). Disponible en:
<https://centrosureditorial.com/index.php/revista/article/view/31>
27. Ramos-Cueva D, Viera-Baca EJ. Diseño de canal – vía como estructura de evacuación de aguas pluviales de la ciudad de Trujillo previa desviación de escurrimiento de la quebrada San Idelfonso hacia el Rio Moche [Tesis en Internet]. Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad De Ingeniería; 2017 [Consultado 20 de abril de 2022]. Disponible en:
https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/5501/1/RE_ING.CIVIL_DANTE.CU EVA_EVELYN.VIERA_DISE%c3%91O.DE.CANAL_DATOS.PDF
28. Ruiz, P. R. HIDRÁULICA II. México: Oaxaca: 2008.
29. US Army Corps of Engineers. HEC-RAS [Internet]. 2015 [Consultado 20 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>.

30. Villanueva, N. H. Hidráulica de canales. Principios básicos (R. G. Tavira, Ed.) [Internet]. Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; 2017 [Consultado 20 de abril de 2022]. Disponible en: www.gob.mx/imta

Anexos

Anexo 1. Coordenadas Topográficas

CARTERA DE COORDENADAS LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO				
PUNTO	NORTE (m)	ESTE (m)	COTA (msnm)	CODIGO
MOJON 1	1363313.230	839311.073	289.629	MOJON
MOJON 2	1363340.880	839270.006	288.195	MOJON
1	1363340.139	839271.017	288.221	OVIA
2	1363338.320	839270.100	288.201	OVIA
3	1363337.989	839269.108	288.741	POZO
4	1363336.445	839270.168	288.658	POZO
5	1363335.337	839270.011	288.518	OVIA
6	1363339.567	839272.464	288.232	OVIA
7	1363341.231	839273.217	288.089	GAVION
8	1363347.126	839263.072	287.939	GAVION
9	1363345.029	839261.847	288.045	OVIA
10	1363341.761	839259.604	288.179	OVIA
11	1363340.844	839258.767	288.608	MURO
12	1363344.302	839253.883	288.303	MURO
13	1363345.008	839254.434	287.901	OVIA
14	1363347.769	839256.062	287.849	OVIA
15	1363350.502	839257.747	287.480	GAVION
16	1363349.934	839245.528	287.853	CER
17	1363350.586	839245.912	287.873	OVIA
18	1363353.856	839247.434	287.983	OVIA
19	1363354.465	839245.078	287.883	OVIA
20	1363353.651	839241.512	287.742	OVIA
21	1363351.457	839238.729	287.900	CON
22	1363345.049	839233.366	288.159	CON
23	1363341.640	839237.716	288.188	CON
24	1363344.368	839240.556	288.104	CON
25	1363344.032	839240.660	288.248	POSTEMEDIA
26	1363351.926	839238.075	288.101	MURO
27	1363347.887	839235.013	288.344	MURO
28	1363353.308	839236.409	288.133	MURO
29	1363356.927	839243.201	287.615	TALUD
30	1363358.995	839247.059	287.529	TALUD
31	1363356.788	839251.220	287.502	TALUD
32	1363338.797	839264.406	288.249	OVIA
33	1363337.264	839263.891	288.668	MURO
34	1363332.088	839259.393	288.762	MURO
35	1363328.460	839264.044	288.959	MURO

36	1363323.270	839270.033	289.120	MURO
37	1363323.147	839270.182	288.827	OVIA
38	1363320.679	839272.852	288.881	MURO3
39	1363326.590	839277.595	288.551	MURO3
40	1363327.902	839278.795	288.275	OVIA
41	1363330.859	839276.805	288.429	OVIA
42	1363328.782	839275.327	288.561	OVIA
43	1363331.727	839275.642	288.483	OVIA
44	1363331.059	839275.716	288.698	POSTEBAJA
45	1363333.632	839279.233	288.220	OVIA
46	1363335.416	839281.176	288.382	GAVION
47	1363335.996	839281.636	288.319	GAVION
48	1363335.227	839282.571	287.413	GAVION
49	1363335.813	839282.894	287.558	GAVION
50	1363331.097	839279.456	288.177	POZO
51	1363331.671	839281.208	288.097	CAMINO
52	1363332.452	839280.575	288.089	CAMINO
53	1363335.379	839283.929	286.423	PUENTE
54	1363334.750	839284.432	286.412	PUENTE
55	1363337.499	839288.104	286.341	PUENTE
56	1363338.200	839287.534	286.338	PUENTE
57	1363341.399	839293.096	287.595	CAMINO
58	1363342.175	839292.305	287.585	CAMINO
59	1363350.479	839298.854	288.950	CAMINO
60	1363349.847	839299.860	288.954	CAMINO
61	1363355.697	839306.248	289.683	CAMINO
62	1363356.491	839305.462	289.617	CAMINO
63	1363360.142	839300.863	289.378	CAMINO2
64	1363363.365	839295.678	289.316	CAMINO2
65	1363365.601	839291.044	289.495	CAMINO2
66	1363360.766	839289.516	288.990	TALUD
67	1363354.702	839296.749	288.965	R
68	1363371.268	839284.757	289.446	OVIA
69	1363373.413	839279.847	288.867	OVIA
70	1363379.216	839281.864	289.703	CON
71	1363377.298	839286.538	289.645	CON
72	1363383.103	839288.506	290.287	CON
73	1363384.922	839283.779	290.258	CON
74	1363370.577	839279.396	288.807	OVIA
75	1363365.487	839279.275	288.699	TALUD
76	1363367.935	839265.832	287.637	TALUD
77	1363372.820	839268.034	287.660	OVIA
78	1363376.880	839268.651	287.804	OVIA
79	1363378.281	839259.060	287.448	OVIA
80	1363374.754	839257.949	287.238	OVIA

81	1363371.698	839257.083	287.202	TALUD
82	1363374.153	839249.741	286.380	TALUD
83	1363376.083	839249.983	286.358	OVIA
84	1363379.951	839251.036	286.504	OVIA
85	1363380.016	839245.517	286.052	OVIA
86	1363376.220	839245.145	285.943	OVIA
87	1363374.988	839245.238	285.857	TALUD
88	1363376.252	839237.859	285.215	TALUD
89	1363380.189	839239.295	285.314	OVIA
90	1363383.704	839238.209	285.540	MURO
91	1363381.473	839240.328	285.647	MURO
92	1363380.349	839243.132	286.023	MURO
93	1363380.191	839245.454	285.996	MURO
94	1363381.983	839247.212	286.371	MURO
95	1363380.064	839251.086	286.626	MURO
96	1363380.465	839251.544	286.844	MURO
97	1363379.146	839256.336	287.471	MURO
98	1363378.461	839259.008	287.544	MURO
99	1363380.478	839259.903	287.872	MURO
100	1363388.629	839234.107	285.343	MURO
101	1363386.645	839232.195	284.429	OVIA
102	1363380.819	839229.879	284.243	OVIA
103	1363376.936	839229.138	284.096	TALUD
104	1363372.961	839229.758	281.887	FONDOCANALAL
105	1363370.912	839229.336	281.830	FONDOCANALAL
106	1363369.342	839235.654	282.090	FONDOCANALAL
107	1363371.298	839236.456	282.113	FONDOCANALAL
108	1363368.502	839242.243	282.425	FONDOCANALAL
109	1363370.011	839242.469	282.467	FONDOCANALAL
110	1363367.457	839249.544	282.878	FONDOCANALAL
111	1363369.515	839250.501	282.715	FONDOCANALAL
112	1363366.836	839254.412	282.914	FONDOCANALAL
113	1363365.206	839252.919	282.970	FONDOCANALAL
114	1363359.857	839258.779	283.057	FONDOCANALAL
115	1363359.051	839257.399	283.040	FONDOCANALAL
116	1363350.281	839261.784	284.696	GAVION
117	1363354.250	839266.097	283.699	FONDOCANALAL
118	1363355.462	839267.168	283.697	FONDOCANALAL
119	1363348.970	839277.500	284.380	FONDOCANALAL
120	1363346.438	839275.234	284.260	FONDOCANALAL
121	1363343.778	839271.691	285.269	GAVION
122	1363339.303	839278.644	285.523	GAVION
123	1363340.278	839279.625	286.263	POZO
124	1363340.642	839280.389	285.324	CLA
125	1363341.545	839282.687	285.377	CLA

126	1363341.171	839280.150	284.526	FONDOCANALAL
127	1363342.179	839282.675	284.635	FONDOCANALAL
128	1363336.861	839285.616	284.995	FONDOCANALAL
129	1363335.952	839284.451	284.931	FONDOCANALAL
130	1363343.687	839287.645	287.740	POZO
131	1363344.829	839287.355	286.663	R
132	1363350.221	839286.669	286.949	R
133	1363355.360	839287.069	286.660	R
134	1363358.700	839285.017	286.465	R
135	1363360.794	839277.495	285.727	R
136	1363340.078	839295.307	288.129	CER
137	1363335.229	839291.912	286.765	CER
138	1363333.008	839290.153	285.454	FONDOCANALAL
139	1363332.071	839289.325	285.405	FONDOCANALAL
140	1363326.749	839297.881	285.996	FONDOCANALAL
141	1363329.131	839299.846	286.077	FONDOCANALAL
142	1363329.908	839300.428	286.937	CER
143	1363321.510	839310.145	286.643	FONDOCANALAL
144	1363322.959	839311.259	286.644	FONDOCANALAL
145	1363318.554	839319.019	287.490	FONDOCANALAL
146	1363315.880	839317.987	287.546	FONDOCANALAL
147	1363316.337	839324.065	287.412	FONDOCANALAL
148	1363314.413	839323.567	287.468	FONDOCANALAL
149	1363316.311	839324.725	288.268	CANAL
150	1363313.810	839324.010	288.271	CANAL
151	1363313.701	839324.214	289.510	CANAL
152	1363316.367	839324.817	289.671	CANAL
153	1363314.703	839331.952	289.811	CANAL
154	1363314.572	839331.905	288.335	CANAL
155	1363312.190	839331.100	288.330	CANAL
156	1363312.029	839331.193	289.834	CANAL
157	1363317.851	839325.156	287.961	R
158	1363319.137	839325.873	289.056	CER
159	1363322.044	839319.808	289.149	CER
160	1363320.459	839319.361	287.989	R
161	1363324.117	839313.805	288.902	R
162	1363325.423	839314.756	289.650	MURO
163	1363329.286	839309.738	289.657	MURO
164	1363327.904	839308.300	288.178	R
165	1363333.042	839302.294	288.600	CER
166	1363333.974	839304.150	289.059	MURO
167	1363334.873	839303.178	288.946	CER
168	1363323.234	839313.624	288.320	ARB
169	1363313.362	839311.567	289.629	POZO
171	1363307.955	839329.321	290.199	OVIA

172	1363305.354	839327.263	290.246	OVIA
173	1363299.838	839322.814	290.420	MURO
174	1363302.538	839324.962	290.383	MURO
175	1363306.425	839323.351	290.110	POZO
176	1363308.536	839316.674	290.001	mar
177	1363309.315	839317.140	289.921	OVIA
178	1363311.584	839318.139	289.784	OVIA
179	1363311.919	839318.229	290.007	TALUD
180	1363314.897	839312.405	289.651	TALUD
181	1363311.454	839311.552	289.652	OVIA
182	1363309.792	839311.124	289.809	MURO
183	1363310.025	839311.920	289.947	POSTEBAJA
184	1363299.595	839303.018	289.949	MURO
185	1363300.347	839301.270	289.964	OVIA
186	1363301.534	839299.840	289.831	OVIA
187	1363306.188	839294.065	289.616	MURO
188	1363313.100	839299.799	289.459	MURO
189	1363312.609	839305.185	289.483	OVIA
190	1363311.119	839308.443	289.561	OVIA
191	1363316.036	839306.021	289.502	OVIA
192	1363317.906	839306.716	289.421	TALUD
193	1363319.577	839304.447	289.143	TALUD
194	1363317.596	839303.399	289.413	OVIA
195	1363314.756	839301.199	289.382	OVIA
196	1363318.161	839296.101	289.120	OVIA
197	1363317.246	839295.177	289.341	MURO
198	1363320.965	839297.560	289.156	OVIA
199	1363322.094	839298.469	288.980	TALUD
200	1363325.382	839293.497	288.499	TALUD
201	1363324.459	839293.044	288.748	OVIA
202	1363321.463	839290.688	288.752	OVIA
203	1363320.775	839290.155	288.782	MURO
204	1363324.064	839285.041	288.434	MURO
205	1363326.947	839285.798	288.413	POZO
206	1363327.420	839287.340	288.267	OVIA
207	1363328.118	839287.850	288.120	TALUD
MAGNA SIRGAS GAUSS KRUGER ORIGEN ESTE				

Anexo 2. Estudio de suelos

Apique 1:

			
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES			
HUMEDAD NATURAL			
SECTOR :	Belen de Umbria limites con villa la paz Estudios para diseño y modulacion hidraulica de canal de aguas lluvias		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2	MUESTRA No. :	1
DESCRIPCIÓN :	Grava arcillosa mezcla de grava arena y arcilla		
No.recipiente	A6	41	5
Whumedo+Wrecipiente	224,22	206,79	201,24
Wseco+Wrecipiente	206,23	189,99	184,11
Wrecipiente	74,94	75,68	79,92
Humedad (%)	13,70	14,70	16,44
Humedad Promedio(%)	14,95		
OBSERVACIONES			
Este material se exploro a 1 metro del eje del canal y 2 m de profundidad, el material por la presencia del cuerpo de hidrico transportado por el canal se encontro en condicion humeda, se encontraron sobre tamaños rocas de 5"			

		UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER		LABORATORIO DE SUELOS CIVILES		
GRANULOMETRIA - CLASIFICACIÓN						
SECTOR :	Belen de Umbria limites con villa la paz					
	Estudios para diseño y modulacion hidraulica de canal de aguas lluvias					
LOCALIZACIÓN:	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1			
PROFUNDIDAD:	2	MUESTRA No. :	1			
DESCRIPCIÓN :	Grava arcillosa mezcla de grava arena y arcilla					
PESO INICIAL:	6185,9	PESO DESPUÉS DE LAVAR:	4610,30			
TAMIZ No.	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	CLASIFICACIÓN	
3"	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 1/2 "	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 "	0,00	0,00	0,00	100,00	AASHTO	A-2-6
3/4 "	1144,00	18,49	18,49	81,51	I.G.	0
1/2 "	0,00	0,00	18,49	81,51	U.S.C.	GC
3/8 "	726,50	11,74	30,24	69,76	GRAVA	40,30
No. 4	622,20	10,06	40,30	59,70	ARENA	34,23
No. 8	357,60	5,78	46,08	53,92	FINOS	25,47
No.10	0,00	0,00	46,08	53,92		
No. 16	671,30	10,85	56,93	43,07	I.P.	11,39
No. 20	0,00	0,00	56,93	43,07		
No. 30	268,50	4,34	61,27	38,73		
No. 40	0,00	0,00	61,27	38,73		
No. 50	342,80	5,54	66,81	33,19		
No. 100	308,00	4,98	71,79	28,21		
No. 200	169,40	2,74	74,53	25,47		
FONDO	1575,60	25,47	100,00	0,00		
TOTAL	6185,90	100,00				

D60(mm)	4,8
D30(mm)	0,2
D10(mm)	0,075
Cu	64
Cc	0,11



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

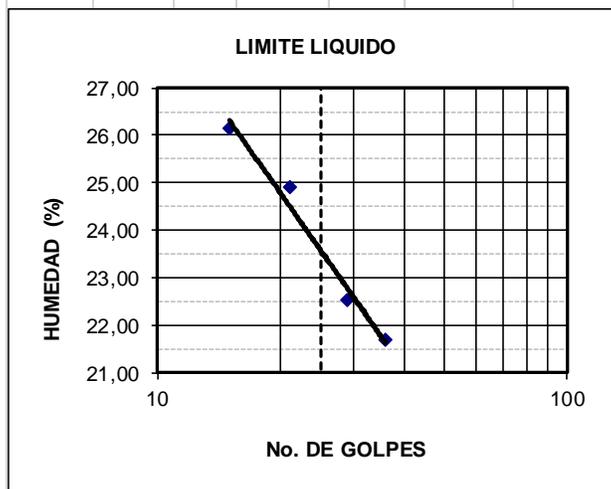
SECTOR :	Belen de Umbria limites con villa la paz Estudios para diseño y modulacion hidraulica de canal de aguas lluvias		
LOCALIZACION	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	1
PROFUNDIDAD :	2	MUESTRA No. :	1
DESCRIPCION :	Grava arcillosa mezcla de grava arena y arcilla		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	36	29	21	15
NÚMERO DEL RECIPIENTE	96	61	15	55
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,58	6,99	7,11	7,57
PESO HÚMEDO + RECIP (Gr.)	21,38	20,59	19,55	20,36
PESO SECO + RECIP (Gr.)	18,92	18,09	17,07	17,71
HUMEDAD (%)	21,69	22,52	24,90	26,13

LIMITE PLASTICO

NÚMERO DEL RECIPIENTE	26	45		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,08	7,05		
PESO HÚMEDO + RECIP (Gr.)	15,79	16,26		
PESO SECO + RECIP (Gr.)	14,91	15,19		
HUMEDAD (%)	11,24	13,14		



LIMITE LIQUIDO (%) 23,58

LIMITE PLASTICO (%) 12,19

INDICE DE PLASTICIDAD 11,39

CLASIFICACIÓN

AASHTO	A-2-6
I.G.	0
U.S.C.	GC
%GRAVA	40,30
%ARENA	34,23
%FINOS	25,47

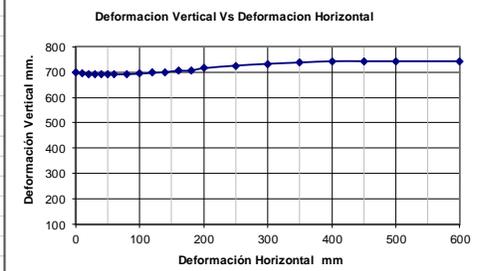
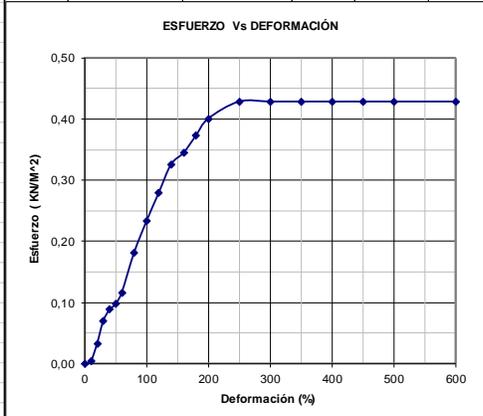
	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORIO DE SUELOS CIVILES
---	---

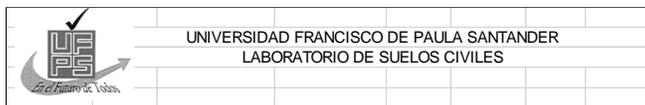
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	Belen de Umbria limites con villa la paz Estudios para diseño y modulacion hidraulica de canal de aguas lluvias
APIQUE No. :	1
MUESTRA No. :	Grava arcillosa mezcla de grava arena y arcilla
PROFUNDIDAD :	2 metros

Ao (cm ²):	17,40	Peso humedo(W1):	79,89	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0,081
CARGA NORMAL (Kg):	7	Peso seco(W2):	71,59	C _σ (Kg/cm ²) :	0,40
		Peso tara(W3):	6,52		
		Humedad (%):	12,75%		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$\tau = Q/A$ (Kg/cm ²)	TAN $\phi = \tau / \sigma_n$
0	0	700	0,00	0,00	0,0000
1	10	695	0,08	0,00	0,0116
7	20	691	0,57	0,03	0,0810
15	30	691	1,22	0,07	0,1736
19	40	691	1,54	0,09	0,2199
21	50	691	1,70	0,10	0,2430
25	60	691	2,03	0,12	0,2893
39	80	692	3,16	0,18	0,4513
50	100	694	4,05	0,23	0,5786
60	120	697	4,86	0,28	0,6943
70	140	700	5,67	0,33	0,8100
74	160	705	5,99	0,34	0,8563
80	180	706	6,48	0,37	0,9257
86	200	715	6,97	0,40	0,9951
92	250	725	7,45	0,43	1,0646
92	300	732	7,45	0,43	1,0646
92	350	737	7,45	0,43	1,0646
92	400	742	7,45	0,43	1,0646
92	450	742	7,45	0,43	1,0646
92	500	742	7,45	0,43	1,0646
92	600	742	7,45	0,43	1,0646





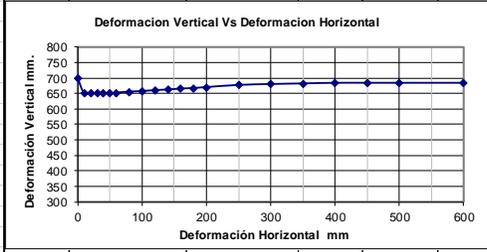
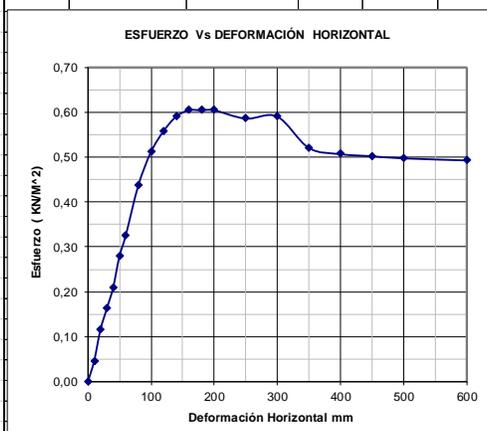
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

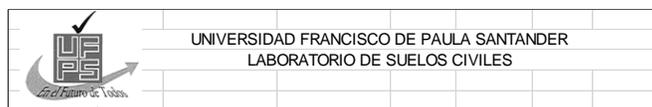
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	Belen de Umbria limites con villa la paz
APIQUE No. :	1
MUESTRA No. :	Grava arcillosa mezcla de grava arena y arcilla
PROFUNDIDAD :	2 metros

Ao (cm ²):	17,40	Peso humedo(W1):	77,97	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0,081
CARGA NORMAL (Kg):	12	Peso seco(W2):	70,14	C _{σn} (Kg/cm ²) :	0,69
		Peso tara(W3):	6,58		
		Humedad (%):	12,32%		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	τ = Q/A (Kg/cm ²)	TAN φ = τ / σ _n
0	0	700	0,00	0,00	0,0000
10	10	650	0,81	0,05	0,0675
25	20	650	2,03	0,12	0,1688
35	30	650	2,84	0,16	0,2363
45	40	650	3,65	0,21	0,3038
60	50	650	4,86	0,28	0,4050
70	60	652	5,67	0,33	0,4725
94	80	655	7,61	0,44	0,6345
110	100	657	8,91	0,51	0,7425
120	120	660	9,72	0,56	0,8100
127	140	662	10,29	0,59	0,8573
130	160	665	10,53	0,61	0,8775
130	180	667	10,53	0,61	0,8775
130	200	670	10,53	0,61	0,8775
126	250	677	10,21	0,59	0,8505
127	300	680	10,29	0,59	0,8573
112	350	682	9,07	0,52	0,7560
109	400	684	8,83	0,51	0,7358
108	450	684	8,75	0,50	0,7290
107	500	684	8,67	0,50	0,7223
106	600	684	8,59	0,49	0,7155



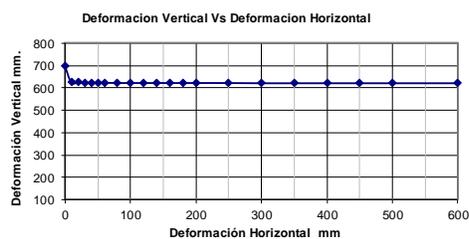
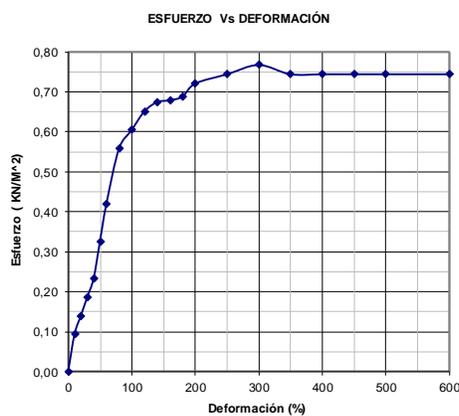


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	Belen de Umbria limites con villa la paz				
APIQUE No. :	Estudios para diseño y modulacion hidraulica de canal de aguas lluvias				
MUESTRA No. :	1				
PROFUNDIDAD :	Grava arcillosa mezcla de grava arena y arcilla				
	2 metros				
Ao (cm ²):	17,40	Peso humedo(W1):	77,80	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0,081
CARGA NORMAL (Kg):	20	Peso seco(W2):	70,16		
		Peso tara(W3):	8,20	σ _n (Kg/cm ²) :	1,15
		Humedad (%):	12,33%		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	τ = Q/A (Kg/cm ²)	TAN φ = τ / σ _n
	0	700			
20	10	625	1,62	0,09	0,0810
30	20	625	2,43	0,14	0,1215
40	30	624	3,24	0,19	0,1620
50	40	624	4,05	0,23	0,2025
70	50	624	5,67	0,33	0,2835
90	60	624	7,29	0,42	0,3645
120	80	623	9,72	0,56	0,4860
130	100	623	10,53	0,61	0,5265
140	120	623	11,34	0,65	0,5670
145	140	623	11,75	0,68	0,5873
146	160	623	11,83	0,68	0,5913
148	180	623	11,99	0,69	0,5994
155	200	623	12,56	0,72	0,6278
160	250	623	12,96	0,74	0,6480
165	300	622	13,37	0,77	0,6683
160	350	622	12,96	0,74	0,6480
160	400	622	12,96	0,74	0,6480
160	450	622	12,96	0,74	0,6480
160	500	622	12,96	0,74	0,6480
160	600	622	12,96	0,74	0,6480





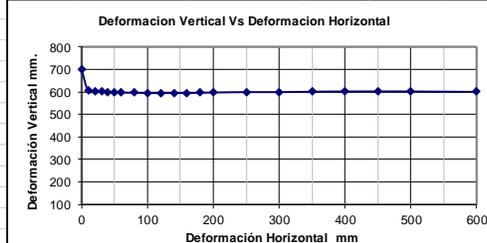
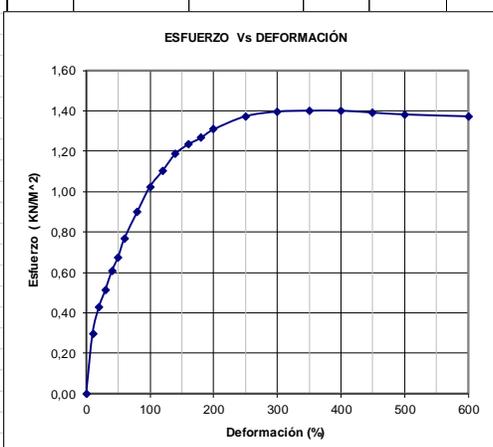
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	Belen de Umbria limites con villa la paz
APIQUE No. :	Estudios para diseño y modulacion hidraulica de canal de aguas lluvias
MUESTRA No. :	1
PROFUNDIDAD :	Grava arcillosa mezcla de grava arena y arcilla
	2 metros

Ao (cm ²):	17,40	Peso humedo(W1):	77,91	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0,081
CARGA NORMAL (Kg):	35	Peso seco(W2):	70,14	σ _n (Kg/cm ²) :	2,01
		Peso tara(W3):	7,24		
		Humedad (%):	12,35%		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	τ = Q/A (Kg/cm ²)	TAN φ = τ / σ _n
0	0	700	0,00	0,00	0,0000
64	10	606	5,18	0,30	0,1481
92	20	602	7,45	0,43	0,2129
110	30	601	8,91	0,51	0,2546
130	40	600	10,53	0,61	0,3009
145	50	600	11,75	0,68	0,3356
165	60	598	13,37	0,77	0,3819
193	80	597	15,63	0,90	0,4467
220	100	596	17,82	1,02	0,5091
237	120	596	19,20	1,10	0,5485
255	140	596	20,66	1,19	0,5901
265	160	596	21,47	1,23	0,6133
272	180	597	22,03	1,27	0,6295
281	200	598	22,76	1,31	0,6503
295	250	600	23,90	1,37	0,6827
300	300	600	24,30	1,40	0,6943
301	350	602	24,38	1,40	0,6966
301	400	603	24,38	1,40	0,6966
299	450	603	24,22	1,39	0,6920
297	500	603	24,06	1,38	0,6873
295	600	601	23,90	1,37	0,6827

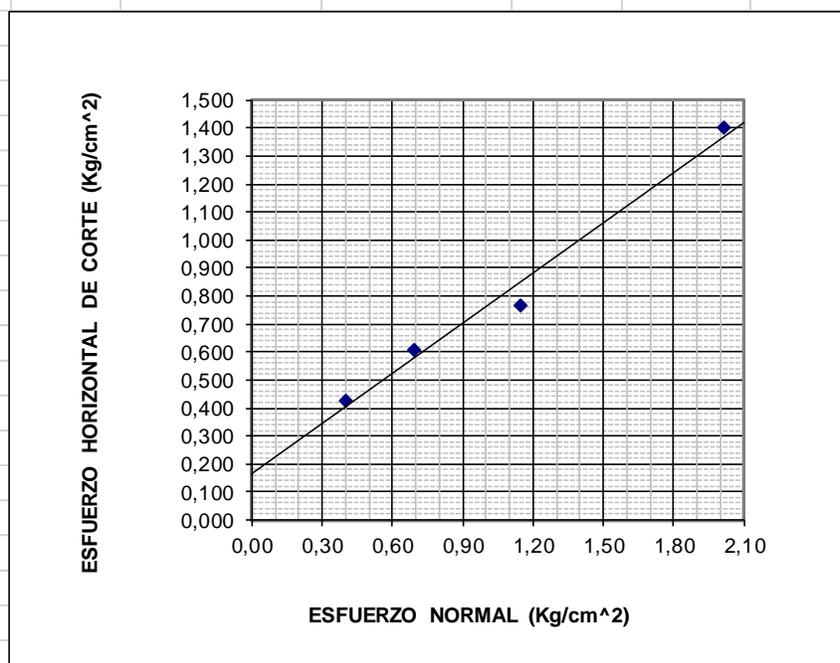




UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORII DE SUELOS CIVILES

GRAFICO ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	Belen de Umbria limites con villa la paz Estudios para diseño y modulacion hidraulica de canal de aguas lluvias
APIQUE No. :	1
MUESTRA No. :	Grava arcillosa mezcla de grava arena y arcilla
PROFUNDIDAD :	2 metros



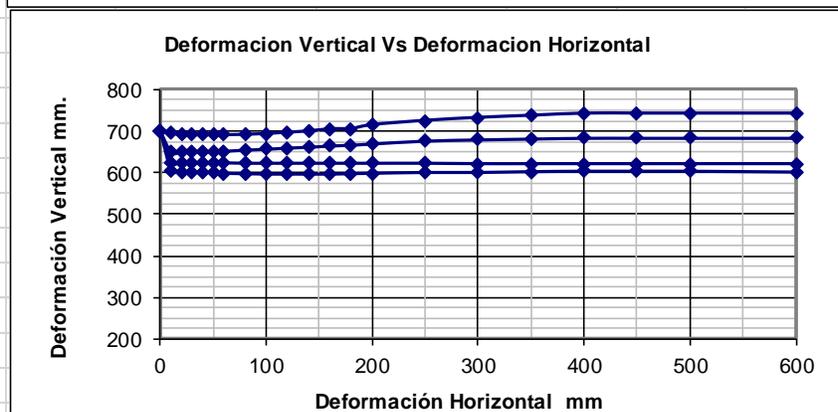
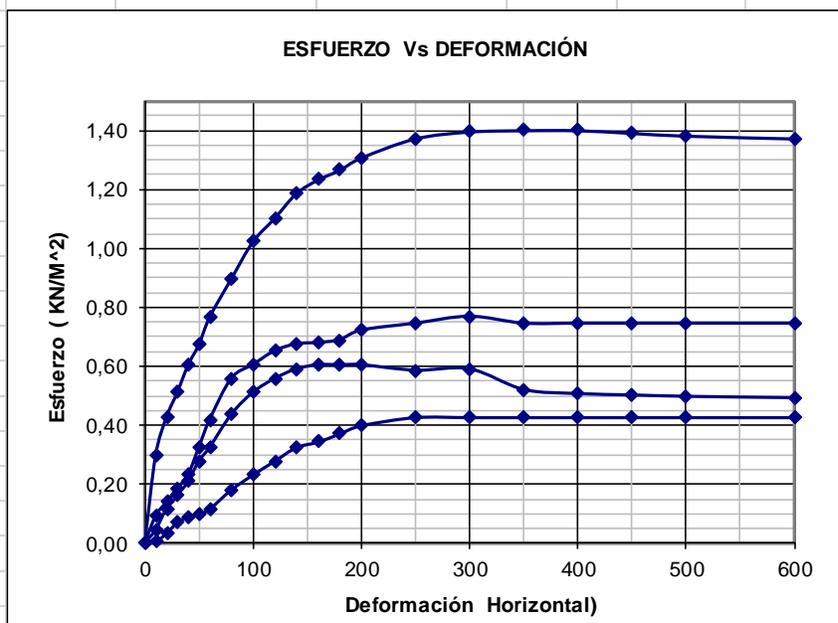
Cohesión (C) :	0,16 Kg/cm ²
Angulo de fricción (ϕ):	32°
Peso Unitario Humedo(γ):	1612 Kg/m ³
Condición del ensayo	CD
Peso Unitario Seco	1434 Kg/m ³
Humedad del ensayo	12,44%



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORII DE SUELOS CIVILES

GRAFICO ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	Belen de Umbria limites con villa la paz Estudios para diseño y modulacion hidraulica de canal de aguas lluvias
APIQUE No. :	1
MUESTRA No. :	Grava arcillosa mezcla de grava arena y arcilla
PROFUNDIDAD :	2 metros



Apique 2:

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER		
	LABORATORIOS DE SUELOS CIVILES		

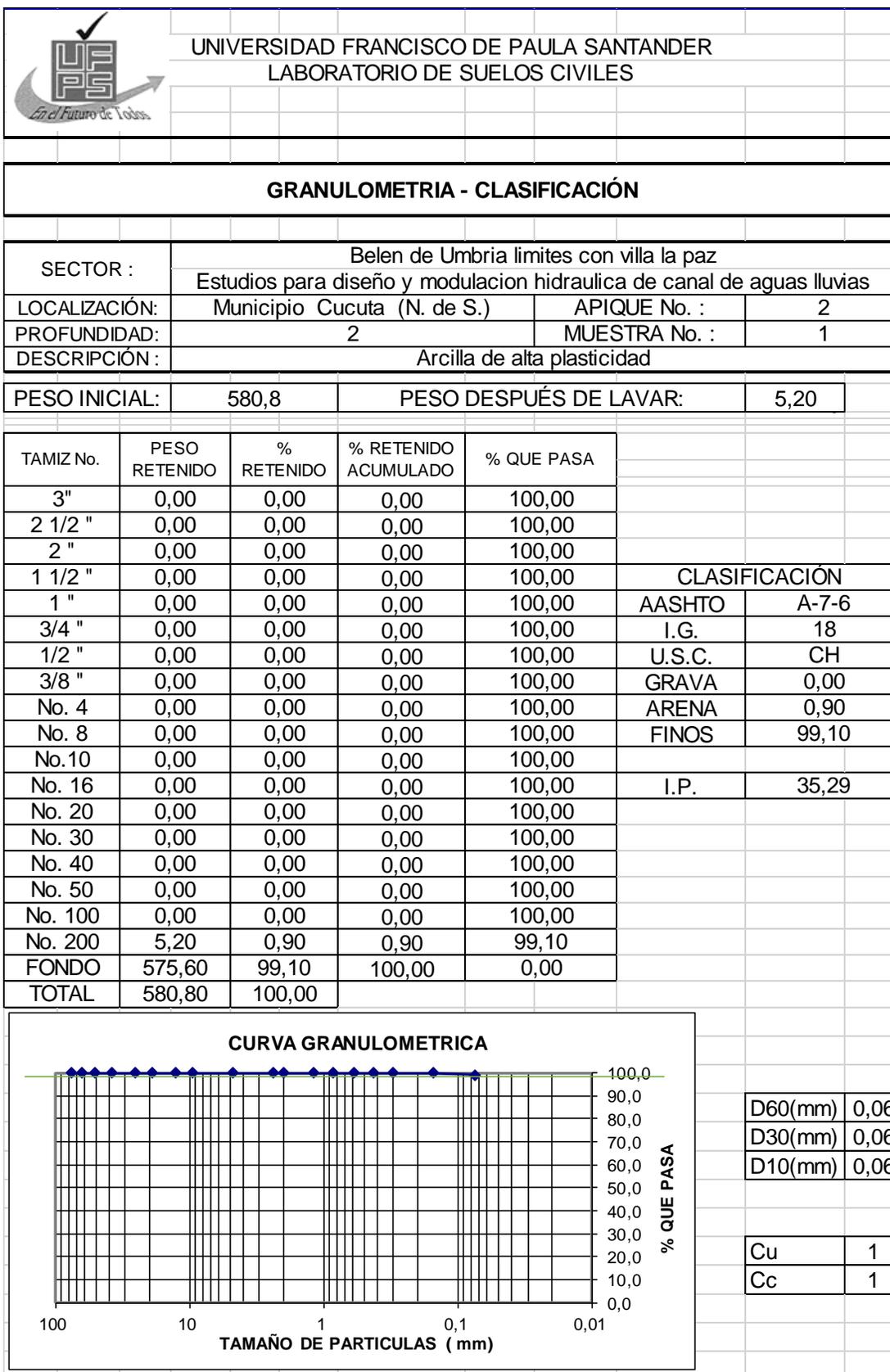
HUMEDAD NATURAL

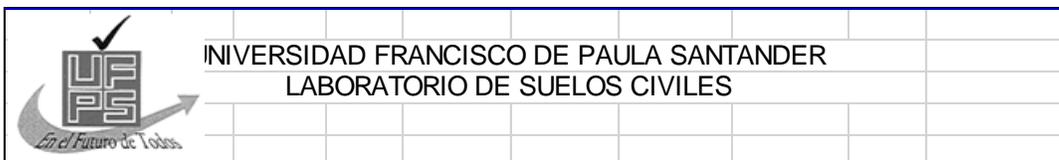
SECTOR :	Belen de Umbria limites con villa la paz		
	Estudios para diseño y modulacion hidraulica de canal de aguas lluvias		
LOCALIZACIÓN :	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2	MUESTRA No. :	1
DESCRIPCIÓN :	Arcilla de alta plasticidad		

No.recipiente	14M	ATGS	37
Whumedo+Wrecipiente	166,09	153,63	173,47
Wseco+Wrecipiente	151,20	140,89	158,75
Wrecipiente	74,52	72,41	78,06
Humedad (%)	19,42	18,60	18,24
Humedad Promedio(%)	18,75		

OBSERVACIONES

Este material se exploró a 2 metros del eje del canal y 2 metros de profundidad, el material por la presencia del cuerpo de líquido transportado por el canal se encontró con una consistencia plástica. No se encontraron sobre tamaños.





UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

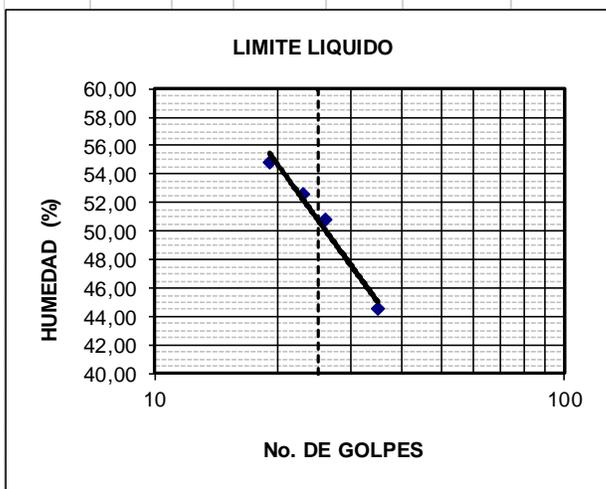
SECTOR :	Belen de Umbria limites con villa la paz Estudios para diseño y modulacion hidraulica de canal de aguas lluvias		
LOCALIZACIÓN	Municipio Cucuta (N. de S.)	APIQUE No. :	2
PROFUNDIDAD :	2	MUESTRA No. :	1
DESCRIPCION :	Arcilla de alta plasticidad		

LIMITE LIQUIDO

NÚMERO DE GOLPES	35	26	23	19
NÚMERO DEL RECIPIENTE	82	83	85	86
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	6,98	7,54	7,44	7,29
PESO HÚMEDO + RECIP (Gr.)	18,21	18,46	17,68	16,52
PESO SECO + RECIP (Gr.)	14,75	14,78	14,15	13,25
HUMEDAD (%)	44,53	50,83	52,61	54,87

LIMITE PLASTICO

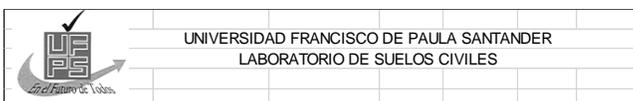
NÚMERO DEL RECIPIENTE	78	74		
PESO DEL RECIPIENTE (Gr.)	7,63	7,33		
PESO HÚMEDO + RECIP (Gr.)	19,49	19,99		
PESO SECO + RECIP (Gr.)	17,90	18,29		
HUMEDAD (%)	15,48	15,51		



LIMITE LIQUIDO (%)	50,78
LIMITE PLASTICO (%)	15,50
INDICE DE PLASTICIDAD	35,29

CLASIFICACIÓN

AASHTO	A-7-6
I.G.	18
U.S.C.	CH
%GRAVA	0,00
%ARENA	0,90
%FINOS	99,10



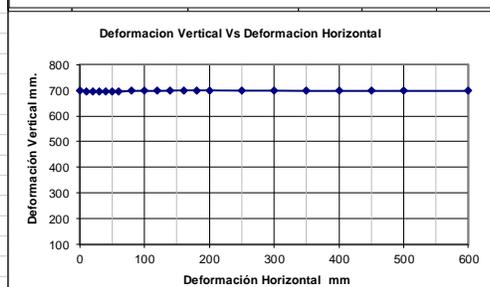
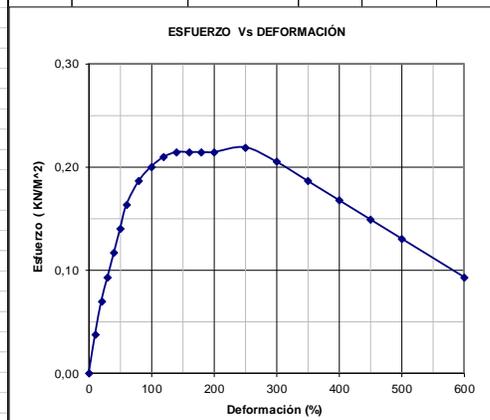
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	Belen de Umbria limites con villa la paz Estudios para diseño y modulación hidraulica de canal de aguas lluvias
APIQUE No. :	2
MUESTRA No. :	Arcilla de alta plasticidad
PROFUNDIDAD :	2 metros

Ao (cm ²) :	17,40	Peso humedo(W1):	74,61	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0,081
CARGA NORMAL (Kg):	5	Peso seco(W2):	60,21	σ _n (Kg/cm ²) :	0,29
		Peso tara(W3):	6,53		
		Humedad (%):	26,83%		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	τ = Q/A (Kg/cm ²)	TAN φ = τ / σ _n
0	0	700	0,00	0,00	0,0000
8	10	696	0,65	0,04	0,1296
15	20	695	1,22	0,07	0,2430
20	30	695	1,62	0,09	0,3240
25	40	695	2,03	0,12	0,4050
30	50	694	2,43	0,14	0,4860
35	60	694	2,84	0,16	0,5670
40	80	697	3,24	0,19	0,6480
43	100	697	3,48	0,20	0,6966
45	120	697	3,65	0,21	0,7290
46	140	698	3,73	0,21	0,7452
46	160	699	3,73	0,21	0,7452
46	180	699	3,73	0,21	0,7452
46	200	699	3,73	0,21	0,7452
47	250	698	3,81	0,22	0,7614
44	300	698	3,56	0,20	0,7128
40	350	697	3,24	0,19	0,6480
36	400	697	2,92	0,17	0,5832
32	450	697	2,59	0,15	0,5184
28	500	697	2,27	0,13	0,4536
20	600	697	1,62	0,09	0,3240



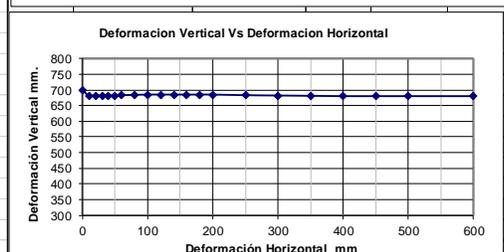
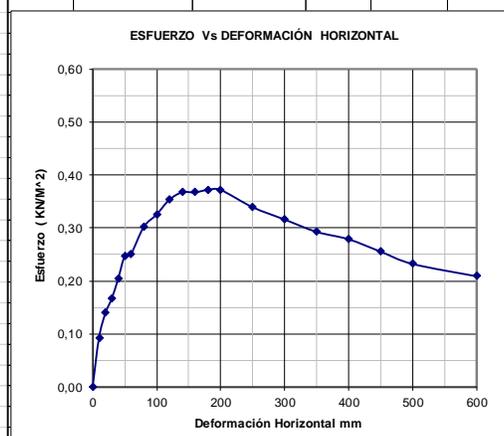


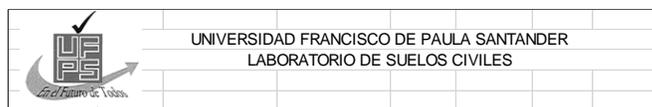
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	Belen de Umbria limites con villa la paz		
APIQUE No. :	Estudios para diseño y modulacion hidraulica de canal de aguas lluvias		
MUESTRA No. :	2		
PROFUNDIDAD :	Arcilla de alta plasticidad		
	2 metros		
Ao (cm ²):	17,40	Peso humedo(W1):	75,15
CARGA NORMAL (Kg):	10	Peso seco(W2):	61,21
		Peso tara(W3):	6,70
		Humedad (%):	25,58%
		CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0,081
		σ_n (Kg/cm ²) :	0,57

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	$\tau = Q/A$ (Kg/cm ²)	TAN $\phi = \tau / \sigma_n$
0	0	700	0,00	0,00	0,0000
20	10	682	1,62	0,09	0,1620
30	20	682	2,43	0,14	0,2430
36	30	682	2,92	0,17	0,2916
44	40	682	3,56	0,20	0,3564
53	50	682	4,29	0,25	0,4293
54	60	683	4,37	0,25	0,4374
65	80	684	5,27	0,30	0,5265
70	100	685	5,67	0,33	0,5670
76	120	685	6,16	0,35	0,6156
79	140	685	6,40	0,37	0,6399
79	160	685	6,40	0,37	0,6399
80	180	685	6,48	0,37	0,6480
80	200	685	6,48	0,37	0,6480
73	250	683	5,91	0,34	0,5913
68	300	682	5,51	0,32	0,5508
63	350	681	5,10	0,29	0,5103
60	400	680	4,86	0,28	0,4860
55	450	680	4,46	0,26	0,4455
50	500	680	4,05	0,23	0,4050
45	600	680	3,65	0,21	0,3645



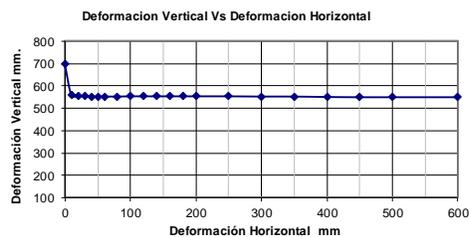
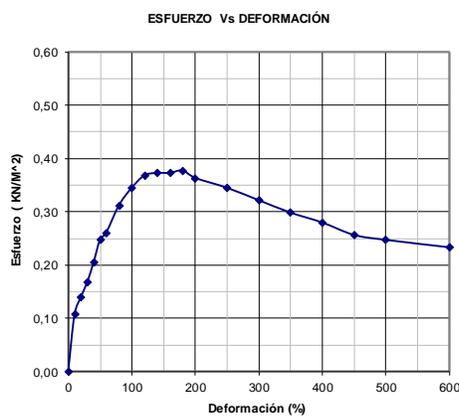


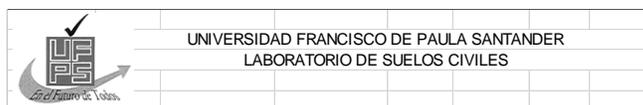
UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	Belen de Umbria limites con villa la paz				
APIQUE No. :	Estudios para diseño y modulacion hidraulica de canal de aguas lluvias				
MUESTRA No. :	2				
PROFUNDIDAD :	Arcilla de alta plasticidad				
	2 metros				
Ao (cm ²):	17,40	Peso humedo(W1):	73,65	CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0,081
CARGA NORMAL (Kg):	15	Peso seco(W2):	59,73	σ _n (Kg/cm ²) :	0,86
		Peso tara(W3):	7,02		
		Humedad (%):	26,41%		

CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	τ = Q/A (Kg/cm ²)	TAN φ = τ / σ _n
0	0	700	0,00	0,00	0,0000
23	10	559	1,86	0,11	0,1242
30	20	555	2,43	0,14	0,1620
36	30	554	2,92	0,17	0,1944
44	40	553	3,56	0,20	0,2376
53	50	553	4,29	0,25	0,2862
56	60	553	4,54	0,26	0,3024
67	80	553	5,43	0,31	0,3618
74	100	554	5,99	0,34	0,3996
79	120	554	6,40	0,37	0,4266
80	140	554	6,48	0,37	0,4320
80	160	554	6,48	0,37	0,4320
81	180	554	6,56	0,38	0,4374
78	200	554	6,32	0,36	0,4212
74	250	554	5,99	0,34	0,3996
69	300	553	5,59	0,32	0,3726
64	350	553	5,18	0,30	0,3456
60	400	551	4,86	0,28	0,3240
55	450	550	4,46	0,26	0,2970
53	500	550	4,29	0,25	0,2862
50	600	550	4,05	0,23	0,2700



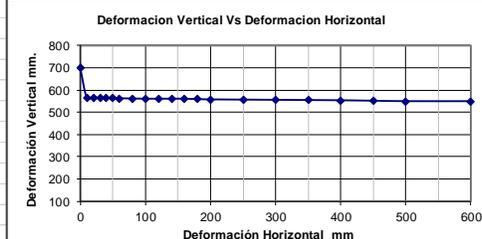
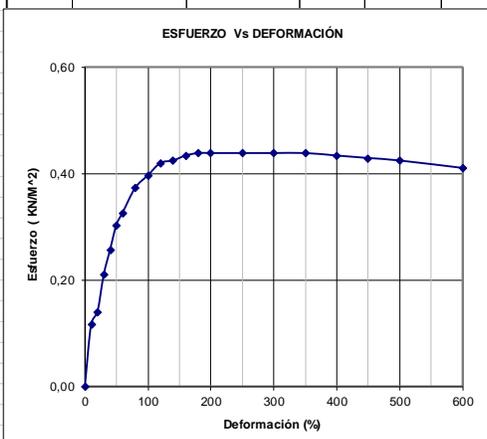


UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORIO DE SUELOS CIVILES

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	Belen de Umbria limites con villa la paz				
APIQUE No. :	Estudios para diseño y modulacion hidraulica de canal de aguas lluvias				
MUESTRA No. :	2				
PROFUNDIDAD :	Arcilla de alta plasticidad				
	2 metros				
Ao (cm ²) :	17,40	Peso humedo(W1):	73,93		
CARGA NORMAL (Kg):	30	Peso seco(W2):	59,73		
		Peso tara(W3):	7,02		
		Humedad (%):	26,94%		
		CONSTANTE ANILLO(Kg/div) :	0,081		
				σ _n (Kg/cm ²) :	1,72

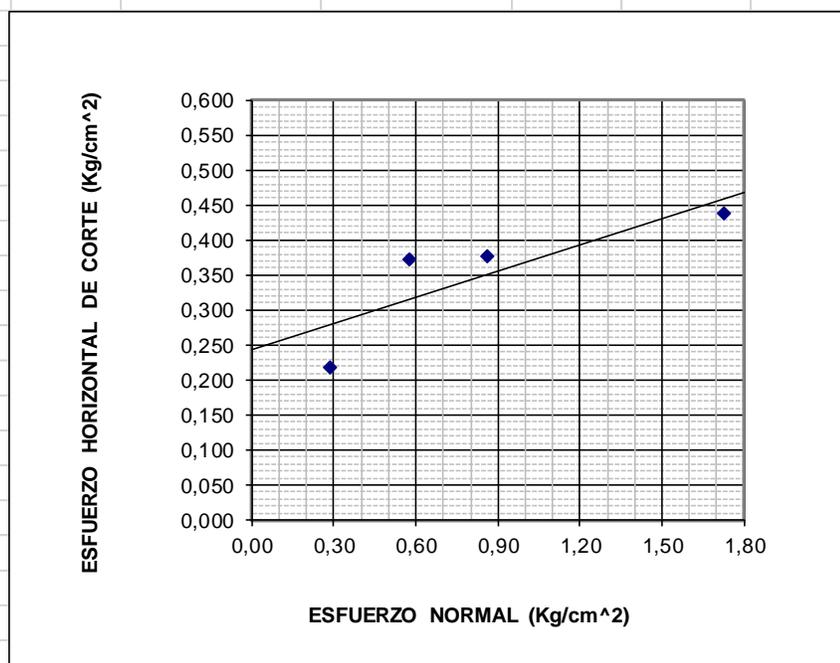
CARGA (Lbs)	DEFORMACIÓN H (0,001 mm)	DEFORMACIÓN V (0,001 mm)	CARGA (Kg)	τ = Q/A (Kg/cm ²)	TAN φ = τ / σ _n
0	0	700	0,00	0,00	0,0000
25	10	565	2,03	0,12	0,0675
30	20	565	2,43	0,14	0,0810
45	30	564	3,65	0,21	0,1215
55	40	563	4,46	0,26	0,1485
65	50	563	5,27	0,30	0,1755
70	60	562	5,67	0,33	0,1890
80	80	561	6,48	0,37	0,2160
85	100	560	6,89	0,40	0,2295
90	120	560	7,29	0,42	0,2430
91	140	560	7,37	0,42	0,2457
93	160	560	7,53	0,43	0,2511
94	180	558	7,61	0,44	0,2538
94	200	557	7,61	0,44	0,2538
94	250	556	7,61	0,44	0,2538
94	300	555	7,61	0,44	0,2538
94	350	554	7,61	0,44	0,2538
93	400	553	7,53	0,43	0,2511
92	450	551	7,45	0,43	0,2484
91	500	549	7,37	0,42	0,2457
88	600	549	7,13	0,41	0,2376



	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER LABORATORII DE SUELOS CIVILES

GRAFICO ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LOCALIZACIÓN :	Belen de Umbria limites con villa la paz Estudios para diseño y modulacion hidraulica de canal de aguas lluvias
APIQUE No. :	2
MUESTRA No. :	Arcilla de alta plasticidad
PROFUNDIDAD :	2 metros



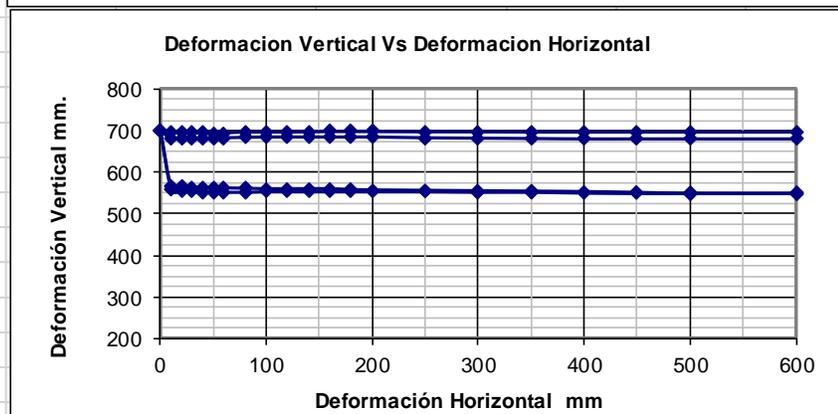
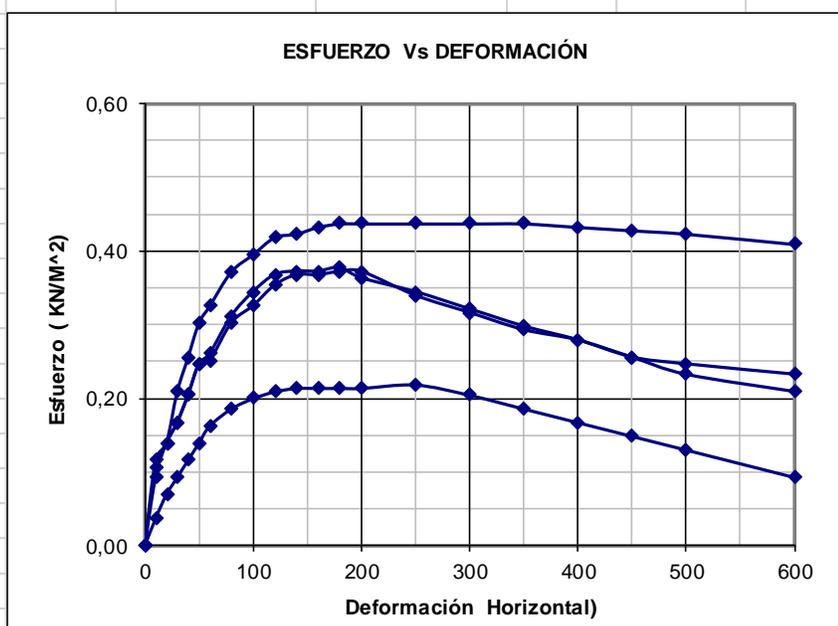
Cohesión (C) :	0,24 Kg/cm ²
Angulo de fricción (ϕ):	7,13°
Peso Unitario Humedo(γ):	1528 Kg/m ³
Condición del ensayo	CD
Peso Unitario Seco	1208 Kg/m ³
Humedad del ensayo	26,44%



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
LABORATORII DE SUELOS CIVILES

GRAFICO ENSAYO DE CORTE DIRECTO

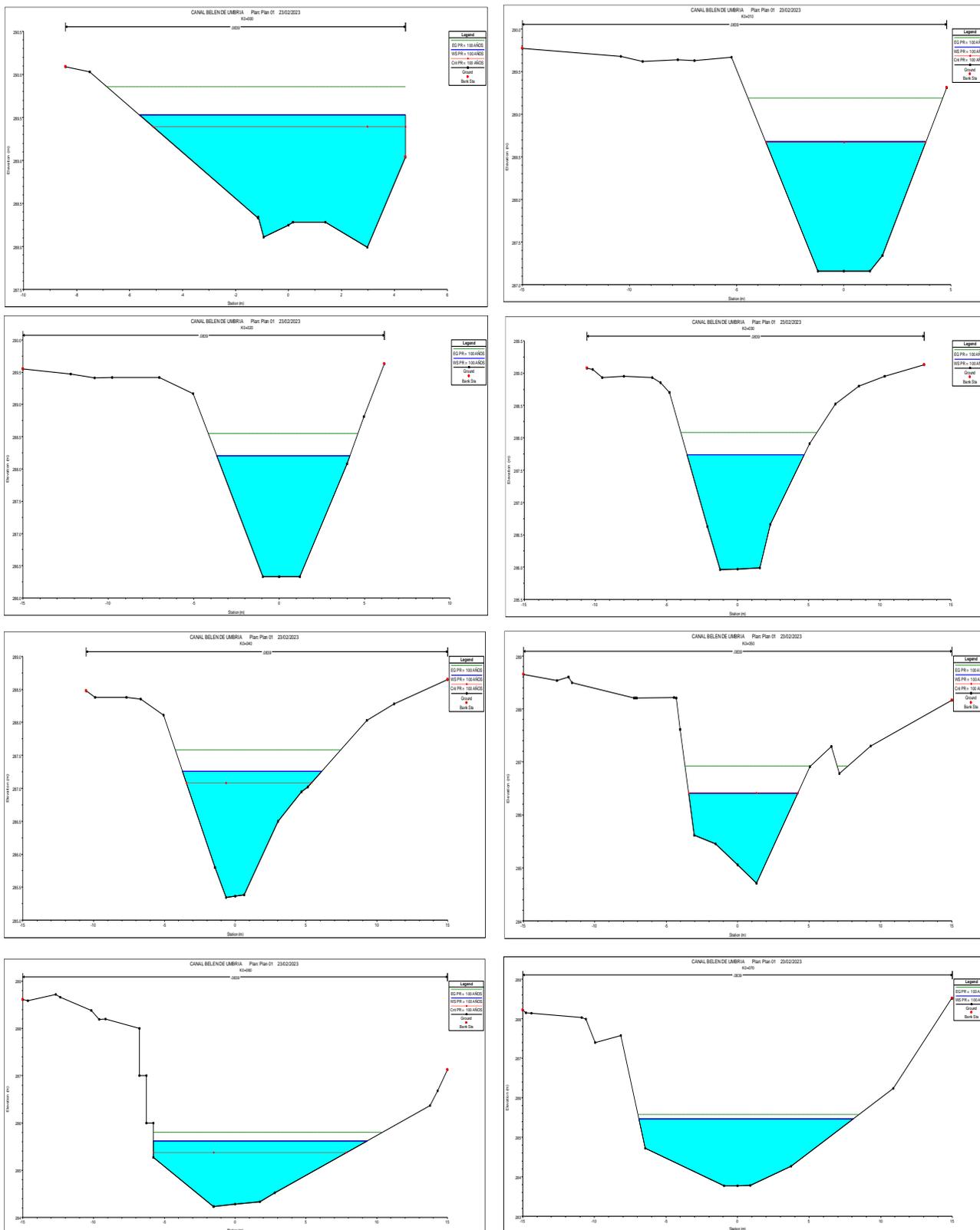
LOCALIZACIÓN :	Belen de Umbria limites con villa la paz Estudios para diseño y modulación hidraulica de canal de aguas lluvias
APIQUE No. :	2
MUESTRA No. :	Arcilla de alta plasticidad
PROFUNDIDAD :	2 metros

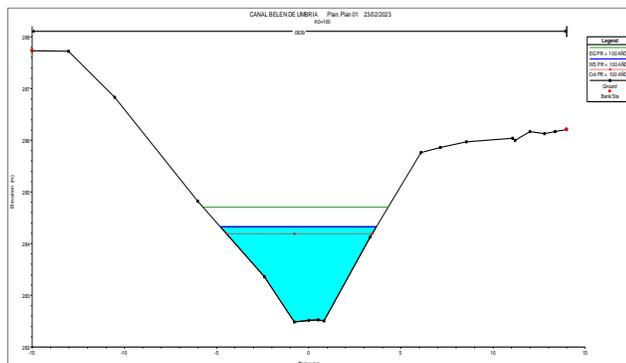
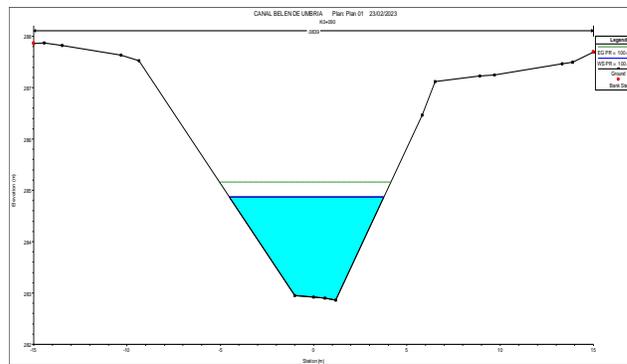
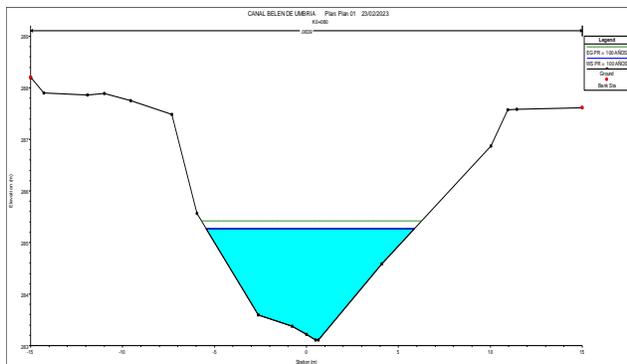


Anexo 3. Evidencia fotográfica: Preparación muestra para límites de consistencia.

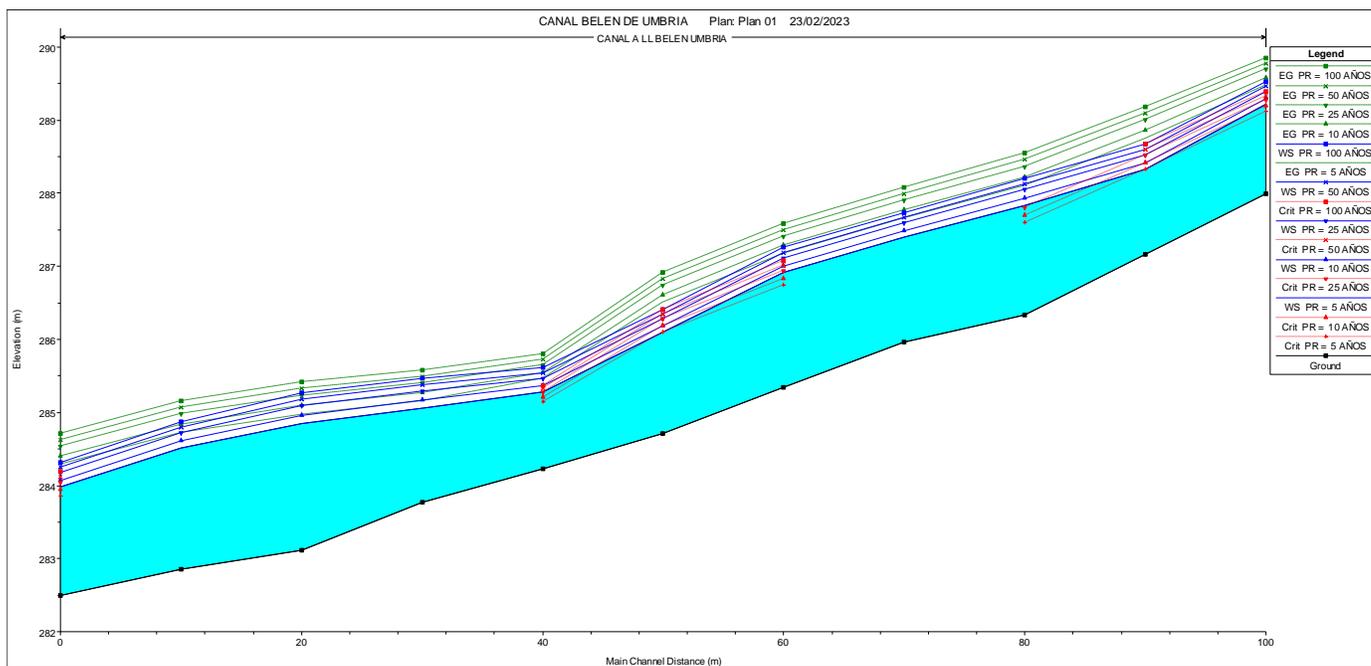
Anexo 4. Ensayo de corte directo.

Anexo 5. Secciones transversales del terreno natural

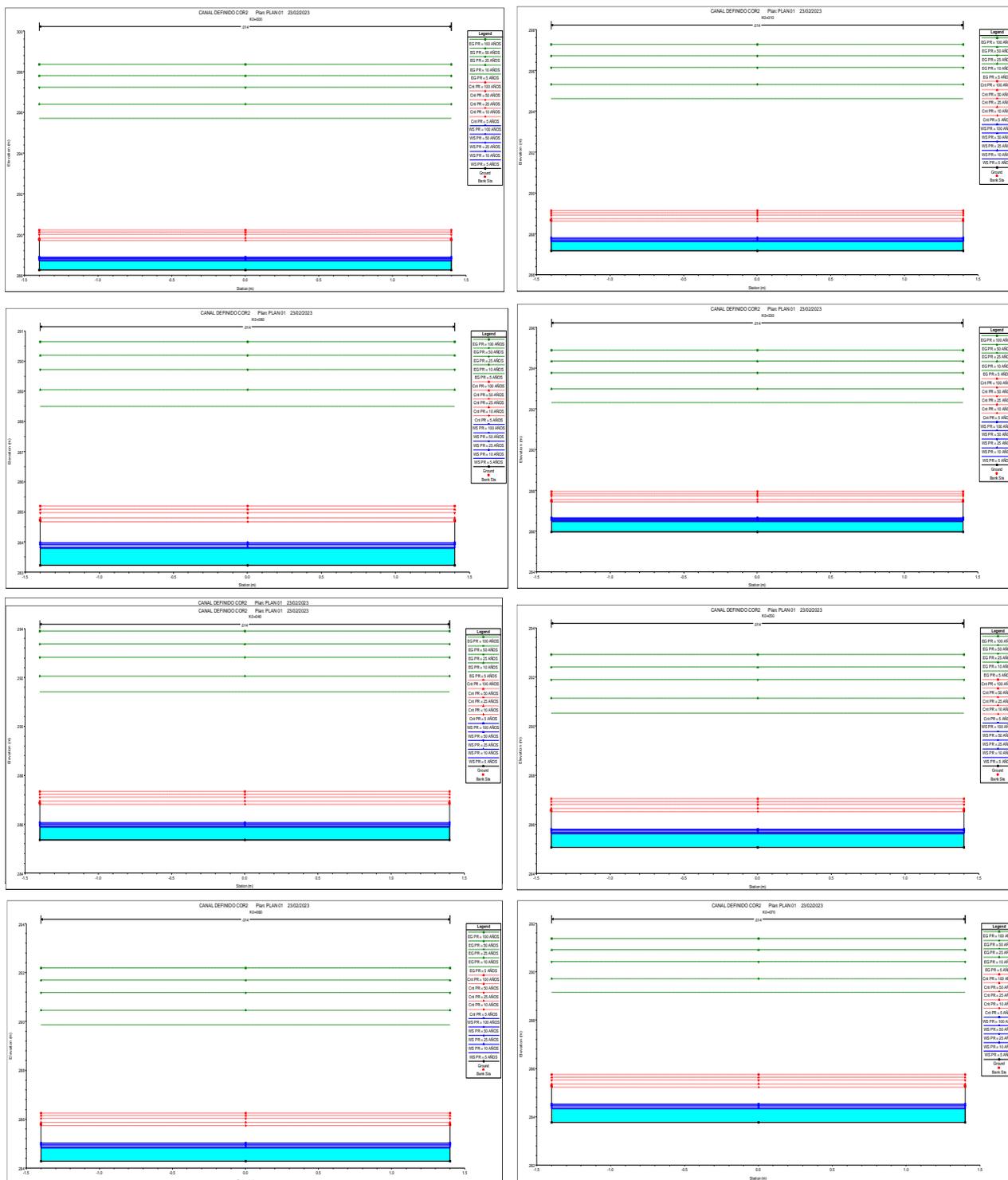


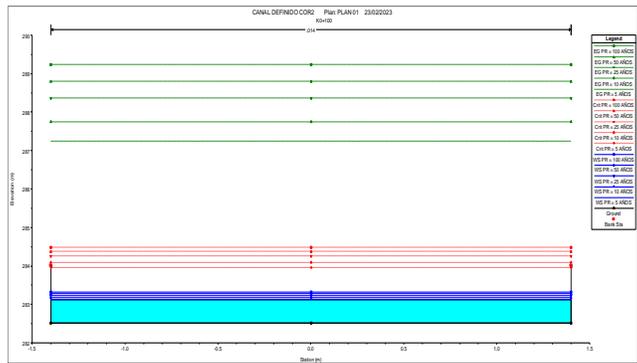
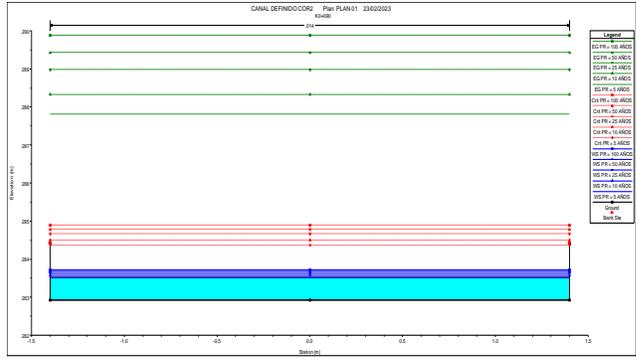
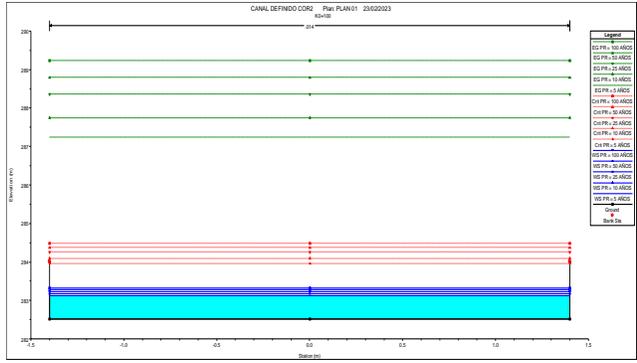


Anexo 6. Perfil longitudinal del terreno natural

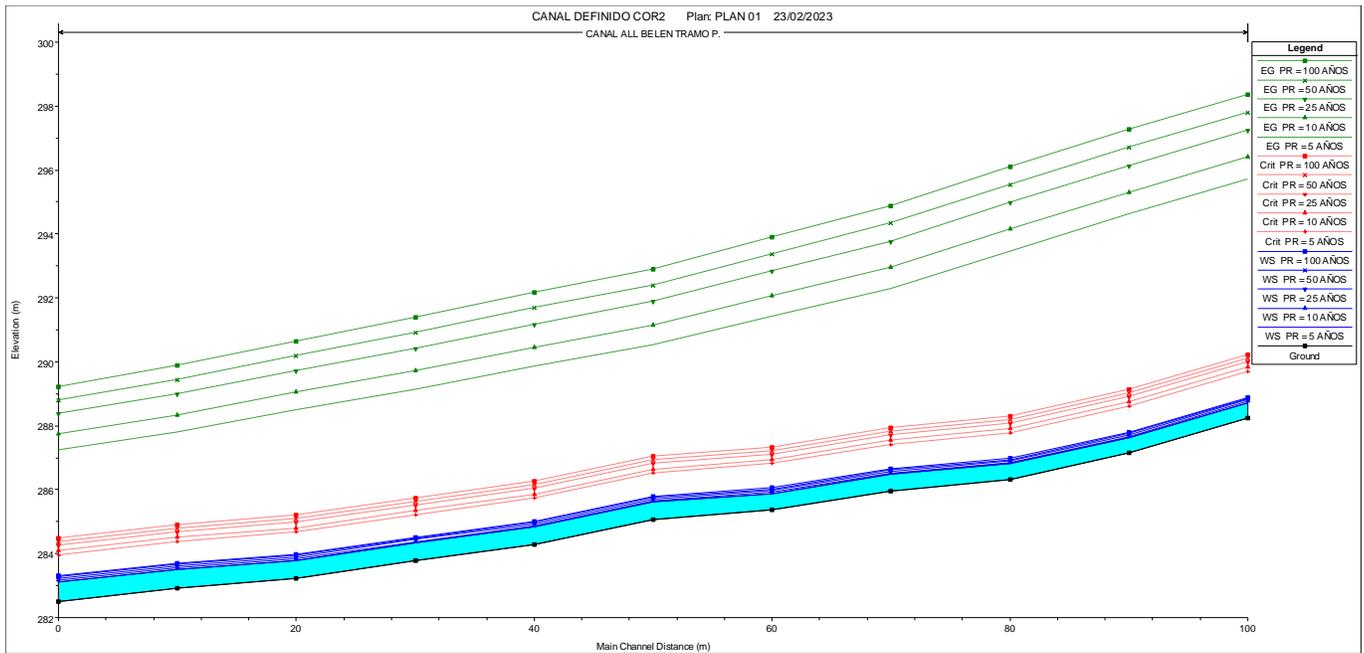


Anexo 7. Secciones transversales del canal revestido





Anexo 8. Perfil longitudinal del canal revestido



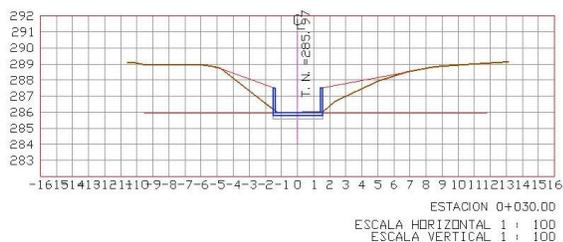
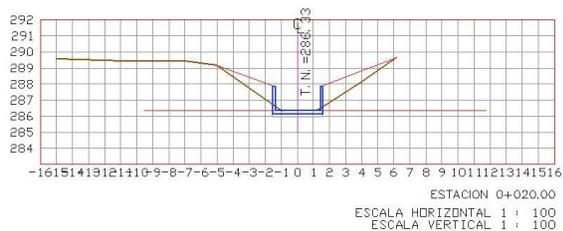
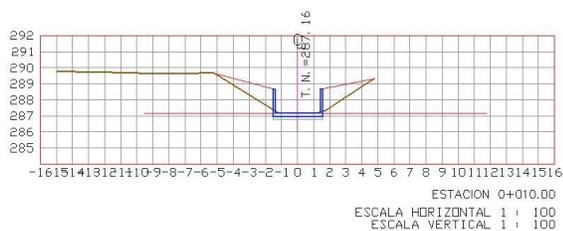
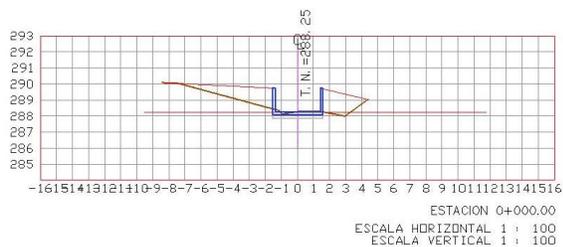
Anexo 9. Parámetros hidráulicos del canal revestido

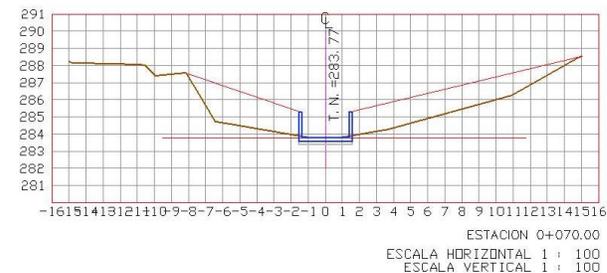
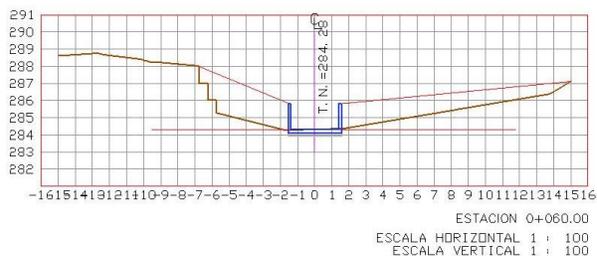
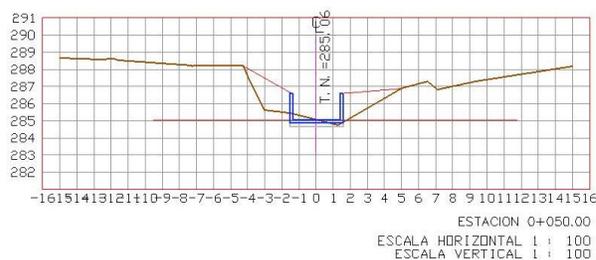
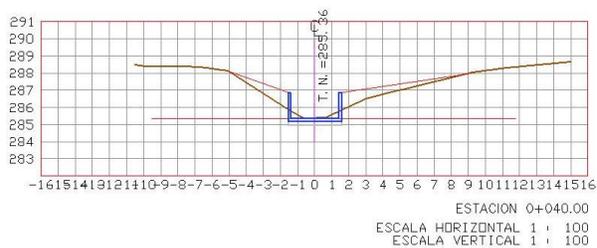
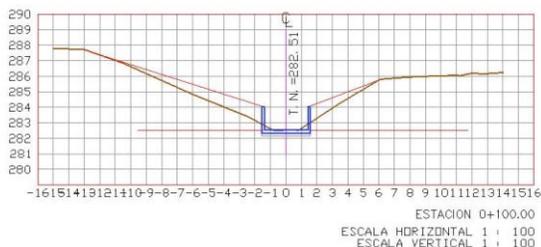
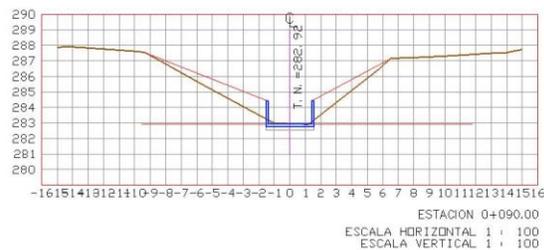
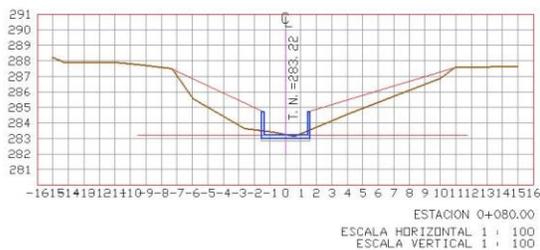
Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
TRAMO P.	1100	PR = 5 AÑOS	15.28	288.25	288.72	289.70	295.70	0.109062	11.71	1.31	2.80	5.47
TRAMO P.	1100	PR = 10 AÑOS	17.48	288.25	288.76	289.83	296.39	0.109048	12.24	1.43	2.80	5.47
TRAMO P.	1100	PR = 25 AÑOS	20.31	288.25	288.81	290.00	297.23	0.109042	12.85	1.58	2.80	5.46
TRAMO P.	1100	PR = 50 AÑOS	22.36	288.25	288.85	290.11	297.80	0.109042	13.25	1.69	2.80	5.45
TRAMO P.	1100	PR = 100 AÑOS	24.41	288.25	288.89	290.22	298.35	0.109033	13.63	1.79	2.80	5.44
TRAMO P.	1000	PR = 5 AÑOS	15.28	287.16	287.63	288.61	294.61	0.109062	11.71	1.31	2.80	5.47
TRAMO P.	1000	PR = 10 AÑOS	17.48	287.16	287.67	288.74	295.30	0.109036	12.24	1.43	2.80	5.47
TRAMO P.	1000	PR = 25 AÑOS	20.31	287.16	287.72	288.91	296.14	0.108978	12.85	1.58	2.80	5.46
TRAMO P.	1000	PR = 50 AÑOS	22.36	287.16	287.76	289.02	296.71	0.109042	13.25	1.69	2.80	5.45
TRAMO P.	1000	PR = 100 AÑOS	24.41	287.16	287.80	289.13	297.26	0.109033	13.63	1.79	2.80	5.44
TRAMO P.	900	PR = 5 AÑOS	15.28	286.33	286.81	287.78	293.46	0.101369	11.43	1.34	2.80	5.28
TRAMO P.	900	PR = 10 AÑOS	17.48	286.33	286.85	287.91	294.15	0.101955	11.97	1.46	2.80	5.29
TRAMO P.	900	PR = 25 AÑOS	20.31	286.33	286.91	288.08	294.98	0.102486	12.58	1.61	2.80	5.29
TRAMO P.	900	PR = 50 AÑOS	22.36	286.33	286.94	288.19	295.55	0.102931	13.00	1.72	2.80	5.29
TRAMO P.	900	PR = 100 AÑOS	24.41	286.33	286.98	288.30	296.09	0.103246	13.37	1.83	2.80	5.29
TRAMO P.	800	PR = 5 AÑOS	15.28	285.97	286.48	287.42	292.29	0.082884	10.68	1.43	2.80	4.77
TRAMO P.	800	PR = 10 AÑOS	17.48	285.97	286.53	287.55	292.96	0.084699	11.24	1.56	2.80	4.81
TRAMO P.	800	PR = 25 AÑOS	20.31	285.97	286.58	287.72	293.77	0.086554	11.88	1.71	2.80	4.85
TRAMO P.	800	PR = 50 AÑOS	22.36	285.97	286.62	287.83	294.33	0.087765	12.31	1.82	2.80	4.88
TRAMO P.	800	PR = 100 AÑOS	24.41	285.97	286.66	287.94	294.87	0.088773	12.70	1.92	2.80	4.89
TRAMO P.	700	PR = 5 AÑOS	15.28	285.36	285.88	286.81	291.41	0.076875	10.41	1.47	2.80	4.59

TRAMO P.	700	PR = 10 AÑOS	17.48	285.36	285.93	286.94	292.05	0.078673	10.96	1.59	2.80	4.64
TRAMO P.	700	PR = 25 AÑOS	20.31	285.36	285.99	287.11	292.83	0.080596	11.60	1.75	2.80	4.68
TRAMO P.	700	PR = 50 AÑOS	22.36	285.36	286.02	287.22	293.38	0.081859	12.01	1.86	2.80	4.70
TRAMO P.	700	PR = 100 AÑOS	24.41	285.36	286.06	287.33	293.90	0.082947	12.40	1.97	2.80	4.72
TRAMO P.	600	PR = 5 AÑOS	15.28	285.06	285.62	286.51	290.52	0.064401	9.81	1.56	2.80	4.20
TRAMO P.	600	PR = 10 AÑOS	17.48	285.06	285.66	286.64	291.14	0.066712	10.37	1.69	2.80	4.26
TRAMO P.	600	PR = 25 AÑOS	20.31	285.06	285.72	286.81	291.88	0.069127	11.00	1.85	2.80	4.32
TRAMO P.	600	PR = 50 AÑOS	22.36	285.06	285.76	286.92	292.41	0.070713	11.42	1.96	2.80	4.36
TRAMO P.	600	PR = 100 AÑOS	24.41	285.06	285.80	287.03	292.91	0.072122	11.81	2.07	2.80	4.39
TRAMO P.	500	PR = 5 AÑOS	15.28	284.28	284.83	285.73	289.85	0.066728	9.93	1.54	2.80	4.27
TRAMO P.	500	PR = 10 AÑOS	17.48	284.28	284.88	285.86	290.45	0.068484	10.46	1.67	2.80	4.32
TRAMO P.	500	PR = 25 AÑOS	20.31	284.28	284.94	286.03	291.18	0.070413	11.07	1.83	2.80	4.37
TRAMO P.	500	PR = 50 AÑOS	22.36	284.28	284.98	286.14	291.69	0.071712	11.48	1.95	2.80	4.39
TRAMO P.	500	PR = 100 AÑOS	24.41	284.28	285.02	286.25	292.18	0.072895	11.86	2.06	2.80	4.41
TRAMO P.	400	PR = 5 AÑOS	15.28	283.77	284.33	285.22	289.14	0.062561	9.71	1.57	2.80	4.14
TRAMO P.	400	PR = 10 AÑOS	17.48	283.77	284.38	285.35	289.71	0.064194	10.23	1.71	2.80	4.18
TRAMO P.	400	PR = 25 AÑOS	20.31	283.77	284.44	285.52	290.42	0.066093	10.83	1.88	2.80	4.22
TRAMO P.	400	PR = 50 AÑOS	22.36	283.77	284.48	285.63	290.91	0.067343	11.23	1.99	2.80	4.25
TRAMO P.	400	PR = 100 AÑOS	24.41	283.77	284.52	285.74	291.38	0.068498	11.60	2.10	2.80	4.27
TRAMO P.	300	PR = 5 AÑOS	15.28	283.22	283.79	284.67	288.49	0.060552	9.61	1.59	2.80	4.07
TRAMO P.	300	PR = 10 AÑOS	17.48	283.22	283.84	284.80	289.04	0.061940	10.11	1.73	2.80	4.10
TRAMO P.	300	PR = 25 AÑOS	20.31	283.22	283.90	284.97	289.72	0.063597	10.69	1.90	2.80	4.14
TRAMO P.	300	PR = 50 AÑOS	22.36	283.22	283.94	285.08	290.19	0.064718	11.08	2.02	2.80	4.16

		AÑOS										
TRAMO P.	300	PR = 100 AÑOS	24.41	283.22	283.98	285.19	290.65	0.065765	11.44	2.13	2.80	4.18
TRAMO P.	200	PR = 5 AÑOS	15.28	282.92	283.51	284.37	287.80	0.052880	9.17	1.67	2.80	3.80
TRAMO P.	200	PR = 10 AÑOS	17.48	282.92	283.57	284.50	288.33	0.054442	9.67	1.81	2.80	3.84
TRAMO P.	200	PR = 25 AÑOS	20.31	282.92	283.63	284.67	288.98	0.056344	10.25	1.98	2.80	3.89
TRAMO P.	200	PR = 50 AÑOS	22.36	282.92	283.67	284.78	289.44	0.057615	10.64	2.10	2.80	3.92
TRAMO P.	200	PR = 100 AÑOS	24.41	282.92	283.71	284.89	289.88	0.058792	11.00	2.22	2.80	3.94
TRAMO P.	100	PR = 5 AÑOS	15.28	282.51	283.12	283.96	287.24	0.049916	9.00	1.70	2.80	3.69
TRAMO P.	100	PR = 10 AÑOS	17.48	282.51	283.17	284.09	287.74	0.051331	9.48	1.84	2.80	3.73
TRAMO P.	100	PR = 25 AÑOS	20.31	282.51	283.23	284.26	288.37	0.053079	10.04	2.02	2.80	3.77
TRAMO P.	100	PR = 50 AÑOS	22.36	282.51	283.28	284.37	288.80	0.054264	10.42	2.15	2.80	3.80
TRAMO P.	100	PR = 100 AÑOS	24.41	282.51	283.32	284.48	289.23	0.055368	10.77	2.27	2.80	3.82

Anexo 10. Superposición de las secciones transversales definidas en las secciones naturales.





Anexo 11. Cantidad de obra

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	DIMENSIONES				CANTIDAD
			Largo (m)	Ancho (m) Promedio	Area (m2)	Altura (h)	
1	PRELIMINARES, ESTRUCTURA						
1.1.	LOCALIZACION Y REPLANTEO	M2	100.00	10.00	1000.00	-	1000.00
2	MOVIMIENTO DE TIERRAS.						
2.1.	EXCAVACION MANUAL DE MATERIAL COMÚN	M3	100.00		0.65		64.55
2.2.	RELLENO CON MATERIAL SELECCIONADO	M3	100.00		10.89		1306.36
3	CIMENTACIÓN						
3.1.	CONCRETO CICLOPEDO (CONCRETO 21 MPA (60%) Y PIEDRA (40%))	M3	100.00	3.10		0.20	62.00
4	ESTRUCTURA						
4.1.	CONCRETO PARA LA BASE DEL CANAL	M3	100.00	3.10		0.20	62.00
4.2.	CONCRETO PARA LOS MUROS DEL CANAL	M3	100.00	0.15		1.50	45.00
5	ASEO Y LIMPIEZA GENERAL						
5.1.	ASEO GENERAL	M2	100.00	20.00			2000.00

Anexo 12. Listado de equipos, materiales y Jornales

EQUIPO	ALQUILER POR HORA	ALQUILER POR DIA
Equipo de topografía	\$ 15.193.75	\$ 121.550.00
Vibrocompactador (Rana) 8HP	\$ 7.500.00	\$ 60.000.00
Mezcladora 1,5 bultos	\$ 8.750.00	\$ 70.000.00

ITEM	MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO
1	Tabla pegachento 2x20x300	UND	100.00	\$ 26.900.00
2	Puntilla 1* 500 gr	Caja	10.00	\$ 10.000.00
3	Vara comun 4m	UND	36.00	\$ 40.000.00
4	Agua	Lts	27.398.00	\$ 10.00
5	Arena de relleno	M3	1.371.68	\$ 80.000.00
6	Acero Refuerzo	KG	13.384.21	\$ 4.476.86
7	Alambre Negro	KG	803.05	\$ 11.900.00
8	Cemento	KG	60.564.00	\$ 670.00
9	Arena lavada	M3	96.61	\$ 70.000.00
10	Triturado	M3	96.61	\$ 80.000.00
11	Concreto 1:2:3	M3	144.20	\$ 634.093.00
12	Piedra rajoneada	M3	24.80	\$ 100.000.00
13	Sika 1	KG	1.153.60	\$ 21.950.00
14	Cinta estructural	ML	210.00	\$ 33.745.00

JORNALES / CARGO	SALARIO BASICO DIARIO CON PRESTACIONES	SALARIO BASICO HORARIO CON PRESTACIONES
Ayudante de construccion	\$ 69.522.64	\$ 8.690.33
Oficial de construcción	\$ 104.330.00	\$ 13.041.25
Ayudante de especialidad	\$ 86.902.78	\$ 10.862.85
Topógrafo auxiliar	\$ 191.727.00	\$ 23.965.88
Cadenero 1	\$ 150.058.33	\$ 18.757.29
Cadenero 2	\$ 122.342.88	\$ 15.292.86

Anexo 13. Análisis de precio unitarios

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS PARA EL PRESUPUESTO DEL CANAL DE AGUAS LLUVIAS EN UNA LONGITUD DE 100 METROS LOCALIZADO EN EL LIMITE DE LOS BARRIOS BELÉN DE UMBRÍA Y VILLA LA PAZ DEL MUNICIPIO DE SAN JOSÉ CÚCUTA, DPTO. NORTE DE SANTANDER						
FECHA :	FEBRERO DEL 2023		CANTIDAD:	1000.00		
ITEM:	Localización y Replanteo		UNIDAD:	M2		
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa	Rendimiento	Valor-Unit.	
HERRAMIENTA MENOR (5% M DE O.)					\$ 112.47	
Equipo de topografía		dM	\$ 121.550.00	0.004	\$ 486.20	
					Sub-Total	\$ 598.67
II. MATERIALES EN OBRA						
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
Tabla pegachento 2x20x300		UND	\$ 26.900.00	0.10	\$ 2.690.00	
Puntilla 1" 500 gr		Caja	\$ 10.000.00	0.01	\$ 100.00	
Vara comun 4m		UND	\$ 40.000.00	0.04	\$ 1.440.00	
					Sub-Total	\$ 4.230.00
III. TRANSPORTES						
Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
					Sub-Total	\$ 0.00
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador		Jornal con prestaciones	Rendimiento	Valor-Unit.		
Topógrafo auxiliar (dH)		\$ 191.727.00	0.002	\$ 383.45		
Cadenero 1 (dH)		\$ 150.058.33	0.002	\$ 300.12		
Cadenero 2 (dH)		\$ 122.342.88	0.002	\$ 244.69		
Ayudante de especialidad (dH)		\$ 86.902.78	0.004	\$ 347.61		
Oficial de construcción (dH)		\$ 104.330.00	0.004	\$ 417.32		
Ayudante de construcción (dH)		\$ 69.522.64	0.008	\$ 556.18		
					Sub-Total	\$ 2.249.37
					Total Costo Directo	\$ 7.078.04
					Precio unitario total aproximado al peso	\$ 7.078.04

FECHA :	FEBRERO DEL 2023		CANTIDAD:	64.55		
ITEM:	Excavación Manual de material común		UNIDAD:	M3		
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
HERRAMIENTA MENOR (5% M. DE O.)					\$ 2.172.58	
					Sub-Total	\$ 2.172.58
II. MATERIALES EN OBRA						
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
					Sub-Total	\$ 0.00
III. TRANSPORTES						
Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.	
					Sub-Total	\$ 0.00
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador		Jornal con prestaciones	Rendimiento	Valor-Unit.		
Ayudante de construcción (hH)		\$ 8.690.33	5	\$ 43.451.65		
					Sub-Total	\$ 43.451.65
					Total Costo Directo	\$ 45.624.23
					Precio unitario total aproximado al peso	\$ 45.624.23

FECHA :	FEBRERO DEL 2023	CANTIDAD:	1306.36			
ITEM:	Relleno con material seleccionado	UNIDAD:	M3			
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa	Rendimiento	Valor-Unit.	
HERRAMIENTA MENOR (5% M. DE O.)					\$ 1.738.07	
Vibrocompactador (Rana) 8HP		dM	\$ 60.000.00	0.050	\$ 3.000.00	
Sub-Total					\$ 4.738.07	
II. MATERIALES EN OBRA						
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
Agua		Lts	\$ 10.00	30.00	\$ 300.00	
Arena		M3	\$ 80.000.00	1.05	\$ 84.000.00	
Sub-Total					\$ 84.300.00	
III. TRANSPORTES						
Material		Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.
Sub-Total					\$ 0.00	
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador			Jornal con prestaciones	Rendimiento	Valor-Unit.	
Ayudante de construcción (hH)			\$ 8.690.33	4.000	\$ 34.761.32	
Sub-Total					\$ 34.761.32	
Total Costo Directo					\$ 123.799.39	
Precio unitario total aproximado al peso					\$ 123.799.39	

FECHA :	FEBRERO DEL 2023	CANTIDAD:	64.55			
ITEM:	Retiro de Sobrantes	UNIDAD:	M3			
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa	Rendimiento	Valor-Unit.	
HERRAMIENTA MENOR (5% M. DE O.)					\$ 869.03	
Sub-Total					\$ 869.03	
II. MATERIALES EN OBRA						
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
Sub-Total					\$ 0.00	
III. TRANSPORTES						
Material		Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.
Volqueta de 6 M3				6.0	300.000.00	\$ 50.000.00
Sub-Total					\$ 50.000.00	
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador			Jornal con prestaciones	Rendimiento	Valor-Unit.	
Ayudante de construcción (hH)			\$ 8.690.33	0.500	\$ 17.380.66	
Sub-Total					\$ 17.380.66	
Total Costo Directo					\$ 68.249.69	
Precio unitario total aproximado al peso					\$ 68.249.69	

FECHA : FEBRERO DEL 2023					
ITEM:	Concreto 28MPa mezclado en obra			UNIDAD:	M3
I. EQUIPO					
Descripción		Tipo	Tarifa	Rendimiento	Valor-Unit.
HERRAMIENTA MENOR (5% M. DE O.)					\$ 2.390.13
MEZCLADORA 1,5 BULTOS		DM	\$ 70.000.00	0.350	\$ 24.500.00
				Sub-Total	\$ 26.890.13
II. MATERIALES EN OBRA					
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.
CEMENTO GRIS		KG	\$ 670.00	420.00	\$ 281.400.00
ARENA DE RIO		M3	\$ 70.000.00	0.67	\$ 46.900.00
AGUA		Lts	\$ 10.00	190.00	\$ 1.900.00
TRITURADO		M3	\$ 80.000.00	0.67	\$ 53.600.00
Sika 1		KG	\$ 21.950.00	8.00	\$ 175.600.00
				Sub-Total	\$ 559.400.00
III. MANO DE OBRA					
Trabajador		Jornal con prestaciones		Rendimiento	Valor-Unit.
Ayudante de construcción (HH)		\$ 8.690.33		4.00	\$ 34.761.32
Oficial de construcción (HH)		\$ 13.041.25		1.000	\$ 13.041.25
				Sub-Total	\$ 47.802.57
				Total Costo Directo	\$ 634.092.70
				Precio unitario total aproximado al peso	\$ 634.093.00

FECHA :		FEBRERO DEL 2023		CANTIDAD:	13.384.21
ITEM:	Acero de Refuerzo No.4			UNIDAD:	KG
I. EQUIPO					
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.
HERRAMIENTA MENOR (5% M. DE O.)					\$ 76.48
				Sub-Total	\$ 76.48
II. MATERIALES EN OBRA					
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.
Acero Refuerzo		KG	\$ 4.476.86	1.05	\$ 4.700.70
Alambre Negro		kg	\$ 11.900.00	0.060	\$ 714.00
desperdicio			10%		\$ 541.47
				Sub-Total	\$ 5.956.17
III. TRANSPORTES					
Material		Vol. Peso ó Cant.	UND	Tarifa	Valor-Unit.
				Sub-Total	\$ 0.00
IV. MANO DE OBRA					
Trabajador		Jornal con prestaciones		Rendimiento	Valor-Unit.
Ayudante de construcción (dH)		\$ 69.522.64		0.016	\$ 1.112.36
Oficial de construcción (dH)		\$ 104.330.00		0.004	\$ 417.32
				Sub-Total	\$ 1.529.68
				Total Costo Directo	\$ 7.562.34
				Precio unitario total aproximado al peso	\$ 7.562.34

FECHA :	FEBRERO DEL 2023	CANTIDAD:	107.00			
ITEM:	Concreto de 28 MPa (Muros y piso del canal)	UNIDAD:	M3			
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
HERRAMIENTA MENOR (5% M. DE O.)					\$ 5.866.84	
Encofrado metálico y accesorios		M2	\$ 21.914.00	4.00	\$ 87.656.00	
				Sub-Total	\$ 93.522.84	
II. MATERIALES EN OBRA						
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
Concreto 1:2:3		M3	\$ 634.093.00	1.05	\$ 665.797.65	
				Sub-Total	\$ 665.797.65	
III. TRANSPORTES						
Material		Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.
				Sub-Total	\$ 0.00	
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador			Jornal con prestaciones	Rendimiento	Valor-Unit.	
Ayudante de construcción (hH)			\$ 8.690.33	9.00	\$ 78.212.97	
Oficial de construcción (hH)			\$ 13.041.25	3.00	\$ 39.123.75	
				Sub-Total	\$ 117.336.72	
Total Costo Directo					\$ 876.657.21	
Precio unitario total aproximado al peso					\$ 876.657.21	

FECHA :	FEBRERO DEL 2023	CANTIDAD:	62.00			
ITEM:	Concreto ciclopedo (Concreto 28 MPa (60%) Y Piedra (40%))	UNIDAD:	M3			
I. EQUIPO						
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora	Rendimiento	Valor-Unit.	
HERRAMIENTA MENOR (5% M. DE O.)					\$ 1.521.10	
Tabla 0,025x0,25x3		UND	\$ 15000.00	3.2	\$ 48.000.00	
				Sub-Total	\$ 49.521.10	
II. MATERIALES EN OBRA						
Descripción		Unidad	Precio-Unit.	Cantidad	Valor-Unit.	
Concreto 1:2:3		M3	\$ 634093.00	0.60	\$ 380.455.80	
Piedra rajoneada		M3	\$ 100000.00	0.40	\$ 40.000.00	
				Sub-Total	\$ 420.455.80	
III. TRANSPORTES						
Material		Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km	Tarifa	Valor-Unit.
				Sub-Total	\$ 0.00	
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador			Jornal con prestaciones	Rendimiento	Valor-Unit.	
Ayudante de construcción (hH)			\$ 8690.330.00	2	\$ 17.380.66	
Oficial de construcción (hH)			\$ 13041.250.00	1	\$ 13.041.25	
				Sub-Total	\$ 30.421.91	
Total Costo Directo					\$ 500.398.81	
Precio unitario total aproximado al peso					\$ 500.398.81	

FECHA :	FEBRERO DEL 2023	CANTIDAD:	200.00
ITEM:	Cinta estructural	UNIDAD:	ML
I. EQUIPO			
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora
HERRAMIENTA MENOR (5% M. DE O.)			
			Valor-Unit.
			\$ 43.45
			Sub-Total
			\$ 43.45
II. MATERIALES EN OBRA			
Descripción		Unidad	Precio-Unit.
Cinta estructural		ML	\$ 33.745.00
			Cantidad
			1.05
			Valor-Unit.
			\$ 35.432.25
			Sub-Total
			\$ 35.432.25
III. TRANSPORTES			
Material	Vol. Peso ó Cant.	Distancia	M3-Km
			Tarifa
			Valor-Unit.
			Sub-Total
			\$ 0.00
IV. MANO DE OBRA			
Trabajador		Jornal con prestaciones	Rendimiento
Ayudante de construcción (HH)		\$ 8.690.33	0.10
			Valor-Unit.
			\$ 869.03
			Sub-Total
			\$ 869.03
			Total Costo Directo
			\$ 36.344.73
			Precio unitario total aproximado al peso
			\$ 36.344.73

FECHA :	FEBRERO DEL 2023	CANTIDAD:	2000.00
ITEM:	Aseo general	UNIDAD:	M2
I. EQUIPO			
Descripción		Tipo	Tarifa/Hora
HERRAMIENTA MENOR (5% M. DE O.)			
			Valor-Unit.
			\$ 69.52
			Sub-Total
			\$ 69.52
II. MATERIALES EN OBRA			
Descripción		Unidad	Precio-Unit.
			Cantidad
			Valor-Unit.
			Sub-Total
			\$ 0.00
III. TRANSPORTES			
Material	und	M3-Km	Tarifa
			Valor-Unit.
			Sub-Total
			\$ 0.00
IV. MANO DE OBRA			
Trabajador		Jornal con prestaciones	Rendimiento
Ayudante de construcción (HH)		\$ 8.690	0.16
			Valor-Unit.
			\$ 1.390.45
			Sub-Total
			\$ 1.390.45
			Total Costo Directo
			\$ 1.459.98
			Precio unitario total aproximado al peso
			\$ 1.459.98