



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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PUENTE TIPO BADÉN DE 30 METROS Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LA QUEBRADA SHELL, TODOS UBICADOS EN LA COLONIA SANTA OTILIA, ZONA 4 CHIMALTENANGO

Rogelio Véliz Muñoz

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, agosto de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PUENTE TIPO BADÉN DE 30 METROS Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LA QUEBRADA SHELL, TODOS UBICADOS EN LA COLONIA SANTA OTILIA, ZONA 4 CHIMALTENANGO

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ROGELIO VÉLIZ MUÑOZ

ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Juan Merck Cos
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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PUENTE TIPO BADÉN DE 30 METROS Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LA QUEBRADA SHELL, TODOS UBICADOS EN LA COLONIA SANTA OTILIA, ZONA 4 CHIMALTENANGO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha septiembre de 2014.



Rogelio Véliz Muñoz



Guatemala, 03 de junio de 2015
Ref.EPS.DOC.419.06.15

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Rogelio Véliz Muñoz** con carné No. **200822082**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PUENTE TIPO BADÉN DE 30 METROS Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LA QUEBRADA SHELL, TODOS UBICADOS EN LA COLONIA SANTA OTILIA, ZONA 4 CHIMALTENANGO.**

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



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
15 de julio de 2015

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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PUENTE TIPO BADÉN DE 30 METROS Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LA QUEBRADA SHELL, TODOS UBICADOS EN LA COLONIA SANTA OTILIA, ZONA 4 CHIMALTENANGO, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rogelio Veliz Muñoz, con Carnet No. 2008-22082, 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

Más de **134** años de Trabajo Académico y Mejora Continua





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



Guatemala,
17 de julio de 2015

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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PUENTE TIPO BADÉN DE 30 METROS Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LA QUEBRADA SHELL, TODOS UBICADOS EN LA COLONIA SANTA OTILIA, ZONA 4 CHIMALTENANGO, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Rogelio Veliz Muñoz , con Carnet No. 200822082, 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. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
Jefe del Departamento de Estructuras



FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO
DE
ESTRUCTURAS
USAC

/bbdeb.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 27 de julio de 2015
Ref.EPS.D.353.07.15

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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PUENTE TIPO BADÉN DE 30 METROS Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LA QUEBRADA SHELL, TODOS UBICADOS EN LA COLONIA SANTA OTILIA, ZONA 4 CHIMALTENANGO**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Rogelio Véliz Muñoz, carné 200822082**, 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 Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Director Unidad de EPS



SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

<http://civil.ingenieria.usac.edu.gt>

Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Ingeniería Civil



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y del Coordinador de E.P.S. Ing. Silvio José Rodríguez Serrano, al trabajo de graduación del estudiante Rogelio Veliz Muñoz, titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PUENTE TIPO BADÉN DE 30 METROS Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LA QUEBRADA SHELL, TODOS UBICADOS EN LA COLONIA SANTA OTILIA, ZONA 4 CHIMALTENANGO**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

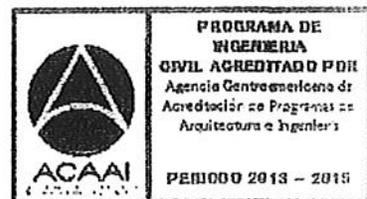

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, agosto 2015.

/bbdeb.

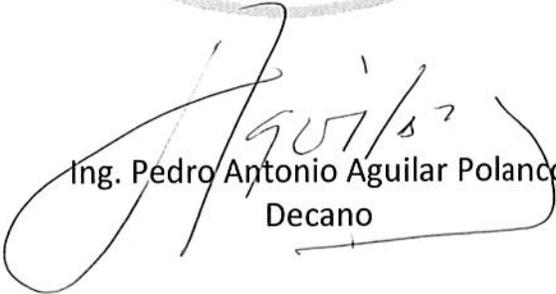
Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





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 DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PUENTE TIPO BADÉN DE 30 METROS Y PROPUESTA DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN PARA LA QUEBRADA SHELL, TODOS UBICADOS EN LA COLONIA SANTA OTILIA, ZONA 4 CHIMALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario: **Rogelio Véliz Muñoz**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, 5 de agosto de 2015

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por darme fortaleza cuando más lo he necesitado, en las buenas y en las malas.

Mis padres

Rafael Véliz y Miriam Muñoz, por darme la oportunidad de vivir, su apoyo incondicional moral y espiritual a lo largo de mi vida. Por la más grande herencia, que con tanto esfuerzo y sacrificio me han brindado, sintiéndome orgulloso de que sean mis padres y yo de ser su hijo. Los amo papás.

Mis hermanos

Walter Rafael y Diego Véliz Muñoz, por su apoyo incondicional, con quien convivo todo el tiempo, por el respeto que me brindan y por alegrarse con mis logros y éxitos.

Mis catedráticos

Por compartir conmigo sus conocimientos en forma positiva con la entrega y dedicación que los caracteriza, sin esperar nada a cambio, recompensado únicamente con este logro.

Mis amigos

Por su interés y espontaneidad al formar parte de las personas que le dan importancia al trabajo realizado con sacrificio y, que de una u otra manera estuvieron involucrados en apoyarme. A todos en general, muchas gracias.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por todas sus bendiciones, la vida, su amor, la inteligencia y sabiduría. Por guiarme para escoger el camino correcto hacia el triunfo.
- Mis padres** Rafael Veliz Juárez y Miriam Muñoz Cardona, por el apoyo incondicional que recibí desde el inicio de mis estudios y por creer en mí, para llegar a cumplir un sueño que ellos empezaron un día dándome la oportunidad de estudiar.
- Mis hermanos** Walter y Diego Veliz, por estar siempre conmigo y apoyarme durante toda la vida.
- Paola Vidal** Por contar siempre con su apoyo a lo largo de este paso en mi vida, por su cariño incondicional y por enseñarme que la única clave del éxito es la constancia de hacer lo mejor cada día. Te quiero mucho.
- Mis catedráticos** Por sus sabias enseñanzas, muy agradecido a quienes recordaré con cariño y respeto.

Mi asesor

Ing. Juan Merk Cos, por sus sabias enseñanzas, su gran capacidad y conocimientos. Por tratarme como un profesional y compartir sus experiencias de campo, por ser un gran maestro de la ingeniería civil.

Ing. Silvio Rodríguez

Por darme la oportunidad de dar mis primeros pasos para ser profesional y ser un gran apoyo en la realización de mis proyectos; para usted mis grandes agradecimientos.

Inga. Christa Classon

Por apoyarme en la realización del EPS.

Mis amigos

A todos en general, muchas gracias.

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por albergarme en el único y maravilloso ambiente, sembrando la semilla del saber.

Facultad de Ingeniería

Por su participación en mi formación académica.

La comunidad de Santa Otilia

Por refrescarme las cosas más valiosas de la vida; sus ganas de superación me dieron la sabiduría para apoyarlos en su desarrollo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Monografía de la colonia Santa Otilia zona 4, Chimaltenango ..	1
1.2. Ubicación geográfica y colindancias.....	2
1.3. Población y demografía	3
1.4. Servicios públicos.....	4
1.4.1. Educación.....	4
1.4.2. Salud	4
1.4.3. Agua potable.....	5
1.4.4. Energía eléctrica.....	5
1.4.5. Clima	5
1.4.6. Tipo de vivienda.....	6
1.4.7. Actividad económica.....	6
1.5. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la colonia Santa Otilia, Chimaltenango	6
1.5.1. Descripción de las necesidades	6
1.5.2. Análisis y evaluación de las necesidades.....	7

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1.	Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Santa Otilia, zona 4, Chimaltenango	9
2.1.1.	Descripción del proyecto	9
2.1.2.	Levantamiento topográfico	9
2.1.3.	Diseño del sistema	10
2.1.3.1.	Diseño del sistema a utilizar	10
2.1.3.2.	Período de diseño	11
2.1.3.3.	Población	11
2.1.3.4.	Dotación	12
2.1.3.5.	Cálculo de diseño	12
2.1.3.6.	Factor de retorno	12
2.1.3.7.	Factor de Harmond	13
2.1.3.8.	Caudal sanitario	13
2.1.3.8.1.	Caudal domiciliar	14
2.1.3.8.2.	Caudal de infiltración ..	14
2.1.3.8.3.	Caudal por conexiones ilícitas	15
2.1.3.8.4.	Factor de caudal medio	16
2.1.3.8.5.	Caudal de diseño	17
2.1.3.9.	Tipo de tubería a utilizar	17
2.1.3.10.	Diseño de secciones y pendientes	18
2.1.3.10.1.	Velocidades máximas y mínimas de diseño ..	18
2.1.3.10.2.	Cotas invert	18
2.1.3.11.	Pozos de visita	19
2.1.3.12.	Conexiones domiciliarias	20
2.1.3.13.	Profundidad de la tubería	21

2.1.3.14.	Principios hidráulicos	21
	2.1.3.14.1. Relaciones hidráulicas	22
2.1.3.15.	Cálculo hidráulico	23
	2.1.3.15.1. Especificaciones técnicas	23
	2.1.3.15.2. Ejemplo de diseño de un tramo	24
2.1.3.16.	Evaluación de impacto ambiental inicial.....	27
2.1.3.17.	Propuesta de tratamiento	28
	2.1.3.17.1. Dimensionamiento de pozos de absorción ...	28
2.1.3.18.	Elaboración de planos	29
2.1.3.19.	Elaboración del presupuesto	29
2.1.3.20.	Análisis socioeconómico.....	31
2.1.3.21.	Valor presente neto (VPN).....	31
2.1.3.22.	Tasa interna de retorno	32
2.2.	Diseño del puente tipo badén para la colonia Santa Otilia, zona 4, departamento de Chimaltenango.....	32
2.2.1.	Levantamiento topográfico	32
2.2.2.	Evaluación de la calidad del suelo.....	33
2.2.3.	Estudio hidrológico e hidráulico	34
	2.2.3.1. Área de la cuenca.....	34
	2.2.3.2. Precipitación máxima de la cuenca ...	35
	2.2.3.3. Cálculo de caudal máximo.....	37
	2.2.3.4. Diseño de la tubería.....	41
	2.2.3.5. Determinación del diámetro de la tubería	43

2.2.3.6.	Cantidad de tubos	43
2.2.3.7.	Selección del tipo de tubería	44
2.2.4.	Descripción general de la alternativa propuesta.....	44
2.2.5.	Datos y especificaciones del diseño.....	45
2.2.6.	Diseño de la superestructura.....	45
2.2.6.1.	Diseño de la losa de rodadura	46
2.2.6.2.	Diseño de barandal	50
2.2.7.	Diseño de la subestructura.....	55
2.2.8.	Diseño de muros de gravedad	55
2.2.9.	Elaboración de planos.....	63
2.2.10.	Presupuesto	64
2.2.11.	Evaluación inicial ambiental	65
3.	DISEÑO DEL CANAL	69
3.1.	Propuesta de mitigación para la quebrada Shell ubicada en las partes bajas de la colonia	69
3.1.1.	Longitud.....	69
3.1.2.	Pendiente	69
3.1.3.	Geometría de la sección del canal	70
3.2.	Características hidráulicas y geométricas del canal.....	70
3.2.1.	Velocidad.....	72
3.2.2.	Caudal	73
3.3.	Diseño de obras de infraestructura	73
3.3.1.	Elaboración de planos.....	73
3.3.2.	Elaboración del proyecto	73
	CONCLUSIONES.....	75
	RECOMENDACIONES	77
	BIBLIOGRAFÍA.....	79

APÉNDICES	81
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización de la colonia Santa Otilia.....	3
2.	Área de la cuenca	35
3.	Comportamiento del flujo del agua en el canal	40
4.	Altura de la crecida máxima del caudal	40
5.	Corte de área crítica en la tubería.....	41
6.	Planta del puente	45
7.	Perfil del puente	46
8.	Esquema de poste de barandal	52
9.	Muro de gravedad (predimensionamiento)	56
10.	Resultado de fuerzas de empuje aplicadas al muro	57
11.	Coeficiente de empuje activo	57
12.	Características del canal.....	71

TABLAS

I.	Descripción de los planos	29
II.	Presupuesto del proyecto del drenaje de la colonia Santa Otilia, Chimaltenango	30
III.	Datos tabulados de las curvas de intensidad duración frecuencia de la estación meteorológica Alamedad del Icta, calculadas para diferentes períodos de retorno	36
IV.	Intensidad de las precipitaciones de la cuenca	37
V.	Caudales máximos de la cuenca	38

VI.	Datos de la altura de la crecida máxima y la velocidad del flujo de los caudales	39
VII.	Categorías de carga por eje	47
VIII.	Tipos de suelos subrasante y valores aproximados de “K”	49
IX.	Valores de subrasantes “K”	49
X.	Resultado del cálculo de pesos y momentos	62
XI.	Listado de planos para el puente tipo badén	63
XII.	Presupuesto del proyecto del puente tipo badén	64
XIII.	Propiedades geométricas del canal.....	71
XIV.	Velocidad del canal.....	72
XV.	Chequeo de la velocidad del canal.....	72
XVI.	Listado de planos para el canal	73
XVII.	Presupuesto del proyecto del canal.....	74

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Φ	Ángulo de fricción interna
cm	Centímetro
PVC	Cloruro de polivinilo
\emptyset	Diámetro de tubo
FS	Factor de seguridad
°	Grados
kg	Kilogramo
kg/m ²	Kilogramo por metro cuadrado
kg/m ³	Kilogramo por metro cúbico
PSI	Libras por pulgada cuadrada
lt/hab/día	Litro por habitante al día
>	Mayor que
≥	Mayor o igual que
<	Menor que
≤	Menor o igual que
m ³ /s	Metros cúbicos por segundo

γ	Peso específico
PV	Pozo de visita
q/Q	Relación de caudales
d/D	Relación de tirantes
v/V	Relación de velocidades
V_s	Valor soporte del suelo

GLOSARIO

Aguas negras	El agua que se desecha después de haber servido para un fin. Puede ser doméstica, comercial o industrial.
Altimetría	Rama de la topografía que estudia los métodos que tienen como finalidad la representación de las alturas de los puntos de un terreno.
Caudal	Cantidad de agua que corre en un tiempo determinado.
Colector	Conducto principal de sección circular que recolecta y transporta las aguas negras hasta el depósito final o desfogue.
Concreto ciclópeo	Material de construcción, obtenido de mezcla de cemento, arena y grava. El material pétreo es muy grueso.
Cota invert	Cota o altura de la parte inferior interna del tubo instalado.
Dotación	Cantidad de agua, que en promedio consume cada habitante.

Mampostería	Obra hecha con mampuestos colocados y ajustados unos con otros sin sujeción a determinado orden de hiladas o tamaños.
Piezométrica	Cargas de presión en el funcionamiento hídrico de la tubería.
Planimetría	Tema de la topografía que enseña a hacer mediciones horizontales de una superficie.
Saneamiento	Actividad que tiene por objeto recoger, transportar, evacuar y depurar las aguas servidas de un asentamiento humano.
Tirante	Altura del flujo sanitario que abarca una sección parcial.
Topografía	Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre, sobre dicha superficie y debajo de la misma.

RESUMEN

Durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) realizado en la colonia de Santa Otilia, Chimaltenango, se elaboró el diseño del sistema de alcantarillado sanitario, puente tipo badén y el diseño de un canal para las medidas de mitigación para la quebrada Shell que se encuentra en dicho lugar.

El primero de los proyectos es el sistema de alcantarillado sanitario en el área de Santa Otilia, Chimaltenango, este se conectará a un sistema de drenaje existente el cual pasa por la parte más baja, que es el desfogue del mismo; los componentes del proyecto son: colector principal y ramales secundarios de aguas residuales, pozos de visita y conexiones domiciliarias.

El segundo proyecto consiste en el diseño de un puente tipo badén de 30 metros de luz y un ancho de rodadura de 3,50 metros, que se incorporará para el paso del agua. Consta de 7 tubos de concreto de 60 pulgadas y estribos de concreto ciclópeo. El diseño del puente se realizó de acuerdo a condiciones topográficas, hidráulicas y económicas, con el fin de que fuera un proyecto factible.

El tercero consiste en un canal abierto para evitar las inundaciones en la aproximación del puente, el cual tiene una longitud de 550 metros hacia la salida del mismo.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario, puente tipo badén de 30 metros y una propuesta de medidas de mitigación para la quebrada Shell ubicados en la colonia Santa Otilia, zona 4 de Chimaltenango.

Específicos

1. Desarrollar una investigación monográfica y diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la colonia Santa Otilia, Chimaltenango.
2. Realizar el diseño del puente tipo badén, en la comunidad de Santa Otilia, ya que asegurará el acceso a los servicios básicos y vitales, que garantizará la calidad de vida de toda la comunidad.
3. Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para prevenir la contaminación de los ríos y de enfermedades infecciosas causadas por las aguas residuales.
4. Capacitar a los miembros del Cocode de la colonia Santa Otilia sobre aspectos de operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado sanitario, así como el mantenimiento del canal como medida de mitigación.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación contiene el desarrollo de los proyectos realizados durante el Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), en la colonia Santa Otilia, zona 4 de la cabecera departamental de Chimaltenango.

En el primer capítulo se desarrolló una investigación monográfica y un diagnóstico sobre las necesidades de servicios básicos e infraestructura del mismo, realizando una priorización para la colonia Santa Otilia, Chimaltenango.

El segundo y tercer capítulo contienen la fase técnico profesional en la que se describen las características de los proyectos. El sistema de alcantarillado presenta el método de cálculo para la realización del diseño hidráulico.

En el diseño del puente se realizó el estudio técnico de la cuenca y el análisis del suelo, asimismo el de un canal, el cual va a ser la medida de mitigación para evitar inundaciones futuras.

Ambos estudios plantean soluciones reales y factibles con sus respectivos presupuestos y planos.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la colonia Santa Otilia zona 4, Chimaltenango

Chimaltenango es la cabecera del departamento del mismo nombre, fundada por Acuerdo Gubernativo de fecha 29 de octubre de 1825, con el título de villa. Fue elevado a la categoría de ciudad por Acuerdo Gubernativo con fecha 15 de mayo de 1926.

El origen del nombre proviene de los vocablos "*chimal*" o escudo y "*tenango*" o lugar amurallado. Lo que daría como traducción: "Muralla de los escudos", nombre que fue dado por haber sido una plaza militar fortificada.

En 1462, el grupo cakchiquel se separó del dominio k'iché y fundó su capital en una nueva región del lugar llamado Iximché, donde además, los españoles fundaron la primera capital de Santiago de los Caballeros de Guatemala, el 25 de julio de 1524, y a partir de esta fecha se introdujo el idioma español que se dio a conocer como la lengua de los colonizadores.

En 1825, Chimaltenango y Sacatepéquez formaban un solo departamento, y fue hasta el 12 de septiembre de 1839, cuando la Asamblea Constituyente los dividió, dejándolos como departamentos separados.

En este departamento fue relevante el hecho denominado la firma del acta de Patzún el 3 de junio de 1871, la cual consolida el triunfo del general Justo Rufino Barrios y los reformistas, dando auge a diversas políticas de la época.

La colonia Santa Otilia Chimaltenango, se encuentra al oeste de la ciudad capital de Guatemala, a una distancia exacta de 56 kilómetros y con una temperatura templada de 21 °C.

1.2. Ubicación geográfica y colindancias

Chimaltenango está ubicado a 56 kilómetros de la ciudad de Guatemala con una altura de 1 800 metros sobre el nivel del mar y sus coordenadas son: latitud 14° 36' 37"; longitud 90° 50' 16". Sus colindancias son:

- Al norte: con San Martín Jilotepeque (Chimaltenango).
- Al este: con El Tejar (Chimaltenango) y San Juan Sacatepéquez (Guatemala).
- Al sur: con San Andrés Itzapa (Chimaltenango) y Parramos (Chimaltenango), así como con Pastores (Sacatepéquez).
- Al oeste: con Zaragoza, San Juan Comalapa y San Martín Jilotepeque (Chimaltenango).

La comunidad de Santa Otilia tiene una extensión territorial de 80 kilómetros cuadrados. Se ubica a una elevación de 1 827 metros sobre el nivel del mar y con unas coordenadas totales en:

X= 464809

Y= 1620547

En la figura 1 se presenta la localización de la colonia Santa Otilia, Chimaltenango.

Figura 1. Localización de la colonia Santa Otilia



Fuente: IGN escala 1:50,000.

1.3. Población y demografía

La colonia de Santa Otilia, Chimaltenango cuenta con un área de 80 kilómetros cuadrados con una población aproximada de 2 500 personas, determinando una densidad de 32 personas por kilómetro cuadrado.

Su caracterización por grupo étnico es de 63 por ciento de indígenas cakchikeles y 34 por ciento ladinos, los idiomas que se hablan en la región son el cakchikel y español; la esperanza de vida al nacer es de 66 años.

1.4. Servicios públicos

Los servicios básicos que operan e la comunidad son los siguientes:

- Registro Nacional de Personas (RENAP)
- Municipalidad
- Casa del Deportista
- Biblioteca Municipal
- Bomberos Municipales
- Tribunal Supremo Electoral
- Centro de Salud
- Juzgado Municipal
- Mercado Municipal, entre otros

1.4.1. Educación

La colonia Santa Otilia no cuenta con los servicios de educación, por lo cual los estudiantes tienen que caminar hacia la cabecera, a unos 500 metros en la que se encuentran todos los servicios educativos, tales como: primaria, básicos, diversificado y universidades.

1.4.2. Salud

No se tiene acceso a la salud, por la cercanía se tiene que ir a la cabecera departamental por estos servicios, en el cual se encuentran el centro de Salud y el hospital.

1.4.3. Agua potable

Según los datos recopilados a través del estudio de campo y Municipalidad, la comuna cuenta con una dotación de 50 litros por habitante al día, ya que no cuenta con un sistema de distribución estable en esta parte del departamento.

1.4.4. Energía eléctrica

El suministro eléctrico está a cargo de la empresa Deocsa, la cual suministra un voltaje de 110 y 220 a la comunidad.

1.4.5. Clima

Según los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Sismología Vulcanología Meteorología e Hidrología (Insivumeh), y la estación experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (Icta) ubicada en La Alameda, Chimaltenango; el municipio tiene las siguientes características climáticas.

Con mediciones promedio mensuales–anuales en los últimos 5 años (desde enero de 2006 a julio de 2010) se ha estimado que la temperatura máxima varían de 18,5 a 24,7 grados Celsius y las mínimas varían de 11,6 a 13,2 grados Celsius.

La precipitación promedio anual es de 1 024,1 milímetros, determinado con datos registrados desde enero 1982 hasta septiembre 2010, teniendo las mayores precipitaciones en los últimos años como en el 2010, con una precipitación de 1 684,8 milímetros.

1.4.6. Tipo de vivienda

Generalmente la vivienda está determinada en lotes de 10 X 20 metros, los cuales están utilizados en el 50 por ciento de su área, con viviendas de techo de lámina, paredes de bloques de mampostería o adobe.

1.4.7. Actividad económica

Esta actividad es variable, por el poco acceso a la educación, las personas de la comunidad trabajan en la economía informal, también en la siembra de hortalizas como: fresa, remolacha, zanahoria, repollo, entre otras.

1.5. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la colonia Santa Otilia, Chimaltenango

Fue necesario realizar un diagnóstico para definir las principales necesidades de la comunidad de Santa Otilia.

1.5.1. Descripción de las necesidades

Entre las necesidades principales de la comunidad se encuentran:

- Pavimentación de las calles: actualmente son de terracería, en época de invierno se deterioran considerablemente a tal grado que se vuelven intransitables.
- Puente vehicular: en la actualidad funciona un puente peatonal de madera y que en época de invierno no es recomendable usarlo porque el nivel del agua lo cubre completamente.

- Sistema de alcantarillado sanitario: la colonia no cuenta con este, los drenajes están funcionando a flor de tierra, situación que ocasiona contaminación del manto acuífero y un aumento en las enfermedades gastrointestinales de transmisión hídrica.
- Medidas de mitigación para la quebrada Shell: estas plantearán el desfogue del caudal aguas arriba de esta, ya que en acontecimientos naturales en temporada de lluvia, causa grandes inconvenientes con las casas aledañas al canal natural, generando socavamientos y erosión de los terrenos, poniendo en peligro la vida de las personas que tienen su vivienda cerca del mismo.

1.5.2. Análisis y evaluación de las necesidades

La priorización de los proyectos se realizó según los criterios que la comunidad de Santa Otilia determinó, realizando para ello un estudio, definiéndolos de la siguiente forma

- Diseño del sistema de alcantarillado sanitario
- Puente vehicular tipo badén
- Propuesta de medidas de mitigación para la quebrada Shell

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Santa Otilia, zona 4, Chimaltenango

Este diseño tiene la finalidad de determinar los elementos necesarios para un desempeño óptimo del mismo, recogiendo y encausando las aguas servidas, con el fin de evitar contaminación y enfermedades.

2.1.1. Descripción del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de la red para el alcantarillado sanitario, que servirá como colector y conductor de las aguas negras, con una longitud de 680 metros lineales y 21 pozos de visita. Para el diseño se utilizaron algunas de las especificaciones del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), la tubería a utilizar será PVC Novafort según la Norma ASTM-F949. El flujo del caudal será por gravedad, por lo cual se utilizaron las pendientes que proporciona el terreno, cuidando que estas no excedan las velocidades mínimas y máximas dentro de la tubería, la descarga de todas las aguas de la colonia será en un drenaje ya existente.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Este constituye un elemento básico para la elaboración del diseño, ya que permite representar gráficamente los posibles puntos de ubicación de la obra en estudio.

En este proyecto se utilizó una estación total para obtener los puntos en coordenadas Y, X y Z para después ser procesados por software de ingeniería. El equipo utilizado fue el siguiente:

- Estación total Leica TM30
- Prisma
- Gps Garmin 72H
- Plomada

2.1.3. Diseño del sistema

Este reúne los aspectos técnicos, tales como: período y población de diseño, dotación de agua potable, factor de retorno y de Harmond, todos con el fin de diseñar de la mejor manera el sistema de alcantarillado sanitario.

2.1.3.1. Diseño del sistema a utilizar

De acuerdo con la finalidad, existen tres tipos básicos de alcantarillado, la selección o adopción de cada uno de estos sistemas dependerá de un estudio minucioso de factores, tanto topográficos como funcionales, pero quizás el más importante es el económico. Estos se describen a continuación:

- Alcantarillado sanitario: recoge las aguas servidas domiciliarias, tales como baños, cocinas, lavados y servicios; las de residuos comerciales como restaurantes y garajes; las de residuos industriales e infiltración.
- Alcantarillado pluvial: recoge únicamente las aguas de lluvia que concurren al sistema.
- Alcantarillado combinado: posee los caudales antes mencionados (sanitario y pluvial).

Para este caso se diseñará un sistema de alcantarillado sanitario, porque se recolectarán aguas servidas domiciliarias únicamente.

2.1.3.2. Período de diseño

Es el período de funcionamiento eficiente del sistema, pasado este período es necesario rehabilitarlo. Los sistemas de alcantarillado serán proyectados para llenar adecuadamente la función, durante un período de 30 a 40 años, a partir de la fecha de la construcción. Este período de diseño debe tomar en cuenta diversos factores, como:

- Tendencia de crecimiento poblacional
- Calidad de los materiales a utilizar
- Durabilidad de las instalaciones
- Facilidad de construcción y posibilidad de ampliación
- Posibilidades para la obtención del financiamiento y tasas de interés

Para este proyecto se opta por un período de diseño de 30 años. Se adoptó este tomando en cuenta los siguientes aspectos: los recursos económicos dados por aportes de personas e instituciones individuales, y las Normas del Instituto de Fomento Municipal.

2.1.3.3. Población

Para estimar la población de diseño se utilizó el método geométrico, involucrando de forma directa a la población actual que tributará al sistema de drenaje y la tasa de crecimiento del lugar.

Para el diseño del sistema se tiene una población actual de 1 032 habitantes, y una tasa de crecimiento de 3,5 por ciento, por lo que se calcula una población futura de 2 897 habitantes, en un período de 30 años. Para el efecto se aplicó el método geométrico, dado que es el modelo que más se adecúa para las poblaciones que se encuentran en vías de desarrollo.

2.1.3.4. Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante por día (lt/hab/día). Los factores que se consideran en la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad de agua, medición, administración del sistema y presión del mismo.

Para el diseño se trabajó con una dotación de 100 lt/hab/día, asignada por la Municipalidad.

2.1.3.5. Cálculo de diseño

Se realizará por medio de las diferentes ecuaciones para el cálculo de alcantarillado sanitario, garantizando así la calidad del diseño.

2.1.3.6. Factor de retorno

Este factor se determina bajo el criterio del uso del agua de la población, en ningún caso retorna el cien por ciento al alcantarillado, debido a que hay actividades donde el agua se infiltra, este porcentaje oscila entre 70 al 90 %. En este caso, el valor adoptado para el proyecto es de un 85 %.

2.1.3.7. Factor de Harmond

Es el factor que se encarga de regular un valor máximo de las aportaciones por uso doméstico, determinando la probabilidad del número de usuarios que están utilizando el servicio, o la probabilidad de que múltiples artefactos sanitarios de las viviendas se encuentren usando simultáneamente. Estará siempre en función del número de habitantes localizados en el tramo de aporte. El cálculo se determina mediante la fórmula de Harmond:

$$FH = \frac{18 + \sqrt{P / 1\,000}}{4 + \sqrt{P / 1\,000}}$$

$$FH = \frac{18 + \sqrt{2\,897 / 1\,000}}{4 + \sqrt{2\,897 / 1\,000}} = 2,49$$

Donde P es la población, expresada en miles.

El factor de Harmond es adimensional y se encuentra entre los valores de 1,5 a 4,5, según sea el tamaño de la población a servir del tramo.

2.1.3.8. Caudal sanitario

Está compuesto por la integración de los diferentes caudales que se integran a un mismo sistema. En este caso los caudales que tributan son los siguientes.

2.1.3.8.1. Caudal domiciliar

Es la cantidad de agua que se desecha de las viviendas por consumo interno, hacia el colector principal, está relacionada directamente con la dotación de agua a cada hogar.

El agua utilizada en jardines, lavado de banquetas y de vehículos, entre otros, no es introducida al sistema de alcantarillado, de tal manera que el caudal domiciliar es afectado por un factor de retorno en de 0,85 para el presente proyecto, quedando el caudal domiciliar integrado de la siguiente manera:

$$Q_{\text{dom}} = \frac{\text{dot} * \#\text{hab.} * \text{FR}}{86\ 400} = \frac{100 * 2\ 897 * 0,85}{86\ 400} = 2,85 \text{ lt/s}$$

En donde:

Q_{dom} = caudal domiciliar

dot = dotación (lt/hab/día)

#hab. = número de habitantes por tramo

FR = factor de retorno

2.1.3.8.2. Caudal de infiltración

Es el caudal que se infiltra o penetra a través de las paredes del sistema, depende de: la profundidad del nivel freático del agua, la profundidad y tipo de la tubería y de la permeabilidad del terreno, el tipo de juntas, la calidad de mano de obra utilizada y la supervisión técnica.

$$Q_{\text{inf}} = \frac{0,01 * D * L}{1\ 000}$$

En donde:

D = diámetro de la tubería en pulgadas

L = longitud de tubería en metros

$$Q_{inf} = \frac{12\ 000(688+129*6)(1/100)}{86\ 400}$$

$$Q_{inf} = 0,20 \text{ lt/s}$$

2.1.3.8.3. Caudal por conexiones ilícitas

Este caudal es producido por las viviendas que conectan las tuberías del sistema del agua pluvial al alcantarillado sanitario. Según el Infom se puede considerar estimar que un porcentaje de las viviendas de una aldea puede hacer conexiones ilícitas o que puede variar entre 0,5 a 2,5 por ciento.

$$Q_{conili} = \frac{Q_{dom} * f}{100}$$

En donde:

Qconili = caudal de conexiones ilícitas

Qdom = caudal domiciliar

f = factor de conexiones ilícitas

Este caudal, también se puede calcular por el método de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria, el cual indica que se puede tomar un valor de 50 a 150 lt/hab/día. Este método es el que se utilizará para el desarrollo del presente proyecto, pues es el que más se apega a la realidad, en este caso se tomó un valor de 75 lt/hab/día.

$$Q_{\text{conili}} = \frac{\text{dot} * P_o}{86\ 400} = \frac{75 * 2\ 897}{86\ 400} = 2,51 \text{ lt/s}$$

En donde:

Q_{conili} = caudal de conexiones ilícitas

dot = dotación 50 a 150 lt/hab/dia

2.1.3.8.4. Factor de caudal medio

Este factor es el que se utiliza para regular la aportación del caudal en la tubería. Según el Infom debe estar entre el rango de 0,002 a 0,005 y se calcula de la siguiente forma:

$$F_{\text{qm}} = \frac{Q_{\text{medio}}}{\text{Núm. habitantes}} = \frac{(Q_{\text{dom}} + Q_{\text{inf}} + Q_{\text{conili}} + Q_{\text{com}} + Q_{\text{ind}})}{\text{Núm. habitantes}}$$

$$F_{\text{qm}} = \frac{(2,85 + 0,20 + 2,51 + 0,00 + 0,00)}{2\ 897} = 0,002$$

En donde:

F_{qm} = factor de caudal medio

Q_{medio} = caudal medio

Q_{dom} = caudal domiciliar

Q_{inf} = caudal de infiltraciones

Q_{conili} = caudal de conexiones ilícitas

Q_{com} = caudal comercial

Q_{ind} = caudal industrial

Núm. habitantes = número de habitantes

2.1.3.8.5. Caudal de diseño

El caudal con que se diseñará cada tramo del sistema sanitario será la suma de: caudal máximo de origen doméstico, caudal comercial, caudal industrial, caudal de infiltración y caudal de conexiones ilícitas.

El caudal de diseño de cada tramo será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Harmond y el número de habitantes a servir, a la población actual y futura, para que funcione adecuadamente durante el período de diseño.

$$Q_{dis} = F_{qm} * FH * \text{Núm. habitantes}$$

$$Q_{dis} = 0,002 * 2,49 * 2\ 897 = 14,04 \text{ lt/s}$$

En donde:

Q_{dis} = caudal de diseño

F_{qm} = factor de caudal medio

FH = factor de Harmond

Núm. habitantes = población del tramo

2.1.3.9. Tipo de tubería a utilizar

Se basó en las condiciones topográficas del terreno, así como de la vida útil de la misma. La tubería seleccionada para este proyecto fue tubería de PVC Norma ASTM F-949 Novafort de 6 pulgadas de diámetro y 6 metros de largo.

2.1.3.10. Diseño de secciones y pendientes

La pendiente a utilizar en el diseño, deberá ser de preferencia, la misma que tiene el terreno para evitar un sobre costo por excavación excesiva, sin embargo; en todos los casos se deberá cumplir con las relaciones hidráulicas y restricciones de velocidad.

2.1.3.10.1. Velocidades máximas y mínimas de diseño

Según las normas para el diseño de alcantarillados del Infom, las velocidades deben ser mayores de 0,60 metros sobre segundo, para evitar la sedimentación y el taponamiento dentro de la tubería, y como máximo de 3 metros sobre segundo, para evitar la erosión de las paredes de la tubería a causa de la fricción generada por sobrepasar la velocidad máxima. El fabricante de tuberías PVC Novafort sugiere valores entre el rango de 0,40 y 5,00 metros sobre segundo.

2.1.3.10.2. Cotas invert

Son las cotas que determinan el nivel de colocación de la tubería que se conectan entre los pozos de visita, desde la parte interna inferior de la tubería hasta la cota del terreno. Estas son las profundidades a las cuales se deben de colocar las tuberías de entrada y salida en los pozos de visita, con relación a las cotas de estos.

2.1.3.11. Pozos de visita

Estructuras que se construyen para verificar, limpiar, y cambiar de dirección en puntos donde se juntan dos o más tuberías; también se construyen donde hay cambios de nivel y a cada cierta distancia.

Normalmente los pozos de visita se construyen a cada 100 metros cuando el terreno lo permite. Si las condiciones del lugar son adecuadas por razones económicas se permiten pozos de visita hasta cada 20 metros, además se construyen en los inicios de cualquier tramo, cuando se cambia de dirección; tanto horizontal como vertical, cuando la tubería cambia de diámetro y en cualquier intersección del colector.

La construcción está predeterminada según normas establecidas por instituciones encargadas de velar por la adecuada construcción de sistemas de alcantarillado sanitario, siendo sus principales características:

- Sección circular.
- Fondo de concreto reforzado.
- Paredes de mampostería o cualquier material impermeable.
- Repellos y cernidos lisos en dichas paredes.
- Tapaderas que permiten la entrada de una persona al pozo de un diámetro 0,85 metros.
- Escalones de hierro que permiten bajar al fondo del pozo, empotrados en las paredes del mismo.

Para el presente diseño, los pozos se construirán con ladrillo tayuyo colocados de punta, como también la altura de estos dependerá del diseño de la red.

2.1.3.12. Conexiones domiciliarias

Es un tubo que lleva las aguas servidas desde una vivienda o edificio, a una alcantarilla común o a un punto de desagüe.

Ordinariamente, al construir un sistema de alcantarillado sanitario, es costumbre establecer y dejar previsto una conexión en Y o en T en cada lote edificado, o en cada lugar en donde haya que conectar un desagüe doméstico. Las conexiones deben taparse e impermeabilizarse para evitar la entrada de aguas subterráneas y raíces. En los colectores pequeños es conveniente una conexión en Y, ya que proporciona una unión menos violenta de los escurrimientos que la que se conseguiría con una conexión en T.

Sin embargo, la conexión en T es más fácil de instalar en condiciones difíciles. Una conexión en T bien instalada es preferible a una conexión en Y mal establecida. Es conveniente que el empotramiento con el colector principal se haga en la parte superior, para impedir que las aguas negras retornen por la conexión doméstica cuando el colector esté funcionando a toda capacidad.

La conexión doméstica se hace por medio de una caja de inspección, construida de mampostería o con tubos de concreto colocados en una forma vertical (candelas), la cual une la tubería proveniente del drenaje de la edificación a servir con la tubería que desaguará en el colector principal. La tubería entre la caja de inspección y el colector debe tener un diámetro no menor a 0,15 m (6 pulgadas) para tubería de concreto y 0,10 m (4 pulgadas), para tubería PVC debe colocarse con una pendiente de 2 por ciento como mínimo.

En este proyecto se utilizó tubo de drenaje de 6 pulgadas Norma ASTM F-949 Novafort, así como Silleta Y o T 6 x 4 pulgadas Novafort.

2.1.3.13. Profundidad de la tubería

La profundidad a la cual debe quedar la tubería se calcula mediante la cota invert; se deberá chequear en todo caso, que la tubería tenga un recubrimiento adecuado para que no se dañe debido al paso de vehículos y peatones, o que se quiebre por la caída o golpe de algún objeto pesado.

El recubrimiento mínimo es de 1,20 metros para las áreas de circulación de vehículos, en ciertos casos, puede utilizarse un recubrimiento menor, sin embargo, se debe estar seguro del tipo de circulación que habrá en el futuro sobre el área.

Para el presente proyecto se utilizará una profundidad mínima de 1,20 metros para tubería PVC, en cualquier condición de tránsito.

El volumen de tierra, que se tendrá que remover para la colocación de la tubería, se calcula tomando en cuenta la profundidad de los pozos de visita y la distancia entre ellos, formando un trapecio, y multiplicando por el ancho de zanja.

2.1.3.14. Principios hidráulicos

Un sistema de alcantarillado sanitario funciona como canal abierto, por gravedad y el flujo está regido por la rugosidad del material y la pendiente del canal. Se emplean canales circulares cerrados y la superficie del agua está

afectada por la presión atmosférica y por muy pocas presiones provocadas por los gases de la materia que se transporta en dichos caudales.

2.1.3.14.1. Relaciones hidráulicas

Para el diseño de alcantarillado se parte de la igualdad entre la relación de caudales reales o conocidos, y la relación de caudales teóricos (q/Q).

Teniendo esta relación de caudales se determinan los valores de las demás relaciones, por medio de tablas para el diseño de alcantarillados sanitarios. Las relaciones hidráulicas a obtener son:

- Relación de caudales: q/Q
- Relación de velocidades: v/V
 - $0,6 \leq v \leq 3,0$ m/s (tubería de concreto).
 - $0,4 \leq v \leq 5,0$ m/s (tubería Novafort).
 - $0,4$ m/s = para que exista fuerza de tracción y arrastre de los sólidos.
 - $5,0$ m/s = para evitar deterioro de la tubería debido a la fricción producida por la velocidad y la superficie de la tubería de PVC.
- Relación de tirantes: d/D
 - De $0,10$ a $0,75$

2.1.3.15. Cálculo hidráulico

Para el diseño de sistemas de alcantarillado, además de calcular el caudal de diseño y realizar los distintos chequeos como las velocidad y tirante, se debe considerar un aspecto importante, como la pendiente del terreno, ya que de esta depende la pendiente que adoptará la tubería; asimismo, las cotas invert de entrada y salida, lo cual es básicamente lo que determina la profundidad de la localización de la tubería y la profundidad de los pozos de visita.

2.1.3.15.1. Especificaciones técnicas

- Para el diseño del presente proyecto se utilizó tubería de PVC Norma ASTM F-949 Novafort.
- Relación de caudales: q/Q
- Relación de velocidades: v/V
 - $0,6 \leq v \leq 3,0$ m/s (tubería de concreto)
 - $0,4 \leq v \leq 5,0$ m/s (tubería Novafort)
- Relación de tirantes: d/D
 - De 0,1 a 0,75
- Profundidades mínimas de pozos de visita de 1,20 metros.
- Silleta Y o T 6 x 4 pulgadas Norma ASTM F-949 Novafort, para la candela se utilizó un tubo de concreto de 12 pulgadas de diámetro.

2.1.3.15.2. Ejemplo de diseño de un tramo

Se utilizará como ejemplo el tramo entre el PV 3 al PV 4

- Características

Tipo de sistema	alcantarillado sanitario
Tramo	PV-3 al PV-4
Distancia	74,20 m
Total de habitantes a servir	actual: 256 futuro: 719
Fqm	0,002

- Cotas del terreno

Inicial 1 833,83

Final 1 829,83

- Pendiente del terreno

$$S \% = \frac{(CT_{Inivial} - CT_{Final})}{Distancia} * 100 \%$$

$$S \% = \frac{(1\ 833,83 - 1\ 829,83)}{74,20} * 100 \% = 5,39 \%$$

- Factor de Harmond

$$F. H. = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

$$F. H. = \frac{18 + \sqrt{719/1\ 000}}{4 + \sqrt{719/1\ 000}} = 3,89$$

- Caudal de diseño

$$Q_{\text{diseño}} = F_{\text{qm}} * F. H. * \text{núm. hab.}$$

$$Q_{\text{diseño}} = 0,002 * 3,89 * 719 = 5,59 \text{ lt/seg}$$

- Diámetro de tubería 6"
- Pendiente de tubería 4,43 %
- Velocidad a sección llena 2,65 m/s
- Caudal a sección llena 48,30 lt/s
- Relación de caudales

$$\frac{Q_{\text{diseño}}}{Q_{\text{sec. llena}}} = \frac{5,59}{48,30}$$

$$\frac{Q_{\text{diseño}}}{Q_{\text{sec. llena}}} = 0,1157$$

- Relación de caudales

$$\frac{v}{V} = 0,6662$$

- Relación de tirantes

$$\frac{d}{D} = 0,23$$

- Velocidad a sección parcial

$$V = V * v/V$$

$$V = 2,65 * 0,6662 = 1,77 \text{ m/s}$$

- Chequeo

○ Caudal	5,59 < 48,30	$Q_{\text{diseño}}$ sí cumple
○ Velocidad	0,60 < 1,77 < 3,00	v sí cumple
○ Tirante	0,10 < 0,23 < 0,75	d/D sí cumple

- Cota invert salida del pozo 3

$$CI_{\text{salida pozo 3}} = \text{cota invert entrada}_{\text{pozo 3}} = 1\ 830,79$$

$$CI_{\text{salida pozo 3}} = 1\ 830,79 - 0,02 = 1\ 830,79$$

- Cota invert entrada del pozo 4

$$CI_{\text{entrada pozo 4}} = CI_{\text{salida pozo 12}} - (4,43 \% * DH)$$

$$CI_{\text{entrada pozo 4}} = 1\ 830,79 - (4,43 \% * 74,20) = 1\ 827,50$$

- Altura de pozo 3

$$\text{Alt.}_{\text{pozo visita 3}} = \text{cota del terreno} - \text{CI}_{\text{salida pozo 3}}$$

$$\text{Alt.}_{\text{pozo visita 3}} = 1\,833,83 - 1\,830,79 = 3,04$$

- Altura de pozo 4

$$\text{Alt.}_{\text{pozo visita 4}} = \text{Cota del terreno} - \text{CI}_{\text{salida pozo 4}}$$

$$\text{Alt.}_{\text{pozo visita 4}} = 1\,829,83 - 1\,827,50 = 2,33 \text{ m}$$

- Volumen de excavación

$$\text{Vol. exc.} = \frac{(\text{Alt.}_{\text{pozo visita 12}} + \text{Alt.}_{\text{pozo visita 13}}) * Z * \text{DH}}{2}$$

$$\text{Vol. exc.} = \frac{(3,04 + 2,33) \text{ m} * 74,20 \text{ m} * 0,60 \text{ m}}{2} = 119,54 \text{ m}^3$$

2.1.3.16. Evaluación de impacto ambiental inicial

Se define como la alteración, modificación o cambio en el ambiente, o en alguno de los componentes, con cierta magnitud y complejidad, originado o producido por los efectos de la acción o actividad humana. Es importante aclarar que el término impacto, no implica negatividad, ya que este puede ser tanto positivo como negativo.

La evaluación de impacto ambiental es el análisis de las posibles consecuencias de un proyecto sobre la salud ambiental, la integridad de los

ecosistemas y la calidad de los servicios ambientales, que estos están en condiciones de proporcionar.

Actualmente, se ha visto afectada tanto la salud de los pobladores, como el paisaje del lugar, porque las aguas residuales son descargadas sobre la superficie del suelo provocando la formación de lodo y con el agua estancada en algunos puntos, la proliferación de zancudos que transmiten enfermedades, por lo que la población está teniendo una participación negativa en el ambiente.

Este proyecto no tendrá impacto ambiental negativo permanente, este solo sucederá durante el período de construcción donde el suelo sufrirá un leve cambio por ser removido al momento de la excavación, provocando dificultades en el tránsito y posibles problemas de polvo debido al viento.

2.1.3.17. Propuesta de tratamiento

El sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Santa Otilia desfogará hacia un sistema ya existente, el que tiene contemplado el caudal a ingerir y que, por lo tanto tiene la capacidad para absorberlo.

2.1.3.17.1. Dimensionamiento de pozos de absorción

No se tiene contemplado en el diseño, por el motivo de que se ingerirá hacia un sistema ya existente.

2.1.3.18. Elaboración de planos

Los planos elaborados del proyecto del drenaje son los que a continuación se describen en la tabla I.

Tabla I. **Descripción de los planos**

DESCRIPCIÓN	PLANO
Planta general del alcantarillado	1/5
Perfiles tramo PV 1,1-PV 9	2/5
Perfiles tramo PV 4,1-PV 4	3/5
Perfiles tramo PV 5,1- PV 5	4/5
Perfiles tramo PV 6,1-PV 6	5/5

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.19. Elaboración del presupuesto

Para elaborar el presupuesto se realizó una cuantificación y cotización de materiales en la cabecera departamental de Chimaltenango, según planos finales. Los salarios de mano de obra y materiales se tomaron los que se pagan en la región. El factor de indirectos a utilizar es del 35,00 por ciento. Ver tabla II.

Tabla II. **Presupuesto del proyecto del drenaje de la colonia Santa Otilia, Chimaltenango**

PROYECTO					
Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Santa Otilia zona 4, Chimaltenango					
Ubicación: colonia Santa Otilia					
Municipio: Chimaltenango					
Departamento: Chimaltenango					
PRESUPUESTO GENERAL					
Núm.	REGLON	CANT.	U.	PU (Q)	SUBTOTAL (Q)
1	Replanteo topográfico	700	ml	3,09	2 163,00
2	Excavación	883	m ³	89,64	79 153,00
3	Instalación tubo 6"	700	ml	145,73	102 011,00
4	Relleno	883	m ³	52,75	46 579,00
5	Pozos de visita 1,20-2,20 m	16	U	5 456,00	87 296,00
6	Pozos de visita 2,20-3,20 m	4	U	7 150,00	28 600,00
7	Pozos de visita 3,20-4,20 m	1	U	8 600,00	8 600,00
8	Conexiones domiciliarias	172	U	1 350,00	232 200,00
SUMA DE RENGLONES					586 602,00

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.20. Análisis socioeconómico

A través de encuestas realizadas en la colonia se recopiló información acerca del ingreso familiar, el cual proviene de trabajos agrícolas en la siembra de hortalizas y verduras de la región, por otra parte, las personas de la colonia mantienen trabajos ocasionales pagados por día y muy poco frecuentes, el salario por familia que se maneja es desde Q 0,00 a Q 800,00 mensuales.

2.1.3.21. Valor presente neto (VPN)

Se realiza a partir de un flujo de efectivo, trasladando todo al presente. Es una forma fácil de visualizar si los ingresos son mayores que los egresos afectados con el proyecto.

$$VPN = VP_{\text{beneficios}} - VP_{\text{costos}}$$

Para la anterior fórmula se tiene tres resultados posibles:

- Cuando VPN es mayor que cero se recupera la inversión, se obtiene la rentabilidad, además de una ganancia que es igual al valor presente.
- Cuando VPN es igual a cero se recupera la inversión y se obtiene la rentabilidad deseada.
- Cuando VPN es menor que cero se evalúa según la tasa de interés y el porcentaje de ganancia.

El proyecto de alcantarillado sanitario cumple con un objetivo de carácter social, ya que es de beneficio para la comunidad, no se observa ni un tipo de utilidad (no hay beneficio), los egresos se establecen como el costo total del proyecto.

$$VPN = 0 - Q 586 602$$

$$VPN = -Q 586 602$$

2.1.3.22. Tasa interna de retorno (TIR)

No es posible obtener una tasa interna de retorno (TIR) atractiva, ya que este proyecto es de carácter social, por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal, para este tipo de inversión es de costo/beneficio, y se determina de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Costo}}{\text{Beneficio}} = \frac{Q 586 602}{2 897 \text{ habitantes}} = \frac{Q 202,48}{\text{hab.}}$$

2.2. Diseño del puente tipo badén para la colonia Santa Otilia, zona 4, departamento de Chimaltenango

Este diseño tiene la finalidad de determinar las dimensiones necesarias, tipo de estructura y desfogue de la escorrentilla de agua que va a pasar por la quebrada en donde se realizará el puente.

2.2.1. Levantamiento topográfico

Es uno de los elementos básicos para realizar el diseño de un puente, ya que las dimensiones y ubicación del puente se aplicarán con base en el levantamiento topográfico.

Los datos de campo fueron procesados en gabinete y se procedió a dibujar el eje y las secciones transversales, ubicando la cota de cada punto se calcularon y dibujaron las curvas de nivel del terreno, se hizo el trazo del eje central del puente para proceder a realizar el estudio de la mejor alternativa del puente a diseñar, así como los datos 20 metros aguas arriba y 20 metros aguas abajo, para analizar el comportamiento del caudal en estas respectivas áreas.

El equipo utilizado fue el siguiente:

- Estación total Leica TM30
- Prisma
- GPS Garmin 72H
- Plomada

Con este equipo se determinó la información con la cual se realizaron perfiles, línea central y curvas de nivel del área en donde se ubica el puente.

2.2.2. Evaluación de la calidad del suelo

El método de ensayo que se realizó, fue de compresión triaxial no drenado y no consolidado, consiste en tomar lecturas de deformación y de carga a intervalos regulares de este último, hasta que se produzca la falla o hasta que la deformación alcance un valor considerable.

- Ángulo de fricción interna $\phi = 27,54^\circ$
- Cohesión $C_u = 4,24 \text{ ton/m}^2$
- Descripción del suelo = limo arenoso, color café oscuro
- Densidad húmeda = $1,76 \text{ ton/m}^3$
- Desplante de cimentación = 3 m

Para el cálculo del valor soporte del suelo se utilizó la ecuación de Terzaghi:

$$q_{ult} = cN_c + \gamma_1 D_f N_q + 0.5B\gamma_2 N_\gamma$$

$$q_u = (4,24 \times 30,51) + (3,52 \times 17,81) + \frac{1}{2} \times 0,50 \times 1,76 \times 12,73 = 197,65 \text{ T/m}^2$$

Como se observa, el valor de q_u es el esfuerzo límite, mas no el admisible o de diseño de cimentación.

Para obtener un q_{adm} se recomienda un factor de seguridad no menor de tres, usando un $F_s = 6$ se tiene:

$$q_{adm} = V_s = \frac{q_u}{F_s} = \frac{197,65}{6} = 32,94 \text{ T/m}^2$$

El valor soporte admisible es $V_s=32,94 \text{ T/m}^2$

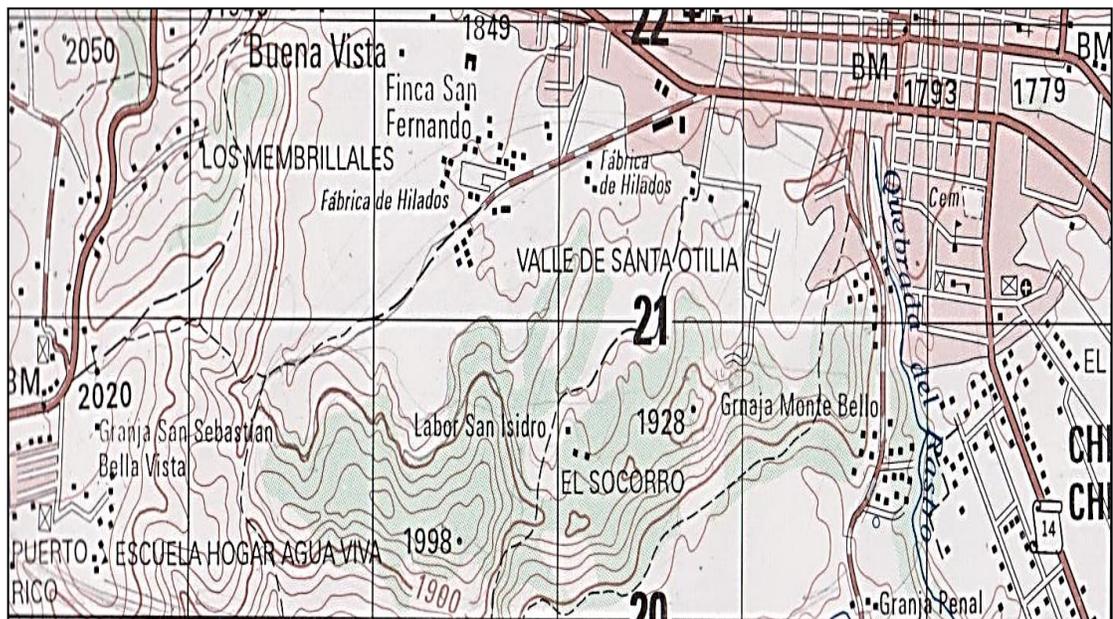
2.2.3. Estudio hidrológico e hidráulico

A continuación se describen los diversos métodos para el cálculo de caudales.

2.2.3.1. Área de la cuenca

Se determinó el área de la cuenca utilizando un mapa 1:50 000 proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). El área de estudio posee una superficie de 4,6 kilómetros cuadrados, de los cuales 7,4 constituyen bosques de 1 kilómetro cuadrado; pavimentos y adoquinados en el área urbana que se encuentra en la parte alta de la cuenca.

Figura 2. Área de la cuenca



Fuente: IGN escala 1:50,000.

2.2.3.2. Precipitación máxima de la cuenca

El cálculo de la precipitación de 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), de donde se deducen las curvas de intensidad, duración y frecuencia (IDF) (ver tabla III).

La metodología se resume en los siguientes pasos: selección de la tormenta, el número de tormentas varían entre 40 y 98 dependiendo de la disponibilidad de información, a lo largo de períodos de registro entre 8 y 15 años. Para el diseño se tienen los datos de la estación Alamedas del ICTA que se encuentra ubicada a 2 kilómetros del lugar a realizar el diseño.

Tabla III. **Datos tabulados de las curvas de intensidad duración frecuencia de la estación meteorológica Alamedas del Icta, calculadas para diferentes períodos de retorno**

Tr	2	5	10	20	25	30	50	100
ALAMEDA ICTA								
A	21 810	105 300	639 800	319 800	311 660	302 850	290 500	283 480
B	35	45	70	65	65	65	65	65
n	1,452	1,701	1,954	1,819	1,812	1,805	1,794	1,787
R2	0,995	0,983	0,987	0,985	0,985	0,985	0,984	0,984

Fuente: elaboración propia.

En donde:

A, B y n = parámetros de ajuste determinados por una estación meteorológica

Tr = período de retorno (años)

R2 = coeficiente de determinación

La ecuación para determinación de las precipitaciones en la cuenca de Alamedas del Icta con base a curvas de intensidad, duración y frecuencia.

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

Al utilizar esta ecuación se obtiene la intensidad en milímetros/hora.

Tabla IV. **Intensidad de las precipitaciones de la cuenca**

Precipitaciones de la cuenca						
Años	A	B	T _c	n	R ²	i- mm/h
2	21,810	35	18,62	1,451	0,995	67,5153409
5	105,300	45	18,62	1,701	0,983	90,0566002
10	639,800	70	18,62	1,954	0,987	100,130689
20	319,800	65	18,62	1,819	0,985	101,905183
25	311,660	65	18,62	1,812	0,985	102,436575
30	302,850	65	18,62	1,805	0,985	102,67335
50	290,500	65	18,62	1,794	0,984	103,400277
100	283,480	65	18,62	1,787	0,984	104,076856

Fuente: elaboración propia.

2.2.3.3. Cálculo de caudal máximo

Para la estimación de crecidas máximas se dispone de varios métodos de cálculo, en este trabajo de graduación se aplicará el método racional que se utiliza en la 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:

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

En donde:

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

I = intensidad de precipitación en milímetros por hora

A = área en kilómetros cuadrados

C = coeficiente de escorrentía

Ejemplo para 100 años:

$$Q = \frac{(0,3)(104,0768)(4,58)}{3,6} = 39,7226$$

Utilizando esta fórmula se obtienen los caudales que se describen en la tabla V:

Tabla V. **Caudales máximos de la cuenca**

Caudales máximos Q (m³/s)
25,76835511
34,3716024
38,21654631
38,89381145
39,09662624
39,18699535
39,46443921
39,72266653

Fuente: elaboración propia.

Obteniendo los datos de caudales máximos se procedió a ingresarlos al software HEC-RAS, el cual dio la altura de la crecida máxima y la velocidad del flujo, este programa tomó en cuenta el coeficiente de escorrentía que fue 0,3 por el tipo de terreno y se analizó 140 metros aguas arriba de la posición del puente, con fin de evaluar el comportamiento del flujo en las proximidades de la estructura.

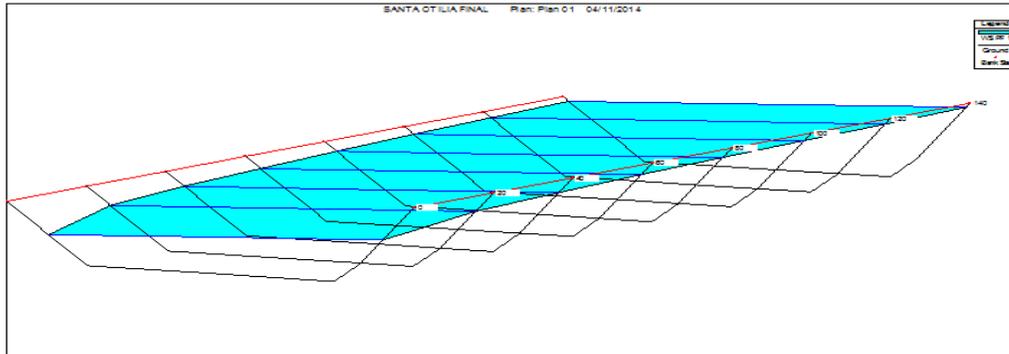
Tabla VI. **Datos de la altura de la crecida máxima y la velocidad del flujo de los caudales**

Lugar	Estación	Perfil	Q Total (m ³ /s)	Elevación del agua (m)	Elevación en tierra (m)	Velocidad (m/s)	Área mojada (m ²)
SANTAOTILIAF	140	PF 1	39,72	1,44	1,52	1,25	31,75
SANTAOTILIAF	120	PF 1	39,72	1,41	1,5	1,29	30,82
SANTAOTILIAF	100	PF 1	39,72	1,38	1,47	1,33	29,79
SANTAOTILIAF	80	PF 1	39,72	1,34	1,43	1,39	28,63
SANTAOTILIAF	60	PF 1	39,72	1,29	1,4	1,46	27,27
SANTAOTILIAF	40	PF 1	39,72	1,23	1,35	1,55	25,61
SANTAOTILIAF	20	PF 1	39,72	1,15	1,29	1,7	23,38
SANTAOTILIAF	0	PF 1	39,72	0,86	1,17	2,48	16,04

Fuente: elaboración propia, con programa HEC-RAS.

Con el software HEC-RAS se obtuvo el comportamiento del flujo del agua en el canal de aproximación al puente.

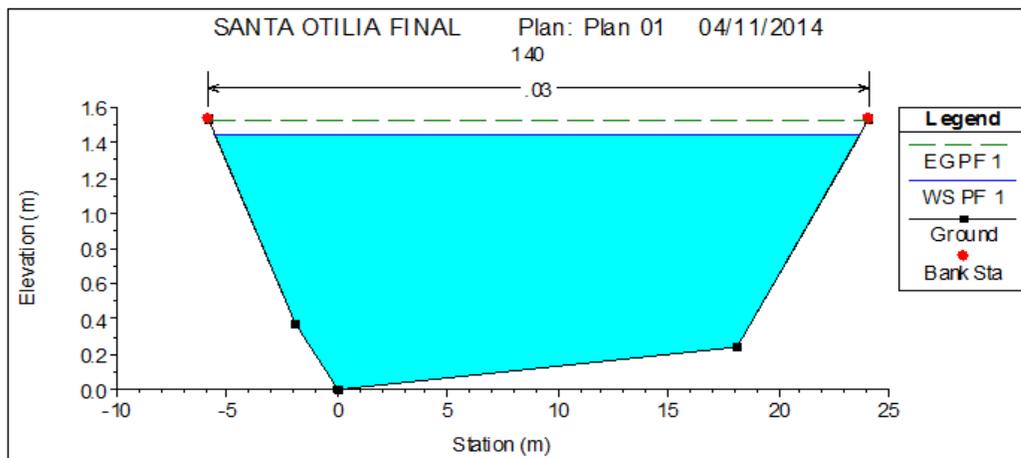
Figura 3. **Comportamiento del flujo del agua en el canal**



Fuente: elaboración propia, con programa HEC-RAS.

Con los datos obtenidos por el software, se calculó la altura de la crecida máxima a partir de la topografía del perfil y datos obtenidos en campo y se determinó que la crecida máxima se encontrará a 1,44 metros partiendo del nivel 0 del perfil.

Figura 4. **Altura de la crecida máxima del caudal**

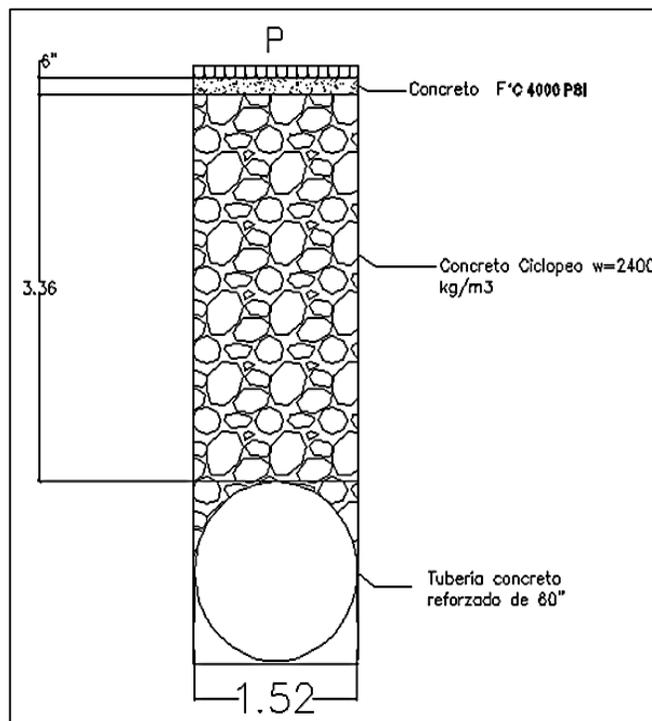


Fuente: elaboración propia, con programa HEC-RAS.

2.2.3.4. Diseño de la tubería

La tubería se diseñará con respecto a las necesidades del proyecto, tomando en cuenta que esta va a desalojar la cantidad de agua que pase por el puente, ya que el diseño se realizará colocándola transversalmente a la posición del mismo, la cual está sometida a diferentes cargas que la tubería debe ser capaz de soportar, estará diseñada sobre la parte más crítica. Dichas cargas se pueden observar en la figura 5.

Figura 5. Corte de área crítica en la tubería



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Presión del relleno:

- $P_{\text{relleno}} = \text{altura del relleno} \times \gamma \text{ del concreto ciclópeo}$
- $P_{\text{relleno}} = 3,36 \text{ m} \times 2\,700 \text{ kg/m}^3$
- $P_{\text{relleno}} = 7\,280 \text{ kg/m}^2$

Para convertirlo en carga lineal se multiplica por el ancho de la tubería

$$P = 7\,280 \text{ kg/m}^2 \times 1,52 \text{ m} = 11\,065,6 \text{ kg/m}$$

Presión de la carpeta de rodadura:

En la sección crítica se tiene 1,52 m de largo por 3,50 m de ancho, con un concreto $f'c = 4\,000 \text{ psi} = 280 \text{ kg/m}^2$.

$$1,52 \text{ m} \times 3,50 \text{ m} \times 0,1016 \text{ m} = 0,54 \text{ m}^3$$

$$2\,200 \text{ kg/m}^3 \times 0,54 \text{ m}^3 = 1\,189,12 \text{ kg}$$

$$1\,189,12 \text{ kg} / 1,52 \text{ m} = 782,31 \text{ kg/m}$$

Presión vehicular:

Estará dada por un vehículo de 2 toneladas (1 tonelada por eje), se tomará de esta forma, ya que las calles son angostas y no tienen el radio de giro suficiente para que transite un vehículo de mayor capacidad de carga (camiones).

$$P_{\text{vehicular}} = 1\,000 \text{ kg}$$

$$P_{\text{vehicular}} = 1\,000 \text{ kg} / 1,52 \text{ metros}$$

$$P_{\text{vehicular}} = 657,89 \text{ kg/mL}$$

Σ de presiones ejercidas a la tubería

$\Sigma P = P \text{ relleno} + P \text{ carpeta rodadura} + P \text{ vehicular}$

$\Sigma P = 11\,746,56 \text{ kg/mL} + 782,31 \text{ kg/mL} + 657,89 \text{ kg/mL}$

$\Sigma P = 13\,186,76 \text{ kg/mL}$

Las especificaciones de la tubería reforzada de 60" es de 19 669 kg/m (ver anexos), por lo tanto:

$\Sigma P < P_{\text{fabricante}}$

$13\,186,76 \text{ kg/mL} < 19\,669 \text{ kg/mL}$, si cumple

2.2.3.5. Determinación del diámetro de la tubería

La determinación del diámetro se basa en el caudal que va a pasar en su interior para buscar el diámetro adecuado.

2.2.3.6. Cantidad de tubos

La cantidad de tubería será dada por la capacidad de esta para evacuar la cantidad de flujo en las condiciones críticas en el área transversal de desalojo del puente; se determinó por medio de la siguiente ecuación, con la que se encontró el caudal de agua que va a pasar por cada una de las tuberías transversales del puente, los datos fueron tomados de la tabla VI.

$$Q = V \times A$$

En donde:

Q = caudal

V = velocidad = 2.48 m/s

$$A = \text{área} = 1,81 \text{ m}^2$$

$$Q = 2,48 \text{ m/s} \times 1,81 \text{ m}^2 = 4,48 \text{ m}^3/\text{tubo}$$

Con el resultado del área de desalojo por cada tubo de 60 pulgadas se determinará la cantidad de tubería.

$$\text{Cantidad de tubos} = \frac{\text{área máxima del flujo en el canal}}{\text{área de desalojo por tubo}}$$

$$\text{Cantidad de tubos} = \frac{31,75 \text{ m}^2}{4,48 \text{ m}^2} = 7 \text{ tubos de 60"}$$

Con esta tubería se evacuará en su totalidad el caudal calculado para una crecida máxima, en un período de retorno de 100 años.

2.2.3.7. Selección del tipo de tubería

Para este diseño se utilizará una tubería de concreto de 60 pulgadas de diámetro, la cual es una de las más grandes y en disponibilidad en el mercado de la construcción.

2.2.4. Descripción general de la alternativa propuesta

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, así como la problemática de los pobladores en la estación de invierno, la cual dificulta el paso peatonal, ya que la quebrada Shell cuenta con un puente improvisado de madera que facilita la

movilidad de Santa Otilia a la cabecera departamental de Chimaltenango, sin embargo, no se tiene la disponibilidad de acceso vehicular.

2.2.5. Datos y especificaciones del diseño

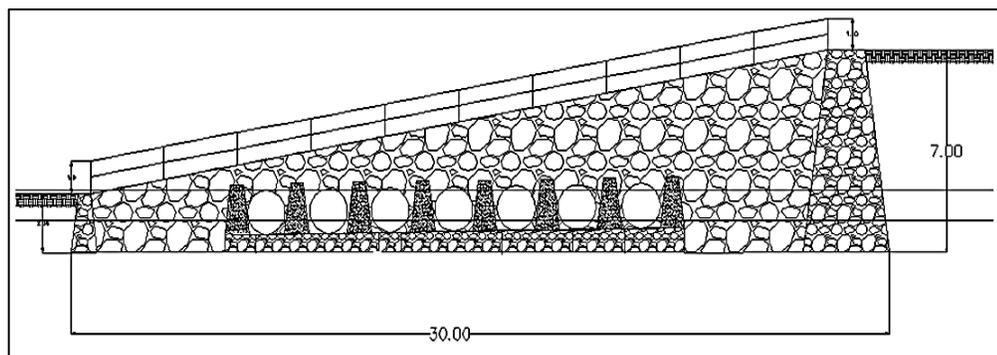
Se realizará un puente tipo badén con una longitud de 30 y 3,50 metros de ancho, este se realizará con un relleno de concreto ciclópeo y tuberías transversales, las cuales drenarán el flujo de agua que pasará por el mismo.

2.2.6. Diseño de la superestructura

Está comprendida por concreto ciclópeo, una banqueta, barandales y además de los siguientes elementos:

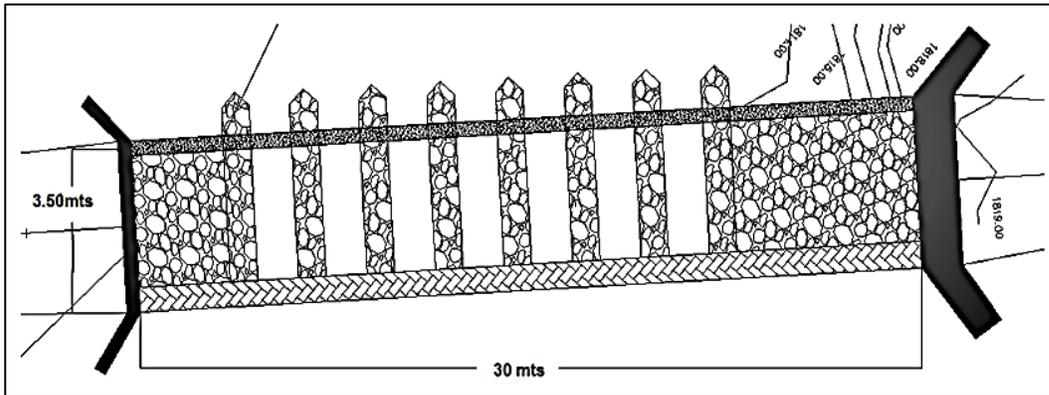
- Luz efectiva: 30 m
- Ancho útil: 3,50 m
- Altura inicial: 0 metros
- Altura final: 7 metros
- Peso del concreto: 2 300 kg/m³

Figura 6. **Planta del puente**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 7. Perfil del puente



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

2.2.6.1. Diseño de la losa de rodadura

La losa tiene como función resistir las cargas vivas, el dimensionamiento debe determinar el ancho de rodadura como el ancho de vía que es 3,50 metros. Por lo tanto, se determina el espesor de la rodadura por medio del método simplificado de diseño PCA (Portland Concret Asociation), el cual está compuesto por las siguientes etapas:

- Estimar tránsito promedio diario de camiones (TPDC)
- Seleccionar la categoría por eje
- Encontrar el espesor de la losa requerida en la tabla apropiada

Tránsito promedio diario de camiones (TPDC)

Para el uso correcto de la VII, según la PCA, los valores de TPD y TPDC no deben ser usados como criterio primario para seleccionar la categoría de carga de eje, los datos son mostrados únicamente para ilustrar

valores típicos. En lugar de ello, lo correcto es confiar más en la descripción de una categoría con base en los valores esperados de máxima carga de eje. El valor de diseño TPDC se obtendrá por una clasificación de conteo de los camiones esperados, los valores de crecimiento se varían entre un 2 y un 6 %, se utilizará un valor de 4 %.

Tabla VII. **Categorías de carga por eje**

CARGA POR EJE CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	TRÁFICO			MÁXIMA CARGA POR EJE, KIPS	
		ADT	ADTT		Eje Sencillo	Eje Tandem
			%	POR DÍA		
1	CALLES RESIDENCIALES CARRETERAS RURALES Y SECUNDARIAS. (BAJO A MEDIO).	200 A 800	1-3	ARRIBA DE 25	22	36
2	CALLES COLECTORAS CALLES RURALES Y SECUNDARIAS (ALTAS) CARRETERAS PRIMARIAS Y CALLES ARTERIALES (BAJO).	700 A 5,000	5-18	DE 40 A 1,000	26	44
3	CALLES ARTERIALES Y CARRETERAS PRIMARIAS (MEDIO) SUPERCARRETERAS INTERESTATALES URBANAS Y RURALES (BAJO A MEDIO).	3,000- 12,000 2 CARRILES 3,000-50,000 4 CARRILES O MAS	8-30	DE 500 A 5,000	30	52
4	CALLES ARTERIALES, CARRETERAS PRIMARIAS, SUPER-CARRETERAS (ALTAS), INTERESTATALES URBANA Y RURAL (MEDIO A ALTO).	3,000-20,000 2 CARRILES	8-30	DE 1500 A 8,000	34	60

LOS DESCRIPTORES ALTO, MEDIO Y BAJO SE REFIEREN AL PESO RELATIVO DE. LAS CARGAS POR EJE PARA EL TIPO DE CALLE O CARRETERA.
ADTT: CAMIONES DOS EJES, CAMIONES CUATRO LLANTAS EXCLUIDOS.

Fuente: Portland Concret Asociation.

Por lo tanto, se determinarán los siguientes valores para:

- Tránsito promedio de camiones

TPDA: (núm. de vehículos) (crecimiento vehicular %) ^ período de diseño

$$TPDA = (100)(1 + 0,04)^{20}$$

$$TPDA = 220 \text{ veh\u00edculos}$$

Tr\u00e1nsito promedio de veh\u00edculos (TPDC)

$$TPDC = (220) (0.01) = 2 \text{ veh\u00edculos}$$

$$TPDC = (220) (0.03) = 7 \text{ veh\u00edculos}$$

- o Categor\u00eda de carga

Categor\u00eda 1: (calles residenciales, carreteras rurales y secundarias)

M\u00f3dulo de ruptura = se realizar\u00e1 la carpeta de rodadura con un dise\u00f1o de concreto de 4 000 lbs/plg²

$$f'c \text{ del pavimento} \times 15\% = 4\,000 \times 0,15 = 600 \text{ lbs/plg}^2$$

- o Espesor de la losa: para este c\u00e1lculo se utilizar\u00e1n los valores de las tablas VIII y IX a continuaci\u00f3n.

Tabla VIII. Tipos de suelos subrasante y valores aproximados de "K"

TIPOS DE SUELO	SOPORTE	RANGO DE VALORES DE K PCI
SUELOS DE GRANO FINO EN EL CUAL EL TAMAÑO DE PARTICULAS DE LIMO Y ARCILLA PREDOMINAN	BAJO	75 - 120
ARENAS Y MEZCLAS DE ARENA CON GRAVA, CON UNA CANTIDAD CONSIDERADA DE LIMO Y ARCILLA	MEDIO	130 - 170
ARENAS Y MEZCLAS DE ARENA CON GRAVA RELATIVAMENTE LIBRE DE FINOS	ALTO	180 - 220
SUB-BASE TRATADA CON CEMENTO	MUY ALTO	250 - 400

Fuente: Portland Concret Asociation.

De esta forma, y con los valores de la tabla VIII se asumirá un valor de K muy alto con un valor de 300 lbs./pulg³

Tabla IX. Valores de subrasantes "K"

VALOR DE K DE LA SUBRASANTE LBS / PULG ³ .	VALOR DE K SOBRE LA BASE LBS/PULG ³			
	ESPELOR 4 PULG.	ESPELOR 6 PULG.	ESPELOR 9 PULG.	ESPELOR 12 PULG.
50	65	75	85	110
100	130	140	160	190
200	220	230	270	320
300	320	330	370	430

Fuente: Portland Concret Asociation.

El espesor de la carpeta de rodadura será de 4 pulgadas, ya que el valor de la subrasante es de 300 lbs/pulg³.

El espesor de la losa será de 4 pulgadas, sin refuerzo concreto
4 000 lbs/plg².

2.2.6.2. Diseño del barandal

Se diseñará como baranda peatonal según las especificaciones de AASHTO LRFD 2010, artículo 13,8; se asume que no existirá ningún tipo de impacto vehicular, ya es un camino rural y las velocidades de los vehículos son bajas. Por lo tanto el Código recomienda lo siguiente:

Como elementos longitudinales: se contará con tres tubos estructurales de 1,5" de diámetro, conectados a postes de concreto armado, los cuales estarán separados 2 m, deben diseñarse para una carga concentrada de 890 N en cualquier punto y una carga distribuida de 0,73 N/mm vertical y horizontalmente.

Se evaluará la condición crítica de la siguiente forma:

$$M = \frac{P \times L}{8} + \frac{W \times L^2}{10}$$

En donde:

M = momento actuante

P = carga concentrada = 890 N = 91 kg

L = longitud del tubo = 2 m

W = carga distribuida = 0,73 N/mm = 75 kg/m

Sustituyendo datos:

$$M = \frac{91 \times 2}{8} + \frac{75 \times 2^2}{10} = 52,75 \text{ kg. m}$$

Evaluando la resistencia del tubo propuesto:

$$M_r = \frac{2 \times I \times F}{\emptyset}$$

En donde:

M_r = momento resistente

I = inercia = 0,31 plg⁴

F = fluencia del tubo = 20 000 psi

\emptyset = diámetro externo = 1,89 pulgadas

$$M_r = \frac{2 \times 0,31 \times 20\,000}{1,89} = 6\,561 \text{ lb. plg} = 76 \text{ kg. m}$$

$$M_r > M$$

$$76 \text{ kg.m} > 52,75 \text{ kg.m} \text{ (sí cumple)}$$

Para los postes de las barandas, la AASHTO LRFD solicita evaluar con una carga concentrada transversal, situada en el centro de gravedad del elemento longitudinal superior, siempre que el poste sea menor a 1,50 m. La altura mínima es de 1,060 m, se asumirá una altura libre de 1,10 m a partir de la acera. La carga se obtiene de la siguiente ecuación:

$$P_{LL} = 890 + 0,73 L$$

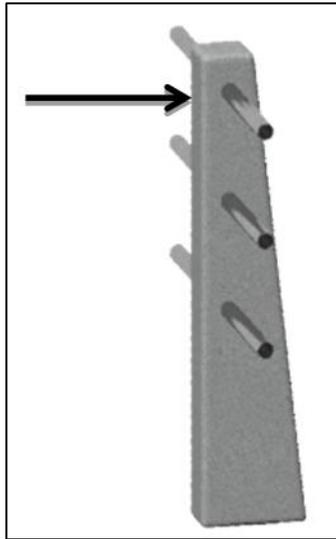
En donde:

P_{LL} = valor de la carga concentrada en N

L = separación entre postes en mm

$$P_{LL} = 890 + 0,73 \times 2\,000 = 2\,350 \text{ N} = 240 \text{ kg}$$

Figura 8. **Esquema de poste de barandal**



Fuente: elaboración propia, con programa de 3ds MAX 2013.

Evaluando la condición crítica:

$$M = P \times L$$

En donde:

M = momento de diseño

P = carga concentrada = 240 kg

P1 = carga concentrada para el diseño de los tubos = 150 kg

L = distancia desde el rostro de la acera al centro del tubo superior = 1 m

L1 = distancia desde el rostro de la acera al centro del tubo

$$M = (240 * 1) + (150 * 1) + (150 * 0,7) + (150 * 0,4) = 555 \text{ kg. m}$$

Datos de la sección crítica

Base (b) = 15 cm

Ancho (h) = 28 cm

Recubrimiento (t) = 3 cm

Peralte (d) = 25 cm

- Acero mínimo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{14,1}{f_y} \times b \times d = \frac{14,1}{2\,810} \times 15 \times 25 = 1,88 \text{ cm}^2$$

- Acero máximo:

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \phi \times f'_c \times 6\,120}{f_y \times (6\,120 + f_y)} = \frac{0,85 \times 0,90 \times 210 \times 6\,120}{2\,860 \times (6\,120 + 2\,810)} = 0,039$$

$$A_{s_{\max}} = 0,5 \times \rho_b \times b \times d = 0,5 \times 0,039 \times 15 \times 25 = 7,31 \text{ cm}^2$$

- Área de acero requerida según momento de diseño:

$$A_s = \frac{0,85f'_c * bd}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * M_u}{0,85\phi * f'_c * bd^2}} \right)$$

En donde:

A_s = área de acero en cm^2

b = ancho unitario en cm

d = peralte efectivo en cm

M = momento en kg-cm

f'_c = resistencia especificada a la compresión del concreto en kg/cm^2

f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo den kg/cm^2

$$A_s = \frac{0,85 * 210 * 15 * 25}{2810} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 55500}{0,85 * 0,9 * 210 * 15 * 25^2}} \right) = 0,89 \text{ cm}^2$$

- Refuerzo a corte:

La fuerza de corte máxima que actúa sobre el poste será la suma de todas las fuerzas transversales.

$$V_{\text{actuante}} = 240 + 150 + 150 + 150 = 690 \text{ Kg}$$

- Corte que resiste el concreto:

$$V_{\text{resistente}} = 0,53\phi\sqrt{f'_c} * bd = 0,53 * 0,85 * \sqrt{210} * 15 * 25 = 2449 \text{ Kg}$$

$$V_{\text{resistente}} > V_{\text{actuante}}$$

$$2\,449\text{ kg} > 690\text{ kg (sí cumple)}$$

El cortante que resiste el concreto es mayor al cortante actuante, por lo cual se colocará el mínimo refuerzo a corte aceptable.

El poste tendrá un refuerzo de 4 varillas número 3 longitudinalmente y estribos número 3 a cada 20 cm (ver plano para detalles).

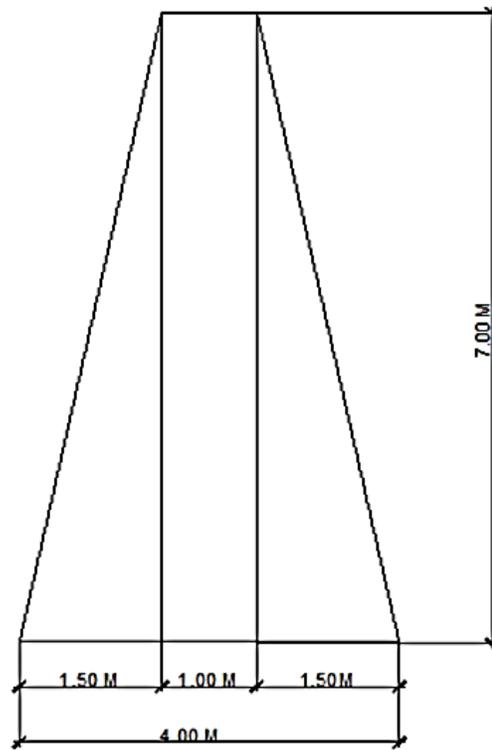
2.2.7. Diseño de la subestructura

La subestructura de un puente es el conjunto de elementos estructurales destinados a transmitir la carga, proveniente de la superestructura, hacia el suelo. La subestructura está conformada, principalmente por los estribos.

2.2.8. Diseño de muros de gravedad

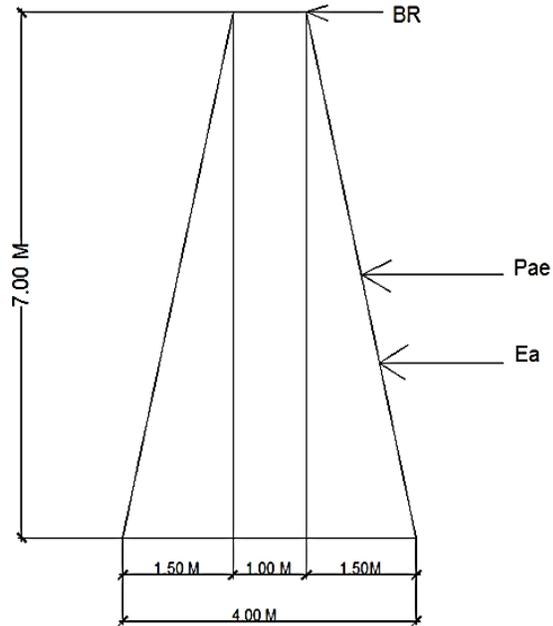
Estos muros de gravedad son de concreto ciclópeo y utilizan su propio peso para resistir las fuerzas laterales debido al empuje del terreno y otras cargas, las dimensiones son: altura 7 metros y la base será de $\frac{1}{2}$ de la altura.

Figura 9. **Muro de gravedad (predimensionamiento)**



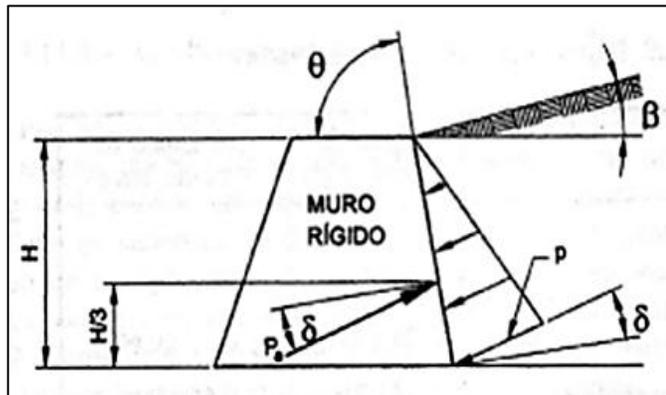
Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura10. **Resultado de fuerzas de empuje aplicadas al muro**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

Figura 11. **Coficiente de empuje activo**



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(\emptyset + \emptyset'f)}{r(\text{sen}^2\emptyset \times \text{sen}\emptyset'f - \delta)}$$

En donde:

\emptyset = ángulo que forma el respaldo del muro con respecto a la horizontal

$\emptyset'f$ = ángulo de fricción interna

δ = ángulo entre relleno y muro

β = ángulo que forma la superficie del terreno respecto a la horizontal

Entonces:

$$\emptyset = 82^\circ$$

$$\emptyset'f = 24,57^\circ$$

$$\delta = 0,34^\circ$$

$$\beta = 10^\circ$$

En donde:

$$r = (1 + \sqrt{\text{sen}(\emptyset'f + \delta) \times \text{sen}\emptyset'f - \beta / \text{sen}(\emptyset - \delta) \times \text{sen}(\emptyset + \beta)})^2$$

$$r = (1 + \sqrt{\text{sen } 24,57 + 0,34) \times \text{sen } 24,57 - 10 / \text{sen}(82 - 0,334) \times \text{sen}(82 + 010)})^2$$

$$r = 2,40$$

$$K_a = \frac{\text{sen}^2(82 + 24,57)}{2,40(\text{sen}^2 82 \times 24,57 - 0,34)}$$

$$K_a = 0,381$$

Empuje lateral del suelo:

$$Ea = \frac{1}{2} \gamma \tau H^2 ka$$

En donde:

$\gamma \tau$ = peso del suelo saturado

H = altura del muro

ka = coeficiente de empuje

Entonces:

$\gamma \tau = 1\,760 \text{ Kg/m}^3$

$H = 7 \text{ metros}$

$ka = 0,381$

$$Ea = \frac{1}{2} (1\,760)(7)^2(0,381)$$

$$Ea = 16\,429 \text{ kg/m}$$

$$Mv = 16\,429 * 2,33 = 38\,280 \text{ Kg/m}$$

- Cálculo de empuje por sismo: se realizará con las ecuaciones de acuerdo con el artículo A11.1 de AASHTO LRFD 2010. El valor de coeficiente sísmico de aceleración horizontal se obtiene de las Normas de Seguridad Estructural de Edificaciones y Obras de Infraestructura para la República de Guatemala, AGIES NSE 2-10.

Para obtener la aceleración máxima del suelo (A) se toman en cuenta las siguientes características:

- Ubicación: Santa Otilia, Chimaltenango
- Categoría: obras importantes
- Clase de obra: D
- Tipo de fuente sísmica: B
- Clase de sitio: D
- Sismo considerado: ordinario
- Probabilidad de exceder sismo de diseño en 50 años: 5 %
- $A = 0,48$

La fuerza de sismo estará aplicada a una altura de H/2 según AASHTO LRFD 2010 A.11.11.1.1.

El coeficiente de presión activa sísmica del terreno es:

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta \cos^2\beta \cos(\delta + \beta + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \beta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta)\cos(i - \beta)}} \right]^2}$$

$$K_{AE} = 0,484$$

En donde:

δ = ángulo de fricción entre el suelo y el muro = $0,34^\circ$

β = ángulo del material del suelo con la horizontal = 10°

ϕ = ángulo de fricción interna del relleno = $24,57^\circ$

K_{AE} = coeficiente de presión activa sísmica del terreno

i = ángulo del material del suelo con la horizontal = 0

H = altura del muro = 7 m

γ_t = peso unitario del suelo = 1 760 kg/m³

A = coeficiente sísmico de aceleración horizontal = 0,48

K_h = coeficiente de aceleración horizontal = 0,5A = 0,5 X 0,48 = 0,24

K_v = coeficiente de aceleración vertical = 0

K_a = coeficiente de empuje activo = 0,381

$$\theta = \arctan\left(\frac{K_h}{1 - K_v}\right) = \arctan\left(\frac{0,24}{1 - 0}\right) = 13,50^\circ$$

La fuerza de acción sísmica es:

$$P_{AE} = \frac{1}{2} \gamma_t H^2 (K_{AE} - K_a) = 4 442 \text{ kg}$$

- Carga de frenado: se considera de un 25 % del peso por cada eje, en este caso se tomará un vehículo de 2 toneladas.

$$\text{Carga de frenado (BR)} = 0,25 \times 2 \text{ T} = 500 \text{ kg}$$

Tabla X. **Resultado del cálculo de pesos y momentos**

Figura	Área (m ²)	Wconcreto (kg/m ³)	Wtotal (kg)	Brazo (m)	Momento (kg.m)
1	5,25	2 700	14 175	1	14 175
2	7	2 700	18 900	2	37 800
3	5,25	2 700	14 175	3,50	49 613
			47 250		101 588

Fuente: elaboración propia.

- Chequeo por volteo

$$F_{sv} = \frac{\Sigma \text{momentos}}{Ea \times \frac{2}{3} \text{altura}}$$

$$F_{sv} = \frac{67\ 662}{38\ 280} = 1,76 > 1,5$$

- Chequeo por deslizamiento

$$F_{sd} = \frac{0,5 \times w_{total}}{Ea + P_{ae} + BR}$$

$$F_{sd} = \frac{0,5 \times 67\ 622}{16\ 429 + 4\ 442 + 500} = 1,58 > 1$$

- Cheque de presiones

$$a = (ME - MV) / W$$

$$a = (101\ 588 - 38\ 280) / 47\ 250$$

$$a = 1,34$$

$$b/3 = 4/3 = 1,33 < 1,34$$

$$e = b/2 - a$$

$$e = 4/2 - 1,34$$

$$e = 0,66$$

$$P = W/A \times (1 \pm (6 \times e/b))$$

$$P = 47\,250/4 \times (1 + (6 \times 0,66/4))$$

$$P+ = 13\,761,56 < 32\,970 \text{ (valor soporte del suelo)}$$

$$P- = 9\,863,43 > 0$$

Como la presión máxima es menor que la capacidad de soporte del suelo y la presión mínima es menor que cero, entonces el suelo sí resiste las presiones a las que va a estar sometido.

Las dimensiones propuestas del muro son aptas, ya que resisten las cargas a las que están sujetas.

2.2.9. Elaboración de planos

Los planos elaborados para el proyecto del puente de badén se especifican en la tabla XI.

Tabla XI. **Listado de planos para el puente tipo badén**

DESCRIPCIÓN	PLANO
Perfil del puente	1/2
Detalle de muros y especificaciones	2/2

Fuente: elaboración propia.

2.2.10. Presupuesto

Para elaborar el presupuesto se realizó una cuantificación y cotización de materiales en la cabecera departamental de Chimaltenango, según los planos finales. Los salarios de mano de obra y materiales se tomaron con base en los que se pagan en la región. El factor de indirectos a utilizar es del 35,00 %.

Tabla XII. **Presupuesto del proyecto del puente tipo badén**

PROYECTO					
PUENTE TIPO BADÉN DE 30 METROS UBICADO EN LA QUEBRADA SHELL UBICADO EN LA COLONIA SANTA OTILIA, ZONA 4 CHIMALTENANGO					
Ubicación: colonia Santa Otilia					
Municipio: Chimaltenango					
Departamento: Chimaltenango					
PRESUPUESTO GENERAL					
Núm.	REGLON	CANT.	U	PU (Q)	SUBTOTAL (Q)
1	Replanteo topográfico	100	ml	3,09	309,00
2	Trazo y estaqueado	1	U	125	125,00
3	Concreto ciclópeo relleno puente	284	m ³	1 694,71	481 300,00
4	Apoyos de tubería	8	U	35 810,00	286 480,00
5	Tubos concreto 60"	7	U	4 000,00	28 000,00
6	Estribo núm. 1	1	U	4 082,25	4 082,25
7	Estribo núm. 2	1	U	46 832,85	46 832,85
8	Barandal peatonal	79	m ²	239,59	18 928,00
SUMA DE RENGLONES					866 057,10

Fuente: elaboración propia.

2.2.11. Evaluación inicial ambiental

De acuerdo con el listado taxativo de proyectos, obras industriales o actividades del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, la construcción de puentes se encuentra en la división número 4520, con lo cual el proyecto es catalogado como de moderado a alto impacto ambiental.

Debe realizarse una evaluación de impacto inicial, como estudio preliminar, y luego una evaluación de impacto ambiental, con la finalidad de realizar un análisis a profundidad los efectos sobre el ambiente que ejercerá el proyecto.

En este trabajo, únicamente se realizará un EIA inicial, ya que una evaluación de impacto ambiental, requiere de un profesional especializado en la rama para ser válida.

- Información general
 - Nombre del proyecto: diseño puente badén de 30 metros.
 - Vida útil del proyecto: 50 años.
 - Área o situación legal donde se ubicará el proyecto: estará sobre la quebrada Shell, colonia Santa Otilia z.4, Chimaltenango.
 - Superficie estimada del proyecto: 150 m².
 - Colindancias y actividades que desarrollan en el predio: residencias particulares y cultivo de hortalizas.

- Trabajos necesarios para la preparación del terreno: excavación, construcción y relleno estructural.
- Vías de acceso: carretera CA-1 occidente.
- Influencia del proyecto
 - Fuente de suministro y requerimiento de energía y combustible a utilizar: no se utilizará energía eléctrica, únicamente el combustible para la maquinaria.
 - Fuentes de suministro de agua y sus requerimientos de agua cruda y potable: el agua que se utilice será tomada directamente del río La Estancia.
 - Recursos naturales que serán aprovechados en las diferentes etapas: se utilizará piedra bola y arena para la construcción de la estructura; la tierra de la excavación servirá para realizar el relleno estructural.
 - Indicar cada sustancia o material que será utilizado en el proceso: piedra bola, pedrín, arena, cemento, madera, pintura y agua.
- Control ambiental
 - Residuos o contaminantes que serán generados (en cantidades y contenidos): únicamente material suelo producto de la excavación.

- Emisiones a la atmósfera (gases, humo, entre otros): una pequeña cantidad, producida por la maquinaria a utilizar.
- Desechos sólidos (clase de basura): los únicos desechos sólidos serán las bolsas de cemento y sobrantes de otros materiales, tales como madera, acero, entre otros, los que serán llevados a un lugar autorizado para su depósito.
- Ruidos o vibraciones: únicamente durante la construcción, producto de maquinaria pesada, alrededor de 4 meses.
- Contaminación visual: durante la fase de construcción debido al movimiento de tierras.
- Plan de mitigación
 - Los trabajos deben ser realizados en época seca y proveer de muros tipo gavión a la par de los estribos, para prevenir deslaves del relleno estructural.
 - Inmediatamente después de terminar cualquier fase del proyecto, retirar del área de trabajo el material sobrante del proyecto ejecutado.
 - Dotar al personal encargado de la construcción del equipo adecuado como: cascos, botas, guantes, entre otros, para evitar accidentes.

3. DISEÑO DEL CANAL

3.1. Propuesta de mitigación para la quebrada Shell ubicada en las partes bajas de la colonia

La amenaza identificada la constituye cuando las crecidas máximas en la quebrada Shell, las cuales para un periodo de retorno de 100 años prevé un caudal de hasta 39,72 metros cúbicos por segundo, puesto que atravesarán de manera transversal el puente. Este caudal será drenado por un canal abierto, el cual cuenta con las siguientes características.

3.1.1. Longitud

Este canal cuenta con una longitud de 490 metros y tienen su desfogue aguas abajo en el río Balanya.

3.1.2. Pendiente

Para la determinación de la pendiente del terreno, en cada punto de estudio se utilizó un navegador GPS, con esto se obtuvo el cambio de pendiente de los tramos siendo procesados de la siguiente manera:

$$P = \frac{\text{cota mayor} - \text{cota menor}}{d} \times 100 = P \%$$

$$P = \frac{1\ 814 - 1\ 795}{490} \times 100 = 3,87 \%$$

3.1.3. Geometría de la sección del canal

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

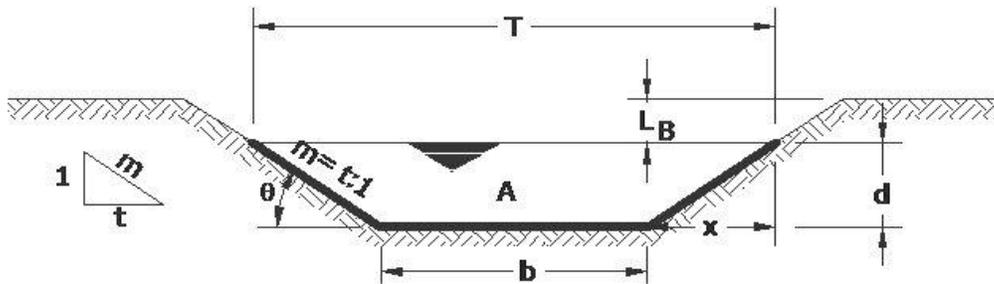
Para las secciones de un canal regular, los elementos geométricos pueden expresarse matemáticamente en términos de la profundidad del flujo y de otras dimensiones de la sección.

La geometría propuesta para el canal, a lo largo de todo el cauce del río, es una sección trapezoidal con las dimensiones propuestas más adelante. Se eligió este tipo de sección, ya que es la figura geométrica en la cual se puede transportar más cantidad de agua en la crecida máxima de 100 años.

3.2. Características hidráulicas y geométricas del canal

La descripción del comportamiento hidráulico de los canales es una parte fundamental del diseño, en las cuales se tomó en cuenta la pendiente y la rugosidad, entre otros. Los elementos geométricos son propiedades de una sección del canal que puede ser definida enteramente por la geometría de la sección y la profundidad del flujo. Estos elementos son muy importantes para los cálculos del escurrimiento. Ver figura 12.

Figura 12. Características del canal



Fuente: elaboración propia, con programa AutoCAD.

En donde:

d = tirante del agua = 0,60 m

b = base del canal o ancho de solera = 5,55 m

T = espejo del agua

L_b = espacio libre

m = relación de talud

Coefficiente de rugosidad (n) = 0,016

Pendiente = 0,0387 m/m

Tabla XIII. Propiedades geométricas del canal

Base de canal (metros)	Relación de talud (z)	Tirante (m)	Coefficiente de rugosidad	Pendiente m/m
5,55	4	0,60	0,016	0,038

Fuente: elaboración propia.

3.2.1. Velocidad

La velocidad está dada por la pendiente y el coeficiente de rugosidad del material con el que se construirá el canal, en este caso será de concreto F_c 210 kg/cm².

Tabla XIV. Velocidad del canal

Espejo de agua (T) metros	Área hidráulica (m ²)	Perímetro mojado (m)	Radio hidráulico (m)	Velocidad del canal (m/s)
11,35	7	15,44	0,45	7,22

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Chequeo de la velocidad del canal

De revestimiento	m/s
Mampostería de tabique	1,4
concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$	7,4
TABLA 2-9 (continuación)	
Tipo y resistencia de revestimiento	Velocidad máxima m/s
$f_c = 170 \text{ kg/cm}^2$	6,6
$f_c = 130 \text{ kg/cm}^2$	5,8
$f_c = 110 \text{ kg/cm}^2$	4,4
$f_c = 90 \text{ kg/cm}^2$	2,8

Fuente: KROCHIN. Sviatoslav. *Diseño hidráulico*. p. 83.

3.2.2. Caudal

El canal está diseñado para evacuar la cantidad de 40,26 m³/s, siendo mayor a 39,72 m³/s que es el caudal para una crecida máxima en 100 años.

3.3. Diseño de obras de infraestructura

Se realizarán de acuerdo a los métodos y normas específicas para cada uno de los proyectos, haciendo que estas funcionen de una manera adecuada y su vida útil sea la mayor de la mano con el mantenimiento que realizará el Cocode de la colonia Santa Otilia.

3.3.1. Elaboración de planos

Los planos elaborados para el proyecto del canal se especifican en la tabla XVI.

Tabla XVI. **Listado de planos para el canal**

DESCRIPCIÓN	PLANO
Planta y detalles de canal	1/2
Perfil del canal	2/2

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Elaboración del proyecto

Para elaborar el proyecto se realizó el presupuesto de dichas obras cuantificando y cotizando los materiales según los planos finales. Los salarios

de mano de obra y materiales se tomaron con base en los que se pagan en la región. El factor de indirectos a utilizar es del 35,00 %.

Tabla XVII. **Presupuesto del proyecto del canal**

PROYECTO					
CANAL DE 490 METROS PARA LA COMUNIAD DE SANTA OTILIA Z.4 CHIMALTENANGO					
Ubicación: colonia Santa Otilia					
Municipio: Chimaltenango					
Departamento: Chimaltenango					
PRESUPUESTO GENERAL					
Núm.	RENLÓN	CANT.	U	P.U (Q)	SUBTOTAL (Q)
1	Replanteo topográfico	490	ml	3,09	1 514,10
2	Trazo y estaqueado	2	U	125,00	250,00
3	Excavación	902	m ³	89,64	80 855,28
4	Electromalla 9/9	5 880	m ²	33,81	198 807,29
5	Concreto f'c 210 psi	603	m ³	900,00	542 700,00
SUMA DE RENGLONES					824 126,67

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. De acuerdo con los resultados de la investigación diagnóstica sobre las necesidades de servicio básico e infraestructura de la colonia Santa Otilia, se determinó atender las siguientes necesidades: sistema de alcantarillado sanitario, el puente vehicular y la construcción de un canal como medida de mitigación para la quebrada Shell, ya que en la época de invierno solo cuenta con un paso peatonal de madera, el cual expone la integridad física de las personas; también habilitar el paso vehicular para tener acceso a los servicios de la cabecera departamental, por lo cual en este trabajo se realizaron los diseños correspondientes.
2. El puente vehicular proveerá un paso seguro durante todo el año, mejorando la comunicación y el comercio con la cabecera departamental, creando así una vía de acceso directa hacia la colonia Santa Otilia.
3. La construcción del sistema de alcantarillado sanitario para la colonia Santa Otilia, solucionará la problemática de contaminación ambiental causada por las descargas de aguas negras a flor de tierra, por lo que la realización de este proyecto mejorará la calidad de vida en los habitantes de dicho municipio.
4. Es esencial, para cubrir las necesidades básicas de la población los proyectos del sistema de alcantarillado, el puente vehicular y el canal que se utilizará como medida de mitigación.

RECOMENDACIONES

A los miembros del Cocode de la colonia de Santa Otilia:

1. Proporcionar el mantenimiento necesario una vez construidos los proyectos, para que los sistemas funcionen en óptimas condiciones durante el período de diseño.
2. Verificar que los materiales a utilizar tengan la calidad y resistencia especificada en los planos, para garantizar la durabilidad de los proyectos.
3. Actualizar los precios de los materiales y mano de obra en los presupuestos, previo a la contratación de los proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUIRRE CHINCHILLA, Cristiam Armando. *Diseño de puente tipo badén*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2004. 136 p.
2. CABRERA RAPIELE, R. A. *Apuntes de ingeniería sanitaria 2*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 1989. 114 p.
3. CRESPO VILLALAZ, Carlos. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. México: Limuza, 1979. 650 p.
4. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para el diseño de abastecimiento de agua potable*. Guatemala: Infom, 2001. 25 p.
5. LIKEZ, Carlos Leonel. *Diseño de las obras de mitigación en áreas susceptibles a inundaciones*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2001. 168 p.
6. RODRÍGUEZ SERQUEN, Arturo. *Puentes con AASHTO-LRFD 2010*. 5a ed. Perú: 2012. 336 p.

APÉNDICES

PLANOS

Planos del puente

- Perfil del puente 1/2
- Detalles de muro y especificaciones 2/2

Planos del sistema de alcantarillado sanitario

- Planta general del alcantarillado sanitario 1/5
- Perfil tramo 1,1 - P.V. 9 2/5
- Perfil tramo 4,1 – P.V. 4 3/5
- Perfil tramo 5,1 – P.V. 5 4/5
- Perfil tramo 6,1 – P.V. 6 5/5

Planos del canal

- Planta y detalles del canal 1/2
- Perfil del canal 2/2

ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de resistencia a compresión de cilindros de concreto de 60”

				
Guatemala, 7 de mayo del 2,015.				
Ficha Técnica de Productos REFORZADO Norma COGUANOR NTG 41077				
ESPECIFICACIONES PARA NUESTRA TUBERIA REFORZADA				
Tubería con Refuerzo CLASE II Y CLASE III				
Diámetro Interior en Pulgadas	Espesor de Pared (Pig)	Longitud (mts) Útil	Resistencia (Kgf/ml)	
			Primera Grieta	Carga Máxima
60" CLASE II	6"	1.00 A 1.20	7,772	11,582
60" CLASE III	6"	1.00 A 1.20	14,058	19,669

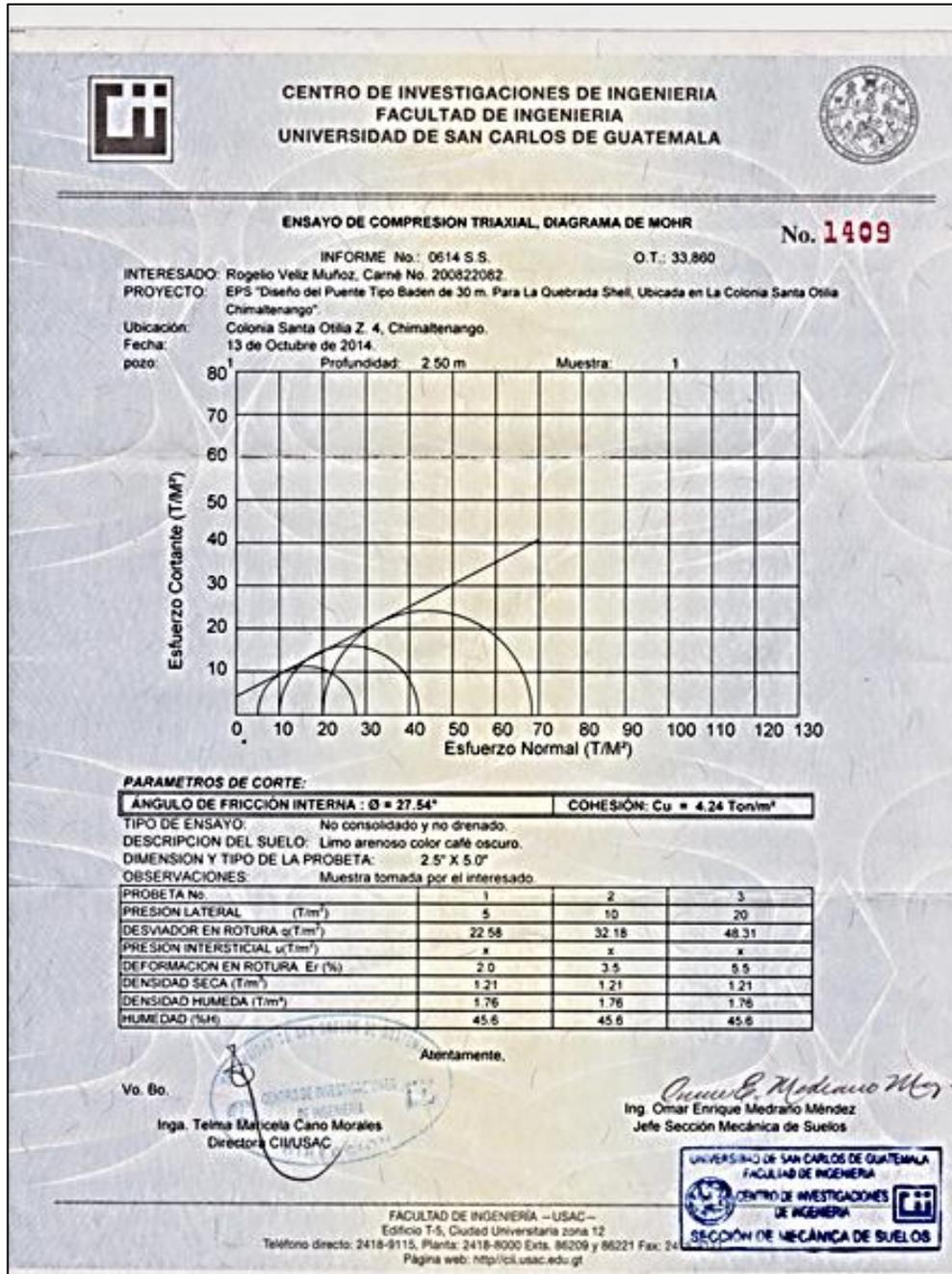
1.-Tubería EQUIVALENTE a la clase II y III de la norma ASTM C76M-12. CLASE B R. PARED B.

2.-Concreto de diseño 4,000 PSI por el método de compresión de cilindros.

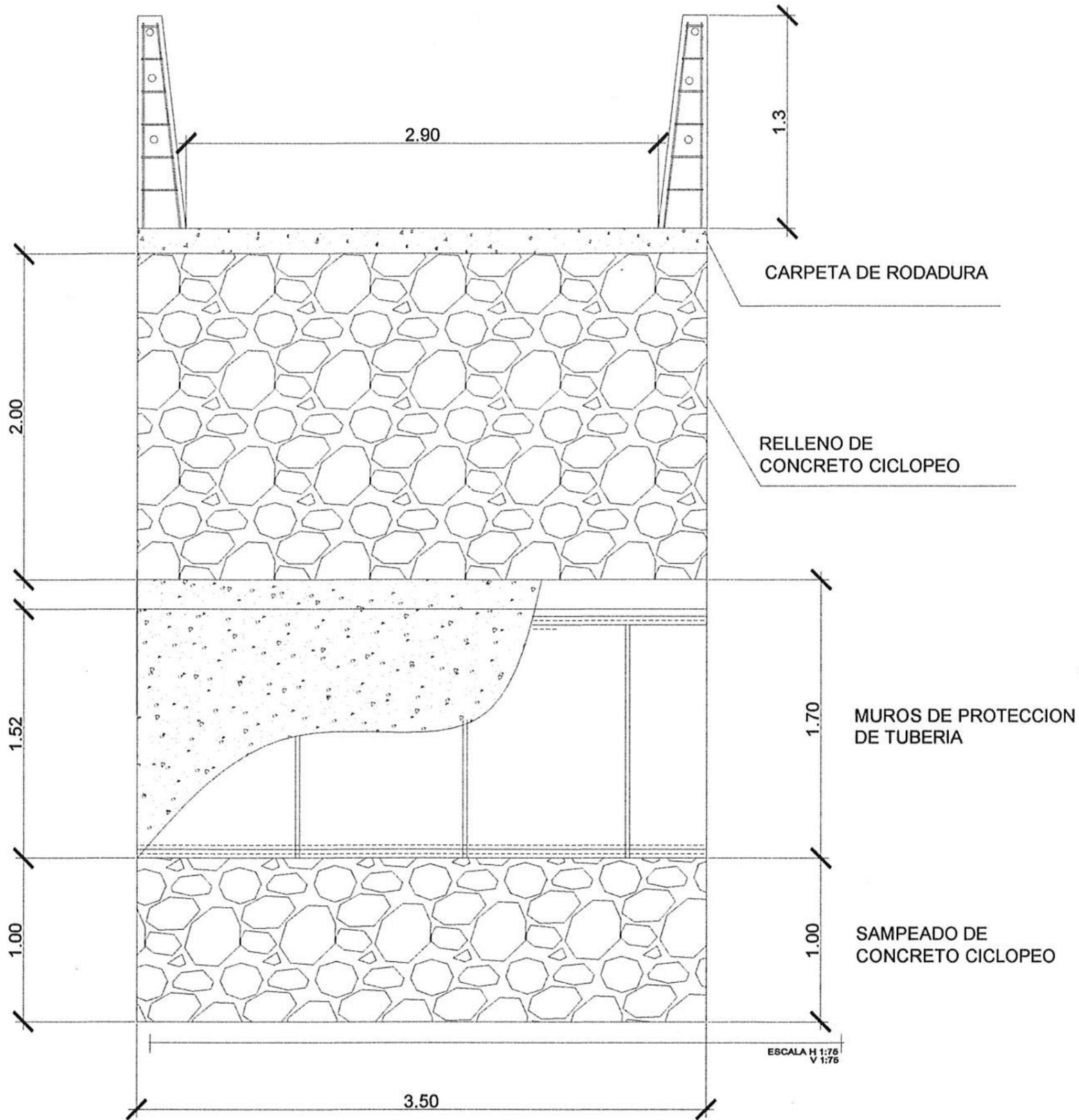
Ing. MARIO MOSCOSO
GERENTE DE PLANTA
LOS CANARIOS S. A.

Fuente: fábrica Los Canarios, S. A.

Anexo 2. Ensayo de compresión triaxial



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Usac.

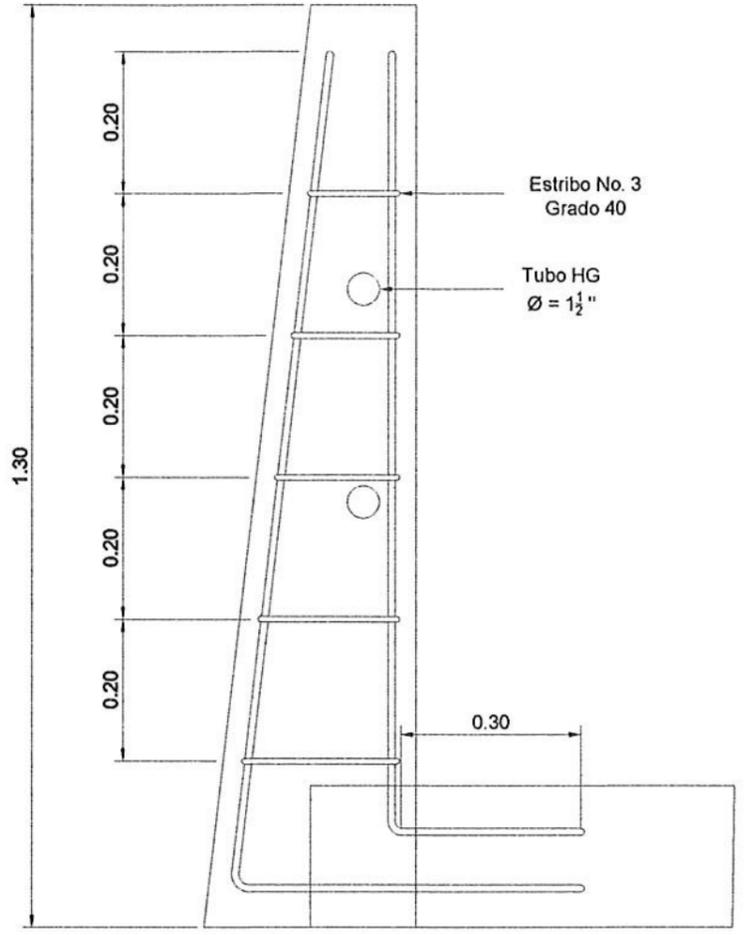


SECCION A-A' / PERFIL DE PUENTE

ESCALA: 1/30

CONCRETO CICLOPEO ESTARA CONFORMADO POR 60% CEMENTO Y 40% PIEDRA

EL CONCRETO PARA LA CARPETA DE RODADURA TIENE UNA RESISTENCIA F'C= 4 000 PSI Y UN ESPESOR DE 4"



DETALLE DE BARANDAL

ESCALA: 1/10

PROYECTO: **PUENTE**

DIRECCION: **COLONIA SANTA OTILIA - GIMALTENANGO.**

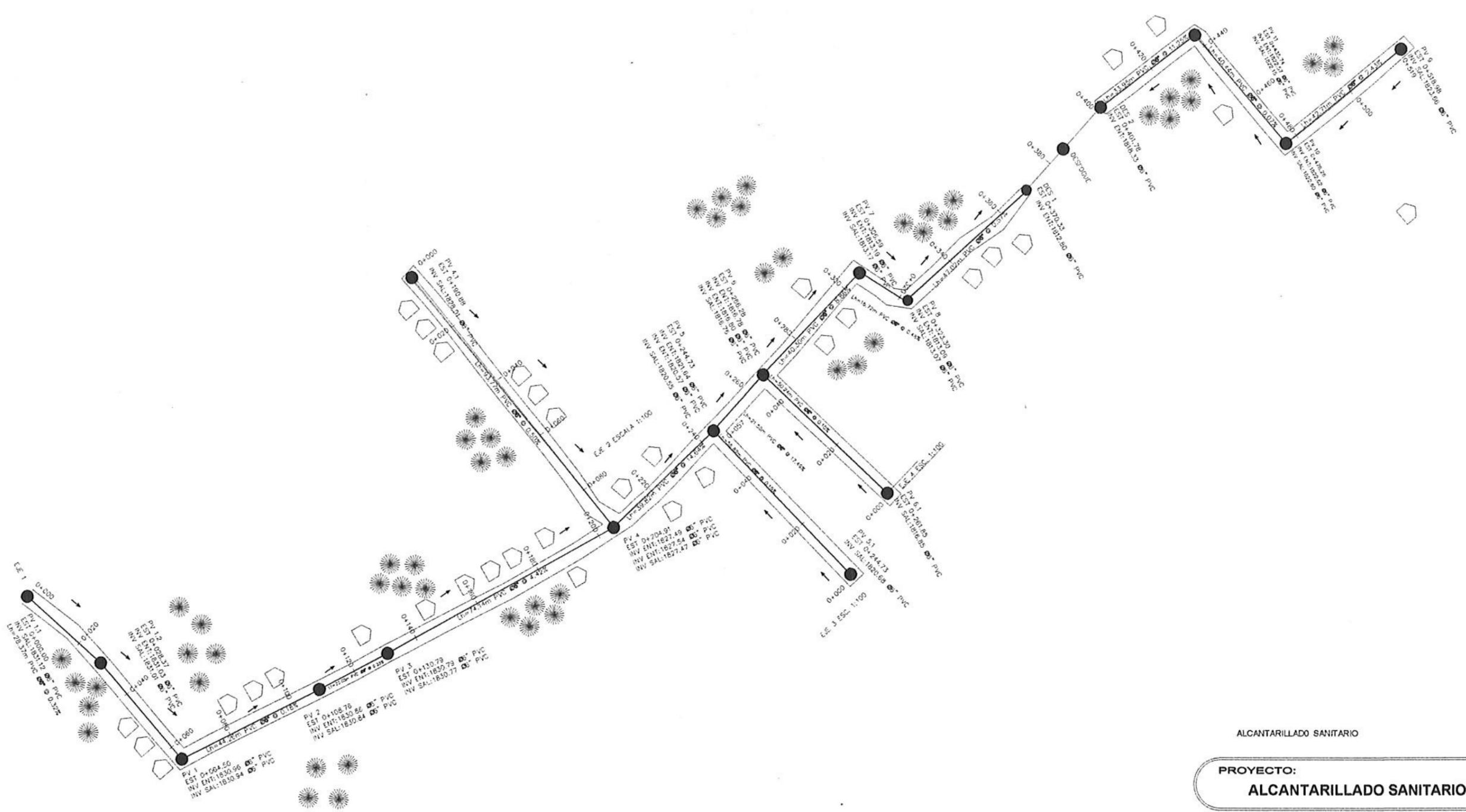


CONTENIDO:
SECCION A-A' DE PUENTE
Ing. Juan M. de los Angeles
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

CALCULO:	ROGELMO VELLIZ MUÑOZ
DIBUJO:	ROGELMO VELLIZ MUÑOZ
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	JUNIO DE 2015
HOJA No.	02

USAC

02



PLANTA GENERAL
ESCALA 1:100

ALCANTARILLADO SANITARIO

PROYECTO:
ALCANTARILLADO SANITARIO

DIRECCION:
SANTA ROSA DE CHIMBA, CHIMBA, TEMANGO

CONFIRMADO POR
Ing. Rogelio Veliz Muñoz
Ingeniero Supervisor de ERS
Unidad de Práctica Profesional
Facultad de Ingeniería

CALCULO:
ROGELIO VELIZ MUÑOZ

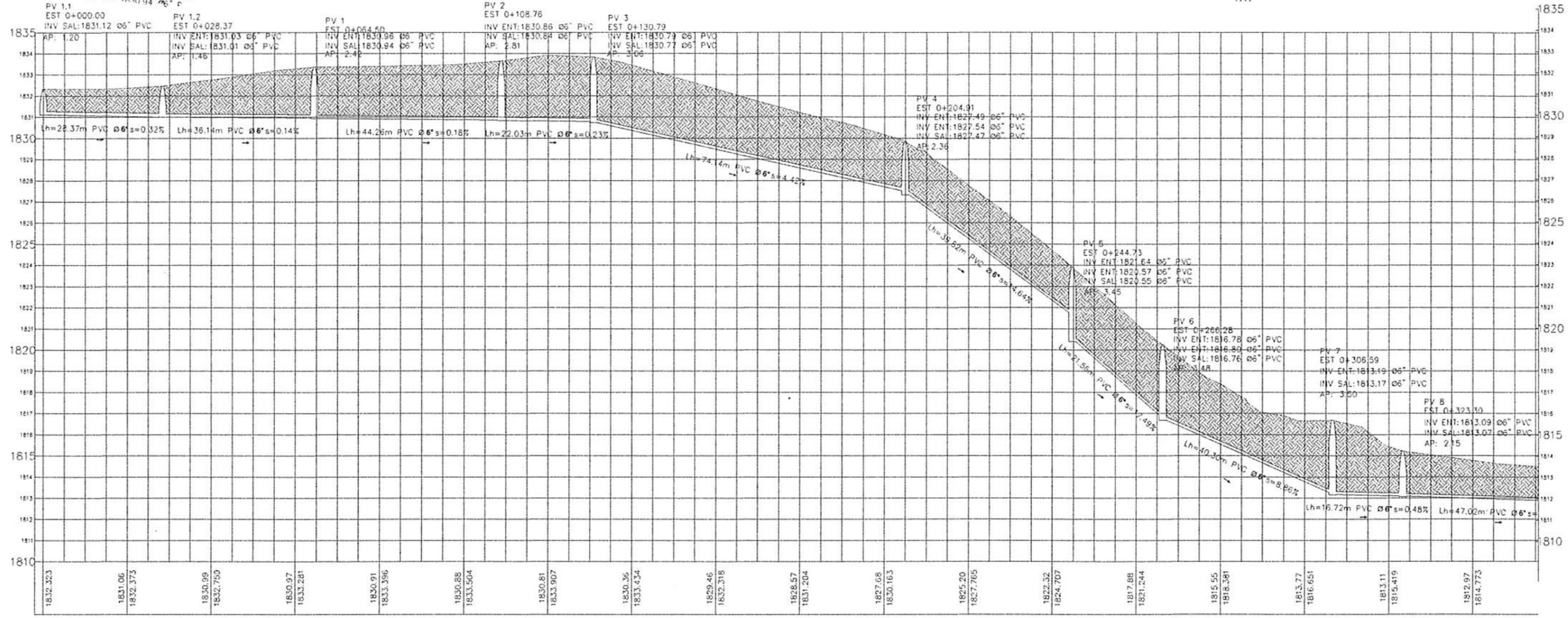
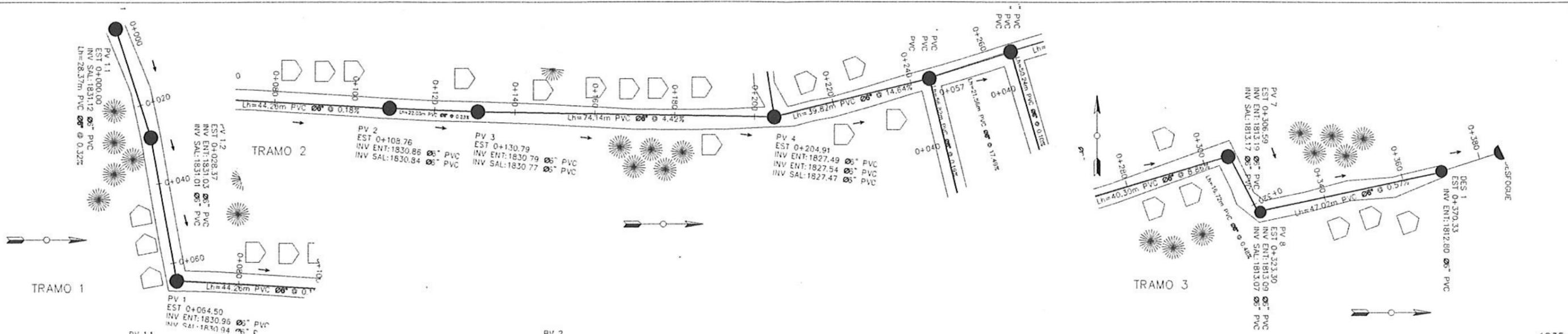
DIBUJO:
ROGELIO VELIZ MUÑOZ

ESCALA:
1:600

FECHA:
JUNIO DE 2015

HOJA No:
01 / 05

USAC



PERFIL EJE 1

PROYECTO:
ALCANTARILLADO SANITARIO

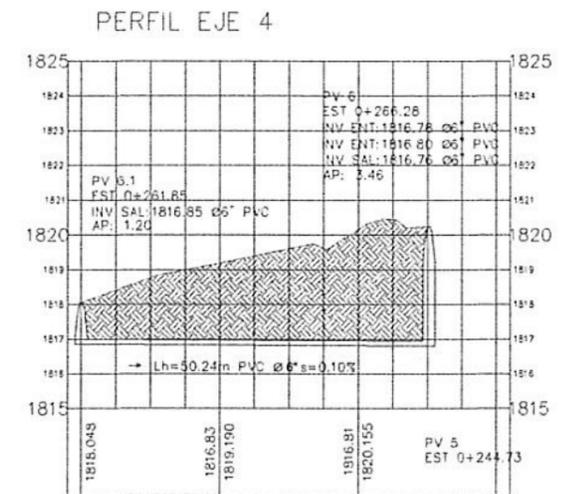
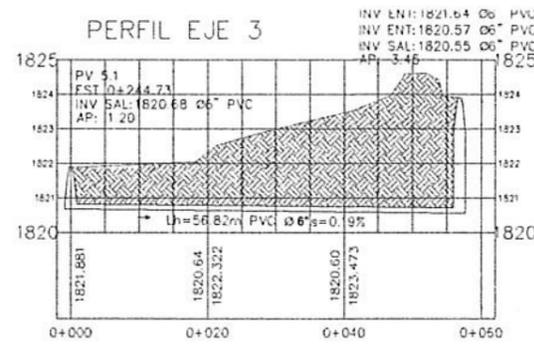
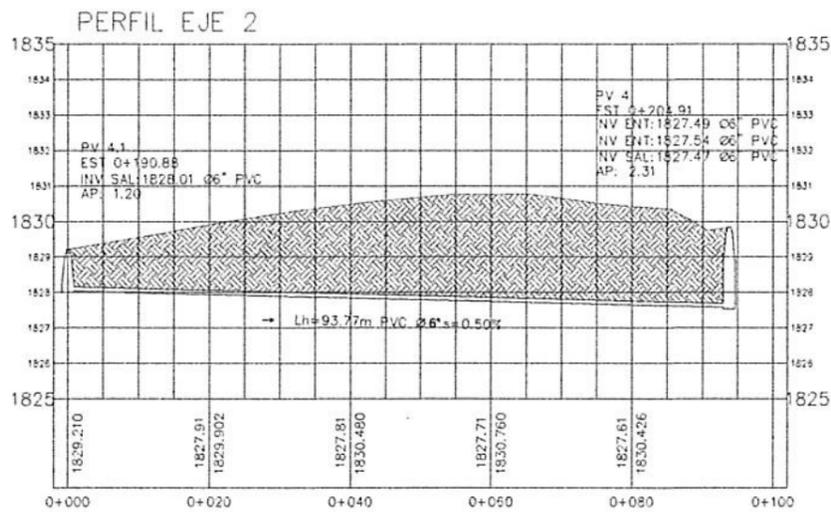
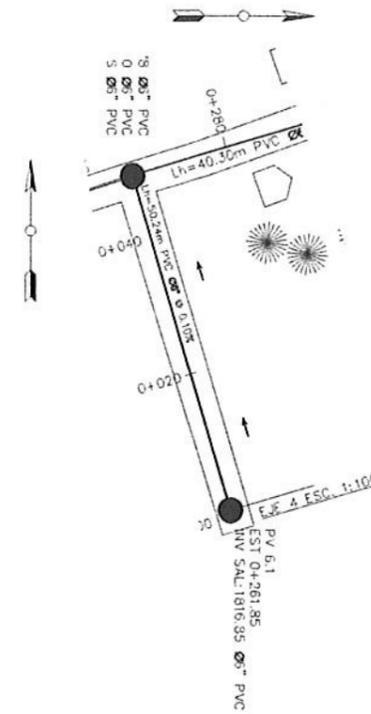
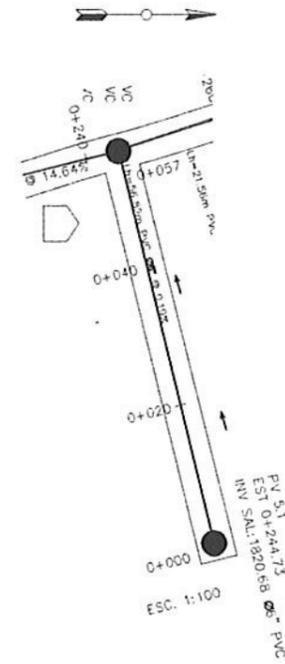
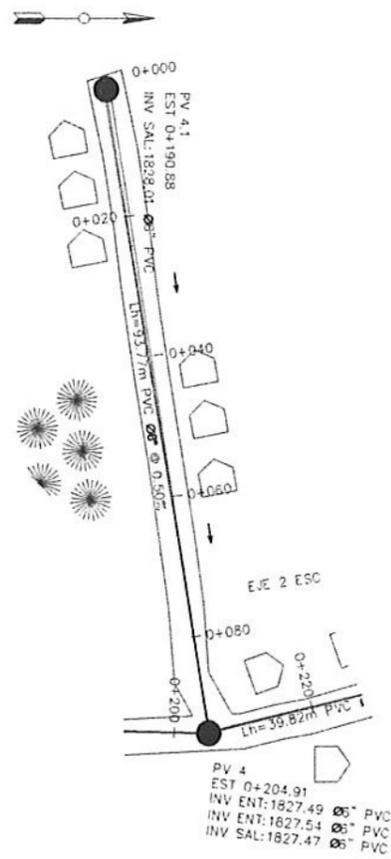
DIRECCION:
SANTA OTILIA, CHIMALTENANGO

Ing. Juan Merck
 ASESOR SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS
 RED GENERAL
 EJE 1 0+000.00-0+338
 EJE 3
 EJE 4

USAC
 ROQUE VELEZ MUÑOZ
 EPERISTA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA Y EPS

Calculo: ROQUE VELEZ MUÑOZ
 Dibujo: ROQUE VELEZ MUÑOZ
 Escala: H 1:500 V 1:100
 Fecha: JUNIO DE 2015
 Hoja No: 02 / 05



PROYECTO:
ALCANTARILLADO SANITARIO

DIRECCION:
MUNICIPALIDAD DE SAN CARLOS DE GUZMÁN, CHIMALTENANGO

Ing. Juan Merck C.
ASESOR SUPERVISOR DE EPS
Facultad de Ingeniería y EPS

PLANTA PERFIL
PERFIL EJE 2
PERFIL EJE 3
PERFIL EJE 4

USAC
 ROQUE VELIZ MUÑOZ
 EPSISTA

ING. MERCK
 SUPERVISOR DE EPS

CALCULO:
 ROQUE VELIZ MUÑOZ

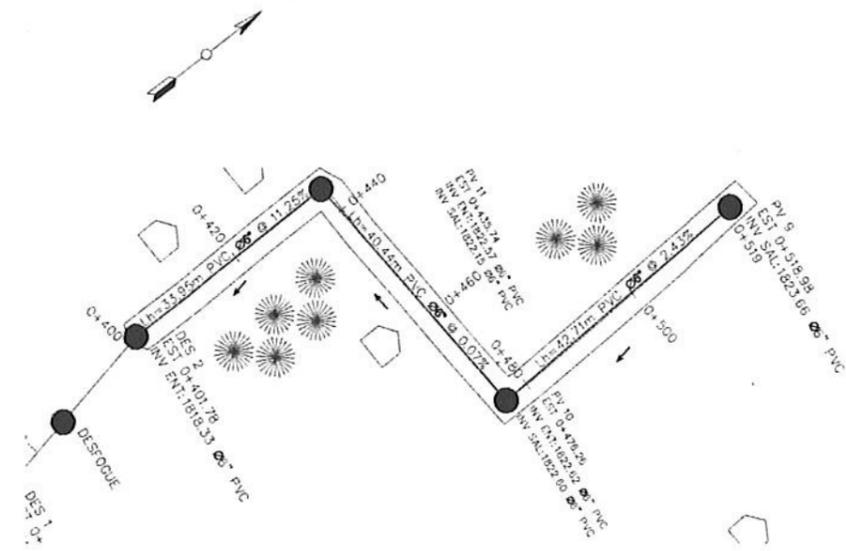
DIBUJO:
 ROQUE VELIZ MUÑOZ

ESCALA:
 H 1:500 V 1:100

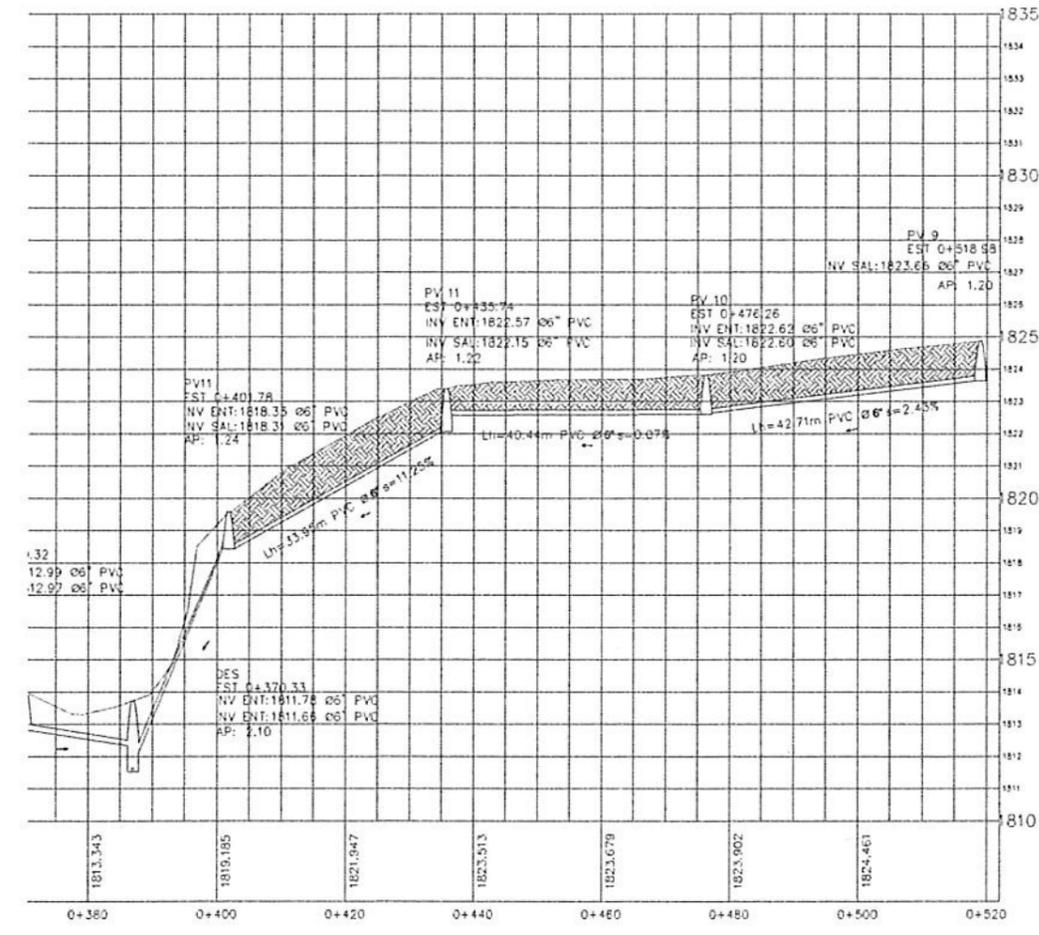
FECHA:
 JUNIO DE 2015

HOJA No:
 03

05



F



PROYECTO:
ALCANTARILLADO SANITARIO

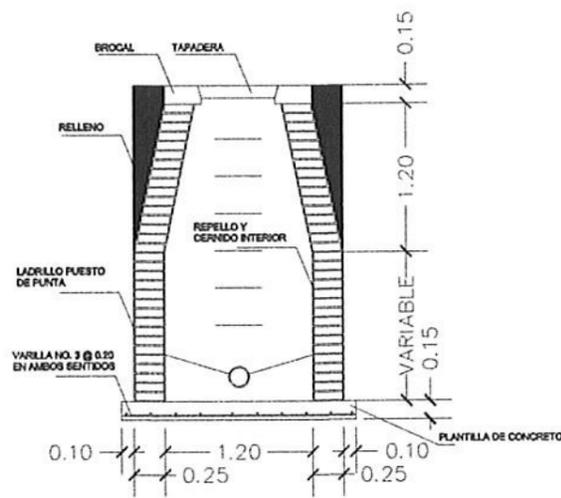
DIRECCION:
Municipalidad de San Carlos de Guacamaia
COLONIA SANTA OTILIA, CHIMALTENANGO

Ing. Juan Merced
asesor supervisor de EPS
Instituto de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

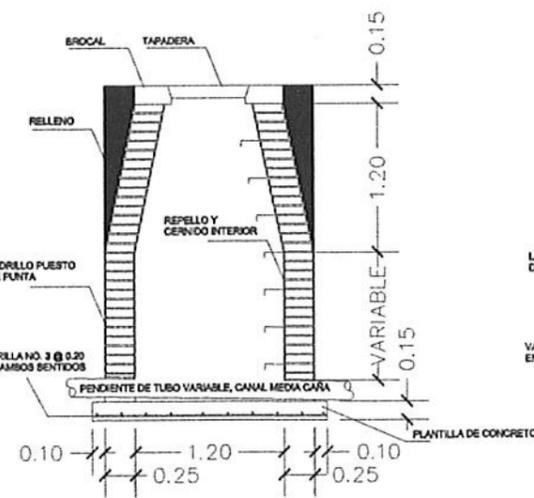
USAC
RODELIO VELEZ MAYOR
INGENIERO EN SISTEMAS DE ASOSOR

CALCULO: RODELIO VELEZ MUÑOZ	FECHA: JUNIO DE 2015
DIBUJO: RODELIO VELEZ MUÑOZ	HOJA No: 04
ESCALA: H 1:500 V 1:100	05

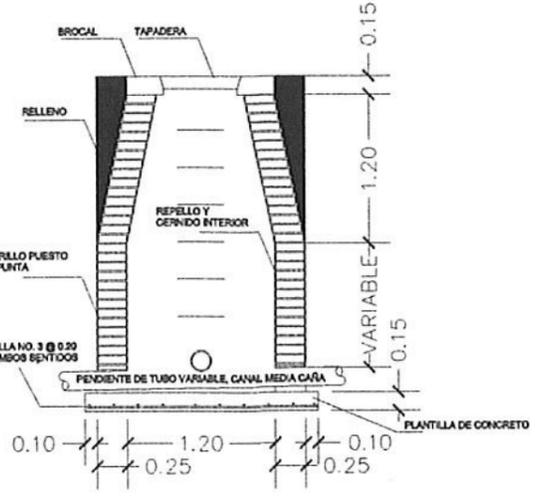
PROYECTO: PV 9 - PV 9.1



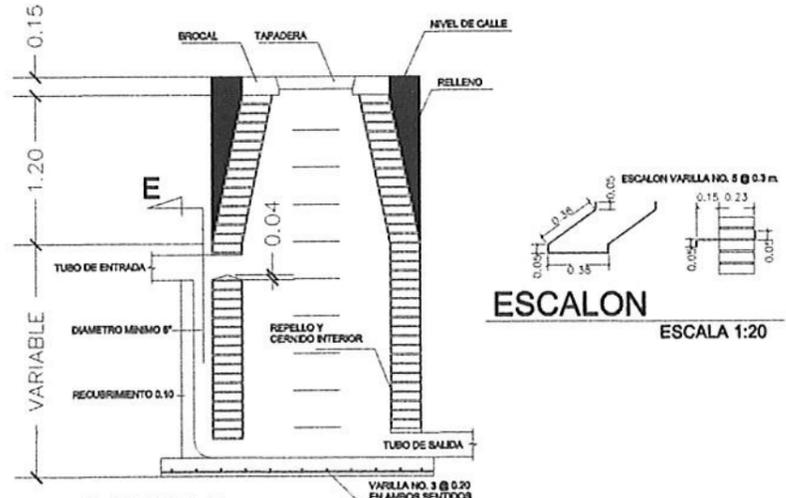
CORTE A
POZO DE VISITA TÍPICO ESCALA 1:25



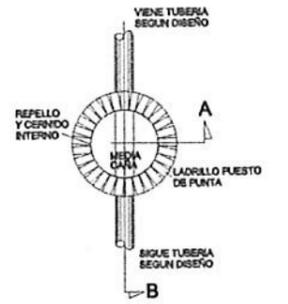
CORTE B
POZO DE VISITA TÍPICO ESCALA 1:25



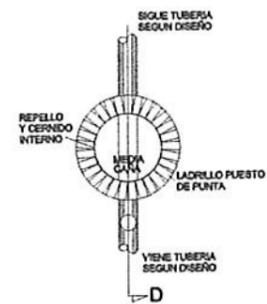
CORTE C
POZO DE VISITA 2 ENTRADAS ESCALA 1:25



CORTE D
POZO DE VISITA CON CAIDA MAYOR A 0.70m ESCALA 1:25



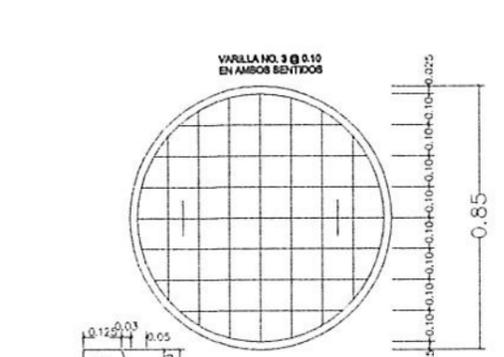
POZO DE VISITA
ESCALA 1:25



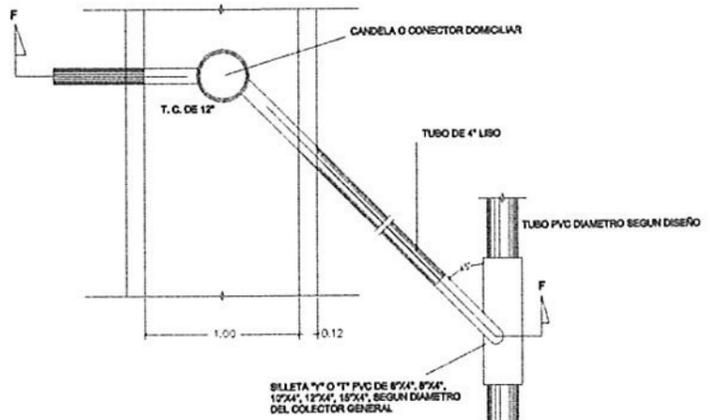
POZO DE VISITA
ESCALA 1:25



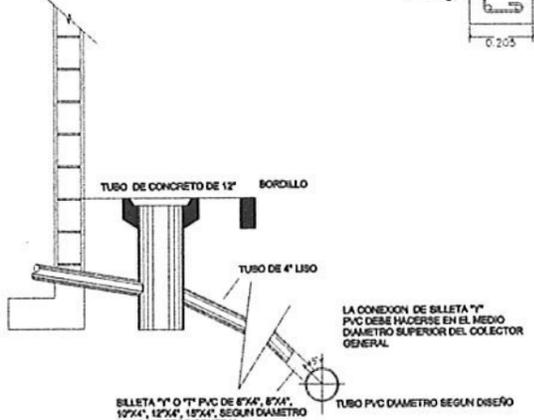
POZO DE VISITA
ESCALA 1:25



TAPADERA DE POZO
ESCALA 1:10



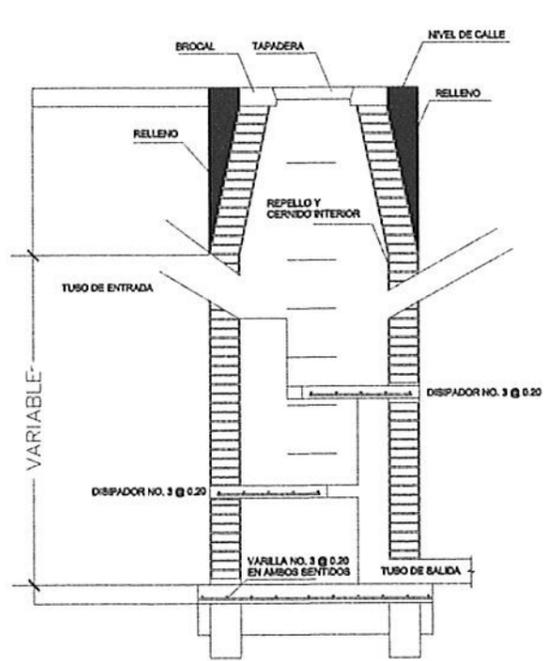
ACOMETIDA DOMICILIAR
ESCALA 1:20



CORTE F-F
ESCALA 1:20



CORTE E
ESCALA 1:25



POZO DE VISITA
CON CAIDA MAYOR A 1.50m ESCALA 1:25

ESPECIFICACIONES:

CONCRETO:

- EL CONCRETO DEBERÁ TENER UN $f'c = 165 \text{ kg/cm}^2$.
- EL MORTERO PARA PEGADO DE LADRILLO DEBERÁ SER DE CEMENTO Y ARENA DE RÍO CON PROPORCIÓN 1:3
- EL ACERO A UTILIZAR SERÁ $F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$
- TODOS LOS POZOS TIENEN UNA LOSA DE CONCRETO CON ESPESOR DE 0.10 m

TUBERÍA DE PVC:

- LA TUBERÍA SERÁ CONFORME A LA NORMA ASTM F-949
- EL DIÁMETRO A UTILIZAR SERÁ DE 6", 8", 10", 12", 15" Y 18" A EXCEPCIÓN DE LAS ACOMETIDAS DOMICILIARES QUE SERÁN DE DIÁMETRO 4".
- TODA LA TUBERÍA SE COLOCARÁ ALINEADA Y CON EL DESNIVEL QUE SE INDICA EN LOS PLANOS.

NOTA:

LOS BROCALES Y TAPADERAS DE LOS POZOS DEBERÁN CURARSE, SEGÚN ESPECIFICACIONES ACI, ANTES DE SU INSTALACIÓN

PROYECTO:
ALCANTARILLADO SANITARIO

DIRECCION:
COLONIA SANTA ROSA DE CHIMALTENANGO.

USAC

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CONTENIDO Cos DE LOS PLANOS

Ing. Juan Merco Cos

ASESOR - SUPERVISOR DE OBRAS

Unidad de Practicas de Ingenieria

Facultad de Ingenieria

ROGELIO VELAZ MAÑOZ

JUAN MERCO COS

ING. ASesor

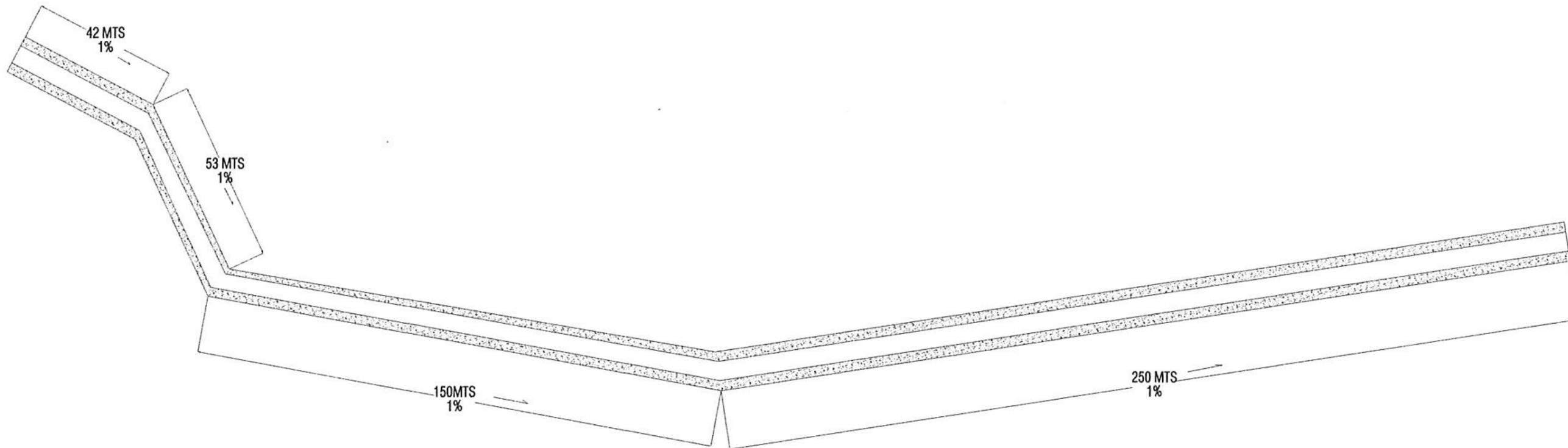
CALCULO: ROGELIO VELAZ MAÑOZ

DIBUJO: ROGELIO VELAZ MAÑOZ

ESCALA: H: 300 V: 1:100

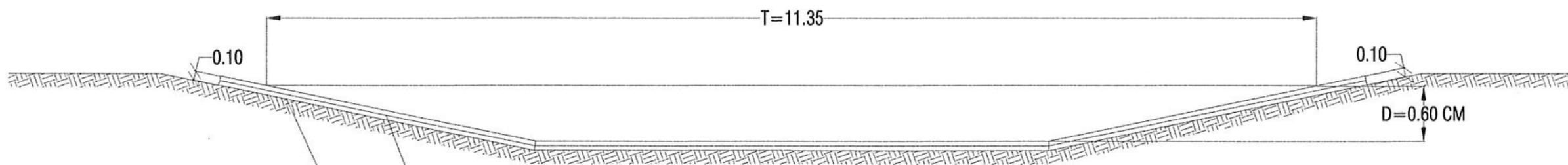
FECHA: JUNIO DE 2015

HOJA No. 05



PERFIL DE CANAL

ESCALA: 1/1250



PERFIL DE CANAL

ESCALA: 1/50

CONCRETO $F_c=210 \text{ KG/CM}^2$

ELECTROMALLA 9/9

PROYECTO: **CANAL**

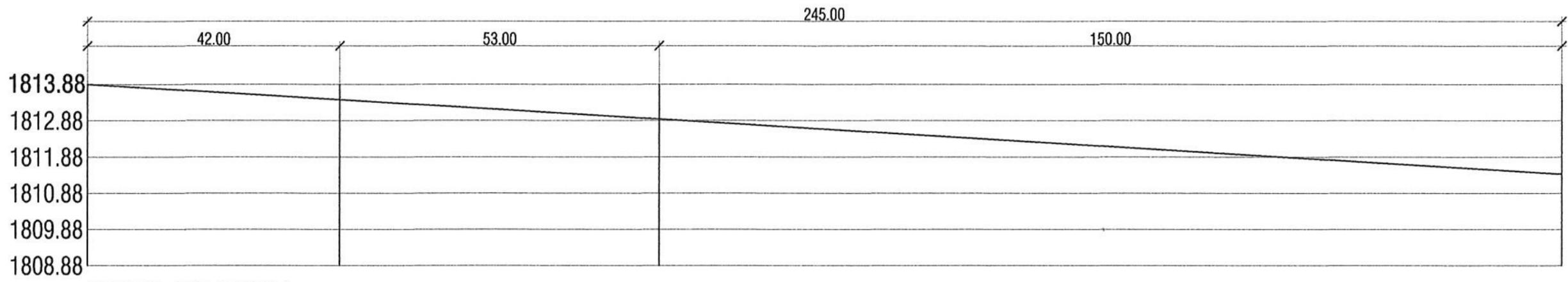
DIRECCION: **COLONIA SANTA OTILIA, CHIMALTENANGO.**



CONTENIDO:
PLANTA Y PERFILES DE
ING. JUDY CAROL
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

CALCULO:	ROGELIO VELIZ MUÑOZ
DIBUJO:	ROGELIO VELIZ MUÑOZ
ESCALA:	INDICADA
FECHA:	JUNIO DE 2015
HOJA No.	01
	03

USAC



PERFIL DE CANAL

ESCALA HOR. 1/750
ESCALA VERT. 1/125

PROYECTO: **CANAL**

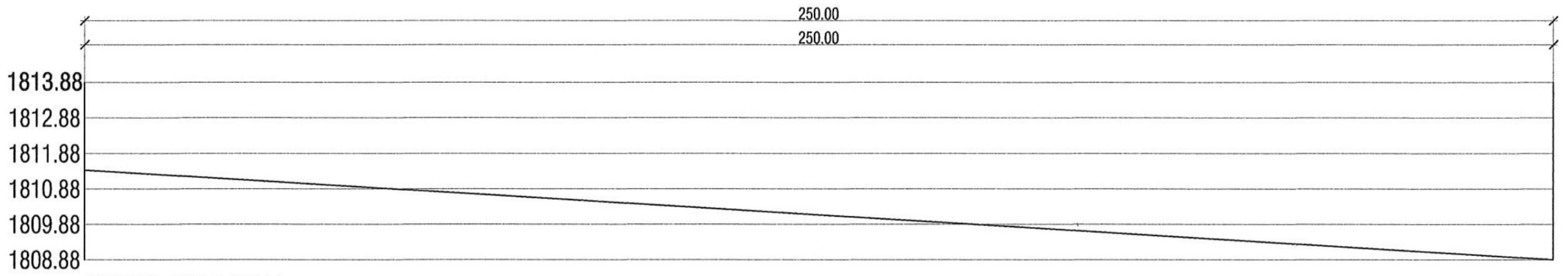
DIRECCION: **COLONIA SANTA OTILIA, CHIMALTENANGO.**



CONTENIDO:
PERFIL DE CANAL
Ing. Juan Merck Cos
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

CALCULO: ROQUELO VELIZ MUÑOZ
DIBUJO: ROQUELO VELIZ MUÑOZ
ESCALA: H 1:750 V 1:125
FECHA: JUNIO DE 2015
HOJA No. 02 / 03

USAC



PERFIL DE CANAL

ESCALA HOR. 1/750
 ESCALA VERT. 1/125

PROYECTO: **CANAL**

DIRECCION: **COLONIA SANTA OTILIA, CHIMALTENANGO.**



CONTENIDO:
PERFIL DE CANAL
 Ing. Juan Merck Cos
 ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Practicas de Ingeniería y EPS
 Facultad de Ingeniería

CALCULO:	ROGELIO VELIZ MAUROZ
DIBUJO:	ROGELIO VELIZ MAUROZ
ESCALA:	H 1:750 V 1:125
FECHA:	JUNIO DE 2015
FOLIO No.	03

USAC