



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN LAS ÁREAS SUSCEPTIBLES A
INUNDACIONES DE LA RIBERA DEL RÍO LA QUEBRADA DE LAS CASAS,
MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

Carlos Leonel Lickez

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, septiembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN LAS ÁREAS SUSCEPTIBLES A
INUNDACIONES DE LA RIBERA DEL RÍO LA QUEBRADA DE LAS CASAS,
MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CARLOS LEONEL LICKEZ
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN LAS ÁREAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES DE LA RIBERA DEL RÍO LA QUEBRADA DE LAS CASAS, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha noviembre de 2010.



Carlos Leonel Licke



Guatemala, 12 de enero de 2012
Ref.EPS.DOC.30.01.12

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como asesor-supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Carlos Leonel Lickez** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **1999-19502**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN LAS ÁREAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES DE LA RIBERA DEL RIO LA QUEBRADA DE LAS CASAS, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA”**.

En tal virtud **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
JMC/ra



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



Guatemala,
25 de enero de 2012

Ingeniero
Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos


Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN LAS ÁREAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES DE LA RIBERA DEL RÍO LA QUEBRADA DE LAS CASAS, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Carlos Leonel Lickez, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la comunidad del área y habiendo cumplido con los objetivos del referido trabajo doy mi aprobación al mismo solicitando darle el trámite respectivo.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



Guatemala, 06 de febrero de 2012
Ref.EPS.D.104.02.12

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente


Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN LAS ÁREAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES DE LA RIBERA DEL RÍO LA QUEBRADA DE LAS CASAS, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Carlos Leonel Lickez**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor - Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
www.ingenieria-usac.edu.gt



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De de León, al trabajo de graduación del estudiante Carlos Leonel Lickez, titulado **DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN LAS ÁREAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES DE LA RIBERA DEL RÍO LA QUEBRADA DE LAS CASAS, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, septiembre 2012

/bbdeb.



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN LAS ÁREAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES DE LA RIBERA DEL RÍO LA QUEBRADA DE LAS CASAS, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA**, presentado por el estudiante universitario **Carlos Leonel Líokez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 27 de septiembre de 2012

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	El matemático universal, por ayudarme a solucionar la ecuación de mi vida.
Mi abuelo	Don Frido Lickez (q.e.p.d.) por los valores que rigieron tu vida y trasladaste a nosotros, tus nietos.
Mi madre Sonia	Por dedicarme sus mejores años y ayudarme al cumplimiento de mis sueños.
Mis primos	Como muestra de cariño, agradecimiento y respeto.
Facultad de Ingeniería	Por formarme como profesional.
Universidad de San Carlos de Guatemala	

AGRADECIMIENTOS A:

**Mancomunidad de
Nororiente**

A su gerente el señor Álvaro Olavarrueth por su desinteresada colaboración para el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) dentro de la mancomunidad del área nororiente del país.

**Municipalidad de
Estanzuela**

Por la colaboración del personal para el desarrollo de este trabajo de graduación.

Ing. Juan Merck

Por la valiosa y acertada asesoría que me brindo en todo momento.

A mis amigos

Luis Andrade, Robín López, Gustavo Reyes, Giovanni Suchini, Lenin Hernández, Alejandro Valle, Alejandro Dávila, Juan Orosco, Carlos Castillo, Jeffren Peñate, Nery Rodríguez, Luis Álvarez, Edgar Clara por el esfuerzo compartido.

**Sres. Manuel Castillo
y Roberto Paz**

Por la amistad y el impulso.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Diagnóstico de riesgo del municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Indicadores	2
1.3.1. Población	3
1.3.2. Economía.....	3
1.3.3. Educación.....	4
1.3.4. Localización geográfica	4
1.3.5. Hidrografía	5
1.3.6. Descripción climática del municipio	6
1.4. Factores medioambientales que contribuyen a la degradación de la microcuenca	6
1.4.1. Cobertura forestal de la microcuenca	6
1.4.2. Cobertura agrícola	7
1.4.3. Erosión de las riberas	7
1.4.4. Desechos sólidos.....	7
1.4.5. Aguas servidas	7
1.5. Gestión del riesgo de crecida	8

1.5.1.	Elementos de la gestión integrada de crecidas	9
1.6.	Componentes básicos de riesgo	10
1.6.1.	Amenaza	10
1.6.1.1.	Amenaza identificada	10
1.6.2.	Vulnerabilidad.....	11
1.6.2.1.	Vulnerabilidad identificada.....	11
1.6.2.2.	Vulnerabilidad física.....	12
1.6.2.3.	Vulnerabilidad económica.....	12
1.6.2.4.	Vulnerabilidad social.....	13
1.6.2.5.	Vulnerabilidad política.....	13
1.6.2.6.	Vulnerabilidad técnica.....	14
1.7.	Riesgo	15
1.7.1.	Riesgo identificado	15
1.7.2.	Riesgo económico	15
1.8.	Ciclo del desastre	15
1.8.1.	Antes del desastre	16
1.8.2.	Durante el desastre	16
1.8.3.	Después del desastre	16
1.9.	Prevención del desastre	16
1.9.1.	Causas naturales del fenómeno	17
1.9.2.	Causas por la acción del hombre	17
1.9.3.	Técnicas propuestas para la mitigación de los efectos de inundaciones en el río La Quebrada de las Casas.....	17
1.10.	Mapas de amenaza y descripción de las áreas susceptibles a inundaciones	18
1.10.1.	Mapa de vulnerabilidad.....	18
1.10.2.	Mapa de ubicación de áreas en riesgo	20
1.10.3.	Puente entrada secundaria.....	21

1.10.4.	Puente entrada principal (el túnel)	22
1.10.5.	Puente San Cayetano.....	23
1.10.6.	Puente Tortuga	24
1.10.7.	Puente Los Currumiches	25
1.10.8.	Puente Emanuel	26
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	29
2.1.	Descripción del proyecto	29
2.1.1.	Descripción de las acciones	29
2.2.	Caracterización de la cuenca	30
2.2.1.	Localización	30
2.2.2.	Área de drenaje	31
2.2.3.	Tipo y uso del suelo.....	32
2.2.4.	Curva hipsométrica y determinación de la altitud media.....	32
2.2.5.	Pendiente media de la cuenca.....	33
2.2.6.	Índice de compacidad (K)	36
2.3.	Caracterización del río La Quebrada de las Casas	38
2.3.1.	Longitud.....	38
2.3.2.	Pendiente.....	38
2.3.3.	Velocidad	38
2.3.4.	Morfología del río	39
2.3.4.1.	Edad	39
2.3.4.2.	Geometría y sección transversal	39
2.3.4.3.	Por el material de su ribera y del fondo.....	40
2.3.4.4.	Por su condición de estabilidad	40
2.4.	Hidrología de la cuenca	41
2.4.1.	Tiempo de concentración de la cuenca	41

2.4.2.	Precipitación en la cuenca	42
2.4.3.	Información de esorrentía superficial	44
2.4.4.	Cálculo probabilístico de período de retorno	45
2.4.5.	Determinación de crecidas máximas	46
2.4.6.	Método de estimación de crecidas máximas	46
	2.4.6.1. Método empírico	46
2.4.7.	Caudales máximos de crecidas	47
2.5.	Hidráulica fluvial del río La Quebrada de las Casas	48
2.6.	Ensayo de suelos	52
	2.6.1. Ensayo de compresión triaxial	52
	2.6.2. Análisis de distribución granulométrica.....	53
2.7.	Cálculo de coeficiente de rugosidad de Manning del material de fondo.....	54
2.8.	Arrastre de sólidos sedimentables.....	55
	2.8.1. Transporte de sedimentos en cauces naturales	55
	2.8.2. Características físicas del sedimento	56
	2.8.2.1. Diámetro medio (D_{50}) de la partícula de fondo.....	56
	2.8.2.2. Densidad	56
	2.8.2.3. Peso específico	57
	2.8.2.4. Gravedad específica.....	58
	2.8.2.5. Densidad relativa	58
	2.8.2.6. Peso específico sumergido.....	58
	2.8.2.7. Velocidad crítica para el inicio del movimiento de la partícula de fondo	59
	2.8.2.8. Cálculo del transporte total del lecho o carga de material de fondo (S_b).....	60

	2.8.2.8.1.	Transporte del lecho en el fondo o carga de fondo (S_{bb})	60
2.9.		Obras de mitigación de inundaciones en la ribera del río La Quebrada de las Casas	62
	2.9.1.	Normas y códigos aplicados en el diseño de las obras de mitigación.....	62
	2.9.2.	Flujograma del proyecto	62
	2.9.3.	Geometría de la sección del canal.....	64
	2.9.3.1.	Características hidráulicas y geométricas del canal.....	65
	2.9.4.	Muros de encausamiento	66
	2.9.4.1.	Muro de retención.....	66
	2.9.4.1.1.	Muro de retención de gaviones	67
	2.9.5.	Zampeado.....	67
	2.9.5.1.	Criterio para el diseño de la protección con zampeado.....	68
	2.9.5.2.	Esfuerzos sobre el revestimiento del zampeado.....	69
	2.9.5.3.	Mecanismo de falla en el revestimiento del zampeado.....	69
	2.9.5.4.	Especificaciones para la colocación del zampeado con mortero	70
	2.9.5.5.	Características de la roca	71
	2.9.5.5.1.	Densidad de la roca.....	72
	2.9.5.5.2.	Absorción de agua.....	72
	2.9.5.5.3.	Meteorización	72

	2.9.5.5.4.	Estructuras de discontinuidades.....	72
	2.9.5.5.5.	Forma de los bloques ...	73
	2.9.5.5.6.	Integridad de los bloques.....	73
	2.9.5.5.7.	Tamaño de la piedra.....	73
	2.9.5.5.8.	Gradación	73
	2.9.5.5.9.	Porosidad del zampeado.....	74
	2.9.6.	Filtros de geotextil.....	75
2.10.		Memorias de cálculo de las obras de mitigación de inundaciones en la ribera del río La Quebrada de las Casas ..	76
2.11.		Elaboración de presupuesto	91
	2.11.1.	Factor de prestaciones	91
2.12.		Presupuesto	97
2.13.		Cronograma de ejecución.....	98
CONCLUSIONES			99
RECOMENDACIONES.....			101
BIBLIOGRAFÍA.....			103
ANEXOS			105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Clasificación de la población económicamente activa	3
2.	Mapa hidrográfico del municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa	5
3.	Modelo de gestión integrada de crecidas.....	8
4.	Componentes fundamentales considerados en este análisis de riesgo	10
5.	Mapa de vulnerabilidad	19
6.	Mapa de ubicación de áreas en riesgo.....	21
7.	Puente entrada secundaria, mapa del área vulnerable a inundaciones con datos de crecidas históricas	22
8.	Puente entrada principal, mapa del área vulnerable a inundaciones con datos de crecidas históricas	23
9.	Puente San Cayetano, mapa del área vulnerable a inundaciones con datos de crecidas históricas	24
10.	Puente Tortuga, mapa del área vulnerable a inundaciones con datos de crecidas históricas	25
11.	Puente Los Currumiches, mapa del área vulnerable a inundaciones con datos de crecidas históricas	26
12.	Puente Emanuel, mapa del área vulnerable a inundaciones con datos de crecidas históricas	27
13.	Recorte de mapa cartográfico, escala 1:50 000.....	30
14.	Mapa cartográfico de la cuenca del río La Quebrada de las Casas.....	31
15.	Curva hipsométrica de la cuenca	32

16.	Proyección isométrica de la cuenca del río La Quebrada de las Casas	34
17.	Método de Horton para la determinación de la pendiente media	35
18.	Sección transversal típica del río La Quebrada de las Casas	40
19.	Datos obtenidos por ensayo de distribución granulométrica	53
20.	Flujograma del proyecto.....	63
21.	Elementos geométricos de la sección transversal de un canal	64
22.	Esquema de recubrimiento de canal con zampeado	68
23.	Detalle de muro de gaviones cama número uno.....	84
24.	Detalle de muro de gaviones cama número dos	84
25.	Detalle de muro de gaviones cama número tres.....	85

TABLAS

I.	Resumen de áreas vulnerables.....	20
II.	Altitud media calculada analíticamente	33
III.	Criterio de Horton para determinar la pendiente media de la cuenca	36
IV.	Tiempo de concentración de la cuenca para el brazo número uno del río La Quebrada de las Casas	41
V.	Tiempo de concentración de la cuenca para el brazo número dos del río La Quebrada de las Casas	42
VI.	Datos tabulados de las curvas intensidad-duración-frecuencia de la estación meteorológica de La Fragua calculados para un período de retorno dado.....	43
VII.	Cálculo de precipitaciones en la cuenca	44
VIII.	Escorrentía superficial en la cuenca.....	45
IX.	Cálculo de caudales máximos de diseño, para una tormenta con un período de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 30, 50 y 100 años.....	48

X.	Cálculo de la avenida máxima y áreas de inundación en la zona del puente Emanuel	49
XI.	Cálculo de la avenida máxima y áreas de inundación en la zona del puente Tortuga.....	49
XII.	Cálculo de la avenida máxima y áreas de inundación en la zona del puente San Cayetano.....	50
XIII.	Cálculo de la avenida máxima y áreas de inundación en la zona del puente acceso principal (El túnel)	50
XIV.	Cálculo de la avenida máxima y áreas de inundación en la zona del puente acceso secundario	51
XV.	Tabulación de datos obtenidos de ensayo de compresión triaxial	52
XVI.	Tabulación de datos obtenidos por ensayo de distribución granulométrica.....	53
XVII.	Tabulación de datos para el cálculo del peso específico del suelo	57
XVIII.	Resumen de características físicas del sedimento y carga volumétrica de material de fondo	61
XIX.	Resumen de los cálculos de las características hidráulicas y geométricas del canal	65
XX.	Criterios para evaluar la calidad del zampeado.....	74
XXI.	Factores de capacidad de carga adimensional	86
XXII.	Presupuesto general	91
XXIII.	Presupuesto de obras de mitigación de la ribera del río La Quebrada de las Casas.....	97
XXIV.	Cronograma de ejecución	98

GLOSARIO

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
CAD	<i>Computer Automatic Drawing.</i>
Crecida	Es la elevación del nivel de un curso de agua significativamente mayor que el flujo medio de éste.
Estación hidrológica	En un más amplio sentido, esta denominación incluye tanto a las estaciones fluviométricas como a las estaciones limnimétricas, no obstante, generalmente, la denominación hidrológica es sinónimo de fluviométrica.
Gestión de riesgo	Es un enfoque estructurado para manejar la incertidumbre relativa a una amenaza, a través de una secuencia de actividades humanas que incluyen evaluación de riesgo, estrategias de desarrollo para manejarlo y mitigación del riesgo utilizando recursos gerenciales.
GPS	<i>Global Position System.</i>

HEC-RAS	<i>Hydrologic Engineering Center River Analysis System.</i>
IGN	Instituto Geográfico Nacional.
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología.
Inundación	Invasión de las tierras situadas junto a un cauce por el desbordamiento de sus aguas, debido a crecidas del caudal, causado por lluvias abundantes.
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
Ribera	Es el borde de un cuerpo de agua que puede ser grande, como la orilla del mar, o pequeña, como en el caso de los ríos. El término hace referencia a la zona de tierra más cercana al océano, mar, lago, río o quebrada.
Tiempo de concentración	Tiempo necesario para que toda la cuenca contribuya con escorrentía superficial en una sección considerada.

RESUMEN

El municipio de Estanzuela del departamento de Zacapa, se encuentra dentro del área conocida como corredor seco del área nororiente de Guatemala, y en época seca registra altas temperaturas en el valle de La Fragua, donde se localiza este municipio. En contrastante, la precipitación en época lluviosa, debido a tormentas que ingresan desde la costa caribeña del país, han causado crecidas no soportadas por la sección natural de los ríos y quebradas ubicadas dentro del área geográfica del municipio.

La ribera del río La Quebrada de las Casas, que es el propósito de este estudio, está constituida por un suelo con gran cantidad de arenas y finos no consolidados, que al saturarse debilitan el talud natural del río, poniendo en riesgo la vida y las propiedades de los habitantes asentados en su ribera, y que constituyen un porcentaje importante de la población.

Este trabajo de investigación se divide en dos capítulos, cuyo objetivo es dar solución al problema planteado con anterioridad, el primer capítulo contiene un diagnóstico de vulnerabilidad y riesgos identificados, e indicadores que le darán una visión general de las condiciones sociales, ambientales y económicas del municipio.

En el capítulo dos se desarrolla el servicio técnico profesional, donde se analizan las características físicas e hidrológicas de la cuenca, el análisis y cálculo de crecidas máximas, el caudal de diseño, y la propuesta de obras de mitigación con elementos integrados al ambiente, utilizando tecnología donde pueda usarse mano de obra no calificada.

OBJETIVOS

General

Realizar un diagnóstico de riesgo a inundaciones en el municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa, identificando las áreas susceptibles, con base a registros de inundaciones históricas, proporcionadas por la población afectada y la municipalidad.

Específicos

1. Diseñar las obras de mitigación de inundaciones, para la protección de la población y la infraestructura principal de acceso, aledaña a la ribera del río La Quebrada de las Casas, municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa.
2. Capacitar al personal de la Unidad de Gestión Ambiental (UGAM) y la Dirección Municipal de Planificación (DMP), de la Municipalidad de Estanzuela, departamento de Zacapa, en la creación y análisis de mapas de riesgo haciendo énfasis en la ocurrencia de inundaciones.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático, es una realidad tangible en la vida cotidiana de los guatemaltecos que viven en áreas de riesgo dentro del territorio nacional, los efectos causados cada invierno irán en crecimiento cada año, por esto es necesario, que las políticas municipales de riesgo, sean una prioridad para la identificación con base a análisis científicos y técnicos serios de las áreas susceptibles a desastres, y proponer las obras de mitigación necesarias, para ejecutarlas en los períodos que las lluvias no sean un inconveniente.

La identificación de áreas en riesgo es el primer paso, y deben gestionarse políticas de desarrollo territorial y de ordenamiento municipal, para evitar que la comunidad crezca de forma desordenada y se ponga en riesgo en el corto plazo, considerando que los inviernos son más intensos y las crecidas de los ríos son menos predecibles.

Este trabajo de investigación es un caso puntual de un área identificada dentro del área del nororiente de la República de Guatemala, específicamente en el área urbana del municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa y el río La Quebrada de las Casas afluente del río Grande, que transita dentro del casco urbano del municipio y afecta a un porcentaje considerable, con sus crecidas, a los habitantes asentados en su ribera y a la infraestructura de acceso a la población.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Diagnóstico de riesgo del municipio de Estandzuela, departamento de Zacapa

Este diagnóstico es un instrumento de gestión ambiental y de riesgo que se realiza de forma independiente y que no constituye un estudio de impacto ambiental de la zona. Su objetivo es la identificación de elementos y situaciones que provocan las inundaciones periódicas del río La Quebrada de las Casas en el municipio de Estandzuela, departamento de Zacapa y del impacto en los habitantes de la cabecera municipal, sus propiedades y el medio ambiente.

Es parte complementaria a este proceso de análisis de riesgo:

- La identificación y clasificación de los eventos autores de peligro, a través de inspección e investigación;
- Determinación de las cotas de inundación a través de simulaciones hidráulicas;
- Análisis de los efectos y daños asociados al evento identificado;
- Evaluación y diseño de técnicas de mitigación y control.

1.2. Antecedentes

El huracán Mitch fue una experiencia trágica para la región, luego de formarse al sur de la República de Jamaica el 22 de octubre de 1998, alcanzó vientos huracanados sostenidos de hasta 180 millas por hora y ráfagas estimadas en más de 200 millas por hora (categoría 5 en la escala de huracanes Saffir-Simpson).

El huracán pasó a categoría de tormenta tropical el 31 de octubre e ingresó al territorio guatemalteco, afectando directamente al área oriental del país, constituyendo una amenaza para Izabal, Zacapa, Chiquimula y Jutiapa, produjo precipitaciones nunca registradas en la región, aumentando los caudales de las quebradas, inundando áreas de asentamiento humano en el municipio, destruyendo viviendas, infraestructura y cultivos.¹

Sin embargo, esto no es un evento exclusivo y extraño, las fuertes precipitaciones en la temporada de lluvia en el área en el 2010, ha dejado en evidencia la vulnerabilidad de la población con cada crecida del río La Quebrada de las Casas, destruyendo bienes inmuebles, personales y mercadería de los comercios asentados en su ribera, acentuando la pobreza de algunas áreas.

1.3. Indicadores

Los principales indicadores que permiten delinear un contexto socioeconómico, geográfico y de condiciones ambientales del municipio de Estanzuela en el departamento de Zacapa, son los siguientes:

Fuente: boletín epidemiológico, Organización Panamericana de la Salud (OPS), diciembre de 1998, p. 2.

1.3.1. Población

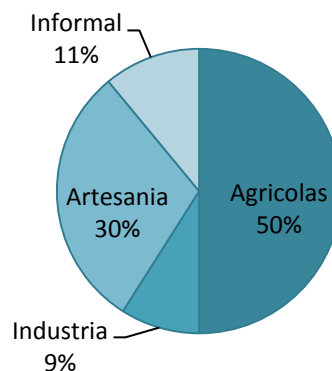
El crecimiento poblacional del municipio de Estandzuela, ha mostrado una tendencia creciente, en el 2002 el número de habitantes según censo del Instituto Nacional de Estadística (INE) fue de 10 210, de los cuales 5 098 son hombres y 5 112 mujeres, 8 261 en el área urbana y 1 949 en el área rural.²

1.3.2. Economía

La población económicamente activa se clasifica de la siguiente manera: 50 por ciento en actividades agrícolas y ganaderas, 9 por ciento en industria, 30 por ciento en artesanía, 11 por ciento en trabajo informal. La industria melonera es de las más grandes en la región, la cual es fuente de trabajo para el área urbana y rural del municipio.

El ingreso per cápita se estima entre Q.1 000 y Q.1 800,00.³

Figura 1. **Clasificación de la población económicamente activa**



Fuente: elaboración propia.

² Fuente: INE (Instituto Nacional de Estadística), año 2002.

³ Fuente: Municipalidad de Estandzuela, departamento de Zacapa 2010.

Uno de los fenómenos más acentuados del municipio, es la emigración hacia los Estados Unidos de América, donde se encuentra un 22 por ciento de la población masculina. Constituyendo las remesas familiares uno de los mayores ingresos económicos del municipio.

1.3.3. Educación

Hay seis establecimientos educativos, cinco nacionales y uno privado, que imparten educación preescolar, primaria y básica. El 82 por ciento de la población sabe leer y escribir, y se estima un 28 por ciento de analfabetismo sobre todo en el área rural del municipio.

1.3.4. Localización geográfica

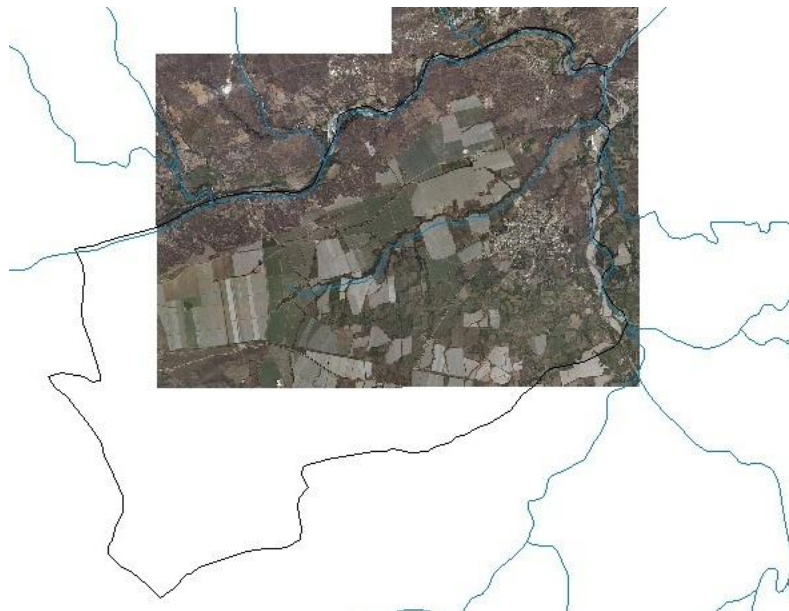
El municipio tiene un área de 92,24 kilómetros cuadrados, localizado entre: 14°59'55" latitud y 89°34'25" longitud, con una altura de 190 metros sobre el nivel del mar, a 141 kilómetros de la ciudad de Guatemala y a 5 kilómetros de la cabecera departamental de Zacapa sobre la ruta CA-10. Limita al norte: con el municipio Río Hondo, oriente: con el municipio de Zacapa, sur: con el municipio de Zacapa, y occidente: con los municipios de Teculután y Huité.

El sector urbano lo conforma la cabecera municipal; dividiéndose en cuatro zonas, el sector rural lo conforman cuatro aldeas: San Nicolás, Chispan, Guayabal y Tres Pinos.

1.3.5. Hidrografía

Se encuentra entre dos cuencas hidrográficas: la del río Grande de Zacapa y la del río Motagua, ambas pertenecen a la vertiente del Caribe, el territorio es atravesado por varias quebradas que desembocan en el río Grande, y estas son: Quebrada La Calera (es la misma quebrada de San Nicolás que a la altura del paraje Monte Largo cambia de nombre), Quebrada de los Yajes, Loma de Piedra (Tres Pinos), Los Aragonés y el río La Quebrada de las Casas, que atraviesa el casco urbano y que es el propósito de este estudio.

Figura 2. **Mapa hidrográfico del municipio de Estanduela, departamento de Zacapa**



Fuente: Sistema de información geográfica del ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación MAGA, marzo de 2010.

1.3.6. Descripción climática del municipio

El municipio de Estanzuela, es parte del denominado corredor seco dentro de la región de nororiente, su temperatura varía entre 18 grados de mínima y 46 grados de máxima, su período más cálido se registra en el mes de abril. La precipitación media anual en la región varía entre 540 y 750 milímetros anuales. La humedad relativa es de 65 por ciento en promedio.

En 1998 el huracán Mitch incremento la precipitación media anual en 1 008,1 milímetros (registrado por la estación meteorológica de La Fragua) produciendo, con este evento inundaciones en todo el valle del río Grande y el río Motagua.

1.4. Factores medioambientales que contribuyen a la degradación de la microcuenca

Dentro de los factores medioambientales que contribuyen a la degradación de la microcuenca del río La Quebrada de las Casas, en el municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa, se pueden mencionar:

1.4.1. Cobertura forestal de la microcuenca

La cobertura de bosque (considerada como bosque de galería), es mínima pero bastante representativa, considerando que la mayor parte del bosque del área está constituida por monte espinoso subtropical. La Quebrada de las Casas es un corredor biológico y una fuente de vida para el municipio, por esto la protección de sus riberas es un primer paso para la recuperación del recurso hídrico. Sin embargo esta pequeña área boscosa es degradada constantemente por los habitantes aumentando los riesgos de erosión.

1.4.2. Cobertura agrícola

Se utiliza 72,15 kilómetros cuadrados que corresponde a un 78 por ciento del territorio del municipio, la mayor producción agrícola es maíz blanco, pero también se cultiva frijol, yuca, tomate, banano, oca, piña, melón, pimiento, sandía y uvas. Y a nivel nacional es de los principales productores de melón y sandía.

1.4.3. Erosión de las riberas

Esta se produce con la escorrentía superficial sobre la cuenca de drenaje ocasionando transporte de sedimentos, puede considerarse un factor de riesgo para el asentamiento humano en sus riberas y las estructuras de acceso a la población.

1.4.4. Desechos sólidos

Existe un tren de aseo que circula por todas las zonas del municipio y que periódicamente recolecta los desechos sólidos, sin embargo esto no ha evitado que aparezcan botaderos clandestinos en varios puntos del área urbana, todos dentro de la microcuenca, ocasionando que La Quebrada de las Casas se convierta en un transporte de desechos que finalmente van a desembocar en el río Grande y de este al río Motagua.

1.4.5. Aguas servidas

El saneamiento, es uno de los grandes problemas en la microcuenca, el alcantarillado sanitario se diseñó aprovechando la topografía de la quebrada, pero este sistema colapsó hace años, creando una fuente de contaminación

directa que se vuelve más grave, cuando las personas en viviendas paralelas a la quebrada, no se conectan al sistema de alcantarillado y la usan como drenaje para sus aguas servidas, convirtiendo al río La Quebrada de las Casas en una fuente de contaminación para toda el área urbana del municipio de Estanzuela, el río Grande de Zacapa y al río Motagua.

1.5. Gestión del riesgo de crecida⁴

La gestión integrada de crecidas, es un proceso que fomenta la gestión de crecidas en forma integrada, en vez de que sea fragmentada. Dicho proceso abarca el desarrollo de los recursos de los suelos y del recurso hídrico en una cuenca fluvial, en el marco de la gestión integrada de los recursos hídricos, y tiene como objetivo, maximizar los beneficios netos del uso de las llanuras inundables y minimizar las pérdidas de vidas causadas por las inundaciones.

La gestión integrada de crecidas, considera que la cuenca fluvial es un sistema dinámico, con muchas interacciones e intercambios entre los medios hidrológicos y el suelo.

Figura 3. **Modelo de gestión integrada de crecidas**



Fuente: gestión integrada de crecidas, documento conceptual.

⁴ Fuente: Gestión Integrada de Crecidas, documento conceptual No. 1 047 OMM, p. 15.

1.5.1. Elementos de la gestión integrada de crecidas

La gestión integrada de crecidas, entiende que el proceso de la toma de decisiones ha de ser participativo, multisectorial y transparente; la característica que define la gestión integrada de crecidas es la integración expresada simultáneamente de diferentes maneras: una combinación adecuada de estrategias, puntos de intervención cuidadosamente seleccionados y tipos de intervención adecuados (estructurales o no estructurales, a corto o a largo plazo).

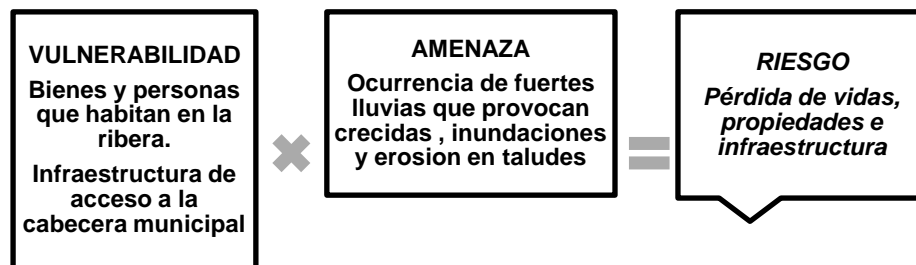
El plan de gestión integrada de crecidas, debería tener en cuenta los siguientes seis puntos principales, a fin de gestionar las crecidas en el marco de un enfoque de gestión integrada de los recursos hídricos:

- Gestión del ciclo hidrológico en su conjunto
- Gestión integrada del suelo y de los recursos hídricos
- Gestión de riesgos e incertidumbres
- Adopción de la mejor combinación de estrategias
- Garantía de un enfoque participativo
- Adopción de enfoques de la gestión integrada de riesgos

1.6. Componentes básicos de riesgo

El análisis de riesgo hace referencia a la posibilidad de ocurrencia de fuertes precipitaciones, cuya exposición y vulnerabilidad ante ello les hace susceptibles (a la población urbana), de sufrir negativamente sus consecuencias.

Figura 4. **Componentes fundamentales considerados en este análisis de riesgo**



Fuente: elaboración propia.

1.6.1. Amenaza

La amenaza es un agente agresor externo socio ambiental, potencialmente destructivo, con cierta magnitud dentro de un cierto lapso de tiempo y en cierta área.

1.6.1.1. Amenaza identificada

La amenaza identificada la constituye las crecidas máximas del río La Quebrada de las Casas para un período de retorno de 50 años, que prevé un caudal de hasta 69,7 metros cúbicos por segundo, que no es soportado por la

sección natural, provocando inundaciones y erosión de taludes, lo que crea un riesgo para los habitantes y sus propiedades asentados en la ribera del río La Quebrada de las Casas, y de la infraestructura que compone los accesos vehiculares al casco urbano del municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa.

1.6.2. Vulnerabilidad

Vulnerabilidad, es el grado de pérdida en un elemento o conjunto de elementos en riesgo, con la presencia de un peligro ambiental y/o fenómeno natural de magnitud determinada.

1.6.2.1. Vulnerabilidad identificada

En consecuencia, la vulnerabilidad la representa un alto porcentaje de la población urbana y sus bienes, asentados en la ribera del río La Quebrada de las Casas, además se considera vulnerable la infraestructura que conforma el 100 por ciento de los puentes, que dan acceso al área central de la cabecera municipal, que de ser afectados, crearan problemas logísticos en el transporte de elementos vitales para el desarrollo comunitario.

Esta vulnerabilidad puede ser reducida, creando políticas de prevención y técnicas de mitigación, acompañadas de legislación municipal en el ordenamiento territorial y ambiental. Como parte de la identificación de vulnerabilidades se puede mencionar:

1.6.2.2. Vulnerabilidad física

Lo constituye la localización de la cabecera municipal en una zona de riesgo físico y que fue asentada originalmente, debido a la alta productividad agrícola de la zona.

Las zonas de la población identificadas en el municipio, consideradas de alto riesgo de inundación son:

- Barrio El centro
- Barrio Los Currumiches
- Barrio Las Hamacas
- Barrio Las Canchitas

1.6.2.3. Vulnerabilidad económica

La pobreza de la población del corredor seco, incrementa notablemente los riesgos de desastre. Tiene que ver tanto con la carencia de dinero como el mal uso del recurso en la población, generado por el desempleo, la migración y la falta de diversificación de la base económica que es casi totalmente sustentada por las actividades agrícolas.

La economía del municipio no puede estar sustentada por un solo régimen económico que depende de la exportación de cultivos como el melón, sandía y la oca, que al igual que la costa sur del país sustenta económicamente a las familias solo cuando es temporada de siembra y

cosecha, se necesita introducir una actividad que llene los vacíos económicos en las temporadas en que los cultivos no necesitan gran cantidad de mano de obra.

1.6.2.4. Vulnerabilidad social

Se refiere al bajo grado de organización y cohesión interna de la comunidad en riesgo, que impiden su capacidad de prevenir, mitigar o responder a situaciones de desastre. Tiene que ver también con el tipo de relaciones que se establecen entre la población, que impiden la acción común, el surgimiento de liderazgos, el aprovechamiento de los recursos municipales, entre otros.

Un cambio en la cohesión social del municipio dará mejor oportunidad de enfrentar un desastre dando una adecuada organización comunal y la aceptación de la participación intersectorial que ayudará a prevenir y mitigar los efectos de los desastres. Sin embargo es de reconocer el alto grado de solidaridad de la población que ayuda a minimizar el efecto de cualquier desastre eventual en el área urbana, pero es recomendable trabajar en las nuevas generaciones transmitiéndoles ese sentido comunitario y que se ha perdido por el crecimiento poblacional, provocando la sensación de desconocimiento entre sus propios habitantes.

1.6.2.5. Vulnerabilidad política

El alto grado de centralización en la toma de decisiones en el Concejo Municipal, la escasa autonomía para decidir en los Concejos Comunitarios de Desarrollo, y la priorización en la programación anual de los proyectos, impide la participación activa de los actores principales, limitándolos en la toma de decisiones que den solución a la amenaza aquí planteada.

Existe un comité pro Quebrada de las Casas, que se enfoca en su saneamiento y en la búsqueda de soluciones para mitigar el efecto de las aguas servidas, sin embargo el comité no ha encontrado los espacios dentro de la municipalidad para la solución, debido a la vulnerabilidad técnica sufrida en la Dirección Municipal de Planificación.

Uno de los aspectos positivos dentro de las políticas municipales, es realizar campañas educativas para mantener limpio de desechos las calles, esto se puede lograr por la alta educación en la población y al equipo de trabajadores de la municipalidad. Sin embargo se debe extender no solo a la limpieza ornamental del municipio, si no al saneamiento en general, buscando un proyecto integral de saneamiento municipal que incluya políticas ambientales locales para castigar, en función de una multa más allá del costo el pago mensual del servicio del tren de aseo, al que busque crear botaderos clandestinos o usar como alcantarilla el río La Quebrada de las Casas.

1.6.2.6. Vulnerabilidad técnica

Referida a las técnicas inadecuadas de construcción e infraestructura utilizadas en el municipio, que no cuenta con capacidad técnica instalada en la Dirección Municipal de Planificación, para orientar a la población que se encuentra en áreas de riesgo, sobre los métodos o lineamientos seguros en la construcción de sus viviendas, a la falta de un reglamento (o de existir un reglamento de construcción no se utiliza) y en la conservación del recurso hídrico, que representa La Quebrada de las Casas.

Este vacío en la capacidad técnica puede llenarse parcialmente con la colocación de un equipo de estudiantes de las Facultades de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que proporcionen una solución técnica y/o científica

a problemas puntuales, a través del Ejercicio Profesional Supervisado, y diagnosticados previamente por la dirección municipal de planificación.

1.7. Riesgo

Es la probabilidad que una amenaza se convierta en desastre, el riesgo se forja como el conjunto de factores que hacen proclive a una población de ser afectada de manera severa por un fenómeno.

1.7.1. Riesgo identificado

La pérdida de vidas ocasionando desintegración familiar, el abandono repentino de los bienes inmuebles de la comunidad y las cosechas, la pérdida temporal o permanente de la infraestructura de acceso al municipio sobre la ribera del río La Quebrada de las Casas.

1.7.2. Riesgo económico

La pérdida de bienes y servicios debido a la repentina interrupción parcial de la movilidad de la comunidad, para transportar sus cultivos y/o productos para su posterior comercialización, en la cabecera departamental y municipios aledaños y las pérdidas económicas de la administración municipal, a raíz de la posterior reubicación temporal de los afectados y la reconstrucción.

1.8. Ciclo del desastre

La incidencia de desastres se puede ver como una parte de un ciclo continuo de acciones y puede definirse en tres etapas claves dentro del ciclo de desastre.

1.8.1. Antes del desastre

Gestionar el riesgo identificando y reduciendo la vulnerabilidad y la amenaza, desarrollando para ello capacidades de planificación, organización, ejecución de acciones correctivas y preparatorias, mejorando la información y la comunicación, a través de mecanismos de concertación y participación de la población, municipalidad y entidades del estado.

1.8.2. Durante el desastre

Se refiere al episodio de tiempo real de un evento que ocurre y afecta a los elementos en riesgo. La duración del evento dependerá del tipo de amenaza permitiendo que se active la respuesta local, se identifiquen las necesidades y provisiones de las víctimas y afectados, a través de la evaluación de daños y necesidades.

1.8.3. Después del desastre

Lograr la recuperación rápida y la rehabilitación, incorporando criterios de prevención y gestión ambiental para garantizar que no se reproduzcan las condiciones de amenaza y vulnerabilidad original. La recuperación, después de un desastre, describe las actividades que comprenden tres fases: alivio de la emergencia, la rehabilitación y la reconstrucción.

1.9. Prevención del desastre

Es la aplicación de medidas para evitar que un evento identificado, en el caso de estudio la ocurrencia de crecidas del río La Quebrada de las Casas, se convierta en un desastre.

1.9.1. Causas naturales del fenómeno

El fenómeno de las inundaciones periódicas en temporada de lluvia, es provocado entre otros factores por la topografía del área, donde está asentada el área urbana del municipio, esta forma una depresión natural, creando la microcuenca dando origen al río La Quebrada de las Casas. Las grandes áreas de cultivo, la poca cantidad de bosque de raíces profundas, y los tipos de suelo encontrados en el área cooperan a que un gran porcentaje de la escorrentía superficial rebase al drenaje natural provocando crecidas no soportadas por la sección natural del río.

1.9.2. Causas por la acción del hombre

Además de las causas naturales ya expuestas, un factor que permite el aumento del caudal en La Quebrada de las Casas, es la incorporación de un porcentaje del caudal del canal artificial de La Fragua (alimentado por el río Grande), por medio de los diferentes sistemas de riego que recorren las áreas de cultivo aledañas al área urbana, este caudal se vuelve de importancia cuando se suma el proveniente de la escorrentía superficial debido a una alta precipitación.

1.9.3. Técnicas propuestas para la mitigación de los efectos de inundaciones en el río La Quebrada de las Casas

- Bordas de protección, utilizando material proporcionado por el río Grande, de bajo impacto ambiental y que puedan integrarse fácilmente al entorno.

- Protección de taludes utilizando material del área, con técnicas de zampeado, que consiste en recubrir mediante mampostería de piedra, los suelos para protegerlos de la erosión, considerando que la técnica constructiva está perfeccionada por el personal de la municipalidad con el empedrado y adoquinado que regularmente realizan.
- Diseño de la sección del canal, considerando la pendiente natural del río.

1.10. Mapas de amenaza y descripción de las áreas susceptibles a inundaciones

El río La Quebrada de las Casas, divide en dos la zona urbana del municipio de Estanduela y los accesos que comunican la carretera CA10, con el área central del municipio que se encuentran sobre esta, de allí su importancia por protegerlos.

El análisis de riesgo consta de 6 áreas de estudio, que coinciden con las ubicaciones de los puentes de acceso al municipio sobre la quebrada y, por cuestiones de nomenclatura, se les nombró de la siguiente forma: puente entrada secundaria, puente entrada principal (el túnel), puente San Cayetano, puente Tortuga, puente Los Currumiches, puente Emanuel.

1.10.1. Mapa de vulnerabilidad

Presenta las zonas de riesgo identificado dentro del área urbana, la localización de estas, el área inundada en metros cuadrados, y el número de casas y habitantes afectados.

Figura 5. Mapa de vulnerabilidad



Fuente: elaboración propia.

Tabla I. **Resumen de áreas vulnerables**

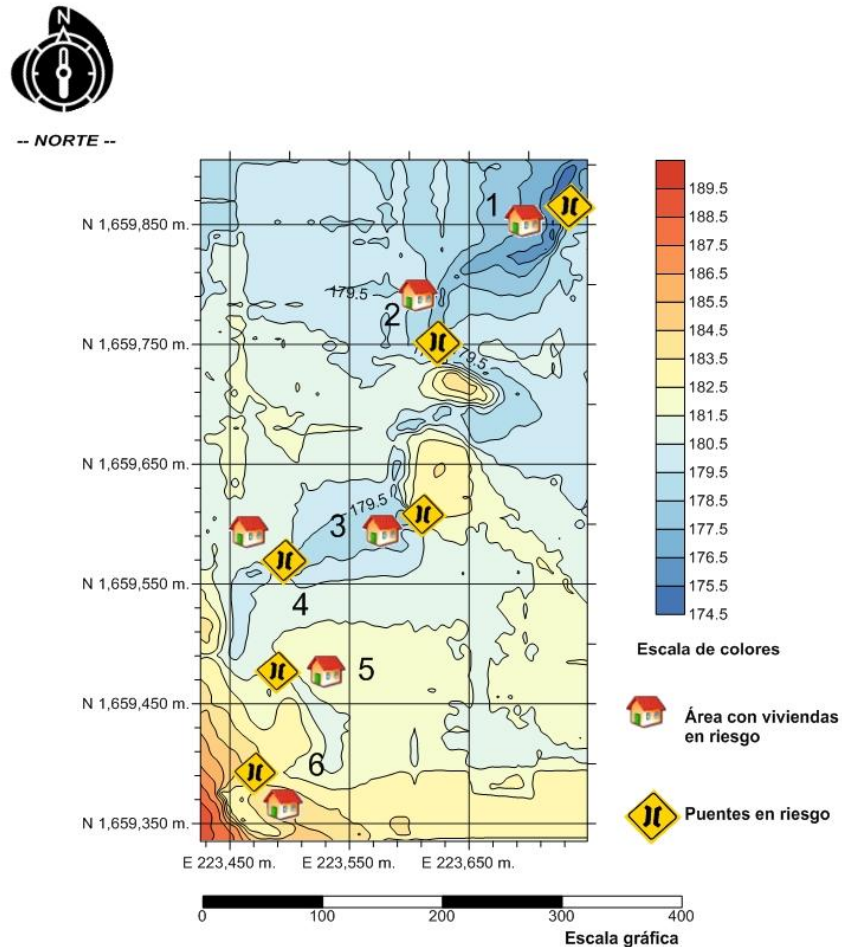
Localización	Área inundada en m ²	Habitantes afectados	
		casas	habitantes
Puente Secundario	355,41	15	54
Puente Primario	485,89	25	77
Puente Cayetano	231,88	28	85
Puente Tortuga	223,32	35	106
Puente Currumiches	257,53	18	66
Puente Emanuel	<u>148,28</u>	<u>13</u>	<u>71</u>
Total	1 702,31	134	459

Fuente: elaboración propia.

1.10.2. Mapa de ubicación de áreas en riesgo

Presenta en una superficie cartográfica las zonas de riesgo dentro de la microcuenca del río La Quebrada de las Casas, en el municipio de Estanduela, departamento de Zacapa.

Figura 6. Mapa de ubicación de áreas en riesgo

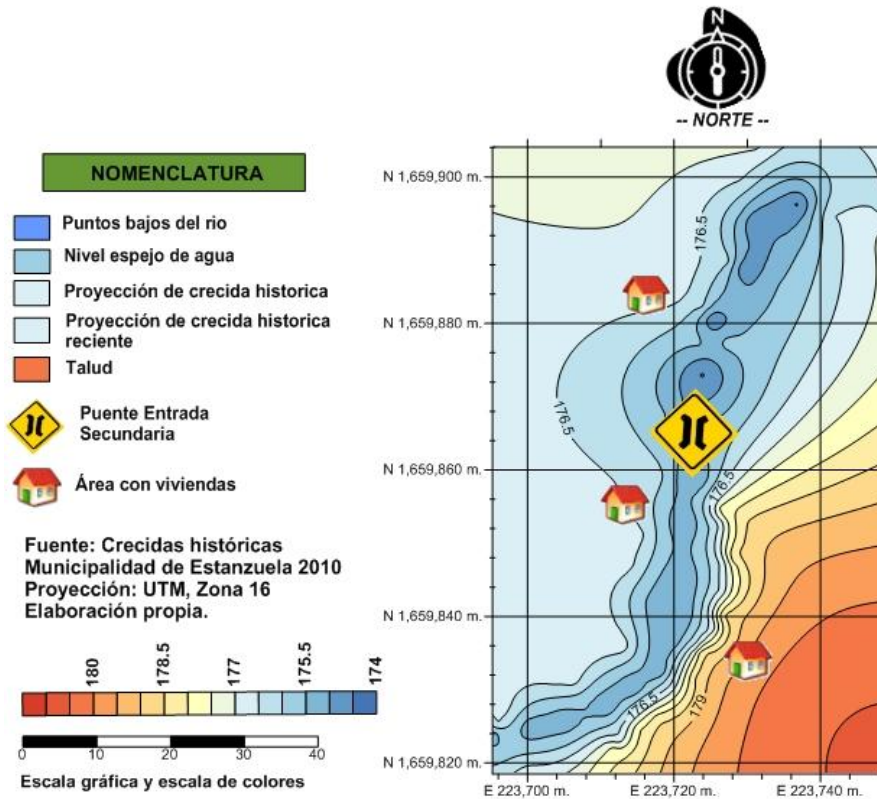


Fuente: elaboración propia.

1.10.3. Puente entrada secundaria

Es el punto mas bajo de las áreas de análisis, la estructura de acceso es un puente vehicular de pequeña envergadura y de un solo carril, del lado derecho se encuentra un talud conformado por material de relleno, que no esta consolidado y que debido al arrastre, puede ocasionar la erosión de un área importante, incluida la carretera de acceso.

Figura 7. **Puente entrada secundaria, mapa del área vulnerable a inundaciones con datos de crecidas históricas**

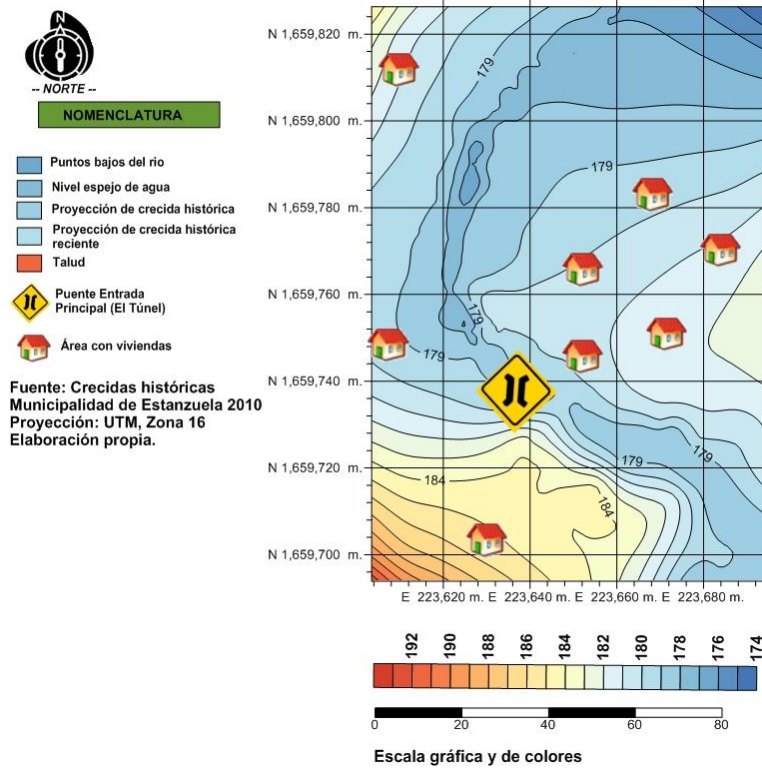


Fuente: elaboración propia.

1.10.4. Puente entrada principal (el túnel)

El área de estudio es la entrada principal a la cabecera municipal, la estructura de acceso es un puente vehicular de dos carriles, esta área ya ocasionó destrucción de viviendas y bienes en los comercios cercanos debido a la contracción de la sección ocasionada por el puente.

Figura 8. **Puente entrada principal, mapa del área vulnerable a inundaciones con datos de crecidas históricas**

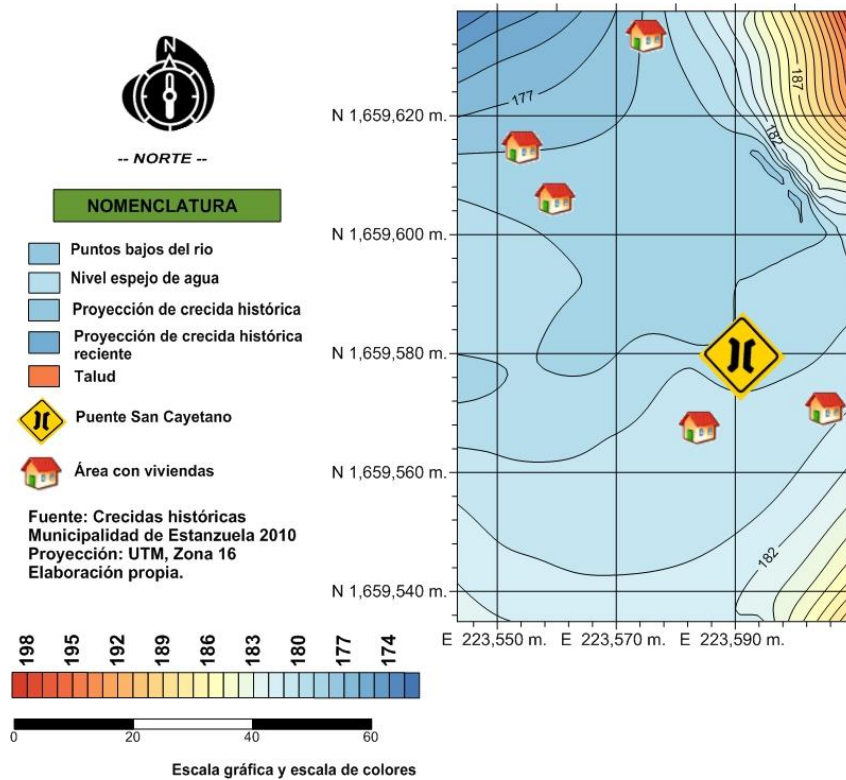


Fuente: elaboración propia.

1.10.5. Puente San Cayetano

Es una gran área con una llanura de inundación extensa, delimitado por taludes naturales semiprotégidos en partes con material consolidado y en otras con cantidades de material sedimentario poco consolidado, el área esta densamente poblada y se encuentra en el centro del casco urbano.

Figura 9. **Puente San Cayetano, mapa del área vulnerable a inundaciones con datos de crecidas históricas**

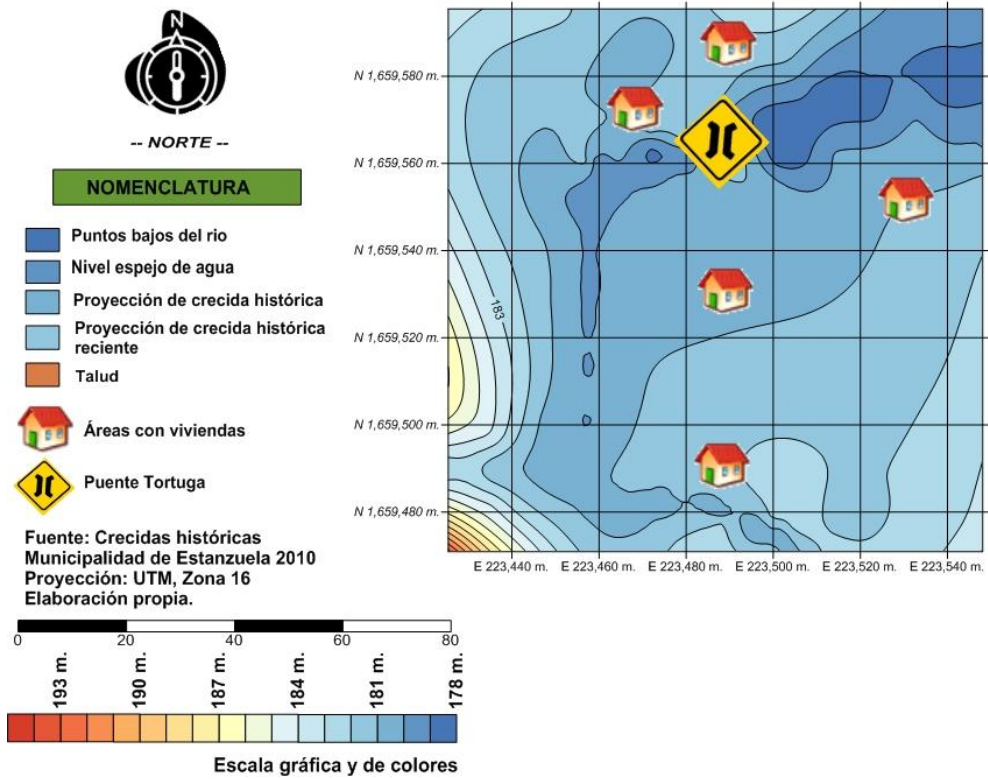


Fuente: elaboración propia.

1.10.6. **Puente Tortuga**

El puente tortuga es un puente de construcción reciente, sin embargo provoca contracción en la sección aumentando la cota de inundación.

Figura 10. **Puente Tortuga, mapa del área vulnerable a inundaciones con datos de crecidas históricas**

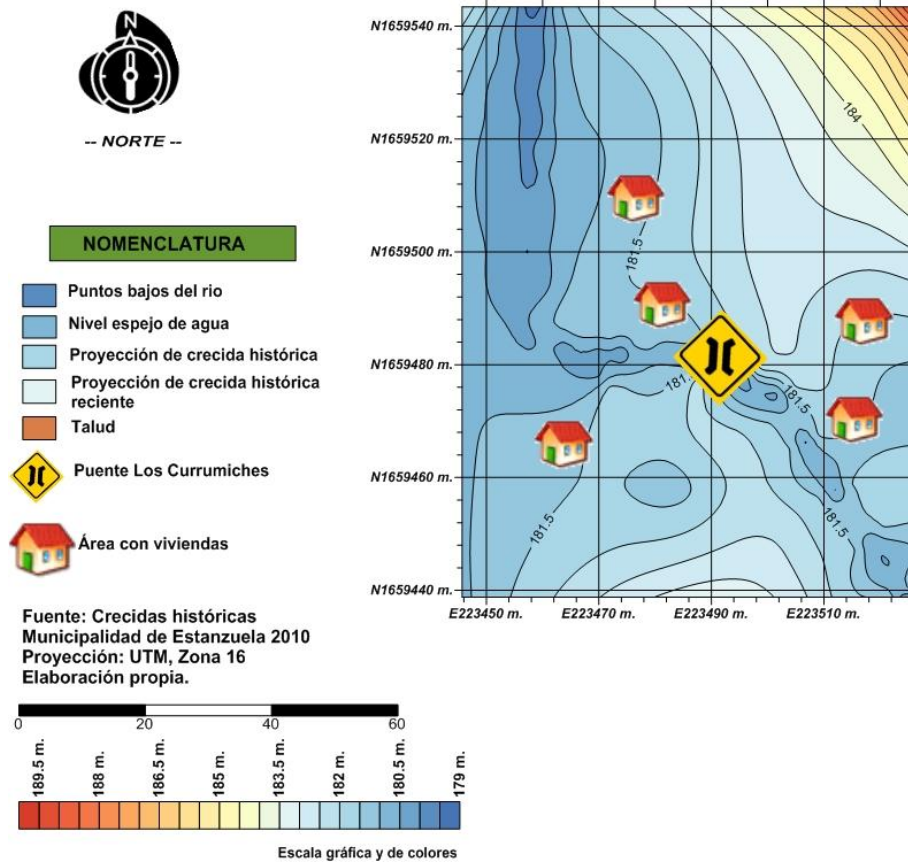


Fuente: elaboración propia.

1.10.7. Puente Los Currumiches

Esta área tiene antecedentes de destrucción en varias viviendas, es uno de los barrios más pobres del municipio lo que aumenta la vulnerabilidad de los pobladores.

Figura 11. **Puente Los Currumiches, mapa del área vulnerable a inundaciones con datos de crecidas históricas**

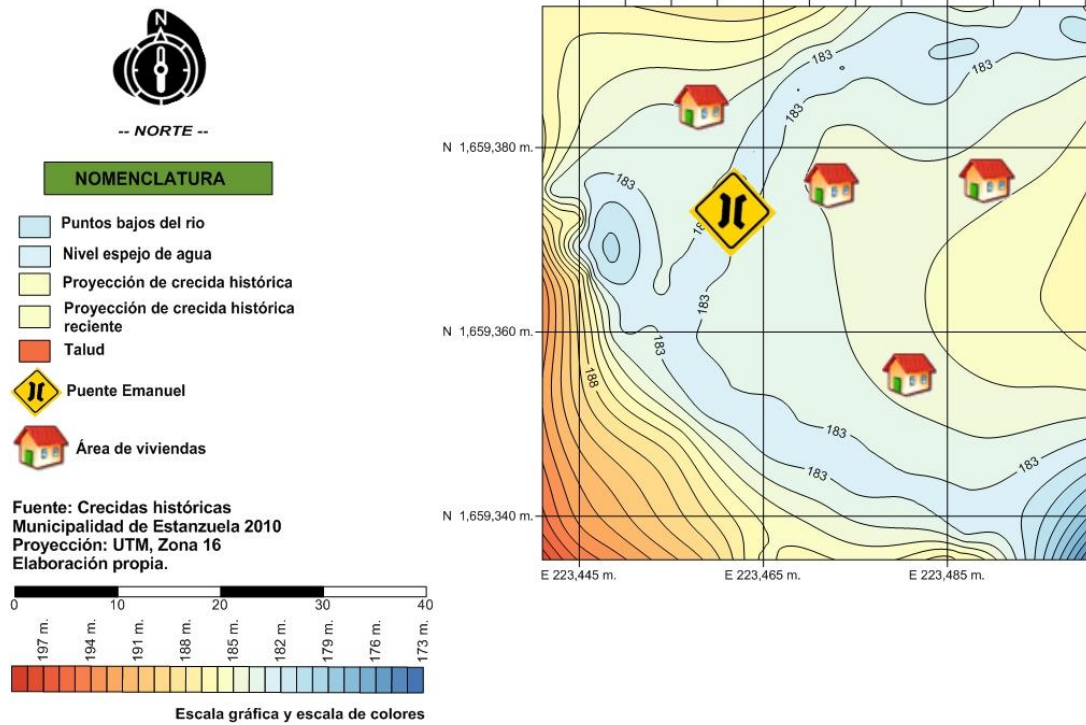


Fuente: elaboración propia.

1.10.8. **Puente Emanuel**

El puente Emanuel es de reciente construcción pero sus aproches pueden encontrarse en riesgo, el área tiene taludes altos con material poco consolidado que puede ser susceptible a la erosión debido a las crecidas.

Figura 12. **Puente Emanuel, mapa del área vulnerable a inundaciones con datos de crecidas históricas**



Fuente: elaboración propia.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto nace de la priorización del programa del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Universidad de San Carlos de Guatemala, dentro del estudio se consideró el impacto económico y social de las inundaciones provocadas por La Quebrada de las Casas.

Se desarrollará como una propuesta para la construcción de defensas ribereñas, en las áreas susceptibles a inundaciones y destrucción de la infraestructura, que da acceso al área urbana del municipio de Estanzuela del departamento de Zacapa. El objetivo es reducir el riesgo de pérdidas humanas, económicas y materiales de la población en general.

2.1.1. Descripción de las acciones

Consiste en la construcción de muros de contención por gravedad enrocados, en ambos márgenes y de una base estabilizadora que evite la socavación, protección de los taludes contra la erosión por medio de técnicas de zampeado, el diseño de la sección del canal y el revestimiento de sus taludes, permitiendo un desfogue eficiente del caudal provocado por la avenida máxima de diseño para un período de retorno de 50 años.

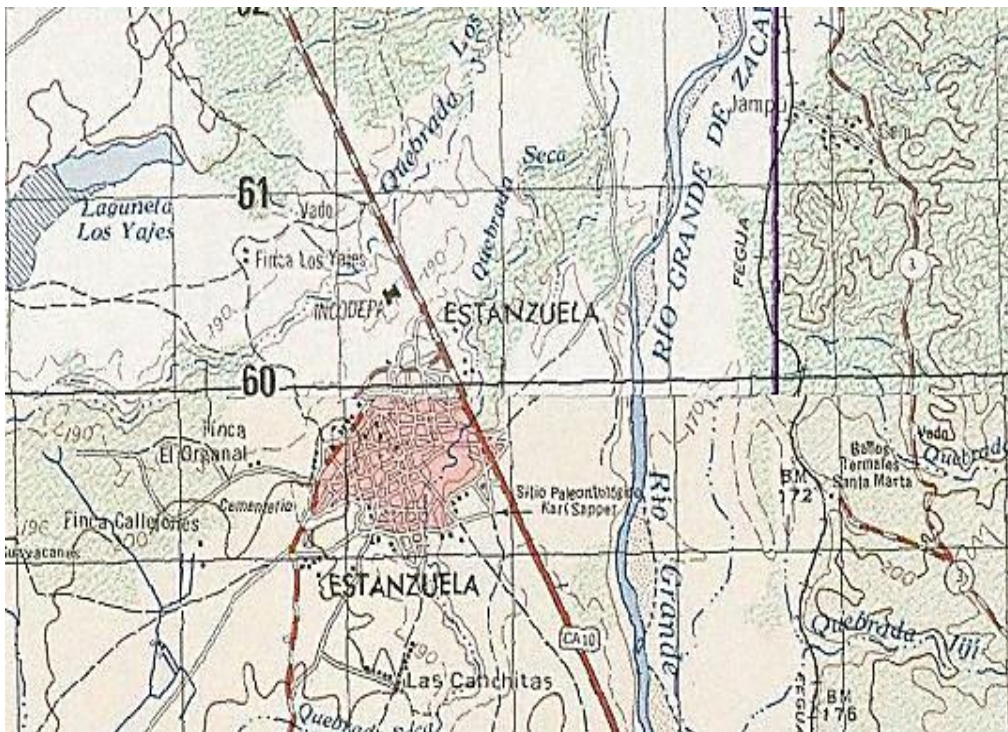
2.2. Caracterización de la cuenca

Consiste en determinar las características físicas, geográficas e hidrológicas de la cuenca del río La Quebrada de las Casas, estos datos proveerán un matiz general de las condiciones en la que se encuentra.

2.2.1. Localización

La microcuenca de La Quebrada de las Casas, forma parte de la cuenca del río Grande de Zacapa y de la vertiente del caribe, se encuentra en el valle del Motagua formado entre la Sierra de las Minas y el intrusivo de Chiquimula.

Figura 13. Recorte de mapa cartográfico, escala 1:50 000

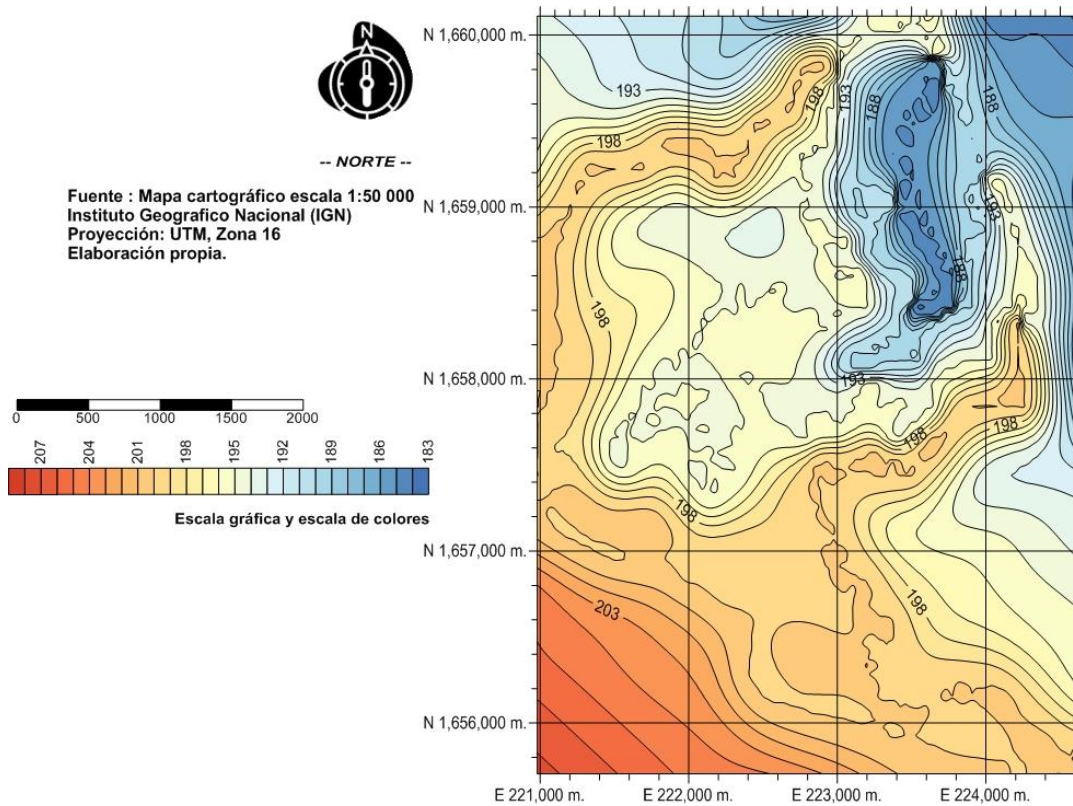


Fuente: mapa cartográfico proporcionado por el IGN.

2.2.2. Área de drenaje

El área de estudio posee una superficie de 8,4 kilómetros cuadrados, de los cuales 7,4 kilómetros cuadrados constituyen bosques y 1 kilómetro cuadrado pavimentos y adoquinados del área urbana del municipio.

Figura 14. **Mapa cartográfico de la cuenca del río La Quebrada de las Casas**



Fuente: mapa cartográfico proporcionado por el IGN.

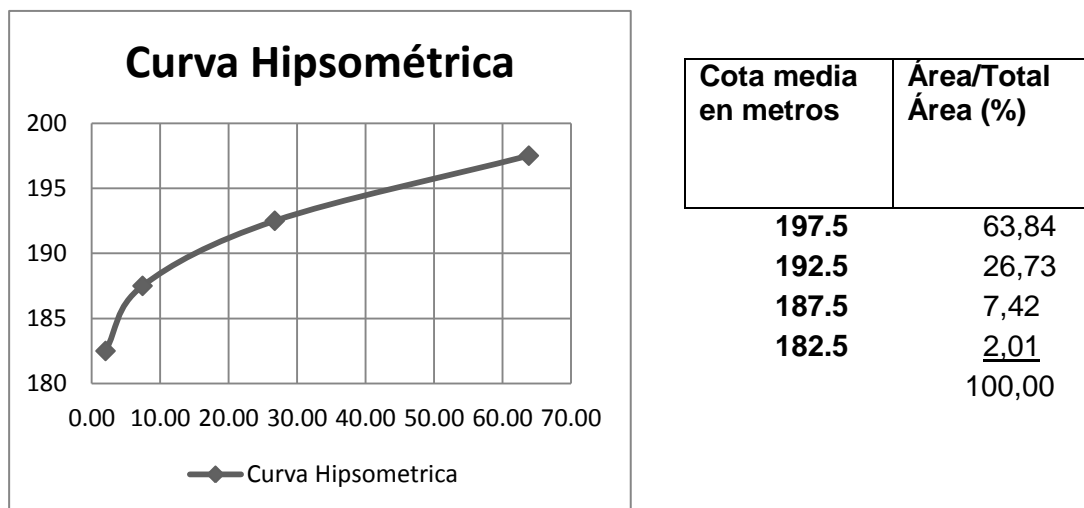
2.2.3. Tipo y uso del suelo

Suelo franco arcilloso de origen sedimentario que fue depositado en la llanura aluvial de desborde del río Motagua y el río Grande de Zacapa, con una cantidad considerable de materia orgánica que la hace ideal para la agricultura, siendo esto uno de los principales y más productivos usos.

2.2.4. Curva hipsométrica y determinación de la altitud media

Se define como curva hipsométrica a la representación gráfica del relieve medio de la cuenca, llevando en el eje de las abscisas, longitudes proporcionales a las superficies proyectadas en la cuenca, en kilómetros cuadrados o en porcentaje, comprendidas entre curvas de nivel consecutivas hasta alcanzar la superficie total, llevando al eje de las ordenadas la cota de las curvas de nivel consideradas.

Figura 15. Curva hipsométrica de la cuenca



Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Altitud media calculada analíticamente**

Determinación del valor de la altitud media (m.s.n.m.) analíticamente						
Intervalo entre curvas de nivel (m)	Cota media (Ci) en metros	Área (Ai) en Kilómetros cuadrados	Área/Total Área (%)	Porcentaje de área acumulado (%)	(Ci * Ai)	
200 - 195	197,5	5,38	63,84	63,84	1 062,83	
195 - 190	192,5	2,25	26,73	90,57	433,75	
190 - 185	187,5	0,63	7,42	97,99	117,25	
185 - 180	182,5	0,17	2,01	100,00	30,96	
	$\Sigma =$	8,43	100,00		1 644,79	
	$H = \sum \frac{(Ci)(Ai)}{A}$	H = 195,12 metros sobre el nivel del mar				

Fuente: elaboración propia.

H = Altitud media de la cuenca

Ci = Cota media

Ai = Área de la cuenca

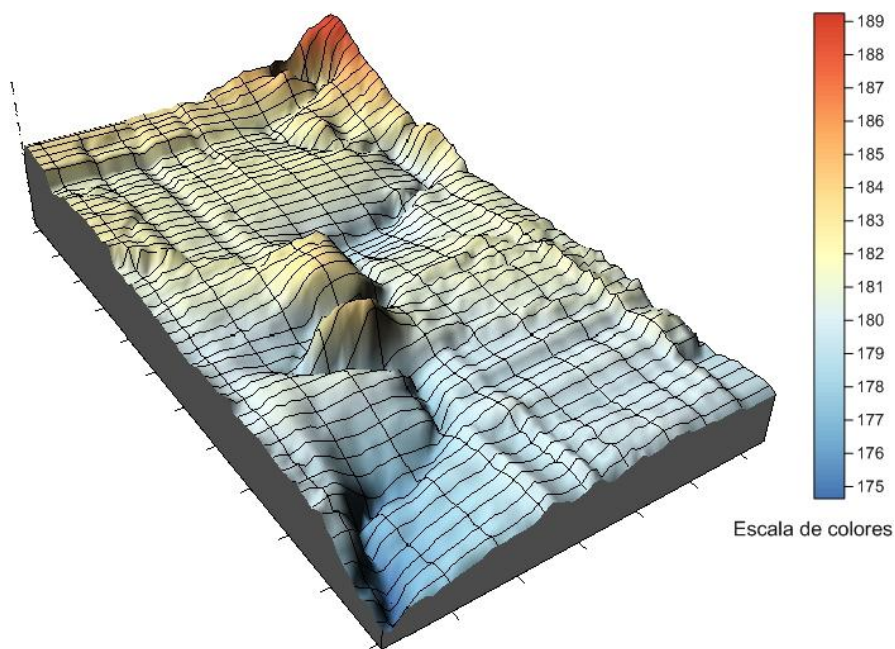
A = Área total de la cuenca

2.2.5. Pendiente media de la cuenca

Se refiere al grado de inclinación del terreno, expresado en porcentaje los rangos de pendientes son variables dentro de la cuenca hidrográfica. Se estimó las pendientes a través de métodos cartográficos, con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG), un *software* con la que se digitalizó la

información análoga de los mapas escala 1:50 000, suministradas por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y un *software* de dibujo computarizado (CAD) para analizar la información topográfica.

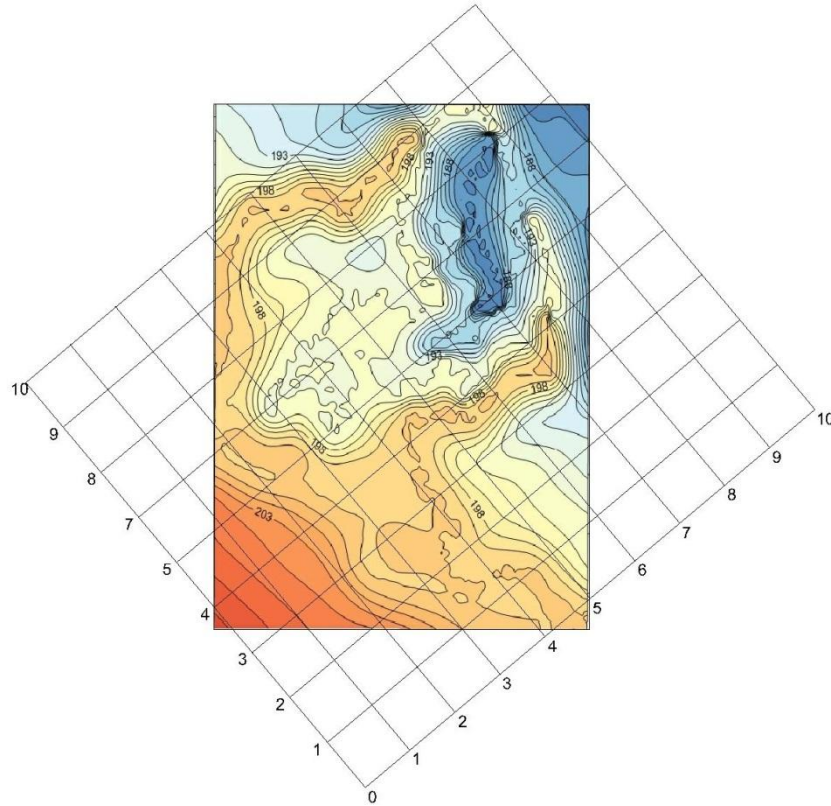
Figura 16. **Proyección isométrica de la cuenca del río La Quebrada de las Casas**



Fuente: elaboración propia.

Se determinó la pendiente media de la cuenca utilizando el criterio de Horton, que consiste en trazar una malla de cuadrados sobre la proyección planimétrica de la cuenca, orientándola según la dirección de la corriente principal. Como se trata de una cuenca pequeña, la malla lleva al menos cuatro cuadros por lado, una vez construida la malla, se miden las longitudes de las líneas de la malla dentro de la cuenca y se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel.

Figura 17. **Método de Horton para la determinación de la pendiente media**



Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Criterio de Horton para determinar la pendiente media de la cuenca**

Número de la Línea de malla	Nx	Ny	Lx	Ly	D	M en X	M en Y	Pendiente ponderada	
						Sx	Sy	Aritmética $\frac{(Sx+Sy)}{2} * 100$	Geométrica $(\sqrt{Sx} \sqrt{Sy}) * 100$
0	2	0	500	500	1	0,004	0	0,20	0,0001
1	2	0	500	500	1	0,004	0	0,20	0,0001
2	2	2	500	500	1	0,004	0,004	0,40	0,400
3	2	12	500	500	1	0,004	0,024	1,40	0,980
4	15	13	500	500	1	0,03	0,026	2,80	2,793
5	29	10	500	500	1	0,058	0,02	3,90	3,406
6	24	21	500	500	1	0,048	0,042	4,50	4,490
7	20	28	500	500	1	0,04	0,056	4,80	4,733
8	13	32	500	500	1	0,026	0,064	4,50	4,079
9	<u>2</u>	<u>17</u>	<u>500</u>	<u>500</u>	1	0,004	0,034	<u>1,90</u>	<u>1,166</u>
	111	135	5 000	5 000				24,60	22,047
$\sum N y L$ Pendiente media de la cuenca en porcentaje								24,60	%

Fuente: elaboración propia.

$N_{x/y}$ = Intersecciones de la malla con las curvas en la orientación X y/o Y

$S_{x/y}$ = Pendiente de las curvas de nivel en la orientación X y/o Y

$L_{x/y}$ = Espacio entre las líneas de malla en X y/o Y

D = Distancia entre curvas de nivel

2.2.6. Índice de compacidad (K)

La forma superficial de las cuencas hidrográficas tiene interés por el tiempo que tarda en llegar el agua desde los límites hasta la salida de la misma. Uno de los índices para determinar la forma, es el coeficiente de compacidad, que es la relación K existente entre el perímetro de la cuenca P y el perímetro de un círculo, que tenga la misma superficie que dicha cuenca.

$$A = (\pi)(r^2)$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

El índice será mayor o igual a la unidad, de modo que cuanto más cercano a ella se encuentre, más se aproximará la forma a la del círculo, en cuyo caso la cuenca tendrá mayores posibilidades de producir crecientes con mayores caudales. Por otra parte K es un número adimensional independiente de la extensión de las cuencas, cuando K se aleja más del valor unidad significa un mayor alargamiento en la forma de la cuenca.

Donde:

K = Índice de compacidad

A = Área

P = Perímetro

$$K = \frac{P}{2\pi r}$$

$$K = \frac{P}{2\pi \sqrt{\frac{A}{\pi}}}$$

$$K = \frac{\sqrt{\pi}}{2\pi} * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$K = 0,282 \frac{P}{\sqrt{A}} = \frac{17,90 \text{ km}}{\sqrt{(8,43 \text{ km}^2)}} = 1,73$$

Perímetro = 17,90 en kilómetros

Área = 8,43 en kilómetros cuadrados

K = 1,73

Con este resultado se deduce que la cuenca tiene un alargamiento significativo.

2.3. Caracterización del río La Quebrada de las Casas

Entre las características físicas del río La Quebrada de las Casas que permitan estimar el comportamiento de la creciente en el cauce, se pueden mencionar:

2.3.1. Longitud

El río se divide en dos brazos, cada uno con longitudes de 6 754,40 metros para el principal y de 6 561,01 metros para el secundario.

2.3.2. Pendiente

La pendiente media del cauce es de 1,2 por ciento. Una pendiente baja debido a la topografía del área de estudio y que forma un río con gran cantidad de meandros.

2.3.3. Velocidad

La velocidad media del río es de 4,61 metros por segundo. Una característica no extraordinaria pero que se hace considerable cuando, debido a propiedades del suelo, arrastra gran cantidad de sedimentos.

2.3.4. Morfología del río⁵

La morfología fluvial es el estudio científico de la forma y estructura de la geografía física de los ríos. La morfología de los ríos es un resultado de la erosión, transporte y sedimentación de partículas de suelo de la cuenca y los valles que transita. La forma de los canales depende de las características hidrológicas y geológicas de la cuenca y de las propiedades de los sedimentos.

2.3.4.1. Edad

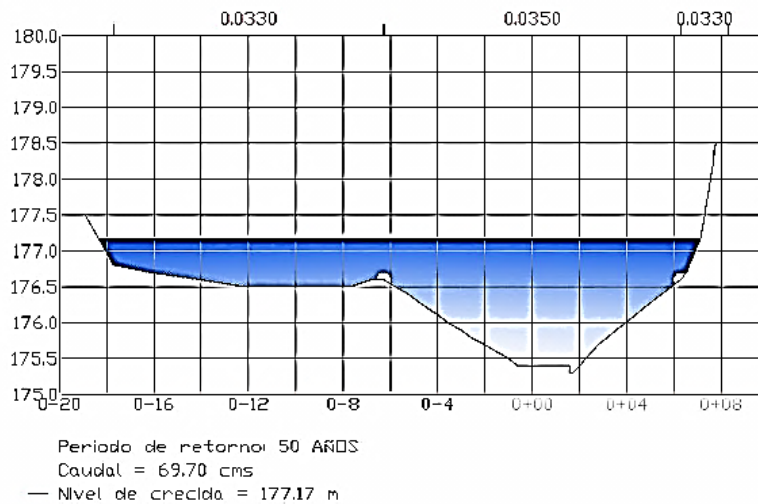
El río La Quebrada de las Casas puede clasificarse como un río joven, debido a la sección transversal en forma de V ocasionado por el proceso de degradación de los suelos.

2.3.4.2. Geometría y sección transversal

El río es un cauce sinuoso o con meandros (meándrico), debido a la topografía y a la cantidad de sedimentos que arrastra, ocasiona asimetría en las secciones transversales, revelando que el calado es mayor en la orilla cóncava que en la convexa.

⁵ Fuente: clasificado según criterio del capítulo 11 del Manual de ingeniería de ríos UNAM, p. 1, 2 y 3.

Figura 18. **Sección transversal típica del río La Quebrada de las Casas**



Fuente: elaboración propia.

2.3.4.3. Por el material de su ribera y del fondo

El material encontrado en su ribera, es una arcilla orgánica arenosa y en el fondo predominan las arenas y en menor cantidad las arcillas y limos, dándole poca cohesión y permitiendo el arrastre de sedimentos.

2.3.4.4. Por su condición de estabilidad

Es una corriente de arrastre sedimentario, que no es capaz de arrastrar la mayor parte del tiempo los elementos de su ribera o sus taludes, por los que se le considera una corriente estática.

2.4. Hidrología de la cuenca

Se refiere a la recolección, análisis y procesamiento de información cartográfica e hidrometeorológica de la cuenca del río La Quebrada de las Casas.

2.4.1. Tiempo de concentración de la cuenca

El río La Quebrada de la Casas se divide en dos brazos, ubicados prácticamente en la misma cota de inicio pero con diferentes longitudes, para este estudio se utiliza el dato de tiempo de concentración del ramal con más longitud.

Tabla IV. **Tiempo de concentración de la cuenca para el brazo número uno del río La Quebrada de las Casas**

Tiempo de concentración de la cuenca	
Longitud de cauce (L)	6 754,40 metros
Altura media (H)	195,12 metros
$T_c = \frac{3 \cdot L^{1,15}}{154 \cdot H^{0,38}} =$	66,57 minutos

Fuente: elaboración propia.

Donde:

L = Longitud del río

H = Altitud media

Tabla V. **Tiempo de concentración de la cuenca para el brazo número dos del río La Quebrada de las Casas**

Tiempo de concentración de la cuenca	
Longitud de cauce (L)	6 561,02 metros
Altura media (H)	195,12 metros
$T_c = \frac{3 \cdot L^{1,15}}{154 \cdot H^{0,38}} =$	64,39 minutos

Fuente: elaboración propia.

Donde:

L = Longitud del río

H = Altitud media

2.4.2. **Precipitación en la cuenca⁶**

El cálculo de la precipitación en la cuenca, se basa en el estudio denominado Estudio de las intensidades de precipitación en Guatemala, generado por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología y Meteorología (INSIVUMEH), donde se deducen las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF).

La metodología para la deducción de las curvas IDF, consiste en el método estándar de cálculo recomendado por el INSIVUMEH, en el informe técnico No. 4-881.

Fuente: método estándar de cálculo de curvas de duración – intensidad - frecuencia, del INSIVUMEH, informe técnico No. 4 - 881. octubre de 1988

La metodología se resume en los siguientes pasos: selección de la tormenta, el número de tormentas seleccionadas varían entre 40 y 98, dependiendo de la disponibilidad de información, a lo largo de períodos de registro entre 8 y 15 años, y seleccionar el tiempo para cada lectura.

En este caso se usan intervalos de 5 minutos; para la organización de los hietogramas obtenidos para cada tormenta.

Las magnitudes de intensidad de lluvia máxima se asocia a los períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 30, 50 y 100 años; y obtención de las curvas IDF, los datos utilizados son los de la estación meteorológica de la Fragua, ubicada a 3 kilómetros del área urbana de Estanzuela, departamento de Zacapa.

Tabla VI. Datos tabulados de las curvas intensidad-duración-frecuencia de la estación meteorológica de La Fragua calculados para un período de retorno dado

	La Fragua	Cuenca Río grande Zacapa Estanzuela			Altura	Registro 1990 - 2002	Años de registro	Tormentas
P					210		10	62
R	2	5	10	20	25	30	50	100
A	2 360	3 980	3 480	844	840	836	831	827
B	19	22	18	7	7	7	7	7
N	0,99	1,025	0,983	0,642	0,639	0,637	0,632	0,628
R ²	0,994	0,994	0,994	0,927	0,926	0,925	0,923	0,922

Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología INSIVUMEH.

Ecuación para determinación de las precipitaciones en la cuenca en base a curvas de intensidad, duración y frecuencia.

$$i = \frac{A}{(B + Tc)^{(n)}}$$

Tabla VII. **Cálculo de precipitaciones en la cuenca**

28,83	mm/hora	Para período de retorno = 2
40,17	mm/hora	Para período de retorno = 5
44,37	mm/hora	Para período de retorno = 10
53,44	mm/hora	Para período de retorno = 20
53,88	mm/hora	Para período de retorno = 25
54,09	mm/hora	Para período de retorno = 30
54,93	mm/hora	Para período de retorno = 50
55,62	mm/hora	Para período de retorno = 100

Fuente: elaboración propia.

2.4.3. Información de escorrentía superficial

No toda el agua de lluvia precipitada llega al sistema de drenaje de la cuenca; parte se pierde por factores tales como evaporación, intercepción vegetal, detención superficial en cunetas, zanjas o depresiones, y por infiltración.

De todos los factores anteriores, el de mayor importancia es el de infiltración, el cual es función de la permeabilidad del terreno.

La escorrentía superficial está en función de las características topográficas, geológicas, climáticas y de vegetación de la cuenca que está íntimamente ligada a la relación entre aguas superficiales y subterráneas; el

cálculo para la determinación del coeficiente de la cuenca del río La Quebrada de la Casas se basa en la ponderación de los coeficientes de escorrentía superficial que están en función del uso del suelo (bosques, áreas de cultivo y calles pavimentadas).

Tabla VIII. **Escorrentía superficial en la cuenca**

Tipo de Suelo	Área (km ²)	Coeficiente	Pendiente	$\sum A \cdot C$
Pavimentos (calles adoquinadas)	0,30	0,85	1,01	0,26
Bosques y/o áreas de cultivo	5,08	0,50	0,44	2,54
Pavimentos (calles)	0,51	0,85	2,19	0,43
Bosques y/o áreas de cultivo	1,75	0,50	0,40	0,87
Pavimentos (calles)	0,17	0,85	1,06	0,14
Bosques y/o áreas de cultivo	0,46	0,50	1,73	0,23
Pavimentos (calles)	0,03	0,85		0,02
Bosques y/o áreas de cultivo	0,14	0,50		0,07
Área Total	8,43			4,57
$C = \frac{\sum(A)(C)}{\sum \text{Áreas}}$		0,54		

Fuente: elaboración propia.

2.4.4. Cálculo probabilístico de período de retorno

Si se asume una probabilidad de ocurrencia de máxima avenida (K) del 50 por ciento durante una vida útil de la obra (n) de 30 años, el período de retorno (Tr) en años, que se debe considerar es el siguiente:

$$T_r = \frac{1}{1 - (1-k)^{1/n}}$$

$$T_r = \frac{1}{1 - (1-50)^{\frac{1}{30}}} = 43,78 \text{ años}$$

Donde:

T_r = Período de retorno

K = Ocurrencia de avenida máxima

n = Vida útil de la obra de mitigación

Se considera para este estudio un período de retorno de 50 años

2.4.5. Determinación de crecidas máximas

La aplicación de los cálculos hidrológicos de la microcuenca se reduce en tres parámetros que deben responderse.

¿Qué caudal se dispone en la corriente?

La cantidad de sólidos sedimentables;

La magnitud de las crecidas y su período de retorno.

2.4.6. Método de estimación de crecidas máximas

Para la estimación de crecidas máximas se dispone de varios métodos de cálculo, en este trabajo de graduación se aplica el método empírico.

2.4.6.1. Método empírico

El método empírico, se conoce también como método racional, y se utiliza en hidrología para determinar el caudal instantáneo máximo de descarga de una cuenca hidrográfica.

La razón de la aplicación del método racional, es la pequeña área de la cuenca y su corto tiempo de concentración. La ecuación de este método se presenta así:

$$Q = \frac{(C) (I) (A)}{3,6}$$

Donde:

Q = Caudal instantáneo máximo de descarga en metros cúbicos por segundo

I = intensidad de la precipitación en milímetros por hora

A = área de la cuenca en kilómetros cuadrados

2.4.7. Caudales máximos de crecidas

Se realizó el cálculo de los caudales máximos de crecidas de la totalidad de la cuenca, y se calcularon las proyecciones futuras para el máximo caudal de avenida equivalente a un período de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 30, 50 y 100 años. En la propuesta final de avenida de diseño, se considera como caudal crítico el del período de retorno a 50 años, calculado probabilísticamente anteriormente.

Tabla IX. **Cálculo de caudales máximos de diseño, para una tormenta con un período de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 30, 50 y 100 años**

Años	área (km ²)	C	2 (Q) m ³ /s	5 (Q) m ³ /s	10 (Q) m ³ /s	20 (Q) m ³ /s	25 (Q) m ³ /s	30 (Q) m ³ /s	50 (Q) m ³ /s	100 (Q) m ³ /s
Pavimentos	0,3	0,54	1,31	1,83	2,02	2,43	2,45	2,46	2,50	2,53
Bosques y/o áreas de cultivo	5,1	0,54	22,04	30,70	33,91	40,85	41,18	41,34	41,98	42,51
Pavimentos	0,5	0,54	2,20	3,06	3,38	4,07	4,10	4,12	4,18	4,24
Bosques y/o áreas de cultivo	1,7	0,54	7,58	10,56	11,67	14,05	14,17	14,22	14,44	14,62
Pavimentos	0,2	0,54	0,73	1,02	1,13	1,36	1,37	1,37	1,40	1,41
Bosques y/o áreas de cultivo	0,5	0,54	1,98	2,76	3,05	3,67	3,70	3,72	3,77	3,82
Pavimentos	0,03	0,54	0,12	0,17	0,18	0,22	0,22	0,22	0,23	0,23
Bosques y/o áreas de cultivo	0,1	0,54	0,62	0,86	0,95	1,14	1,15	1,16	1,18	1,19
Sumatoria de caudales (m ³ /s)			36,57	50,95	56,28	67,79	68,34	68,60	69,67	70,54

Fuente: elaboración propia.

2.5. Hidráulica fluvial del río La Quebrada de las Casas

La topografía utilizada para el estudio de la zona, es equidistante entre curvas de nivel a 0,10 metros, debido a que en general el área es relativamente plana. Se trazó mediante levantamiento topográfico toda la ribera y el cauce del río La Quebrada de las Casas (con la ayuda de un GPS para ubicar un banco de marca), desde el área en riesgo conocida como puente Emanuel hasta la entrada secundaria al municipio. Para la determinación de las cotas de inundación, se trazaron 80 secciones trasversales con la ayuda de *software* CAD, que van desde la cota 0+100 hasta la 1+130.

Tabla X. **Cálculo de la avenida máxima y áreas de inundación en la zona del puente Emanuel**

Estación	Período Retorno	Caudal	Cota canal mínima	Crecida máxima	Cota	Velocidad	Área Inundada	<i>Froude</i>
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	
173	50	69,7	181,8	184,57	2,77	6,71	12,67	1,69
163	50	69,7	182	184,67	2,67	6,16	14,05	1,61
155	50	69,7	182	184,66	2,66	6,49	14,78	1,70
145	50	69,7	182	184,38	2,38	6,71	14,04	1,85
140	50	69,7	182,1	184,02	1,92	6,38	11,44	1,76
130	50	69,7	182,3	184,10	1,80	5,57	12,78	1,85
120	50	69,7	182,6	184,42	1,82	3,30	24,70	0,88
110	50	69,7	182,7	184,63	1,93	2,54	23,40	0,60
100	50	69,7	182,3	184,65	2,35	2,93	20,42	0,64

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Cálculo de la avenida máxima y áreas de inundación en la zona del puente Tortuga**

Estación	Período Retorno	Caudal Total	Cota canal mínima,	Crecida máxima	Cota	Velocidad	Área Inundada	<i>Froude</i>
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m ²)	
545	50	69,7	178,8	180,16	1,36	3,30	29,74	0,90
525	50	69,7	178,9	180,37	1,47	3,53	30,03	0,94
510	50	69,7	178,9	180,48	1,57	3,45	30,47	0,88
480	50	69,7	178,9	180,12	1,22	4,26	17,71	1,43
475	50	69,7	179,3	181,33	2,02	3,05	32,73	0,86
470	50	69,7	179,4	181,15	1,75	4,38	26,52	1,36
460	50	69,7	179,4	181,05	2,05	3,78	24,58	0,98
440	50	69,7	179,4	181,21	1,81	3,13	31,54	0,85

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Cálculo de la avenida máxima y áreas de inundación en la zona del puente San Cayetano**

Estación	Período Retorno	Caudal Total (m ³ /s)	Cota canal mínima (m)	Crecida máxima (m)	Cota (m)	Velocidad (m/s)	Área Inundada (m ²)	<i>Froude</i>
670	50	69,7	178,5	181,23	2,73	4,07	22,16	0,83
665	50	69,7	178,5	181,32	2,82	3,91	25,31	0,78
650	50	69,7	178,5	181,90	3,40	4,53	24,98	0,78
640	50	69,7	178,5	180,63	2,13	7,80	11,84	2,06
630	50	69,7	178,5	180,72	2,22	7,43	10,90	1,96
620	50	69,7	178,5	179,97	1,47	7,93	9,28	3,00
615	50	69,7	178,4	179,96	1,56	6,04	12,95	1,85
610	50	69,7	178,5	179,71	1,21	6,91	12,42	2,56
600	50	69,7	178,5	179,69	1,19	6,87	13,13	2,50
590	50	69,7	178,6	179,60	1,00	6,18	13,27	2,55
585	50	69,7	178,6	179,56	0,96	6,06	13,21	2,66
575	50	69,7	178,7	179,70	1,00	5,20	15,14	2,14
565	50	69,7	178,8	179,87	1,07	4,09	20,02	1,40
555	50	69,7	178,7	179,93	1,23	3,29	27,27	0,98

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Cálculo de la avenida máxima y áreas de inundación en la zona del puente acceso principal (El túnel)**

Estación	Período Retorno	Caudal Total (m ³ /s)	Cota canal mínima (m)	Crecida máxima (m)	Cota (m)	Velocidad (m/s)	Área Inundada (m ²)	<i>Froude</i>
980	50	69,7	177,3	178,42	1,12	10,51	8,16	4,72
970	50	69,7	177,3	178,40	1,40	9,98	8,86	4,08
960	50	69,7	177,1	178,57	1,47	9,21	10,80	3,70
950	50	69,7	177,2	178,76	1,56	8,79	12,47	3,21
940	50	69,7	176,3	178,91	2,61	6,81	13,34	1,92
930	50	69,7	176,4	179,20	2,80	6,40	11,87	1,74
920	50	69,7	177,8	179,44	1,63	5,48	18,98	1,62
910	50	69,7	177,8	179,44	1,64	5,36	17,65	1,56
900	50	69,7	177,9	179,85	1,95	3,15	35,09	0,75
890	50	69,7	177,4	180,28	2,88	3,22	32,09	0,64

Continuación de la tabla XIII.

880	50	69,7	178,4	180,47	2,07	3,19	31,12	0,76
870	50	69,7	178,2	180,52	2,32	3,34	30,09	0,76
860	50	69,7	178,2	180,58	2,38	3,26	30,66	0,76
850	50	69,7	178,4	180,64	2,24	3,41	30,92	0,79
840	50	69,7	178,5	180,53	2,03	4,08	25,85	1,00
830	50	69,7	178,7	180,50	1,80	4,27	24,96	1,08
825	50	69,7	178,4	180,56	2,16	3,44	27,95	0,79
820	50	69,7	178,4	180,68	2,28	3,63	25,27	0,83
808	50	69,7	178,4	180,49	2,09	4,44	18,60	1,17
800	50	69,7	178,4	179,93	1,53	6,07	12,95	2,04

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Cálculo de la avenida máxima y áreas de inundación en la zona del puente acceso secundario**

Estación	Período Retorno	Caudal Total (m ³ /s)	Cota canal mínima (m)	Crecida máxima (m)	Cota Inundación (m)	Velocidad (m/s)	Área (m ²)	<i>Froude</i>
990	50	69,7	174,4	176,97	2,57	3,71	23,07	0,82
1 000	50	69,7	174,5	176,84	2,34	4,54	19,84	1,04
1 010	50	69,7	174,5	176,76	2,26	4,43	17,63	1,11
1 020	50	69,7	174,5	177,21	2,71	3,66	22,22	0,87
1 030	50	69,7	175,4	177,30	1,90	3,55	22,12	0,89
1 040	50	69,7	175,1	177,27	2,16	3,95	20,18	1,08
1 050	50	69,7	175,3	177,21	1,91	4,23	18,85	1,28
1 060	50	69,7	175,2	177,15	1,95	4,32	18,14	1,27
1 070	50	69,7	175,5	177,43	1,93	3,36	25,60	0,89
1 080	50	69,7	175,7	177,55	1,85	3,42	25,98	0,87
1 090	50	69,7	175,2	177,52	2,32	3,38	24,46	0,85
1 100	50	69,7	175,5	177,66	2,16	3,18	26,79	0,83
1 110	50	69,7	176,4	178,09	1,69	3,24	26,79	0,87
1 120	50	69,7	176,9	178,37	1,47	2,99	31,70	0,83
1 130	50	69,7	177,0	178,50	1,50	3,14	32,04	0,86

Fuente: elaboración propia.

2.6. Ensayo de suelos

Los datos fueron obtenidos por ensayo en la Sección de Mecánica de Suelos del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y los resultados son los siguientes:

2.6.1. Ensayo de compresión triaxial

El método se refiere a la determinación de los parámetros de resistencia de los suelos, mediante el ensayo de compresión triaxial, se basa en la norma AASHTO T234. El tipo de ensayo es no consolidado no drenado (UU), los parámetros obtenidos son el ángulo de fricción interna (ϕ) y cohesión (C_u), los valores obtenidos se emplea en el análisis de estabilidad de la estructura propuesta para la mitigación de inundaciones.

Tabla XV. **Tabulación de datos obtenidos de ensayo de compresión triaxial**

Parámetros de corte			
Ángulo de fricción interna: ϕ	11,93 °	Cohesión C_u	22,30 t/m ²

Tipo de ensayo	No consolidado y no drenado
Descripción del suelo	Arcilla orgánica arenosa color café oscuro
Densidad específica seca (t/m ³)	1,34
Densidad específica húmeda (t/m ³)	1,47
Humedad (%H)	9,8

Fuente: Sección de Mecánica de Suelos del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (CII).

2.6.2. Análisis de distribución granulométrica

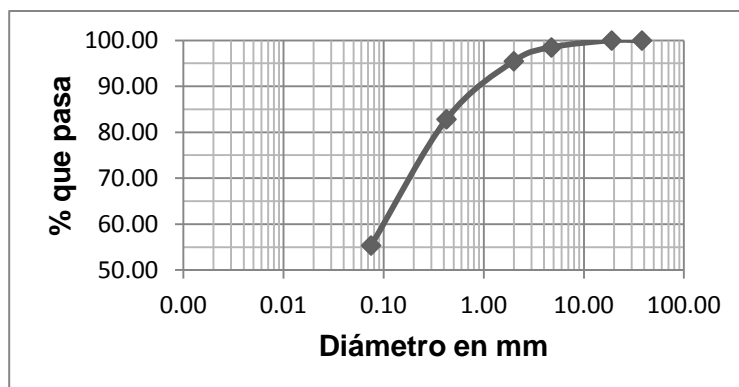
Se basa en la clasificación de normas AASHTO T11 y AASHTO T27, donde se obtienen los siguientes resultados:

Tabla XVI. **Tabulación de datos obtenidos por ensayo de distribución granulométrica**

Análisis de tamices		Abertura (mm)	% que pasa
	1 1/2"	38,10	100,00
	3/4"	19	100,00
	4	4,75	98,50
	10	2,00	95,50
	40	0,425	82,87
	200	0,075	55,39
% de Grava:	1,50		
% de Arena:	43,11		
% de Finos:	55,39		

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Datos obtenidos por ensayo de distribución granulométrica**



Fuente: Sección de Mecánica de Suelos del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (CII).

2.7. Cálculo de coeficiente de rugosidad de Manning del material de fondo

El coeficiente se determina con el método de Garde – Raju, se utiliza la ecuación de la gráfica de distribución granulométrica, para encontrar el tamaño del material en las abscisas de la curva granulométrica, que corresponde al 50 por ciento en las ordenadas (D_{50}).

Para determinar este valor, se calculó la ecuación de la línea de tendencia de la gráfica de distribución granulométrica.

$$y = 6,7668 \ln(x) + 82,631$$

$$72,3 = 6,7668 * \ln (D_{50}) + 82,631$$

$$D_{50} = \frac{0,2172}{1\ 000} = 0,0002172 \text{ metros}$$

Ecuación de Garde - Raju (D_{50} en metros) para la determinación del coeficiente de rugosidad en el fondo de la sección natural del río.

$$n = 0,047 * D_{50}^{1/6} = 0,01152$$

Donde:

D_{50} = Tamaño medio del material de fondo

n = Coeficiente de rugosidad de fondo (adimensional)

2.8. Arrastre de sólidos sedimentables⁷

El movimiento de los sedimentos, se da mediante el mecanismo del trabajo del agua en los cauces. El estudio de transporte de sedimentos se hace con el propósito de determinar la capacidad de transporte líquido y sólido del cauce, detallando características de los sedimentos.

2.8.1. Transporte de sedimentos en cauces naturales⁸

El área total que es cubierta por los cauces de las corrientes, es sólo una proporción muy pequeña de la superficie total del terreno drenado por tales corrientes, sin embargo, los mecanismos de transporte de sedimentos son los más destacados, para el análisis de los cambios que pueden ocasionar en la morfología del cauce. El agua que fluye a lo largo de los cauces de los ríos realiza varios trabajos: a) erosiona el cauce del río, profundizándolo y/o ampliándolo; b) transporta sedimentos, y c) deposita sedimentos.

La naturaleza y extensión de estas actividades depende de la energía cinética de la corriente, y esta a su vez, depende de la cantidad de agua, de la forma y tipo de cauce y del gradiente de la corriente. La deposición tiene lugar cuando disminuye la energía y la corriente no puede mover por más tiempo, el material que levanta directamente de su propio cauce (o que es aportado por la escorrentía de las laderas, por sus tributarios) y que se mueve corriente abajo.

⁷ Fuente: Martín Vide, Juan, Ingeniería de ríos p. 60

⁸ Fuente: IBÍDEM

2.8.2. Características físicas del sedimento

El tamaño de los sedimentos, la velocidad de caída de una partícula, el peso específico de la partícula y las características de los sedimentos depositados son relevantes en el análisis de estabilidad y mantenimiento de las obras de mitigación propuestas.

2.8.2.1. Diámetro medio (D_{50}) de la partícula de fondo

Para determinar este valor se calculó la ecuación de la línea de tendencia de la gráfica de distribución granulométrica, corresponde al diámetro del material promedio, es decir, el tamaño del material en las abscisas de la curva granulométrica que corresponde al 50 por ciento en las ordenadas (D_{50}).

$$y = 6,7668 \ln(x) + 82,631$$

$$72,3 = 6,7668 * \ln (D_{50}) + 82,631$$

$$D_{50} = \frac{0,2172}{1\ 000} = 0,0002172 \text{ metros}$$

2.8.2.2. Densidad

Para una partícula sólida, la densidad es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia.

En resumen es la relación entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.

Tabla XVII. **Tabulación de datos para el cálculo del peso específico del suelo**

Muestra número 1		Muestra número 2	
Datos		Datos	
Peso suelo aire (gr)	327,1	Peso suelo aire (gr)	358,9
Peso con parafina (gr)	359,2	Peso con parafina (gr)	393,0
Peso en el agua (gr)	99,6	Peso en el agua (gr)	124,7
Densidad parafina	0,88	Densidad parafina	0,88
Volumen de Parafina		Volumen de Parafina	
Volumen parafina	36,48	Volumen parafina	38,75
Volumen del Espécimen		Volumen del Espécimen	
Volumen del espécimen	223,12	Volumen del espécimen	229,55
Peso Específico del Suelo		Peso Específico del Suelo	
Peso específico	1,47	Peso específico	1,56
Peso Específico	1,51 gr/cm ³	= 1 510 kg/m ³	

Fuente: Sección de Mecánica de Suelos del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería (CII).

2.8.2.3. **Peso específico**

Es la relación entre el peso de la partícula y su volumen, o lo que es igual, el producto de la densidad y la aceleración de la gravedad.

$$\gamma_s = \frac{m}{V} \text{ en } \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

2.8.2.4. Gravedad específica

La gravedad específica G , se define como la relación entre la densidad de la partícula sólida y la densidad del agua a 4 grados centígrados.

$$G = \frac{\rho_s}{\rho} = \frac{\gamma_s}{\gamma}$$

2.8.2.5. Densidad relativa

La densidad relativa es una comparación de la densidad de una sustancia con la densidad de otra que se toma como referencia. La densidad relativa es adimensional (sin unidades), ya que queda definida como el cociente de dos densidades.

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma}$$

2.8.2.6. Peso específico sumergido

Se define por la diferencia entre el peso específico del sedimento y el peso específico del agua.

$$\gamma_s = \gamma_s - \gamma \text{ en } [\text{kg/m}^3]$$

2.8.2.7. Velocidad crítica para el inicio del movimiento de la partícula de fondo

La velocidad crítica se define como la velocidad mínima que requiere una partícula del lecho, de diámetro D, para iniciar su movimiento (bajo ciertas condiciones de flujo).

- Ecuación de Maza-García

$$V_c = 4,71 (\Delta^{1/2}) (D_{84}^{0,35}) (R^{0,15})$$

$$84 = 6,7668 \ln (D_{84}) + 82,631 = \frac{1,2242}{1\ 000} = D_{84} = 0,00122$$

$$V_c = 4,71 (0,51^{1/2})(0,00122^{0,35})(0,74^{0,15}) = 0,3071 \text{ m/s}$$

Donde:

Δ = densidad relativa

V_c = Velocidad crítica

R = Radio hidráulico

D = Diámetro de la partícula

D y R en metros

2.8.2.8. Cálculo del transporte total del lecho o carga de material de fondo (S_b)

Los sedimentos tienen origen en el lecho del cauce y pueden ser transportados como carga de lecho en el fondo (S_{bb}), o como carga de lecho suspendida (S_{bs}). La carga de lecho es generalmente granular de tipo piedras, gravas, y arenas. En este estudio no se consideró la carga de lecho en suspensión y se considera igual a cero.

$$S_b = S_{bb} + S_{bs}$$

S_{bb} = carga de lecho en el fondo o carga de fondo

S_{bs} = carga de lecho en suspensión o carga en suspensión

2.8.2.8.1. Transporte del lecho en el fondo o carga de fondo (S_{bb})

Es el material del lecho que es transportado en una capa próxima al fondo, ya sea por deslizamiento o rodamiento, tiene un espesor aproximado igual a dos veces el diámetro de la partícula considerada. La carga de lecho en el fondo varía entre el 5 por ciento y 25 por ciento de la carga en suspensión, aunque puede representar porcentajes mayores en materiales gruesos.

La carga de fondo puede moverse rodando, deslizándose o a saltos a velocidades menores que aquellas del flujo alrededor. La carga de fondo es muy importante, debido a que es esta la que mayor influencia tiene en los cambios del fondo de los ríos, el volumen de transporte de carga de fondo es una función de la capacidad de transporte del flujo.⁹

⁹ Fuente: Juárez Díaz, Jaime, control de erosión en zonas tropicales, p. 95

$$S_{bb} = \frac{2\,500}{\gamma_s} S^{\frac{1}{3}} \left(q_s^{\frac{7}{6}} - 2,351 \cdot E^{-5} \Delta^{\frac{5}{3}} D^{\frac{7}{18}} \right) \text{ en } \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s} - \text{m}} \right]$$

Donde:

S_{bb} = transporte unitario de lecho en el fondo expresado en volumen

D = diámetro representativo

S = pendiente del río

q = caudal unitario

Δ = densidad relativa de las partículas sumergidas

γ_s = peso específico del sedimento

Tabla XVIII. **Resumen de características físicas del sedimento y carga volumétrica de material de fondo**

Diámetro medio (D_{50})	Densidad Natural	Peso Específico	Gravedad específica
0,0002172 metros	1 510 kg/m ³	14 798 N/m ³	1,51

Densidad relativa	Peso específico sumergido	velocidad crítica partícula	Carga material de fondo
0,51	510 kg/m ³	0,3071 m/s	0,1507 m ³ /s-m

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en los datos experimentales obtenidos, la carga de fondo del río La Quebrada de las Casas es importante, lo cual sugiere un mantenimiento continuo, sobre todo en la época lluviosa, de las obras de mitigación para evitar el asolvamiento en las estructuras.

2.9. Obras de mitigación de inundaciones en la ribera del río La Quebrada de las Casas

Las obras de mitigación propuestas, consisten en elementos de bajo impacto al ambiente, como bordas de protección con gaviones, zampeado de los taludes y diseño de la sección del canal.

2.9.1. Normas y códigos aplicados en el diseño de las obras de mitigación

El Diseño de las obras de mitigación se basan en las especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos del Ministerio de Comunicaciones, Obras Públicas y Vivienda de la República de Guatemala, específicamente de la división 250 que describe las disposiciones para terraplenes estructurales, sección 251 zampeado y sección 253 gaviones y colchones para revestimiento.

2.9.2. Flujograma del proyecto

Es una representación gráfica del proceso para la recolección, estructuración y análisis de los datos necesarios para la determinación de crecidas máximas y la propuesta para las obras de mitigación de inundaciones en la ribera del río La Quebrada de las Casas.

Inicia con el enfoque del objetivo, la recolección de información en campo y la recopilación de información en formato digital relacionada con el área de estudio. El proceso de digitalización de la información impresa, es acompañado de los datos de un Sistema de Información Geográfica (SIG) y la creación de

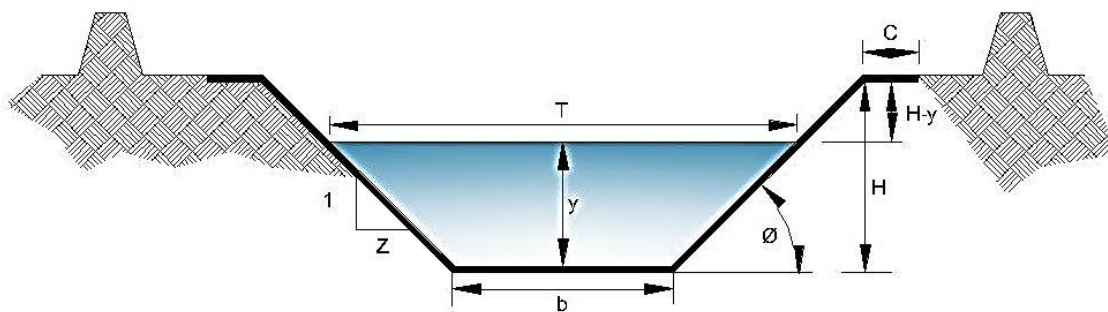
2.9.3. Geometría de la sección del canal

Los elementos geométricos son propiedades de una sección del canal, que pueden ser definidos por completo por la geometría de la sección y la profundidad de flujo.

Para secciones de un canal regular, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad de flujo y de otras dimensiones de la sección.

La geometría propuesta y con más eficiencia para el desfogue del caudal de diseño en el canal del río La Quebrada de las Casas, es una sección trapezoidal.

Figura 21. **Elementos geométricos de la sección transversal de un canal**



Fuente: elaboración propia.

y = tirante de agua, altura que el agua adquiere en la sección transversal

b = base del canal o ancho de solera

T = espejo de agua o superficie libre de agua

H = profundidad total del canal

H-y = borde libre

C = ancho de corona

θ = ángulo de inclinación de las paredes laterales con la horizontal

Z: 1 = talud, Horizontal: Vertical

A = $\{(b + Z y) y\}$, área hidráulica

P = $b + 2 \cdot y (1 + Z^2)^{0,5}$, perímetro mojado

R = A/P, radio hidráulico

\bar{y} = A/T, tirante hidráulico o tirante medio

2.9.3.1. Características hidráulicas y geométricas del canal

El canal está diseñado para un gasto de 10,97 metros cúbicos por segundo, el régimen del flujo es subcrítico, esta característica está influenciada por la pendiente natural del río, y se utilizó como parámetro para el diseño geométrico del canal.

Tabla XIX. Resumen de los cálculos de las características hidráulicas y geométricas del canal

Solera (b) en metros	Relación del talud (z)	Tirante (y) en metros	Pendiente media del talud del canal (m/m)	K	Coefficiente de rugosidad (n = canto rodado)	Pendiente (m/m)
1	5	0,8	0,2	1,84	0,023	0,012

Espejo de agua (T) en metros	Área Hidráulica (m ²)	Perímetro Mojado (m)	Radio Hidráulico (m)	Velocidad del Canal (m/s)
9,00	4,00	9,16	0,44	2,74

Continuación de la tabla XIX.

Espejo de agua (T) en metros	Área Hidráulica (m ²)	Perímetro Mojado (m)	Radio Hidráulico (m)	Velocidad del Canal (m/s)
9,00	4,00	9,16	0,44	2,74

Fuente: elaboración propia.

2.9.4. Muros de encausamiento

Una propuesta viable técnica y económica para la construcción de los muros de encausamiento, que protegerán la infraestructura y las áreas susceptibles a inundaciones en la ribera del río La Quebrada de las Casas, es el uso de bloques fabricados con gaviones, por su fácil colocación que no necesita mano de obra calificada y la factibilidad de encontrar las rocas adecuadas en los márgenes del río Grande de Zacapa, que está a pocos kilómetros del área urbana del municipio de Estanzuela.

2.9.4.1. Muro de retención

Una obra de retención, es un tipo de estructura, que está diseñada para soportar los empujes laterales, producidos por el suelo u otros materiales cuando las condiciones no permiten que asuman sus pendientes naturales, y que los retengan en un corte vertical o con pendiente, que de otra forma tendería a fallar o a deslizarse.

2.9.4.1.1. Muro de retención de gaviones

Los gaviones son cestas de malla triple torsión de alambre de medidas variables, cuya unidad es dividida uniformemente en celdas. Posteriormente, las cestas son conectadas a unidades similares, llenadas con roca en el sitio del proyecto, para formar estructuras flexibles, permeables y monolíticas usadas como muros de retención.

El alambre usado en los gaviones es fabricado de acero dúctil, fuertemente galvanizado (Clase III) y tejido con triple torsión, para conformar una malla, lo cual forma una estructura íntegra, continua y resistente.

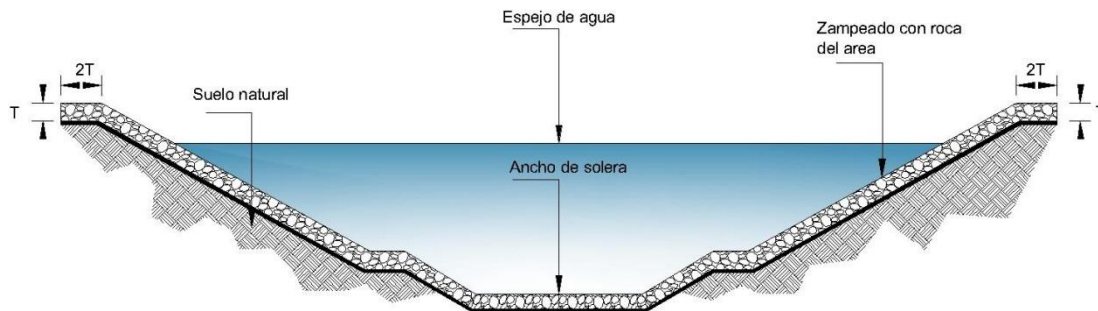
Cuando los gaviones son colocados en ambientes agresivos, se adiciona al alambre galvanizado un recubrimiento adicional de cloruro de polivinilo (PVC) antes de ser tejido en la malla. El PVC protegerá al alambre y le dará futura resistencia contra agentes químicos, biológicos o corrosivos.

Flexibilidad, permeabilidad, resistencia y versatilidad, son las características más notables que los gaviones aportan para sus distintos usos y diferentes condiciones.

2.9.5. Zampeado

Es la protección con roca, colocada con o sin mortero, construida con el objeto de proteger márgenes, taludes, estructuras de drenaje y para el control de la erosión.

Figura 22. **Esquema de recubrimiento de canal con zampeado**



Fuente: elaboración propia.

2.9.5.1. Criterio para el diseño de la protección con zampeado

La estabilidad de una roca es una función de su tamaño, expresada ya sea en términos de su peso o diámetro equivalente. Para el diseño del revestimiento del talud de la ribera de una corriente, se puede utilizar el siguiente criterio:

- Diseño basado en la velocidad de la corriente

Este sistema será el utilizado debido a que ya existe el cálculo sobre la velocidad de diseño de la corriente en el canal (ver tabla XX).

Puede diseñarse con base en la velocidad promedio del canal o trabajar con la velocidad en la superficie del cauce.

2.9.5.2. Esfuerzos sobre el revestimiento del zampeado

El agua genera esfuerzos sobre la superficie de la orilla, tratando de producir erosión. Si las orillas no tienen una protección adecuada, estas pueden erosionarse y producir otro tipo de amenazas.

Las orillas pueden erosionarse por dos procesos diferentes.

- Abrasión

Los esfuerzos hidráulicos pueden generar desprendimiento del material de la superficie de la orilla.

- Deslizamiento

La erosión o las fuerzas hidráulicas pueden producir inestabilidad de los taludes, produciendo movimientos de masas importantes de suelo o roca de la orilla.

2.9.5.3. Mecanismo de falla en el revestimiento del zampeado

- Exceso de presión de poros

El exceso de presión de poros, es uno de los más importantes mecanismos de falla de los revestimientos. Si la protección diseñada es de baja permeabilidad comparada con el subsuelo, la turbulencia genera un exceso de presión de poros debajo del revestimiento, el cual puede producir la licuación o

el flujo del suelo inmediatamente debajo del revestimiento, generando su deslizamiento. Los revestimientos permeables permiten la disipación de esa presión, en la medida de que el agua pueda salir de la capa de revestimiento.

- Migración de finos debajo del revestimiento del zampeado

Otro problema generado por el agua en la orilla, es la migración interna de granos por acción de los gradientes hidráulicos.

Este proceso de erosión interna es más grave en suelos con coeficiente de uniformidad $C_u = (D_{60}/D_{10}) > 10$, si la porosidad de la protección es alta, se pueden perder materiales finos del suelo de cimentación, lo cual puede causar la eventual falla del revestimiento.

- Deslizamiento del revestimiento del zampeado

El deslizamiento del revestimiento ocurre cuando la componente del peso de éste, paralelo al talud, es mayor que la fuerza de fricción, entre el revestimiento y el talud o cuando no existe apoyo adecuado en el pie del revestimiento.

2.9.5.4. Especificaciones para la colocación del zampeado con mortero

El mortero debe ser colocado únicamente cuando la temperatura esté arriba de 5 grados centígrados y esté subiendo, debe ser colocado de manera que se evite la segregación, todos los vacíos deben ser rellenados, sin perturbar la posición de las rocas, se debe proveer agujeros de drenaje a través del zampeado según sea requerido.

El mortero debe consistir en una mezcla de una parte de cemento hidráulico, con dos partes de agregado fino AASHTO M 45, en volumen, se podrá agregar cal en una cantidad que no exceda del 10 por ciento del cemento hidráulico en masa.

El mortero debe tener una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de 14 mega pascales (2 000 libras sobre pulgada cuadrada) cuando se ensaye, de acuerdo con AASHTO T 22 y T 23.

Podrá ser colocado por medio de canales, tubos, cubetas o puede ser colocado por medio de equipo neumático u otros medios mecánicos, siempre en una operación continua para cada jornada de trabajo. Después de colocar el mortero, se debe cepillar las piedras para que su superficie quede expuesta, las rocas externas deben proyectarse fuera de la superficie del mortero, de 0,33 a 0,25 veces su diámetro, el zampeado con mortero debe mantenerse húmedo durante 3 días después de haber sido terminado, no se debe aplicar ninguna carga exterior sobre el mismo, al menos durante 4 días después de haber terminado el trabajo.

2.9.5.5. Características de la roca¹⁰

Se deberá suministrar roca dura, durable y angular que sea resistente a la intemperización, a la acción del agua y que esté libre de materia orgánica y de desperdicio, no se debe utilizar cantos rodados, esquisto o rocas con fisuras.

Además, la roca debe cumplir con las siguientes características:

¹⁰ Fuente: Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos del Ministerio de Comunicaciones Obras Públicas y Vivienda de la República de Guatemala, división 250, p. 251-1.

2.9.5.5.1. Densidad de la roca

Una densidad adecuada, es un factor de primera importancia, a veces se presentan complicaciones porque aparecen mantos de roca de baja densidad estratificados dentro de rocas más densas. La mayoría de las rocas tienen densidades entre 2 500 y 2 700 kilogramos sobre metro cubico, sin embargo algunas rocas pueden tener densidades hasta de 3 100 kilogramos sobre metro cubico, como en el caso del basalto que es una roca característica de la zona de la falla del Motagua, sin embargo para este diseño se utiliza una roca con densidad media de 2 700 kilogramos sobre metro cubico. La densidad de la roca es una muy buena indicación de la resistencia.

2.9.5.5.2. Absorción de agua

La cantidad de agua absorbida por la roca, es una indicación de la calidad del material.

2.9.5.5.3. Meteorización

Debe tenerse en cuenta la meteorización de la roca, en el momento de la colocación y el potencial de meteorización con el tiempo en presencia del agua.

2.9.5.5.4. Estructuras de discontinuidades

La presencia de discontinuidades, puede determinar la facilidad con que la roca puede ser rota o dañada por abrasión.

2.9.5.5.5. Forma de los bloques

La roca puede ser alongada, cuboide o irregular, la forma de los bloques afecta el diseño por su efecto directo en la estabilidad del revestimiento y la porosidad del enrocado, las formas de las piedras generalmente se limitan a una relación longitud / espesor de 3: 1. Las piedras tabulares tienden a ser hidráulicamente menos estables.

2.9.5.5.6. Integridad de los bloques

La integridad de las unidades, se afecta por el sistema de manejo. Por ejemplo, el manejo con maquinaria puede destruir en gran parte la integridad de los bloques.

2.9.5.5.7. Tamaño de la piedra

El tamaño promedio de las piedras, es tal vez el factor más importante del diseño. Las piedras pequeñas no son convenientes, debido a la facilidad con que el agua las puede soltar y transportar.

El diseño de una buena gradación del material, eliminando los tamaños pequeños, es un trabajo que se debe realizar previamente a la construcción.

2.9.5.5.8. Gradación

El tamaño y la distribución de los bloques de roca determinan la estabilidad hidráulica de los muros de defensa a inundaciones en la ribera del río La Quebrada de las Casas.

2.9.5.5.9. Porosidad del zampeado

Es la medida del volumen de vacíos por unidad de volumen del zampeado.

Generalmente, varía entre 15 y 40 por ciento, siendo los valores más bajos los de los materiales bien gradados.

Tabla XX. **Criterios para evaluar la calidad del zampeado**

Ensayo	Norma	Criterio general de conveniencia
Petrografía	ASTM C 295	Roca fresca, cristalina sin arcilla ni minerales solubles y pocas discontinuidades.
Gravedad específica	AASHTO T 85	2,30 como mínimo.
Índice de durabilidad	AASHTO T 210	52 como mínimo.
Absorción	AASHTO T 85	Un enrocado de buena calidad debe tener una absorción del 1 por ciento. Las absorciones de más del 2 por ciento sugieren problemas de durabilidad de la roca.
Solides a los sulfatos		Las pérdidas en el ensayo no deben ser mayores al 5 por ciento. Una roca con más del 10 por ciento de pérdidas es una roca de mala calidad.

Continuación de la tabla XX.

Abrasión	Debe tener menos del 20 por ciento de pérdidas a 500 revoluciones.
Prueba de caída	No debe romperse ni agrietarse.

Fuente: Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras y Puentes de la Dirección General de Caminos del Ministerio de Comunicaciones Obras Públicas y Vivienda de la República de Guatemala, división 250, p. 251-1.

2.9.6. Filtros de geotextil¹¹

Los filtros sintéticos o geotextiles se usan para remplazar las capas de material granular de filtro convencionales, los geotextiles usados en revestimientos caben en dos categorías: tejidos y no tejidos, los geotextiles tejidos son comúnmente manufacturados de filamentos sintéticos continuos tejidos octogonalmente.

Estos materiales tienden a ser relativamente rígidos con muy poca deformación a máxima carga. Sus deformaciones unitarias varían entre 15 por ciento y 20 por ciento, los geotextiles tejidos son comúnmente delgados y al deformarse aumentan considerablemente sus poros por separación entre las fibras, afectando su eficiencia como filtros. Por la razón anterior no es común su utilización como filtro.

Entre las obras de protección con gaviones y el terreno natural a proteger, deberá colocarse un filtro sintético constituido por un geotextil no tejido de

¹¹ Fuente: Maccaferri, defensas ribereñas y obras transversales, p. 6.

filamentos continuos de poliéster, unidos exclusivamente por agujado, el cual deberá contar con las siguientes especificaciones.

- Abertura de filtración máxima: 0,230 mm (ASTM D 4751)
- Permeabilidad normal mínima: 0,30 cm/s (ASTM D 4491)
- Resistencia mínima a la tracción en la dirección longitudinal / Carga distribuida 10 kN/m (ASTM D 4595)
- Resistencia mínima al punzonado CBR 2 Kilo-Newton.

2.10. Memorias de cálculo de las obras de mitigación de inundaciones en la ribera del río La Quebrada de las Casas

- Memoria de cálculo de la protección con zampeado

El método de diseño propuesto es el del *Hidraulic Engineering Center* (HEC), utilizando el método de la velocidad crítica del canal, y está dado por la ecuación:

$$D_{50} = \frac{0,001(V)^3}{d_{50}^{1/2}(K)^{3/2}}$$

Donde:

D_{50} = Tamaño medio de la partícula del enrocado en pies

V = Velocidad promedio del canal

d_{50} = Altura media de la crecida en el canal central

K = Parámetro de pendiente del talud, es la relación entre el ángulo del talud del canal y el ángulo de reposo del material de fondo

$$K = \sqrt{1 - \left(\frac{\text{sen}\alpha}{\text{sen}\theta}\right)^2}$$

Donde:

α = Ángulo de talud de canal

θ = Ángulo de fricción interna del material

- Cálculo de α (alfa)

Para determinar el ángulo del talud del canal con la horizontal, se debe de considerar el diseño de la sección del canal (ver tabla XIX), donde el talud de diseño del canal es 1:5, por tanto:

$$\tan(\alpha) = \frac{1}{5}$$

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{1}{5}\right) = 11,31^\circ, \text{ para un talud H : V}$$

- Cálculo de parámetro de pendiente de talud (k)

Para el cálculo del parámetro de la pendiente de talud (k), se considera el ángulo de fricción interna del material de fondo del río, $\theta = 11,93^\circ$ (ver tabla XV).

$$k = \sqrt{1 - \left(\frac{(\text{sen}\alpha)}{(\text{sen}\theta)} \right)^2}$$

$$k = \sqrt{1 - \left(\frac{(\text{sen}(11,31^\circ))}{(\text{sen}(11,93^\circ))} \right)^2}, \quad k = 0,3161$$

Cálculo de diámetro medio (D_{50}) de la roca para la utilización en la construcción de la protección enrocada de la ribera (zampeado).

Parámetros de diseño:

- Velocidad del canal (v) ver tabla XIX

$V = 2,74$ metros/segundo, equivalente a $8,99$ ft/s

- Parámetro de la pendiente del talud (k) = $0,3161$
- Altura media de la crecida (d_{50}) en el canal central ver hidráulica fluvial (tablas X a la XIV)

$d_{50} = 4$ metros, equivalentes a $13,12$ ft

$$D_{50} = \frac{0,001(v)^3}{d_{50}^{1/2}(k)^{3/2}}$$

$$D_{50} = \frac{0,001 \left(8,99 \frac{\text{ft}}{\text{s}} \right)^3}{(13,12 \text{ ft})_{50}^{1/2} (0,3161)^{3/2}} = 1,12 \text{ ft} = 0,3440 \text{ m}$$

- Corrección por peso específico de la roca y estabilidad

$$C = C_{sg} * C_{sf}$$

Donde:

C = Coeficiente de corrección

Ssg = Coeficiente de corrección por peso específico de la roca

Csf = Coeficiente de corrección del factor de estabilidad

Cálculo de coeficiente por peso específico

C_{sg} = Peso específico de la roca ($2,7 \frac{T}{m^3}$)

$$C_{sg} = \frac{2,12}{(S_g - 1)^{3/2}}$$

- Cálculo de coeficiente por estabilidad

SF = factor de estabilidad (1,5)

$$C_{sg} = \frac{2,12}{(2,7 - 1)^{3/2}} = 0,9564$$

$$C_{sf} = \frac{1,5}{(1,2)^{3/2}} = 1,1410$$

- Cálculo de coeficiente de corrección

$$C = C_{sg} C_{sf}$$

$$C = 0,9564 (1,1410) = 1,09$$

- Espesor de la capa del zampeado (D_{50}^1)

$$D_{50}^1 = C (D_{50}) = 1,09 (0,3440 \text{ m}) = 0,37 \text{ m}$$

El espesor de D_{50}^1 debe aumentarse en 50 por ciento cuando el enrocado se coloca bajo agua, con el objeto de tener en cuenta las incertidumbres del proceso de colocación.

El espesor de zampeado en la ribera del río será de 0,40 metros y en el área del canal central en contacto con la corriente será de 0,60 metros, se deberá considerar esta excavación como extra a la de la sección del canal.

- Memoria de cálculo de la geometría del canal ¹²

El método que se utiliza para el cálculo de la geometría del canal es el de Ven Te Chow, se basa en el cálculo de la velocidad máxima permisible en función de la pendiente del canal, se compara con la velocidad permisible en función del número de Froude, en este caso para el diseño se usará la pendiente natural del río La Quebrada de las Casas.

¹² Ver resumen en la tabla XX.

El dimensionamiento de la sección del canal en función del tirante y solera deseada, se da con base al espacio disponible para la construcción de la sección. La pendiente del talud se da a solicitud del diseño del zampeado.

Estos resultados proporcionan un canal con velocidades permisibles, en función de sus características geométricas e hidráulicas.

Solera = 1 m

Talud (z) = 1:5

Tirante (y) = 0,80 m

Pendiente (m) = 0,012 m

- Perímetro mojado

$$P = b + 2y\sqrt{1+z^2}$$

$$P = 1 + 2(0,80)\sqrt{1+5^2} = 9,16 \text{ m}$$

- Radio hidráulico

$$R = \frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$$

$$R = \frac{(1+5)(0,80)(0,80)}{1+2(0,80)\sqrt{1+5^2}}$$

$$R = 0,44$$

- Cálculo de la pendiente media

$$m = \frac{m_1 + m_2}{2}$$

La pendiente media del talud del canal, m_1 y m_2 , son las pendientes de cada cara lateral del trapecio del canal

$$m = \frac{m_1 + m_2}{2}$$

$$m = \frac{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}{2} = 0,20$$

- Cálculo de factor de conducción (k)

$$k = \sqrt{1 + m_1^2} + \sqrt{1 + m_2^2} - m$$

$$k = \sqrt{1 + 0,2_1^2} + \sqrt{1 + 0,2_2^2} - 0,2 = 1,84$$

- Velocidad del canal

$$V = \frac{1}{n} [R^{0,67} S^{0,5}]$$

$$V = \frac{1}{0,023} [0,44^{0,67} 0,012^{0,5}] = 2,74 \frac{m}{s}$$

n = coeficiente de rugosidad del material de fondo, para este caso se usa el coeficiente de rugosidad del material del encorado, $n = 0,023$

- Velocidad permisible en función de pendiente

$$V_{\max} = \left[\frac{Q \cdot S_o^{3/2}}{4 \cdot n^3 k} \right]^{1/4}$$

$$V_{\max} = \left[\frac{10,97 \cdot 0,012_o^{3/2}}{4 \cdot 0,023^3 \cdot 1,84} \right]^{1/4} = 3,56 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Número de Froude

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g(y)}}$$

$$Fr = \frac{2,74 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\sqrt{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (0,80 \text{ m})}} = 0,98$$

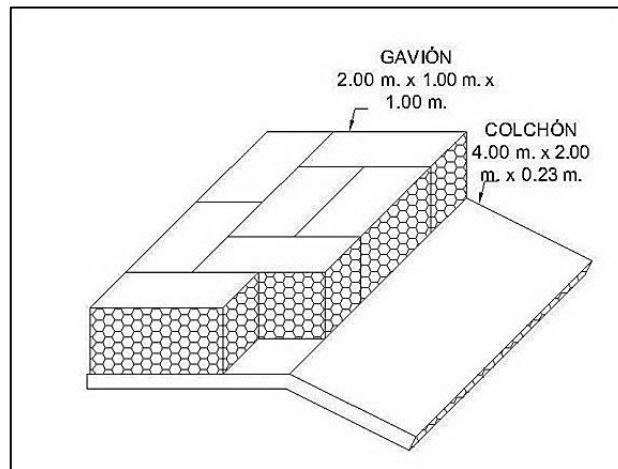
- Velocidad permisible en función de número de Froude

$$V_{\max} = \left[\frac{Fr^2(g) \sqrt{k(Q)}}{k+m} \right]^{2/5}$$

$$V_{\max} = \left[\frac{0,98^2 (9,81) \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \sqrt{1,84 \cdot 10,97 \frac{\text{m}}{\text{s}}}}{1,84 + 0,2} \right]^{2/5} = 3,36 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

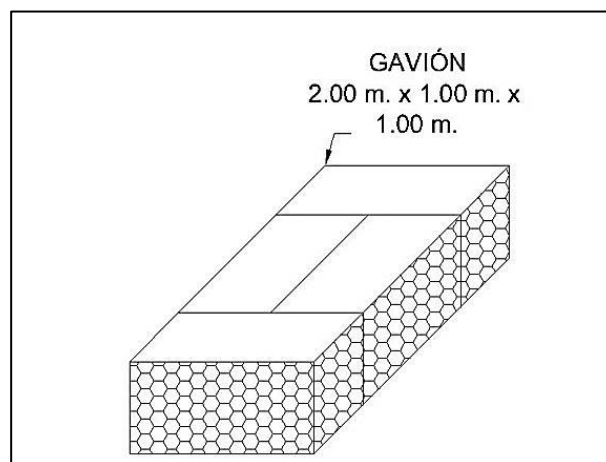
- Memoria de cálculo del muro de gaviones para la protección de inundaciones en la ribera del río La Quebrada de las Casas

Figura 23. **Detalle de muro de gaviones cama número uno**



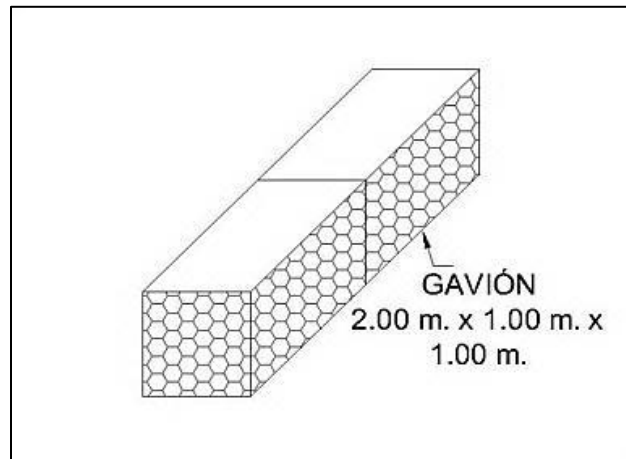
Fuente: elaboración propia.

Figura 24. **Detalle de muro de gaviones cama número dos**



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **Detalle de muro de gaviones cama número tres**



Fuente: elaboración propia.

- Capacidad soporte del suelo de fundación:

Para determinar la capacidad soporte del suelo se utilizará la ecuación de Terzagui, la que está dado por:

$$q_u = C (N_c) + q (N_q) + \frac{1}{2} (\gamma)(B)(N_\gamma)$$

Donde:

N_c, N_q, N_γ = Factores de capacidad de carga adimensionales

C = Cohesión

γ = Peso específico del suelo

q = $\gamma(D_f)$,

D_f = Cota de desplante

B = Base transversal de la cimentación

Tabla XXI. Factores de capacidad de carga adimensional

Φ	N_c	N_q	N_γ	Φ	N_c	N_q	N_γ
0	5,7	1	0	13	12,11	4,02	1,26
1	6	1,1	0,01	14	12,86	4,45	1,52
2	6,3	1,22	0,04	15	13,68	4,92	1,82
3	6,62	1,35	0,06	16	14,6	5,45	2,18
4	6,97	1,49	0,1	17	15,12	6,04	2,59
5	7,34	1,64	0,14	18	16,56	6,7	3,07
6	7,73	1,81	0,2	19	17,69	7,44	3,64
7	8,15	2	0,27	20	18,92	8,26	4,31
8	8,6	2,21	0,35	21	20,27	9,19	5,09
9	9,09	2,44	0,44	22	21,75	10,23	6,00
10	9,61	2,69	0,56	23	23,36	11,4	7,08
11	10,76	3,29	0,85	24	25,13	12,72	8,34
12	11,41	3,63	1,04				

Fuente: DAS, Braja M. Principios de ingeniería de cimentaciones, factores de capacidad de carga de Terzaghi. p. 158.

$$q_u = C(N_c) + q(N_q) + \frac{1}{2}(\gamma)(B)(N_\gamma)$$

$$q_u = 22\,300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} (10,76) + 0,5 \text{ m} (3,29) + \frac{1}{2} \left(1\,510 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (3)(0,85)$$

$$q_u = 24,25 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

- Cálculo del valor del coeficiente de empuje activo

El valor del coeficiente de empuje activo K_a está dado por:

Donde:

$$\beta = 90^\circ$$

$$\phi = 11,93^\circ$$

$$\varepsilon = 0$$

$\delta = 0,90 \phi$, debido que atrás del muro hay geotextil

$$K_a = \frac{\text{Sen}^2(\beta + \phi)}{\text{Sen}^2(\beta) \text{sen}(\beta - \delta) \left[1 + \left(\frac{\text{sen}(\phi - \delta) \text{sen}(\phi - \varepsilon)}{\text{sen}(\beta - \delta) \text{sen}(\beta - \varepsilon)} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^2}$$

$$K_a = \frac{\text{Sen}^2(90 + 11,93^\circ)}{\text{Sen}^2(90) \text{sen}[90 - 0,90(11,93^\circ)] \left[1 + \left(\frac{\text{sen}(11,93^\circ - (0,90)(11,93^\circ)) \text{sen}(11,93^\circ - 0)}{\text{sen}(90 - (0,9)(11,93^\circ)) \text{sen}(90 - 0)} \right)^{\frac{1}{2}} \right]^2}$$

$$K_a = 0,4871$$

- Cálculo de empuje activo (EA)

El empuje activo está dado por:

$$E_A = \frac{1}{2} (\gamma_{\text{suelo}}) (H_m^2) (K_a)$$

Donde:

$$\gamma_{\text{suelo}} = 1\,510 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

H_m = altura del muro

K_a = coeficiente de empuje activo

$$E_A = \frac{1}{2} \left(1\,510 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) (3^2) (0,4871) = 3\,309,84 \text{ kg}$$

- Momento por volcamiento (M_v)

El momento por volcamiento está dado por:

$$M_v = E_A (H_m) \left(\frac{1}{3} \right) = (3\,309,84 \text{ kg})(3 \text{ m}) \left(\frac{1}{3} \right) = 3\,309,84 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Momento estabilizante (ME)

Peso total del muro (W_t)

$$W_t = (2 \text{ m})(1 \text{ m})(1 \text{ m})(0,80) \left(2\,700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 4\,320 \text{ kg} \text{ (13 gaviones)} = 56\,160 \text{ kg}$$

Donde:

0,80 = relación de vacíos

2 m x 1 m x 1 m = dimensiones del gavión

$$\gamma_{\text{roca}} = 2\,700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

- Momento estabilizante

El momento estabilizante está dado por:

$$M_E = 56\,160(1,50) = 8\,420 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

- Factor de seguridad de volcamiento (F_s)

El factor de seguridad de volcamiento está dado por:

$$F_s = \frac{M_E}{M_V} > 2$$

$$F_s = \frac{84\,240 \text{ kg} \cdot \text{m}}{3\,309,84 \text{ kg} \cdot \text{m}} = 25,45 > 2 \text{ cumple}$$

- Factor de seguridad de deslizamiento (F_{sv})

El factor de seguridad de deslizamiento está dado por:

$$N = \sum W = 56\,160 = 56\,160 \text{ kg}$$

$$F_{sv} = \frac{\mu \cdot N}{E_A} = \frac{\tan(11,93^\circ) (56\,160 \text{ kg})}{3\,309,84 \text{ kg}} = 3,58 > 1,5 \text{ cumple}$$

- Punto de aplicación de la normal

$$x \left(\sum N \right) = M_E - M_V$$

$$X = \frac{M_E - M_V}{\sum N} = \frac{84\,240 \text{ kg-m} - 3\,309,84 \text{ kg-m}}{56\,160 \text{ kg}} = 1,44 \text{ m}$$

- Excentricidad

$$e = \frac{B}{2} - X$$

$$e = \frac{3}{2} - 1,44 \text{ m} = 0,06 \text{ m}$$

$$\frac{B}{6} > e = \frac{3}{6} > 0,06$$

- Chequeo de la presión en el suelo de fundación

$$\sigma_1 = \frac{N}{\text{Área}} \left(1 \pm \frac{6(e)}{B} \right)$$

$$\sigma = \frac{56,160 \text{ kg}}{(7 \text{ gaviones})(200 \text{ cm})(100 \text{ cm})} \left(1 \pm \frac{6(0,06 \text{ cm})}{300 \text{ cm}} \right)$$

$$\sigma^1 = 0,40 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < 24,25 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma^2 = 0,40 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} > 0$$

El esfuerzo en el suelo de fundación es menor al valor de la capacidad soporte del suelo calculado, por lo que el suelo soporta la cantidad de gaviones propuesto.

2.11. Elaboración de presupuesto

En el análisis de costos del proyecto; construcción de las obras de mitigación en las áreas susceptibles a inundaciones, en el municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa, se calculó un factor de indirectos basado en la premisa que la municipalidad, por medio de la DMP (Dirección Municipal de Planificación) administrará el proyecto y lo ejecutará con el personal que ya tiene en planilla, por lo que se consideró para el pago del personal, el sueldo base más la bonificación, aprobado a partir del primero de enero del 2011, que consiste en Q. 63,70 diarios en actividades agrícolas y no agrícolas más una bonificación de Q. 250,00 mensual, y con estos datos se calculó el factor de prestaciones.

2.11.1. Factor de prestaciones

El porcentaje aplicado para el cálculo de factor de prestaciones es de 0,25 el cálculo se basó en el procedimiento del Ministerio de Trabajo y Previsión Social de la República de Guatemala.

Tabla XXII. Presupuesto general

Renglón: limpieza, trazo y replanteo			Unidad	1,00 Global
Recursos	Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
			Q	Q
Materiales				
Estacas	global	1,00	Q380,25	<u>Q380,25</u> Q380,25
Mano de Obra				
Ayudante	Unidad	10,00	Q720,33	Q7 203,33

Continuación de la tabla XXII.

Cadenero	Unidad	1,00	Q720,33	Q720,33
Topógrafo	Unidad	1,00	Q1 333,33	<u>Q1 333,33</u>
				Q9 257,00
Equipo				
Movilización equipo	global	1,00	Q600,00	<u>Q600,00</u>
				Q600,00
Herramientas				
Equipo de limpieza	global	1,00	Q1 000,00	Q1 000,00
Teodolito	unidad	1,00	Q4 000,00	Q4 000,00
Nivel	unidad	1,00	Q1 500,00	Q1 500,00
Estadal	Unidad	1,00	Q500,00	<u>Q500,00</u>
				Q6 500,00

Costo directo		Q16 737,25
Factor de prestaciones	0,25	Q2 314,25
Costo total		Q19 051,50

Renglón: excavación con maquinaria				Unidad	1,00
					m ³
Recursos	Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial	
			Q	Q	

Materiales

Diesel	galón	0,31	Q27,68	<u>Q8,65</u>
				Q8,65

Mano de Obra

Operador retro	hora	0,17	Q25,00	<u>Q4,15</u>
				Q4,15

Equipo

Retroexcavadora	hm/m ³	0,17	Q312,50	<u>Q53,13</u>
				Q53,13

Costo directo		Q65,92
Factor de prestaciones	0,25	Q1,04
Costo total		Q66,96

Renglón: retiros hasta 1 kilometro			Unidad	1,00 m ³ /km
Recursos	Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
			Q	Q
Materiales				
Diesel	galón	0,15	Q27,68	<u>Q4,15</u> Q4,15
Mano de Obra				
Ayudante de maquinaria	hora	0,08	Q9,00	Q0,72
Operador cargador	hora	0,17	Q25,00	Q4,25
Chofer camión	hora	0,33	Q16,67	<u>Q5,50</u> Q10,47
Equipo				
Cargador frontal	hm/m ³	0,17	Q350,00	Q59,50
Camión	m ³ /km	1,00	Q2,50	<u>Q2,50</u> Q62,00
Costo directo				Q76,62
Factor de prestaciones			0,25	Q2,62
Costo total				Q79,24

Renglón: Zampeado				m ²
Recursos	Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
			Q	Q
Materiales				
Arena	m ³	0,13	Q75,89	Q9,87
Piedrín	m ³	0,18	Q129,46	Q23,30
Cemento UGC	saco	0,88	Q56,25	Q49,22
Diesel	galón	0,10	Q27,68	Q2,77
Clavo 3"	Libra	0,10	Q7,14	Q0,71
Tabla	Unidad	1,60	Q26,79	Q42,86
Piedra bola	M ³	0.40	Q78,36	<u>Q31,34</u> Q160,07

Continuación de la tabla XXII.

Mano de Obra

Chofer camión	hora	0,17	Q14,58	Q2,48
Operador Mezcladora	m ²	1,00	Q0,75	Q0,75
Ayudante	m ²	1,00	Q0,75	Q0,75
Albañil	m ²	1,00	Q2,25	<u>Q2,25</u>
				Q6,23

Equipo

Mezcladora	hm/ m ²	0,29	Q133,93	Q39,06
Vibrador	hm/ m ²	0,02	Q89,29	Q1,49
Camión	m ³ /km	0,35	Q2,50	<u>Q0,88</u>
				Q41,43

Herramientas

Herramientas varias	global	1,00	Q0,50	<u>Q0,50</u>
				Q0,50

Costo directo				Q208,23
Factor de prestaciones			0,25	Q1,56
Costo total				Q209,79

Renglón: geotextil no tejido				
				m ²
Recursos	Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
			Q	Q

Materiales

Geotextil no tejido	m ²	1,00	Q7,81	Q7,81
Anclaje	global	1,00	Q10,71	<u>Q10,71</u>
				Q18,53

Mano de Obra

Ayudante	m ²	1,00	Q1,13	Q1,13
Albañil	m ²	1,00	Q1,41	<u>Q1,41</u>
				Q2,53

Continuación de la tabla XXII.

Herramientas				
Herramientas varias	1	Global	Q0,50	<u>Q0,50</u> Q0,50
Costo directo				Q21,56
Factor de prestaciones			0,25	Q0,63
Costo total				Q22,19
Renglón: gavión caja de 2 x 1 x 1 m.				
			Unidad	1,00 m ³
Recursos	Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
			Q	Q
Materiales				
Gavión caja de 2x1x1, con recubrimiento de PVC	unidad	0,50	Q348,21	Q174,11
Alambre galvanizado	Libra	3,00	Q7,59	Q22,77
Varilla 3/8	varilla	0,16	Q27,68	Q4,43
Clavo 3"	Libra	0,05	Q5,80	Q0,29
Regla 3x2	unidad	0,75	Q10,71	Q8,04
Tabla	unidad	1,40	Q26,79	Q37,50
Piedra Bola	m3	1,00	Q78,57	<u>Q78,57</u> Q325,70
Mano de Obra				
Ayudante	m3	1,00	Q9,00	Q9,00
Albañil	m3	1,00	Q11,25	<u>Q11,25</u> Q20,25
Herramientas				
Herramientas varias	1	Global	Q0,50	<u>Q0,50</u> Q0,50
Costo directo				Q346,46
Factor de prestaciones			0,25	Q5,06
Costo total				Q351,52

Renglón: gavión colchón de 4,00 x 2,00 x 0,23 m			Unidad	1,00 m ³
Recursos	Unidad	Cantidad	Unitario	Parcial
			Q	Q
Materiales				
Colchón de 4,00 x 2,00 x 0,23 m, con recubrimiento de PVC	unidad	0,50	Q669,64	Q334,82
Alambre galvanizado	Libra	3,00	Q7,59	Q22,77
Varilla 3/8"	varilla	0,16	Q27,68	Q4,43
Clavo 3"	Libra	0,05	Q5,80	Q0,29
Regla 3" x 2"	unidad	0,75	Q10,71	Q8,04
Tabla	unidad	1,40	Q26,79	Q37,50
Piedra Bola	m ³	1,00	Q78,57	<u>Q78,57</u>
				Q486,42
Mano de Obra				
Ayudante	m ³	1,00	Q9,00	Q9,00
Albañil	m ³	1,00	Q11,25	<u>Q11,25</u>
				Q20,25
Herramientas				
Herramientas varias	1	Global	Q0,50	<u>Q0,50</u>
				Q0,50
Costo directo				Q507,17
Factor de prestaciones			0,25	Q5,06
Costo total				Q512,23

Fuente: elaboración propia.

2.12. Presupuesto

A continuación se presenta el presupuesto integrado de los renglones que se elaboraron con referencia de las especificaciones técnicas y los planos.

Tabla XXIII. **Presupuesto de obras de mitigación de la ribera del río La Quebrada de las Casas**

UBICACIÓN:	ESTANZUELA DEPARTAMENTO DE ZACAPA				
PROYECTO:	OBRAS DE MITIGACION DE INUNDACIONES EN LA RIBERA DEL RIO LA QUEBRADA DE LAS CASAS.				
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C/UNITARIO	C/TOTAL
OBRAS DE MITIGACION DE INUNDACIONES					
1,00	Preliminares	global	1,00	Q19 051,50	Q19 051,50
2,00	Excavaciones	m3	4596,16	Q66,96	Q307 768,11
3,00	Acarreo de material de desperdicio	m3	5708,79	Q79,24	Q452 362,69
4,00	Muros de mitigacion de inundaciones				
4,10	Suministro e instalacion de geotextil para muro de mitigacion	m2	4110,00	Q22,19	Q91 203,05
4,20	Suministro e instalacion de Colchones de 4.00 x 2.00 x 0,23 m.	m3	252,08	Q512,23	Q129 123,67
4,30	Suministro e instalacion de gaviones caja de 2.00x 1.00 x 1.00	m3	2366,00	Q351,52	Q831 693,01
5,00	Zampeado	m2	4227,27	Q209,79	Q886 819,16
			COSTO DIRECTO TOTAL		Q2 718 021,19
			ADMINISTRACION (7 %)		Q190 261,48
			IVA	12%	Q201 433,89
			TOTAL PRESUPUESTO		Q3 109 716,56

Fuente: elaboración propia.

2.13. Cronograma de ejecución

Se presenta a continuación, el cronograma de ejecución del proyecto en donde se describen las actividades principales y los tiempos en los cuales se alcanzaran los renglones contratados.

Tabla XXIV. Cronograma de ejecución

	DIAS	MESES						%	COSTO
		1	2	3	4	5	6		
RIO QUEBRADA DE LAS CASAS	157.5 dias								
1.0 OBRAS DE MITIGACION									
1.1 PRELIMINARES									
1.1.1 Limpieza, trazo y replanteo topografico	14 dias	■						0.70	Q19 051.50
1.2 MUROS DE CONTENCIÓN									
1.2.1 Excavacion	56 dias	■	■	■	■	■	■	11.32	Q307 768.11
1.2.2 Retiro de material gaviones de 2.00 x 1.00 x 1.00	56 dias	■	■	■	■	■	■	16.64	Q452 362.69
1.2.3 colchon de 4.00 x 2.00 x 0.23 m.	126 dias	■	■	■	■	■	■	30.60	Q831 693.01
1.2.4 geotextil para muro de contencion	126 dias	■	■	■	■	■	■	4.75	Q129 123.67
1.2.5 ZAMPEADO	84 dias							3.36	Q91 203.05
1.3 ZAMPEADO									
1.3.1 Zampeado	77 dias			■	■	■	■	32.63	Q886 819.16
								100.00	Q2 718 021.19

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Los habitantes y la infraestructura que da acceso al municipio de Estanzuela, departamento de Zacapa, está en altos niveles de riesgo de inundación debido a la probabilidad de ocurrencia de una tormenta que ocasione un caudal que no sea soportado por la sección natural del río La Quebrada de las Casas.
2. El control de inundaciones no es un concepto absoluto, lo que se busca es reducir los daños que las inundaciones periódicas causan hasta un mínimo que sea consistente con el costo involucrado de la construcción de las obras de mitigación.
3. Surge la necesidad, en la Dirección Municipal de Planificación (DMP) de la municipalidad de Estanzuela, de acoger anualmente a por lo menos un estudiante de ingeniería civil para orientar, en base a sus conocimientos técnicos, los diseños propuestos en la priorización anual de proyectos de la municipalidad y mancomunidad de nororiente.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Estanzuela:

1. Debido a la alta probabilidad de ocurrencia de una crecida máxima en época lluviosa en el área de estudio, implementan como urgentes, considerar los diseños de las obras de mitigación a inundaciones en las áreas urgentes, identificadas como de alto riesgo en el diagnóstico de vulnerabilidad.
2. Aplicar las definiciones, descripciones y especificaciones del libro de especificaciones generales de construcción de carreteras y puentes de la Dirección General de Caminos del Ministerio de Comunicaciones Obras Públicas y Vivienda de la República de Guatemala, específicamente de la división 250 que describe las disposiciones para terraplenes estructurales, la sección 251 para la construcción de enrocados (zampeado) y la sección 253 para la construcción con gaviones y colchones para revestimiento.
3. Planificar la eliminación del sistema de drenaje paralelo al río La Quebrada de las Casas, para evitar la continua contaminación de este por medio de las aguas residuales del municipio.

Zampeado

4. La roca para el zampeado deberá extraerse de modo que tengan aristas vivas y sanas sin señales de meteorización o grietas, La roca para el zampeado deberá cumplir que las dimensiones lineales deberán ser tales, que el lado mayor no sea superior a dos veces que el lado menor.
5. Colocar juntas de dilatación a cada 10 metros para el diseño. Construir el zampeado en época de estiaje por la facilidad del manejo del caudal en esta temporada.

Gaviones

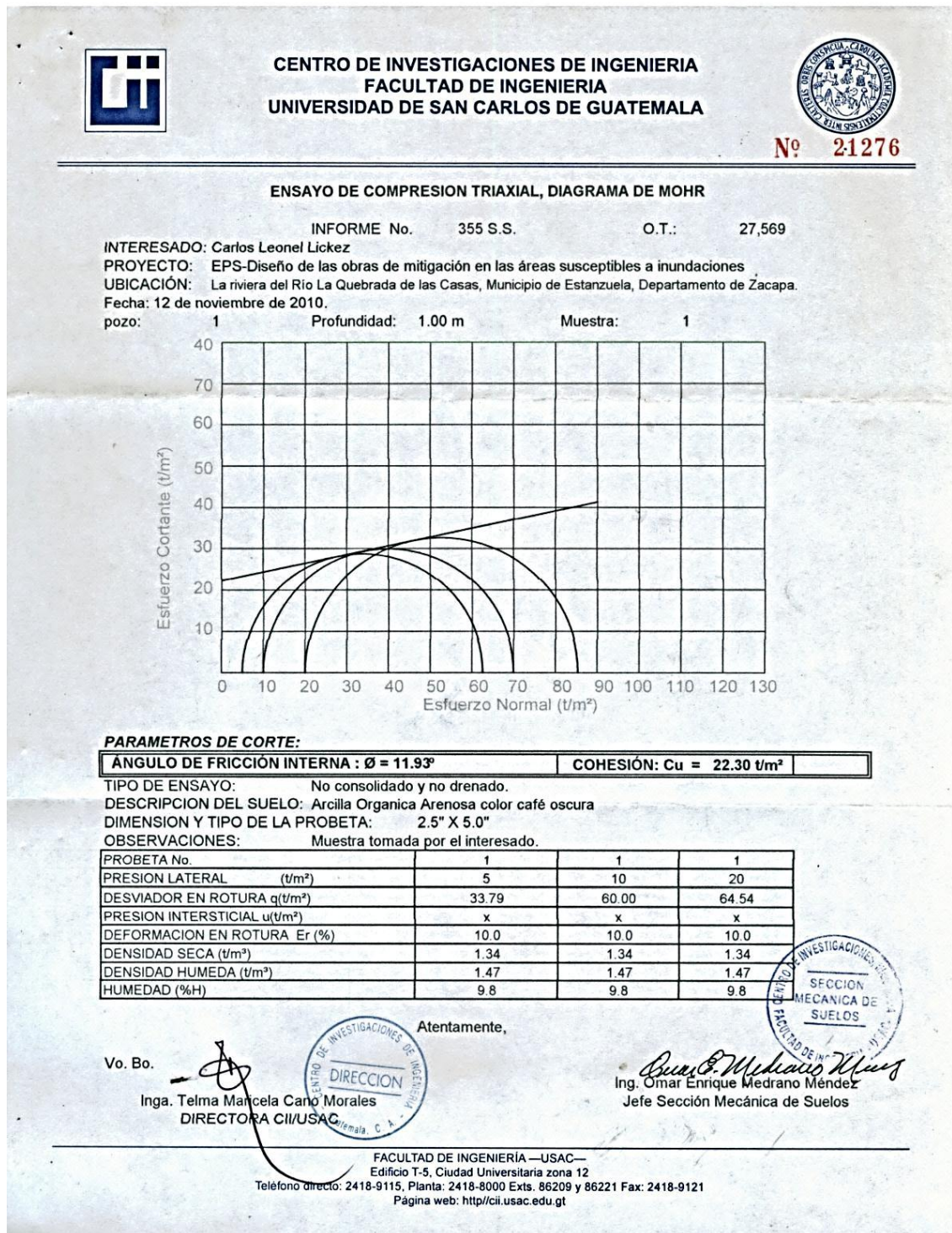
6. Colocar el filtro sintético propuesto, en la obra de protección (gaviones), para evitar la pérdida de finos del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

1. CHOW, Ven Te. *Hidráulica de canales abiertos*. Colombia: Nomos, 2004. 667 p.
2. GRACIAS SÁNCHEZ, Jesús; MAZA ÁLVAREZ, José Antonio. *Morfología de ríos*. México: UNAM, 2003. 50 p.
3. JUÁREZ DÍAZ, Jaime. *Control de erosión en zonas tropicales*. Colombia: División Editorial y de Publicaciones Universidad Industrial de Santander, 2001. 555 p.
4. Organización Mundial de la Salud. *Gestión integrada de crecidas: documento conceptual*. Suiza: Organización Meteorológica Mundial, 2009. 32 p.
5. REVISTA Maccaferri. Gabion mat. Estados Unidos de America. vol. 20, 2006. 35 p.
6. REVISTA UN-HABITAT. Gestión comunitaria de riesgos. Lima, Perú: 2002. 25 p.
7. VIDE, Juan P. Martin. *Ingeniería de ríos*. México D.F.: Alfa Omega, 2003. 338 p.
8. WILCHES-CHAUX, Gustavo. *Herramientas para la crisis: desastres, ecologismo y formación profesional*. Colombia: SENA, 1989, 198 p.

ANEXOS

- Ensayo de compresión triaxial





**CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



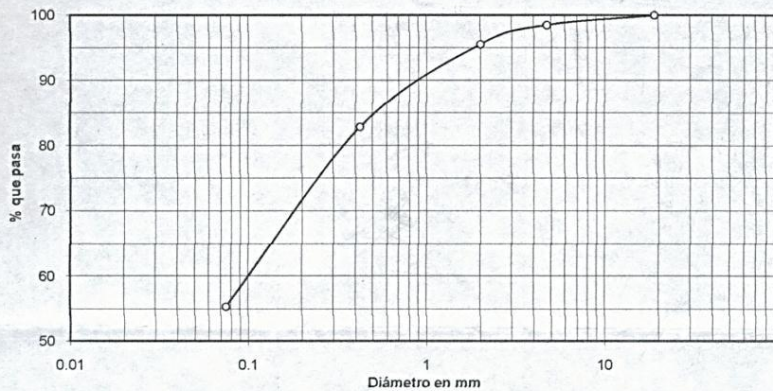
Nº 21279

INFORME No. 356 S.S. O.T. No. 27,569

Interesado: Carlos Leonel Lickez
 Tipo de Ensayo: Análisis Granulométrico, con tamices y con lavado previo.
 Norma: A.A.S.H.T.O. T-27, T-11
 Proyecto: EPS-Diseño de las obras de mitigación en las áreas susceptibles a inundaciones
 Ubicación: La rívera del Río La Quebrada de las Casas, Municipio de Estanzuela, Departamento de Zacapa.
 Fecha: 12 de noviembre de 2010

Análisis con Tamices:		
Tamiz	Abertura (mm)	% que pasa
1 1/2"	38.10	100.00
3/4"	19	100.00
4	4.75	98.50
10	2	95.50
40	0.425	82.87
200	0.075	55.39

% de Grava: 1.50
 % de Arena: 43.11
 % de finos: 55.39



Descripción del suelo: Arcilla Organica Arenosa color café oscura
 Clasificación: S.C.U.: CL P.R.A.: A-6
 Observaciones: Muestra tomada por el interesado. Muestra 1



Atentamente,

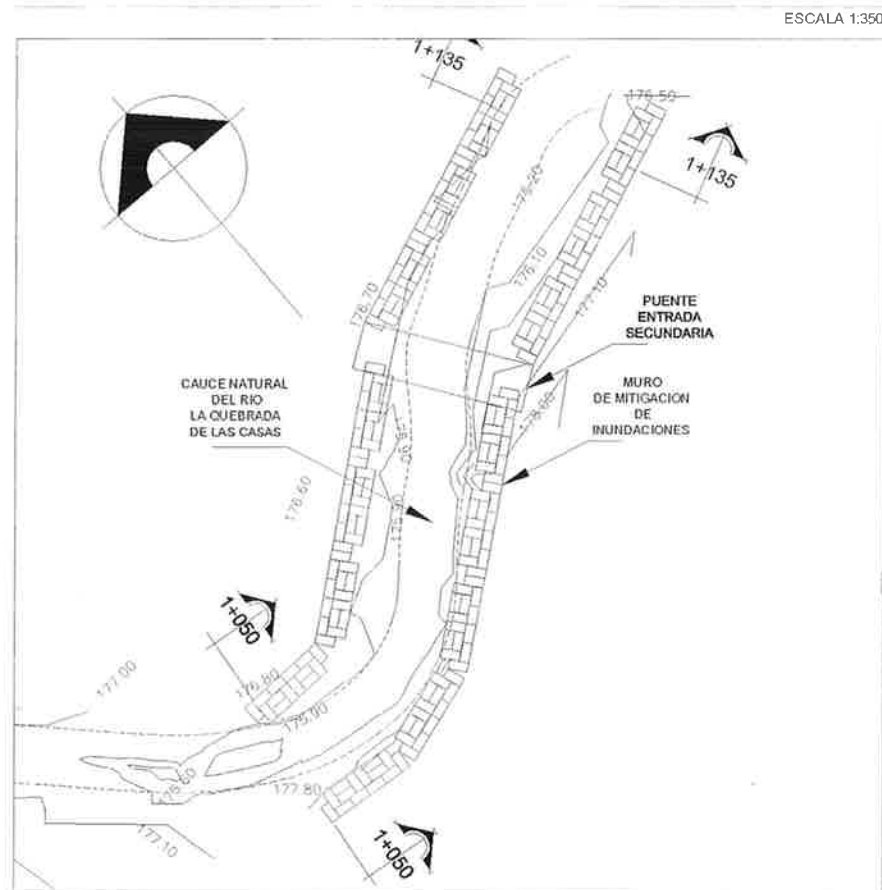
Vo. Bo.
 Inga. Telma Marijela Cano Morales
 DIRECTORA CII/USAC



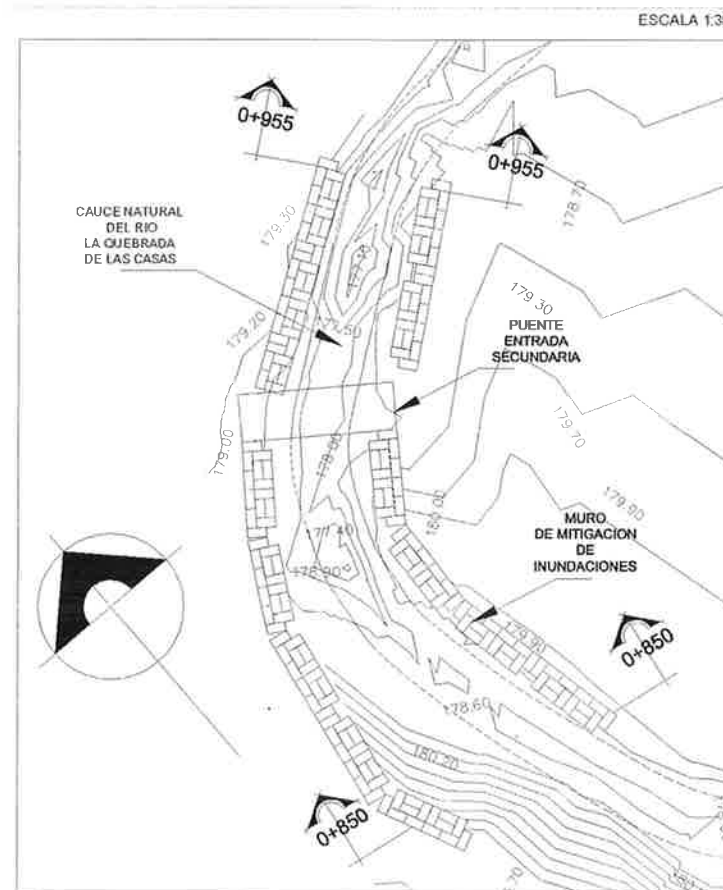
Omar E. Medrano Méndez
 Ing. Omar Enrique Medrano Méndez
 Jefe Sección Mecánica de Suelos

PLANTA DE UBICACIÓN DE MUROS DE MITIGACIÓN

PUENTE ENTRADA SECUNDARIA



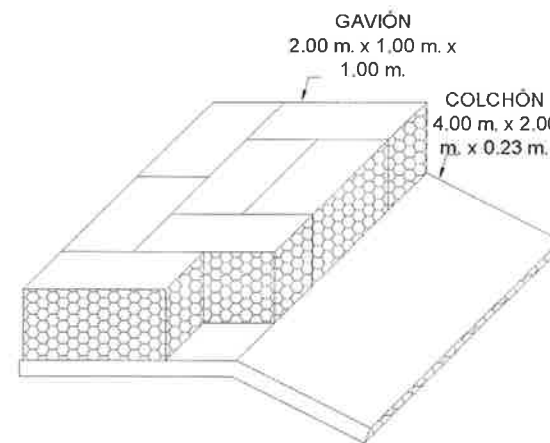
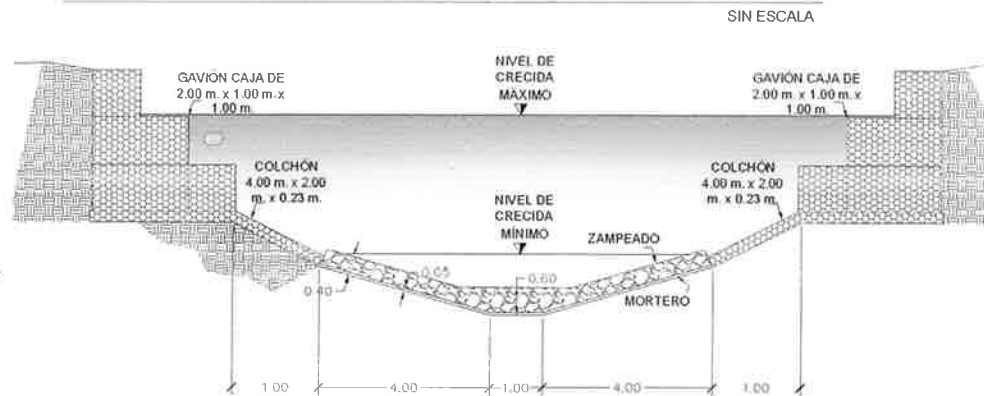
PUENTE ENTRADA PRINCIPAL



GEOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL CANAL

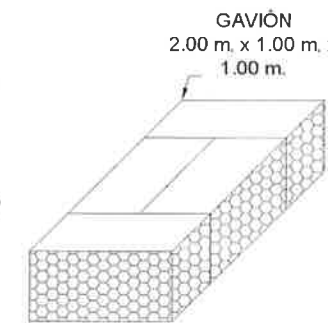
Geometría del canal					Características hidráulicas									
Solera (b)	talud (z)	Tirante (y)	Pendiente media del talud del canal (m)	k	Coefficiente de rugosidad (n = canto rodado)	Pendiente (m/m)	Área Hidráulica (m ²)	Ancho Superf. Mojado (m)	radio Hidráulico (m)	Velocidad de Canal (m/s)	Velocidad Máxima admisible (pendiente) (m/s)	Velocidad máxima admisible (froude) (m/s)	Caudal (m ³ /s)	# Froude
1	5	0.8	0.2	1.84	0.023	0.012	4.00	9.00	9.16	0.64	2.24	3.56	3.38	11.97

SECCIÓN TÍPICA DE ARMADO DE MURO DE MITIGACIÓN, CANAL Y ZAMPEADO



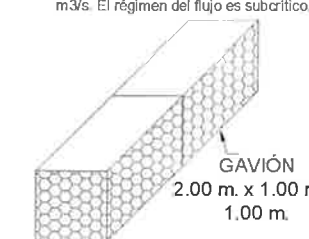
PROYECCIÓN DE PRIMERA CAMA DE GAVIONES

ESCALA 1:100



PROYECCIÓN DE SEGUNDA CAMA DE GAVIONES

ESCALA 1:100



PROYECCIÓN DE TERCERA CAMA DE GAVIONES

ESCALA 1:100

ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL:

GEOTEXTIL:

El geotextil debe ser colocado con la dirección principal paralela a la dirección de la corriente del agua. En el caso de protección de taludes contra la erosión, se debe colocar paralelo a la pendiente del talud.

Abertura de filtración máxima: 0.230 mm (ASTM D 4751).

Permeabilidad normal mínima: 0.30 cm/s (ASTM D 4491).

Resistencia mínima a la tracción en la dirección longitudinal / Carga distribuida: 10kNm (ASTM D 4595).

Resistencia mínima al punzonado CBR: 2 kN.

ROCA:

Petrografía (ASTM C295) Roca fresca, cristalina sin arcilla ni minerales solubles y pocas discontinuidades.

Gravedad específica aparente (AASHTO T85) 2.30 mínimo.

Índice de durabilidad (AASHTO T210) 52 mínimo.

Absorción (AASHTO T85) absorción del 1%

Abrasión: 20% de pérdidas a 500 revoluciones.

GAVIÓN:

Gavión de 2.00 x 1.00 x 1.00, malla de las canastas de las cajas debe ser de malla hexagonal a doble torsión, obtenida entrecruzando dos hilos por tres medios giros. Se debe torcer o soldar la malla de alambre galvanizado de acero de acuerdo con ASTM A 641 M clase 3 o la de alambre de acero aluminado de acuerdo con ASTM A 809. Se debe utilizar alambre con una resistencia mínima a la tensión de 415 MPa. Cuando se ensaye de acuerdo con ASTM A 570.

RELLENO: Material que pasa el tamiz de 0.75 mm (AASHTO T 27 y T 11), 15% máximo. Límite Líquido (AASHTO T 89), 30% máximo. Proctor 90% mínimo.

MORTERO PARA ZAMPEADO: El mortero debe tener una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de 2000 PSI. CANAL: El canal está diseñado para un gasto de 10.97 m³/s. El régimen del flujo es subcrítico.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MULTIPROFESIONAL (EPSUM) MANCOMUNIDAD DE NORORIENTE, ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

ASESORIA SUPERVISOR (AP) EPS
ING. JUAN MERCK COS
COLEGADO NO. 1550
ASESOR-REVISOR EPS
DISEÑO / DIBUJO

CARLOS LEONEL LICEZ
CARNE: 1999-15402

FECHA: AGOSTO DE 2011

NOTA:
PARA EVALUACION DE AREAS EN RIESGO VER PLANO DE PROYECCIÓN DE INUNDACIONES DE LAS AREAS DE ESTUDIO.

DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN LAS AREAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES EN LA RIBERA DEL RIO LA QUEBRADA DE LAS CASAS, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPTO DE ZACAPA.

CONTENIDO:
SECCION MURO RETENCION + DETALLES
PLANTA DE LOCALIZACION DE OBRAS DE MITIGACION
FUENTES SECUNDARIO Y PRIMARIO

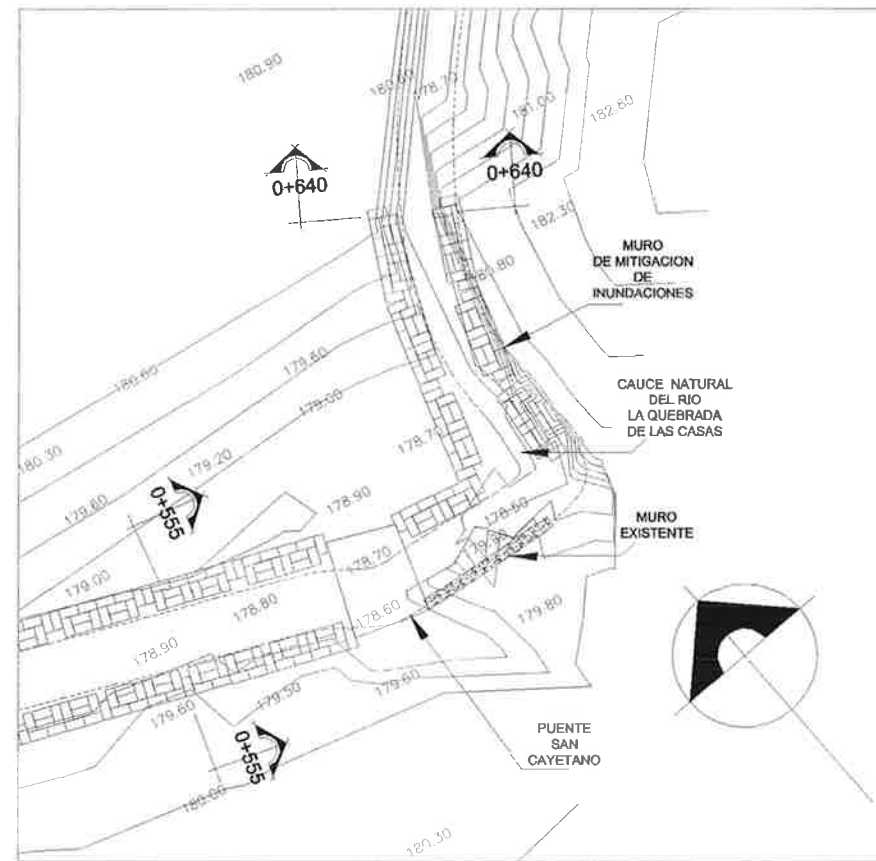
ESCALA: INICIADA

PAGINA 1

PLANTA DE UBICACIÓN DE MUROS DE MITIGACIÓN

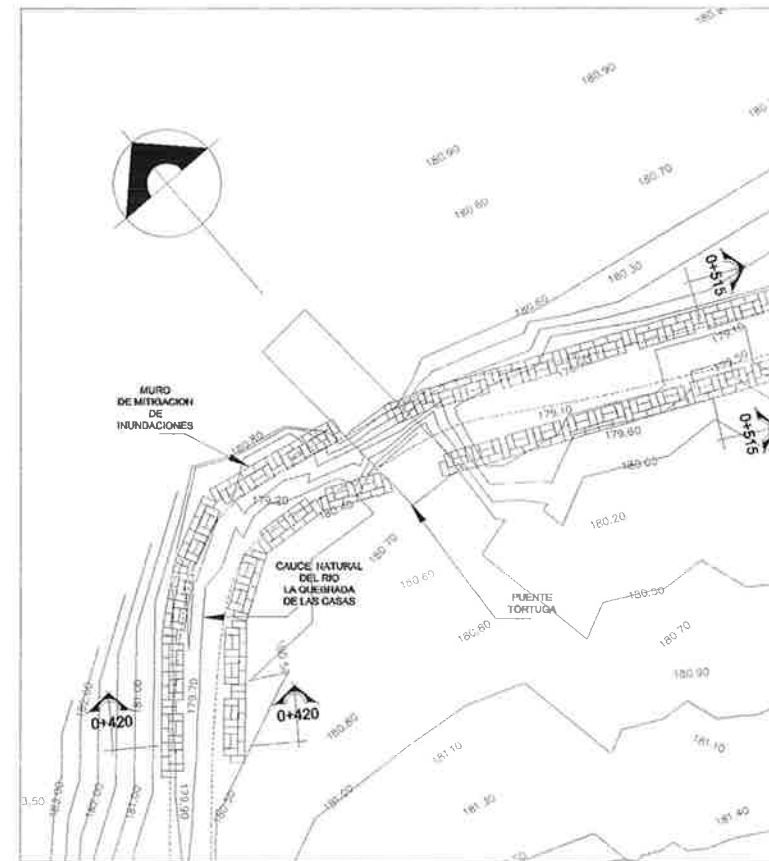
PUENTE SAN CAYETANO

ESCALA 1:750



PUENTE TORTUGA

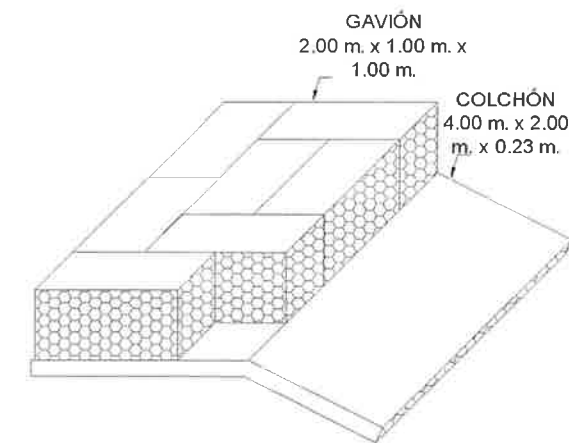
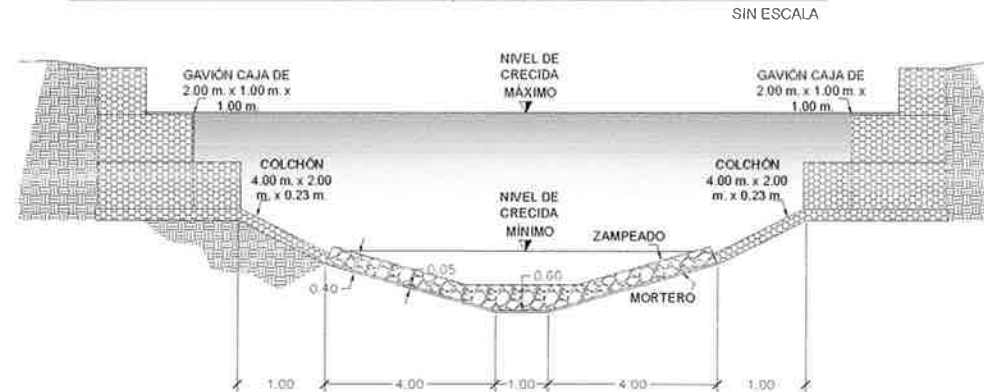
ESCALA 1:1000



GEOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL CANAL

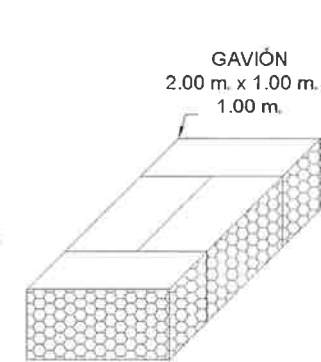
Geometría del canal							Características hidráulicas								
Solera (b)	talud (z)	Tirante (y)	Pendiente media del canal (m)	k	Coefficiente de rugosidad (n = canto rodado)	Pendiente (m/m)	Área Hidráulica (m ²)	Ancho Superf. Mojado (m)	radio Hidráulico (m)	Velocidad de Canal (m/s)	Velocidad Máxima admisible (pendiente)	Velocidad máxima admisible (froude)	Caudal (m ³ /s)	# Froude	
1	5	0.8	0.2	1.84	0.023	0.012	4.00	9.00	9.16	0.44	2.26	3.51	3.25	10.97	0.98

SECCIÓN TÍPICA DE ARMADO DE MURO DE MITIGACIÓN, CANAL Y ZAMPEADO



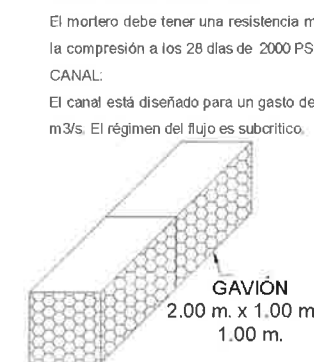
PROYECCIÓN DE PRIMERA CAMA DE GAVIONES

ESCALA 1:100



PROYECCIÓN DE SEGUNDA CAMA DE GAVIONES

ESCALA 1:100



PROYECCIÓN DE TERCERA CAMA DE GAVIONES

ESCALA 1:100

ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL:

GEOTEXTIL:

El geotextil debe ser colocado con la dirección principal paralela a la dirección de la corriente del agua. En el caso de protección de taludes contra la erosión, se debe colocar paralelo a la pendiente del talud.

Abertura de filtración máxima: 0,230 mm (ASTM D 4751)

Permeabilidad normal mínima: 0,30 cm/s (ASTM D 4491)

Resistencia mínima a la tracción en la dirección longitudinal / Carga distribuida: 10kN/m (ASTM D 4595)

Resistencia mínima al punzonado CBR: 2 kN.

ROCA:

Petrografía (ASTM C295) Roca fresca, cristalina sin arcilla ni minerales solubles y pocas discontinuidades

Gravedad específica aparente (AASHTO T85) 2.30 mínimo.

Índice de durabilidad (AASHTO T210) 52 mínimo.

Absorción (AASHTO T85) absorción del 1%.

Abrasión: 20% de pérdidas a 500 revoluciones.

GAVIÓN:

Gavión de 2.00 x 1.00 x 1.00, malla de las canastas de las cajas debe ser de malla hexagonal a doble torsión, obtenida entrecruzando dos hilos por tres medios giros

Se debe torcer o soldar la malla de alambre galvanizado de acero de acuerdo con ASTM A 641 M clase 3 o la de alambre de aluminio de acuerdo con ASTM A 800. Se debe utilizar alambre con una resistencia mínima a la tensión de 415 MPa cuando sea ensayado de acuerdo con ASTM A-370

RELLENO: Material que pasa el tamiz de 0,75 mm (AASHTO T 27 y T 11), 15% máximo.

Limite Líquido (AASHTO T 89), 30% máximo.

Proctor 90% mínimo.

MORTERO PARA ZAMPEADO: El mortero debe tener una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de 2000 PSI.

CANAL: El canal está diseñado para un gasto de 10.97 m³/s. El régimen del flujo es subcrítico.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MULTIPROFESIONAL (EPSUM)
MANCOMUNIDAD DE NOROCCIDENTE, ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
ASESOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS
ASESOR(A) SUPERVISOR(A) DE EPS
UNIDAD DE PRÁCTICAS DE INGENIERIA
ING. JUAN MERCK COS
COLEGIADO No. 1999-19502
ASESOR REVISOR EPS
CALCULO / DISEÑO / DIBUJO:

FECHA: AGOSTO DE 2011

PARA EVALUACIÓN DE ÁREAS EN RIESGO VER PLANO DE PROYECCIÓN DE INUNDACIONES DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO.

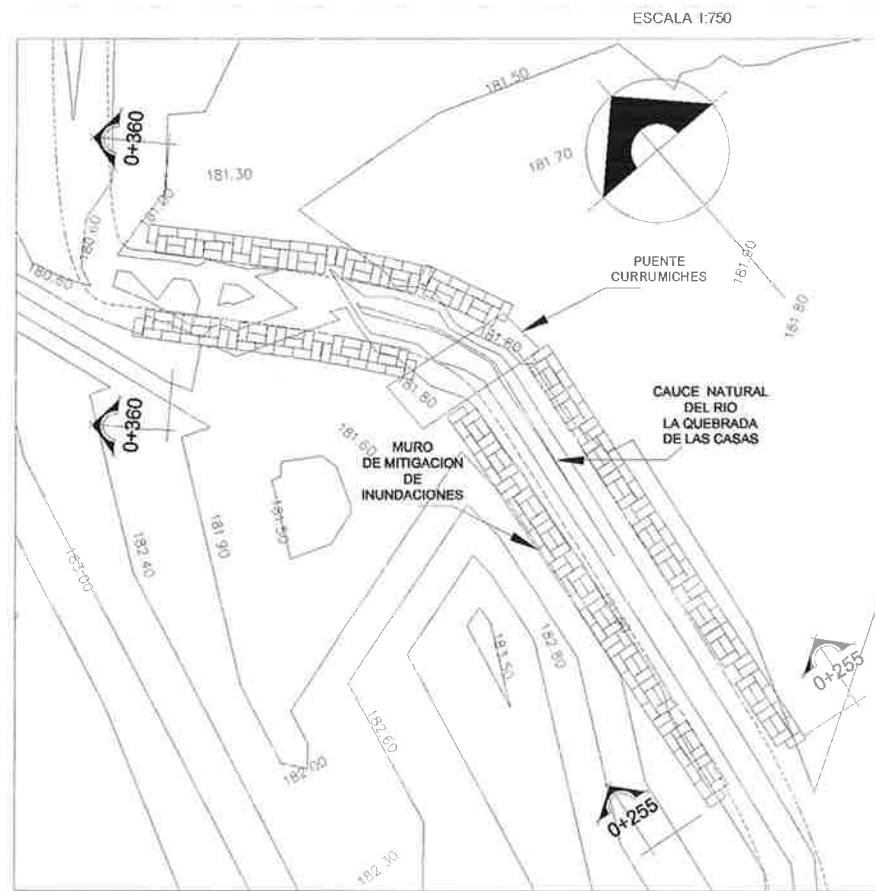
DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN LAS ÁREAS SUCEPTIBLES A INUNDACIONES EN LA RIBERA DEL RIO LA QUEBRADA DE LAS CASAS, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPTO. DE ZACAPA

CONVENIO: SECCION MURO RETENCION + DETALLES PLANTA DE LOCALIZACION DE OBRAS DE MITIGACION Puentes secundario y firmario

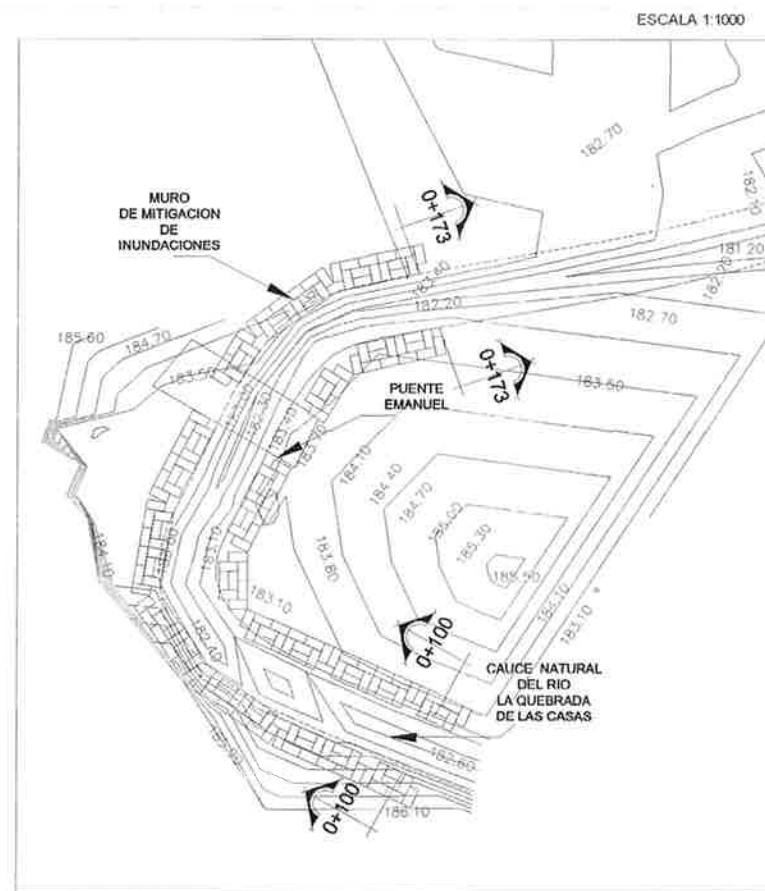
ESCALA: METROS HOJA 2

PLANTA DE UBICACIÓN DE MUROS DE MITIGACIÓN

PUENTE CURRUMICHES



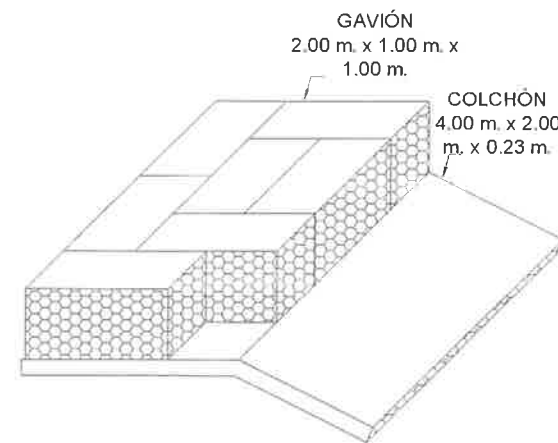
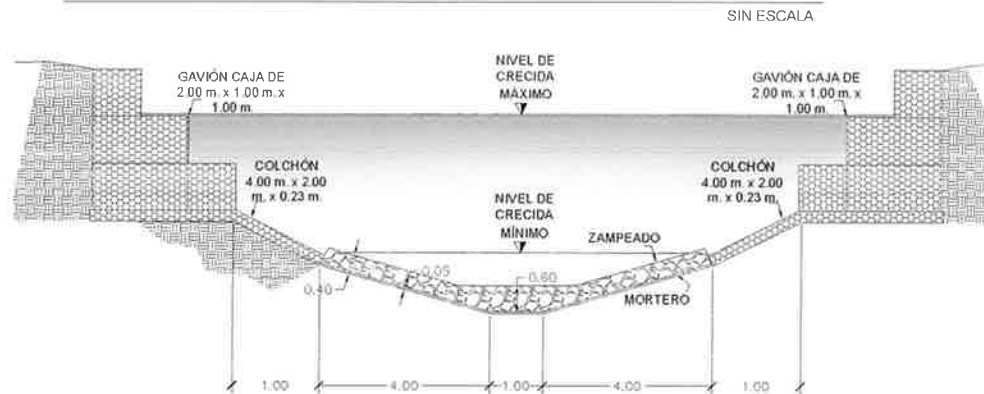
PUENTE EMANUEL



GEOMETRÍA Y CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL CANAL

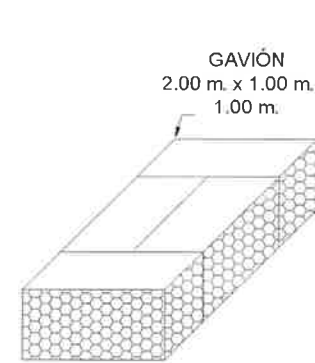
Geometría del canal					Características hidráulicas										
Solera (b)	talud (z)	Tirante (v)	Pendiente media del talud del canal (m)	Pendiente k	Coefficiente de rugosidad (n = canto rodado)	Pendiente (m/m)	Área Hidráulica (m ²)	Andro Superf.	Perímetro Mojado (m)	radio Hidráulico (m)	Velocidad de Canal (m/s)	Velocidad Máxima admisible (pendiente)	Velocidad máxima admisible (froude)	Caudal (m ³ /s)	# Froude
1	5	0.8	0.2	1.84	0.023	0.012	4.00	9.00	9.16	0.64	2.24	1.56	1.36	10.97	0.98

SECCION TÍPICA DE ARMADO DE MURO DE MITIGACIÓN, CANAL Y ZAMPEADO



PROYECCIÓN DE PRIMERA CAMA DE GAVIONES

ESCALA 1:100



PROYECCIÓN DE SEGUNDA CAMA DE GAVIONES

ESCALA 1:100



PROYECCIÓN DE TERCERA CAMA DE GAVIONES

ESCALA 1:100

ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL:

GEOTEXTIL:
El geotextil debe ser colocado con la dirección principal paralela a la dirección de la corriente del agua. En el caso de protección de taludes contra la erosión, se debe colocar paralelo a la pendiente del talud.

Abertura de filtración máxima: 0.230 mm (ASTM D 4751).

Permeabilidad normal mínima: 0.30 cm/s (ASTM D 4491).

Resistencia mínima a la tracción en la dirección longitudinal / Carga distribuida: 10kN/m (ASTM D 4595).

Resistencia mínima al punzonado CBR: 2 kN.

ROCA:
Petrografía (ASTM C295) Roca fresca, cristalina sin arcilla ni minerales solubles y pocas discontinuidades.

Gravedad específica aparente (AASHTO T85) 2.30 mínimo.

Índice de durabilidad (AASHTO T210) 52 mínimo.

Absorción (AASHTO T85) absorción del 1%.

Abrasión: 20% de pérdidas a 500 revoluciones.

GAVIÓN:

Gavión de 2.00 x 1.00 x 1.00, malla de las canastas de las cajas debe ser de malla hexagonal a doble torsión, obtenida entrecruzando dos hilos por tres medios giros. Se debe torcer o soldar la malla de alambre galvanizado de acero de acuerdo con ASTM A 641 M clase 3 o la de alambre de acero aluminado de acuerdo con ASTM A 809. Se debe utilizar alambre con una resistencia mínima a la tensión de 415 MPa cuando sea ensayado de acuerdo con ASTM A 370.

RELLENO:

Material que pasa el tamiz de 0.75 mm (AASHTO T 27 y T 11), 15% máximo. Límite Líquido (AASHTO T 89), 30% máximo. Proctor 90% mínimo.

MORTERO PARA ZAMPEADO:

El mortero debe tener una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de 2000 PSI.

CANAL:
El canal está diseñado para un gasto de 10.97 m³/s. El régimen del flujo es subcrítico.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO MULTIPROFESIONAL (EPSUM)
MANCOMUNIDAD DE NOROCCIDENTE, ESTANZUELA, DEPARTAMENTO DE ZACAPA

ING. JONN MERCK COS
CORTEZA 1990 No. 10
ASESOR REVISOR EPS
CALCULO Y DISEÑO / DIBUJO
CARLOS LEONEL LICEZ
CARNE: 1999-19502
FECHA: AGOSTO DE 2011

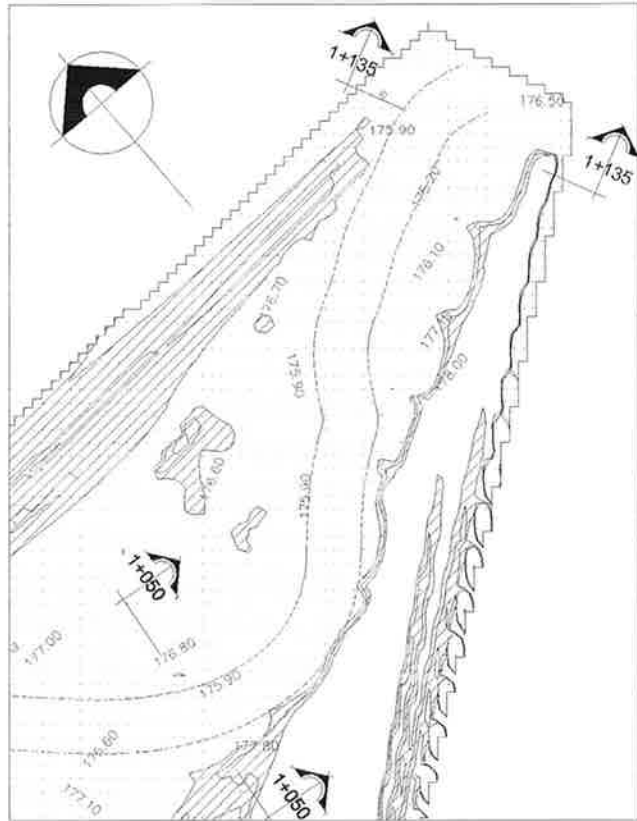
PARA EVALUACIÓN DE ÁREAS EN RIESGO VER PLANO DE PROYECCIÓN DE INUNDACIONES DE LAS ÁREAS DE ESTUDIO.

DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN LAS ÁREAS SUCEPTIBLES A INUNDACIONES EN LA RIBERA DEL RIO LA QUEBRADA DE LAS CASAS, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPTO. DE ZACAPA.

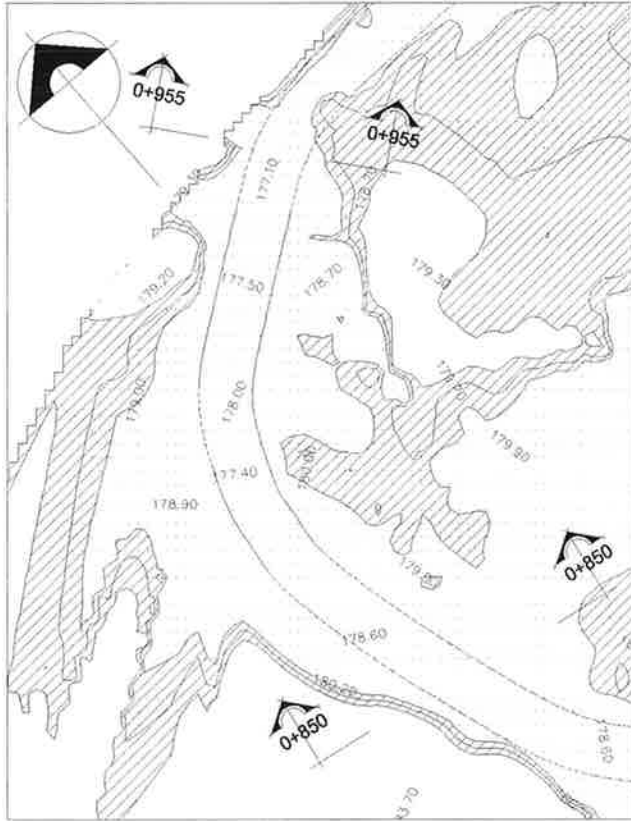
SECCIÓN MURO RETENCIÓN + DETALLES
PLANTA DE LOCALIZACIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN
PUNTES SECUNDARIOS Y PRINCIPAL
ESCALA: HORIZONTAL
HOJA 3

CARLOS LICEZ
AGOSTO 2011

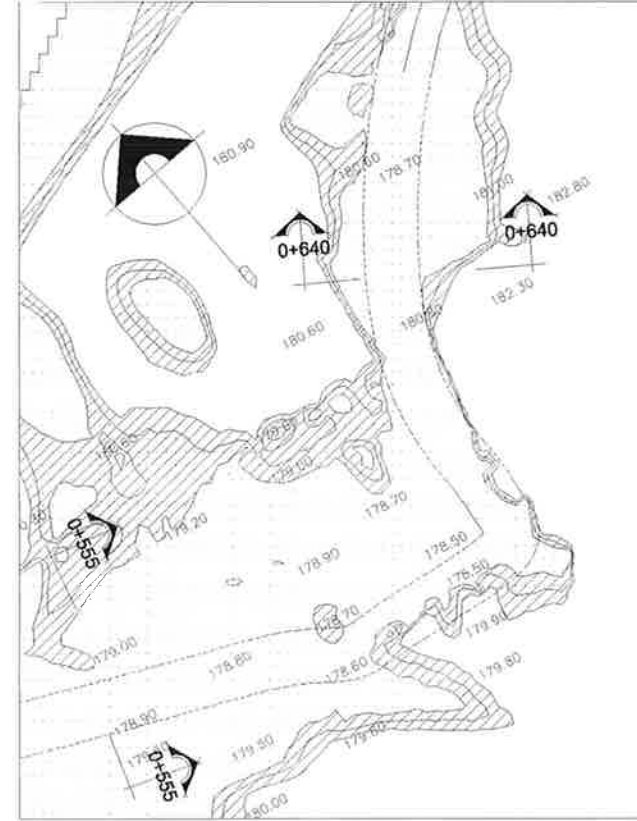
PROYECCIÓN DE ÁREAS EN RIESGO DE INUNDACIÓN DEL ÁREA PUENTE ENTRADA SECUNDARIA



PROYECCIÓN DE ÁREAS EN RIESGO DE INUNDACIÓN DEL ÁREA PUENTE ENTRADA PRINCIPAL



PROYECCIÓN DE ÁREAS EN RIESGO DE INUNDACIÓN DEL ÁREA PUENTE SAN CAYETANO



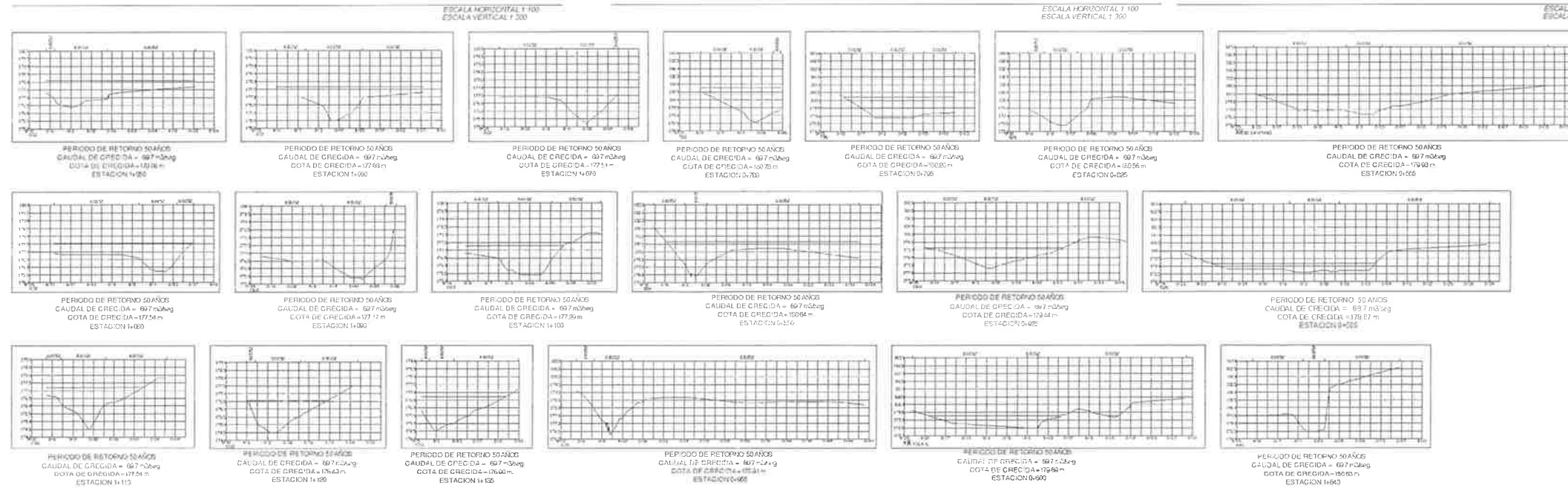
NOMENCLATURA

- ÁREA CON ALTO RIESGO DE INUNDACIÓN
- ÁREA CON RIESGO MEDIO DE INUNDACIÓN
- PUNTOS ALTOS
- ALTURA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES DEL RIO LA QUEBRADA DE LAS CASAS CON COTAS DE CRECIDA MÁXIMA DEL PUENTE ENTRADA SECUNDARIA

SECCIONES TRANSVERSALES DEL RIO LA QUEBRADA DE LAS CASAS CON COTAS DE CRECIDA MÁXIMA DEL PUENTE ENTRADA PRINCIPAL

SECCIONES TRANSVERSALES DEL RIO LA QUEBRADA DE LAS CASAS CON COTAS DE CRECIDA MÁXIMA DEL PUENTE SAN CAYETANO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
MULTIPROFESIONAL (EPSUM)
MANCOMUNIDAD DE NORORIENTE, ESTANZUELA,
DEPARTAMENTO DE ZACAPA

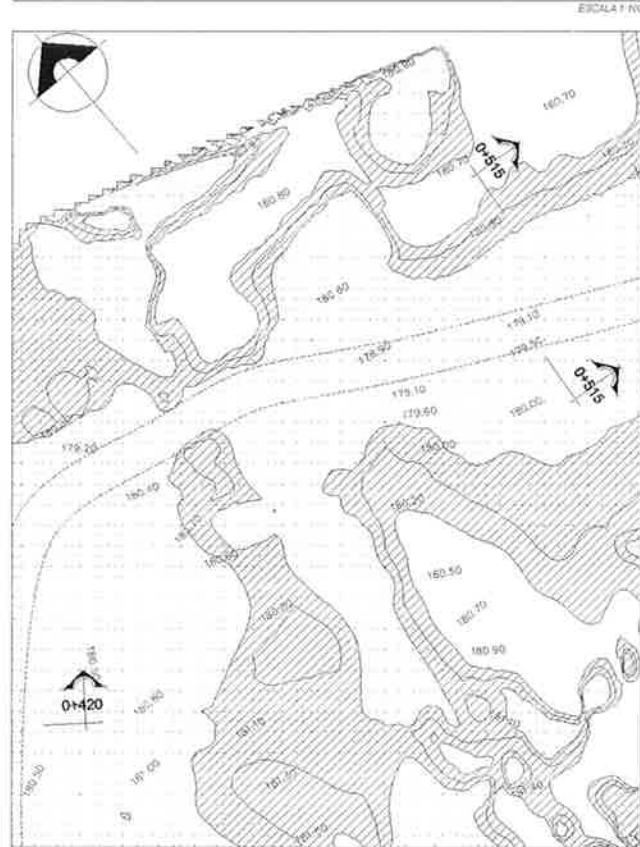
ASESORIA SUPERVISADA
Unidad de Prácticas de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería Civil
CARLOS LEONEL LUCÍEZ
CARRIL: 1999-19502
FECHA: AGOSTO DE 2011

NOMBRE DEL PROYECTO
DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN LAS ÁREAS SUCEPTIBLES A INUNDACIONES EN LA RIBERA DEL RIO LA QUEBRADA DE LAS CASAS, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPTO. DE ZACAPA.

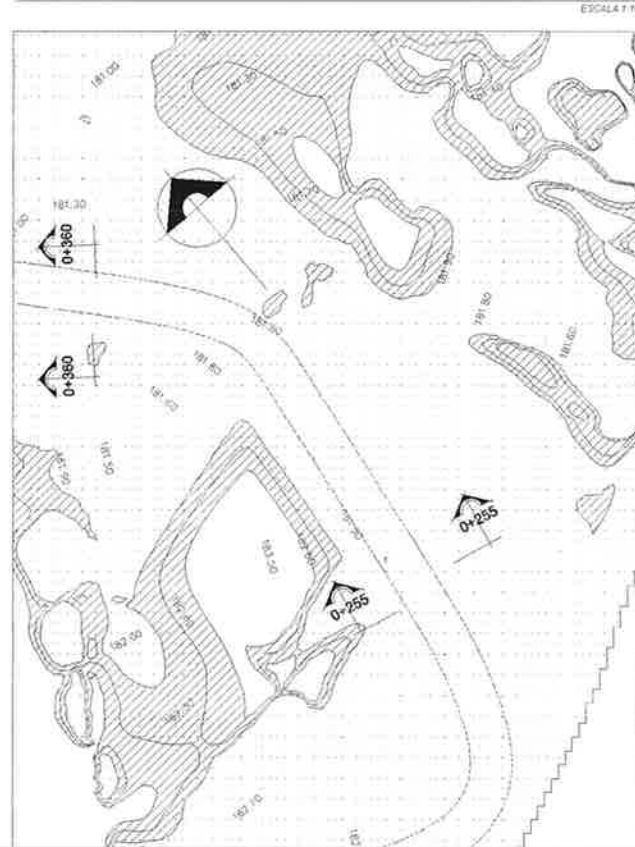
CONTENIDO
PROYECCIÓN DE ÁREAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN Y SECCIONES LONGITUDINALES CON COTAS DE CRECIDA MÁXIMA.

CARLOS LUCÍEZ
AGOSTO 2011

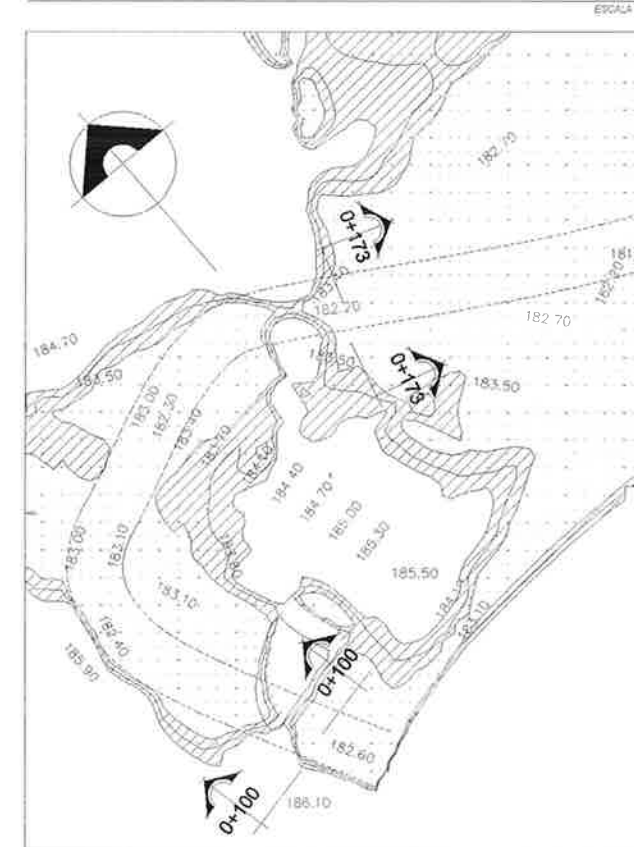
PROYECCIÓN DE ÁREAS EN RIESGO DE INUNDACIÓN DEL ÁREA PUENTE TORTUGA



PROYECCIÓN DE ÁREAS EN RIESGO DE INUNDACIÓN DEL ÁREA PUENTE CURRUMICHES



PROYECCIÓN DE ÁREAS EN RIESGO DE INUNDACIÓN DEL ÁREA PUENTE EMANUEL



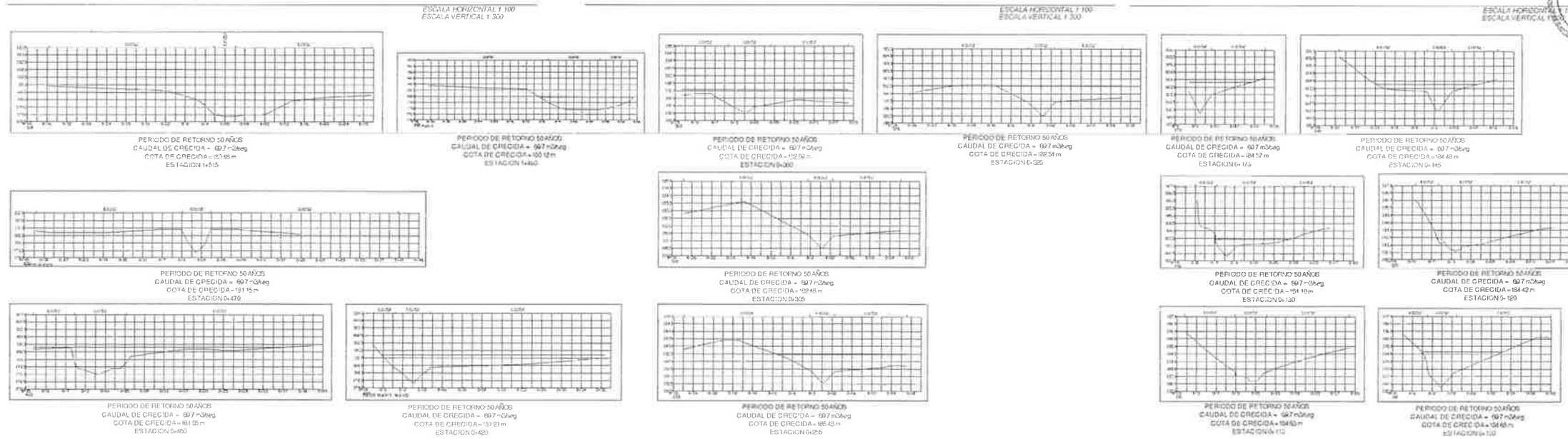
NOMENCLATURA

- ÁREA CON ALTO RIESGO DE INUNDACIÓN
- ÁREA CON RIESGO MEDIO DE INUNDACIÓN
- PUNTOS ALTOS
- 178.60 ALTURA DE TERRENO

SECCIONES TRANSVERSALES DEL RIO LA QUEBRADA DE LAS CASAS CON COTAS DE CRECIDA MÁXIMA DEL PUENTE TORTUGA

SECCIONES TRANSVERSALES DEL RIO LA QUEBRADA DE LAS CASAS CON COTAS DE CRECIDA MÁXIMA DEL PUENTE CURRUMICHES

SECCIONES TRANSVERSALES DEL RIO LA QUEBRADA DE LAS CASAS CON COTAS DE CRECIDA MÁXIMA DEL PUENTE EMANUEL



---CARLOS LICKEZ---
 AGOSTO 2011



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 MULTIPROFESIONAL (EPSUM)
 MANCOMUNIDAD DE NORORIENTE, ESTANZUELA,
 DEPARTAMENTO DE ZACAPA



CARLOS LEONEL LICKEZ
 CARNE: 1999-195072
 FECHA: AGOSTO DE 2011

NOMBRE DEL PROYECTO:
 DISEÑO DE LAS OBRAS DE MITIGACIÓN EN LAS ÁREAS SUCEPTIBLES A INUNDACIONES EN LA RIBERA DEL RIO LA QUEBRADA DE LAS CASAS, MUNICIPIO DE ESTANZUELA, DEPTO. DE ZACAPA.

CONCEPTO:
 PROYECCIÓN DE ÁREAS DE RIESGO DE INUNDACIÓN Y SECCIONES LONGITUDINALES CON COTAS DE CRECIDA MÁXIMA