



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL TIZATE Y DISEÑO DEL
ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA PIEDRA GRANDE, DEL MUNICIPIO
DE SAN PEDRO SACATEPÈQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**

Julio Armando Miranda Fuentes

Asesorado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz

Guatemala, noviembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL TIZATE Y DISEÑO DEL
ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA PIEDRA GRANDE, DEL MUNICIPIO
DE SAN PEDRO SACATEPÈQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES

ASESORADO POR EL ING. LUIS GREGORIO ALFARO VÉLIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

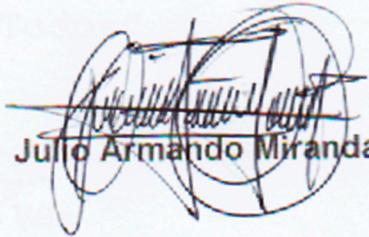
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADOR	Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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 AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL TIZATE Y DISEÑO DEL
ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA PIEDRA GRANDE, DEL MUNICIPIO
DE SAN PEDRO SACATEPÈQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**

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



Julio Armando Miranda Fuentes



Guatemala, 17 de mayo de 2012
Ref.EPS.DOC.742.05.12

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

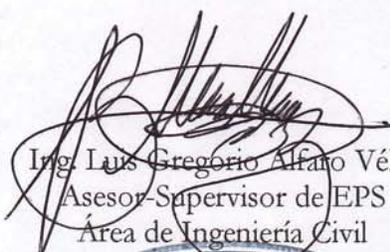
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Julio Armando Miranda Fuentes** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200120679**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL TIZATE Y DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA PIEDRA GRANDE, DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS”**.

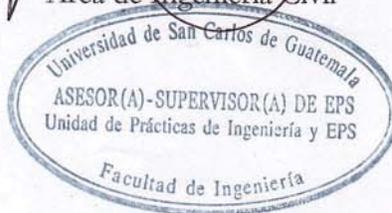
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
LGAV/ra



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



Guatemala,
29 de octubre de 2012

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL TIZATE Y DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA ALDEA PIEDRA GRANDE, DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**, desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Julio Armando Miranda Fuentes, quien contó con la asesoría del Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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



FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

/bbdeb.



Guatemala, 26 de noviembre de 2012
Ref.EPS.D.976.II.12

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

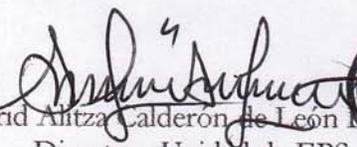
Estimado Ingeniero Montenegro Franco.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL TIZATE Y DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA PIEDRA GRANDE, DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Julio Armando Miranda Fuentes**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Luis Gregorio Alfaro Véliz.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Sigríd Alitza Calderón de León
Directora Unidad de EPS



SACdL/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. Luis Gregorio Alfaro Véliz y Coordinador de E.P.S. Ing. Juan Merck Cos, al trabajo de graduación del estudiante Julio Armando Miranda Fuentes, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL TIZATE Y DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA PIEDRA GRANDE, DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2013

/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 AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL TIZATE Y DISEÑO DEL ALCANTARILADO SANITARIO PARA LA ALDEA PIEDRA GRANDE, DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS**, presentado por el estudiante universitario: **Julio Armando Miranda Fuentes**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, noviembre de 2013

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por regalarme esta vida tan maravillosa, por iluminarme y bendecirme siempre.
- Mis padres** Julio Bonifacio Miranda y Elsa Marina Fuentes de Miranda, por sus cuidados y amor y ser siempre el eje de mi soporte de vida.
- Mis hermanas** Gladys Anabela, Luz Marina y María Eugenia Miranda, siempre estuvieron apoyándome en todo momento las quiero mucho.
- Mi sobrina** Ashlie Fernanda Miranda, gracias por llenarnos de alegría.
- Mi novia** Gladys Elizabeth Revolorio, con mucho amor por sus consejos sabios, por estar a mi lado cuando más lo necesite.
- Mis primos** Por su cariño hacia mí los quiero mucho.
- Mis tíos** Gracias por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios

Por ser mi guía fiel.

La Facultad de Ingeniería

Por mi formación profesional.

Mis catedráticos

Gracias por compartir sus conocimientos conmigo.

**La Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Alma máter y casa de estudios que me inspiró a culminar esta carrera.

ÌNDICE GENERAL

ÌNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÌMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÒN.....	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÒN: MONOGRAFÌA DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÈQUEZ, SAN MARCOS.....	1
1.1. Generalidades.....	1
1.1.1. LÌmites y localizaciòn	1
1.1.2. Accesos y comunicaciones	4
1.1.3. TopografÌa.....	4
1.1.4. Aspectos climáticos.....	4
1.1.5. Servicios pùblicos.....	6
1.1.6. Actividades econòmicas.....	7
1.1.7. Poblaciòn	7
1.2. Principales necesidades del municipio.....	8
1.2.1. Descripciòn de necesidades	8
1.2.2. Priorizaciòn de necesidades	9

2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL. DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL TIZATE MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS.....	11
2.1.	Descripción del proyecto.....	11
2.2.	Levantamiento topográfico.....	12
2.3.	Aforos.....	12
2.4.	Análisis de la calidad del agua.....	13
2.4.1.	Examen bacteriológico.....	13
2.4.2.	Examen fisicoquímico sanitario.....	14
2.5.	Criterios de diseño	14
2.5.1.	Período de diseño.....	15
2.5.2.	Tabla de crecimiento poblacional.....	15
2.5.3.	Estimación de población de diseño.....	16
2.5.4.	Dotación.....	17
2.5.5.	Determinación de caudales.....	17
2.5.5.1.	Caudal medio diario.....	18
2.5.5.2.	Caudal máximo diario.....	18
2.5.5.3.	Caudal máximo horario.....	19
2.5.6.	Diseño de captación.....	20
2.6.	Diseño de la línea de conducción.....	21
2.7.	Tanque de almacenamiento	22
2.8.	Diseño hidráulico.....	24
2.8.1.	Cálculo hidráulico de la línea de impulsión.....	25
2.8.2.	Diseño del equipo de bombeo.....	31
2.9.	Diseño estructural	31
2.10.	Desinfección.....	55
2.11.	Diseño de la línea de distribución	56
2.11.1.	Conexiones domiciliarias.....	61

2.11.2.	Obras de arte.....	62
2.11.3.	Válvulas.....	63
2.12.	Presupuesto	65
2.13.	Cronograma de ejecución	67
2.14.	Programa de operación y manteminiento.....	68
2.15.	Propuesta de tarifa	69
2.16.	Evaluación socioeconómica	72
2.16.1.	Valor Presente Neto.....	72
2.16.2.	Tasa Interna de Retorno.....	74
2.17.	Evaluación de Impacto Ambiental	76
3.	DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA PIEDRA GRANDE, MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS	81
3.1.	Descripción del proyecto	81
3.2.	Levantamiento topográfico	82
3.3.	Bases de diseño.....	83
3.3.1.	Diseño del sistema.....	83
3.3.1.1.	Diseño hidráulico.....	83
3.3.1.1.1.	Período de diseño.....	84
3.3.1.1.2.	Población de diseño.....	84
3.3.1.1.3.	Cálculo de caudal sanitario	85
3.3.1.1.4.	Caudal de diseño	89
3.3.1.1.5.	Diseño de secciones y pendientes.....	89
3.3.1.1.6.	Velocidades máximas y mínimas.....	89

3.3.1.1.7.	Diámetro de tubería.....	90
3.3.1.1.8.	Conexiones domiciliarias.....	90
3.3.1.1.9.	Profundidad de tubería.....	92
3.3.1.1.10.	Principios hidráulicos.....	92
3.3.1.1.11.	Relaciones hidráulicas.....	93
3.3.1.1.12.	Ejemplo de tramo.....	94
3.3.2.	Diseño de la red de alcantarillado.....	99
3.3.3.	Elaboración de planos finales	100
3.3.4.	Propuesta de tratamiento de aguas residuales	100
3.3.5.	Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario.....	100
3.3.6.	Evaluación de Impacto Ambiental.....	103
3.3.7.	Evaluación socioeconómica.....	108
3.3.7.1.	Valor Presente Neto.....	109
3.3.7.2.	Evaluación de la Tasa Interna de Retorno.....	110
CONCLUSIONES.....		113
RECOMENDACIONES		115
BIBLIOGRAFÍA.....		117
APÉNDICES.....		119

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación del caserío El Tizate y la aldea Piedra Grande	2
2.	Mapa aéreo caserío El Tizate y aldea Piedra Grande	3
3.	Conexiones domiciliarias	91
4.	Diagrama de Tasa Interna de Retorno.....	111

TABLAS

I.	Temperatura agosto-febrero 2009-2010	5
II.	Intensidad de lluvia agosto-febrero 2009-2010	5
III.	Necesidades presentadas en El caserío El tizate	8
IV.	Necesidades presentadas en la aldea Piedra Grande.....	9
V.	Elementos que integran el proyecto.....	11
VI.	Crecimiento poblacional de caserío El Tizate, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos	16
VII.	Costo mensual de energía	28
VIII.	Diámetros de válvulas	64
IX.	Presupuesto diseño de agua potable caserío El Tizate	65
X.	Cronograma de ejecución e inversión del sistema de agua potable.....	67
XI.	Operación y mantenimiento	68
XII.	Impacto ambiental, etapa de operación	76
XIII.	Relaciones hidráulicas para tubería PVC.....	93
XIV.	Presupuesto integrado	101
XV.	Cronograma de ejecución drenaje sanitario aldea Piedra Grande	102

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
H	Altura total
A	Área
As	Área o cuantía de acero
As_{máx}	Área o cuantía de acero máxima
As_{min}	Área o cuantía de acero mínima
W	Carga
CM	Carga muerta
CV	Carga viva
Q	Caudal
Qmd	Caudal máximo diario
Qmh	Caudal máximo horario
Cm	Centímetro
C	Coefficiente de rugosidad
C	Coefficiente de la tubería PVC = 150
PVC	Cloruro de polivinilo (material de tubo plástico)
Ø	Diámetro
D	Diámetro
Dot	Dotación

fy	Esfuerzo de fluencia del acero
f'c	Esfuerzo de fluencia del concreto
FHM	Factor de hora máxima
FDM	Factor de día máximo
Hab	Habitante
H	Hora
@	Indica "a cada"
kg/m²	Kilogramos sobre metro cuadrado
Km	Kilómetro
lb/pie²	Libras sobre pie cuadrado
PSI	Libras sobre pulgada cuadrada
L	Litros
m	Metro
m³/seg	Metros cúbicos por segundo
mca	Metros columna de agua
msnm	Metros sobre el nivel del mar
d	Peralte efectivo de un elemento
t	Peralte total de un elemento
Hf	Pérdida de carga
n	Periodo de diseño
plg	Pulgada

GLOSARIO

Accesorios	Elementos secundarios en los ramales de tuberías, tales como codos, nipples, coplas, tees, válvulas, etc.
Acueducto	Serie de conductos a través de los cuales se traslada agua de un punto hacia otro.
ACI	Instituto Americano del Concreto
Aeróbico	Condición en la cual hay presencia de oxígeno.
Aforo	Operación que consiste en medir el caudal de la fuente.
Agua potable	Es aquella sanitariamente segura, además de ser inodora, incolora y agradable a los sentidos.
Aguas residuales	Son los desperdicios líquidos y sólidos transportados por agua, procedentes de viviendas, establecimientos industriales y comerciales.
Anaeróbico	Condición en la cual no se encuentra presencia de oxígeno.
Azimut	Ángulo horizontal referido a un norte magnético o arbitrario; su rango va desde 0° a 360°.

Banco de marca	Punto en la altimetría cuya altura se conoce y se utilizará para determinar alturas siguientes.
Candela	Fuente donde se reciben las aguas negras provenientes del interior de la vivienda y que conduce estas mismas, al colector del sistema de drenaje.
Carga dinámica	Es la suma de las cargas de velocidad ($V^2/2g$) y de presión.
Caudal	Volumen de agua que lleva una corriente por unidad de tiempo.
Cimiento	Elemento estructural que transmite las cargas de una superestructura, directamente al suelo.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
Colector	Conjunto de tuberías, pozos de visita y obras accesorias que se utilizan para la descarga de aguas residuales o aguas de lluvia.
Conexión domiciliar	Tubería que conduce las aguas negras desde el interior de la vivienda, hasta la candela.
Cota de terreno	Altura de un punto del terreno, haciendo referencia a un nivel determinado.

Cotas Invert	Son las alturas o cotas de la parte inferior de una tubería ya instalada.
Desfogue	Salida del agua de desecho en un punto determinado.
Desinfección	Eliminación de bacterias patógenas que existen en el agua mediante procesos químicos.
Dotación	Es la cantidad de agua necesaria para consumo de una persona por día.
Especificaciones	Son normas generales y técnicas de construcción con disposiciones especiales o cualquier otro documento que se emita antes o durante la ejecución de un proyecto.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal
Nivelación	Es un procedimiento de campo que se realiza para determinar las elevaciones en puntos determinados.
Pérdida de carga	Es el cambio que experimenta la presión, dentro de la tubería, por motivo de la fricción.
Perfil	Delineación de la superficie de las tierras según su latitud y altura, referidas a puntos de control.

Pozo de visita	Estructura subterránea que sirve para cambiar de dirección, pendiente, diámetro y para iniciar un tramo de tubería.
Tirante	Altura de las aguas residuales dentro de una tubería o un canal abierto.
Tramo	Es la distancia comprendida entre los centros de dos pozos de visita consecutivos.
UNEPAR	Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales

RESUMEN

El presente trabajo de graduación está basado en el estudio sobre las necesidades del caserío El Tizate y la aldea Piedra Grande, del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos, siendo las más importantes la inexistencia de servicio de agua potable y alcantarillado sanitario.

Fue necesario realizar una investigación que detallara las actividades, cultura, clima, economía, servicios básicos y de infraestructura con que cuentan, así como la topografía del terreno, lo que permitió diseñar sistemas reales y aptos para los habitantes.

Para el sistema de agua potable, se tomó como fuente de abastecimiento un tanque existente de 37.5 m³; este no presentó contaminación alguna. Se diseñó una línea de impulsión, con una bomba horizontal, que elevará el agua hasta un tanque de distribución, de donde saldrán tres ramales de distribución, una para cada sector del caserío, abasteciendo a 32 viviendas.

Para el sistema de alcantarillado sanitario, se describen los aspectos técnicos, metodológicos, económicos y de impacto ambiental necesarios para el diseño mencionado. Para el análisis de los datos recabados se ejemplifica cómo diseñar un tramo en el sistema de alcantarillado, tomando una población de saturación de las comunidades beneficiadas, con una media de 6 habitantes por vivienda. Cabe señalar que el proyecto tomó como base las normas ASTM D-3034 para tubería de PVC.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de agua potable para el caserío El Tizate y el alcantarillado sanitario para la aldea Piedra Grande, municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos.

Específicos

1. Diseñar el sistema de agua potable para el caserío El Tizate, para mejorar las condiciones de vida de su población.
2. Capacitar a los miembros del comité del caserío El Tizate, sobre la operación y mantenimiento del sistema de agua potable.
3. Elaborar un diseño de drenaje sanitario para la aldea Piedra Grande para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y minimizar los problemas ambientales y de saneamiento.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación es una proyección social de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Ingeniería a la comunidad, con la finalidad de aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en el proceso de formación académica, y aplicarlo a la solución de problemas reales que contribuyen a través de la inversión, al desarrollo de Guatemala.

Ante lo descrito se prioriza el estudio de los siguientes proyectos: “Diseño del sistema de agua potable para el caserío El Tizate de la aldea Corral Grande” y “Diseño del alcantarillado sanitario de la aldea Piedra Grande.”

Ambos proyectos se encuentran ubicados en el área rural del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos. Esto conlleva a enfocar el esfuerzo como solución del problema para realizar el proyecto del sistema de agua potable para la comunidad en estudio y así ayudar a una mejor calidad de vida. Además se espera solucionar el problema de drenaje sanitario que sufre la aldea Piedra Grande por la falta de este y ayudar a eliminar las enfermedades de origen hídrico o infectocontagioso que se originan por la contaminación de fuentes de agua.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN: MONOGRAFÍA DEL MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS

1.1. Generalidades

El caserío El Tizate del municipio de San Pedro Sacatepéquez, se encuentra ubicada a una distancia de 24 km de la cabecera municipal de San Pedro, por camino de herradura y a 30 km, pasando por Palestina, Quetzaltenango y a 25 km de San Marcos.

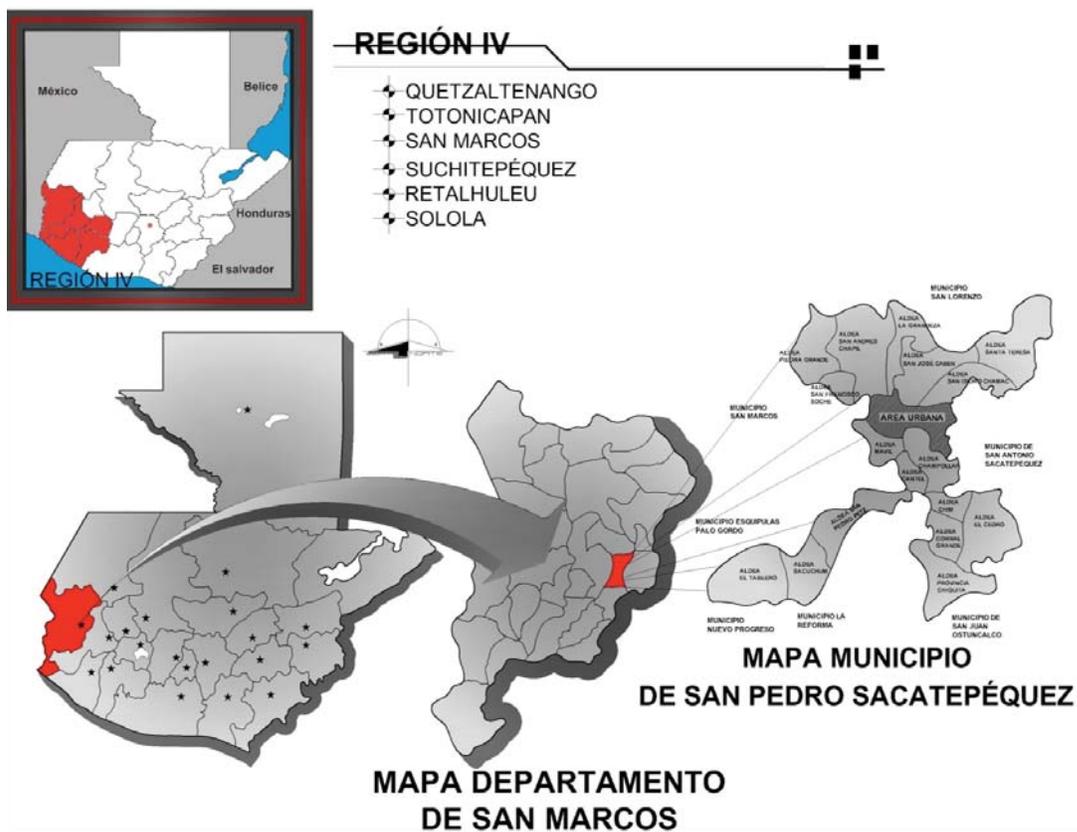
1.1.1. Límites y localización

El caserío El Tizate de la aldea El Cedro, se encuentra ubicado en la parte sur del municipio de San Pedro Sacatepéquez, a una altura de 2 800 metros sobre el nivel del mar, con una latitud de 14° 56'34" y longitud de 30° 45'34".

El caserío El Tizate colinda al norte con aldea El Carmen del municipio de Palestina de los Altos, departamento de Quetzaltenango; al sur con aldea Provincia Chiquita, del municipio de San Pedro Sacatepéquez; al este con el municipio de San Juan Ostuncalco, Quetzaltenango, y al oeste con aldeas Corral Grande y Chim, del municipio de San Pedro Sacatepéquez. La aldea Piedra Grande se encuentra ubicada a una latitud que va desde 2400 msnm en la parte más baja, 2500 msnm en la parte media y 2600 msnm en la parte alta. Presenta una latitud norte de 21°50' 55" y longitud oeste 91° 46' 35".

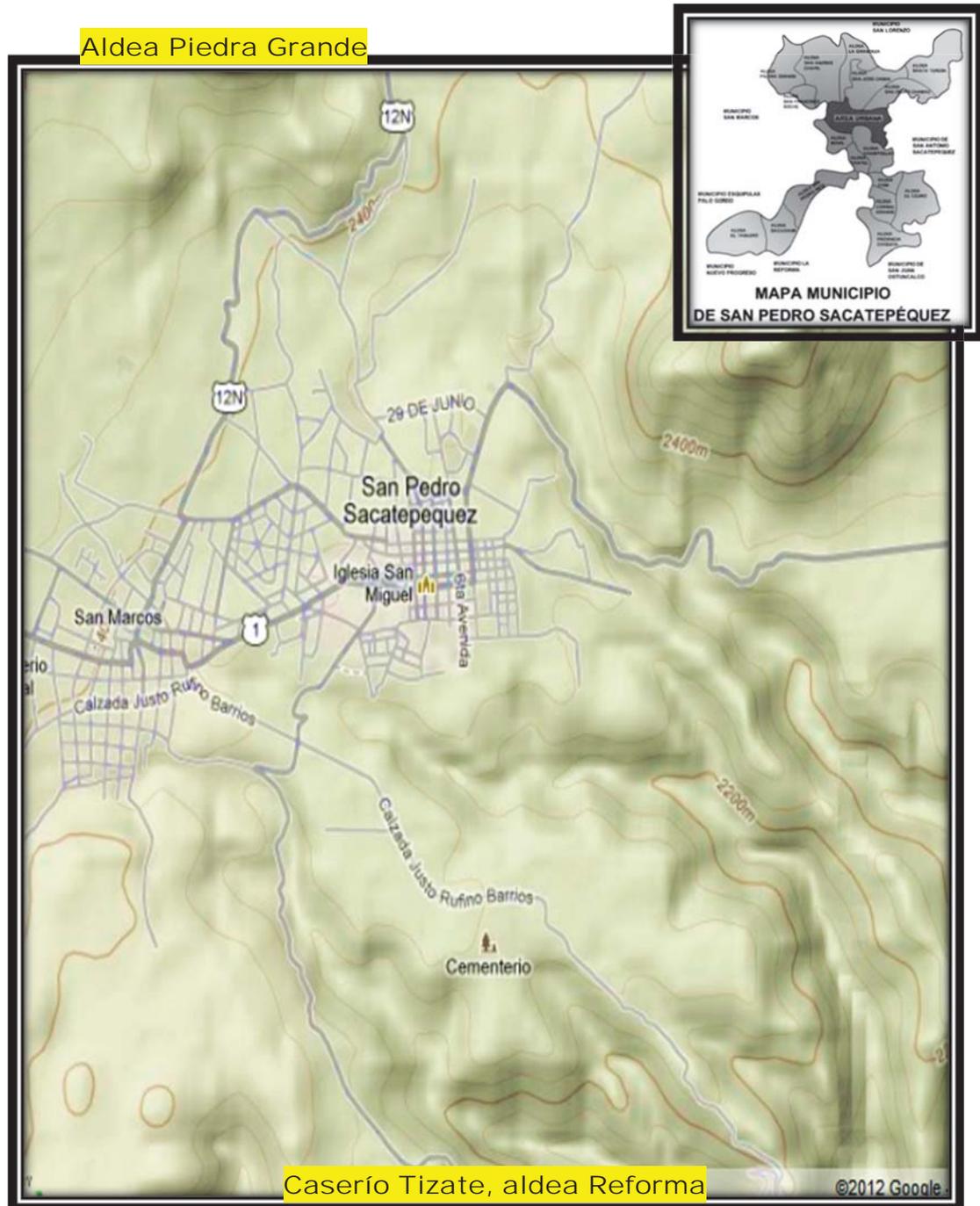
La aldea Piedra Grande colinda al norte con el astillero municipal de San Pedro Sacatepéquez; al sur con aldea San Francisco Soche, del municipio de San Pedro Sacatepéquez; al este con el astillero municipal de San Pedro Sacatepéquez y al oeste, con la cabecera municipal de San Marcos.

Figura 1. Ubicación del caserío El Tizate y la aldea Piedra Grande



Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

Figura 2. Mapa aéreo caserío El Tizate y aldea Piedra Grande



Fuente: Instituto Geográfico Nacional.

1.1.2. Accesos y comunicaciones

La principal entrada para el caserío El Tizate es de pavimento, que parte de la ruta asfaltada de San Marcos a Quetzaltenango, a la altura de la aldea La Cumbre del municipio de Palestina de los Altos, departamento de Quetzaltenango.

Esta ruta es accesible con vehículo normal pero no llega hasta el caserío; sino a dos kilómetros antes, donde se encuentra la aldea San José el Cedro, por lo que cabe mencionar que para movilizarse al caserío puede llegarse a pie o con vehículo de doble tracción; el camino es accesible.

La aldea Piedra Grande cuenta con dos entradas principales; una por el cantón El Mosquito y la otra por la aldea San Francisco Soche. Ambas calles están empedradas para facilitar el ingreso de vehículos y personas; estas presentan condiciones aceptables, sin embargo durante el invierno, por la topografía del terreno son susceptibles a daños serios.

1.1.3. Topografía

Su topografía generalmente es accidentada, encontrándose cerros, barrancos y planicies, formadas por rocas volcánicas y piedra.

1.1.4. Aspectos climáticos

El clima característico del caserío El Tizate y la aldea Piedra Grande es frío; su temperatura máxima es de 27° y la mínima es de 2°; registrándose heladas en los meses de diciembre y enero.

Se marcan dos estaciones climáticas durante el año: la lluviosa o invierno que comprende los meses de abril a noviembre y la estación seca o verano, que va de los meses de noviembre a marzo, la cual presenta un régimen de baja temperatura específicamente entre noviembre a enero, donde ocurren heladas que afectan a cultivos de la época existentes en el área. Según INSIVUMEH, la estación meteorológica San Marcos, Escuela de Formación Agrícola (EFA), proporcionó los siguientes datos para el departamento y municipios.

Tabla I. **Temperatura agosto 2009 - febrero 2010**

Meses	Media °C	Máxima °C	Mínima °C	Máxima absoluta °C	Mínima absoluta °C
Agosto	14.3	19.7	9.7	22.0	8.0
Septiembre	14.3	18.6	9.3	20.2	8.0
Octubre	14.8	19.2	7.8	20.4	3.2
Noviembre	13.2	18.9	5.4	21.0	2.0
Diciembre	12.5	18.5	2.9	20.0	-1.0
Enero	13.5	20.3	2.8	22.0	-2.0
Febrero	13.8	20.5	6.3	22.0	4.0

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados en Estación San Marcos.

Tabla II. **Intensidad de lluvia agosto 2009 - febrero -2010**

Meses	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Lluvia en mm	100.5	99.0	144.2	45.4	-	12.0	33.9

Fuente de datos: INSIVUMEH.

1.1.5. Servicios públicos

- Recursos de salud: en la aldea El Cedro funciona un puesto de salud que forma parte de los servicios públicos de salud; a este acuden los pobladores del caserío El Tizate, bajo la coordinación del centro de salud ubicado en la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez. En la aldea Piedra Grande no existe servicio de salud público permanente, por lo que la población que requiere atención médica debe acudir al centro de salud ubicado en la cabecera municipal de San Sacatepéquez, al hospital nacional de la cabecera departamental de San Marcos, o a clínicas médicas particulares.
- Recursos humanos: se cuenta con una enfermera auxiliar del centro de salud de San Pedro Sacatepéquez que permanece en la comunidad para brindar atención a la población en los programas de control de niños, control de mujeres embarazadas, planificación familiar, control de vacunación y enfermedades comunes. También hay tres comadronas y un alcalde auxiliar.
- Educación: el caserío El Tizate cuenta con una escuela primaria, la educación de nivel básico y diversificado se encuentra en la aldea San José el Cedro. La aldea Piedra Grande cuenta con una escuela primaria y educación básica; para la educación media debe de acudir a la cabecera municipal de San Pedro Sacatepéquez y el departamento de San Marcos.
- Agua potable: la aldea El Cedro y sus caseríos cuentan con nacimientos de agua para abastecerse; algunos tienen redes de distribución como en la aldea, pero los caseríos en su mayoría no lo cuentan sino por medio

de un tanque de distribución y llenacántaros. La aldea Piedra Grande cuenta con agua entubada que son abastecidos por la Municipalidad de San Pedro Sacatepéquez.

- Otros servicios públicos: se cuenta también con salón comunal, juzgado auxiliar, iglesia católica, iglesia evangélica, cancha polideportiva.

1.1.6. Actividades económicas

La actividad económica del caserío El Tizate se realiza a través de la agricultura (granos básicos, verduras y frutas); el comercio (tiendas, panaderías, carpinterías), y por familiares que radican en los Estados Unidos.

Los principales ingresos económicos de la aldea Piedra Grande se dan a través de la agricultura (granos básicos, verduras y frutas); comercio (tiendas, panaderías, herrerías, aserradores, carpinteros, carniceros, sastres, etc.); artesanía típica; profesionales en diversas especialidades (maestros, peritos contadores, militares, etc.) y servicios varios (pilotos automovilistas).

1.1.7. Población

Los datos de población del caserío El Tizate fueron tomados de las cifras preliminares consignadas en el cuadro de características generales de población del XII Censo de Población y V de Habitación 2009, realizado por el Instituto Nacional de Estadística; tiene una población de 150 habitantes; se caracteriza por presentar una población con 44,20% de género masculino y 55,80% de género femenino. La aldea Piedra Grande cuenta con una población, según censos, con 673 habitantes; con un 45,30% de género masculino y 54,70% de género femenino.

1.2. Principales necesidades del municipio

A continuación se describen las principales necesidades del municipio.

1.2.1 Descripción de necesidades

Se realizó una reunión con representantes de la población del caserío El Tizate, en la cual expusieron las necesidades más urgentes en su comunidad. Estas se presentan en la tabla siguiente.

Tabla III. **Necesidades presentadas en el caserío El tizate**

No.	Necesidad presentada
1	Introducción de servicio de agua entubada domiciliar
2	Mejoramiento de vías de comunicación (construcción de carretera accesible a vehículos al centro de la aldea y sus comunidades; apertura de calle a escuela)
3	Introducción de sistema de drenaje y letrización con planta de tratamiento
4	Legalización del terreno del cementerio
5	Introducción de servicio de energía eléctrica domiciliar y alumbrado público
6	Implementación de unidad mínima de salud
7	Construcción de cancha polideportiva
8	Construcción de salón comunal
9	Construcción de auxiliatura
10	Circulación y equipamiento de escuela

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Necesidades presentadas en la aldea Piedra Grande**

No.	Necesidad presentada
1	Introducción de sistema de drenaje
2	Ampliación de escuela oficial de primaria
3	Mejoramiento y mantenimiento de vías de comunicación(Adoquinado de calle principal; ampliación de empedrados y acceso a cantones y construcción de copantes)
4	Construcción de campo de futbol
5	Mejoramiento y ampliación de red de distribución de agua domiciliar
6	Introducción de sistema de letrinización con planta de tratamiento
7	Mejoramiento del servicio del transporte colectivo

Fuente: elaboración propia.

1.2.2. Priorización de necesidades

El proceso de identificación de necesidades, alternativas de solución y priorización de los proyectos comunitarios, se realizó en una asamblea en el centro de la aldea, en la cual participaron comunitarias y comunitarios de cada aldea, quienes a través de una boleta estructurada y el trabajo de grupos, analizaron la situación actual y el futuro que desean para sus comunidades, priorizando los proyectos que consideran deben ser atendidos por las autoridades, para lograr su desarrollo comunitario.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO EL TIZATE, MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

2.1. Descripción del proyecto

El proyecto a presentar consiste en un sistema de abastecimiento de agua potable, el cual atenderá al caserío El Tizate de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos; cuya fuente es un tanque de captación existente de 37,5 m³ en donde se colocará una bomba con su respectiva caseta a un lado del tanque; de allí saldrá una línea de impulsión que llevará el agua a un tanque elevado de distribución ubicado a 375,54 m de distancia de un tanque a otro.

Habrán tres líneas de distribución y estas a su vez tendrán tres subramales, los cuales abastecerán a 32 viviendas. El tipo de red con que se diseñará es abierta y las conexiones tipo predial. A continuación se presenta una tabla con los elementos que integran el sistema de abastecimiento de agua potable.

Tabla V. Elementos que integran el proyecto

Cantidad	Unidad	Descripción
1	Unidad	Tanque de distribución de 15 m ³
375,54	ml	Tubería de impulsión
1 642,46	ml	Tubería de distribución

Continuación tabla V.

1	Unidad	Caseta de bombeo
1	Unidad	Válvula de cheque c/caja
5	Unidad	Válvulas de compuerta en c/caja
3	Unidad	Cajas rompedresión con flote de bronce c/u
32	Unidad	Conexiones prediales
1	Unidad	Tanque de captación 37,5 m ³

Fuente: elaboración propia.

2.2. Levantamiento topográfico

Sirve para definir la ubicación de la fuente de agua, la línea de impulsión y todos aquellos elementos que complementan el sistema de abastecimiento de agua potable.

Se realizó el levantamiento topográfico desde el tanque de captación existente, hasta el punto donde se localizará el tanque de distribución; esto con el propósito de poder determinar el perfil o cotas de los diferentes niveles de terreno. Luego se diseñará la línea de impulsión con base en la información obtenida, desde el tanque de captación hasta el tanque de distribución.

2.3. Aforos

El aforo se realiza para medir el caudal o la cantidad de agua disponible. Para el diseño de un sistema de agua potable, el aforo es una de las partes más importantes, pues indicará si la fuente es capaz de abastecer a toda la población.

Existen varios tipos de aforos como: volumétrico, de áreas y molinetes, los cuales deben realizarse en época seca o de estiaje.

En este caso se utilizó el aforo volumétrico, el cual en seis segundos llenó un recipiente de 10 lts; por tanto dio un resultado de 1,67 lts/seg; este en el tanque de captación.

2.4. Análisis de la calidad del agua

La calidad natural del agua varía de un lugar a otro, de acuerdo con la estación del año, uso de la tierra, el clima y las clases de roca del suelo que el agua remueve. La característica de una buena calidad de agua depende del uso que se le vaya a dar, ya sea doméstico, industrial y riego.

En cada caso, la calidad requerida para el agua varía en función de su uso. Para el consumo humano, el agua debe ser de sabor y apariencia agradable; de composición química tal corrosión, que pueda ser captada, transportada y distribuida sin presentar problema de corrosividad o incrustaciones del sistema; debe garantizarse que la calidad química y microbiológica no ponga en riesgo la salud de los consumidores.

Para garantizar que el agua puede ser tomada por una población debe cumplir con los requisitos establecidos por las normas COGUANOR NGO 29 – 001.

2.4.1. Examen bacteriológico

Proporcionar toda la información relacionada con su potabilidad, esto significa, evitar peligro de ingerir organismos que puedan causar enfermedades.

Por la dificultad de aislamiento directo de bacterias que producen enfermedades específicas, se han ideado procedimientos indirectos que permitan obtener información necesaria sobre la probable presencia de estos microbios patógenos.

Estos procedimientos son dos:

- La cuenta bacteriana: es decir, el número de bacterias que se desarrollan en agar nutritivos, por 24 hrs de incubación, a una temperatura de 35 °C y 20 °C.
- El índice coliforme: este consiste en la determinación del número de bacterias que se sabe son de origen intestinal.

2.4.2. Examen fisicoquímico sanitario

Este análisis determina las características físicas y químicas del agua tales como: el aspecto, el color, el olor, el sabor, su pH y su dureza. Específicamente para este proyecto desde el punto de vista fisicoquímico, el agua es apta para su consumo humano de acuerdo con los resultados de los exámenes de calidad de agua que se presentan en el anexo.

2.5. Criterios de diseño

Para el diseño de este sistema de agua se debe tomar en cuenta que el área es rural con clima frío, debiendo tomar una dotación de 90 a 120 lts/hab/día, por ser un proyecto de bombeo.

2.5.1. Período de diseño

Se denomina así al período durante el cual un sistema funcionará eficientemente para poder atender la demanda.

El período de diseño que recomiendan según organizaciones como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR), el periodo de diseño recomendando de 20 años, aunque esto no signifique que en el periodo indicado deje de funcionar; este seguirá funcionando pero empezarán a dar problemas de eficiencia, dependiendo de la tendencia de crecimiento de la población, del cuidado y mantenimiento que se le proporcione.

También se debe tomar en cuenta el tiempo que se lleva en realizar el diseño, gestión y ejecución de la obra. Los aspectos principales que intervienen en el período de diseño son:

- Cobertura
- Vida útil
- Posibilidad de ampliación
- Crecimiento de población
- Costos, tasa de Interés y factibilidad de obtención de financiamiento
- Capacidad de las fuentes
- Otros

2.5.2. Tabla de crecimiento poblacional

Servirá para observar de qué manera crece la población; se tomarán datos a cada 11 años.

Tabla VI. **Crecimiento poblacional de caserío El Tizate, municipio de San Pedro Sacatepéquez, San Marcos**

Año	No. de habitantes	No. de viviendas
2009	150	32
2020	200	36
2031	250	40

Fuente: elaboración propia.

2.5.3. Estimación de población de diseño

$$P_f = P_o \left(1 + \frac{r}{100} \right)^n$$

Donde:

Pf = población final proyectada [hab]

Po = población actual [hab]

r = tasa de crecimiento poblacional según censo [%]

n = periodo de diseño [años]

Teniendo para el diseño:

Po = 150 habitantes

r = 2,3%

n = 22 años

$$P_f = 150(1 + 0,023)^{22}$$

$$P_f = 250 \text{ habitantes}$$

2.5.4. Dotación

Es la cantidad de agua que se asigna a una persona, en litros/habitantes/día; depende del clima, capacidad de la fuente y de la ubicación de la población; si es en el área urbana o rural y de las actividades comerciales o industriales.

Para este proyecto se adoptó una dotación de 120 litros/habitantes/día, tomando en cuenta que la capacidad de la fuente es buena.

Los factores que influyen en la determinación de la dotación son: clima, nivel de vida, actividad productiva, número de habitantes, costumbres, existencia de abastecimientos privados, alcantarillado y contadores, presiones en la red y capacidad administrativa de la municipalidad.

La dotación está formada por los caudales doméstico, industrial, comercial y público. A estos consumos se deberá agregar un porcentaje de pérdidas por fugas y mal uso del agua.

2.5.5. Determinación de caudales

Los caudales son útiles para la elaboración del diseño de abastecimiento de agua potable. A continuación se describen los cálculos que deben aplicarse para encontrar los diversos caudales.

2.5.5.1. Caudal medio diario

Es el caudal promedio requerido por la comunidad durante un día (24 horas) en litros/segundo, obtenido de la dotación asignada a cada habitante y de los consumos que requieran los equipamientos.

Se calcula de la siguiente manera:

$$Q_m = \text{Población futura} * \text{dotación} / 86400 \text{seg/ día}$$

$$Q_m = \frac{120 - L * \text{dia} / \text{hab} * 250 - \text{hab}}{86400 - \text{seg}}$$

$$Q_m = 0,3472 \text{ litros/ segundo}$$

2.5.5.2. Caudal máximo diario

Es el día de máximo consumo de una serie de registros obtenidos en un año; regularmente cuando hay actividades en las cuales participa la mayor parte de la población.

El valor que se obtiene es utilizado en el diseño de la fuente, captación, línea de conducción y la planta de tratamiento.

A falta de registro, el consumo máximo diario (CMD) será el producto de multiplicar el consumo medio diario por un factor de día máximo (FDM) que oscile entre 1,2 y 1,5; 1,5 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y 1,2, para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes.

Al tomar en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes, se determina que para este estudio el factor de día máximo (FDM); es de 1,50 con lo cual se tiene:

$$QDM = Qmd \times FDM$$

Donde:

QDM = Caudal de día máximo o máximo diario

FDM = Factor de día máximo

Qmd = Caudal medio diario

$$QDM = Qmd \times FDM$$

$$QDM = 0,3472 \text{ l/s} \times 1,50$$

$$QDM = 0,52 \text{ l/s}$$

2.5.5.3. Caudal máximo horario

Conocido también como caudal de distribución, se utiliza para diseñar la línea y red de distribución. Es la hora de máximo consumo del día; el valor obtenido se usará para el diseño de la línea de distribución y la red de distribución.

Para determinar este caudal se debe multiplicar el consumo medio diario por el coeficiente o factor de hora máximo (FHM); cuyo valor es de 2,0 a 3,0; 3,0 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y 2,0 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes.

La selección del factor es función inversa al tamaño de la población a servir, por lo que para el presente estudio el factor de hora máxima tendrá un valor de 2,5.

El caudal máximo horario se determina mediante la siguiente ecuación:

$$QHM = FDM \times Qmd$$

$$QHM = 2,5 \times 0,35/s$$

$$QHM = 0,875/s$$

Donde:

QHM = caudal máximo horario o de hora máxima

FHM = factor de hora máxima

Qmd = caudal medio diario

2.5.6. Diseño de captación

Es toda obra civil que recolecta el agua proveniente de uno o varios nacimientos de brotes definidos o difusos; en el caso de este proyecto, el agua se recolectará de un nacimiento tipo acuífero de brote definido en ladera. La estructura de esta obra se compone de un filtro que será construido de piedra bola, y grava, rebalse, desagüe para limpieza, pichacha y tapadera con sello sanitario para la inspección.

El tanque será de mampostería de piedra bola y deberá protegerse con una cuneta para evitar el ingreso de corrientes pluviales; finalmente, con un cerco perimetral para evitar el ingreso de personas y animales.

Los componentes del tanque de captación son básicamente:

- Cuneta
- Filtro de grava y arena
- Entrada de agua
- Tapadera
- Rebalse
- Válvula de pila
- Tanque de captación
- Caja de válvula
- Llave de compuerta
- Salida de agua, tubo PVC de diámetro = 2"

2.6. Diseño de la línea de conducción

Es la tubería que sale desde la captación o de una caja reunidora de caudales hacia el tanque de distribución.

Para el diseño de la línea se considerará que todo el proyecto funcionará por gravedad; la tubería para conducción será de tubo PVC según el diámetro indicado (ver planos en apéndice).

Una línea de conducción debe aprovechar al máximo la energía que disponible para conducir el caudal deseado, por lo cual, en la mayoría de los casos, conducirá el diámetro económico que satisfaga las razones técnicas que permitan soportar presiones menores que no dañen el material de conducción que se esté utilizando.

Para el diseño de la línea de conducción se utilizó la fórmula de Hazen-Williams, la cual es:

$$H_f = \frac{1743,811141 \times L \times Q_d^{1,85}}{D_i^{4,87} \times C^{1,85}}$$

$$V = \frac{1,973525241 \times Q_d}{D_i^2}$$

Donde:

Hf = Energía, pérdida de carga [m]

V = Velocidad [m/s]

L = Longitud de la tubería más un factor de longitud del 5 % de la topografía del terreno [m]

Qd = Caudal de hora máximo, o caudal de distribución [l/s]

Di = Diámetro interno de la tubería [plg]

C = Coeficiente de rugosidad [para PVC se usará 150 y HG se usará 100]

NOTA: los datos y cálculos de la línea de conducción o impulsión se anotaran en el diseño hidráulico.

2.7. Tanque de almacenamiento

Los tanques juegan un papel muy importante para el diseño del sistema de distribución de agua potable, desde el punto de vista económico. Su importancia es fundamental para el funcionamiento hidráulico del sistema y en el almacenamiento de un servicio eficiente.

Los requisitos sanitarios para un tanque son los siguientes:

- Cubierta hermética, que impida la penetración de aves, agua del exterior, polvo, con pendiente para drenar el agua de lluvia.
- Evitar la entrada de luz para evitar el crecimiento de algas.
- El tubo de ventilación tendrá abertura hacia abajo, con rejilla, para impedir los insectos y polvo.
- Escotilla de visita para inspección de limpieza, ubicada cerca de la tubería de entrada, para facilitar el aforo del caudal en cualquier momento.
- El diámetro mínimo de tubería de rebalse será igual al de la tubería de entrada del tanque.
- El tubo de salida se colocará al lado opuesto del tubo de entrada, para que el agua circule en el tanque.
- Debe tener escaleras interiores y exteriores, si el tanque excede de 1,2 metros de alto.

El volumen necesario para los tanques, ya sean de almacenamiento o distribución, se calculará de acuerdo con la demanda real de las comunidades. Si no existen estudios de dichas demandas, pueden ser aplicados los criterios establecidos por las normas de UNEPAR; estos establecen que el volumen del tanque puede ser de un 25% a un 45% del caudal medio diario.

En poblaciones menores a los 1 000 habitantes, debe corresponder del 25% al 35% del consumo medio diario de la población, sin tomar en cuenta una reserva por eventualidades. Si una población tiene entre 1 000 y 5 000 habitantes, se toma el 35% del consumo medio diario, más un 10% por eventualidades.

Para poblaciones mayores de 5000 habitantes, el 40% del consumo medio diario, más un 7,5% por eventualidades. Para sistemas por bombeo, establecer un 40% a 65% del caudal medio diario.

Para el caserío El Tizate, cuya población de diseño es de 250 habitantes, se diseñó el tanque para un volumen de 35% del caudal medio diario, sin porcentaje de eventualidades.

Por lo tanto:

$$\text{Volumen} = \%Q_m * 86\,400,00$$

$$\text{Volumen} = 0,35 * 0,3472 * 86\,400,00$$

$$\text{Volumen} = 10,5 \text{ m}^3$$

Por criterio se deja en 15 m^3

2.8. Diseño hidráulico

Todas las comunidades que quieran resguardar la salud de sus integrantes debe poseer por lo menos un saneamiento base, que incluya abastecimiento de agua, red de drenajes sanitario y pluvial (si lo hubiese) y una adecuada disponibilidad de los desechos sólidos.

En el proceso de saneamiento, es muy importante disponer de agua potable de una manera continua, pues con ello se asegura la salud de la población y también la reducción del riesgo de enfermedades endémicas y gastrointestinales.

2.8.1. Cálculo hidráulico de la línea de impulsión

La línea de impulsión se conoce como la tubería que conecta desde la fuente al tanque de almacenamiento y distribución. Cuando un sistema se diseña por bombeo, se requiere considerar un caudal de bombeo suficiente para abastecer el consumo máximo diario en un determinado periodo de bombeo.

El caudal de bombeo es un parámetro muy importante; con base en este se define el diámetro de la línea de impulsión, como también una velocidad adecuada. Para determinar el caudal de bombeo, es importante definir antes el periodo de bombeo, que se determina en función del caudal que proporcionará la fuente. Se recomienda que el periodo de bombeo sea de 8 a 12 horas.

En este caso, el caudal máximo diario tiene un valor de 0.52 l/s; para obtener el caudal de bombeo necesario para cumplir con la demanda diaria se utiliza la siguiente expresión.

$$Q_b = \frac{(Q_c)(24)}{hb}$$

Con 8 horas de bombeo, la expresión queda de la siguiente forma:

$$Q_b = \frac{(0,52)(24)}{8} = 1,56 \text{ l/s}$$

Este caudal será bombeado a través de toda la línea de impulsión hasta el tanque de distribución.

Luego de haberse determinado el caudal de bombeo, se puede diseñar la tubería de descarga con la siguiente fórmula:

$$De = (1,8675)(\sqrt{Q_b})$$

$$De = (1,8675)(\sqrt{1,56}) = 2,3325'' \text{ pulgadas}$$

Donde:

De = diámetro económico en pulgadas

Existen dos opciones o se toma un diámetro de 2" o 3"; se chequearán las velocidades para las tuberías, los caudales son 0,79 m/s y 0,35 m/s, respectivamente; por lo cual se elige la mayor y se trabajará con la tubería de 2" que es la que produce dicha velocidad. Posteriormente, se calcula la carga dinámica total con base en las pérdidas de todos los componentes del sistema; con la fórmula siguiente.

$$H_f = \frac{1743.811141 \times L \times Q_b^{1.85}}{D^{4.87} \times C^{1.85}}$$

Del proyecto se tienen los siguientes datos:

$$L = 375,5 \text{ m}$$

$$Q_b = 1,56 \text{ l/s}$$

$$C = 150$$

$$D = 2''$$

$$H_f = \frac{1743,811141 \times 375,5 \times (1,56)^{1,85}}{2^{4,87} \times 150^{1,85}} = 4,80 \text{ mts}$$

$$\text{Con } D = 3'' \text{ la } H_f = 0,67 \text{ mts}$$

Para determinar el costo de bombeo, este va a depender de las pérdidas de carga por longitud de tubería. Para lo cual ya se tienen calculadas las pérdidas por fricción en cada una de las tuberías y así se podrá encontrar la potencia.

$$H_f = \frac{Q_b * H_f}{76 * e}$$

Donde:

Q_b = caudal de bombeo en l/s

H_f = pérdida por fricción

e = eficiencia a la que trabaja la bomba (según fabricante $e = 0,65$)

P = potencia de la bomba en caballos de fuerza (Hp)

Convertir los caballos de fuerza en kilovatios ($1\text{Hp} = 0,746 \text{ kw}$) y luego calcular la energía requerida mensualmente. La que al multiplicarse por el costo del kilovatios hora, proporcionará el costo mensual de bombeo.

En el caso de no contar con energía eléctrica, la eficiencia para el cálculo de la potencia es la del conjunto bomba-motor.

Cálculo de la potencia:

$$P_{2''} = \frac{1,56 * 4,80}{76 * 0,65} = 0,1515Hp \rightarrow 0,1163kw$$

$$P_{3''} = \frac{1,56 * 0,67}{76 * 0,65} = 0,021Hp \rightarrow 0,01563kw$$

Cálculo de horas de bombeo al mes:

$$\frac{8horas}{dia} * \frac{30dias}{mes} = 240 \frac{horas}{mes}$$

Tabla VII. Costo mensual de energía

Diámetro	P(kw)	Hrs. bombeo	Precio (kw-hora)	Costo energía por mes
2"	0,1163	240	Q1,56	Q43,54
3"	0,01563	240	Q1,56	Q5,85

Fuente: elaboración propia.

La carga dinámica total: se presenta en dos formas: cuando se utiliza una bomba vertical, turbina o una sumergible.

$$CDT = \frac{V^2}{2.g} + H_f + H_m + H_d + H_s$$

Donde:

CDT = carga dinámica total (m)

V = velocidad (m/s)

g = fuerza de gravedad (9,81 m/s²)

Hf = pérdidas por fricción en tubería (m)

Hm = pérdidas menores (en accesorios en m)

Hd = altura de impulsión (diferencia de niveles entre tanque de alimentación y el tanque de distribución)

Hs = altura de la bomba (m)

$$(V^2/2g) = 0,032 \text{ mts.}$$

$$Hm = 0,10 (4,80+0.032) = 0,4832$$

$$Hd = 140,05$$

$$Hs = 101$$

$$CDT = 0,032+4,8+0,4832+140,05+101,00 = 246,36 \text{ m}$$

Verificación de la velocidad y la pérdida de carga con los diámetros encontrados: se calculó con tubería de diámetro igual a 2".

$$V = \frac{1,947 * Qb}{D^2}$$

Donde:

V = velocidad de flujo la tubería en m/s ($0,60 \leq V \leq 3 \text{ m/s}$)

Qb = caudal de bombeo

D = diámetro económico

1,947 = factor de conversión de L/plg² a m³/s

$$V = \frac{1,947 * 1,56}{2^2}$$

$$V = 0,79 \text{ m/s}$$

El cálculo de golpe de ariete: se realiza cuando la tubería está expuesta a un cambio brusco o súbito de presión, ocasionado por fluctuaciones en el caudal producido por la apertura o cierre repentino de una válvula o por el paro o arranque de las bombas. Para determinarlo se usa la fórmula siguiente:

$$G.A. = \frac{145}{\sqrt{1 + \frac{Ea * \phi}{Et * e}}} * vel$$

Donde:

V = velocidad en la tubería (m/s)

Ea= módulo de elasticidad del agua

Et = módulo de elasticidad de la tubería

$$G.A. = \frac{145 * 0,79}{\sqrt{1 + \frac{2,07 * 10^4 * 2}{3,00 * 10^4 * 0,077}}}$$

$$G.A. = 43,72 \text{ m.c.a.}$$

El punto crítico será la sumatoria del golpe de ariete más la carga dinámica total.

$$\text{Punto crítico} = G.A + \text{CDT} = 43,72 + 246,36 = 290,31 \text{ mts.}$$

2.8.2. Diseño del equipo de bombeo

Es importante aclarar que el equipo se diseña para un periodo de 5 a 10 años; la tubería de impulsión debe ser suficiente para abastecer a la población futura. La potencia para hacer trabajar la bomba eficientemente depende del caudal de bombeo, de la altura dinámica total y de la eficiencia de la bomba por emplear. La potencia de la bomba se puede determinar a través de la siguiente expresión:

$$\text{Pot} = Q_b * \text{CDT} / 76 * e_f$$

Donde:

Q_b = caudal de bombeo l/s.

CDT = carga dinámica total, en m.

e_f = eficiencia bomba + eficiencia motor.

76 = constante para transformar l- m/s a hp.

$$\text{Pot} = 1,56 \text{ l/s} * 246,36 / (76 * 0,60)$$

$$\text{Pot} = 8,43 \text{ hp}$$

Se propone una bomba de 10 hp

2.9. Diseño estructural

Se debió elaborar el diseño del tanque de distribución, tomando en cuenta lo siguiente: en relación con el diseño del techo, este no está sometido a presión directamente por el líquido que contiene el tanque; en este caso se considera que la presión no es nula, por lo que su espesor viene dado en su mayoría por efectos de corrosión.

Se asume para todo el tanque un espesor mínimo por corrosión de 1/8", pero por razones comerciales se utilizará lámina de espesor de 1/4" para el techo; este será de forma cónica con una altura de 0,90 mts.

Diseño del cuerpo:

Forma cilíndrica

Altura: 3,00 m.

Diámetro: 2,50 m.

El esfuerzo para el cuerpo del tanque se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$S = 2,6 \text{ hd}/t$$

Incluyendo un factor de eficiencia de la soldadura $\phi = 0,85$

$$S = 2,6 \text{ hd}/t$$

$$t = 2,6 \text{ hd}/\phi s$$

$$S = \text{esfuerzo unitario máximo (lb/plg}^2) = 15\,000,00$$

h = altura del líquido en pies

d = sección analizada en pies

t = espesor en pulgadas

ϕ = factor de eficiencia de soldadura = 0,85

$$t = 2,6 \text{ hd}/\phi s$$

$$t = \frac{9,84 * 8.20}{0,85 * 15000}$$

t = 0,1414 = 3/20" espesor no es comercial

Se usará un espesor de $t = 3/16''$

Diseño del fondo (cónico)

Según la fórmula siguiente:

$$S = 2,6 \text{ hd (sec } \emptyset) / t$$

Incluyendo el factor de eficiencia de soldadura $\emptyset = 0.85$

$$S = 2,6 \text{ hd (sec } \emptyset) / t$$

$$t = 2,6 \text{ hd (sec } \emptyset) / \emptyset s$$

$\emptyset =$ ángulo que forma el fondo del tanque con la vertical de un punto cualquiera.

$$t = 2,6 \text{hd (sec } \emptyset) / \emptyset s$$

$$t = \frac{2,6 * 9,84 * 8,20 * \text{sec } 45}{0,85 * 15000}$$

$$t = 0,031 + 1/8 \text{ por corrosión}$$

$$t = 0,156 = 3/20''$$

Se usará $t = 1/4''$ por razones comerciales

Diseño de columnas:

4 columnas inclinadas a $1/8$

Altura de la torre: 10 m.

Separación de columnas: 3,50 m

Longitud de riostras horizontales: variable

Longitud de riostras diagonales: variable

Dado que el viento no es crítico en nuestro medio, para la mayor parte de las estructuras, solamente se analizará por sismo; por lo que se necesita integrar el peso total de la estructura, tal como se presenta a continuación.

Peso del tanque:

$$\text{Peso del agua} = 1000 \text{ kg/m}^3 * 15\text{m}^3 = 15\,000,00 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de la tapadera: peso} = A_{\text{tapa}} * t_{\text{tapa}}$$

$$A = (\pi * D^2)/4 = (\pi * 2,5^2)/4 = 4,90 \text{ m}^2$$

$$t = 1/8'' = 0,0032$$

$$P = 4,91\text{m}^2 * 0,0032 * 7850\text{kg/m}^3 = 123,24 \text{ kg.}$$

$$\text{Peso} = 123,24 \text{ kg.}$$

$$\text{Peso del cuerpo: peso} = A_{\text{cilindro}} * t_{\text{cilindro}}$$

Donde:

$$A = h_{\text{cilindro}} * \text{Perímetro del cilindro}$$

$$\text{Perímetro} = \pi * D_{\text{cilindro}}$$

$$\text{Perímetro} = \pi * 2,50 \text{ mts}$$

$$\text{Perímetro} = 7,85 \text{ mts}$$

$$A = 3,00 \text{ mts} * 7,85 \text{ mts}$$

$$A = 23,55 \text{ mts}^2$$

$$\text{Peso} = 23,55 \text{ mts}^2 * 0,006 \text{ mts} * 7850,00 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso} = 1\,109,20 \text{ kg.}$$

$$\text{Peso del fondo: peso} = \text{perímetro del fondo} = A_{\text{fondo}} * t_{\text{fondo}}$$

$$A = (\pi * D^2)/4 = (\pi * 2,5^2)/4 = 4,90 \text{ m}^2$$

$$t = 1/4'' = 0,0064$$

$$P = 4,91\text{m}^2 \cdot 0,0064 \cdot 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso} = 231,20 \text{ kg.}$$

Peso de accesorios asumido:

$$\text{Peso} = 800 \text{ kg.}$$

$$\text{Peso total del tanque lleno con agua } 17\,515,20 \text{ kg} = 18\,000,00 \text{ kg}$$

Ahora se da seguimiento a incorporar el peso de la torre estructural, de la siguiente manera.

Peso de la torre:

$$\text{Peso de las columnas } \varnothing 8'' = 4 \cdot 10\text{m} \cdot 38,34 \text{ kg/m} = 1529,60 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de las breizas horizontales} = 12 \cdot 50,65 \text{ kg} = 607,80 \text{ kg}$$

$$\text{Peso de las breizas diagonales} = 24 \cdot 50,65 \text{ kg} = 1\,215,60 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total de la torre} = 3353,00 \text{ kg}$$

$$\text{Peso total} = 3\,400,00 \text{ kg}$$

Tomando en cuenta ambos pesos, tanto el del tanque lleno con agua como el de la torre, el peso total es de 22 000,00 kg. Con la existencia de estos datos se puede dar continuación al diseño y realizar un análisis por sismo; el análisis se hará según el código SEAOC, de la manera siguiente:

Fórmula del SEAOC:

$$V = ZIKCSW$$

$$V = \text{Corte basal}$$

$Z = 1,00$; ya que el riesgo de sismo es mínimo

$I = 1,00$; factor que depende de la importancia de sus características

$K = 2,5$; porque es un tanque elevado

$C = 1/15\sqrt{T}$; donde $T=0,0906 H/\sqrt{B}$

$S = 1,00$; factor que depende del tipo de suelo

Donde h_n es la altura del centro de gravedad del depósito del tanque y D es la longitud paralela a la fuerza del sismo que resiste:

$$V = 1*1*2,5*0,096*w$$

$$V = 0,24 W$$

$$\text{Peso (W) /columna} = 22\ 000,00 \text{ kg}/4 = 5\ 500,00 \text{ kg.}$$

$$\text{Corte que actúa en el tanque: } V = 0,24*18\ 000,00 = 4\ 320,00 \text{ kg}$$

$$\text{Corte que actúa en la torre: } V = 0,24*3\ 400,00 = 816,00 \text{ kg}$$

Se recomienda aumentar las cargas a un 25% como factor de seguridad:

Por lo tanto:

$$V_{\text{total}} = (5\ 136,00*1,25) = 6\ 420,00 \text{ kg.}$$

Se puede deducir con lo anterior, que los momentos son los siguientes:

$$M' = 4\ 320,00 * 1,25 * 11,25 = 62\ 100,00 \text{ kg-m}$$

$$M'' = 816,00 * 1,25 * 5,15 = 5\ 252,00 \text{ kg-m}$$

$$M_{\text{total}} = 67\ 353,00 \text{ kg-m}$$

Los momentos fueron calculados respecto de la base de la torre.

Análisis de los sentidos xx-yy.

$V_m =$ Corte por marco

$$V_m = V_{total} / 2$$

$$V_m = 6\,420,00 / 2$$

$$V_m = 3\,210,00 \text{ kg}$$

$M_m =$ momento por marco

$$M_m = M_{total} / 2$$

$$M_m = 67\,535,00 / 2$$

$$M_m = 33\,676,00 \text{ kg-m}$$

$R_o =$ Reacción en el punto o

$R_o = M_m /$ separación entre columnas

$$R_o = 33\,676,50 / 3,5$$

$$R_o = 9\,621,85 \text{ Kg.}$$

$P_{1-2} =$ Esfuerzo entre las columnas 1-2

$P_{1-2} = (M'_1 + M''_1) /$ separación entre columnas.

$M'_1 =$ Momento de V' respecto del punto 1

$$M'_1 = 5\,400,00 * 1,50$$

$$M'_1 = 8\,100,00 \text{ kg-m}$$

$M''_1 =$ Momento de V'' respecto del punto 1

$$M''_1 = 1\,020,00 * 1,50$$

$$M''_1 = 1\,530,00 \text{ kg-m}$$

$$P_{1-2} = (8\,100,00 + 1\,530,00) / 3,50$$

$$P_{1-2} = 2\,751,00 \text{ kg.}$$

Analizando en el sentido xy-yx

El valor de la fuerza en el arriostre diagonal será:

$$AD = (R_o - P_{1-2}) \text{Sec } \Theta$$

$$AD = (9\,621,00 - 2\,751,42) \text{Sec } 25$$

$$AD = 7\,549,76 \text{ kg} = 16,67 \text{ kips}$$

Fuerza máxima sobre una columna:

$$P_{\text{máx}} = M_{\text{total}} / \text{Dist}$$

$$P_{\text{máx}} = 67,353 / 3,5$$

$$P_{\text{máx}} = 19\,243,7 \text{ kg}$$

Diseño de columnas:

$$C = P_{\text{máx}} + (P/\text{columna})$$

$$C = 19\,243,00 + 5\,500,00$$

$$C = 24\,743,70 \text{ kg.}$$

Utilizando una columna con diámetro de 8”:

$$A = 8,40 \text{ plgs}^2$$

$$r = 2,94 \text{ plgs}$$

$$K = 1$$

$$L = 3,00\text{m} = 9,84 \text{ ft} = 118,08 \text{ plg}$$

$$Kl/r = 1(118,08)/2,94 = 40,17$$

Según la AISC para la relación de esbeltez de 40:

$$F_a = 19,11 \text{ y } 1,33 F_a$$

$$F_a = 19,11 * 1,33$$

$$F_a = 25,42 \text{ kips/plg}^2$$

$$f_a = 37,72/8,40$$

$$f_a = 4,49 \text{ kips/plg}^2$$

Sí cumple con la exigencia de $f_a < F_a$, por lo cual se puede asegurar que una columna circular de 8" es adecuada para soportar las cargas actuantes.

Diseño de los miembros diagonales:

Perfil C de 4" x ,50" x 3/8"

$$T = 44,345 \text{ kips}$$

$$A = 2,75 \text{ plg}^2$$

$$r = 1,41 \text{ plg}$$

$$L = 118,11 \text{ plg}$$

$$K = 1$$

$$Kl/r = 1(118,11)/1,41 = 83,76$$

Para Kl/r corresponde $F_a = 10,72$ y $1,33 f_a$

$$F_a = 10,72 * 1,33$$

$$F_a = 14,26 \text{ kips/plg}^2$$

$$f_a = (44,345/2)/2,75$$

$$f_a = 8,06 \text{ kips/plg}^2$$

Como conclusión $f_a < F_a$, por lo tanto sí es apropiado para utilizarla.

Diseño de arriostres horizontales:

Perfil C de 4" x 2,5" x 3/8"

$$C = 34,66 \text{ kips}$$

$$A = 2,75 \text{ plg}^2$$

$$r = 1,41 \text{ plg}$$

$$L = 110,23 \text{ plg}$$

$$K = 1$$

$$Kl/r = 1(110,23)/1,41$$

$$Kl/r = 78,17$$

Para Kl/r corresponde $f_a = 11,98$ y $1,33 f_a$

$$F_a = 11,98 * 1,33$$

$$F_a = 15,93 \text{ kips/plg}^2$$

$$f_a = C/A$$

$$f_a = 34,66/2,75$$

$$f_a = 12,60 \text{ kips/plg}^2$$

Conclusión: $f_a < F_a$, por lo tanto sí es apropiada para utilizarla.

Placa para base de columna:

Área requerida:

$$A = P_t/F_p$$

Donde:

$$F_p = 0,35f'_c \text{ (} f'_c = 210,00 \text{ kg/cm}^2 = 3\,000,00 \text{ lb/plg}^2\text{)}$$

$$F_p = 1\,051,00 \text{ lbs/plg}^2$$

$$P_t = F_a * A$$

$$P_t = 20\,150,00 \text{ lbs/plg}^2 * 14,6 \text{ plg}^2$$

$$P_t = 294,190 \text{ lbs}$$

$$A = 294,190 \text{ lbs} / 150,00 \text{ lbs/plg}^2$$

$$A = 280,18 \text{ plg}^2$$

$$A = \sqrt{280,18}$$

$$A = 16,74 \text{ plg} = 18 \text{ plg.}$$

Presión real de contacto en la placa:

$$q = P_t / B * C$$

$$q = 294,190 / (18 * 18)$$

$$q = 907,99 \text{ lbs/plg}^2$$

$$M = \frac{q * n^2}{2}$$

$$M = \frac{907,99 * 3^2}{2}$$

$$M = 4085,99 \text{ lbs-plg}^2$$

Espesor:

$$t = \sqrt{\frac{3 * q * (m^2 \text{ o } n^2)}{F_b}} \text{ o } t = \sqrt{\frac{6M}{F_b}}$$

Donde:

F_b = Esfuerzo de trabajo a flexión = 0,75 y (AISC)

$$F_b = 0,75 * (36\,000,00 \text{ lbs/plg}^2)$$

$$F_b = 27\,000,00 \text{ lbs/plg}^2$$

$m=n$ = Proyección de la placa fuera de la columna (plg)

q = Presión real del contacto

$$t = \sqrt{\frac{6M}{Fb}}$$

$$t = \sqrt{\frac{6(4085,96)}{27000,00}}$$

$$t = 0,91 \text{ plg} = 1,00 \text{ plg}$$

La placa a utilizar será de 18"x18"x1"

Pernos de anclaje: el caso más crítico para analizar los pernos es cuando el tanque se encuentra vacío, por lo que se tiene:

$$19243,70 - 5500,00 = 13743,70 \text{ kg} = 30,23 \text{ kips.}$$

Diseño de pernos a tensión:

$$F_t = 0,60 \cdot F_y$$

$$F_t = 0,60 \cdot 36000,00$$

$$F_t = 21600,00$$

$$A_{requerida} = \frac{F_{tensión}}{F_t}$$

$$A_{requerida} = \frac{30299,60 \text{ lbs}}{21600,00 \text{ lbs} / \text{plg}^2}$$

$$A_{requerida} = 1,40 \text{ plg}^2$$

$$n = \frac{1,40 \text{ plg}^2}{6}$$

$$n = 0,233 = \frac{1}{2} \text{ plg/c/ perno}$$

Pero por razones comerciales se usarán de 1,00".

Diseño de pernos por corte:

$$F_v = 0,40F_v$$

$$F_v = 0,40 \cdot 36\,000,00$$

$$F_v = 14\,400,00$$

$$A_{requerida} = \frac{F_{corte}}{F_v}$$

$$A_{requerida} = \frac{16670,00\text{lbs}}{14400,00\text{lbs} / \text{plg}^2}$$

$$A_{requerida} = 1,15 \text{ plg}^2$$

$$n = \frac{1,15 \text{ plg}^2}{6}$$

$$n = 0,182 = \frac{1}{2} \text{ plg/c/ perno}$$

Los pernos a utilizar según AISC serán 1" de diámetro tipo A490, especificados por las normas ASTM.

Diseño de cimiento:

Cimentación:

4 pedestales

4 zapatas de 1,50*1,50 mts²

Profundidad 1,50 mts

Valor soporte del suelo = 25,75 ton/mts²

Pedestal:

Ancho: 0,50 mts

Altura del pedestal: 3,00*(ancho)

H = 3,00*0,50 = 1,50 mts

Refuerzo de pedestal: el pedestal debe trabajar para el cimiento como una columna corta, por lo tanto la relación de esbeltez tiene que ser menor o igual a 22. El código ACI asigna los siguientes parámetros:

- Si $E < 22$, se trata de una columna corta
- Si $22 < E < 100$, es una columna intermedia
- Si $E > 100$, se trata de una columna larga

Para determinar la relación de esbeltez de una columna se aplica la fórmula siguiente:

$$E = (K*Lu)/r$$

K = Factor de pandeo, se le da el valor de 1

r = Radio de giro de la sección

Lu = Longitud libre entre apoyos

El radio de giro se calcula según la sección de la columna.

r = 0,30 para columnas cuadradas o rectangulares

$r = 0,25$ para columnas circulares

Por lo tanto:

$$E = (1*1,5)/0,30$$

$E = 5 < 22$ se trata de una columna corta

Carga axial: el momento causado por la componente horizontal de la carga de la columna se considera como despreciable, ya que el ángulo de inclinación de la columna metálica transmisora de la fuerza es muy pequeño.

El código ACI asigna la siguiente fórmula para el cálculo de la resistencia última para la columna corta:

$$P_u = \Phi (0,85f'_c (A_g - A_s) + (F_y * A_s))$$

Donde:

P_u = resistencia última

Φ = factor de compresión (0,70)

A_g = área de la sección de la columna

A_s = área de acero en cm^2

f'_c = resistencia nominal del concreto = $210,00 \text{ kg/cm}^2$

F_y = resistencia de fluencia del acero = $2819,00 \text{ kg/cm}^2$

La sección del pedestal tendrá desde 2,54 cms (1") hasta 3,00 cms (1 1/4") de la columna hasta la placa base; en todo su alrededor esta será la sección del pedestal. Se tomará $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y acero de grado 40.

Se utilizará acero mínimo, el cual está establecido por la ACI que será el 1% del área de la sección:

$$A_g = 50 * 50 = 2\,500,00 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 0.01 * 2\,500,00 = 25,00 \text{ cm}^2$$

$$P_u = 0,70 (0,85 * 210(2\,500,00 - 25,00)) = 358\,426,25 \text{ kg}$$

$$P_u = 788,537.75 \text{ lbs}$$

Para el refuerzo mínimo por corte, el ACI señala un espaciamiento mínimo por corte igual o menor que la mitad del lado más corto del pedestal y un recubrimiento mínimo de 5 cm.

Espaciamiento por corte:

$S = d/2 = d$ es el ancho de la columna menos el recubrimiento

$$D = 0,50 - 0,05 = 0,45 \text{ mts} = 45,00 \text{ cm}$$

$$S = 45/2 = 22,50 \text{ cm}$$

Se utilizarán 4 varillas No.7 (7/8") y 4No.6 (3/4") con estribos No.3 de (3/8"), con espaciamiento de 20,00 cm.

Diseño de zapatas: primero se obtendrá el momento de volteo respecto de la base de apoyo para el cálculo de estabilidad:

$$M_v = F_s * H$$

$$M_e = P_T * 3\,600,00 * L$$

Donde:

M_v = momento de volteo (ton-m)

M_e = momento estabilizante (ton-m)

F_s = fuerza de sismo

H = altura de la base del pedestal de la zapata a la mitad del depósito

P_T = peso total de la estructura

L = separación entre las columnas

Al existir fuerzas laterales actuando, estas provocan el momento de volteo; este momento provoca el desplazamiento del peso de la estructura del eje de soporte a una distancia X_u .

$$X_u = M_v/P_T$$

La estabilidad permanecerá asegurada si se cumple con la siguiente condición:

$$X_u < L/6$$

Donde L es el diámetro a centro de las columnas y también cuando la relación entre el momento estabilizante y momento de volteo sea mayor o igual a 1,50.

CE = Coeficiente de estabilidad $\geq 1,50$

$$CE = M_e/M_v$$

Peso de la estructura:

$$\text{Peso del pedestal} = \text{Volumen} * \delta_{\text{concreto}}$$

$$\text{Peso del pedestal} = 0,50 * 0,50 * 1,50 * 2400,00 = 900,00 \text{ kg.}$$

$$P_T = P_{\text{depósito}} + P_{\text{torre}} + P_{\text{pedestal}}$$

$$P_T = 5500,00 \text{ kg} + 900,00 \text{ kg}$$

$$P_T = 6400,00 \text{ kg} = 6,40 \text{ ton.}$$

Verificación por volteo:

La carga de sismo se tomará como $F_s = 10\%P_T$

$$F_s = 0,10 * 6,40$$

$$F_s = 0,64 \text{ ton}$$

$$H = 1,50 + 11,50 = 13,00 \text{ mt}$$

$$M_v = F_s * H$$

$$M_v = 0,64 * 13,00$$

$$M_v = 8,32 \text{ ton-m}$$

$$X_u = M_v / P_T$$

$$X_u = 8,32 / 6,40$$

$$X_u = 1,30 \text{ m}$$

Cálculo de cargas:

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 0,50 (\text{ancho de pedestal})$$

$$\text{Peso del cuerpo del tanque} = 2000,00 \text{ kg}$$

Peso del líquido = 15 000,00 kg

Carga muerta = 5 ton/4 = 1,25 ton

Carga viva = 40 ton/4 = 10,00 ton

Nota: la carga muerta y carga viva fueron sobrediseñadas por alguna eventualidad que ocurra, como agrandar el tanque en uno de los casos; el propósito es visualizar si las zapatas son aptas para soportar cargas superiores.

Diseño de zapatas:

$$A_{zapata} = P_t / V_s$$

P_t = Carga de trabajo

V_s = Valor soporte de suelo (ton/m²)

$$V_s = 24,5 \text{ ton/m}^2$$

$$A'_{zapata} = (CM + CV) / V_s$$

$$A'_{zapata} = (1,25 + 10) / 24,50$$

$$A'_{zapata} = 0,45 \text{ m}^2$$

$$A_{zapata} = \text{Factor} * A'_{zapata}$$

El factor es igual a un 20% de incremento por flexión, entonces:

$$A_{zapata} = 1,20 * 0,45$$

$$A_{zapata} = 0,54 \text{ m}^2$$

$$L = \sqrt{A_{zapata}} = \sqrt{0,54}$$

$$L = 0,73 \text{ m}$$

La zapata se puede dejar de 1,00 m o 1,20 m; en este caso se dejará de 1,20 m.

$$L = 1,20 \text{ m.}$$

Carga de diseño:

P_d = Carga de diseño

$$P_d = P_u / A_{zapata}$$

$$P_u = 1,4CM + 1,7CV$$

$$P_u = 18,75 \text{ ton}$$

$$P_d = 18,75/1,44$$

$$P_d = 13,02 \text{ ton/m}^2$$

Verificación por corte:

$$V_c = 0,85 + 0,53 * (\sqrt{f_c}) * b * d$$

$$V_u = P_d * A$$

$$A = L * d$$

V_c = Resistencia última al concreto por corte

V_u = Esfuerzo de corte actuante

Chequeo: $V_c > V_u$

$$V_c = 0,85 * 0,57 * (\sqrt{210}) * 120 * (d/1000)$$

$$V_c = 842,52 * (d/1000)$$

$$V_u = 19,67 * 1,20 * (((1,20 - 0,50)/2) - (d/1000))$$

$$V_u = 16,52 * (0,50 - d/100)$$

$$d = 0,40 \text{ m} = 40,00 \text{ cm}$$

$$V_c = 842,52 * (40/1000)$$

$$V_c = 33,70 \text{ ton}$$

$$V_u = 16,52(0,50-0,40/100)$$

$$V_u = 0,01652 \text{ ton}$$

$V_c > V_u$ sí cumple con la condición

Verificación por punzonamiento:

$$V_c = 0,85*1,06*b*d(\sqrt{f'c})$$

$$V_u = P_d*(A_{zapata} - A_{pz})$$

$$d = t - \text{recubrimiento} - (\Phi/2) \quad \Phi=5/8''=1,58 \text{ cm}$$

$$d = 40-5-(1,59/2) = 34,22 \text{ cm}$$

b = Perímetro de punzonamiento

$$b_o = 4*(40+d)$$

$$b_o = 4(40+34,21)$$

$$b_o = 296,82 \text{ cm}$$

$$A_{\text{punzonamiento}} = ((40 + d/2)/100)^2$$

$$A_{\text{punzonamiento}} = ((40 + 17,11)/100)^2$$

$$A_{\text{punzonamiento}} = 0,33 \text{ m}^2$$

$$V_c = 0,85*1,06*(d/1\,000,00)*b_o*\sqrt{210}$$

$$V_c = 0,85*1,06*(34,21/1\,000,00)*296,82*\sqrt{210}$$

$$V_c = 132,58 \text{ ton}$$

$$V_u = P_d*(A_{zapata} - A_{\text{punzonamiento}})$$

$$V_u = 13,02 ((1,20*1,20) - 0,33)$$

$$V_u = 14,45 \text{ ton}$$

Sí chequea $V_c > V_u$

Diseño de acero de refuerzo:

$$M = P_d(L^2/2)$$

$$L = (l/2 - n/2)$$

Donde:

$l/2$ = Longitud media de la zapata

$n/2$ = Longitud media de la sección de la columna (pedestal)

$$M = 13,02 * ((1,20/2 - 0,50/2)^2/2)$$

$$M = 0,79 \text{ ton} = 716,67 \text{ kg-m}$$

$$A_s = M / (\beta - t)$$

$$d = 35,21 \text{ cm}$$

$$b = 100,00 \text{ cm}$$

$$f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$\beta = 0,85$$

$$t = 2,50 \text{ cm (recubrimiento mínimo)}$$

$$M = 71667,00 \text{ kg-cm}$$

$$A_s = \frac{71667,00}{0,85 * 210(34,21 - 2,50)}$$

$$A_s = 12,66 \text{ cm}^2$$

Ahora utilizando la fórmula de A_s mínimo:

$$A_{smin} = (14,1/f_y)b*d$$

$$A_{smin} = (14,1/2810)100*35,21$$

$$A_{smin} = 17,66 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, como el A_{smin} es mayor que A_s , se utilizará el mayor para el acero de la zapata.

El armado será de 9 varillas No.5, a cada 15 cm en ambos sentidos, tomando en cuenta un factor de seguridad que se utilizará en la zapata de 1,20 x 1,20 mts con un peralte de 0,40 mts.

Especificaciones de diseño:

Columnas:

- Suponer que el ($F_y = 36 \text{ ksi}$), ($kl/r \leq 200$)
- La relación de esbeltez kl/r siendo l la longitud de la columna desde nudo a nudo sin soporte, en pies, r es el radio de giro y a k se le da un valor igual a 1.
- Con la relación de esbeltez, se calcula el esfuerzo unitario permisible F_a en la tabla de esfuerzos permitidos para miembros a compresión, en el manual AISC.

Acero estructural: el material que se ajuste a las normas, podrá ser usado bajo estas especificaciones:

- Acero estructural con límite de fluencia mínimo de $29,5 \text{ kg/mm}^2$ y con un espesor máximo de 12,7 mm, ASTM A529.

- Tubos de acero, con o sin costura, negros y galvanizados, por inmersión en caliente, ASTM A53.
- Tubos de acero al carbono para usos estructurales, formados en frío, con o sin costura, de sección circular o de otras formas, ASTM A500.
- Acero estructural, ASTM A36.
- Lámina de acero de baja aleación y alta resistencia, laminada en caliente y en frío, resistente a la corrosión, ASTM A606.
- Lámina de acero al carbono laminado en caliente, para uso estructural, ASTM A570.

Es importante que el fabricante presente los informes certificados de las pruebas de laboratorio de los materiales a usar, de acuerdo con las normas ASTM A6 o ASTM A568, para uso aceptable de los materiales.

Los tornillos de acero cumplirán con la última edición de una de las siguientes normas:

- Sujetadores estándar de acero al bajo carbono, roscados interna o externamente, ASTM A307.
- Tornillos de alta resistencia para conexiones de acero estructural, incluyendo tuercas y arandelas, ASTM A325.
- Tornillos de acero de aleación templados y endurecido para conexiones de acero estructural, ASTM A490.

Las certificaciones del fabricante constituirán evidencia que el material cumple con las normas.

2.10. Desinfección

Como tratamiento se entenderá a la desinfección que se le aplica al agua en el tanque de distribución, ya que los tratamientos adicionales serán contemplados en el costo total del proyecto.

La desinfección más frecuente en los acueductos rurales es la realizada con hipoclorito de calcio. La presentación del hipoclorito de calcio en el mercado es más común en forma de polvo con una determinada concentración, por lo que los gastos ocasionados por el tratamiento están en función del caudal de entrada al tanque, de la concentración que presente el hipoclorito de calcio y de su costo.

De acuerdo con los criterios para el cálculo de tarifas del INFOM-UNEPAR, el cálculo del costo del hipoclorito de calcio se hace de la siguiente manera.

$$G.T. = \frac{(Qc)(Rac)(C_{HC})(86,400)(30)}{(45,000)(Cc)}$$

Donde:

G.T. = gastos por tratamiento mensual

Qc = caudal de conducción o día máximo

C_{HC} = costo de hipoclorito por gramo

Rac = relación agua-cloro en una parte por millar

C_c = concentración de cloro al 65%

2.11. Diseño de la línea de distribución

En el diseño de la línea de distribución, se consideran los siguientes factores:

- El diseño se hará para el caudal de hora máxima, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento para el período de diseño, siempre y cuando sea mayor que el caudal simultáneo; en caso contrario se utilizará este último.
- La distribución de gastos debe hacerse mediante cálculo, de acuerdo con el consumo real de la localidad, durante el período de diseño.
- Se deberá tratar de servir, directamente, al mayor porcentaje de la población con conexiones domiciliarias, aunque se podrían instalar llenacántaros si la capacidad de la fuente no lo permite.
- Se deberá dotar a las redes de distribución de los accesorios y obras de arte necesarias, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento, dentro de las normas establecidas para tal efecto, y así facilitar su funcionamiento.

Es necesario terminar los ramales abiertos en puntos de consumo, para evitar estancamientos indeseables; de lo contrario, se deberá proveer de una válvula de compuerta para la limpieza de esta tubería. Este método se utiliza cuando el circuito no se puede cerrar, debido a condiciones topográficas o por la economía del proyecto.

Para diseñar la red de distribución, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Presión estática en la tubería: se produce cuando todo el líquido de la tubería y del recipiente que la alimenta está en reposo. Es igual al peso específico del agua multiplicado por la altura a que se encuentra la superficie libre del agua en el recipiente. La máxima presión estática que soportan las tuberías de 160 PSI = 90 mca. Teóricamente puede soportar más, pero por efectos de seguridad, si hay presiones mayores que la presente, es necesario colocar una caja rompepresión o tubería de 250 PSI o HG. En la línea de distribución, la máxima presión estática permitida es de 80 m.c.a., pues a mayores presiones fallan los empaques de válvulas y grifería, a menos que sea necesario utilizar presiones mayores por necesidad de salvar puntos altos.
- Presión dinámica en la tubería: cuando hay movimiento de agua, la presión estática modifica su valor, que se disminuye por la resistencia o fricción de las paredes de la tubería; lo que era altura de carga estática ahora se convierte en altura de presión más pequeña, debido al consumo de presión, conocida como pérdida de carga.
- La energía consumida o pérdida de carga varía respecto de la velocidad del agua y en proporción inversa al diámetro de la tubería. La presión en un punto A es la diferencia entre la cota piezométrica del punto A y la cota de terreno de ese punto. La menor presión dinámica que puede haber en la red de distribución es de 10 mca, que es la necesaria, para que el agua pueda subir con cierta presión a las llaves de chorro. Se pueden tener presiones hasta 7 mca, siempre que sea debidamente

justificado. La presión máxima sugerida es de 40 mca, pudiendo exceder este límite siempre y cuando se tengan razones justificadas para hacerlo.

- Línea piezométrica: es la forma de representar gráficamente los cambios de presión en la tubería. Esto indica, para cada punto de la tubería 3 elementos:
 - La distancia que existe entre la línea piezométrica.
 - La presión estática en cada punto, que representa la pérdida de carga o de altura de presión que ha sufrido el líquido, a partir del recipiente de alimentación; es decir el tanque de distribución hasta el punto de estudio o la distancia entre la línea piezométrica y la tubería, representan el resto de presión estática, que corresponde a la presión que se mediría si se pone en el momento del flujo un manómetro en ese punto. Esta presión está disponible para ser gastada en el recorrido del agua dentro de la tubería.
 - La pendiente de la línea piezométrica representa la cantidad de altura de presión que está consumiendo por cada unidad de longitud en metros, que recorre el agua. Cuanto mayor sea la velocidad, mayor será el consumo de presión por metro de tubería.
- Verificación de velocidades: en todo diseño hidráulico, es necesario revisar la velocidad del líquido, para ver si se encuentra entre los límites recomendados. Para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua con material en suspensión sedimentable o erosivo, se consideran los límites de velocidad desde 0.60 m/s hasta 3 m/s, máxima. Si se trata de

agua sin material sedimentable o erosivo, no hay límite inferior, y se dará lo que resulte del cálculo hidráulico. El límite superior se fijará solamente en precaución a la sobrepresión, que se debe al golpe de ariete.

La fórmula que se va a utilizar es la siguiente:

$$V = 1,974 \cdot Q/D^2$$

Donde:

V = Velocidad (m/s)

Q = Caudal (m³/s)

D = Diámetro del tubo (m)

Ejemplo de tramo: de E 9.1 a E 9.11

Datos:

E-9,1 a E-9,11

E-9,1, Cota 240,05

E-9,11, Cota 205,00

Longitud = 70,00 m

Caudal (Qc) = 0,16 l/s

C = 150

Hf = 35,05

Aplicando la fórmula de Hazen-Williams, para obtener el diámetro teórico y seguidamente sustituir valores se obtiene el resultado siguiente:

Sustituyendo:

$$D_i = \sqrt[4,87]{\frac{1743,811141 \times 1,05 \times 70,00 \times 0,16^{1,85}}{35,05 \times 150^{1,85}}}$$

$$D_i = 0,40$$

$$D_i = 0,50$$

$$D_i = 0,75$$

Determinando las pérdidas con diámetros encontrados:

$$H_f = \frac{1743,811141 \times L \times Q_d^{1,85}}{D_i^{4,87} \times C^{1,85}}$$

$$H_{f_{0,5}} = \frac{1743,811141 \times 1,05 \times 70,00 \times 0,16^{1,85}}{0,5^{4,87} \times 150^{1,85}}$$

$$H_{f_{2,0}} = 11.60 \text{ m}$$

$$H_{f_{0,75}} = \frac{1743,811141 \times 1,05 \times 70,00 \times 0,16^{1,85}}{0,75^{4,87} \times 150^{1,85}}$$

$$H_{f_{1,0}} = 1.61 \text{ m}$$

Velocidades para los diámetros:

$$D_1 = 0,5'' \quad V_1 = 1,32 \text{ m/s}$$

$$D_1 = 0,75'' \quad V_1 = 0,9 \text{ m/s}$$

Las normas según INFOM indican que la velocidad debe estar entre 0,60 < v < 3 m/s; se toma un diámetro de ¾" y una velocidad de 0,59 m/s, como datos de diseño para el sistema.

2.11.1. Conexiones domiciliarias

Esta es la última unidad de todo sistema de agua potable y tiene como finalidad, suministrar finalmente el vital líquido en condición aceptable a la población, ya sea a través de un servicio domiciliario o bien de un servicio tipo comunitario (llenacántaros o chorros públicos).

Hoy en día, se construyen con tubería y accesorios de PVC, y dependiendo de las condiciones del funcionamiento del sistema, pueden incluir o no aparatos de medición del caudal servido (contadores de agua).

Para la misma se utilizará la tubería de PVC cuyo diámetro sea de ½" de 315 PSI de poca longitud, que termina en una llave de paso o en un medidor de caudal, para la instalación interna del servicio en el domicilio y termina en un grifo en los servicios públicos.

Actualmente, se constituyen por un total de 41 viviendas. Las conexiones domiciliarias se compondrán por los siguientes accesorios:

- Tee reductora PVC
- Niple (tubo) PVC longitud variable
- Adaptador macho de PVC
- Llave de paso de bronce
- Tubo PVC longitud variable
- Codo PVC 90° con rosca
- Niple HG 1,50
- Codo HG 90°
- Niple HG 0,15
- Reducidor campana HG

- Tubería PVC Ø 2" o 3"
- Adaptador hembra PVC
- Válvula de chorro

2.11.2. Obras de arte

- Cajas rompepresión: son dispositivos que se utilizan para reducir la presión del agua y evitar así el rompimiento de la tubería. Pueden ser necesarios tanto en la conducción como en la distribución. La caja puede ser hecha de concreto armado, de block reforzado, de ladrillo tayuyo o de mampostería. Para localizar las cajas rompepresión en una línea de conducción, se recomienda colocarlas a menos de 90 m.c.a. (metros columna de agua) de presión estática; y para la línea de distribución, la localización se rige por el hecho de que los empaques de las válvulas de flotador se arruinan cuando se someten a presiones altas, por lo que no deberán ser sometidas a una carga estática de 60 m.c.a. La diferencia entre ambas, es que la caja de rompepresión solamente tiene válvula de flote cuando distribuye.
- Profundidad de zanja para la colocación de tubería: la zanja deberá ser lo suficientemente amplia para permitir un acomodo correcto de la tubería. En las especificaciones técnicas para la construcción de acueductos rurales, UNEPAR, se establece que las zanjas deberán de tener como mínimo un ancho de 0,40 metros, y la profundidad mínima de 0,60 metros sobre la corona (nivel superior del tubo). Si los terrenos se dedican a la agricultura, la profundidad mínima será de 0,80 metros.

- Diámetro, tipo y clase de tubería: toda tubería tiene tres características principales, que son: diámetro, clase y tipo. Respecto del diámetro, comercialmente las tuberías se asignan por un diámetro nominal, que difiere del diámetro interior de conducto. La clase se refiere a la norma de fabricación, íntimamente relacionada con la presión de trabajo. El tipo de tubería se refiere al material del que está hecha; actualmente los materiales empleados son el hierro fundido, el acero, el acero galvanizado y el cloruro de polivinilo.
- Tubería de PVC: es el material más empleado, al ser más liviano, fácil de instalar, durable y no se corroe, pero es frágil y se vuelve quebradizo al estar a la intemperie. Para sistemas rurales de abastecimiento de agua se utiliza la cédula 40.

2.11.3. Válvulas

Las obras hidráulicas son importantes en una línea de conducción y distribución de agua potable, ya que por medio de estas se puede interrumpir el paso de un fluido o liberar el aire que se queda atrapado en los puntos altos de la tubería; en los puntos bajos del circuito se acumulan sólidos que se pueden extraer por medios de estos accesorios; en un sistema de agua potable es necesario instalar las siguientes:

- Válvulas de compuerta: funcionan mediante el descenso progresivo de una compuerta que regula el paso del agua.
- Válvulas de paso: funcionan mediante un cono horadado que al girar permite o cierra el paso del agua; se instalan al inicio de cada conexión predial o llenacántaros, o en el lugar necesario.

- Válvulas de limpieza: son válvulas de compuerta que sirven para extraer los sedimentos que se pudieran depositar en las partes bajas de la tubería.
- Válvulas de aire: su función es permitir el escape del aire que se acumula en las tuberías.
- Válvulas reguladoras de presión: sirven para reducir automáticamente la presión; no se usan en acueductos rurales, solo en edificios.

Nota: existen métodos aproximados que permiten seleccionar el tamaño de la válvula ventosa, el diámetro de la cual debe estar entre 1/4 y 1/3 del diámetro de la tubería. A.R.I. recomienda la siguiente tabla para una selección rápida del tamaño de la válvula de ventosa:

Tabla VIII. **Diámetros de válvulas**

Diámetro de tubería	3"-10"	12"-16"	18"-22"	24"-48"	50"-96"
Diámetro de válvula	2"	3"	4"	6"	8"

Fuente: A.R.I. Manual de válvulas de ventosa. p. 25.

A.R.I. es un programa informático de dimensionado y localización de las válvulas de ventosa. Basado en el manual de válvulas de ventosa se respalda la información antes mencionada de cómo diseñarlas.

2.12. Presupuesto

El presupuesto se trabajó con base en los precios unitarios, y mano de obra calculada; se basaron en los datos proporcionados por la municipalidad; mientras que los materiales fueron cotizados en ventas de materiales de construcción de la cabecera municipal.

Tabla IX. **Presupuesto diseño de agua potable caserío El Tizate**

PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE, CASERÍO EL TIZATE, MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS
UBICACIÓN: CASERÍO EL TIZATE, MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS
FECHA: mayo de 2011
CÁLCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES

No.	Material/actividad	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Total
1	Tanque elevado	1	U	241 120,15	241 120,15
2	Caseta de bombeo	1	U	20 201,31	20 201,31
3	Equipo de bombeo	1	U	16 359,70	16 359,70
4	Tubería de impulsión	376	ml	9,71	3 652,00
5	Zapatatas	4	U	17288,69	69 154,78
6	Viga conectora	96	ml	252,08	24 199,50
7	Pedestales	4	ml	7 257,86	29 031,45
8	Caja de válvulas	5	U	2 539,13	12 695,64

Continuación de la tabla IX.

9	Caja rompedora	3	U	6 317,89	18 953,66
10	Tubería de distribución 1"	470	ml	19,05	4 721,81
11	Tubería de distribución 3/4"	508,91	ml	9,88	5 027,52
12	Tubería de distribución 1/2"	486,79	ml	6,73	3 274,78
13	Conexiones domiciliarias	629,3	ml	16,60	10 444,81
14	Anclajes	45	U	267,31	12 028,84
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					470 865,94

Fuente: elaboración propia.

2.13. Cronograma de ejecución

Todos los renglones y su tiempo de ejecución, se presentan en la tabla siguiente.

Tabla X. **Cronograma de ejecución e inversión del sistema de agua potable**

Cronograma de ejecución e inversión																					
PROYECTO: DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE																					
CASERÍO EL TIZATE, MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS																					
UBICACIÓN: MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS																					
FECHA: MAYO DE 2011																					
PLANIFICACIÓN: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES																					
No.	REGLÓN DE TRABAJO	ESCALA TEMPORAL MESES/																			
		1				2				3				4				5			
	Descripción	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	TANQUE ELEVADO	■	■	■	■																
2	CASETA DE BOMBEO		■	■	■	■	■	■	■												
3	EQUIPO DE BOMBEO																			■	
4	TUBERÍA DE IMPULSIÓN						■	■	■	■	■										
5	ZAPATAS						■	■	■												
6	VIGA CONECTORA									■	■										
7	PEDESTALES									■	■										
8	CAJA DE VÁLVULAS						■	■	■												
9	CAJA ROMPEPRESIÓN									■	■	■	■	■							
10	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN 1"													■	■	■	■				
11	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN 3/4 "														■	■	■	■			
12	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN 1/2 "																	■	■	■	
13	CONEXIONES DOMICILIARES																	■	■	■	■
14	ANCLAJES						■	■	■	■											
PORCENTAJE		19.00%				23%				24%				22%				12%			
DESEMBOLSO		Q	89,464.50	Q	108,299.17	Q	113,007.8	Q	103,590.51	Q	56,503.91										
PORCENTAJE ACUMULADO		19.00%				42%				66%				88%				100%			
DESEMBOLSO ACUMULADO		Q	89,465	Q	197,763.70	Q	310,771.5	Q	414,362.03	Q	470,865.94										

Fuente: elaboración propia.

2.14. Programa de operación y mantenimiento

Esta etapa es de suma importancia y debe considerarse prioritaria, ya que ningún sistema de agua potable puede funcionar por sí mismo, ni funcionar eficientemente, si se opera de manera inadecuada; estableciendo indispensable su mantenimiento constante. Por tal razón se pretende que exista un comité que resuelva de manera inmediata la mayoría de problemas y técnicos operativos que se presenten durante el servicio del sistema de agua potable.

El encargado de la operación y mantenimiento del sistema, debe de ser preferiblemente un fontanero asalariado, que realizará inspecciones periódicas a todos los componentes físicos del sistema, para garantizar su adecuado funcionamiento.

Entre las actividades más comunes del fontanero están:

Tabla XI. **Operación y mantenimiento**

PERSONAL	LÍNEA DE IMPULSIÓN	FRECUENCIA
Fontanero	Limpieza y chapero de la línea de impulsión para detectar fugas.	C/ mes
Fontanero	Revisión de válvulas: de aire, limpieza y compuerta para determinar su estado físico.	C/ mes
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	
Fontanero y ayudantes	Limpia y chapea el área adyacente.	Cada 3 meses

Continuación de la tabla XI

Fontanero y ayudantes	Limpieza y lavado del tanque de distribución.	Cada 6 meses
Fontanero	Revisión de válvulas y accesorios.	C/ mes
Fontanero	Revisión de estructura para detectar fisuras, filtraciones o daños.	Cada 3 meses

Fuente: elaboración propia.

2.15. Propuesta de tarifa

Un sistema de agua potable no es solamente la fase de construcción; se le debe dar mantenimiento adecuado para garantizar la sostenibilidad del mismo, durante el periodo para el que ha sido diseñado. Esto implica que es necesario contar con recursos suficientes para operar el sistema, darle un mantenimiento preventivo y cuando así lo amerite, también correctivo; dichos recursos solo pueden obtenerse a través del pago mensual de una tarifa, que cada una de las viviendas deberá cancelar.

- Costo de operación (O): representa el pago mensual al fontanero por revisión de tubería, conexiones domiciliarias, mantenimiento y operación de los sistemas de desinfección y bombeo. Estimando que recorrerá 2 kilómetros de línea (impulsión y distribución), revisará 20 conexiones, atendiendo el cuidado y limpieza. Además se contempla un factor que representa las prestaciones. Por lo que se tiene:

$$O = 1,43 * \frac{L_{\text{tubería}} * \text{jornal}}{L_{\text{tubería/almes}}} + \frac{\# \text{ conexiones} * \text{jornal}}{20_{\text{conexiones / almes}}} + \frac{\text{Mantenimiento} * \text{jornal}}{30_{\text{días / mes}}}$$

$$O = 1,43 * \frac{6m * Q40}{3km} + \frac{32 * Q40}{20_{\text{conexiones / almes}}} + \frac{Q40}{30}$$

$$O = Q104,86/\text{mes}$$

- Costo de mantenimiento (M): este costo se utilizará para la compra de materiales del proyecto, cuando sea necesario mejorar o sustituir los que estén instalados. Se estima como el 4 por millar del costo total del proyecto presupuestado para el periodo de diseño.

$$M = \frac{0,004 * \text{Costo.proyecto}}{21}$$

$$M = \frac{0,004 * Q470865,94}{21}$$

$$M = Q89,68/\text{mes}$$

- Costo de tratamiento (T): este será el que se requiere para la compra y mantenimiento del sistema de desinfección, gasto mensual.

T = costo tableta en gramos * número de tabletas a utilizar en un mes

$$T = Q10,00/\text{tableta} * 20 \text{ tabletas}$$

$$T = Q 200,00/\text{mes}$$

- Costo de administración (A): representa el fondo que servirá para gastos de papelería, sellos, viáticos, etc. Se estima un 15% de la suma de los anteriores.

$$A = 0,15 * (O + M + T)$$

$$A = 0,15 * (Q104,86 + Q89,68 + Q200,00)$$

$$A = Q59, 18/\text{mes}$$

- Costo de reserva (R): cantidad de dinero dedicada a cualquier imprevisto que afecte al proyecto; será del 12% de la suma de los dos costos de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$R = 0,12*(O + M + T)$$

$$R = 0,12*(Q104,86 + Q89,68 + Q200,00)$$

$$R = Q47,34/\text{mes}$$

- Costo de energía eléctrica (E): cantidad de dinero dedicada a pagos de consumo de energía eléctrica, producida por el funcionamiento de la bomba.

$$E = 0,1163*\text{pot bomba (hp)}*\text{hrs bombeo}*Q_{\text{kwh}} * 30 \text{ días/mes}$$

$$E = 0,746*(10\text{hp}*8\text{hrs}*1,56*30\text{días})$$

$$E = Q2793,02$$

- Cálculo de tarifa propuesta (TAR):

$$\text{TAR} = \frac{O + M + T + A + R + E}{\cdot \# \text{viviendas}}$$

$$\text{TAR} = \frac{Q104,86 + Q89,68 + Q200,00 + Q59,18 + Q47,34 + Q2793,02}{32 \text{viviendas}}$$

$$\text{TAR} = Q102,94/\text{mes}$$

El comité de vecinos debe dirigir al encargado del mantenimiento preventivo y correctivo del sistema; también debe efectuar el cobro de la tarifa en fecha estipulada; tal tarifa incluye ingresos para cubrir gastos administrativos, reparaciones, cambios y mejoras del sistema. Además debe de llevar el registro de cuántos usuarios están conectados al sistema y otorgar nuevos derechos de conexión sin sobrepasar la capacidad del sistema.

2.16. Evaluación socioeconómica

En general, los proyectos de sistemas de abastecimiento de agua potable tienen un gran componente social, el cual da al proyecto un enfoque para el análisis de su evaluación en este sentido; deben entonces considerarse los efectos indirectos y de valorización social, de beneficio y costo que conlleva su instalación y manejo. Sin embargo, una evaluación económica del proyecto ofrece indicadores de viabilidad para su realización.

La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos y financieros, es de utilidad para conocer la rentabilidad que generan. Para ello se utilizan los métodos de valor presente neto y la tasa interna de retorno, que se describen a continuación.

2.16.1 Valor Presente Neto

El Valor Presente Neto (VPN) se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores de rescate futuros de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si este es rentable al término o periodo de funcionamiento.

Para el presente proyecto se determinó el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva, que en el mercado actual es del 15%. El procedimiento a realizar se define a continuación:

Costo de ejecución = Q 470 865,94; debido a las características del proyecto, esta inversión no es recuperable y deberá ser proporcionada por alguna institución, sea o no gubernamental. Para el análisis del VPN, este rubro no se considera, debido a que el proyecto es autosostenible.

En relación con el costo de operación y mantenimiento anual (CA); del análisis de tarifa se tiene:

$$CA = (O + M + T + A + R + E) * 12$$

$$CA = Q39 528,96$$

Tarifa poblacional anual (IA):

$$IA = Q105, 00/vivienda * 32 vivienda * 12 meses = Q 40 320,00$$

Costo de operación y mantenimiento:

$$VP = CA * \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n}$$

$$VP = 39 528,96 * \frac{(1+0,15)^{22} - 1}{0,15 * (1+0,15)^{22}}$$

$$VP = Q251 293,54$$

Tarifa poblacional:

$$VP = IA * \frac{(1+i)^n - 1}{i * (1+i)^n}$$

$$VP = 40\,320,00 * \frac{(1+0,15)^{22} - 1}{0,15 * (1+0,15)^{22}}$$

$$VP = Q.256\,322,34$$

El valor presente neto estará dado por la sumatoria de ingresos menos los egresos que se realizarán, durante el periodo de funcionamiento del sistema.

$$VPN = \text{ingresos} - \text{egresos}$$

$$VPN = Q.251\,293,54 - Q.256\,322,34$$

$$VPN = Q.5\,028,80$$

Con la tarifa propuesta, el proyecto podrá cubrir todos los costos de operación y mantenimiento que se necesitarán durante el periodo de funcionamiento, quedando todavía un saldo a favor.

2.16.2. Tasa Interna de Retorno

Para la Tasa Interna de Retorno se debe considerar el concepto de esta. La tasa interna de retorno trata de considerar un número particular que resuma los méritos de un proyecto. Dicho número no depende de la tasa de interés que rige el mercado capitalista. Por eso es que se llama tasa interna de rentabilidad.

El número es interno o inherente al proyecto y no depende de nada, excepto de los flujos de caja del proyecto. Una inversión es aceptable si su tasa

interna de retorno excede el rendimiento requerido. De lo contrario, la inversión no es provechosa.

Cuando se desconoce el valor de la tasa de descuento, se establece que el valor presente neto es igual a cero, ya que cuando ocurre, es indiferente aceptar o no la inversión. La tasa interna de retorno de una inversión es la tasa de rendimiento requerida que produce como resultado un valor presente neto de cero, cuando se utiliza como tasa de descuento.

Debido a que el presente proyecto es de carácter social, es imposible obtener una tasa interna de retorno TIR atractiva, por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión, es de costo/beneficio; este se determina de la siguiente manera:

Costo = inversión inicial – VPN

Costo = Q. 470 865,94 – Q.5 028,80

Costo = Q. 465 837,14

Beneficio = No. de habitantes beneficiados (a futuro)

Costo/beneficio = Q.465 837,14/250 habitantes

Costo/beneficio = Q.1 863,35/hab

Con el dato obtenido anteriormente, el proyecto se considera favorable para las instituciones que trabajen con la municipalidad, tomando en cuenta que el costo no sobrepasa los Q2 000,00 por habitante; no es significativo debido al beneficio que con ello se logra.

2.17. Evaluación de Impacto Ambiental

Para la elaboración de este tipo de proyecto, debe primero familiarizarse con la temática ambiental puesto que en definición, es un sistema de elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos, culturales y estéticos que interactúan entre sí, en permanente modificación por la acción humana o natural y que afectan o influyen sobre las condiciones de vida de los organismos, incluyendo al ser humano.

Los problemas de degradación ambiental, que incluyen la alteración de los sistemas ambientales, la amenaza a la vida salvaje y la destrucción de los recursos naturales, son frecuentemente resumidos bajo el término de crisis ambiental, debido a que los cambios que el ambiente está sufriendo son lo suficientemente justificados para llegar al nivel de una crisis o amenaza natural.

Todo plan de manejo ambiental, como mínimo debe contener medidas de mitigación a considerar en el análisis de alternativas; consideraciones ambientales en el proyecto de ingeniería de la alternativa seleccionada.

Tabla XII. **Impacto ambiental, etapa de operación**

ACTIVIDADES	IMPACTOS NEGATIVOS	MEDIDAS DE MITIGACIÓN
Avance de la frontera agrícola, explotación maderera, presión de la comunidad en el área de la fuente por demanda de leña o bien expansión de las áreas de pastoreo.	<ul style="list-style-type: none">Disminución de la capacidad de la fuente por efecto de la deforestación y por el propio consumo de la población.	<ul style="list-style-type: none">Reforestar el área de la cuenca y vigilar las actividades efectuadas en la cuenca, principalmente aguas arriba de la captación.

Continuación tabla XII.

	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración del suelo y cuerpos del agua por la construcción de la obra, pero solo en su momento; además podrían ser plaguicidas, herbicidas y residuos de abonos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Circular el área de captación, para evitar el ingreso de animales y que sirva para disuasor para las personas. • Motivar y capacitar a la población sobre el manejo de la conservación de las fuentes de agua. • Incentivar la organización de las comunidades para que vigilen que el manejo integral de la cuenca y la conservación del recurso hídrico sean adecuados.
Comprobación de caudales; presiones; funcionamiento de tubería, obras y accesorios.	<ul style="list-style-type: none"> • Malestar de los usuarios al inicio de la planificación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Asegurar que los caudales y presiones de diseño son los que recibe la población.
	<ul style="list-style-type: none"> • Malestar de los usuarios al inicio de la construcción. • Amenaza a la salud por déficit en calidad del producto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Potabilizar el agua de manera que sea apta para el consumo humano. • Establecimiento de un programa de vigencia de la calidad del agua.

Continuación tabla XII.

	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementos de los gastos de cada usuario al proporcionar la mano de obra. 	
Continuidad del servicio	<ul style="list-style-type: none"> • Amenaza a la salud por déficit en cantidad de interceptores del servicio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar que habrá suficiente cantidad que el servicio será continuo. • Establecer un programa de prestación de servicio con el fin de garantizar la continuidad. • Cuando es inevitable la interrupción del servicio o bien se presta por determinadas horas o días, es imprescindible el establecimiento de un programa de gestión social que se encargue de mantener a la población bien informada y hacerle entender que por el momento no existe otra solución.

Fuente: elaboración propia.

Las actividades para la construcción del proyecto se describen a continuación.

- Actividades preliminares:
 - Trazo, preparación de paso y zanjeo
 - Chapeo y limpieza general
 - Construcción de bodega para materiales temporales

- Obra civil:
 - Limpieza
 - Excavación de zanjas para tuberías
 - Armado y fundición de estructuras de concreto
 - Construcción de estructuras de metálica
 - Instalación de tuberías de conducción
 - Relleno de zanjas
 - Construcción de obra de arte
 - Instalación de tubería
 - Instalación de conexiones domiciliarias
 - Reforestación
 - Uso del sistema
 - Operación y mantenimiento

Se hará, una identificación de los impactos y su origen, sin mostrar un valor cuantitativo; sin embargo, por la importancia del proyecto a la comunidad hará que se beneficien no solo en lo económico sino en la salubridad. Dada su importancia, a continuación se mencionarán algunos elementos ambientales fundamentales, que en un proyecto de agua debe de considerarse:

- Características físicas: entre estas características se pueden mencionar: tierra, agua y atmósfera.
- Condiciones biológicas: flora y fauna.
- Factores culturales: uso del suelo, ética e interés humano.

- Relaciones ecológicas: salinización de recursos hídricos, insectos y enfermedades.
- Factores socioeconómicos: comercio, empleo, tránsito y vehículos.

Para evaluar el proyecto en su conjunto es necesario basarse en resultados, donde se haga un balance entre el beneficio contra el impacto que se tendrá durante la construcción y operación del proyecto; este es imprescindible para evitar enfermedades gastrointestinales en la población.

Algunos de los elementos afectados durante la construcción que tienen impactos negativos pero mitigables son:

- Características físicas: tierra y agua
- Condiciones biológicas: flora
- Factores culturales: uso del suelo y actividades
- Relaciones ecológicas: salinización de recurso hídrico, insectos, etc.

Los factores y elementos que no se mencionan tienen impactos positivos o su impacto negativo es casi inexistente. Evaluando el proyecto en conjunto, se harán algunas mitigaciones necesarias, que permitan que el mismo tenga un impacto equilibrado y por consiguiente aceptables

3. DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LA ALDEA PIEDRA GRANDE, MUNICIPIO DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, DEPARTAMENTO DE SAN MARCOS

3.1. Descripción del proyecto

Como se indicó anteriormente, la aldea Piedra Grande está situada a 2 kilómetros de distancia del municipio de San Pedro Sacatepéquez; cuenta con los servicios de agua potable y energía eléctrica, pero no con el sistema de drenaje, razón por la cual se desarrollará el diseño del mismo.

Las calles empedradas y algunas de terracería que presenta el lugar, definen el sistema de drenaje que ha de utilizarse para la evacuación de aguas residuales. Por tal motivo hacer uso de un sistema combinado implicaría el uso de tragantes para agua de lluvia y a falta de que las calles de la aldea no se encuentran pavimentadas o adoquinadas, esto ocasionará que la arena, tierra y otros materiales que son arrastrados por el agua superficial, entren a la tubería, ocasionándole obstrucciones a la misma.

El mantenimiento sería caro, por la limpieza frecuente que debería realizarse. Dadas las circunstancias mencionadas, el sistema que mejor se adapta a la situación, es el drenaje sanitario, con el cual, se eliminarán la aguas negras a flor de tierra que causan problemas a los habitantes de la aldea, por el mal olor, proliferación de insectos y transmisión de enfermedades gastrointestinales.

El proyecto consistirá en la implementación de un sistema de recolección y conducción de aguas servidas del 100% de la población de la aldea en estudio, a través de 2.50 kilómetros de tubería PVC, 237 candelas domiciliarias que corresponden al mínimo número de viviendas, y se tendrán 64 pozos de visita que requiere el proyecto, con desfogue en la red general del municipio.

La población actual que se va a beneficiar será de 673 habitantes, mientras que al final del periodo de diseño será de 1 332 habitantes.

3.2. Levantamiento topográfico

Se utilizaron dos procedimientos: altimetría y planimetría.

La altimetría, es el procedimiento que sirve para determinar la elevación de cotas, entre puntos situados sobre la superficie terrestre. La nivelación debe ser de precisión, hecha sobre el eje de las calles; se tomaron elevaciones en:

- Cruces de calles
- Puntos en que haya cambio de pendientes del terreno
- Alturas máximas y mínimas del agua o cuerpo donde se proyecta efectuar la descarga

El método utilizado fue el taquimétrico y para el levantamiento, el de conservación de azimut, utilizando como equipo un teodolito marca Wild, dos plomadas, una cinta métrica con longitud de 50 metros, un estadal, un martillo, estacas y trompos.

3.3. Bases de diseño

Para el sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Piedra Grande se tomaron como base los siguientes parámetros:

- Periodo de diseño: 30 años; tomando en cuenta un año para la ejecución del proyecto.
- Aldea a diseñar: Piedra Grande
- Número de viviendas: 237 casas
- Población actual: 673 habitantes
- Población de diseño: 6 hab / vivienda
- Tipo de tubería: PVC para alcantarillado sanitario, ASTM D-3034
- Relación de velocidades: $0,40 \leq v \leq 4$ m/seg. (Según norma del INFOM y especificaciones técnicas de diseño de tubo y sistemas AMANCO para alcantarillado sanitario).
- Diámetro mínimo: 6 pulgadas
- Dotación de agua: se adoptó una dotación de 80 lts/hab/día
- Factor de retorno: se consideró un factor de retorno de 0,80

3.3.1. Diseño del sistema

Se realizó el diseño del sistema de drenaje sanitario para una población de crecimiento poblacional futuro, a 20 años.

3.3.1.1. Diseño hidráulico

Su estudio es importante ya que posibilita a analizar cómo se rigen los líquidos en las tuberías a sección llena y parcialmente llena.

3.3.1.1.1. Período de diseño

Es el periodo de funcionamiento eficiente del sistema; luego de este periodo es necesario rehabilitarlo. Para determinar dicho periodo es necesario tomar en cuenta factores tales como: población beneficiada, crecimiento poblacional, calidad de materiales a utilizar, futuras ampliaciones de las obras planeadas y mantenimiento del sistema. Instituciones como INFOM recomiendan que las alcantarillas se diseñen para un periodo de 30 a 40 años. Para el presente estudio, el periodo de diseño adoptado es de 30.

3.3.1.1.2. Población de diseño

El sistema de alcantarillado debe adecuarse a un funcionamiento eficiente durante un periodo determinado. En este caso particular, no se tomó un periodo específico para hacer el diseño, sino la población futura máxima para cada lote, de las doscientas treinta y siete casas existentes en la aldea Piedra Grande. La población máxima es de 6 personas por casa.

En conclusión, la población futura máxima de diseño va a ser de mil trescientas treinta y dos personas.

Para la estimación de la población futura se usó el método geométrico, tomando como base los métodos siguientes:

Población actual: 673 habitantes

Tasa de crecimiento poblacional: 2,3%

Si se conoce la tasa de crecimiento poblacional, se puede establecer la población de la aldea en el futuro; en este caso, considerando un periodo de diseño de 30 años y tomando en cuenta un año para la ejecución del proyecto:

$$P_f = P_o(1 + r)^n$$

$$P_f = 673(1 + 0,023)^{30}$$

$$P_f = 1\,332 \text{ habitantes}$$

3.3.1.1.3. Cálculo de caudal sanitario

El caudal sanitario está integrado por el caudal domiciliar (Q_{DOM}), comercial (Q_{COM}), industrial (Q_{IND}), las infiltraciones (Q_{INF}) y conexiones ilícitas (Q_{CI}):

$$Q_{SANITARIO} = Q_{DOM} + Q_{COM} + Q_{IND} + Q_{INF} + Q_{CI}$$

El caudal industrial no se toma en cuenta en este caso en particular, ya que en la aldea Piedra Grande no existe ningún tipo de industria; mientras que el caudal de infiltración se desprecia, ya que la tubería a utilizar en el proyecto es de PVC norma ASTM D – 3034, cuyas juntas son herméticas, sin permitir el ingreso del agua del subsuelo.

- Caudal domiciliar: es el agua evacuada de las viviendas una vez utilizada por los humanos. El caudal domiciliar en este proyecto queda integrado de la siguiente manera:

$$Q_{DOM} = \frac{\# \text{ hab} * \text{Dot} * F.R}{86,400}$$

$$Q_{DOM} = \frac{1,332 * 80 \text{ lts / hab / dia} * 0.80}{86,400}$$

$$Q_{DOM} = 0,98 \text{ lts/seg}$$

- Caudal por conexiones ilícitas: para las conexiones ilícitas hay varios métodos de los cuales se puede mencionar: criterio de UNEPAR-INFOM y método racional; los que se definen a continuación: según el INFOM (Instituto de Fomento Municipal), se puede estimar el valor de este caudal, tomando un 10% del caudal domiciliar; sin embargo, en áreas donde no existe alcantarillado pluvial, como en este caso, se puede usar un valor mayor si se adopta otro criterio de la misma institución, el cual indica que se puede tomar una dotación de 150 lts/hab/día.

$$Q_{CI} = \frac{\# \text{ hab} * \text{Dot}}{86,400}$$

$$Q_{CI} = \frac{1332 * 150 \text{ lts / hab / dia}}{86400}$$

$$Q_{CI} = 2,31 \text{ lts/seg}$$

Por medio del método racional se calcula el porcentaje del total de conexiones, como una función de techo, patios y su permeabilidad; así como la intensidad de lluvia.

Se calcula con la fórmula siguiente:

$$Q_{CI} = \frac{0,5a2,5\% * CIA}{360}, \text{ en lts/seg}$$

Donde:

Q_{CI} = Caudal por conexiones ilícitas (lts/seg)

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de lluvia (mm/hora)

A = Área factible de conectar ilícitamente al sistema (Ha)

Ahora se calcula el caudal sanitario: para encontrar el coeficiente de escorrentía se utiliza un promedio de áreas por vivienda. El promedio del área por casa es de 120 m² para techos y 75 m² para patios, según datos obtenidos en la oficina municipal de planificación, de la municipalidad de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos.

El coeficiente de escorrentía está en función directa del tipo de superficie por donde corre el agua, tanto en patios como en techos de las viviendas; en tal sentido se obtienen los siguientes datos:

- Escorrentía para techos: 0,80 a 0,95
- Escorrentía para patios: 0,70 a 0,80

Se concluye que el método racional es el más preciso para el cálculo de las conexiones ilícitas, por proporcionar datos reales y bien definidos:

$$C_{EQ} = \frac{\sum CA}{\sum A}$$

Área de techos = 120 m² * 237 casas * 1 Ha/1 0000 m² = 2,84 Ha

Área de patios = 75 m² * 237 casas * 1 Hs/1 0000 m² = 1,77 Ha

Total = 4,61 Ha

$$C_{EQ} = \frac{\sum CA}{\sum A}$$

$$C_{EQ} = \frac{0,85 * 2,84 + 0,75 * 1,77}{4,61}$$

$$C_{EQ} = 0,812$$

La intensidad de lluvia se expresa en mm/h; se determina por medio de la siguiente fórmula:

$$i = \frac{5464}{(t + 17)^{1,102}}$$

Donde t es el tiempo de concentración en minutos; para Guatemala este es de 12 minutos.

$$i = \frac{5464}{(12 + 17)^{1,102}} = 133,64 \text{ mm/h}$$

Entonces:

$$Q_{CI} = \frac{0,005 * 0,812 * 133,64 * 4,61}{360}$$

$$Q_{CI} = 0,0069 \text{ m}^3/\text{seg} = 6,95 \text{ lts/seg}$$

El caudal sanitario es:

$$Q_{\text{sanitario}} = 0,98 + 6,95 = 7,93 \text{ lts/seg}$$

3.3.1.1.4. Caudal de diseño

Es el caudal en el que se diseñará cada tramo del sistema sanitario y será igual a multiplicar el factor de caudal medio, el factor de Hardmond y el número de habitantes a servir.

- $Q_{\text{dis. actual}} = f_{qm} * FH_{\text{actual}} * \# \text{habitantes actual}$
- $Q_{\text{dis. futura}} = f_{qm} * FH_{\text{futuro}} * \# \text{habitantes futuro}$

3.3.1.1.5. Diseño de secciones y pendientes

En general, se usarán en el diseño de secciones circulares de PVC, funcionando como canales abiertos. Para el cálculo del caudal, la velocidad, diámetro y pendientes, se aplicará la fórmula de Manning, transformada al sistema métrico para secciones circulares.

3.3.1.1.6. Velocidades máximas y mínimas

Se debe diseñar de modo que la velocidad mínima del flujo para la tubería PVC, trabajando a cualquier sección, sea de 0,4 m/seg. La velocidad máxima será de 4 m/seg, ya que velocidades mayores causan efectos dañinos, debido a que los sólidos en suspensión (arena, cascajo, piedra, etc.) producen un efecto abrasivo a la tubería.

3.3.1.1.7. Diámetro de tubería

El diámetro mínimo de la tubería de cemento que ha de usarse para el diseño de alcantarillados sanitarios, será de 8 pulgadas; para tuberías de PVC, el diámetro mínimo es de 6 pulgadas. Se utilizan estos diámetros debido a requerimientos de limpieza, flujo y para evitar obstrucciones.

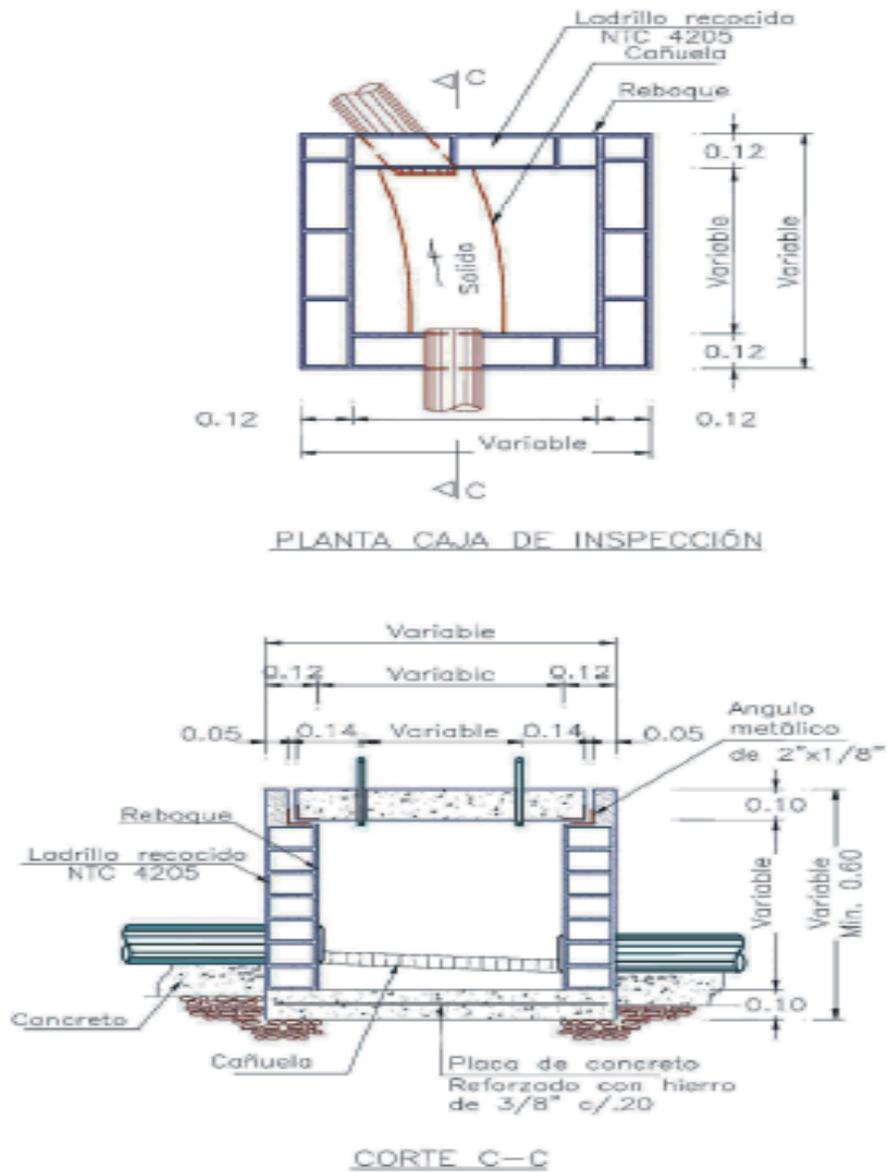
3.3.1.1.8. Conexiones domiciliarias

Su propósito primordial es descargar las aguas provenientes de las casas y llevarlas al colector central.

Las conexiones domiciliarias constan de las siguientes partes:

- Caja o candela: la conexión se realiza por medio de una caja de inspección construida de mampostería o con tubos de concreto colocados verticalmente, con un diámetro no menor de 12 pulgadas. Estos deben estar impermeabilizados por dentro y tener una tapadera para realizar inspecciones; el fondo tiene que ser fundido de concreto y dejar la respectiva pendiente para que las aguas fluyan por la tubería secundaria y poder llevarlas al colector central. La altura mínima de la candela será de un metro.
- Tubería secundaria: sirve para unir la conexión de la candela domiciliar con el colector central; dicha tubería debe de tener un diámetro mínimo de 6 pulgadas en tubería de concreto y de 4 pulgadas de tubería de PVC, con una pendiente máxima de 25% y una mínima de 6%, a efecto de evacuar adecuadamente el agua. La conexión con el colector central se hará en el medio diámetro superior, a un ángulo entre 30 y 60 grados.

Figura 3. Conexiones domiciliarias



Cajas de inspección - Planta y corte

Fuente: elaboración propia con programa de autocad.

3.3.1.1.9. Profundidad de tubería

Su propósito primordial es descargar las aguas provenientes de las casas y llevarlas al colector central. La colocación de la tubería debe hacerse a una profundidad tal que no sea afectada por inclemencias del tiempo, principalmente por las cargas transmitidas por el tráfico, y que evite rupturas en los tubos.

La profundidad mínima de la tubería, desde la superficie del suelo hasta la parte superior, en cualquier punto de su extensión, será determinada de la siguiente manera:

- Para tráfico normal (menor a 200 quintales) = 1,00 mts
- Para tráfico pesado (mayor a 200 quintales) = 1,20 mts

3.3.1.1.10. Principios hidráulicos

Los sistemas de alcantarillado basan su funcionamiento en transportar el agua de desecho en conductores libres, conocidos como canales. La sección del canal puede ser abierta y cerrada. Para el caso de sistemas de alcantarillado, se emplean canales cerrados circulares, en donde la superficie del agua está sometida a presión atmosférica y eventualmente a presiones producidas por gases que se produzcan en el sistema.

El flujo queda determinado por la pendiente del canal y la superficie de material del cual está construido.

3.3.1.1.11. Relaciones hidráulicas

El sistema de alcantarillado circular trabaja comúnmente a sección parcialmente llena, ya que el caudal nunca es constante, provocando con ello una variación en el flujo, que a su vez hace variar el área transversal de un líquido y la velocidad de este; para el cálculo de las tuberías se han relacionado los términos de la sección totalmente llena con los de la sección parcialmente llena, con el fin de facilitar y agilizar de alguna manera los resultados de velocidad, área, caudal, perímetro mojado y radio hidráulico. De los resultados obtenidos se construyó el gráfico y las tablas de relaciones hidráulicas (ver tabla XI).

Tabla XIII. Relaciones hidráulicas para tubería PVC

q/Q	v/V	d/D
0,000001	0,019224	0,001
0,000005	0,030507	0,002
0,000011	0,039963	0,003
0,000021	0,048396	0,004
0,000034	0,056141	0,005
0,000050	0,063377	0,006
0,000070	0,070215	0,007
0,000093	0,076728	0,008
0,000120	0,082970	0,009
0,000151	0,088980	0,010
0,000185	0,094787	0,011
0,000223	0,100417	0,012
0,000265	0,105887	0,013
0,000311	0,111215	0,014
0,000361	0,116413	0,015
0,000415	0,121493	0,016
0,000473	0,126464	0,017
0,000536	0,131335	0,018
0,000602	0,136112	0,019
0,000672	0,140803	0,020
0,000746	0,145412	0,021

Fuente: elaboración propia.

3.3.1.1.12. Ejemplo de tramo

El tramo a utilizar para el ejemplo, es el de la estación 5 a 6, el cual tiene los siguientes datos:

- No. de viviendas acumuladas: 30
- Población actual acumulada: 180 habitantes
- Población futura acumulada: 357 habitantes

Caudal medio actual acumulado:

$$q_{\text{medio actual}} = f_{qm} * \# \text{habitantes actuales}$$

$$q_{\text{medio actual}} = 0,002 * 180$$

$$q_{\text{medio actual}} = 0,36 \text{ lts/seg}$$

Caudal medio futuro acumulado:

$$q_{\text{medio futuro}} = f_{qm} * \# \text{habitantes futuros}$$

$$q_{\text{medio futuro}} = 0,002 * 357$$

$$q_{\text{medio futuro}} = 0,474 \text{ lts/hab}$$

Factor de Harmond actual:

$$FH_{\text{actual}} = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}}$$

$$FH_{\text{actual}} = \frac{18 + \sqrt{180/1000}}{4 + \sqrt{180/1000}}$$

$$FH_{\text{actual}} = 4,164368$$

Factor de Harmond futuro:

$$FH_{\text{futuro}} = \frac{18 + \sqrt{P/1000}}{4 + \sqrt{P/1000}}$$

$$FH_{\text{futuro}} = \frac{18 + \sqrt{357/1000}}{4 + \sqrt{357/1000}}$$

$$FH_{\text{futuro}} = 4,04514$$

Caudal de diseño sanitario actual:

$$q_{\text{diseño actual}} = q_{\text{medio actual}} * FH_{\text{actual}}$$

$$q_{\text{diseño actual}} = 0,036 * 4,1643$$

$$q_{\text{diseño actual}} = 1,499 \text{ lts/seg}$$

Caudal de diseño sanitario futuro:

$$q_{\text{diseño futuro}} = q_{\text{medio futuro}} * HF_{\text{futuro}}$$

$$q_{\text{diseño futuro}} = 0,474 * 4,04514$$

$$q_{\text{diseño futuro}} = 2,888 \text{ lts/seg}$$

Ahora se calcula el caudal a sección llena para el tramo en estudio, para chequear si cumple con los requisitos de tirante y velocidad.

Es necesario utilizar la fórmula de Manning para flujo en canales, para el cálculo de caudal y velocidad a sección llena, tomando los siguientes datos:

- Diámetro de tubería: 6 pulgadas
- Pendiente del terreno: 11,83 %
- Pendiente de tubería: 11,4 %

Con la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2} \text{ en m/seg}$$

En donde:

$$R = \frac{D}{4}, \text{ para secciones circulares}$$

n = coeficiente de rugosidad de PVC, el cual tiene un valor de 0.010

$$V = \frac{1}{0,010} \left(\frac{6 * 0,0254}{4} \right)^{2/3} (0,114)^{1/2}$$

$$V = 3,82 \text{ m/seg}$$

Luego se calcula el caudal:

En donde:

$$Q = A * V \text{ en lts / se}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$Q = \frac{\pi(6*0,0254)^2}{4} * 3,82$$

$$Q = 0,069 \text{ m}^3/\text{seg} = 69,73 \text{ lts/ seg}$$

Con el caudal y la velocidad de flujo a sección llena, se puede chequear que el caudal de diseño cumpla con las especificaciones de diseño. Se comprueba lo siguiente:

$$q_{\text{diseño}} < Q_{\text{lleno}}$$

$$2,888 < 69,73 \text{ (lts/seg)}$$

Si chequea, ahora se realiza la relación de caudales:

$$\frac{q_{\text{diseño actual}}}{Q_{\text{lleno}}} = \frac{1,4999 \text{ lts / seg}}{69,73 \text{ lts / seg}} = 0,0215$$

$$\frac{q_{\text{diseño futuro}}}{Q_{\text{lleno}}} = \frac{2,888 \text{ lts / seg}}{69,73 \text{ lts / seg}} = 0,04142$$

Con los valores de las relaciones q/Q , se busca en la tabla de relaciones hidráulicas, la relación v/V correspondiente a la relación de caudales para cada tramo.

$$\frac{V_{\text{actual}}}{V} = 0,4037$$

$$\frac{V_{\text{futuro}}}{V} = 0,4909$$

Con las relaciones de velocidad encontradas y la velocidad a sección llena, se procede a calcular la velocidad a sección parcialmente llena:

$$v = (v/V) * V$$

$$V_{\text{actual}} = 0,4037 * 3,82$$

$$V_{\text{futuro}} = 0,4949 * 3,82$$

$$V_{\text{actual}} = 1,5421 \text{ m/seg}$$

$$V_{\text{futuro}} = 1,8905 \text{ m/seg}$$

La relación d/D también se busca en la tabla de relaciones hidráulicas y es la que expresa la relación entre la tirante de flujo en la alcantarilla y el diámetro de la tubería.

$$\frac{d_{\text{Actual}}}{D} = 0,1010$$

$$\frac{d_{\text{Futuro}}}{D} = 0,1380$$

Se hace el chequeo de velocidades correspondientes:

$0,40 \leq \text{velocidad de diseño} \leq 4 \text{ (m/seg)}$ para PVC

$$0,40 \leq 1,542 \leq 4 \text{ (m/seg) actual}$$

$$0,40 \leq 1,890 \leq 4 \text{ (m/seg) futura}$$

Ambas velocidades están en el rango permisible.

Es necesario hacer también el chequeo de las relaciones de tirante para cumplir con las especificaciones.

$$0,10 \leq d/D \leq 0,75$$

$$0,10 \leq 0,1010 \leq 0,75$$

$$0,10 \leq 0,1380 \leq 0,75$$

Ambas relaciones sí chequean.

Por lo tanto, se cumple con las especificaciones de velocidad y tirante máximos y mínimos.

Cálculo de cotas invert:

Fórmulas:

$$CIS5 = CT5 - Hp6$$

$$CIE6 = CIS5 - S\% \text{ tubo} * DH/100$$

$$CIS6 = CIEP - 0,03m$$

$$CIS5 = 978,99 - 1,66 = 977,33$$

$$CIE6 = 977,33 - ((11,40 * 58,06) / 100) = 970,68$$

$$CIS6 = 970,68 - 0,03 = 970,65$$

3.3.2. Diseño de la red de alcantarillado

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario de la aldea Piedra Grande del municipio de San Pedro Sacatepéquez, departamento de San Marcos, se realizó de acuerdo con la topografía del terreno y ordenamiento de sus calles, llevando las aguas residuales a los puntos más bajos, para su conexión a la red general del municipio.

3.3.3. Elaboración de planos finales

Los planos que se elaboran para el sistema de alcantarillado sanitario se presentan en el anexo 1; están conformados por la planta topográfica, densidad de vivienda, planta general de la red de alcantarillado sanitario, plantas y perfiles, detalle de pozo de visita y conexión domiciliar.

3.3.4. Propuesta de tratamiento de aguas residuales

El cuerpo receptor en el cual se realizarán las descargas del sistema de alcantarillado sanitario, es el río Nahualá. Debido a la topografía del lugar, sí fue posible realizar el diseño del sistema de alcantarillado sanitario con una única descarga para la aldea.

La red de alcantarillado sanitario se conecta a través de un pozo de visita existente, que es parte de la red general de alcantarillado del municipio de San Pedro Sacatepéquez; no hubo necesidad de proponer fosa séptica en este proyecto, por lo antes mencionado. El municipio contará con una planta de tratamiento de aguas residuales para mejorar la calidad de agua a la hora del desfogue; dicha planta está siendo proporcionada por MANCUERNA quien es la encargada de realizarla, tanto en lo económico como en el diseño.

3.3.5. Presupuesto del sistema de alcantarillado sanitario

El presupuesto para el diseño del alcantarillado sanitario se describe a continuación.

Tabla XIV. Presupuesto integrado

INTEGRACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS TOTALES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

EPS DE INGENIERÍA CIVIL

EPESISTA: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES

MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEPÉQUEZ, SAN MARCOS

PROYECTO: DRENAJE SANITARIO ALDEA PIEDRA GRANDE



No.	RENLÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Q)	TOTAL (Q)
1	Preliminares	ml	252,48	19,58	49 419,97
2	Línea de drenaje Ø 6"	ml	1921,88	273,60	525 829,65
3	Línea de drenaje Ø 10"	ml	287,48	453,58	130 396,24
4	Línea de drenaje Ø 14"	ml	315,12	589,96	18 908,99
5	Conexiones domiciliars de 6"	Unidad	197,00	1 226,19	241 558,60
6	Conexiones domiciliars de 10"	Unidad	20,00	1 335,12	26 702,35
7	Conexiones domiciliars de 14"	Unidad	20,00	1 481 13	29 622,67
8	Pozos de visita ≤ 3.00m.	Unidad	58,00	7 079 87	410 632,69
9	Pozos de visita > 3.00m.	Unidad	6,00	22 136,39	132 818,31
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					1 732 889,46

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Cronograma de ejecución drenaje sanitario aldea Piedra Grande

No.	RENGLÓN	INVERSIÓN	PERIODO DE EJECUCIÓN									
			1er. mes	2do. mes	3er. mes	4to. mes	5to. mes	6to. mes	7mo. mes			
1	Preliminares	Q 49 419,97										
2	Línea de drenaje Ø 6"	Q 525 829,65										
3	Línea de drenaje Ø 10"	Q 130 396,24										
4	Línea de drenaje Ø 14"	Q 185 908,99										
5	Conexiones domiciliarias de 6"	Q 241 558 60										
6	Conexiones domiciliarias de 10"	Q 26 702,35										
7	Conexiones domiciliarias de 14"	Q 29,622.67										
8	Pozos de visita ≤ 3.00m.	Q 410 632,69										
9	Unitario	Q 132 818,31										
	Total	Q 1 732 889,46										
Inversión estimada mensual (%)			6,80	14,18	17,93	20,29	20,29	20,29	16,90	3,78		
Inversión estimada acumulada (%)			6,80	20,98	38,91	59,20	79,49	96,39	100			
Inversión estimada mensual (Q)			Q117920,43	Q 245639,03	Q310 721,88	Q 351 558,72	Q 351 558,72	Q 351 558,72	Q 292 896,90	Q 65 486,89		
Inversión estimada acumulada (Q)			Q117920,43	Q 363559,47	Q 674281,35	Q1,025,840,06	Q1,377,398,78	Q1670,295,69	Q1732,889,46			

Fuente: elaboración propia.

3.3.6. Evaluación de Impacto Ambiental

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es una metodología especializada, utilizada en muchas partes del mundo, para identificar los efectos negativos o positivos de un determinado proyecto y presentar alternativas viables; tiene como propósito fundamental detectar todas las consecuencias significativas, benéficas y adversas de una acción propuesta, para que al tomar decisiones, se cuente con elementos científicos y técnicos que les apoyen, para determinar la mejor opción.

La EIA se basa sustancialmente en la existencia de suficiente información básica de una determinada zona. Normalmente este tipo de estudio se requiere para obras de gran magnitud (carreteras, represas, acuicultura, agricultura, forestal, alcantarillados, etc.) o cuando las acciones planificadas se encuentren dentro de zonas frágiles (áreas protegidas, ecosistemas estuarios, bosques tropicales húmedos, etc.) o si el proyecto tiene influencia sobre áreas de gran interés cultural, étnico o histórico.

La evaluación de impacto ambiental debe ser flexible y acorde con las realidades de cada país; este trabajo permite afirmar que se cuenta con experiencia, base y metodologías para evaluar impactos. El proceso de evaluación es la planificación de acciones de distinto nivel, desde políticas, a proyectos individuales. No obstante, para identificar con facilidad el concepto de qué es una evaluación de impacto ambiental, se considera necesario aclarar dos procesos cuya finalidad en la práctica son totalmente distintos.

El término evaluación ambiental denota el proceso de evaluar los impactos al medio ambiente y la evaluación de impacto ambiental se refiere al documento que detalla el proceso para una acción particular o tipos de acción.

El impacto ambiental está determinado por:

- Residuos y/o contaminación que serán generados: dentro de los residuos generados se tendrán las emisiones de particulares a la atmósfera, descarga de aguas residuales y de lubricantes, entre otros.
- Emisiones a la atmósfera: el componente atmosférico se verá impactado por las actividades:
 - Operación de maquinaria y equipo; debido a la emanación de gases, producto de la combustión de derivados del petróleo.
 - Explotación de bancos de material.
 - Acarreo de material: durante la realización de estas dos actividades se generan partículas de polvo, los cuales quedan en suspensión. Este impacto puede producir enfermedades respiratorias a los trabajadores y habitantes del área de influencia directa.
- Descarga de aguas residuales: el manejo inadecuado de excretas provenientes de los campamentos y de otras áreas de trabajo puede generar la contaminación del suelo y los cuerpos de agua.
- Desechos sólidos: dentro de los contaminantes que se producirán en la fase de construcción y operación de proyecto se tienen los residuos del material de excavación. Además, se tendrán desechos producto de la maquinaria de excavación como filtros, repuestos usados, neumáticos,

depósitos de aceite, basura producto de los trabajadores, cemento, arena, pedrín y grava, producto del desperdicio de las construcciones.

- Ruidos y/o vibraciones: los impactos ambientales pro ruido se dan principalmente por la utilización de maquinaria y equipo durante la fase de preparación del sitio, explotación de bancos de material y durante la fase de construcción del sistema de alcantarillado sanitario. El ruido puede resultar perjudicial para los trabajadores de la empresa contratista y a los pobladores de la comunidad.
- Contaminación visual: una mala selección del sitio donde se instale el campamento, la explotación de bancos de material, o donde se deposite el material del desperdicio, pueden ocasionar alteraciones al paisaje; además, se tendrán actividades propias del proyecto como la remoción de la cobertura vegetal presente a la orilla del tramo y la excavación de zanjas donde se instalarán las tuberías.

Las medidas de mitigación que se aplicarán consiste en:

- Residuos y/o contaminantes que serán generados: la maquinaria y equipo utilizados deben ser filtros para reducir la emanación de contaminantes, durante el transporte de materiales; los mismos deben cubrirse con lona para evitar la dispersión de partículas del suelo a lo largo del trayecto de acarreo; esto evitará malestar a los pobladores que se encuentran a la orilla del tramo en construcción. Otro aspecto importante que deberá tomarse con especial cuidado es el mantenimiento de la carretera de acceso a la comunidad, con los contenidos de humedad adecuados para evitar el polvo; es importante

que todo el personal que labora en el campo se equipe con mascarillas para evitar infecciones respiratorias.

- Descarga de aguas residuales: se recomienda que en los campamentos se instalen letrinas o en su defecto fosas sépticas, mismas que deberán ser ubicadas lejos de los causes o fuentes de agua, evitando que tengan contacto con la capa freática; estas deberán ser en número proporcional de un servicio por cada 10 personas.
- Descarga de lubricantes: es conveniente que para el tratamiento de los lubricantes se construya una fosa de captación para este tipo de residuos en el área de campamento; estos posteriormente deberán ser recolectados y depositados en toneles de metal, para transportarlos a áreas de reciclaje.
- Sitios arqueológicos: deberá realizarse un reconocimiento y levantamiento de información detallada para determinar la presencia de sitios arqueológicos, o que sean de alto interés cultural, para determinar la presencia de sitios de carácter histórico; esta actividad deberá realizarse en conjunto con el Instituto de Antropología e Historia IDAEH.
- Desechos sólidos: en lo que respecta al material de excavación, deberá analizarse si puede ser reciclado para una pronta reincorporación, ya que disminuirá la explotación de canteras y se evitará la utilización de áreas para su disposición. En lo que respecta a los repuestos, neumáticos, entre otros, estos desechos deberán ser recolectados en el campamento y llevarlos a sitios donde puedan ser reciclados o utilizados para alguna labor industrial, pero no deberán ser ubicados a lo largo del tramo en construcción, ni en vertederos clandestinos y municipales.

- Ruidos y/o vibraciones: la maquinaria, herramienta y equipo a utilizar debe encontrarse en adecuadas condiciones de funcionamiento para minimizar las emisiones sonoras; además, deberá equiparse a todo el personal de campo con el equipo de protección especial. Se recomienda también desarrollar los trabajos únicamente en jornada diurna; se considera que este impacto es de duración temporal, ya que el mismo se presenta durante el tiempo de ejecución de la obra.
- Contaminación visual: el área de campamento deberá ubicarse de preferencia en sitios donde no se afecten las cuencas visuales o bien donde se tengan cortinas vegetales para favorecer el impacto visual. Además, al finalizar las labores en el área del proyecto, se deberá adecuar el sitio de las condiciones originales, y reforestar con especies arbóreas nativas. La ubicación de los bancos de material será determinante para este factor, ya que debido a las condiciones topográficas, una mala selección de estos sitios afectará el paisaje del lugar, por lo que se recomienda al finalizar las labores de extracción de material, nivelar el terreno y posteriormente revegetar con especies arbóreas del lugar.
- Áreas protegidas: se deberá evitar la intervención de las áreas cercanas al área boscosa, principalmente por actividades como la explotación de bancos de material y sitios para el depósito de desperdicio; además, deberá evitarse la utilización de dinamita para labores de construcción, ya que podría afectar a la fauna existente en el lugar.
Es conveniente que las medidas de mitigación propuestas en el estudio sean compatibles con el área en mención, como la reforestación, ya que

se deberán sembrar árboles nativos para no introducir especies exóticas al área.

El complemento lógico y deseable de un estudio de análisis de impacto ambiental es la vulnerabilidad; la ejecución de las necesarias medidas de prevención y mitigación para corregir las debilidades encontradas.

Por ello es muy importante que la formulación de recomendaciones técnicas y la estimación de los costos de las medidas de mitigación formen parte del propio estudio de vulnerabilidad. Algunas de esas medidas de mitigación serán complejas técnicamente y requerirán estudios adicionales sobre diseños de ingeniería y estimación de costos.

Las medidas de mitigación de los sistemas de alcantarillado y agua incluyen la readaptación, sustitución, reparación, colocación de equipos de respaldo y el mejoramiento del acceso.

3.3.7. Evaluación socioeconómica

Al realizar el análisis económico de un proyecto se pueden tomar varios puntos de vista. Si se desea conocer la rentabilidad del proyecto, el análisis tendría que ser desde el punto de vista del inversionista o en el caso del proyecto del alcantarillado sanitario de la aldea Piedra Grande, asumir que el valor del proyecto es financiado y recuperado de alguna manera; es decir, que se considera cuánto cuesta hacer el proyecto y qué se obtiene con ello (ingresos).

El costo de un proyecto es la suma del valor de los recursos o insumos que dicha obra ocupa durante su vida útil y cuya aplicación se justifica solo si a

partir de la utilización de ellos se genera un beneficio directo o indirecto para toda la comunidad o parte de ella.

El alcantarillado sanitario también puede ser analizado desde el punto de vista del proyecto; es decir, desde un punto de vista social, comprendido por una inversión que se realiza por parte del gobierno de Guatemala, en la cual no se recupera la misma y la atención se enfoca en la cantidad de beneficiarios que atenderá el proyecto.

3.3.7.1. Valor Presente Neto

El Valor Presente Neto indica el valor real del dinero a través del tiempo; consiste en trasladar a una sola cantidad equivalente en el tiempo presente, los valores futuros y series de anualidades del flujo de efectivo de un proyecto.

Para el análisis del proyecto de alcantarillado sanitario de la aldea Piedra Grande, se asume una tasa de interés del 6%, dado que el proyecto no es de carácter lucrativo, sino de carácter social; la tasa deber ser lo más baja posible.

Además, el proyecto contará con el aporte comunitario, que será el pago de la instalación de acometida domiciliar que costará Q100, 00 por vivienda, en el primer año; este precio fue establecido por la alcaldía auxiliar de Piedra Grande en mutuo acuerdo con los habitantes beneficiados de la aldea que involucra la red de alcantarillado sanitario; si se toma en cuenta que hay 237 hogares, se obtiene el siguiente resultado.

$$237 * 100 = Q23\ 700,00 \text{ por acometida domiciliar}$$

Además, el aporte comunitario por la acometida domiciliar se convierte a un valor presente por medio del factor de pago único valor presente, de la siguiente manera:

$$P = F * \frac{1}{(1+i)^n}$$

$$P = 23700,00 * \frac{1}{(1,06)^2}$$

$$P = 21\ 092,92$$

Entonces, el valor presente neto (VPN) queda de la siguiente manera:

$$\text{VPN} = 21\ 092,92 - 1\ 732\ 889,46$$

$$\text{VPN} = -1\ 711\ 796,54$$

Como se puede observar, el valor presente neto de este proyecto es negativo, sin producir ninguna utilidad, cumpliendo su objetivo de carácter social, promoviendo desarrollo en la aldea Piedra Grande, teniendo como beneficiarios a los habitantes de dicha aldea, con el saneamiento adecuado y la reducción de enfermedades.

3.3.7.2. Evaluación de la Tasa Interna de Retorno

La Tasa Interna de Retorno (TIR) se define como la tasa de la cual, el valor presente neto se hace igual a cero; también es el punto donde un proyecto no tiene pérdidas ni ganancias.

El cálculo de la tasa interna de retorno propone dos tasas de utilidad diferentes, con las cuales se procede a calcular las respectivas cantidades que presenten el valor presente neto.

Se propone una tasa de -99,00%; entonces se obtiene:

$$P = \frac{23700,00}{(1 - 0,99)^1}$$

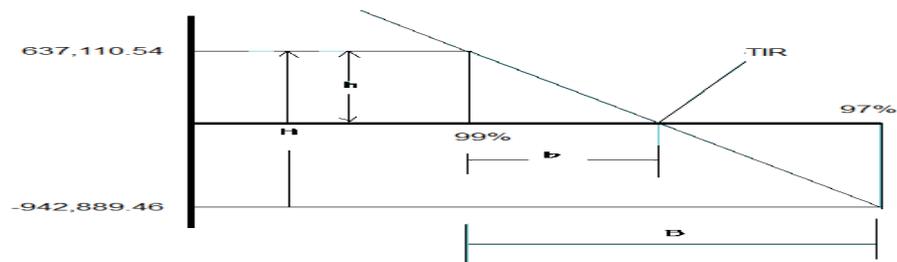
$$P = 2\,370\,000,00$$

El valor presente neto es positivo, procediendo a sumar algebraicamente con el egreso de la inversión inicial, y las anualidades destinadas al funcionamiento del sistema del alcantarillado sanitario:

$$-1\,732\,889,46 + 2\,370\,000,00 = 637\,110,54$$

Mientras que con una tasa de -97%, se obtiene $P = 790\,000,00$ y un valor presente neto $VPN = -942\,889,46$

Figura 4. **Diagrama de Tasa Interna de Retorno**



Fuente: elaboración propia.

Del diagrama resultan los siguientes datos, sin tomar en cuenta el signo:

$$B = 2\% \qquad H = 637\,110,54 + 942\,889,46 = 1\,558\,000,00$$

$$B = x \qquad h = 637\,110,54$$

Se hace una relación de triángulos para obtener:

$$B/H = b/h$$

$$2/1\,558\,000,00 = x/637\,110,54$$

$$x = 0,8064$$

$$\text{TIR} = -99\% + 0,8464\% = -98,19\%$$

En este proyecto, la tasa interna de retorno es negativa, por lo tanto, no existe utilidad alguna; por lo tanto es un proyecto de carácter social.

CONCLUSIONES

1. Debido a la inexistencia de un sistema de agua potable en el caserío El Tizate, y a que el tanque existente que funciona como almacenamiento y distribución fue construido en un punto donde no puede abastecer a la población en un 100%, se determinó reubicarlo con un tanque elevado conformado de estructura metálica, con una capacidad de almacenamiento de 15/m³, con el fin de satisfacer a toda la población.
2. El estudio monográfico influyó grandemente en la elaboración del diseño del sistema de agua potable, porque muestra los servicios e infraestructura con que cuenta la comunidad, y con base en ello, se determinó la nueva ubicación del tanque de distribución, línea de impulsión y caseta de bombeo; tomando en consideración el acceso del caserío El Tizate, la transportación de materiales no sería un problema.
3. Para cubrir los gastos de funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable, fue necesario cobrar una tarifa mensual por vivienda de Q105,00 lo cual les permitirá tener derecho a dicho servicio.
4. La implementación del servicio de alcantarillado sanitario en la aldea Piedra Grande es de vital importancia como medida de protección e higiene para los habitantes, y preservación de su salud.

5. El resultado del estudio de impacto ambiental muestra que tanto el diseño de agua potable como el sistema de alcantarillado sanitario, tienen una consecuencia poco significativa en el ambiente, por lo cual la construcción de estos proyectos es factible.

RECOMENDACIONES

1. Se debe de garantizar la supervisión técnica por parte de un profesional de la ingeniería, durante la construcción de los proyectos, con el fin de cumplir con las especificaciones técnicas de calidad de los materiales, estipulada en los planos respectivos.
2. Debido a la constante fluctuación de precios, tanto en los materiales de construcción como en la mano de obra, es necesario actualizar los presupuestos cuando se lleven a cabo las ejecuciones de dichos proyectos.
3. Contratar personal calificado para la ejecución del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario, para garantizar la calidad de construcción de estos proyectos.
4. Tener en existencia tubería y accesorios de los diferentes diámetros, para realizar reparaciones inmediatas.
5. Realizar capacitaciones a los usuarios, sobre la importancia del recurso de agua, protección de la fuente de abastecimiento y su entorno, y cumplir con las leyes del medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

1. COMISIÓN GUATEMALTECA DE NORMAS. *Agua potable: especificaciones COGUANOR NOG. 29 001*. Guatemala: COGUANOR, 1984. 76 p.
2. Instituto de Fomento Municipal. *Normas generales para diseño de alcantarillados*. Guatemala: INFOM, 2001. 40 p.
3. _____. *Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable zonas rurales del Instituto del Fomento Municipal*. Guatemala: INFOM, 1997. 45 p.
4. _____. *Normas de diseño de agua potable*. Guatemala: INFOM, 1979. 55 p.
5. _____. *Normas del Instituto Nacional de Fomento Municipal*. Guatemala: INFOM, 2001. 40 p.
6. PALACIOS RUIZ, Álvaro. *Acueductos, cloacas y drenajes. Criterios para el diseño hidráulico de instalaciones sanitarias en desarrollos urbanos*. 2a ed. Venezuela: Pub. UCAB, 2003. 239 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Cálculo hidráulico sistema de agua potable caserío El Tizate**

IMPULSIÓN DE TANQUE A TANQUE

De	A	cota terreno		dif. De cotas	L m	No. De casas	No. De hab.	Q l/s	C CHW	ø " teorico	ø " com.	Hf m	vel. m/s	0.6<V<2.4 Vel.	piezometrica		Presión disp.	No. tubos	Tubos PSI
		inicial	final												Inicio	Final			
0	0.3	100	100.94	0.94	1.88	32	150	1.56	150	0.94	2	0.02	0.79	correcto	249.85	249.83	164.17	0	250 PSI
0.3	0.4	100.94	105.43	4.49	11.68	32	150	1.56	150	0.99	2	0.15	0.79	correcto	249.83	249.68	159.54	2	250 PSI
0.4	0.5	105.43	108.63	3.2	1.78	32	150	1.56	150	0.72	2	0.02	0.79	correcto	249.68	249.66	156.31	0	250 PSI
0.5	1	108.63	123.8	15.17	26.23	32	150	1.56	150	0.91	2	0.34	0.79	correcto	249.66	249.32	140.81	5	250 PSI
1	2	123.8	133.1	9.3	19.47	32	150	1.56	150	0.95	2	0.25	0.79	correcto	249.32	249.07	131.26	3	250 PSI
2	2.1	133.1	124.16	8.94	3.98	32	150	1.56	150	0.69	2	0.05	0.79	correcto	249.07	249.02	122.27	1	250 PSI
2.1	2.2	124.16	126.83	2.67	3.09	32	150	1.56	150	0.84	2	0.04	0.79	correcto	249.02	248.98	119.56	1	250 PSI
2.2	3	126.83	129.27	2.44	11.53	32	150	1.56	150	1.12	2	0.15	0.79	correcto	248.98	248.84	116.97	2	250 PSI
3	3.1	129.27	131.83	2.56	0.35	32	150	1.56	150	0.54	2	0.00	0.79	correcto	248.84	248.83	114.41	0	250 PSI
3.1	4	131.83	131.11	0.72	27.61	32	150	1.56	150	1.73	2	0.35	0.79	correcto	248.83	248.48	113.33	5	250 PSI
4	4.1	131.11	132.78	1.67	23.93	32	150	1.56	150	1.41	2	0.31	0.79	correcto	248.48	248.17	111.36	4	250 PSI
4.1	4.2	132.78	135.29	2.51	19.81	32	150	1.56	150	1.25	2	0.25	0.79	correcto	248.17	247.92	108.59	3	250 PSI
4.2	4.3	135.29	139.71	4.42	14.29	32	150	1.56	150	1.04	2	0.18	0.79	correcto	247.92	247.74	103.99	3	250 PSI
4.3	5	139.71	144.35	4.64	12.88	32	150	1.56	150	1.01	2	0.16	0.79	correcto	247.74	247.57	99.18	2	250 PSI
5	5.1	144.35	146.4	2.05	22.16	32	150	1.56	150	1.33	2	0.28	0.79	correcto	247.57	247.29	96.85	4	250 PSI
5.1	5.2	146.4	160.77	14.37	49.43	32	150	1.56	150	1.05	2	0.63	0.79	correcto	247.29	246.65	81.85	9	250 PSI
5.2	6	160.77	167.39	6.62	18.8	32	150	1.56	150	1.01	2	0.24	0.79	correcto	246.65	246.41	74.99	3	250 PSI
6	6.1	167.39	188.06	20.67	35.47	32	150	1.56	150	0.91	2	0.45	0.79	correcto	246.41	245.96	53.86	6	250 PSI
6.1	6.2	188.06	206.66	18.6	21.14	32	150	1.56	150	0.84	2	0.27	0.79	correcto	245.96	245.69	34.99	4	250 PSI
6.2	7	206.66	215.13	8.47	10.93	32	150	1.56	150	0.86	2	0.14	0.79	correcto	245.69	245.55	26.38	2	250 PSI
7	8	215.13	219.36	4.23	6.12	32	150	1.56	150	0.88	2	0.08	0.79	correcto	245.55	245.47	22.08	1	250 PSI
8	8.1	219.36	222.59	3.23	4.13	32	150	1.56	150	0.86	2	0.05	0.79	correcto	245.47	245.42	18.79	1	250 PSI
8.1	7.1	222.59	225.35	2.76	2.62	32	150	1.56	150	0.81	2	0.03	0.79	correcto	245.42	245.39	16.00	0	250 PSI
7.1	9	225.35	229.06	3.71	16.26	32	150	1.56	150	1.11	2	0.21	0.79	correcto	245.39	245.18	12.08	3	250 PSI
9	9.1	229.06	240.05	10.99	9.97	32	150	1.56	150	0.80	2	0.13	0.79	correcto	245.18	245.05	0.96	2	250 PSI

159.37 375.5

4.80

66

Apéndice 2. **Planos del sistema de agua potable**

RAMAL No.1 DE DISTRIBUCIÓN																					
De	A	cota terreno		dif. De cotas	L m	No. De casas	No. De Hab	Q l/s	C CHW	ø " teorico	ø " com.	Hf m	vel. m/s	0.6<V<3 Vel.	piezometrica		Presión disp.	No. tubos	Tubos PSI		
		inicial	final												Inicio	Final					
9.1	9.11	240.05	205	35.05	70	6	18	0.16	150	0.40	0.8	1.61	0.59	revisar	240.05	238.44	33.44	12	160 PSI		
9.1	9.7	205	173.01	31.99	208.9	6	18	0.16	151	0.51	0.8	4.75	0.59	revisar	205.00	200.25	27.24	37	160 PSI		
							278.9			36											49.3

RAMALES DE DISTRIBUCIÓN 1A																				
De	A	cota terreno		dif. De cotas	L m	No. De casas	No. De Hab	Q l/s	C CHW	ø " teorico	ø " com.	Hf m	vel. m/s	0.6<V<3 Vel.	piezometrica		Presión disp.	No. tubos	Tubos PSI	
		inicial	final												Inicio	Final				
9.7	21.1	173.01	153.79	19.22	144.5	3	12	0.08	150	0.40	0.5	6.64	0.66	correcto	205.00	198.36	44.57	26	160 PSI	
							144.5													25.5

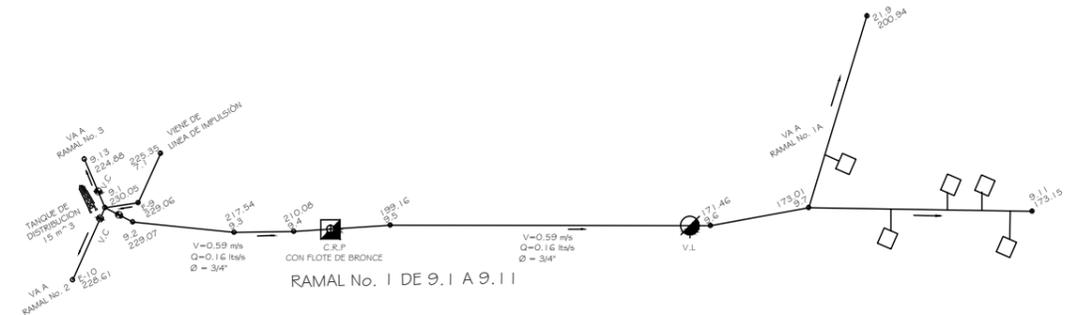
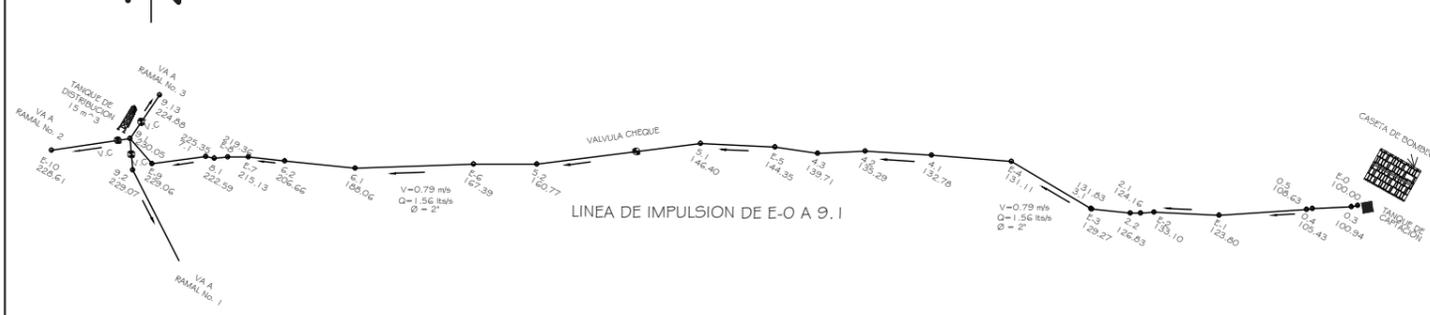
RAMAL No.2 DE DISTRIBUCIÓN																				
De	A	cota terreno		dif. De cotas	L m	No. De casas	No. De Hab	Q l/s	C CHW	ø " teorico	ø " com.	Hf m	vel. m/s	0.6<V<3 Vel.	piezometrica		Presión disp.	No. tubos	Tubos PSI	
		inicial	final												Inicio	Final				
9.1	10	240.05	202.96	37.09	160	4	16	0.11	150	0.40	0.5	12.52	0.88	correcto	240.05	227.53	24.57	28	160 PSI	
							160													28

RAMAL No.3 DE DISTRIBUCIÓN																						
De	A	cota terreno		dif. De cotas	L m	No. De casas	No. De Hab	Q l/s	C CHW	ø " teorico	ø " com.	Hf m	vel. m/s	0.6<V<3 Vel.	piezometrica		Presión disp.	No. tubos	Tubos PSI			
		inicial	final												Inicio	Final						
9.1	16	240.05	213.52	26.53	148	21	86	0.57	150	0.79	1	8.51	1.15508	correcto	240.05	231.54	18.02	26	160 PSI			
16	16.4	213.52	207.49	6.03	30.84	7	21	0.19	150	0.51	0.8	0.94	0.68	correcto	231.54	230.59	23.10	5	160 PSI			
16.4	23.3	207.49	170.99	36.5	180	7	21	0.19	150	0.51	0.8	5.51	0.68449	correcto	207.49	201.98	30.99	32	160 PSI			
							358.9			86											0.00	63

RAMALES DE DISTRIBUCIÓN 3B																				
De	A	cota terreno		dif. De cotas	L m	No. De casas	No. De Hab	Q l/s	C CHW	ø " teorico	ø " com.	Hf m	vel. m/s	0.6<V<3 Vel.	piezometrica		Presión disp.	No. tubos	Tubos PSI	
		inicial	final												Inicio	Final				
16	26	213.52	180.03	33.49	520	11	33	0.3	150	0.76	1	9.04	0.61	correcto	231.54	222.49	42.46	92	160 PSI	
16	23.5	180.03	143.56	36.47	90	3	9	0.08	150	0.32	0.5	4.14	0.66	correcto	180.03	175.89	32.33	16	160 PSI	
							610													108

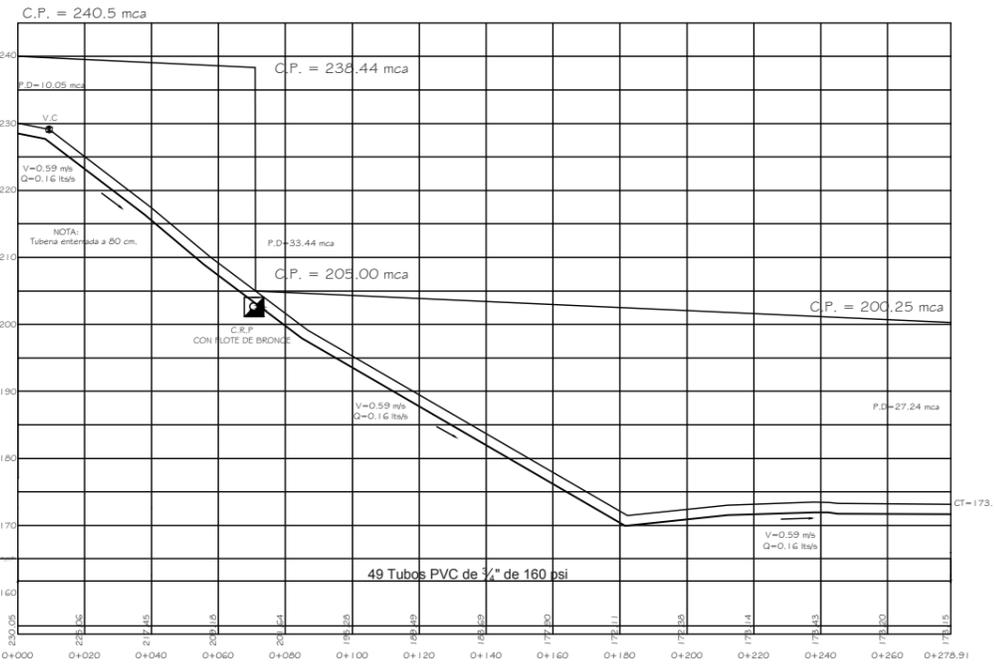
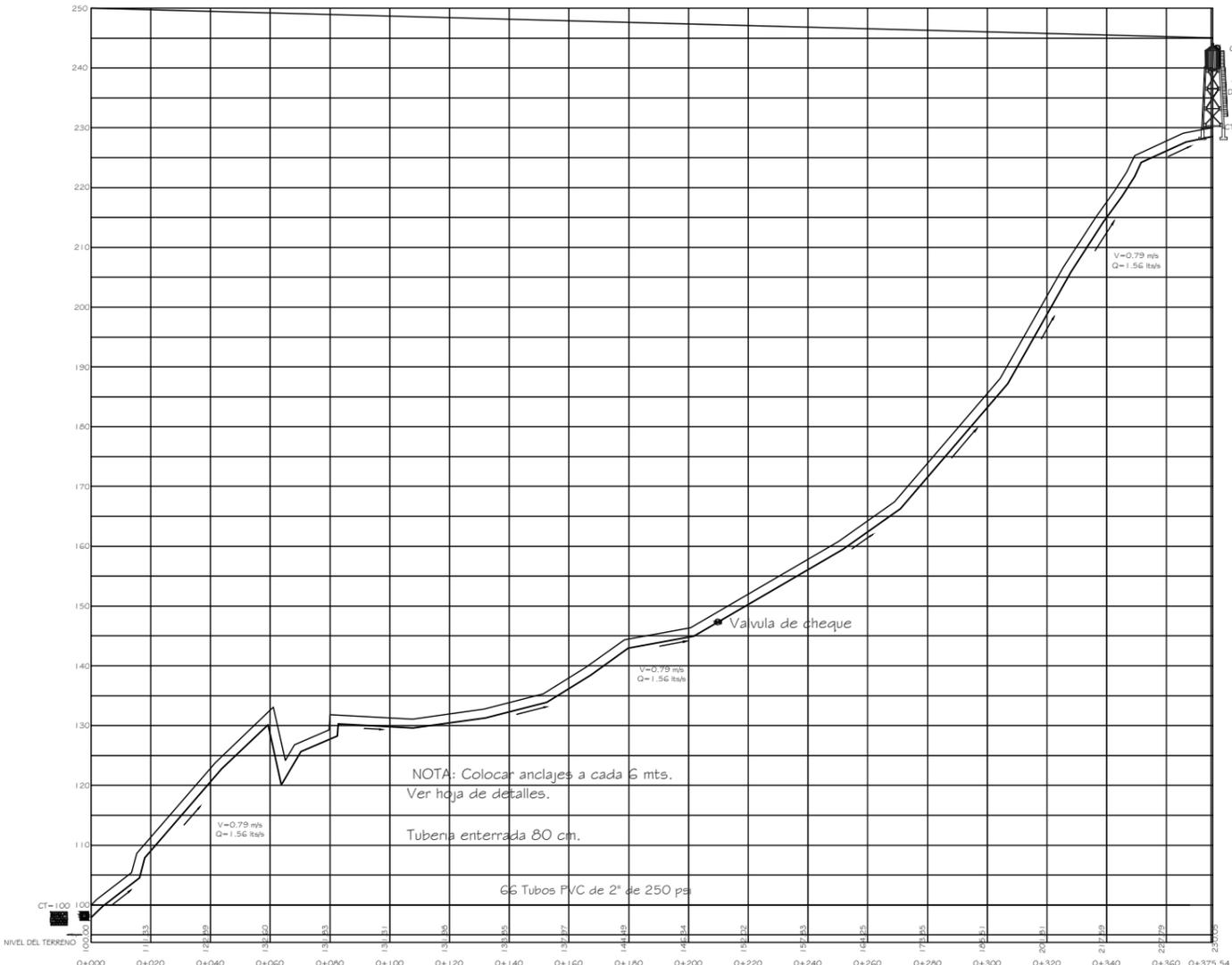
RAMALES DE DISTRIBUCIÓN 3A																			
De	A	cota terreno		dif. De cotas	L m	No. De casas	No. De Hab	Q l/s	C CHW	ø " teorico	ø " com.	Hf m	vel. m/s	0.6<V<3 Vel.	piezometrica		Presión disp.	No. tubos	Tubos PSI
		inicial	final												Inicio	Final			
16	21.4	196.43	165.27	31.16	90	3	11	0.08	150	0.33	0.5	4.14	0.66	correcto	205.75	201.61	36.34	16	160 PSI
					90													16	

115



Cota Piezometrica = 249.85 mca

Cota Piezometrica = 245.05 mca



PLANTA-PERFIL LINEA DE IMPULSION

ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000

PLANTA-PERFIL RAMAL No. 1 DE DISTRIBUCION

ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000

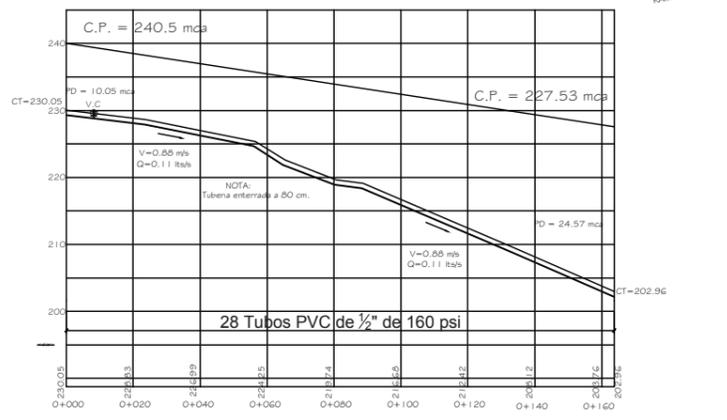
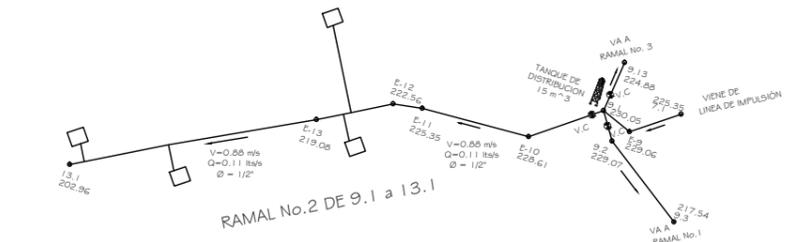
NOMENCLATURA	
	VIVIENDAS
	VALVULA DE COMPUERTA
	TANQUE DE CAPTACION
	TANQUE DE DISTRIBUCION
	VALVULA DE CHEQUE
	CASITA DE BOMBEO
	CAJA ROMPIMPRESION CON FLOTE DE BRONCE



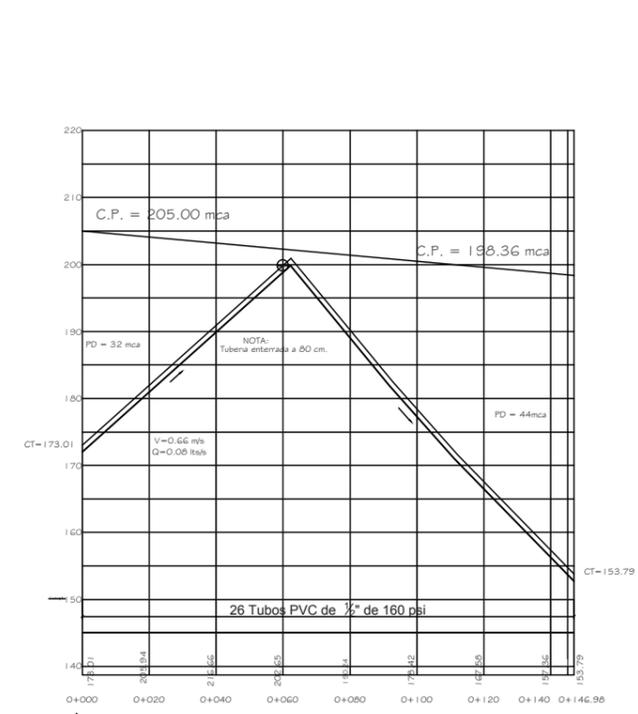
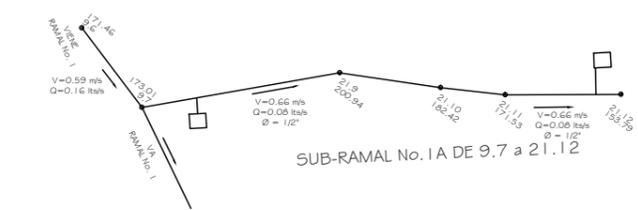
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE
PARA EL CASERIO EL TIZATE
MPO. DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES CALCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES DIBUJO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES ESCALA: 1:1000 Horizontal 1:500 Vertical	CONTIENE: PLANTA - PERFIL	HOJA 2 12
---	----------------------------------	---------------------

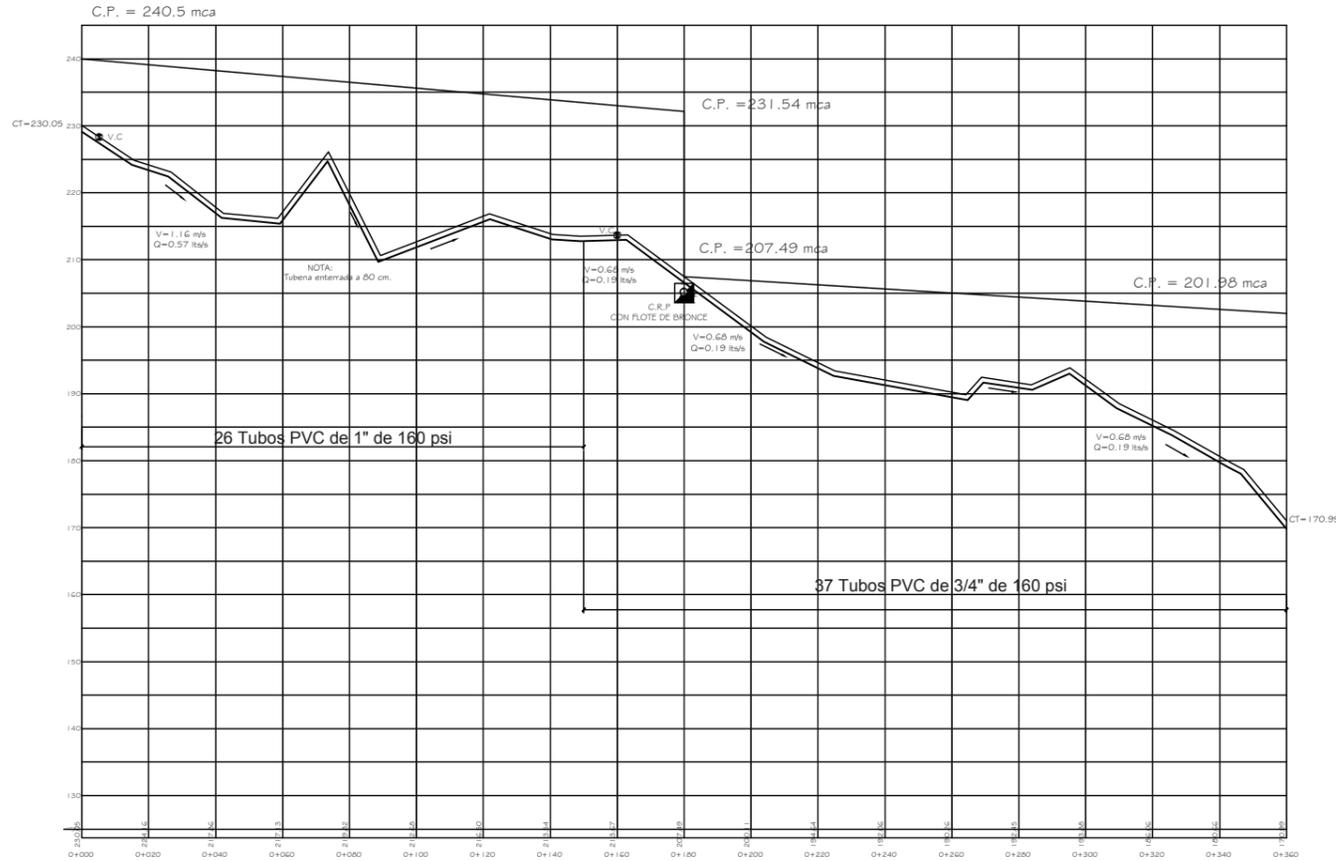
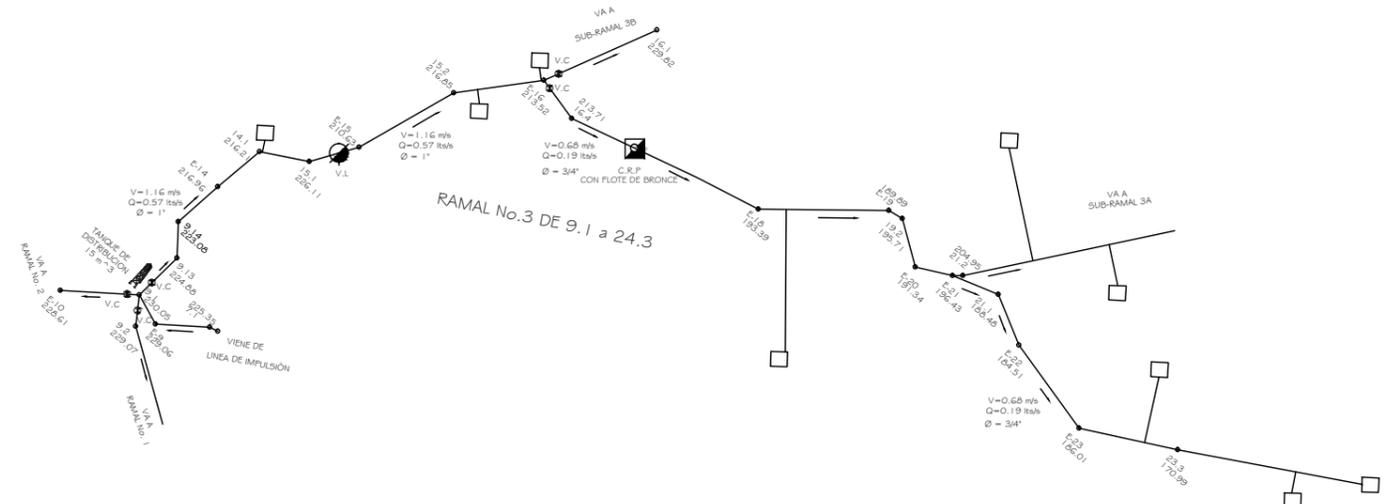
ASESOR DE EPS: ING. LUIS ALFONSO VELAZQUEZ
ALCALDE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ: LICDA. DORA LÓPEZ ORDOZGO



PLANTA-PERFIL RAMAL No. 2 DE DISTRIBUCIÓN
 ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



PLANTA-PERFIL SUB-RAMAL No. 1A DE DISTRIBUCIÓN
 ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



PLANTA-PERFIL RAMAL No. 3 DE DISTRIBUCIÓN
 ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000

NOMENCLATURA	
	VIVIENDAS
	VALVULA DE COMPUERTA
	TANQUE DE CAPTACION
	TANQUE DE DISTRIBUCION
	VALVULA DE CHEQUE
	CASETA DE BOMBEO
	CAJA ROMPEPRESION CON FLOTE DE BRONCE

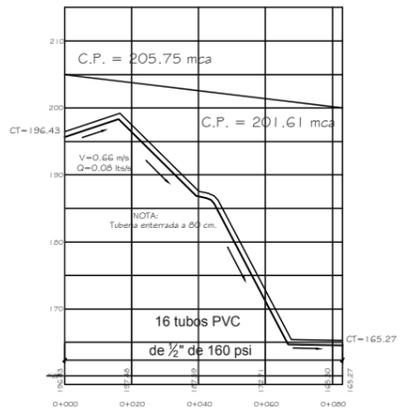
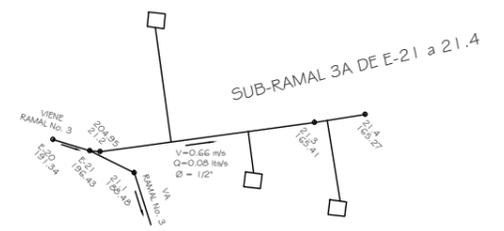
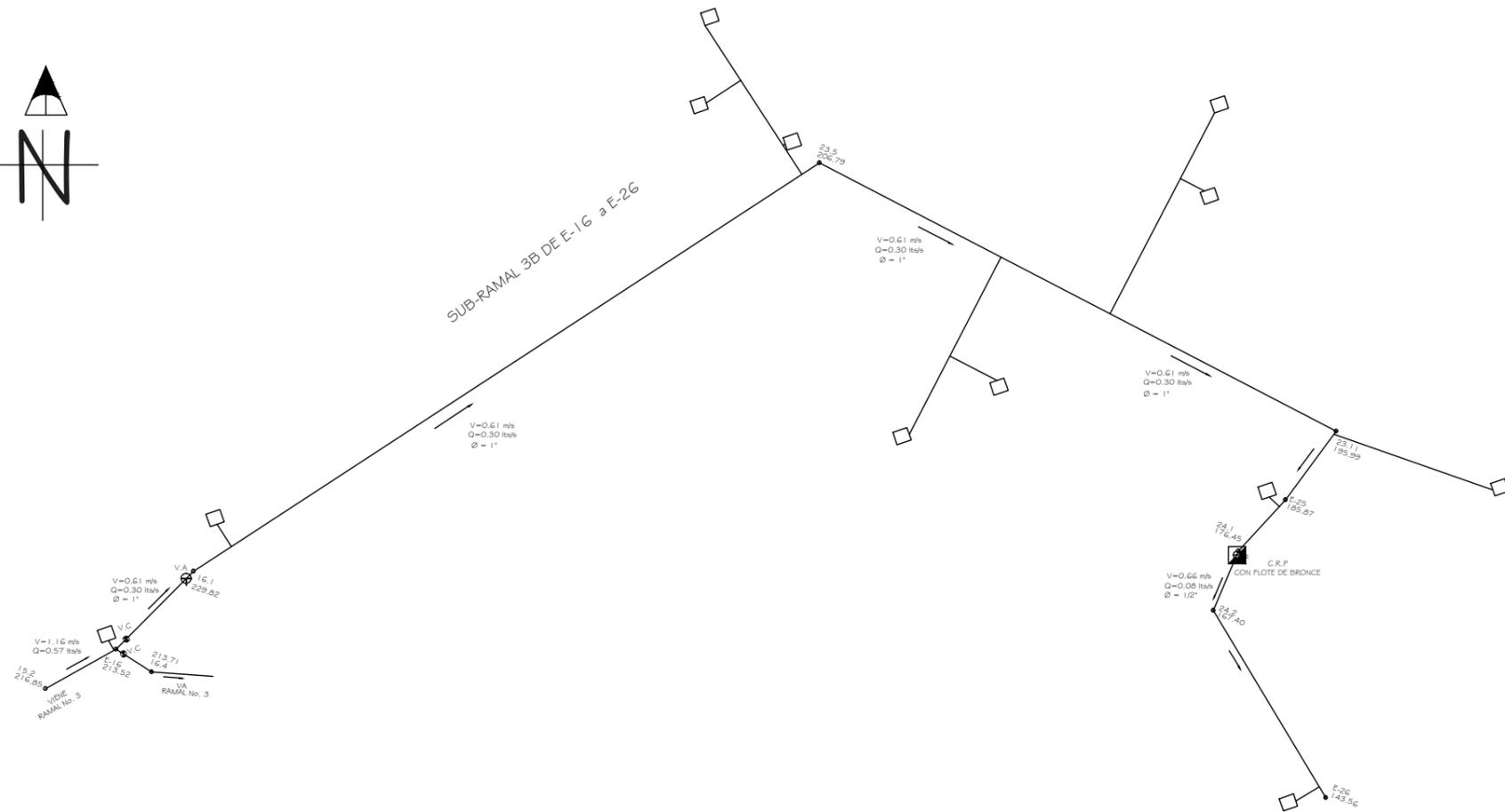


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE
 PARA EL CASERIO EL TIZATE
 MPO. DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES CALCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES DIBUJO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES ESCALA: 1:1000 Horizontal 1:500 Vertical	CONTIENE: PLANTA PERFIL	HOJA 3 12
---	----------------------------	-----------------

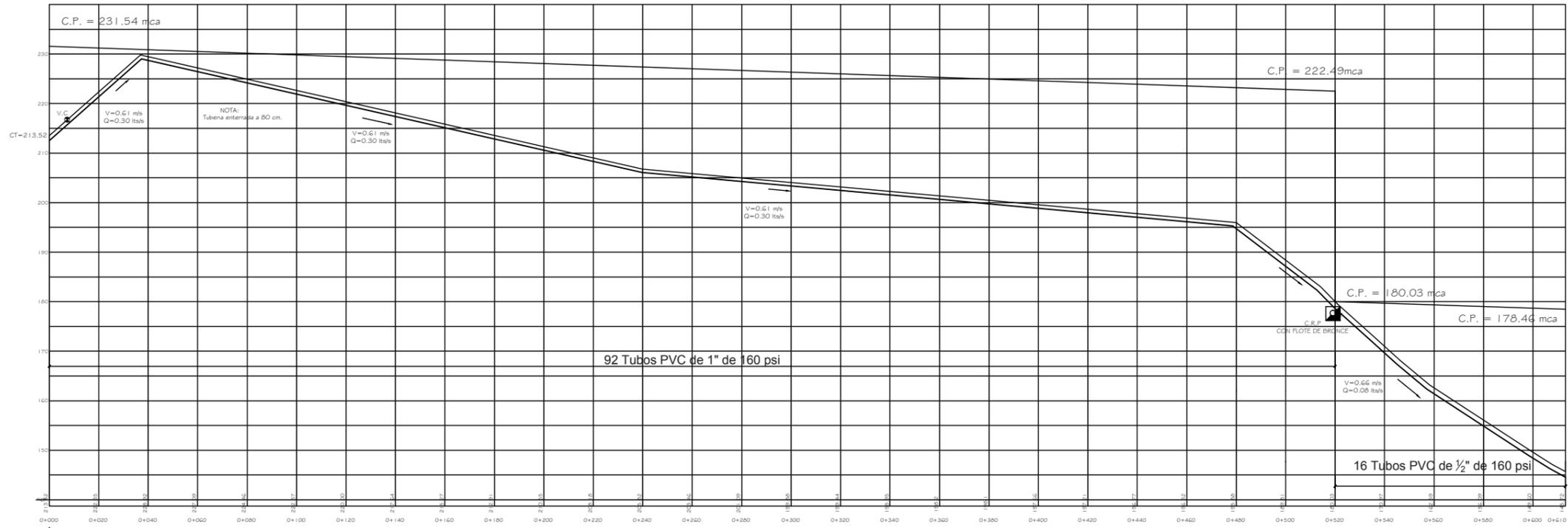
ASESOR DE EPS:
 ING. LUIS ALFARERO VILLIZ

ALCALDE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ
 LICDA. DORA LÓPEZ GONZÁLEZ



PLANTA-PERFIL SUB-RAMAL No.3A DE DISTRIBUCIÓN

ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



NOMENCLATURA	
	VIVIENDAS
	VALVULA DE COMPUERTA
	TANQUE DE CAPTACIÓN
	TANQUE DE DISTRIBUCIÓN
	VALVULA DE CHEQUE
	CASETA DE BOMBEO
	CAJA ROMPEPRESION CON FLOTE DE BRONCE

PLANTA-PERFIL SUB-RAMAL No.3B DE DISTRIBUCIÓN

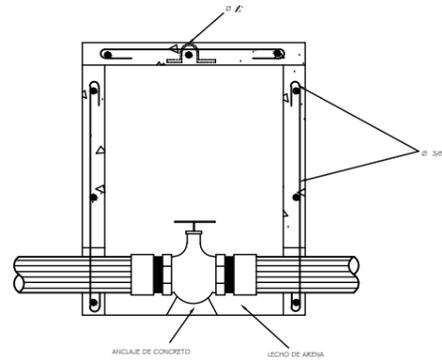
ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE
 PARA EL CASERIO EL TIZATE
 MPO. DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES CALCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES DIBUJO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES ESCALA: 1:1000 Horizontal 1:500 Vertical	CONTIENE: PLANTA PERFIL	HOJA 4 12
---	----------------------------	-----------------

ASESOR DE EPS: ING. LUIS ALFARADO VELLEZ
 ALCALDE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ: LICDA. DORA LOPEZ BRIZCO



CORTE X-X

CAJA PARA VALVULAS

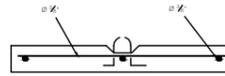
SIN ESCALA

NOTAS:

- 1- LAS VALVULAS SE ASENTARAN SOBRE UN LECHO DE ARENA PARA FACILITAR EL DRENAJE
- 2- LAS CAJAS Y TAPADERAS SE CONSTRUIRAN DE CONCRETO Fc = 210 kg/cm
- 3- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN CENTIMETROS
- 4- EL HIERRO DE REFLEJO SERA DE Ø 3/8"
- 5- TODAS LAS PAREDES IRAN ALIZADAS CON SABETAS PROPORCION 1 CEMENTO, 2 ARENA DE RIO



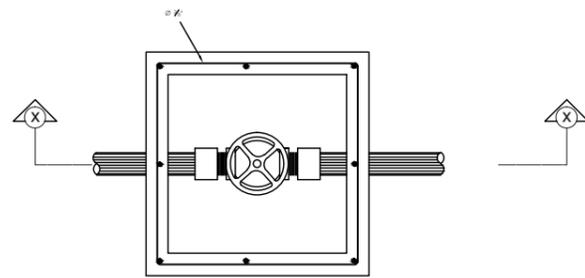
DIMENSIONES EN cms.				
Ø	A	B	C	ALTURA MINIMA
1/2"	30	40	15	30
3/4"	30	40	15	30
1"	35	45	17.5	45
1. 1/4"	35	45	17.5	45
1. 1/2"	40	50	20	50



DETALLE

TAAPDERA DE CAJA PARA VALVULAS

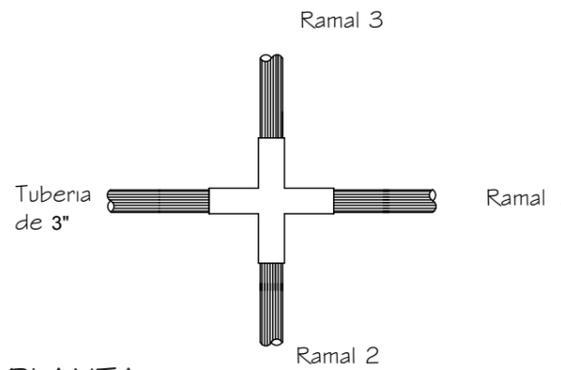
SIN ESCALA



PLANTA

CAJA PARA VALVULAS

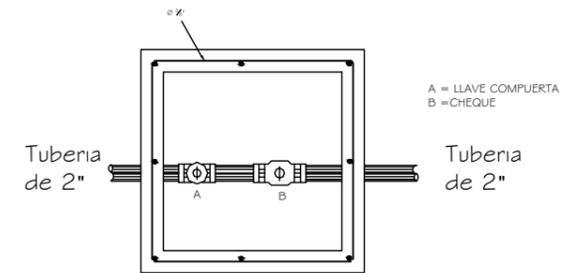
SIN ESCALA



PLANTA

CRUZ DE DISTRIBUCIÓN

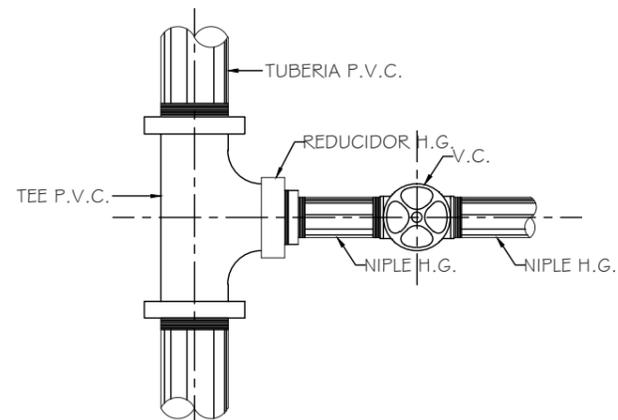
SIN ESCALA



PLANTA

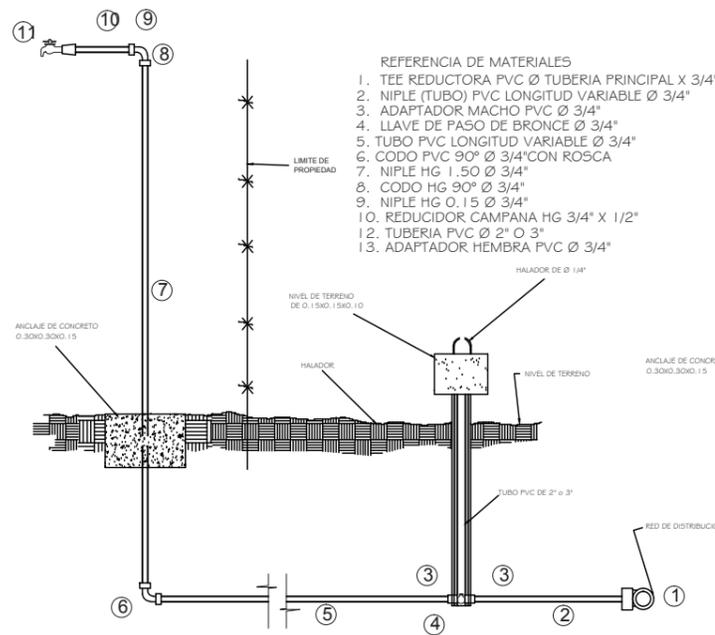
CAJA DE VALVULA DE CHEQUE

SIN ESCALA



PLANTA DE VÁLVULA DE COMPUERTA, H.G.

SIN ESCALA



CONEXIÓN DOMICILIAR TIPICA TIPO 1

SIN ESCALA

REFERENCIA DE MATERIALES

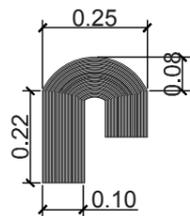
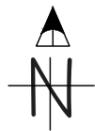
- 1. TEE REDUCTORA PVC Ø TUBERIA PRINCIPAL X 3/4"
- 2. NIPLE (TUBO) PVC LONGITUD VARIABLE Ø 3/4"
- 3. ADAPTADOR MACHO PVC Ø 3/4"
- 4. LLAVE DE PASO DE BRONCE Ø 3/4"
- 5. TUBO PVC LONGITUD VARIABLE Ø 3/4"
- 6. CODO PVC 90° Ø 3/4" CON ROSCA
- 7. NIFLE HG 1.50 Ø 3/4"
- 8. CODO HG 90° Ø 3/4"
- 9. NIFLE HG 0.15 Ø 3/4"
- 10. REDUCIDOR CAMPANA HG 3/4" X 1/2"
- 11. TUBERIA PVC Ø 2" O 3"
- 12. TUBERIA PVC Ø 2" O 3"
- 13. ADAPTADOR HEMBRA PVC Ø 3/4"



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE
 PARA EL CASERIO EL TIZATE
 MPO. DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

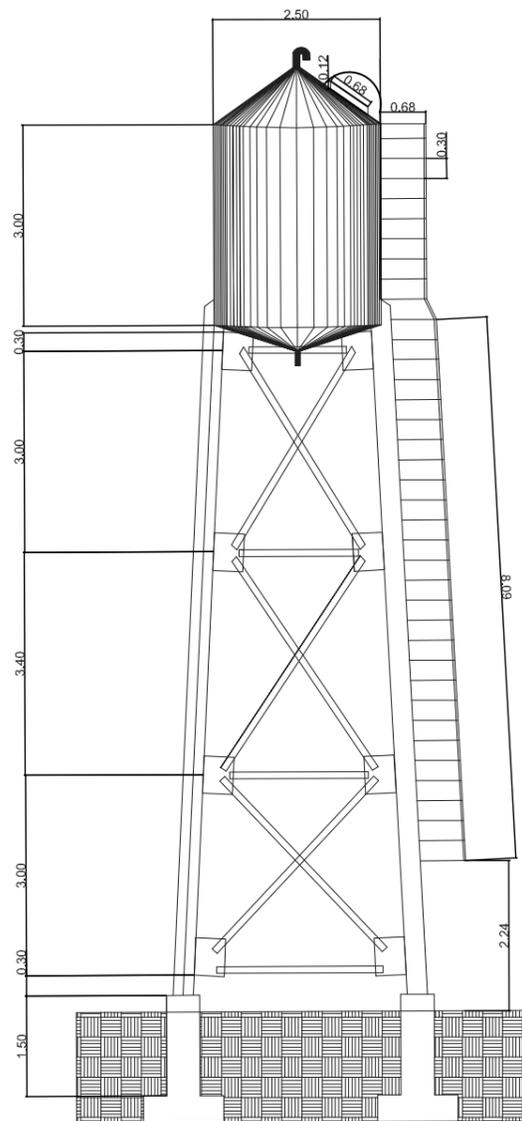
DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES	CONTIENE:	HOJA
CALCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES	DETALLES	5
DIBUJO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES		12
ESCALA: INDICADA		

ASESOR DE EPS: ING. LUIS ALFARERO VILLIZ
 ALCALDE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ: LICDA. ROSA LÓPEZ GARCÍA

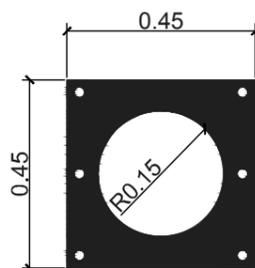


DETALLE DE RESPIRADERO TIPO BASTON Ø 4"
ESCALA 1:8

escalera Ø



TANQUE ELVADO CON CAPACIDAD DE 15 M³



DETALLE DE PLATINA

PLATINA DE 18"x18"
6 AGUJEROS PARA PERNOS
DE Ø 1"x24"
t=1"
ESCALA 1:8

ESPECIFICACIONES TECNICAS:

La escalera exterior es de tipo marineru con anillos a cada 0.70 mts y pasamanos en el techo del tanque.

Los laterales verticales tienen que ser igual a 2"x³/₈" con una separación de 15" y con escalones de tubo redondo no menor de ³/₄" separado de centro a centro en 14".

Esta escalera comienza desde los 8' arriba del nivel del terreno y se conectara en su parte superior, seguira hasta la escotilla de inspección.

La escalera fija en el interior del tanque, desde el techo hasta el fondo sera accesible hasta la escalera exterior y la escotilla de inspección del tanque sera de 1' de ancho y 4" de separación de la pared del tanque, cada peldaño estara separado 1' y el espesor del tubo sera de ⁵/₈" liso.

La escotilla de inspección tendra una dimension minima de 24", tendra una altura de 4" y la cubierta se traslapara con el agujero en un minimo de 2" en todo su perimetro.

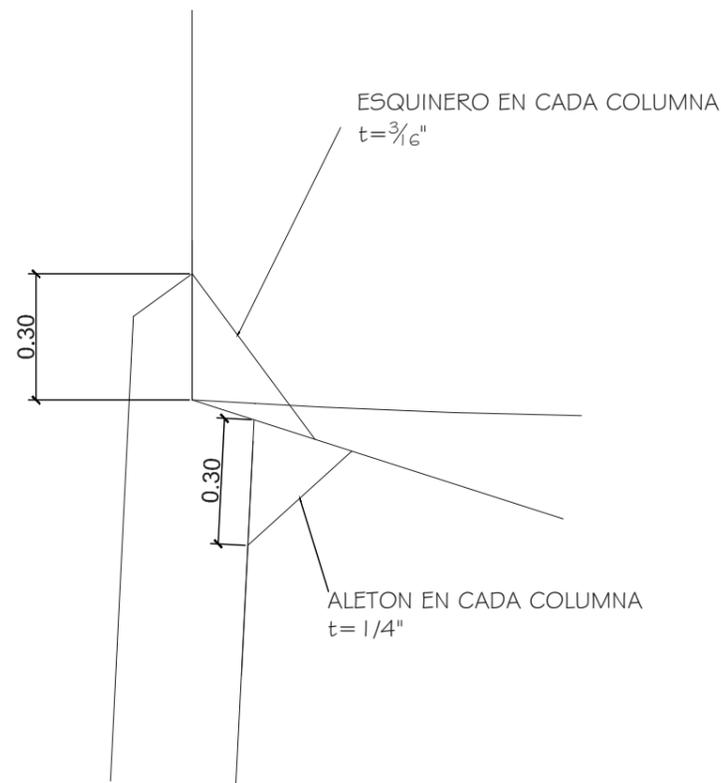


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
DISEÑO DE TANQUE ELEVADO
PARA EL CASERIO EL TIZATE
MPO. DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

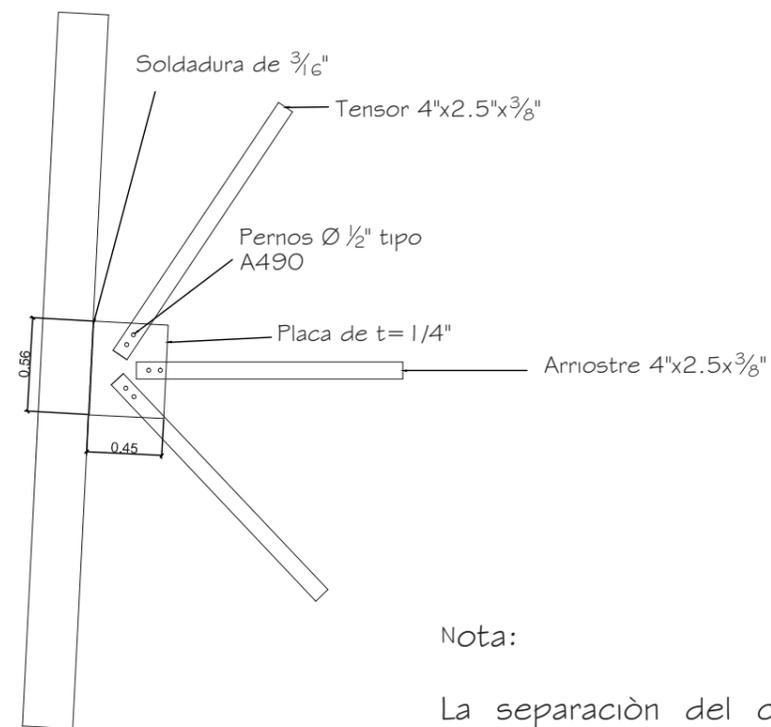
DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES CALCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES DIBUJO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES ESCALA: INDICADA	CONTIENE: PLANTA ACOTADA	HOJA 7 12
--	---------------------------------	-----------------

ASESOR DE EPS:
ING. LUIS ALFARERO VELAZ

ALCALDE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ
LICDA. DORA LOPEZ OREJIDA



DETALLE No. 1
ESCALA 1:8

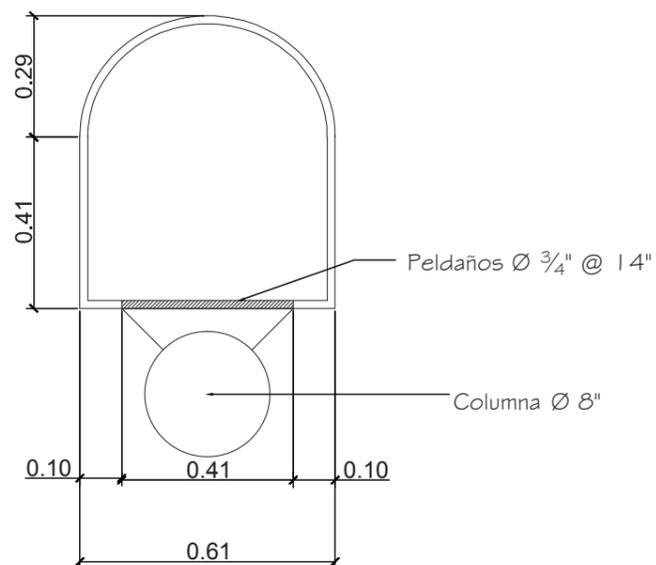


DETALLE No. 2
ESCALA 1:8

Nota:

La separación del centro del perno al borde del arriostamiento sera igual a $\frac{3}{4}$ ".

La separación entre los pernos sera igula a 3 veces su diametro de centro a centro. ($1 \frac{1}{2}$ ").



DETALLE DE ESCALERA
ESCALA 1:8



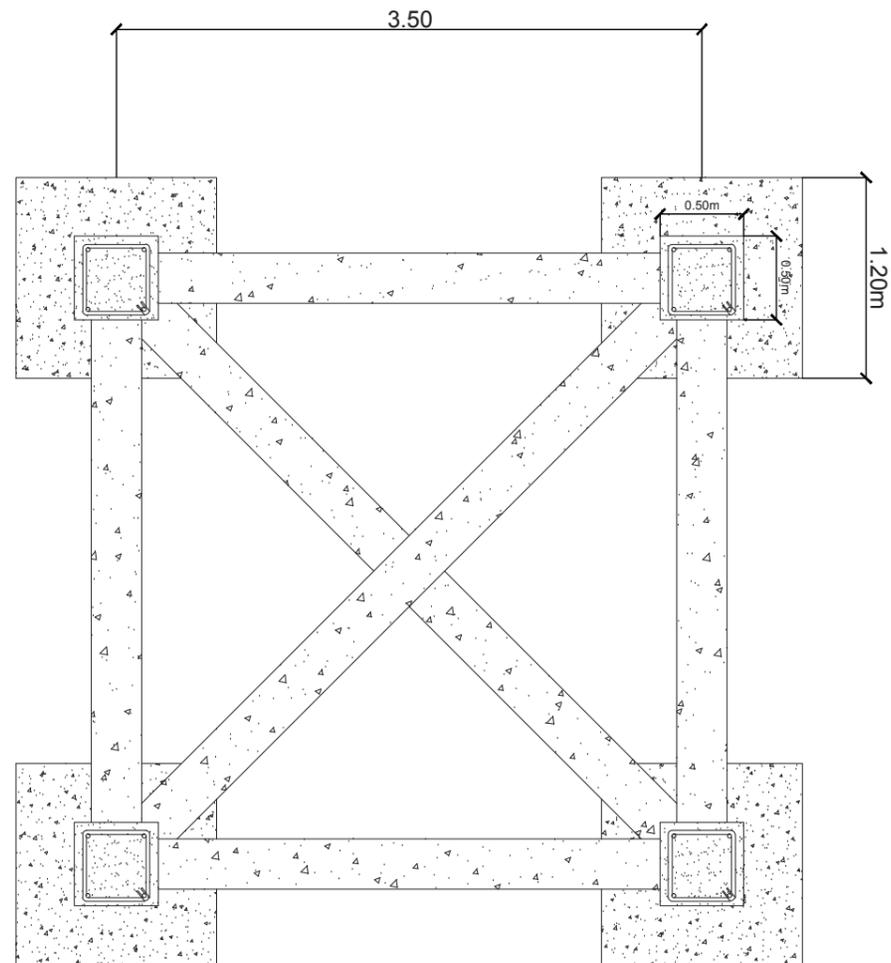
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

DISEÑO DE TANQUE ELEVADO
PARA EL CASERIO EL TIZATE
MPO. DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES CALCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES DIBUJO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES ESCALA: INDICADA	CONTIENE: DETALLES DE ARRIOSTRAMIENTO	HOJA 8 12
--	--	-----------------

ASESOR DE EPS:
ING. LUIS ALFARADO VELAZQUEZ

ALCALDE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ
LICDA. DORA LOPEZ GONZALEZ



PLANTA DE CIMENTACIÓN

4 ZAPATAS DE 1.20 X 1.20 MTS.

CON UNA VIGA CONECTORA DE

0.30 X 0.30 MTS

ESCALA 1:20

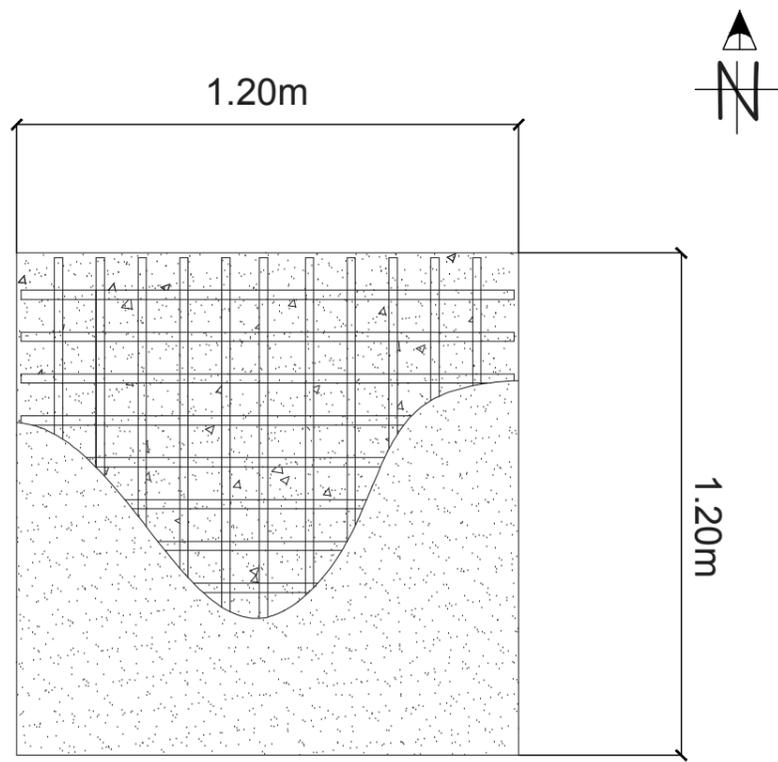


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
DISEÑO DE TANQUE ELEVADO
PARA EL CASERIO EL TIZATE
MPO. DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

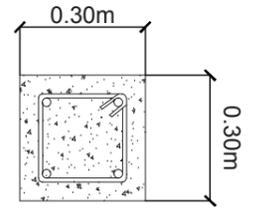
DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES	CONTIENE:	PLANTA DE CIMENTACIÓN	HOJA
CALCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES			9
DEBIDO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES			12
ESCALA: INDICADA			

ASESOR DE EPS
ING. LUIS ALFARADO VILLIZ

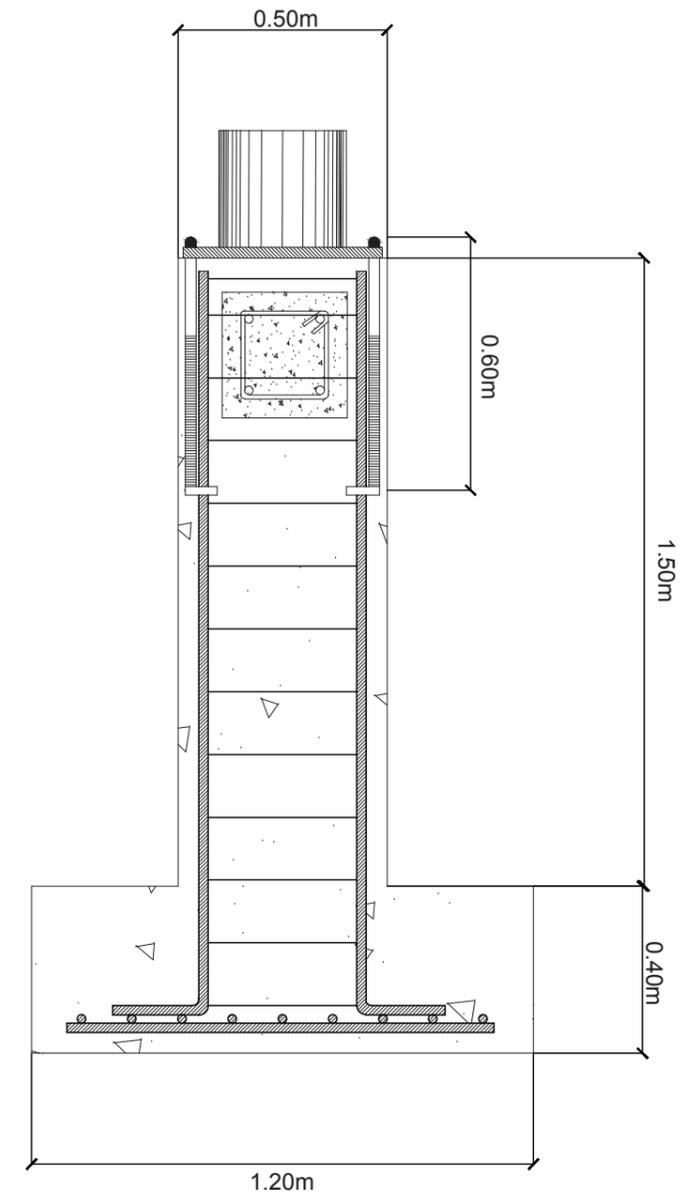
ALCALDE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ
LICDA. DORA LOPEZ GONZALEZ



DETALLE DE ZAPATA
 No.5 (5/8") @ 0.15 MTS
 EN AMBOS SENTIDOS
 ESCALA 1:8

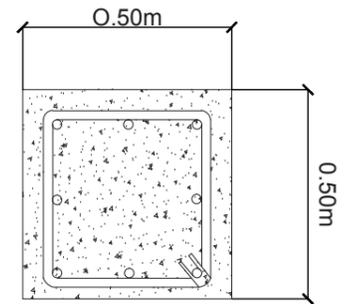


DETALLE DE VIGA CONECTORA
 4 No. 6 + EST. No.3 @ 0.15 MTS
 ESCALA 1:8



SECCION DE CIMENTACION

ESCALA 1:8



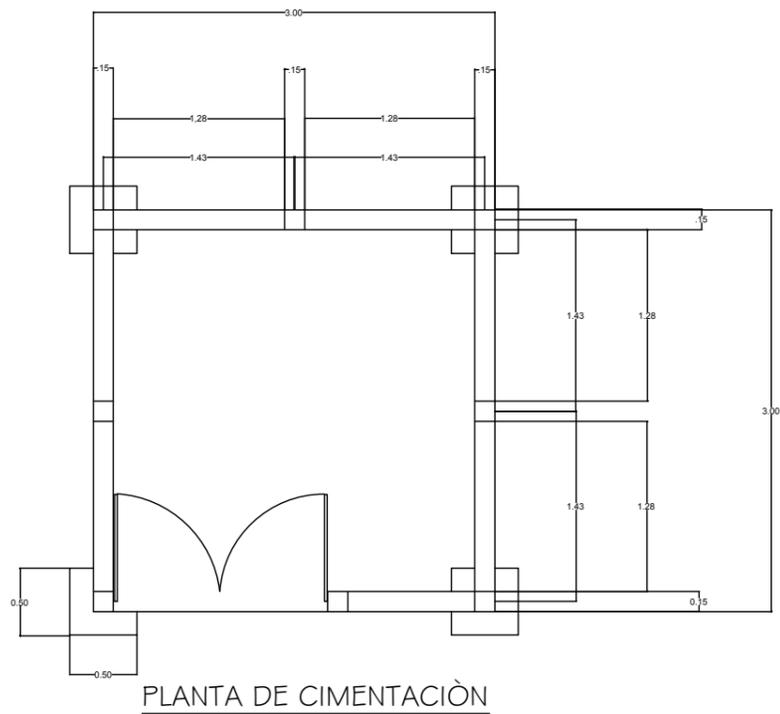
DETALLE DE PEDESTAL
 4 No. 6(3/4") Y 4 No. 7(7/8")
 EST. No.3 @ 0.15 MTS
 ESCALA 1:8



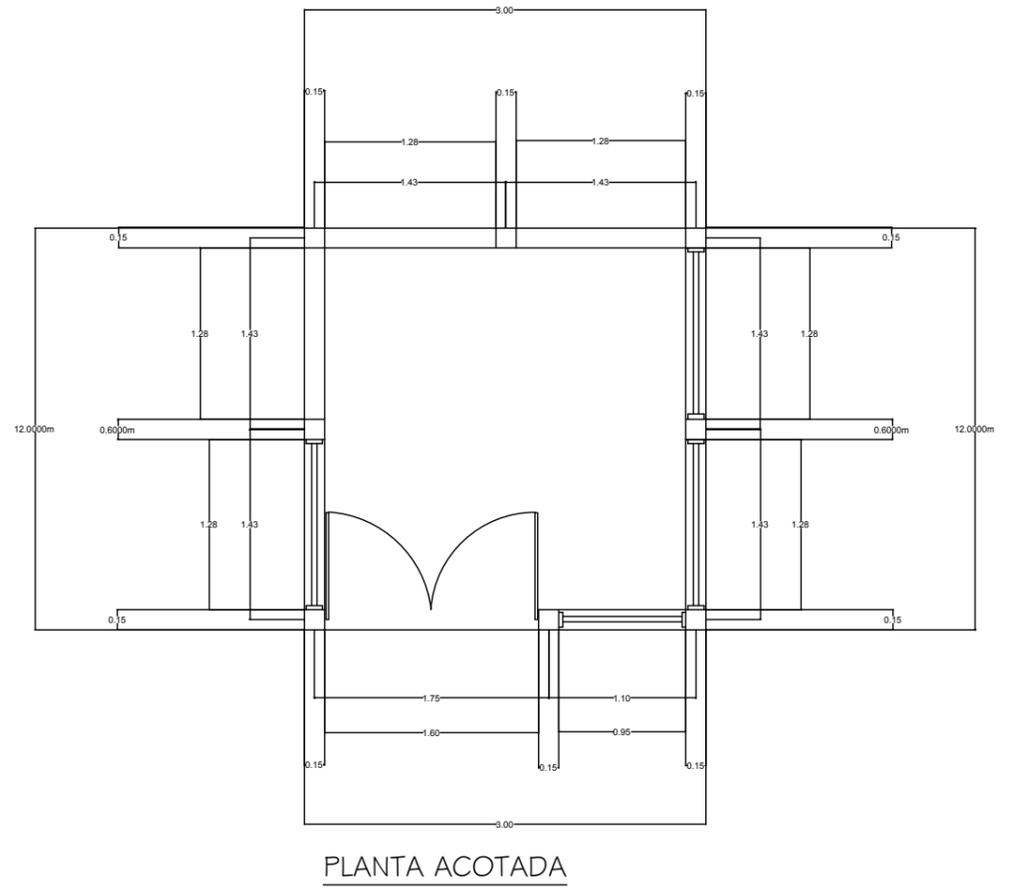
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 DISEÑO DE TANQUE ELEVADO
 PARA EL CASERIO EL TIZATE
 MPO. DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES CALCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES DIBUJO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES ESCALA: INDICADA	CONTIENE: Detalle de pedestal, zapata y viga conectora	HOJA 10 12
--	---	------------------

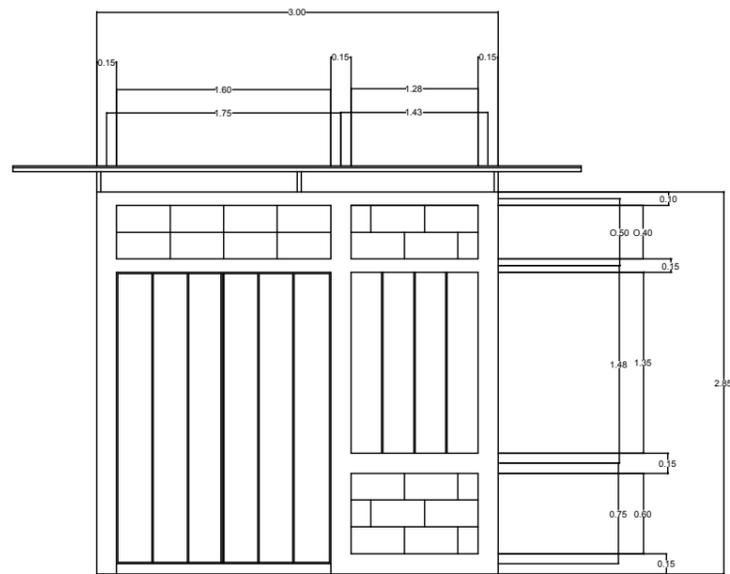
ASESOR DE EPS:
 ING. LUIS ALFARADO VILLIZ
 ALCALDE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ
 LICDA. DORA LOPEZ BRISCO



PLANTA DE CIMENTACIÓN



PLANTA ACOTADA



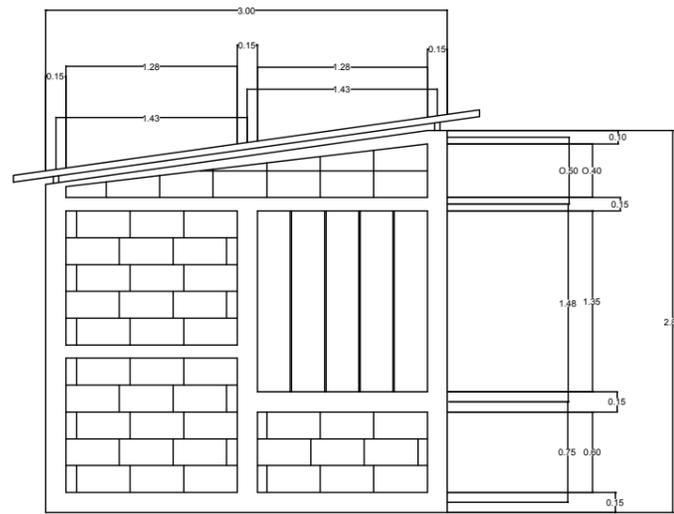
VISTA FRONTAL



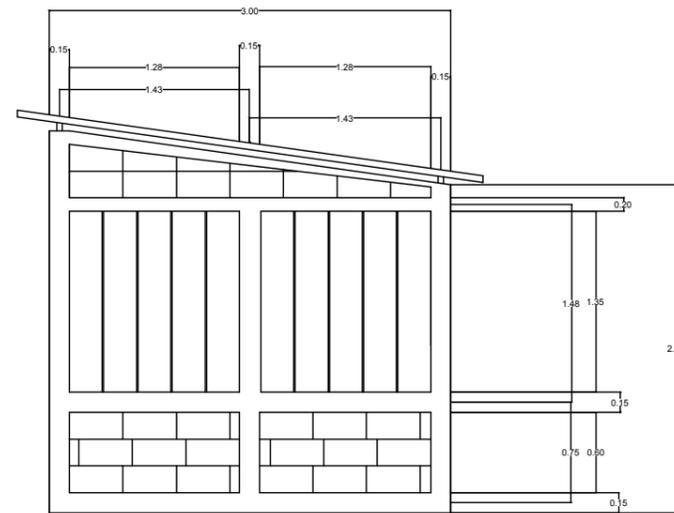
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

DISEÑO DE TANQUE ELEVADO
PARA EL CASERIO EL TIZATE
MPO. DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

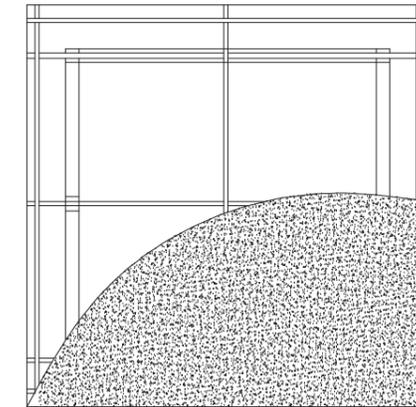
DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES	CONTIENE: Planta acotada caseta de bombeo	HOJA
CALCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES		11
DIBUJO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES		12
ESCALA: 1:125	ASESOR DE EPS: ING. LUIS ALVARADO VELAZ	ALCALDE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ LICDA. DORA LOPEZ OROZCO



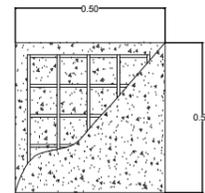
VISTA LATERAL IZQUIERDA



VISTA LATERAL DERECHA

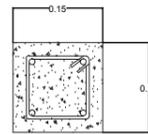


PLANTA DE TECHO



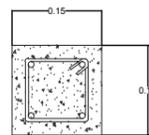
DETALLE DE ZAPATA

5 No.3(3/8") @ 0.10 MTS. EN AMBOS SENTIDOS



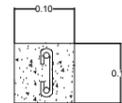
DETALLE DE SOLERA

4 No.3 + EST. No.2 @ 0.15 MTS.



DETALLE DE COLUMNA

4 No.3 + EST. No.2 @ 0.15 MTS.



DETALLE DE SOLERA

2 No.3 + ESL. No.2 @ 0.15 MTS.

NOTA:

Las alturas de los dinteles son de 2.10 y sillares de 0.60 mts se tomaran a partir de las soleras de humedad.

La puerta sera de doble hoja de 0.80 x 2.10 mts y sera fabricada con tubo preceso.

El block a utilizar sera de 0.15x0.20x0.40 mts y el concreto con una ressitencia $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

DISEÑO DE TANQUE ELEVADO
PARA EL CASERIO EL TIZATE
MPO. DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES CALCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES DIBUJO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES ESCALA: 1:1000 Horizontal 1:500 Vertical	CONTIENE: Fachada caseta de bombeo	HOJA 12 12
---	---------------------------------------	------------------

ASESOR DE EPS:
ING. LUIS ALFARADO VELAZ
 ALCALDE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ:
LICDA. DORA LOPEZ GONZALEZ

Apéndice 3. **Cálculo hidráulico y planos**

1. **Cálculo hidráulico alcantarillado sanitario de la aldea Piedra Grande**
2. **Planos**

CUADRO DE DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

EPS DE INGENIERÍA CIVIL

EPESISTA: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES

MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN M.

PROYECTO: DRENAJE SANITARIO ALDEA PIEDRA GRANDE



PARÁMETROS DE DISEÑO

Periodo de Diseño:	30 Años
Habitantes/Vivienda:	6 Hab.
Tasa Crecimiento :	2.3 %
Dotación:	80 lt/hab/día
Factor Retorno:	80 %
Coficiente Rugosidad:	0.010 P.V.C.

CUADRO DE DISEÑO DEL DR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE INGEN

FACULTAD DE INGENIERÍA

EPS DE INGENIERÍA CIVIL

EPESISTA: JULIO ARMANDO MIRANDA FU

MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATE

PROYECTO: DRENAJE ALDEA PIEDRA GR

DE PV	A PV	Cotas Terreno		DH (m)	S% Terreno	No. Casas		Hab. Servir Act.		Hab. Servir Fut.		Caudal Domiciliar		FQM		FQM a Utilizar	Factor Harmond		DE PV	A PV	q diseño (l/s)		Ø plg.	S (%) Tubo
		Inicio	Final			Local	Acum.	Local	Acum.	Local	Acum.	Actual	Futuro	Actual	Futuro		Actual	Futuro			Actual	Futuro		

RAMAL PRINCIPAL "A"

1	2	1000.00	992.01	63.03	12.68	3	3	18	18	36	36	0.0133	0.0267	0.00074	0.00074	0.002	4.386416	4.3415	1	2	0.158	0.313	6	12.7
2	3	992.01	979.96	90.27	13.34	10	13	60	78	119	155	0.0578	0.1148	0.00074	0.00074	0.002	4.271575	4.18638	2	3	0.666	1.298	6	13.4
3	4	979.96	978.95	7.72	13.10	1	14	6	84	12	167	0.0622	0.1237	0.00074	0.00074	0.002	4.263534	4.17557	3	4	0.716	1.395	6	13.1
4	5	978.95	978.99	3.80	(0.97)	0	14	0	84	0	167	0.0622	0.1237	0.00074	0.00074	0.002	4.263534	4.17557	4	5	0.716	1.395	6	1
5	6	978.99	972.12	58.06	11.83	7	30	42	180	84	357	0.1333	0.2644	0.00074	0.00074	0.002	4.164368	4.04514	5	6	1.499	2.888	6	11.4
6	7	972.12	966.53	29.24	19.12	30	60	180	360	357	713	0.2667	0.5281	0.00074	0.00074	0.002	4.043478	3.88994	6	7	2.911	5.547	6	19.1
7	8	966.53	959.83	22.86	29.31	4	94	24	564	48	1116	0.4178	0.8267	0.00074	0.00074	0.002	3.946748	3.76876	7	8	4.452	8.412	10	21
8	9	959.83	953.78	58.47	10.35	7	118	42	708	84	1401	0.5244	1.0378	0.00074	0.00074	0.002	3.891709	3.70081	8	9	5.511	10.370	10	10.2
9	10	953.78	946.65	51.11	13.95	3	121	18	726	36	1437	0.5378	1.0644	0.00074	0.00074	0.002	3.885375	3.69296	9	10	5.642	10.614	10	13.8
10	21	946.65	942.92	24.56	15.18	1	122	6	732	12	1449	0.5422	1.0733	0.00074	0.00074	0.002	3.883287	3.69037	10	21	5.685	10.695	10	15

RAMAL PRINCIPAL "A"

RAMAL PRINCIPAL "B"

11	12	995.93	995.11	43.97	1.86	2	2	12	12	24	24	0.0089	0.0178	0.00074	0.00074	0.002	4.406704	4.3695	11	12	0.106	0.210	6	2.00
12	13	995.11	988.10	84.34	8.32	6	8	36	48	72	95	0.0356	0.0704	0.00074	0.00074	0.002	4.318252	4.2496	12	13	0.415	0.807	6	8.23
13	14	988.10	975.72	76.93	16.09	7	15	42	90	84	179	0.0667	0.1326	0.00074	0.00074	0.002	4.255814	4.16521	13	14	0.766	1.491	6	16.03
14	15	975.72	971.09	24.97	18.56	1	20	6	120	12	238	0.0889	0.1763	0.00074	0.00074	0.002	4.221049	4.11953	14	15	1.013	1.961	6	18.56
15	16	971.09	962.72	36.76	22.76	3	23	18	138	36	273	0.1022	0.2022	0.00074	0.00074	0.002	4.202574	4.09564	15	16	1.160	2.236	6	22.76
16	17	962.72	958.95	64.43	5.85	9	32	54	192	107	380	0.1422	0.2815	0.00074	0.00074	0.002	4.154448	4.03264	16	17	1.595	3.065	6	5.75
17	18	958.95	959.38	32.96	(1.31)	2	38	12	228	24	452	0.1689	0.3348	0.00074	0.00074	0.002	4.126749	3.99638	17	18	1.882	3.613	6	0.60
18	19	959.38	960.36	29.00	(3.36)	2	40	12	240	24	475	0.1778	0.3519	0.00074	0.00074	0.002	4.118111	3.98558	18	19	1.977	3.786	6	0.60
19	20	960.36	946.74	89.89	15.15	11	52	66	312	131	618	0.2311	0.4578	0.00074	0.00074	0.002	4.071139	3.92512	19	20	2.540	4.851	6	13.50
20	21	946.74	942.92	63.20	6.04	7	59	42	354	84	701	0.2622	0.5193	0.00074	0.00074	0.002	4.046804	3.8942	20	21	2.865	5.460	6	6.04

RAMAL PRINCIPAL "B"

EJE SECUNDARIO 2

12	2B	995.11	985.41	46.14	21.01	3	3	18	18	36	36	0.0133	0.0267	0.00074	0.00074	0.002	4.386416	4.3415	12	2B	0.158	0.313	6	21.1
2B	3B	985.41	983.96	9.22	15.76	2	5	12	30	24	60	0.0222	0.0444	0.00074	0.00074	0.002	4.354736	4.29804	2B	3B	0.261	0.516	6	15.5
3B	5	983.96	979.00	48.50	10.23	4	9	24	54	48	107	0.0400	0.0793	0.00074	0.00074	0.002	4.307832	4.23542	3B	5	0.465	0.906	6	10.1

EJE SECUNDARIO 2

EJE SECUNDARIO 1

1	1A	1000.00	988.33	82.22	14.20	10	10	60	60	119	119	0.0444	0.0881	0.00074	0.00074	0.002	4.298037	4.22212	1	1A	0.516	1.005	6	14.2
1A	2A	988.33	977.14	85.55	13.07	16	26	96	156	190	309	0.1156	0.2289	0.00074	0.00074	0.002	4.185461	4.07295	1A	2A	1.306	2.517	6	13.1
2A	3A	977.14	973.43	12.76	29.06	2	28	12	168	24	333	0.1244	0.2467	0.00074	0.00074	0.002	4.174691	4.05873	2A	3A	1.403	2.703	6	28.5
3A	7	973.43	966.53	58.64	11.77	2	30	12	180	24	357	0.1333	0.2644	0.00074	0.00074	0.002	4.164368	4.04514	3A	7	1.499	2.888	6	11.7

EJE SECUNDARIO 1

EJE SECUNDARIO 3

16	1C	962.72	962.27	60.25	0.75	8	8	48	48	95	95	0.0356	0.0704	0.00074	0.00074	0.002	4.318252	4.2496	16	1C	0.415	0.807	6	2.3
1C	2C	962.27	962.13	83.23	0.16	7	15	42	90	84	179	0.0667	0.1326	0.00074	0.00074	0.002	4.255814	4.16521	1C	2C	0.766	1.491	6	1.4
2C	8	962.13	959.83	15.79	14.54	2	17	12	102	24	202	0.0756	0.1496	0.00074	0.00074	0.002	4.24121	4.14646	2C	8	0.865	1.675	6	1.7

EJE SECUNDARIO 3

EJE SECUNDARIO 4

1F	14	974.88	975.72	23.93	(3.49)	4	4	24	24	48	48	0.0178	0.0356	0.00074	0.00074	0.002	4.3695	4.31825	1F	14	0.210	0.415	6	4
----	----	--------	--------	-------	--------	---	---	----	----	----	----	--------	--------	---------	---------	-------	--------	---------	----	----	-------	-------	---	---

EJE SECUNDARIO 4

EJE SECUNDARIO 5

1G	17	962.00	958.95	20.38	14.98	4	4	24	24	48	48	0.0178	0.0356	0.00074	0.00074	0.002	4.3695	4.31825	1G	17	0.210	0.415	6	15
----	----	--------	--------	-------	-------	---	---	----	----	----	----	--------	--------	---------	---------	-------	--------	---------	----	----	-------	-------	---	----

EJE SECUNDARIO 5

EJE SECUNDARIO 6

1H	2H	962.56	961.44	60.00	1.88	1	1	6	6	12	12	0.0044	0.0089	0.00074	0.00074	0.002	4.43351	4.4067	1H	2H	0.053	0.106	6	3
2H	19	961.44	960.36	57.37	1.88	0	1	0	6	0	12	0.0044	0.0089	0.00074	0.00074	0.002	4.43351	4.4067	2H	19	0.053	0.106	6	3

EJE SECUNDARIO 6

EJE SECUNDARIO 8

1E	2E	952.42	950.82	13.53	11.82	5	5	30	30	60	60	0.0222	0.0444	0.00074	0.00074	0.002	4.354736	4.29804	1E	2E	0.261	0.516	6	12
2E	2D	950.82	949.24	23.94	6.59	4	9	24	54	48	107	0.0400	0.0793	0.00074	0.00074	0.002	4.307832	4.23542	2E	2D	0.465	0.906	6	6.5

EJE SECUNDARIO 8

EJE SECUNDARIO 7

1D	2D	953.78	949.24	37.55	12.08	4	4	24	24	48	48	0.0178	0.0356	0.00074	0.00074	0.002	4.3695	4.31825	1D	2D	0.210	0.415	6	12.1
2D	21	949.24	942.92	49.30	12.81	4	17	24	102	48	202	0.0756	0.1496	0.00074	0.00074	0.002	4.24121	4.14646	2D	21	0.865	1.675	6	12.9

EJE SECUNDARIO 7

EJE SECUNDARIO 9

EJE SECUNDARIO 9

22	1J	939.77	938.38	13.74	10.14	1	1	6	6	12	12	0.0044	0.0089	0.00074	0.00074	0.002	4.43351	4.4067	22	1J	0.053	0.106	6	10.14
1J	2J	938.38	930.06	85.41	9.74	12	13	72	78	143	155	0.0578	0.1148	0.00074	0.00074	0.002	4.271575	4.18638	1J	2J	0.666	1.298	6	9.74
2J	3J	930.06	929.14	12.85	7.11	3	16	18	96	36	190	0.0711	0.1407	0.00074	0.00074	0.002	4.248381	4.15607	2J	3J	0.816	1.579	6	7.11
3J	4J	929.14	921.34	60.33	12.93	8	24	48	144	95	285	0.1067	0.2111	0.00074	0.00074	0.002	4.196731	4.08788	3J	4J	1.209	2.330	6	12.93
4J	5J	921.34	913.26	69.04	11.71	15	39	90	234	179	463	0.1733	0.3430	0.00074	0.00074	0.002	4.122397	3.99117	4J	5J	1.929	3.696	6	11.60
5J	6J	913.26	911.20	13.53	15.21	1	40	6	240	12	475	0.1778	0.3519	0.00074	0.00074	0.002	4.118111	3.98558	5J	6J	1.977	3.786	6	14.70
6J	27	911.20	900.18	79.43	13.87	8	48	48	288	95	570	0.2133	0.4222	0.00074	0.00074	0.002	4.085973	3.94428	6J	27	2.354	4.496	6	13.87

RAMAL PRINCIPAL "C"

RAMAL PRINCIPAL "C"

21	22	942.92	939.77	44.71	7.06	8	206	48	1236	95	2446	0.9156	1.8119	0.00074	0.00074	0.002	3.738785	3.51619	21	22	9.242	17.20	10	7.06
22	23	939.77	938.55	41.93	2.90	2	208	12	1248	24	2469	0.9244	1.8289	0.00074	0.00074	0.002	3.735904	3.51288	22	23	9.325	17.35	10	2.90
23	24	938.55	934.64	43.84	8.93	0	208	0	1248	0	2469	0.9244	1.8289	0.00074	0.00074	0.002	3.735904	3.51288	23	24	9.325	17.35	10	8.93
24	25	934.64	929.38	46.5	11.30	7	215	42	1290	84	2552	0.9556	1.8904	0.00074	0.00074	0.002	3.725973	3.50112	24	25	9.613	17.87	14	10.50
25	26	929.38	913.97	88.5	17.42	8	223	48	1338	95	2647	0.9911	1.9607	0.00074	0.00074	0.002	3.714904	3.48802	25	26	9.941	18.47	14	11.75
26	27	913.97	900.18	64.86	21.25	4	227	24	1362	48	2695	1.0089	1.9963	0.00074	0.00074	0.002	3.709478	3.48155	26	27	10.105	18.77	14	11.30
27	28	900.18	896.16	56.7	7.09	2	277	12	1662	24	3288	1.2311	2.4356	0.00074	0.00074	0.002	3.64691	3.40828	27	28	12.122	22.41	14	7.00
28	29	896.16	891.52	58.64	7.91	0	277	0	1662	0	3288	1.2311	2.4356	0.00074	0.00074	0.002	3.64691	3.40828	28	29	12.122	22.41	14	7.80

ENAJE SANITARIO

IERÍA



JENTES

PEQUEZ, SAN M/

ANDE

CUADRO DE DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA

EPS DE INGENIERÍA CIVIL

EPESISTA: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES

MUNICIPALIDAD DE SAN PEDRO SACATEPQUEZ

PROYECTO: DRENAJE SANITARIO ALDEA PIEDRA GRANDE



Sección Llena		q/Q		v/V		d/D		Tirante (%)		v (m/s)		DE	A	Cotas Invert		Prof. Pozo		Ancho	Excavación	Relleno
V(m/s)	Q(It/s)	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	Actual	Futuro	PV	PV	Salida	Entrada	Inicio	Final	Zanja (m)	(m³)	(m³)

RAMAL PRINCIPAL "A"

4.03	73.60	0.00215	0.00425	0.1997	0.2467	0.0340	0.0470	3.4	4.7	0.81	1.00	1	2	998.60	990.6	1.40	1.41	0.60	54.68	51.94
4.14	75.60	0.00881	0.01717	0.3075	0.3778	0.0660	0.0910	6.6	9.1	1.27	1.57	2	3	990.57	978.47	1.44	1.49	0.60	79.40	77.75
4.10	74.75	0.00958	0.01866	0.3165	0.3857	0.0690	0.0940	6.9	9.4	1.30	1.58	3	4	978.44	977.43	1.52	1.52	0.60	7.06	6.91
1.13	20.65	0.03468	0.06753	0.4662	0.5697	0.1270	0.1760	12.7	17.6	0.53	0.65	4	5	977.4	977.36	1.55	1.63	0.60	3.62	3.56
3.82	69.73	0.0215	0.04142	0.4037	0.4909	0.1010	0.1380	10.1	13.8	1.54	1.88	5	6	977.33	970.71	1.66	1.41	0.60	53.54	52.48
4.95	90.26	0.03225	0.06145	0.4570	0.5539	0.1230	0.1680	12.3	16.8	2.26	2.74	6	7	970.68	965.1	1.44	1.43	0.60	25.24	24.7
7.29	369.57	0.01205	0.02276	0.3396	0.4112	0.0770	0.1040	12.833	17.333	2.48	3.00	7	8	963.1	958.3	3.43	1.53	0.60	34.06	32.9
5.08	257.57	0.02139	0.04026	0.4037	0.4865	0.1010	0.1360	16.833	22.667	2.05	2.47	8	9	958.27	952.31	1.56	1.47	0.60	53.25	50.29
5.91	299.59	0.01883	0.03543	0.3883	0.4685	0.0950	0.1280	15.833	21.333	2.30	2.77	9	10	952.28	945.23	1.50	1.42	0.60	44.85	42.26
6.16	312.35	0.0182	0.03424	0.3831	0.4639	0.0930	0.1260	15.5	21	2.36	2.86	10	21	945.2	941.52	1.45	1.40	0.60	21.05	19.81

RAMAL PRINCIPAL "B"

1.60	29.21	0.00362	0.00718	0.2328	0.2892	0.0430	0.0600	4.3	6	0.37	0.46	11	12	994.53	993.65	1.40	1.46	0.60	37.70	36.9
3.25	59.25	0.007	0.01363	0.2860	0.3508	0.0590	0.0810	5.9	8.1	0.93	1.14	12	13	993.62	986.68	1.49	1.42	0.60	73.45	71.91
4.53	82.69	0.00926	0.01803	0.3135	0.3831	0.0680	0.0930	6.8	9.3	1.42	1.74	13	14	986.65	974.32	1.45	1.40	0.60	65.61	64.21
4.88	88.97	0.01139	0.02204	0.3339	0.4062	0.0750	0.1020	7.5	10.2	1.63	1.98	14	15	974.29	969.66	1.43	1.43	0.60	21.37	20.91
5.40	98.54	0.01177	0.02269	0.3368	0.4112	0.0760	0.1040	7.6	10.4	1.82	2.22	15	16	969.63	961.26	1.46	1.46	0.60	32.11	31.44
2.71	49.53	0.03221	0.06188	0.4570	0.5539	0.1230	0.1680	12.3	16.8	1.24	1.50	16	17	961.23	957.53	1.49	1.42	0.60	56.19	55.01
0.88	16.00	0.11763	0.22582	0.6694	0.8079	0.2310	0.3230	23.1	32.3	0.59	0.71	17	18	957.5	957.3	1.45	2.08	0.60	34.93	34.33
0.88	16.00	0.12356	0.23667	0.6795	0.8158	0.2370	0.3310	23.7	33.1	0.60	0.72	18	19	957.27	957.1	2.11	3.26	0.60	46.72	46.19
4.16	75.89	0.03348	0.06393	0.4616	0.5598	0.1250	0.1710	12.5	17.1	1.92	2.33	19	20	957.07	944.93	3.29	1.81	0.60	137.40	135.76
2.78	50.74	0.05647	0.1076	0.5397	0.6524	0.1610	0.2210	16.1	22.1	1.50	1.81	20	21	944.9	941.09	1.84	1.83	0.60	69.62	68.46

EJE SECUNDARIO 2

5.20	94.87	0.00166	0.00329	0.1839	0.2257	0.0300	0.0410	3	4.1	0.96	1.17	12	2B	993.71	983.97	1.40	1.44	0.60	39.35	38.51
4.46	81.31	0.00321	0.00634	0.2257	0.2765	0.0410	0.0560	4.1	5.6	1.01	1.23	2B	3B	983.94	982.51	1.47	1.45	0.60	8.08	7.92
3.60	65.64	0.00709	0.01381	0.2892	0.3536	0.0600	0.0820	6	8.2	1.04	1.27	3B	5	982.48	977.58	1.48	1.42	0.60	42.20	41.31

EJE SECUNDARIO 1

4.27	77.83	0.00663	0.01291	0.2829	0.3452	0.0580	0.0790	5.8	7.9	1.21	1.47	1	1A	998.60	986.93	1.40	1.40	0.60	68.96	67.46
4.10	74.75	0.01747	0.03367	0.3778	0.4616	0.0910	0.1250	9.1	12.5	1.55	1.89	1A	2A	986.9	975.69	1.43	1.45	0.60	73.84	72.28
6.04	110.26	0.01272	0.02452	0.3452	0.4187	0.0790	0.1070	7.9	10.7	2.09	2.53	2A	3A	975.66	972.02	1.48	1.41	0.60	11.08	10.84
3.87	70.65	0.02122	0.04088	0.4012	0.4887	0.1000	0.1370	10	13.7	1.55	1.89	3A	7	971.99	965.13	1.44	1.40	0.60	50.06	48.99

EJE SECUNDARIO 3

1.72	31.32	0.01323	0.02578	0.3480	0.4260	0.0800	0.1100	8	11	0.60	0.73	16	1C	961.32	959.93	1.40	2.34	0.60	67.53	66.43
1.34	24.44	0.03135	0.06102	0.4523	0.5518	0.1210	0.1670	12.1	16.7	0.61	0.74	1C	2C	959.9	958.73	2.37	3.40	0.60	143.97	142.45
1.48	26.93	0.03213	0.06221	0.4546	0.5559	0.1220	0.1690	12.2	16.9	0.67	0.82	2C	8	958.7	958.43	3.43	1.40	0.60	22.90	22.61

EJE SECUNDARIO 4

2.26	41.31	0.00508	0.01004	0.2602	0.3194	0.0510	0.0700	5.1	7	0.59	0.72	1F	14	973.48	972.53	1.40	3.19	0.60	32.94	32.5
------	-------	---------	---------	--------	--------	--------	--------	-----	---	------	------	----	----	--------	--------	------	------	------	-------	------

EJE SECUNDARIO 5

4.39	79.99	0.00262	0.00518	0.2110	0.2602	0.0370	0.0510	3.7	5.1	0.93	1.14	1G	17	960.60	957.55	1.40	1.40	0.60	17.12	16.75
------	-------	---------	---------	--------	--------	--------	--------	-----	-----	------	------	----	----	--------	--------	------	------	------	-------	-------

EJE SECUNDARIO 6

1.96	35.77	0.00149	0.00296	0.1758	0.2184	0.0280	0.0390	2.8	3.9	0.34	0.43	1H	2H	961.16	959.36	1.40	2.07	0.60	62.55	61.46
1.96	35.77	0.00149	0.00296	0.1758	0.2184	0.0280	0.0390	2.8	3.9	0.34	0.43	2H	19	959.33	957.61	2.10	2.75	0.60	83.51	82.47

EJE SECUNDARIO 8

3.92	71.55	0.00365	0.00721	0.2328	0.2892	0.0430	0.0600	4.3	6	0.91	1.13	1E	2E	951.02	949.39	1.40	1.43	0.60	11.47	11.22
2.89	52.66	0.00884	0.01721	0.3075	0.3778	0.0660	0.0910	6.6	9.1	0.89	1.09	2E	2D	949.36	947.8	1.46	1.44	0.60	20.81	20.37

EJE SECUNDARIO 7

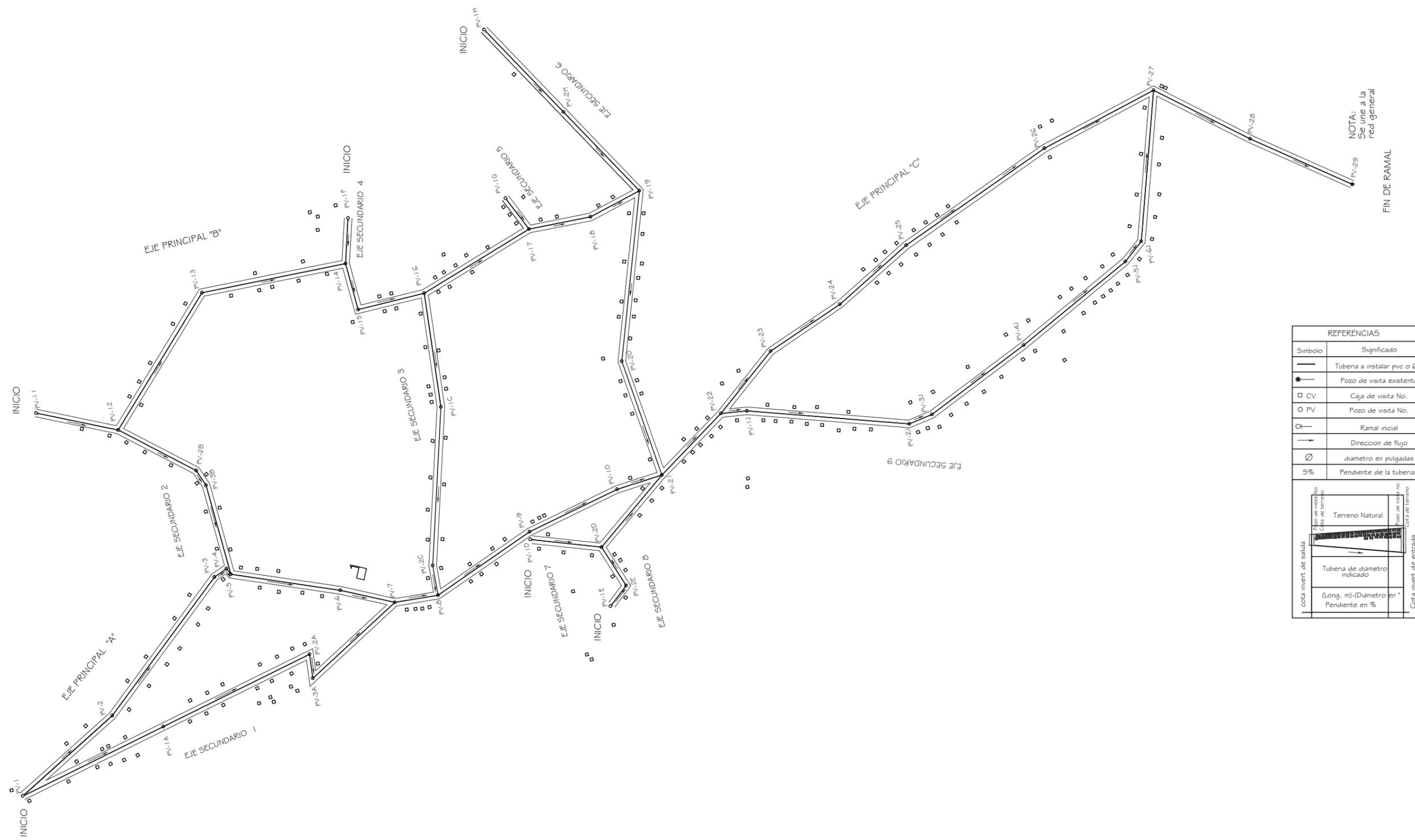
3.94	71.84	0.00292	0.00577	0.2184	0.2701	0.0390	0.0540	3.9	5.4	0.86	1.06	1D	2D	952.38	947.83	1.40	1.41	0.60	31.65	30.97
4.06	74.04	0.01169	0.02263	0.3339	0.4087	0.0750	0.1030	7.5	10.3	1.36	1.66	2D	21	947.8	941.46	1.44	1.46	0.60	42.95	42.05

EJE SECUNDARIO 9

3.60	65.76	0.00081	0.00161	0.1454	0.1839	0.0210	0.0300	2.1	3	0.52	0.66	22	1J	938.37	936.98	1.40	1.40	0.60	13.11	11.28
3.53	64.46	0.01034	0.02013	0.3223	0.3961	0.0710	0.0980	7.1	9.8	1.14	1.40	1J	2J	936.95	928.63	1.43	1.43	0.60	73.10	71.54
3.02	55.08	0.01481	0.02867	0.3590	0.4405	0.0840	0.1160	8.4	11.6	1.08	1.33	2J	3J	928.6	927.69	1.46	1.45	0.60	11.22	10.99
4.07	74.27	0.01627	0.03137	0.3699	0.4523	0.0880	0.1210	8.8	12.1	1.51	1.84	3J	4J	927.66	919.86	1.48	1.48	0.60	53.65	52.55
3.86	70.34	0.02743	0.05254	0.4333	0.5273	0.1130	0.1550	11.3	15.5	1.67	2.03	4J	5J	919.83	911.82	1.51	1.44	0.60	61.06	59.8
4.34	79.19	0.02496	0.04781	0.4211	0.5125	0.1080	0.1480	10.8	14.8	1.83	2.22	5J	6J	911.79	909.8	1.47	1.40	0.60	11.63	11.38
4.22	76.91	0.0306	0.05846	0.4500	0.5458	0.1200	0.1640	12	16.4	1.90	2.30	6J	27	909.77	898.76	1.43	1.42	0.60	67.98	66.53

RAMAL PRINCIPAL "C"

4.23	214.23	0.04314	0.08029	0.4975	0.5984	0.1410	0.1910	23.5	31.833	2.10	2.53	21	22	941.04	937.89	1.88	1.88	0.60	50.42	48.15
2.71	137.28	0.06792	0.12636	0.5697	0.6844	0.1760	0.2400	29.333	40	1.54	1.85	22	23	937.86	936.65	1.91	1.90	0.60	47.96	45.84
4.76	241.00	0.03869	0.07198	0.4820	0.5794	0.1340	0.1810	22.333	30.167	2.29	2.76	23	24	936.62	932.71	1.93	1.93	0.60	50.81	48.59
6.45	641.00	0.015	0.02788	0.3618	0.4357	0.0850	0.1140	19.833	26.6	2.33	2.81	24	25	932.61	927.73	2.03	1.65	0.80	68.51	63.89
6.83	678.09	0.01466	0.02723	0.3590	0.4333	0.0840	0.1130	19.6	26.367	2.45	2.96	25	26	922.73	912.33	6.65	1.64	0.80	293.49	284.7
6.80	675.34	0.01496	0.02779	0.3618	0.4357	0.0850	0.1140	19.833	26.6	2.46	2.96	26	27	905.9	898.57	8.07	1.61	0.80	251.15	244.71
5.27	523.38	0.02316	0.04282	0.4137	0.4975	0.1050	0.1410	24.5	32.9	2.18	2.62	27	28	898.54	894.57	1.64	1.59	0.80	73.44	67.81
5.56	552.48	0.02194	0.04057	0.4062	0.4887	0.1020	0.1370	23.8	31.967	2.26	2.72	28	29	894.54	889.97	1.62	1.55	0.80	74.51	68.69



REFERENCIAS	
Simbolo	Significado
—	Tubena a instalar pvc o Ø
●	Pozo de visita existente
□	Caja de visita No.
○	Pozo de visita No.
○—	Ramal inicial
→	Direccion de flujo
Ø	diametro en pulgadas
S%	Pendiente de la tubena

Cota invert de salida		Cota invert de entrada
	(Long. m)-(Diametro en ") Pendiente en %	

NOTA:
Se une a la
red general

FIN DE RAMAL

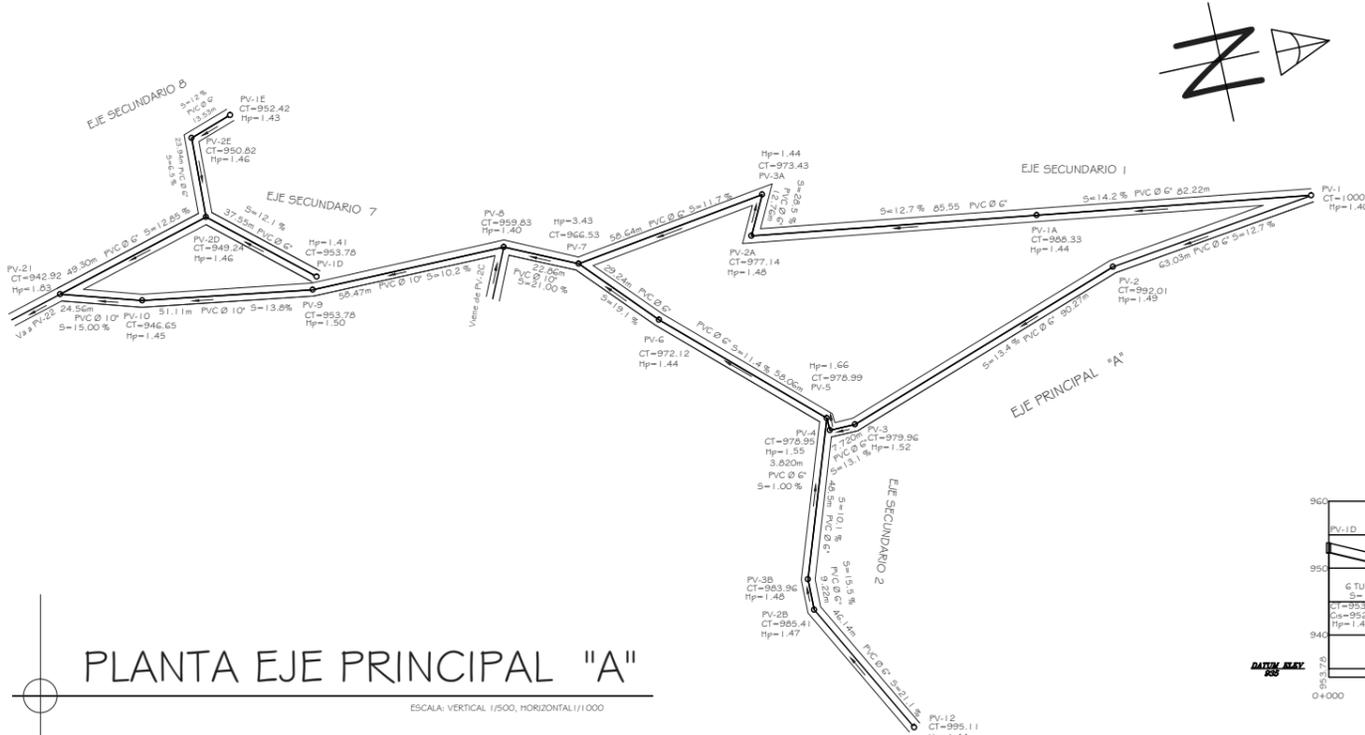
DENSIDAD DE VIVIENDA ALDEA PIEDRA GRANDE

ESCALA: 1/1000



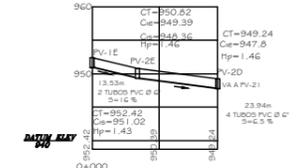
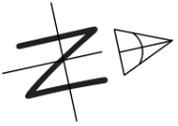
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO
 PARA LA ALDEA PIEDRA GRANDE
 MPO. DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES	CONTIENE: DENSIDAD DE VIVIENDEA	HOJA 1 5
CALCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES	ASESOR DE EPS: ING. LUIS ALFONSO VILLI	



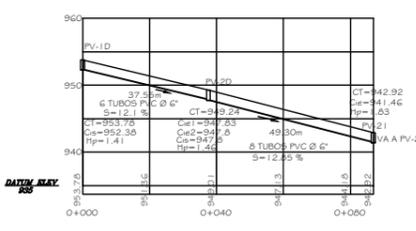
PLANTA EJE PRINCIPAL "A"

ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



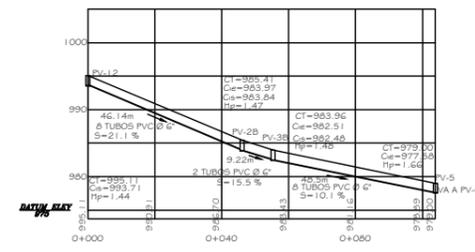
EJE SECUNDARIO 8

ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



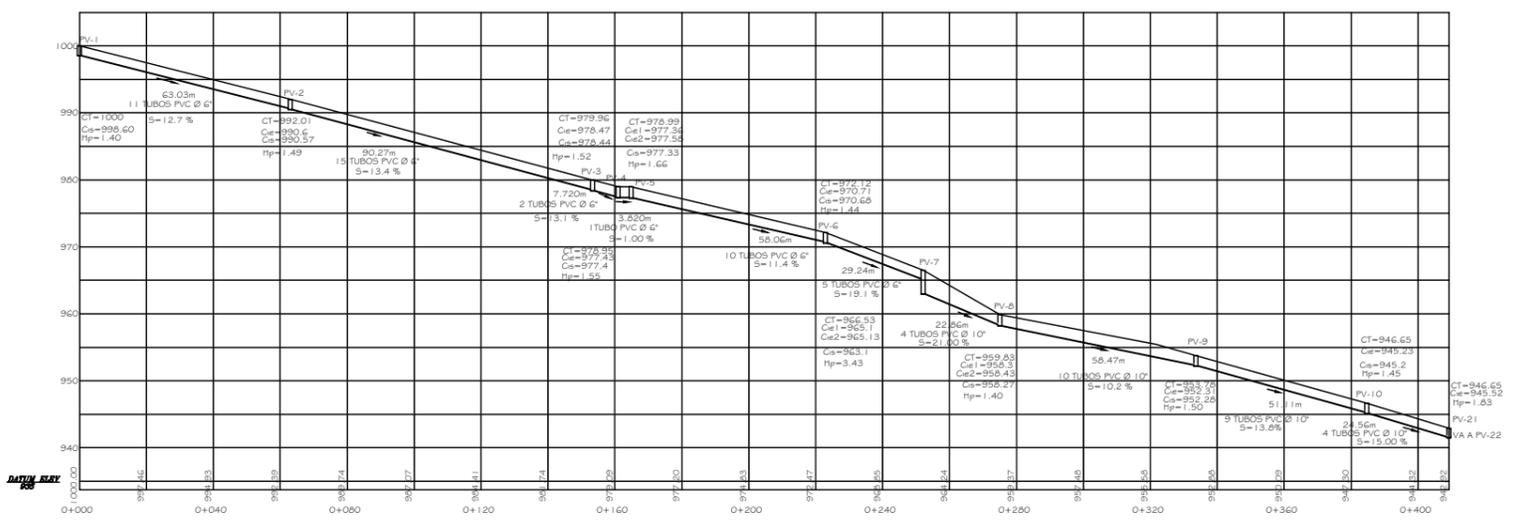
EJE SECUNDARIO 7

ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



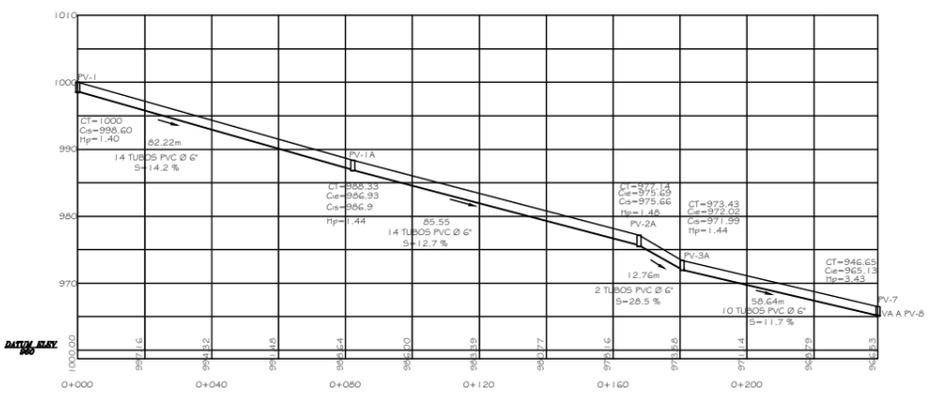
EJE SECUNDARIO 2

ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



EJE PRINCIPAL "A"

ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



EJE SECUNDARIO 1

ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000

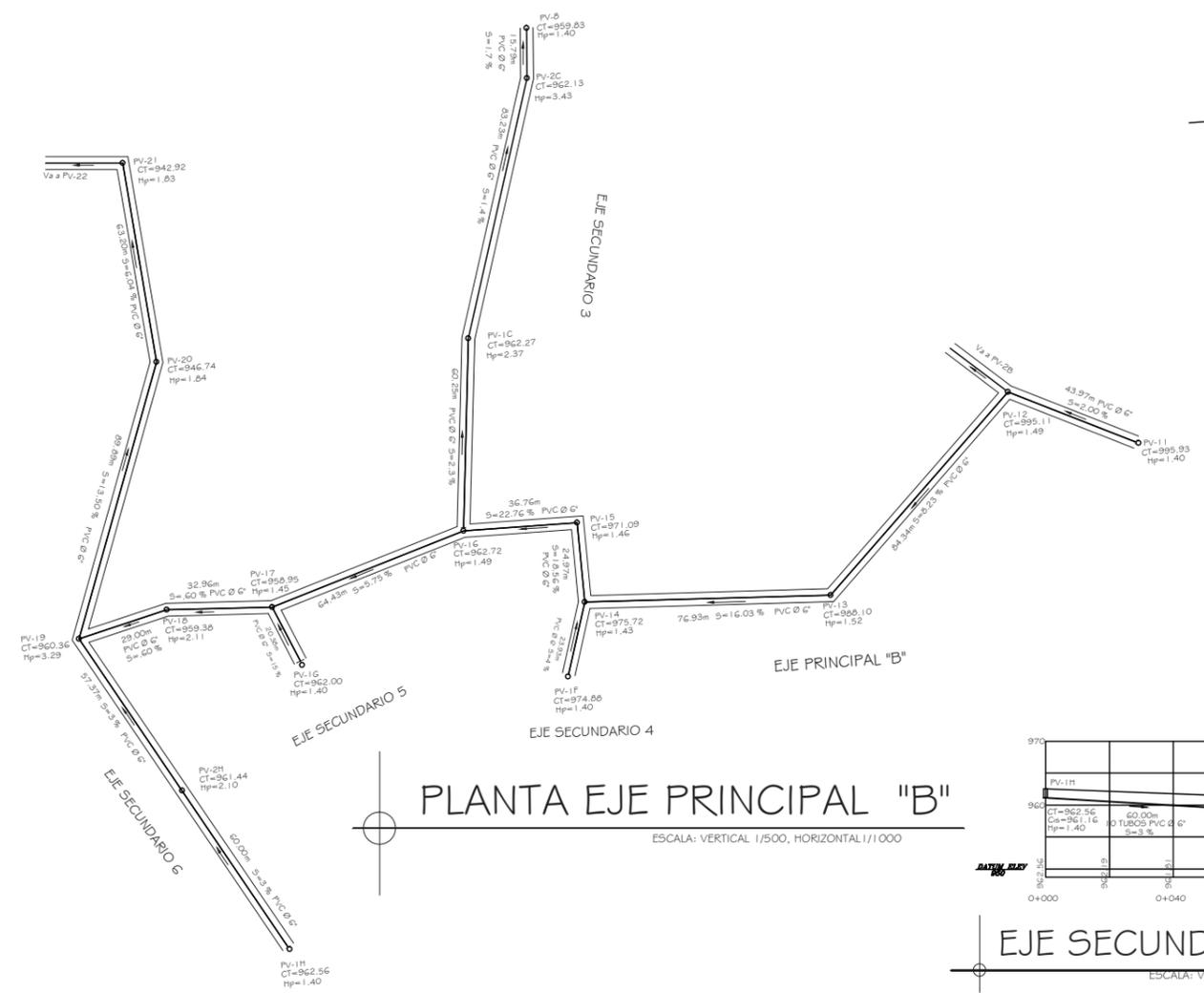
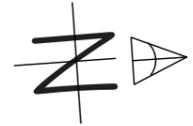
REFERENCIAS	
Simbolo	Significado
—	Tubena a instalar pvc o Ø
●	Pozo de visita existente
□ CV	Caja de visita No.
○ PV	Pozo de visita No.
—○—	Ramal inicial
→	Direccion de flujo
Ø	diametro en pulgadas
5%	Pendiente de la tubena

Cota invert de salida		Cota invert de entrada
		Pozo de visita no.
		Cota de terreno



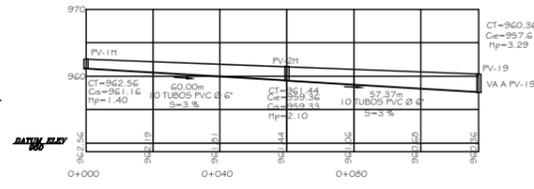
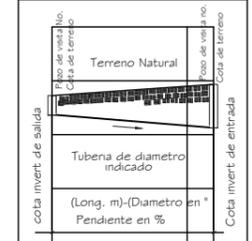
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
 DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO
 PARA LA ALDEA PIEDRA GRANDE
 MPO. DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES	CONTIENE: PLANTA-PERFIL EJE PRINCIPAL A	HOJA 2 / 5
CALCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES	DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES	
ESCALA: 1:1000 Horizontal 1:500 Vertical	REVISOR DE EPS: ING. LUIS ALFARERO VILLI	ALCALDE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ: DR. MARCO ANTONIO ORTIZ
FECHA: OCTUBRE DEL 2010		



PLANTA EJE PRINCIPAL "B"
ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000

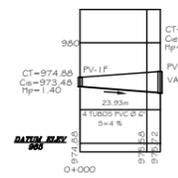
REFERENCIAS	
—	Tubena a instalar pvc o Ø
●	Pozo de visita existente
□ CV	Caja de visita No.
○ PV	Pozo de visita No.
—	Ramal inicial
—	Direccion de flujo
Ø	diametro en pulgadas
5%	Pendiente de la tubena



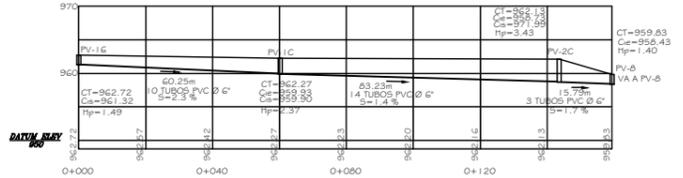
EJE SECUNDARIO 5
ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



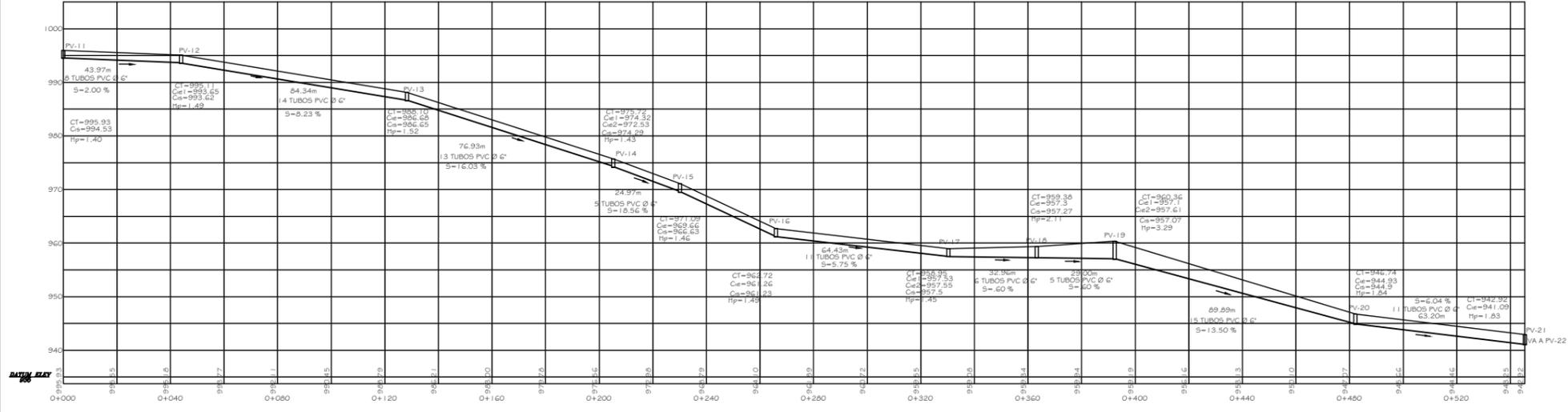
EJE SECUNDARIO 6
ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



EJE SECUNDARIO 4
ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



EJE SECUNDARIO 3
ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



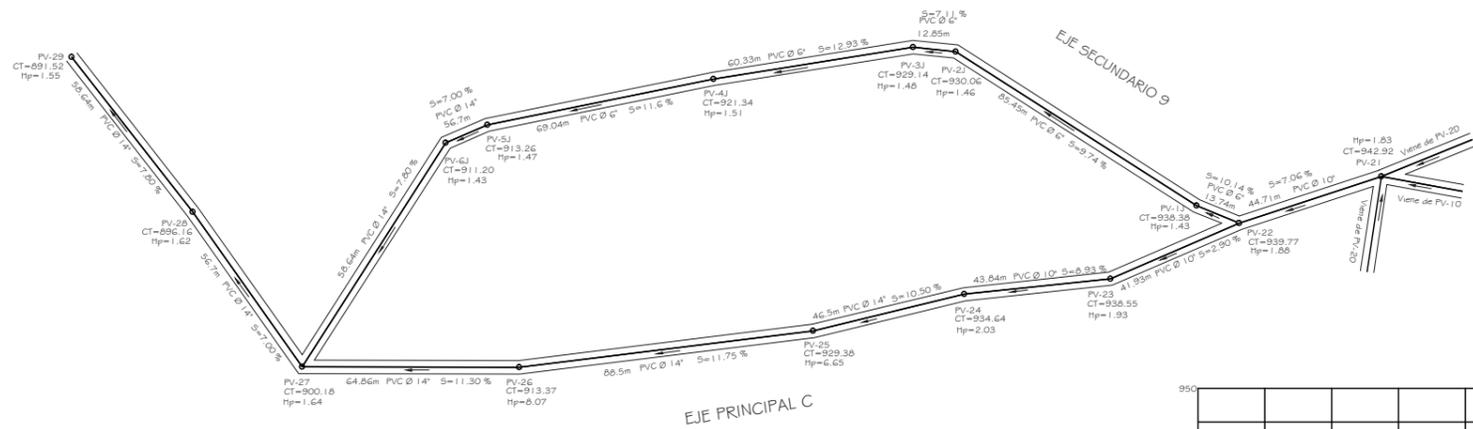
EJE PRINCIPAL "B"
ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO
PARA LA ALDEA PIEDRA GRANDE
MPO. DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES CALCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES DIBUJO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES ESCALA: 1:1000 Horizontal 1:500 Vertical FECHA: OCTUBRE DEL 2010	CONTIENE: PLANTA-PERFIL EJE PRINCIPAL B	HOJA 3 5
---	--	----------------

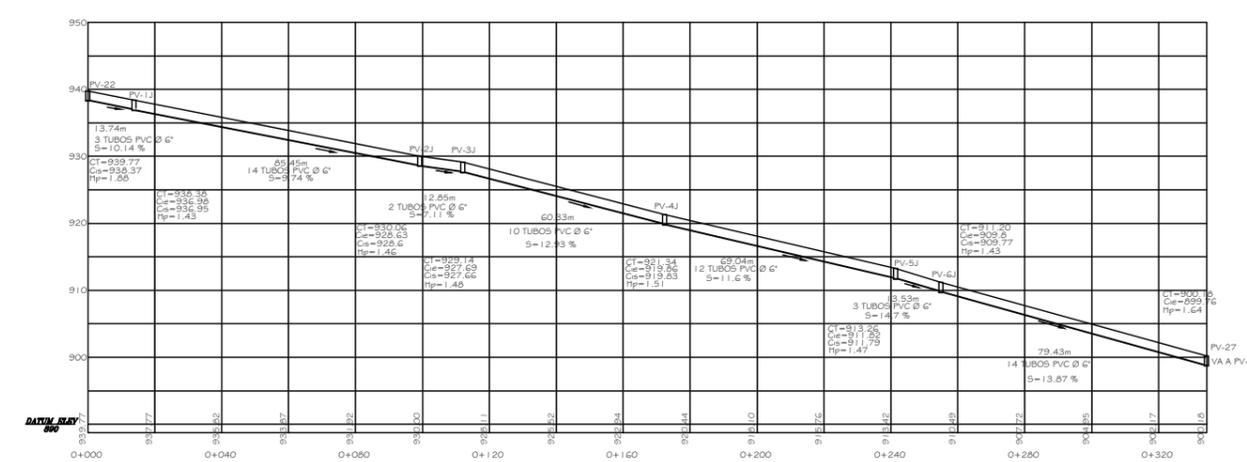
ASESOR DE EPS: ING. LUIS ALFONSO VILLI
ALCALDE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ: DR. MARCO ANTONIO ORTIZ



REFERENCIAS	
—	Significado
—	Tubera a instalar pvc Ø
●	Pozo de visita existente
□ CV	Caja de visita No.
○ PV	Pozo de visita No.
—	Ramal inicial
→	Direccion de flujo
Ø	diámetro en pulgadas
S%	Pendiente de la tubera

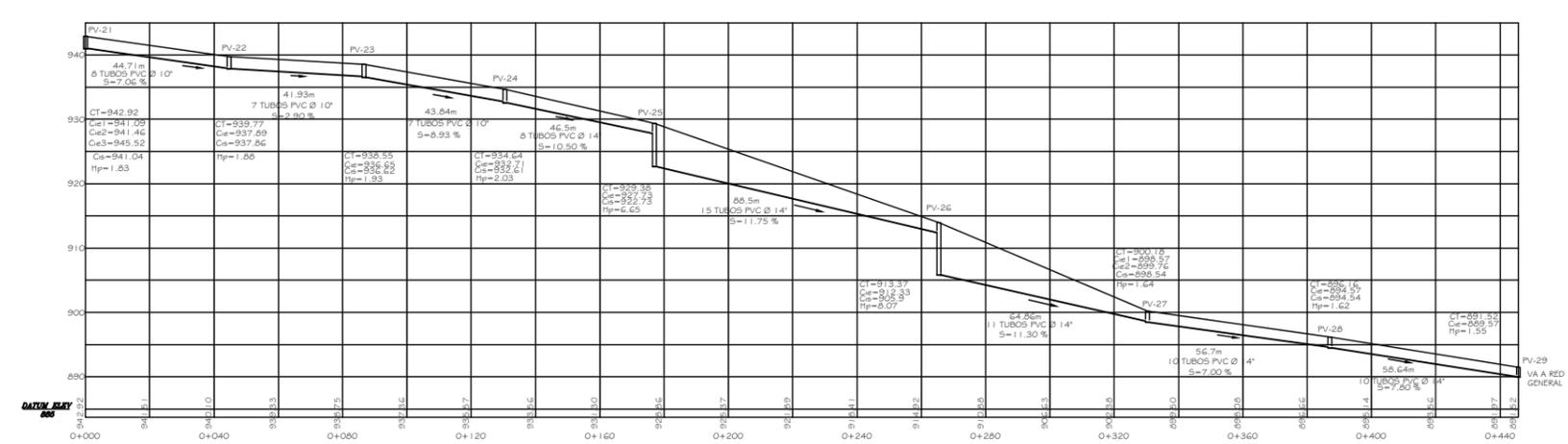
PLANTA EJE PRINCIPAL "C"

ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



EJE SECUNDARIO 9

ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000



EJE PRINCIPAL "C"

ESCALA: VERTICAL 1/500, HORIZONTAL 1/1000

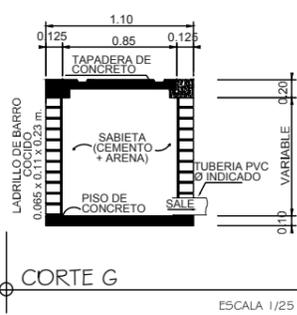
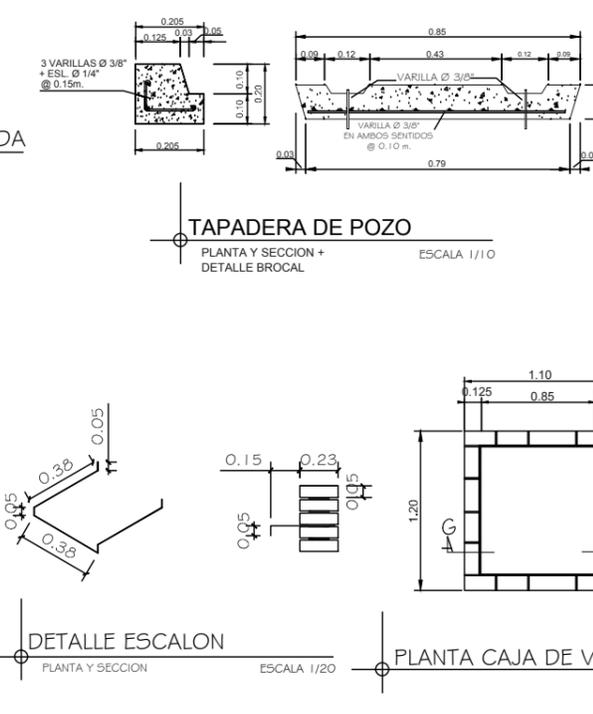
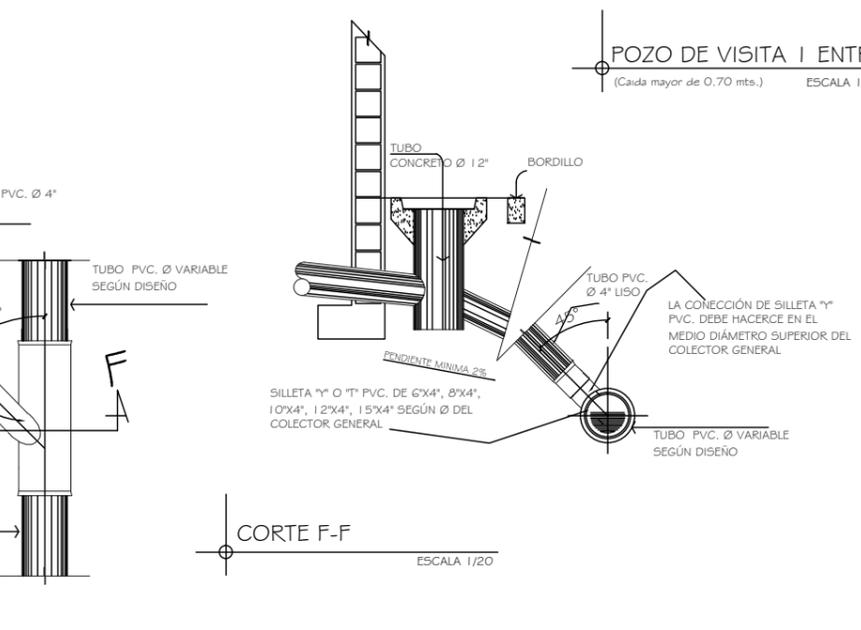
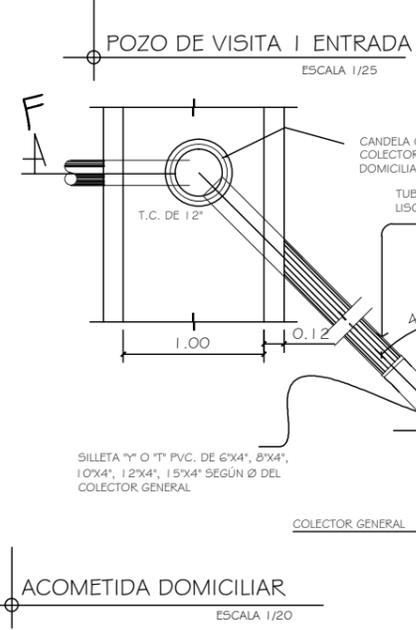
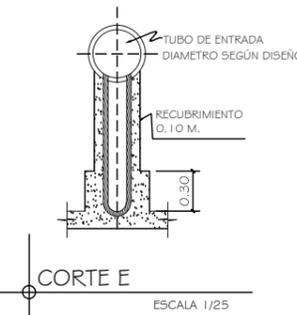
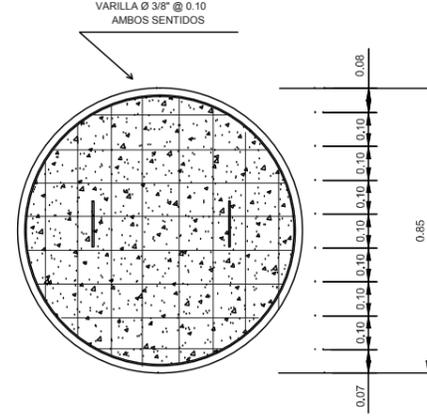
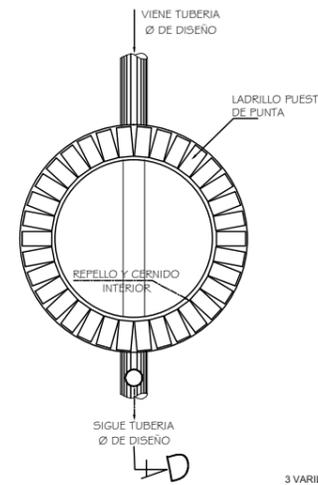
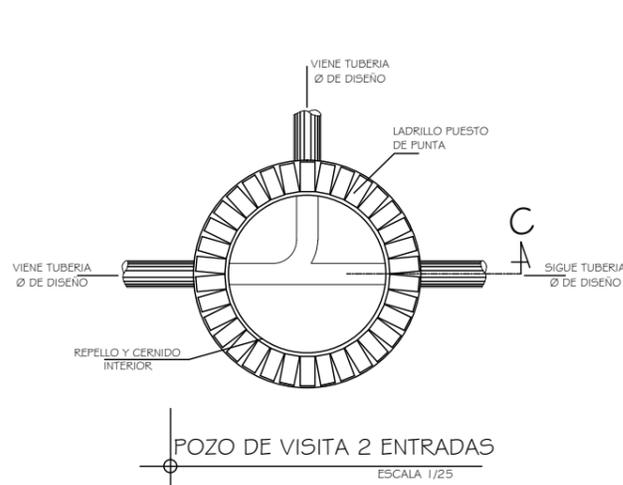
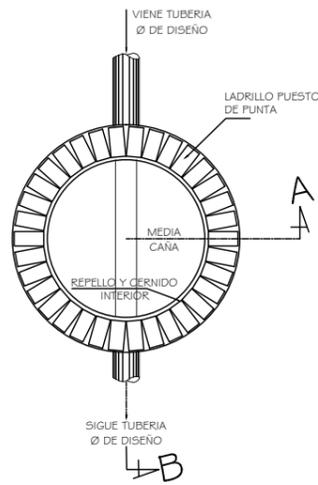
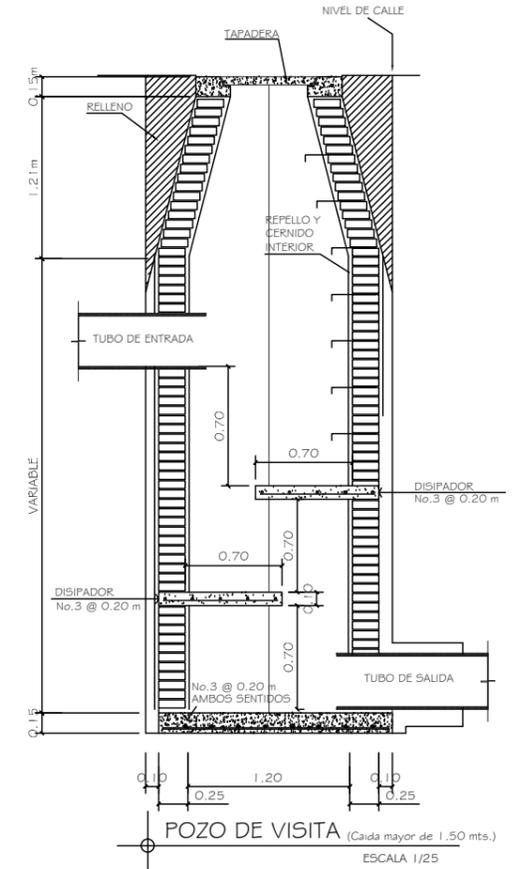
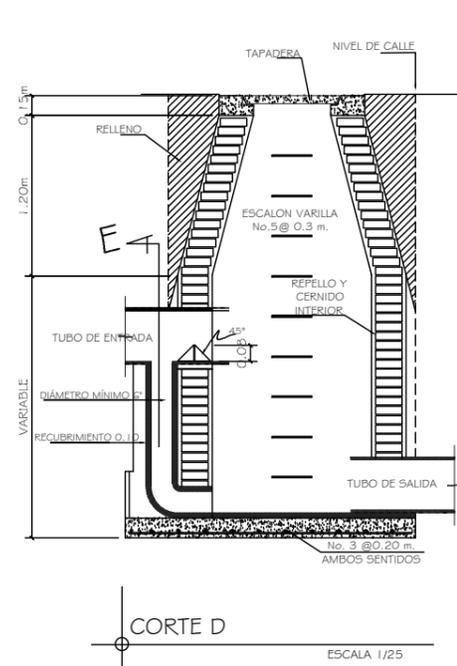
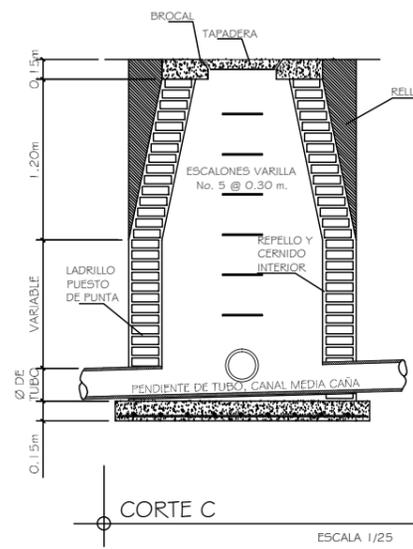
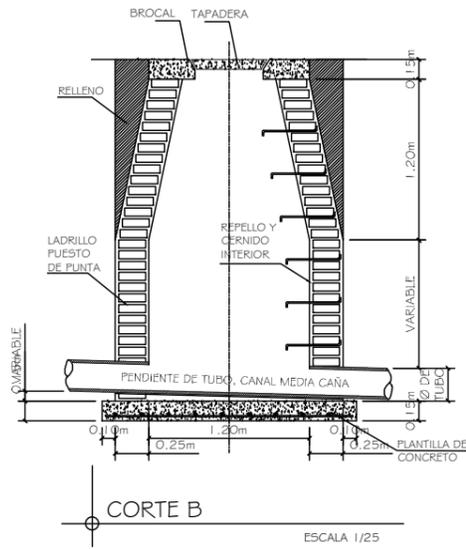
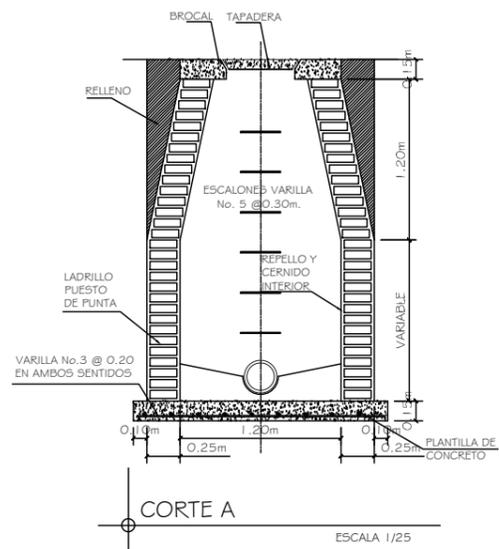


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
DISEÑO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO
PARA LA ALDEA PIEDRA GRANDE
MPO. DE SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

DISEÑO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES	CONTIENE: PLANTA-PERFIL EJE PRINCIPAL C	HOJA 4 5
CALCULO: JULIO ARMANDO MIRANDA FUENTES	ASESOR DE EPS: ING. LUIS ALFARERO VELIZ	

POZO DE VISITA TÍPICO

POZO DE VISITA CON 2 ENTRADAS



- ESPECIFICACIONES:**
- ACERO:**
1.-El acero deberá tener un $f_y = 2.800 \text{ kg/cm}^2$.
- CONCRETO:**
1.-El concreto deberá tener un $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
2.-Relación de agua/cemento máxima permisible será de 27 lbs./saco de cemento.
3.-El agregado grueso (piedrín) deberá tener un ϕ mínimo de $\frac{1}{2}$ " y un máximo de $1 \frac{1}{2}$ ".
4.-La proporción para un metro cúbico de concreto será 0.44 metros cúbicos de arena de río, 0.89 metros cúbicos de piedrín y 8 sacos de cemento portland tipo 1.
5.-El recubrimiento mínimo para la base será de 7.5 cm. En brocal y tapadera será de 3 a 5 cm.
- TUBERIA DE PVC:**
1.-La tubería será conforme a la nomra ASTM D3034.
2.- El diametro a utilizar sera de 6", 10" y 14" con excepción de las acometidas domiciliars que sera un diametro de 4".
3.- Toda la tubería se colocara alineada y con el desnivel, indicado en los planos.
- NOTA:**
Los brocales y tapaderas de los pozos deberán curarse, según especificaciones ACI. antes de su instalación.