



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA MANO DE
LEÓN Y ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA EL RECUERDO,
JOCOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**

Stephanie Brenda Lissette Molina Aj

Asesorado por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano

Guatemala, octubre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA MANO DE
LEÓN Y ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA EL RECUERDO,
JOCOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

STEPHANIE BRENDA LISSETTE MOLINA AJ
ASESORADO POR EL ING. SILVIO JOSÉ RODRÍGUEZ SERRANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA CIVIL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco
EXAMINADORA	Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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 POR BOMBEO PARA LA ALDEA MANO DE LEÓN Y ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA EL RECUERDO, JOCOTENANGO, SACATEPÉQUEZ

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 22 de noviembre 2016.

Stephanie Brenda Lissette Molina Aj



Guatemala, 01 de agosto de 2018.

REF.EPS.DOC.612.08.2018

Inga. Christa Classon de Pinto
Directora
Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Classon de Pinto:

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Stephanie Brenda Lissette Molina Aj**, Registro Académico 201020958 y CUI 2426 13691 0101, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA MANO DE LEÓN Y ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA EL RECUERDO, JOCOTENANGO, SACATEPÉQUEZ.**

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

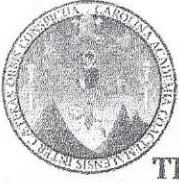
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de EPS
Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo.
SJRS/ra



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



Guatemala,
20 de agosto de 2018

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 POR BOMBEO PARA LA ALDEA MANO DE LEÓN Y ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA EL RECUERDO, JOCOTENANGO, SACATEPÉQUEZ** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Stephanie Brenda Lissette Molina Aj, con CUI 2426136910101 Registro Académico No. 201020958, quien contó con la asesoría del Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

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

/mrrm.



Mas de 137 años de Trabajo y Mejora Continua



Guatemala, 22 de agosto de 2018
Ref.EPS.D.687.08.18

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

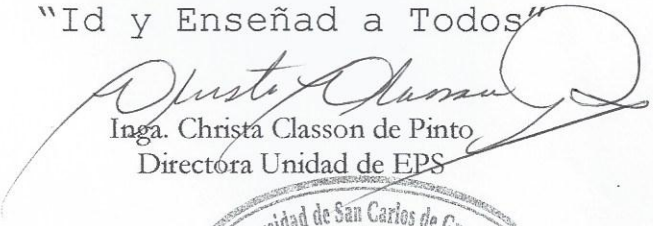
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA MANO DE LEÓN Y ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA EL RECUERDO, JOCOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Stephanie Brenda Lissette Molina Aj, Registro Académico 201020958 y CUI 2426 13691 0101**, quien fue debidamente asesorada y supervisada por el Ing. Silvio José Rodríguez Serrano.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por el Asesor-Supervisor, y 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. Christa Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Silvio José Rodríguez Serrano y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación de la estudiante Stephanie Brenda Lissette Molina Aj **DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA MANO DE LEÓN Y ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA EL RECUERDO, JOCOTENANGO, SACATEPÉQUEZ** da por éste medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, octubre 2018
/mrrm.

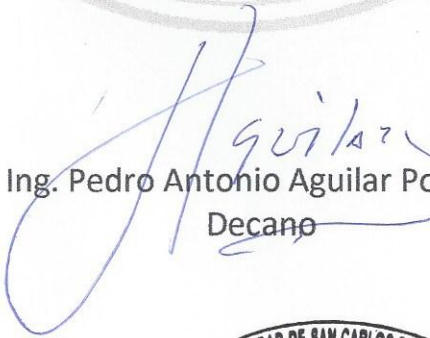
Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua





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 POR BOMBEO PARA LA ALDEA MANO DE LEÓN Y ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA LA COLONIA EL RECUERDO, JOCOTENANGO, SACATEPÉQUEZ**, presentado por la estudiante universitaria: **Stephanie Brenda Lissette Molina Aj**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2018

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Porque es quien guía cada uno de mis actos y me dio la sabiduría para poder culminar mi carrera.
- Mis padres** Lic. Jorge Molina y Licda. Brenda Cano de Molina, por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida y por ser mi ejemplo a seguir.
- Mi hermano** Jonathan Molina, quien con su cariño me demuestra su apoyo y me motiva a seguir mis sueños.
- Mis abuelos** Leocadio Aj Mendoza, Rumualda Cano (q. e. p. d.), Rogelio Molina (q. e. p. d.) y Profa. María Palacios (q. e. p. d.), quienes con su amor y consejos me dieron fuerzas para seguir adelante y nunca dejarme vencer
- Mi familia** Tíos, especialmente a Jaime Cano y primos, por mantener siempre la unión familiar, por estar pendientes de mí y por su cariño

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por todas las bendiciones en mi vida que demuestran su grandeza y su inmenso amor
- Mis padres** Lic. Jorge Molina y Licda. Brenda Cano de Molina, por los sacrificios realizados para lograr alcanzar otra meta más y ser el principal motor de mi vida para lograr culminar mis metas.
- Mi hermano** Jonathan Molina, por su gran apoyo y motivación en alcanzar este título
- Mis abuelos** Leocadio Aj Mendoza, Rumualda Cano (q. e. p. d.), Rogelio Molina (q. e. p. d.) y Profa. María Palacios (q.e.p.d.), por estar siempre a mi lado y creer en mí.
- Mi familia** Tíos, tías, primos y primas, por su ayuda y ánimos para concluir este trabajo.
- Mi novio** José Sánchez, por ser ese gran apoyo en mi vida y en toda la carrera, por su amor, ayuda, paciencia y consejos que me llevaron a terminar este sueño. Gracias por estar a mi lado siempre y creer en mí.

Mis amigos

Con los que inicié la carrera Isabel Juárez, Arturo Monterroso, Axel Corado, Rafael Ochoa, Otto Tello, Andrea García ya que iniciamos compartiendo un sueño y son los primeros mejores amigos que me brindo la carrera, a los que encontré a lo largo de la carrera, Kevin Orozco, German Choc, Alexandra García, Rodrigo Villagran, Raúl Rodríguez por el apoyo, amistad y cariño para poder salir adelante y culminar esta meta.

Mi asesor

Ing. Silvio Rodríguez, por su paciencia, apoyo y valiosa asesoría para concluir con éxito esta etapa de mi carrera.

**Municipalidad de
Jocotenango**

Por abrir las puertas de sus instalaciones, el apoyo y cariño brindado para la realización del EPS.

Facultad de Ingeniería

Por darme la formación académica y profesional durante estos años.

Catedráticos

Por compartir sus conocimientos, su apoyo y su amistad a lo largo de la carrera.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Por ser mi *alma mater*, brindarme los conocimientos y formarme como profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Monografía de la cabecera municipal y la aldea Mano de León en Jocotenango, Sacatepéquez.....	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.2. Límites y colindancias.....	1
1.1.3. Accesos y comunicaciones.....	2
1.1.4. Topografía e hidrografía	3
1.1.5. Aspectos climáticos	3
1.1.6. Actividad económica.....	3
1.1.7. Educación.....	4
1.1.8. Población y demografía	5
1.2. Principales necesidades del municipio.....	6
1.2.1. Sistema de alcantarillado pluvial	7
1.2.2. Abastecimiento de agua potable por bombeo	7
2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL	9
2.1. Diseño de alcantarillado pluvial en la colonia El Recuerdo del municipio de Jocotenango	9
2.1.1. Descripción del proyecto	9

2.1.2.	Levantamiento topográfico	10
2.1.2.1.	Altimetría	10
2.1.2.2.	Planimetría	10
2.1.3.	Diseño del sistema	11
2.1.3.1.	Descripción del sistema por utilizar	11
2.1.3.2.	Probabilidad de ocurrencia	12
2.1.3.3.	Características del subsuelo.....	12
2.1.3.4.	Determinación coeficiente de escorrentía.....	12
2.1.3.5.	Determinación de lugares de descarga ..	15
2.1.3.6.	Determinación de áreas tributarias	15
2.1.3.7.	Intensidad de lluvia	16
2.1.3.8.	Pendiente de tubería	18
2.1.3.9.	Diámetro de tubería	19
2.1.3.10.	Velocidades y caudales para flujo libre...	20
2.1.3.11.	Revisión de relaciones.....	21
2.1.3.12.	Cotas invert	21
2.1.3.13.	Ejemplo de diseño de un tramo	22
2.1.3.14.	Profundidad de pozos de visita.....	32
2.1.4.	Diseño de tragante	33
2.1.5.	Ubicación de desfogues	35
2.1.6.	Estudio de impacto ambiental	35
2.1.6.1.	Definición.....	35
2.1.6.2.	Actividades relevantes en las distintas etapas del proyecto	36
2.1.7.	Presupuesto	38
2.2.	Diseño de distribución de agua potable por bombeo en la aldea Mano de León del municipio de Jocotenango, Sacatepéquez.....	39

2.2.1.	Estudio de población	39
2.2.1.1.	Proyección de proyecto.....	39
2.2.1.2.	Descripción del proyecto.....	39
2.2.1.3.	Determinación de población de diseño ...	40
2.2.2.	Tipos de fuente	43
2.2.2.1.	Abastecimiento actual de población.....	43
2.2.2.2.	Estudio sobre demanda de agua potable	44
2.2.3.	Levantamiento topográfico	44
2.2.3.1.	Altimetría.....	44
2.2.3.2.	Planimetría.....	44
2.2.4.	Diseño del sistema	45
2.2.4.1.	Dotación.....	45
2.2.4.2.	Parámetros de diseño	46
2.2.4.2.1.	Caudal medio diario.....	46
2.2.4.2.2.	Caudal máximo diario.....	47
2.2.4.2.3.	Caudal máximo horario ..	48
2.2.4.2.4.	Caudal de vivienda	49
2.2.4.2.5.	Caudal de bombeo	50
2.2.5.	Estudio de la calidad de agua.....	50
2.2.5.1.	Examen bacteriológico.....	51
2.2.5.2.	Examen fisicoquímico	52
2.2.6.	Aforo de fuente	52
2.2.7.	Diseño del sistema por bombeo	53
2.2.7.1.	Diseño de la tubería por impulsión.....	53
2.2.7.1.1.	Tubería de succión.....	54
2.2.7.1.2.	Tubería de descarga	55
2.2.7.2.	Altura neta de succión	56

2.2.7.2.1.	Altura neta de succión positiva.....	56
2.2.7.2.2.	Altura neta de succión positiva disponible en bombeo vertical.....	57
2.2.7.3.	Carga dinámica	58
2.2.7.3.1.	Carga dinámica total en bombeo horizontal.....	60
2.2.7.3.2.	Carga dinámica total en bombeo vertical.....	62
2.2.8.	Sobre presión por golpe de ariete	63
2.2.9.	Potencia de la bomba.....	64
2.2.10.	Diseño del equipo de bombeo.....	64
2.2.11.	Diseño de la línea de conducción.....	65
2.2.12.	Diseño de línea de distribución	73
2.2.13.	Sistema de desinfección	84
2.2.14.	Tanque de almacenamiento	86
2.2.15.	Estudio de impacto ambiental	100
2.2.15.1.	Actividades relevantes en las distintas etapas del proyecto	100
2.2.16.	Presupuesto	102
CONCLUSIONES.....		103
RECOMENDACIONES		105
BIBLIOGRAFÍA.....		107
APÉNDICES.....		109
ANEXOS.....		115

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Áreas Tributarias.....	16
2.	Componentes de altura en instalaciones de bombas sumergibles	58
3.	Distribución de agua potable en circuito cerrado	75
4.	Distribución de caudales en red de distribución.....	76
5.	Ubicación de momentos en losa	87
6.	Momentos en losa superior	92
7.	Tanque de almacenamiento.....	95

TABLAS

I.	Valores para coeficiente de escorrentía	13
II.	Intensidad de lluvia.	18
III.	Ancho libre de zanja dependiendo de la profundidad y diámetro de la tubería	19
IV.	Profundidades mínimas de cotas invert	22
V.	Relaciones hidráulicas sección circular.....	24
VI.	Datos 8 a 9, 3 a 9 y 9 a 10	28
VII.	Cálculo de cotas invert.....	31
VIII.	Profundidad de pozos de visita	32
IX.	Resumen del presupuesto del drenaje pluvial colonia El Recuerdo, Jocotenango.....	38
X.	Valores de dotación	46
XI.	Valores de módulo de elasticidad volumétrica de materiales.....	64

XII.	Costo por mes de tubería	68
XIII.	Pérdidas en tuberías.....	69
XIV.	Cálculo de potencia	69
XV.	Rendimiento de combustibles.....	70
XVI.	Costo por bombeo	71
XVII.	Costo total.....	71
XVIII.	Distribución de viviendas en las tuberías secundarias	75
XIX.	Diámetros de la tubería utilizada en los tramos	78
XX.	Pérdidas en las tuberías en los tramos.....	79
XXI.	Método de Hardy-Cross (balance de caudales).....	80
XXII.	Método de Hardy-Cross (balance de caudales).....	81
XXIII.	Hipoclorito de calcio para solución al 0.....	85
XXIV.	Datos para diseño de muros.....	94
XXV.	Momentos y peso de muro	95
XXVI.	Resumen de costos del proyecto de agua potable en la aldea Mano de León.....	102

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amortización
Asmín	Área de acero mínimo
Á	Área tributaria
CDT	Carga dinámica total
CU	Carga última
Q	Caudal
Qb	Caudal de bombeo
Qd	Caudal de diseño
Qe	Caudal de entrada
Qm	Caudal medio diario
Qmd	Caudal máximo diario
Qmh	Caudal máximo horario
Qs	Caudal de salida
Qv	Caudal de vivienda
C	Coefficiente de escorrentía
Ka	Coefficiente de presión activa
n	Coefficiente de rugosidad del material
Ø	Diámetro
Di	Diámetro interno
Dot	Dotación
T	Espesor de losa
Fmd	Factor máximo diario
FMH	Factor máximo horario

Gal	Galones
°C	Grados centígrados
Has	Hectáreas
I	Intensidad de lluvia
a	Lado corto de losa
b	Lado largo de losa
lts/hab/día	Litro por habitante por día
lts/seg	Litro por segundo
L	Longitud
m.c.a	Metro columna de agua
m²	Metro cuadrado
m	Metros
m/seg	Metros por segundo
mm/h	Milímetro por hora
min	Minutos
k	Módulo de elasticidad volumétrica del agua
S	Pendiente
H_f	Pérdida por fricción de la tubería
W	Peso
P_f	Población futura
P_o	Población inicial
P	Potencia
f'c	Resistencia a la compresión del concreto
f'y	Resistencia a la fluencia del acero
i	Tasa de crecimiento poblacional
t_n	Tiempo de concentración
t_{n-1}	Tiempo de concentración hasta el tramo anterior
V	Velocidad
V_{n-1}	Velocidad a sección llena

GLOSARIO

ACI	<i>American Concrete Institute.</i>
Aforo	Medir el caudal de agua de una fuente determinada.
Agua potable	Agua sanitariamente segura para el consumo humano y agradable a los sentidos.
Alcantarillado	Sistema de tuberías usado para trasportar agua residuales, industriales y pluviales hasta verterlas en un apropiado lugar.
Área tributaria	Área de carga que afecta a un elemento estructura.
Bombeo	Transportar un fluido de un lugar a otro más alto, por medio de una bomba.
Caudal	Cantidad de flujo que pasa por determinado elemento en una unidad de tiempo.
Cloración	Desinfección del agua por medio de cloro.
Desinfección	Destrucción de bacterias patógenas que existen en el agua por medio de sustancias químicas.

Dotación	Cantidad de agua asignada a un habitante en un día en una población.
Escorrentía	Corriente de agua que se vierte al rebasar su cauce natural o artificial.
Excentricidad	Distancia comprendida entre el centro de masa y el centro de rigidez de una estructura.
Fuente	Sistema de abastecimiento de agua para una población.
INFOM	Instituto de Fomento Municipal.
Losa	Entrepiso o terraza.
Nivel dinámico	Medida del nivel del agua de un pozo producción, relativo a la superficie del terreno del lugar.
Nivel estático	Medida del nivel de agua de un pozo, en reposo, relativo a la superficie del terreno del lugar.
Pendiente	Inclinación de un elemento lineal respecto a la horizontal.
PVC	Policloruro de vinilo, un plástico el cual elaboran las tuberías.

TDP

Tubería de doble pared, tipo de tubería utilizado para proyectos sanitarios.

RESUMEN

La ingeniería brinda el conocimiento científico y las herramientas suficientes para desarrollar y perfeccionar técnicas, las cuales, al momento de ponerse en práctica se realizan diseños de construcción, que ayudan a resolver problemas y, así mismo, satisfacer las necesidades de una población o una comunidad.

Para elevar la calidad de vida de los habitantes, se propone el diseño de dos proyectos: el diseño del sistema de agua potable por bombeo para la aldea Mano de León y el alcantarillado pluvial para la colonia El Recuerdo, en el municipio de Jocotenango del departamento de Sacatepéquez, Guatemala.

El proyecto consta en diseñar el sistema de alcantarillado pluvial en la colonia El Recuerdo, finalizando la conexión del sistema a la red de tubería de la calle principal, siendo el desfogue en el río Guacalate. Este beneficiará a los habitantes de dicha colonia ya que se tendrá separada la red de alcantarillado pluvial del sanitario.

El segundo proyecto se ayudará a la población de la aldea Mano de León ya que carecen de servicios básicos, en este caso, una red de abastecimiento de agua potable que llegue a cada hogar. Esto se logrará con un sistema de bombeo a un tanque de almacenamiento y luego distribuirla por medio de gravedad a cada casa.

OBJETIVOS

General

Diseñar los proyectos de sistema de agua potable por bombeo para la aldea Mano de León y el alcantarillado pluvial para la colonia El Recuerdo, en el municipio de Jocotenango, departamento de Sacatepéquez.

Específicos

1. Recopilar información de carácter monográfico y diagnóstico de las necesidades de servicios básicos a los habitantes de la colonia El Recuerdo y la aldea Mano de León.
2. Diseñar el sistema de alcantarillado de aguas pluviales con la ayuda de los parámetros y teoremas sanitarios e hidráulicos.
3. Diseñar el sistema de agua potable por bombeo con base en los teoremas hidráulicos y estructurales de ingeniería, así mismo, siguiendo los lineamientos propuestos por el Instituto Nacional de Fomento (INFOM).
4. Determinar si es necesario realizarle algún tratamiento al agua de la fuente para poder ser consumida por los pobladores de la aldea Mano de León.

5. Promover programas de capacitación para los habitantes de la municipalidad de Jocotenango, para lograr un adecuado uso y mantenimiento del agua y la concientización del cuidado del medio ambiente.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las comunidades del área rural no cuentan con los servicios básicos necesarios para una vida digna, por lo que, a través de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la Facultad de Ingeniería, el programa de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), se promueve la utilización racional y eficiente de las soluciones óptimas a los problemas del municipio.

Este es el caso de la colonia El Recuerdo, a pesar de estar dentro del casco urbano, carece de alcantarillado pluvial y la aldea Mano de León, que es una comunidad alejada del casco urbano, no cuenta con un sistema de agua potable en cada vivienda.

Los habitantes de la colonia mencionada se han expuesto a riesgos en épocas de invierno, ya que las intensas lluvias provocan acumulación de agua pluvial en diferentes partes de la calle principal por saturación del sistema de alcantarillado mixto existente. Por esa razón se diseñó un alcantarillado pluvial con 1052 ml de tubería principal con diámetros variados.

La aldea carece de agua apta para el consumo humano, esto afecta, actualmente, a 150 pobladores de todas las edades. Los efectos de la escasez de agua potable se reflejan en el incremento de enfermedades gastrointestinales atendidas en el centro de salud. Por ello, se elaboró el diseño del sistema de distribución de agua potable, en el cual se detallan los factores utilizados para conocer el caudal de consumo por vivienda, el diseño de la distribución del servicio de agua potable a través de una bomba sumergible que lleve el agua a un tanque de almacenamiento, diseñado de mampostería, para

distribuirla por un circuito cerrado y, finalmente, llegar a cada vivienda por medio de las conexiones prediales.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la cabecera municipal y la aldea Mano de León en Jocotenango, Sacatepéquez

Es necesario conocer la monografía del municipio y del lugar en donde se realizarán los proyectos ya que se tendrá una idea de lo que tienen y de las necesidades. Por ello se detallará información del municipio.

1.1.1. Ubicación y localización

El municipio de Jocotenango se ubica al noreste del departamento de Sacatepéquez, su extensión territorial es de 9 kilómetros cuadrados, su altitud es de 1 530 metros sobre el nivel del mar, su latitud 14°34'28" y longitud 90°44'28", se encuentra a 3 kilómetros de la cabecera departamental y a 45,5 kilómetros de la ciudad capital.

1.1.2. Límites y colindancias

El municipio de Jocotenango colinda al norte con San Pedro Sacatepéquez del departamento de Guatemala y Santo Domingo Xenacoj del departamento de Sacatepéquez; al sur, con Antigua Guatemala y Santa Catarina Barahona del departamento de Sacatepéquez; al este, con Antigua Guatemala, Santiago Sacatepéquez y San Bartolomé Milpas Altas del departamento de Sacatepéquez y, al oeste, con Pastores, Sumpango y Santa Catarina Barahona del departamento de Sacatepéquez. Lo integran 7 zonas,

entre la cuales se encuentran 4 lotificaciones, 7 colonias, 1 residencial y 2 condominios, 2 aldeas y un caserío.

La aldea Mano de León colinda, al norte, con Pastores; al sur, con Antigua Guatemala, al este, con Jocotenango y, al oeste, con Sumpango; todas las poblaciones pertenecen al departamento de Sacatepéquez.

1.1.3. Accesos y comunicaciones

Al municipio de Jocotenango se puede llegar, desde la ciudad capital, por dos vías diferentes tomando la CA-1 occidente; saliendo por la Calzada Roosevelt, para pasar por el municipio de San Lucas Sacatepéquez, Santa Lucía Milpas Altas, Antigua Guatemala hasta llegar a Jocotenango.

También se puede llegar a través del municipio de San Lucas Sacatepéquez, Santa Lucía Milpas Altas, Antigua Guatemala, aldea San Felipe, hacia Jocotenango.

Para llegar al municipio de Jocotenango, desde el departamento de Chimaltenango, se debe cruzar el municipio de Parramos y Pastores. Finalmente, se puede acceder por el departamento de Escuintla por la vía CA-9, atravesando el municipio de Alotenango, Ciudad Vieja, Antigua Guatemala, hacia Jocotenango.

La mayoría de rutas de acceso hacia el municipio de Jocotenango están asfaltadas o son de concreto hidráulico. Solo las calles de Antigua Guatemala están empedradas, ya que es un lugar declarado patrimonio mundial cultural y natural de la UNESCO.

A la aldea Mano de León, solo se puede llegar por una ruta con pendiente alta y camino de piedra. Carece de transporte público, por lo que sus habitantes deben caminar o pedir a los conductores de los camiones de la finca Filadelfia que los trasladen a su destino.

1.1.4. Topografía e hidrografía

Jocotenango tiene un área de 9 kilómetros cuadrados, su topografía corresponde al denominado complejo montañoso central y con categoría de suelos de los valles sin diferenciación.

El río Guacalate irriga el municipio, aunque también cuenta con los riachuelos El Hato, El Carnero, El Cerezal, El Hormigo, El Marcelino, El Palo de Jocote y El Rejón; con la quebrada La Ventanilla y con el Cerro Narizón.

1.1.5. Aspectos climáticos

El clima en el municipio de Jocotenango es cálido con tendencias a ser templado; la temperatura promedio está entre 15 y 23 grados centígrados (288 a 296 grados kelvin) y, en la aldea Mano de León es frío con tendencia a ser templado. La precipitación pluvial varía entre los 1 057 y 1 580 milímetros al año y la humedad relativa es del 75 %.

1.1.6. Actividad económica

Los habitantes del municipio de Jocotenango se dedican, fundamentalmente, a la construcción, la industria manufacturera, talleres artesanales y la agricultura.

El producto principal en la agricultura es el café, el cual se destina al mercado extranjero y mínima parte al consumo nacional; también se cultiva maíz, frijol, cítricos, papa y frutas. Las verduras y plantas ornamentales son cultivos secundarios que se comercializan en Antigua Guatemala. Por último, un pequeño grupo de la población se dedica a la avicultura, principalmente, a la crianza de gallinas.

Trabajan artesanías en madera, bronce, hierro forjado y pinturas de paisajes antiguëños. La calle que va desde la Municipalidad de Jocotenango a la Finca Filadelfia se denomina Ricardo Arjona. A la orilla de esta calle se ubican empresas familiares dedicadas a las ventas y talleres artesanales en madera y hierro forjado. Los turistas suelen visitar estos negocios que proveen una ayuda económica a sus dueños y sus familias.

También fabrican muebles de madera con caoba que luego venden en diferentes mercados. La empresa CIFA se dedica a la elaboración de productos de concreto, como postes, fosas sépticas, entre otros.

El municipio de Jocotenango cuenta con atractivos turísticos, entre ellos, La Plaza Mayor, más conocida como La Plazuela, donde destaca su fuente de mampostería y piedra labrada y el templo de Nuestra Señora de la Asunción. Ambas construcciones son de estilo barroco.

1.1.7. Educación

La infraestructura educativa de Jocotenango incluye establecimientos públicos o privados entre los que se encuentran:

- Escuelas
 - Escuela de Párvulos de la Colonia Los Llanos
 - Escuela Centenaria Urbana Mixta Rafael Rosales
 - Escuela Dr. Víctor Manuel Asturias Castañeda
 - Escuela Rural Mixta de la Aldea San José La Rinconada
 - Escuela Rural Mixta de la Aldea Vista Hermosa

- Colegios
 - Colegio Cri - cri
 - Colegio La Enseñanza
 - Colegio Adventista Orión
 - Colegio Liceo Latino
 - Colegio Montessori
 - Colegio Nuestra señora del Carmen
 - Colegio Cristiano Verbo
 - Instituto Técnico Diversificado (ITD)
 - Instituto Mixto Nocturno por Cooperativa

Jocotenango cuenta con una cantidad aceptable de centros educativos, por lo cual no es necesario trasladarse a la cabecera departamental para obtener educación formal.

1.1.8. Población y demografía

Jocotenango, para el año 2 002 contaba con 18 562 habitantes, de los cuales, el 48 % son hombres y el 52 % mujeres. El 94 % de su población es ladina y únicamente el 6 % indígena. En el año 2008 se registra un aumento de

47 nacimientos y el número de mortinatos es 0¹. Para el año 2010 la población ascendió a 20 3576, el 47,70 % hombres y 52,30 % mujeres.

La tasa de crecimiento poblacional es de 3,1 %, la departamental de 3,47 %, lo cual indica, para ambos casos, altas tasas de crecimiento poblacional.

En la actualidad, la composición étnica de la población de Jocotenango presenta un 94 % de población ladina y un 6% de población maya kaqchikel.

1.2. Principales necesidades del municipio

De acuerdo con el diagnóstico del municipio de Jocotenango se identifica una problemática de índole social, cultural, sanitaria, servicios de agua potable, entre otros.

Entre los proyectos que la cabecera municipal de Jocotenango necesita se encuentran:

- Alcantarillado pluvial en algunas colonias del municipio.
- Construcción de planta de tratamiento de aguas negras de la cabecera municipal.
- Asfalto o adoquinamiento de los callejones, después de terminados los trabajos de alcantarillado pluvial.
- Seguimiento del mantenimiento de adoquín de las calles del municipio.
- Mantenimiento en las áreas de recreación del municipio.
- Construcción de centros educativos.

¹ Instituto Nacional de Estadística, INE. <https://www.ine.gob.gt/index.php/sistema-nacional>. Consulta. 4 de noviembre de 2016.

La aldea Mano de León necesita:

- Alumbrado público en toda la aldea
- Distribución de agua potable a los hogares
- Empedrado o adoquinamiento en la entrada de la aldea
- Construcción de la iglesia
- Mantenimiento al área de recreación
- Construcción de un cementerio

El acceso difícil es uno de los problemas más relevantes de la aldea Mano de León. Esta comunidad se ubica en la cima de una montaña y el camino que conduce a ella está empedrado, por lo cual es imposible el acceso con vehículos livianos.

1.2.1. Sistema de alcantarillado pluvial

El municipio de Jocotenango cuenta con siete colonias, algunas de ellas carecen de sistema de alcantarillado separativo, como sucede con la colonia El Recuerdo.

Actualmente, las calles principales del municipio cuentan con alcantarillados de red separativa, pero la colonia mencionada solo cuenta con sistema de alcantarillado unitario. Por esta razón se debe construir el sistema de alcantarillado pluvial para evitar las inundaciones en la época lluviosa.

1.2.2. Abastecimiento de agua potable por bombeo

La aldea Mano de León carece de varios servicios públicos, entre ellos, un sistema de abastecimiento de agua potable.

Actualmente, se surte de un nacimiento natural que se encuentra en el lugar y desemboca en la pila comunal de la aldea. A ella llegan los habitantes para abastecerse de agua para sus actividades diarias, aunque presenta un alto grado de contaminación.

Lo anterior respalda la necesidad de realizar los estudios para que la población cuente con los servicios necesarios y con la calidad adecuada.

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Diseño de alcantarillado pluvial en la colonia El Recuerdo del municipio de Jocotenango

La colonia El Recuerdo está ubicada dentro del casco urbano del municipio y viendo las necesidades de la población que habita en dicha colonia, se decide realizar este diseño para mejorar la conducción de las aguas pluviales en este sector.

2.1.1. Descripción del proyecto

El municipio de Jocotenango cuenta con sus calles debidamente adoquinadas a excepción de algunos callejones y colonias que aún están en proceso de adoquinar. Cuenta con un sistema adecuado de drenaje sanitario y con drenaje pluvial en la calle principal del municipio, que favorece a una pequeña parte de la población. Debido al incremento poblacional y su topografía, la necesidad de contar con un sistema de drenaje pluvial que evite el estancamiento de agua en las calles es urgente.

El proyecto consiste en diseñar el sistema de alcantarillado pluvial en la colonia El Recuerdo, finalizando la conexión del sistema a la red de tubería de la calle principal. La longitud del sistema es de 1 052,05 ml. La ejecución del proyecto será financiada por la municipalidad de Jocotenango.

La tubería para el sistema de alcantarillado pluvial será de PVC de diferentes diámetros, según lo devengado en el diseño, para ser conectado a la tubería de la calle principal y el desfogue será sobre el río Guacalate.

2.1.2. Levantamiento topográfico

Una condición básica en todo proyecto es la topografía, ya que los cálculos y los diseños dependen de ella. Para realizar el levantamiento topográfico se necesita de los siguientes estudios:

2.1.2.1. Altimetría

Es el estudio del terreno en un plano vertical. Ofrece la representación gráfica de elevaciones y pendientes de un área, trazados en perfiles. Estos perfiles se elaboran con la ayuda de curvas de nivel. Se aplicó el método de conservación del azimut, el equipo utilizado fue una estación total Nikon Nivo 3M modelo dtm-322 láser, con su respectivo prisma.

2.1.2.2. Planimetría

Es el estudio del terreno en plano horizontal. Sirve para representar gráficamente la localización de la red e indicar la ubicación de pozos de visita y localización de puntos de descarga. En el levantamiento planimétrico del proyecto, se aplicó el método de conservación del azimut, el equipo utilizado fue una estación total Nikon Nivo 3M modelo dtm-322 láser, con su respectivo prisma.

2.1.3. Diseño del sistema

Las aguas pluviales deben conducirse en sistemas adecuados, a través de conductos subterráneos para ser evacuados en el lugar elegido. De esta forma se reduce la contaminación y coadyuva en el saneamiento de los mantos acuíferos del lugar.

2.1.3.1. Descripción del sistema por utilizar

El diseño es para la colonia El Recuerdo del municipio de Jocotenango, se utilizará el drenaje tipo pluvial con tubería PVC de doble pared para drenajes de junta rápida (TDP), que deberá ser resistente a la corrosión química y electroquímica, al impacto, capacidad hidráulica y a la abrasión, al rayado y punzonamiento.

Esta tubería se fabrica mediante el proceso de extrusión, tiene una pared interna lisa y una pared externa corrugada para el óptimo desempeño hidráulico y estructural; tiene varias aplicaciones, como en los colectores pluviales, sanitarios, pasos de carreteras, canales abiertos, entubamiento de cauces y otras conducciones por gravedad. Para la instalación de esta, se ensambla entre tubos por anillos de material elastomérico para asegurar la hermeticidad e impedir la contaminación de los mantos acuíferos y la intrusión de raíces.

Algunas ventajas que tiene la tubería de doble pared son:

- La alta resistencia al impacto.
- Flexibilidad.
- Resistencia a la presión.
- Bajo peso.

- Fácil y seguro sistema de unión
- Vida útil alta.
- Bajo porcentaje de fugas.

Para el diseño del sistema de alcantarillado pluvial, se toman en cuenta varios aspectos, como la intensidad de lluvia, el área tributaria que llegaría a cada tubería y el aprovechamiento de las pendientes del terreno con las que cuenta la colonia del municipio, entre otros.

2.1.3.2. Probabilidad de ocurrencia

El sistema de alcantarillado se proyectó para que funcione adecuadamente durante un período de veinte años. Se tiene contemplado realizar la construcción del sistema de alcantarillado en el año 2017.

2.1.3.3. Características del subsuelo

El subsuelo de la cabecera del municipio es de material común, aquí se encuentra ubicada la colonia El Recuerdo. Este suelo está constituido por arena con grava de color gris, no es roca y se puede excavar a mano o por medio mecanizados. Esto facilita la excavación para la construcción de pozos y zanjas para la tubería del sistema.

2.1.3.4. Determinación coeficiente de escorrentía

Cuando llueve, un porcentaje del agua se evapora, infiltra o es absorbido por áreas jardinizadas, el coeficiente de escorrentía que se toma en consideración para los cálculos hidráulicos es un porcentaje del agua total llovida. El valor de este coeficiente depende del tipo de superficie que se esté

analizando. Cuanto más impermeable sea la superficie, mayor será el valor del coeficiente de escorrentía.

La siguiente tabla muestra algunos valores de escorrentía dependiendo de la superficie que sea analizada:

Tabla I. **Valores para coeficiente de escorrentía**

SUPERFICIE	C	ADOPTADA
Techos	0,70 a 0,95	0,70
Pavimentos de concreto y asfalto	0,85 a 0,90	
Pavimentos de piedra, ladrillo o madera en buenas condiciones	0,75 a 0,85	
Pavimentos de piedra, ladrillo o madera en malas condiciones	0,60 a 0,70	
Calles macadamizadas	0,25 a 0,60	
Calles y banquetas de arena	0,15 a 0,30	
Calles sin pavimentos, lotes desocupados, etc.	0,10 a 0,30	0,15
Parques, canchas, jardines, prados, etc.	0,05 a 0,25	
Bosques y tierra cultivada	0,01 a 0,20	

Fuente: Dirección General de Obras Públicas. *Departamento de Acueductos y Alcantarillados.*

p. 19.

El cálculo del coeficiente de escorrentía promedio se realizará de la siguiente manera:

$$C = \frac{\sum(c.a)}{\sum a}$$

Donde:

- c= coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales.
- a= áreas parciales (en hectáreas)
- C= coeficiente de escorrentía promedio.

Los siguientes datos obtenidos de la colonia El Recuerdo, para realizar los cálculos, se obtuvieron de la base de datos de la municipalidad de Jocotenango.

Área de toda la colonia El Recuerdo	15 729 m ²
Área de calles sin pavimento	7 111 m ²
Área de patios, lotes y jardines	330 m ²
Número de viviendas construidas	97 casas
Dimensiones del terreno (14m * 8m)	112 m ²

$$7\ 111\ m^2 \times \frac{10\ 000\ m^2}{1\ hectarea} = 0,7111\ hectareas$$

$$112\ m^2 \times 97\ casas = 10\ 864\ m^2 \times \frac{1\ hectarea}{10\ 000\ m^2} = 1\ 090\ hectareas$$

$$330\ m^2 \times \frac{1\ hectarea}{10\ 000\ m^2} = 0,033\ hectareas$$

Cálculo de áreas de calles sin pavimentos	0,7111 Hectáreas
Cálculo de áreas techadas	1,090 Hectáreas
Cálculo de áreas con patios, lotes y jardines	0,033 Hectáreas
Total de áreas acumuladas	1,8341 Hectáreas

Con estos datos se obtiene el coeficiente de escorrentía promedio, como se muestra a continuación:

$$C = \frac{\sum(c * a)}{\sum a}$$

$$C = \frac{\sum(0,15 * 0,71111) + (0,70 * 1,090) + (0,25 * 0,033)}{\sum 1,8341}$$

$$C = 0,4787$$

2.1.3.5. Determinación de lugares de descarga

Los lugares de descarga para aguas pluviales son en ríos cercanos de la comunidad. Las aguas pluviales se descargan en el río Guacalate porque bordea el municipio. También se incluyen los riachuelos que atraviesan el municipio y desembocan en el río Guacalate. Por lo tanto, este sistema se conectará a la línea principal de la Calle Real del municipio para que el agua desemboque en el mismo lugar.

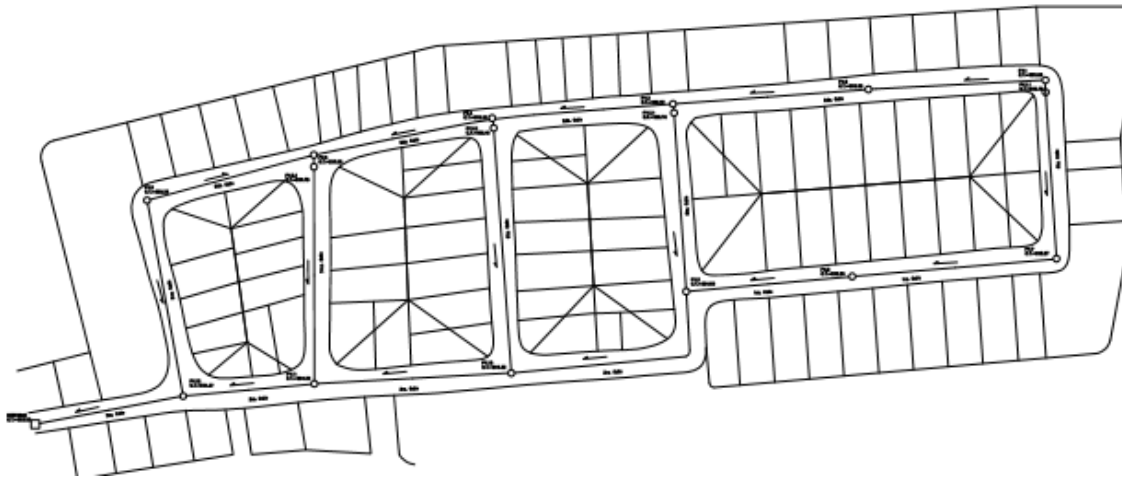
2.1.3.6. Determinación de áreas tributarias

En las tuberías se transporta una cantidad de agua. La determinación del valor del plano general se tomaron las cotas del terreno para ver la dirección que toma el agua de lluvia al caer al suelo. Se realizó un cálculo de las áreas que cada tubería debía recolectar, estas son las áreas tributarias. Al inicio de un tramo, del primer pozo al segundo tramo, se toma en consideración su área tributaria más las áreas tributarias de los tramos anteriores.

Para calcular las áreas tributarias se dividió el área por analizar, como mejor convenga. En este caso, se dibujó una línea central y dos líneas a cuarenta y cinco grados para formar triángulos y trapecios. El cálculo exacto de

las áreas de la colonia se obtuvo con el programa Auto Cad; luego, se continuó con los cálculos de la tubería.

Figura 1. **Áreas tributarias**



Fuente: elaboración propia empleando AutoCAD.

2.1.3.7. Intensidad de lluvia

Se entiende como intensidad de lluvia al caudal caído por unidad de superficie, esta dependerá del tiempo de concentración y el período de retorno, suponiendo que el agua permanece en el sitio donde cayó. La intensidad de lluvia se mide en mm/h.

Para el cálculo de la intensidad de lluvia, es necesario conocer algunos términos:

- Tiempo de concentración

Es el tiempo mínimo para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida o punto de desagüe. En tramos iniciales, el tiempo de concentración se estimará en 12 minutos.

En tramos consecutivos, el tiempo de concentración se estimará por la fórmula siguiente:

$$t_n = t_{n-1} + \frac{L}{(60)(V_{n-1})}$$

donde:

t_n = Tiempo de concentración hasta el tramo considerado (min).

t_{n-1} = Tiempo de concentración hasta el tramo anterior (min).

L = Longitud del tramo anterior (m).

V_{n-1} = Velocidad a sección llena en el tramo anterior (m/s).

Cuando en un punto sean concurrentes dos o más ramales t_{n-1} se tomará igual al del ramal que tenga el mayor tiempo de concentración.

Se obtuvo el tiempo de concentración de cada tramo, para calcular la intensidad de lluvia, se basó en la siguiente tabla debido que no había ninguna estación cercana:

Tabla II. **Intensidad de lluvia**

	2 años	5 años	10 años	20 años
Ciudad de Guatemala	$\frac{2338}{t+18}$	$\frac{3706}{t+22}$	$\frac{4204}{t+23}$	$\frac{4604}{t+24}$
Bananera, Izabal	$\frac{5771.50}{t+48.98}$	$\frac{7103.95}{t+53.80}$	$\frac{7961.65}{t+56.63}$	$\frac{8667.77}{t+58.43}$
Labor Ovalle, Quetzaltenango	$\frac{977.7}{t+3.80}$	$\frac{1128.5}{t+3.24}$	$\frac{1323.5}{t+3.48}$	
El Pito Chocolá, Suchitepéquez	$\frac{11033.6}{t+101.10}$	$\frac{11618.7}{t+92.19}$	$\frac{13455.2}{t+104.14}$	
La Fragua, Zacapa	$\frac{3700.5}{t+50.69}$	$\frac{3990.5}{t+41.75}$	$\frac{4049.0}{t+37.14}$	

Fuente: Dirección General de Obras Públicas. *Departamento de Acueducto y Alcantarillados*. p. 25.

Por la cercanía a la Ciudad de Guatemala, se tomó como dato $\frac{4604}{t+24}$ que se utiliza para el cálculo de la cantidad de lluvia con una probabilidad de ocurrencia de 1 en 20 años.

2.1.3.8. Pendiente de tubería

Para el cálculo de la pendiente de la tubería en el sistema, no existen rangos de pendiente mínima o máxima. Se toma como pendiente de la tubería, la pendiente del terreno, si con esta pendiente no verifican las velocidades y el tirante, se debe incrementar o reducir la misma. En este caso, la mayoría se calculó con las pendientes del terreno, ya que la topografía y la ubicación de los desfuegos así lo permitían.

2.1.3.9. Diámetro de tubería

El diámetro mínimo, para los tramos de inicio del alcantarillado pluvial con tubería PVC es de 8". Los diámetros comerciales en tubería PVC de doble pared, de 6 metros de longitud son: 4", 6", 8", 10", 12", 15", 16", 18", 20", 24", 30", 36" y 42". Para este diseño se utilizó tubería de diámetro 8", 10", 16" y 20".

Para determinar el ancho de zanjas, depende de su profundidad y del diámetro de la tubería a instalar en el tramo para ello se utilizó la siguiente tabla:

Tabla III. **Ancho libre de zanja dependiendo de la profundidad y diámetro de la tubería**

Diámetro Nominal Pulgadas	Hasta	De 1,31	De 1,86	De 2,36	De 2,86	De 3,36	De 3,86	De 4,36	De 4,86	De 5,36	De 5,86
	1,30 m	a 1,85m	a 2,35 m	a 2,85 m	a 3,35 m	a 3,85 m	a 4,35 m	a 4,85 m	a 5,35 m	a 5,85 m	a 6,35 m
6	0,60	0,60	0,65	0,65	0,70	0,70	0,75	0,75	0,75	0,80	0,80
8	0,60	0,60	0,65	0,65	0,70	0,70	0,75	0,75	0,75	0,80	0,80
10		0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,75	0,75	0,75	0,80	0,80
12		0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,80	0,80
16		0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
18		1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
20		1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
24		1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35
30		1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55	1,55
36			1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
42				1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90	1,90
48				2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
60				2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45
72				2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
84				3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20

Fuente: Instituto de Fomento Municipal. *Especificaciones generales y técnicas para construcción*. Tabla XVI-3.

2.1.3.10. Velocidades y caudales para flujo libre

Para el cálculo de caudal, velocidad, diámetro y pendientes se utilizó la fórmula de Manning, transformada al sistema métrico para secciones circulares:

$$V = \frac{0,03429}{n} (\phi^{2/3})(S^{1/2})$$

Donde:

- V= velocidad de flujo (m/seg)
- ϕ = diámetro de la sección circular (pulgadas)
- S= pendiente del gradiente hidráulico (m/m)
- n= coeficiente de rugosidad de Manning

El valor de n puede ser tan bajo como 0,007 hasta 0,025 para aguas limpias o aguas pluviales; en este caso el diseño se trabajó con el factor de seguridad de 0,010.

La velocidad mínima con la que el flujo puede circular es de 0,60 m/seg y la velocidad máxima es de 3 m/seg, esto dependerá del caudal que exista en cada tramo.

Para determinar el caudal pluvial se utilizó el Método racional; cuya fórmula es:

$$Q = \left(\frac{CIA}{360}\right)(1\ 000)$$

Donde:

- Q= caudal (lts/seg).
- C= coeficiente de escorrentía.
- I= intensidad de lluvia (mm/h).
- A= áreas tributaria (hectáreas).

2.1.3.11. Revisión de relaciones

El caudal de diseño debe ser menor que el caudal a sección llena, la relación del tirante a sección parcial con el tirante a sección llena d/D debe ser menor o igual a 0,90 y mayor que 0,10.

2.1.3.12. Cotas invert

Es la cota que determina la localización de la parte inferior de la tubería, medida hasta la parte inferior de la misma. Se calculó tomando la cota del terreno inicial y restándole la profundidad inicial de la tubería, de igual manera, para la cota del terreno final con la profundidad final de la tubería. Al diseñar el sistema de alcantarillado pluvial, se debe considerar los aspectos de las cotas invert de entrada y salida de las tuberías en los pozos de visita.

Para evitar rupturas en la tubería se debe tener profundidades mínimas, dependiendo del tipo de tránsito que se tenga y el diámetro de la tubería que se está utilizando, para esto se utilizó la siguiente tabla:

Tabla IV. **Profundidades mínimas de cotas invert**

Diámetro	8"	10"	12"	16"	18"	20"	24"	30"	36"	42"	48"	60"
Tránsito Normal	1.22	1.28	1.33	1.41	1.50	1.58	1.66	1.84	1.99	2.14	2.25	2.55
Tránsito Pesado	1.42	1.48	1.53	1.51	1.70	1.78	1.86	2.04	2.19	2.34	2.45	2.75

Fuente: Instituto de Fomento Municipal. *Especificaciones Generales y Técnicas para Construcción*. Tabla XVI-3.

2.1.3.13. Ejemplo de diseño de un tramo

Para empezar el diseño de un tramo, es necesario tener la topografía del lugar, ya que de este se obtiene las cotas de terreno, cota inicial y cota final, así como la longitud entre pozos. Con estos datos, se obtuvo la pendiente de la siguiente manera:

$$Pendiente = \frac{Cota\ del\ terreno\ inicial - Cota\ del\ terreno\ final}{Distancia\ del\ tramo}$$

El caudal pluvial se determina con el área tributaria acumulada que abarca a la distancia que se está diseñando, no siendo este el primer tramo. Se debe tomar un tiempo de concentración equivalente a 12 minutos si es tramo inicial y en el resto de los tramos, se calculará de la manera anteriormente indicado.

El cálculo del coeficiente de escorrentía se realiza de la manera explicada anteriormente y, con esto datos, se puede calcular la intensidad de lluvia para, finalmente, calcular el caudal acumulado en lts/seg.

Para la pendiente de la tubería, se utiliza primero la misma pendiente del terreno, se propone el diámetro en pulgadas y con este diámetro se toma una rugosidad, que depende del diámetro y el material de la tubería. Con la fórmula de Manning se calcula la velocidad a sección parcialmente llena y para el caudal a sección llena se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = VA$$

Teniendo el caudal de diseño (Q_d) y el caudal a sección llena (Q), se procede a la verificación de las relaciones hidráulicas como lo es el valor de q/Q , para buscar en la tabla de relaciones que se muestra a continuación, a manera de obtener el valor de d/D que debe ser menor o igual a 0.90 y el de v/V para poder despejar v y obtener la velocidad a sección parcial de la tubería.

Tabla V. **Relaciones hidráulicas sección circular**

d/D	A/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0100	0.0017	0.088	0.00015	0.1025	0.05396	0.408	0.02202
0.0125	0.0237	0.103	0.00024	0.1050	0.05584	0.414	0.02312
0.0150	0.0031	0.116	0.00036	0.1075	0.05783	0.420	0.02429
0.0175	0.0039	0.129	0.00050	0.1100	0.05986	0.426	0.02550
0.0200	0.0048	0.141	0.00067	0.1125	0.06186	0.432	0.02672
0.0225	0.0057	0.152	0.00087	0.1150	0.06388	0.439	0.02804
0.0250	0.0067	0.163	0.00108	0.1175	0.06591	0.444	0.02926
0.0275	0.0077	0.174	0.00134	0.1200	0.06797	0.450	0.03059
0.0300	0.0087	0.184	0.00161	0.1225	0.07005	0.456	0.03194
0.0325	0.0099	0.194	0.00191	0.1250	0.07214	0.463	0.03340
0.0350	0.0110	0.203	0.00223	0.1275	0.07426	0.468	0.03475
0.0375	0.0122	0.212	0.00258	0.1300	0.07640	0.473	0.03614
0.0400	0.0134	0.221	0.00223	0.1325	0.07855	0.479	0.03763
0.0425	0.0147	0.230	0.00338	0.1350	0.08071	0.484	0.03906
0.0450	0.0160	0.239	0.00382	0.1375	0.08289	0.490	0.04062
0.0475	0.0173	0.248	0.00430	0.1400	0.08509	0.495	0.04212
0.0500	0.0187	0.256	0.00479	0.1425	0.08732	0.501	0.04375
0.0525	0.0201	0.264	0.00531	0.1450	0.08954	0.507	0.04570
0.0550	0.0215	0.273	0.00588	0.1475	0.09129	0.511	0.04665
0.0575	0.0230	0.271	0.00646	0.1500	0.09406	0.517	0.04863
0.0600	0.0245	0.289	0.00708	0.1525	0.09638	0.522	0.05031
0.0625	0.0260	0.297	0.00773	0.1550	0.09864	0.528	0.05208
0.0650	0.0276	0.305	0.00841	0.1575	0.10095	0.533	0.05381
0.0675	0.0292	0.312	0.00910	0.1600	0.10328	0.538	0.05556
0.0700	0.0308	0.320	0.00985	0.1650	0.10796	0.548	0.05916
0.0725	0.0323	0.327	0.01057	0.1700	0.11356	0.560	0.06359
0.0750	0.0341	0.334	0.01138	0.1750	0.11754	0.568	0.06677
0.0775	0.0358	0.341	0.01219	0.1800	0.12241	0.577	0.07063

Continuación de la tabla V.

d/D	A/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.0800	0.0375	0.348	0.01304	0.1850	0.12733	0.587	0.07474
0.0825	0.0392	0.355	0.01392	0.1900	0.13229	0.696	0.07885
0.0850	0.0410	0.361	0.01479	0.1950	0.13725	0.605	0.08304
0.0875	0.0428	0.368	0.01574	0.2000	0.14238	0.615	0.08756
0.0900	0.0446	0.375	0.01672	0.2050	0.14750	0.624	0.09104
0.0925	0.0464	0.381	0.01792	0.2100	0.15266	0.633	0.09663
0.2200	0.1631	0.651	0.10619	0.5900	0.6140	1.07	0.65488
0.2250	0.1684	0.659	0.11098	0.6000	0.6265	1.07	0.64157
0.2200	0.1631	0.651	0.10619	0.5900	0.6140	1.07	0.65488
0.2300	0.1436	0.669	0.11611	0.6100	0.6389	1.08	0.68876
0.2350	0.1791	0.676	0.12109	0.6200	0.6513	1.08	0.70537
0.2400	0.1846	0.684	0.12623	0.6300	0.6636	1.09	0.72269
0.2450	0.1900	0.692	0.13148	0.6400	0.6759	1.09	0.73947
0.2500	0.1955	0.702	0.13726	0.6500	0.6877	1.10	0.75510
0.2600	0.2066	0.716	0.14793	0.6600	0.7005	1.10	0.77339
0.2700	0.2178	0.730	0.15902	0.6700	0.7122	1.11	0.78913
0.3000	0.2523	0.776	0.19580	0.7000	0.7477	1.12	0.85376
0.3100	0.2640	0.790	0.20858	0.7100	0.7596	1.12	0.86791
0.3200	0.2459	0.804	0.22180	0.7200	0.7708	1.13	0.88384
0.3300	0.2879	0.817	0.23516	0.7300	0.7822	1.13	0.89734
0.3400	0.2998	0.830	0.24882	0.7400	0.7934	1.13	0.91230
0.3500	0.3123	0.843	0.26327	0.7500	0.8045	1.13	0.92634
0.3600	0.3241	0.856	0.27744	0.7600	0.8154	1.14	0.93942
0.3700	0.3364	0.868	0.29197	0.7700	0.5262	1.14	0.95321
0.3800	0.3483	0.879	0.30649	0.7800	0.8369	1.39	0.97015
0.3900	0.3611	0.891	0.32172	0.7900	0.8510	1.14	0.98906
0.4000	0.3435	0.902	0.33693	0.8000	0.8676	1.14	1.00045
0.4100	0.3860	0.913	0.35246	0.8100	0.8778	1.14	1.00045

Continuación de la tabla V.

d/D	A/A	v/V	q/Q	d/D	a/A	v/V	q/Q
0.4200	0.3986	0.921	0.36709	0.8200	0.8776	1.14	1.00965
0.4400	0.4238	0.943	0.39963	0.8400	0.8967	1.14	1.03100
0.4500	0.4365	0.955	0.41681	0.8500	0.9059	1.14	1.04740
0.4600	0.4491	0.964	0.43296	0.8600	0.9149	1.14	1.04740
0.4800	0.4745	0.983	0.46647	0.8800	0.9320	1.13	1.06030
0.4900	0.4874	0.991	0.48303	0.8900	0.9401	1.13	1.06550
0.5000	0.5000	1.000	0.50000	0.9000	0.9480	1.12	1.07010
0.5100	0.5126	1.009	0.51719	0.9100	0.9554	1.12	1.07420
0.5200	0.5255	1.016	0.53870	0.9200	0.9625	1.12	1.07490
0.5300	0.5382	1.023	0.55060	0.9300	0.9692	1.11	1.07410
0.5400	0.5509	1.029	0.56685	0.9400	0.9755	1.10	1.07935
0.5500	0.5636	1.033	0.58215	0.9500	0.9813	1.09	1.07140

Fuente: INFOM. *Relaciones hidráulicas*. p. 26.

Al utilizar la tabla que indica las profundidades mínimas de la tubería dependiendo del diámetro, es necesario tener en cuenta los siguientes criterios para obtener resultados certeros:

- Cuando el diámetro de la tubería que entra al pozo es el mismo que el diámetro que sale de él, la cota invert de salida del pozo estará colocada a 0,003 mts debajo de la cota invert de entrada al pozo.
- Cuando el diámetro de la tubería que entra al pozo es diferente al diámetro de tubería que sale de él, la cota invert de salida del pozo será igual a la diferencia entre el diámetro que sale del pozo y el diámetro que entra al pozo o 0,03 mts se tomará el valor de estas dos condiciones.

Las cotas invert son calculadas dependiendo del valor que tomó cada profundidad de tubería. Se tuvo, como valor la diferencia entre la cota del terreno y la profundidad de la tubería.

El cálculo de la excavación depende de la profundidad de la tubería, de la longitud del tramo y del ancho de la zanja, para obtener la siguiente ecuación:

$$\text{Excavación} = (\text{ancho zanja})(\text{prof. de tubería})(\text{longitud del tramo})$$

Como ejemplo se tomó el tramo del pozo de visita No. 8 al 9, ya que a este pozo llegan dos tramos diferentes. De la topografía realizada y calculando la pendiente se obtiene:

Datos:

Cota Inicial de terreno: **996,24**

Cota Final de terreno: **994,90**

Longitud: **49,24**

Pendiente: **2,72 %**

El área tributaria se encuentra entre el pozo 8 y el pozo 9, así como la que se encuentra entre el pozo 3 y el pozo 9. El área tributaria acumulada es igual al área tributaria acumulada que se tiene del pozo 8 a 9, más el área tributaria acumulada que se tiene entre el pozo 3 a 9, más el área tributaria que llega al pozo 9, según la Norma Generales para el diseño de alcantarillado del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), se tienen los siguientes valores:

Tabla VI. Datos 8 a 9, 3 a 9 y 9 a 10

N° pozo de visita inicial	N° pozo de visita final	Área tributaria	Área tributaria acumulada (Has)
8	9	0,04	0,14
3	9	0,00	0,00
9	10	0,08	0,32

Fuente: elaboración propia.

El tiempo de concentración, ya que no es tramo inicial, es el siguiente:

$$t_n = t_{n-1} + \frac{L}{(60)(v_{n-1})}$$

El tiempo de concentración de 8 a 9 es el siguiente:

$$t_{8-9} = 12,34 + \frac{50,55}{(60)(2,51)}$$

$$t_{8-9} = 12,74$$

El tiempo de concentración de 3 a 9, debido a que es tramo inicial es el siguiente:

$$t_{3,1-9} = 12,00$$

Para el cálculo de t_{9-10} , en los valores de t_{n-1} y v_{n-1} , se toman los del tramo 8 a 9 ya que éste es el que tiene el mayor tiempo de concentración,

$$t_{9-10} = 12,74 + \frac{49,24}{(60)(2,26)}$$

$$t_{9-10} = 13,11$$

El coeficiente de escorrentía es igual a 0,4787, según lo explicado en el inciso 2.1.3.4, para luego calcular la intensidad de lluvia según lo indicado en el inciso 2.1.3.7:

$$I = \frac{4\,604}{t + 24}$$
$$I = \frac{4\,604}{13,11 + 24}$$

$$I = 124,07 \text{ mm/h}$$

Con los datos obtenidos anteriormente se procede a calcular el caudal acumulativo, tenemos:

$$Q = \left(\frac{CIA}{360} \right) \times (1\,000)$$

$$Q = \left(\frac{(0,4787)(124,07)(0,32)}{360} \right) \times (1\,000)$$

$$Q = 53,29 \text{ lts/s}$$

La pendiente de la tubería con la que se empezó a calcular será la misma que la pendiente del terreno, que corresponde a 2,72 %.

Por la cantidad de caudal que se lleva y la pendiente que se tiene, se prueba con una tubería de diámetro de 10", utilizando una rugosidad de 0,010 por ser tubería de PVC. Se tiene una velocidad a sección parcialmente llena de

1,44 mts/seg y un caudal a sección llena de 73,16 lts/seg; este cálculo se realizó de la siguiente manera:

Velocidad a sección parcialmente llena:

$$V = \frac{0,03429}{n} (\phi^{2/3}) (S^{1/2})$$

$$V = \frac{0,03429}{0,010} (10^{2/3}) (0,0082^{1/2})$$

$$V = 1,44 \text{ mts/seg}$$

Caudal a sección llena:

$$Q = VA$$

$$Q = (1,44 \text{ mts/seg}) \left(\pi \left(\frac{(10)(0,0254)}{2} \right)^2 \right) \times (1\ 000)$$

$$Q = 73,16 \text{ lts/seg}$$

Para la verificación de las relaciones hidráulicas, se calcula q/Q:

$$\frac{53,19}{73,16} = 0,7280$$

Este valor obtenido de la división del caudal y caudal de diseño se busca en las tablas, de ello se obtuvieron los siguientes resultados:

$$\frac{d}{D} = 0,328 \quad \frac{v}{V} = 0,366$$

Para obtener la velocidad del caudal pluvial, se despeja $v/V=0,366$ la velocidad como se muestra continuación:

$$\frac{v}{V} = 0,366$$

$$v = (0,366)(2,26)$$

$$v = 0,83 \text{ mts/seg}$$

La velocidad a sección parcial debe estar en el rango de 0,60 mts/seg a 3,00 mts/seg, según la Normas Generales para el diseño de alcantarillado del Instituto de Fomento Municipal (INFOM) y la relación d/D debe ser menor que 0,90, por lo tanto, se debe verificar con esa pendiente y ese diámetro.

Para obtener la profundidad de las cotas invert, se revisa la tabla de profundidades, obteniendo para una tubería de 10", una profundidad mínima de 1,28 mts. Las tuberías que llegan al pozo son de 8" con profundidades de 1,45 mts. en ambos tramos, por lo tanto, se calcula la diferencia de los diámetros entre 8" y 10", se tiene un valor de 0,05 mts. La cota de 8" está a 1,45 mts, más 0,05 mts la diferencia se tiene una profundidad de 1,50 mts, la cual es mayor a 1,45 mts por lo que se utiliza el resultado de la operación.

Tabla VII. **Cálculo de cotas invert**

Cota de terreno inicial	Cota de terreno final	Profundidad de tubería final	Profundidad de tubería inicial	Cota invert inicial	Cota invert final
994,90	994,33	1,50	1,50	993,40	920,83

Fuente: elaboración propia.

2.1.3.14. Profundidad de pozos de visita

La cota de la profundidad de los pozos de visita se obtiene restándole a la cota invert de salida del pozo 0,15 mts., que este se utiliza como colchón, y el ancho depende del diámetro de la tubería; para ello se utilizó la siguiente tabla:

Tabla VIII. Profundidad de pozos de visita

Diámetro de tubería	Diámetro mínimo del pozo (mts)
10"	1,50
12"	1,50
16"	1,50
18"	1,50
20"	1,50
24"	1,75
30"	1,75
36"	2,00
42"	2,25
60"	2,80

Fuente: Municipalidad de Guatemala, Dirección de Obras Municipales Normas. *Reglamento y Manual de Drenajes*. Norma 205-b.

Los pozos de visita se deben colocar en los siguientes casos:

- En los extremos superiores de los ramales iniciales.
- En intersecciones de ramales.
- En el cambio de diámetros de tubería.
- En cambios de pendientes.
- En cambios de dirección horizontal.

- No se permite una distancia entre pozos mayor de 100 mts. para diámetros hasta 24” y una distancia mayor de 300 mts. en diámetros superiores a 24”.

2.1.4. Diseño de tragante

Los tragantes son dispositivos de captación y desfogue de escorrentía superficial producida por una tormenta de lluvia. Se colocan en puntos estratégicos de las calles de una ciudad. Su propósito es evitar inundaciones en zonas urbanas y permitir el traslado del agua de lluvia a un medio receptor.

Deberán colocarse en los puntos más bajos de la sección típica de la calle. Si se coloca un tragante en la esquina, la distancia mínima de este, al borde de la calle será de 3 mts. Los tragantes de acera se conectarán a un pozo de visita y estos cuentan con una tapadera de acceso.

En este proyecto se utilizará el tragante tipo ventana o acera el cual tiene un medio de captación lateral al flujo superficial de las calles por medio de una abertura vertical en el bordillo de la acera, de manera que funcione como vertedero lateral de la calle.

Estos tragantes no interfieren con el tránsito vehicular, debido a la ubicación lateral de la calle; captan sedimentos y basura que se puede acumular en la caja de recolección e impiden el funcionamiento correcto de este.

La ventana puede estar posicionada al mismo nivel de la calle o estar a un nivel inferior de la rasante de la calle; a esta última se le conoce como ventana deprimida.

La eficiencia de captación de un tragante de ventana tiene que ver con la pendiente que posee la calle, ya que a mayor pendiente menor es la capacidad de captación del sistema; por lo cual se limita su uso en pendientes no mayores del 3%; en caso de estar deprimida, el ancho de la zona de depresión debe ser entre 0,30 y 0,60 m, con una pendiente no mayor al 8% hacia la ventana.

Para el diseño del tragante se utilizó la siguiente ecuación:

$$\frac{Q}{L_v} = \frac{0,39}{Y} [(Y + d_e)^{5/2} - d_e^{5/2}]$$

Donde:

- Q= caudal en (m3/seg)
- Lv= longitud de la ventana (m)
- Y= tirante máximo en la acera (m)
- de= depresión en la entrada (m)

De acuerdo con el cálculo del drenaje pluvial, el caudal acumulativo crítico es del pozo de visita número 11 al 12, por lo tanto, se diseñó con este dato y se colocó cuatro tragantes en este punto.

Despejando la longitud de ventana de la ecuación escrita anteriormente para el caudal crítico obtenemos:

$$L_v = \frac{Q}{\frac{0,39}{Y} [(Y + d_e)^{5/2} - d_e^{5/2}]}$$

$$L_v = \frac{(0,01854)}{\frac{0,39}{(0,035)} [(0,035 + 0,03)^{5/2} - (0,03)^{5/2}]}$$

$$L_v = 1,80 \text{ m}$$

2.1.5. Ubicación de desfogues

Este proyecto está ubicado en la colonia El Recuerdo, el desfogue del alcantarillado pluvial se conectará a la red existente de la calle principal del municipio de Jocotenango, llamada Calle Real, la cual desemboca al río Guacalate.

2.1.6. Estudio de impacto ambiental

El estudio de impacto ambiental es necesario realizarlos, ya que indica si habrá alguna transformación en el medio ambiente que beneficie o perjudique cuando se realice los proyectos en el lugar.

2.1.6.1. Definición

Mediante este estudio se llevará a cabo el procedimiento técnico-administrativo para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales, producidos en el entorno, en caso de ser ejecutado, con el fin de que la administración pueda aceptarlo, modificarlo o rechazarlo.

Es necesario considerar las medidas de mitigación que permitan eliminar o reducir el impacto que generen los sistemas en el ambiente. Además, se deben tomar en cuenta las consideraciones negativas hacia el ambiente; también, es necesario anotar los posibles impactos adversos significativos; impactos adversos no significativos e impactos benéficos significativos; basándose en la información del diseño de los proyectos.

2.1.6.2. Actividades relevantes en las distintas etapas del proyecto

El objetivo de este es reconocer los impactos generados en las etapas de operación y construcción de los sistemas para la colonia El Recuerdo.

- Etapa de operación

En esta etapa se presentan los impactos ambientales de mayor relevancia, principalmente, en lo relacionado a desechos sólidos y líquidos. La contaminación por las aguas residuales puede reducirse mediante los siguientes procesos:

- Deben quedar instalados los métodos de tratamiento de las aguas negras, para que los desechos sólidos y líquidos sean tratados de manera adecuada y las aguas pasen a los mantos freáticos debidamente tratadas.

- Etapa de construcción

El impacto ambiental generado por la construcción del sistema de alcantarillado pluvial para la colonia El Recuerdo, radicará en la generación de polvo, ruidos, acumulación de material extraído y congestión vehicular a los vecinos de la colonia ya que solo tienen acceso por la calle Real, la cual es la vía principal del municipio.

En la ejecución se producirán emisiones de polvo, que indicarán en forma negativa en la calidad del aire. El polvo se generará por la presencia de áreas abiertas y de ciertas actividades en la fase de construcción, como limpieza y

excavaciones. La maquinaria pesada y equipos requieren de utilización de combustible que, finalmente, generará gases de combustión que alterarán la calidad de aire.

El caudal de descarga se verá con variaciones debido a que el proyecto se conectará a la red existente del municipio que desemboca en el río Guacalate y podría modificar la calidad del agua de este.

En las actividades constructivas, en forma temporal, podrían alterar los usos del suelo, por la presencia de campamentos y otros componentes de la obra y, de manera directa, puede ser afectada al desalojar el material, del derrame de aceites y grasas o por el vertimiento accidental de productos químicos que se utilizan en la construcción, como aditivos para la preparación de hormigones.

Cuando se estén realizando las excavaciones habrá equipo y material que obstruirá las calles de la colonia y dificultará el movimiento vehicular en esta y en la calle principal del municipio.

La construcción de este proyecto ocasionará la disminución de los riesgos de inundaciones y condiciones de insalubridad, también mejorará el nivel de vida de las personas que residen en este espacio. Este es un impacto de magnitud de carácter positivo y permanente; y de igual manera, generará empleo a los habitantes del municipio con el consecuente beneficio de gozar de una fuente de trabajo cercana a sus hogares.

2.1.7. Presupuesto

El presupuesto del proyecto se elaboró tomando como base los precios que se cotizan en el área de Sacatepéquez. Los salarios de la mano de obra calificada y no calificada se obtuvieron de las cantidades que maneja la municipalidad para trabajos de este tipo. Se consideró un factor de indirectos del 35%, donde se incluyó gastos de administración, supervisión, imprevistos y utilidades.

Tabla IX. **Resumen del presupuesto del drenaje pluvial colonia El Recuerdo, Jocotenango**

Municipalidad de Jocotenango Sacatepequez					
Red de Alcantarillado de Aguas Pluviales					
Núm.	Renglon	Unidad	Cantidad	precio	total
	Drenaje pluvial				
1	Trazo y nivelacion	ML	1 052,05	Q 3,59	Q 3 780,00
2	Excavación de zanja para tubería	M3	1 109,41	Q 20,38	Q 22 608,90
3	Tubo corrugado tdp de pvc blanco de 8" (incluye instalación)	ML	457,87	Q 186,73	Q 85 499,50
4	Tubo corrugado tdp de pvc blanco de 10" (incluye instalación)	ML	122,80	Q 288,01	Q 35 367,30
5	Tubo corrugado tdp de pvc blanco de 16" (incluye instalación)	ML	221,62	Q 560,23	Q 124 158,74
6	Tubo corrugado tdp de pvc blanco de 20" (incluye instalación)	ML	83,37	Q 1 075,74	Q 89 684,62
7	Pozo de visita no. 1, 3, 5, 6, 9, 10 y 12 con altura promedio de 1,50 mts.	UNIDAD	7,00	Q 3 723,99	Q 26 067,96
8	Relleno de zanja de tubería	M3	660,47	Q 54,29	Q 35 859,81
9	Conexión de drenaje de aguas pluviales a red principal	ml	7,00	Q 2 003,38	Q 14 023,64
10	Limpieza final	Global	1,00	Q 6 750,00	Q 6 750,00
Total					Q 443 800,46

Fuente: elaboración propia.

2.2. Diseño de distribución de agua potable por bombeo en la aldea Mano de León del municipio de Jocotenango, Sacatepéquez

La aldea Mano de León está ubicada fuera del casco urbano del municipio, en este lugar existen necesidades y una de ellas es la falta de distribución de agua potable a cada casa para que los habitantes del lugar tengan acceso al vital líquido.

2.2.1. Estudio de población

Para obtener buenos resultados en el proyecto se debe estudiar a la población del lugar para determinar las necesidades y dar prioridad a las más importantes.

2.2.1.1. Proyección de proyecto

La aldea Mano de León se encuentra con varias demandas de servicio que se deben proveer. De la investigación de las necesidades del lugar se concluye que el proyecto más urgente es el diseño de distribución de agua potable por bombeo.

2.2.1.2. Descripción del proyecto

Actualmente, en el municipio de Jocotenango hay aldeas que carecen de servicios básicos para gozar de una vida digna dentro del lugar, una de ellas es Mano de León. Esta comunidad no cuenta con un sistema de agua o con una red adecuada de abastecimiento de agua potable, servicio de alumbrado público, servicio de transporte, alcantarillados, entre otros.

Los habitantes de este lugar solo cuentan con una pila comunal de donde se abastecen para llevarla a sus viviendas. A esta actividad la denominan llena de cántaros. Aunque la necesidad de abastecerse de agua se subsana con la pila, esta es incapaz de proveer agua a todos los habitantes de este lugar ya que la necesitan para sus actividades cotidianas y para regar el cultivo del lugar.

Por lo tanto, se propuso realizar el diseño de distribución de agua potable por el método de bombeo, para suministrarla a 150 habitantes. Este diseño se basa en el uso de un pozo de 50 metros de profundidad del cual se bombeará agua por medio de una bomba sumergible. El agua bombeada se depositará en un tanque de almacenamiento, enterrado, de concreto armado de $24 m^3$. De ahí se trasladará, por medio de la línea de conducción de tubería de PVC de 2 pulgadas de diámetro y, finalmente, se distribuirá a las 25 viviendas en la línea de distribución con tubería de PVC de 1 pulgada de diámetro.

2.2.1.3. Determinación de población de diseño

- Período de diseño

Es el tiempo para el cual se considera que el diseño de un acueducto o sistema de agua potable será funcional y cumplirá con su cometido (abastecer de agua a una comunidad) con eficiencia.

Según la guía de normas para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para el consumo humano del Instituto de Fomento Municipal (INFOM), deben tomarse en cuenta los siguientes factores:

- Vida útil de los materiales

- Calidad de los materiales y de las construcciones
- Costos y tasas de interés
- Futuras ampliaciones del sistema
- Comportamiento del sistema en sus primeros años
- Población de diseño
- Caudal
- Obras civiles 20 años
- Equipos mecánicos 5 a 10 años

Para el caso en estudio se asignará un período de 20 años, más tres años para trámites o gestiones.

- Cálculo de población

Para una proyección de la población futura pueden utilizarse varios métodos. En esta ocasión se utilizó el método geométrico, el cual consiste en calcular el cambio promedio de la tasa de población para el área en estudio, por cada década en el pasado y así proyectar su tasa promedio o porcentaje de cambio hacia el futuro. Para ello, es necesario recabar información básica en instituciones especializadas, como el Instituto Nacional de Estadística (INE), elaborar censos escolares, censos poblacionales, registros municipales, tasas de mortalidad y natalidad.

La ecuación empleada para este método es:

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

Donde:

- P_f = población futura
- P_o = población inicial
- i = tasa de crecimiento poblacional %
- n = número de años en el futuro

Los datos que se utilizarán para el siguiente cálculo fueron otorgados por la municipalidad de Jocotenango.

Población inicial 150 habitantes

Años en el futuro 23 años

Tasa de crecimiento poblacional 2,54 %

$$P_f = 150(1 + 0,0254)^{23}$$

$$P_f = 268 \text{ personas}$$

- Requerimientos de diseño

El diseño se hará siguiendo las normas recomendadas por INFOM/UNEPAR en la guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales, las cuales son el resultado de experiencias sobre la materia durante muchos años, tanto del sector privado como el público. Por otra parte, también se toma en cuenta las tres condiciones fundamentales para proporcionar agua a las poblaciones: dar la cantidad necesaria, con la calidad adecuada y con la garantía de un servicio permanente, en una relación con la duración de las instalaciones y la cuantía de las inversiones.

- Caudal de diseño

Los caudales de diseño son los consumos considerados para el dimensionamiento de las tuberías y obras hidráulicas en casa, componente de un abastecimiento de agua basado en la información básica, aforo y estudio poblacional. Para poder determinar el caudal de diseño se considera los siguientes factores:

- El tipo de comunidad: la densidad de vivienda es de 6 habitantes por casa; están construidas de lámina y madera; los habitantes se dedican a la agricultura.
- Consumo doméstico: utilizan recipientes como toneles y cubetas para almacenar el agua que consumen durante el día.

2.2.2. Tipos de fuente

Solo existen dos tipos de fuentes de agua apta para consumo humano; fuentes superficiales, como lagos, ríos y captación pluvial y fuentes subterráneas, las cuales incluyen pozos, manantiales y galerías horizontales.

2.2.2.1. Abastecimiento actual de población

Actualmente, esta aldea solo cuenta con un chorro en una pila comunal denominada llena cántaros. La pila se abastece con agua de un nacimiento que pasa alrededor de la aldea, sin embargo, el uso constante durante años ha mermado su caudal por lo que es insuficiente para poder satisfacer la demanda de agua de los pobladores, ya que la mayoría se dedica a la siembra y necesita agua para regar al cultivo.

2.2.2.2. Estudio sobre demanda de agua potable

Durante la visita preliminar al lugar se recopilaron datos relacionados con la comunidad, la posible fuente de abastecimiento, así como características topográficas. Luego, se analizó el probable sistema de abastecimiento que se utilizará y se llegó a la conclusión de que el sistema de conducción será por bombeo, ya que el nacimiento se está secando y hay espacio donde realizar un pozo.

2.2.3. Levantamiento topográfico

Una de las herramientas básicas en todo proyecto es la topografía, ya que proyecto depende de esto para empezar los cálculos y los diseños. Los elementos necesarios para realizar el levantamiento topográfico son:

2.2.3.1. Altimetría

Es el estudio del terreno en un plano vertical, la cual da una representación gráfica de elevaciones y pendientes que posee un área trazados en perfiles, estos perfiles se elaboran con la ayuda de curvas de nivel. Se aplicó el método de conservación del azimut, el equipo utilizado fue una estación total Nikon Nivo 3M modelo dtm-322 láser, con su respectivo prisma.

2.2.3.2. Planimetría

Es el estudio del terreno en un plano horizontal, la cual sirve para representar gráficamente la localización de la red e indicar la ubicación de pozos de visita y localización de puntos de descarga. El levantamiento planimétrico del proyecto, se aplicó el método de conservación del azimut, el

equipo utilizado fue una estación total Nikon Nivo 3M modelo dtm-322 láser, con su respectivo prisma.

2.2.4. Diseño del sistema

A continuación, se empezará con el diseño del sistema, en este caso se realizará por método de bombeo.

2.2.4.1. Dotación

Es el volumen de agua que se le asigna a una persona para su consumo en un día en una población. Comúnmente se expresa en litros por habitante por día: l/hab/día.

Para un buen cálculo de la dotación se deberá tomar los siguientes factores que indica INFOM que son: clima, abastecimiento privado, calidad y cantidad de agua, presiones, nivel de vida, servicios comunales o públicos, medición, actividades productivas, facilidad de drenaje y administración del sistema. Para este diseño se estableció una dotación de 170 lts/hab/día según recomendación del INFOM-UNEPAR.

Tabla X. **Valores de dotación**

Servicio	Dotación (Its/hab/día)
Llena a cántaros	30 a 60
Llena a cántaros y conexiones prediales	60 a 90
Conexiones intradomiciliarias con opción a varios grifos por vivienda	90 a 170
Pozo excavado o hincado con bomba manual	mínimo 20
Aljibes	20.00

Fuente: Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano INFOM-UNEPAR.

2.2.4.2. Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño son los caudales que serán utilizados para el diseño de cada componente del sistema (línea de conducción, tanque de almacenamiento y línea de distribución). Los parámetros por considerar son los siguientes:

2.2.4.2.1. Caudal medio diario

El caudal de consumo diario (promedio) es la cantidad de agua necesaria para satisfacer la demanda de una población. Se calcula como el producto de la dotación adoptada por el número de habitantes que se estime al final del período de diseño.

$$Q_m = \frac{(Dot \times P_f)}{86\,400}$$

Donde:

- Q_m = caudal medio diario en l/s.
- Dot = dotación en lts/hab/día.
- P_f = población futura del período de diseño.

$$Q_m = \frac{(170 \times 268)}{86\,400}$$

$$Q_m = 0,55 \text{ lts/seg}$$

2.2.4.2.2. Caudal máximo diario

Debido a que el consumo medio diario no es igual a todos los días, se propone el caudal máximo diario (Q_{md}) para cubrir cualquier incremento posible en la demanda. El factor significa un incremento del 20% al 50% en el caudal necesario para un día normal, esto se hace con base en que el consumo no será el mismo en un día de verano que un día de invierno.

Debido a que no hay registros de este parámetro para la población, se considera el Q_{md} como el producto del caudal medio diario por un factor que va de 1,20 a 1,50 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes; 1,5 para poblaciones futuras menores de 1000 habitantes y 1,2 para poblaciones futuras mayores de 1000 habitantes, según Normas de Diseño INFOM-UNEPAR.

$$Q_{md} = Q_m \times F_{md}$$

Donde:

- Q_{md} = caudal máximo diario en lts/seg.
- Q_m = caudal medio diario en lts/seg.
- F_{md} = factor máximo diario

$$Q_{md} = 0,55 \times 1,50$$

$$Q_{md} = 0,82 \text{ lts/seg}$$

La línea de conducción se diseñará con el Q_{md} de 0,82 lts/seg.

2.2.4.2.3. Caudal máximo horario

Conocido también como caudal de distribución, debido a que es el utilizado 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 y la red de distribución.

Para determinar este caudal se debe multiplicar el consumo medio diario por el coeficiente o factor de hora máximo (FMH) cuyo valor va de 2,0 a 3,0 para poblaciones menores de 1000 habitantes; 3,0 para poblaciones futuras menores de 1000 habitantes y 2,0 para poblaciones futuras mayores de 1000 habitantes, según Normas de Diseño INFOM-UNEPAR.

$$Q_{mh} = Q_m \times F_{mh}$$

Donde:

- Q_{mh} = caudal máximo horario lts/seg

- Q_m = caudal medio diario lts/seg.
- FMH = factor máximo horario.

$$Q_{mh} = 0,55 \times 3,0$$

$$Q_{mh} = 1,65 \text{ lts/seg}$$

2.2.4.2.4. Caudal de vivienda

También es conocido como caudal unitario y se utiliza para establecer el consumo de agua en los distintos puntos de la red de distribución, es decir, la cantidad de agua que corresponde a cada vivienda del Qmd. El caudal asignado a cada vivienda es:

$$Q_v = \frac{Q_{md}}{\text{No. de viviendas futuras}}$$

Donde:

- Q_v = caudal de vivienda
- Q_{md} = caudal máximo diario

$$Q_v = \frac{0,82}{45}$$

$$Q_v = 0,02 \text{ lts/seg/vivienda}$$

2.2.4.2.5. Caudal de bombeo

Cuando el sistema es diseñado por bombeo, se requiere considerar un caudal de bombeo suficiente para abastecer el consumo máximo diario en un determinado período de bombeo.

Para determinar el caudal de bombeo es importante definir el período de bombeo, el cual se obtiene en función del caudal que proporciona la fuente. Dicho período afecta a la tubería de descarga, la potencia de la bomba y el tanque de alimentación. Se recomienda un uso por día de las bombas máximo de 12 horas para motor diesel y de 18 horas para motores eléctricos, según Normas de Diseño INFOM-UNEPAR.

$$Q_b = \frac{Q_{md} \times 24}{\text{Núm. horas de bombeo}}$$

Donde:

- Q_b = caudal de bombeo lts/seg.
- Q_{md} = caudal máximo diario lts/seg.

$$Q_b = \frac{0,82 \times 24}{12}$$
$$Q_b = 1,65 \text{ lts/seg}$$

2.2.5. Estudio de la calidad de agua

El agua de la fuente donde será utilizada debe ser sanitariamente segura, es decir, apta para el consumo humano. Esto se garantiza cumpliendo los límites sobre la calidad por la norma COGUANOR NGO 29001.

2.2.5.1. Examen bacteriológico

Es fundamental determinar la condición bacteriológica del agua desde el punto de vista sanitario, ya que los gérmenes patógenos de origen entérico y parásito intestinal son los que pueden transmitir enfermedades gastrointestinales, por lo tanto, el agua debe estar exenta de ellos. Los exámenes bacteriológicos permiten dar información sobre indicadores de presencia de microbios patógenos como lo son: la cuenta bacteriana y el índice coliforme.

- La cuenta bacteriana es el número de bacterias que se desarrollan en agar nutritivo por 24 horas a una temperatura de 37 °C.
- El índice coliforme consiste en la determinación del número de bacterias de origen animal.

El análisis de calidad del agua se realizó en el laboratorio de EMPAGUA-USAC, en el cual revela el agua sin sabor, sin sustancias en suspensión, con aspecto claro, sin presencia de cloro residual e inodora, con presencia de innumerables colonias de gérmenes desarrolladas, un NMP de Coliformes Totales y E. Coli mayor que 16000/100 cm^3 , cuando lo recomendado según la norma COGUANOR 29001-99 es 0/100 cm^3 . En la investigación de coliformes se presenta las pruebas presuntiva y confirmativa de formación de gas a 44.5°C que comprueba la existencia de microorganismos patógenos por medio del signo positivo.

Se concluye, entonces, que la muestra tomada no es potable, ya que no cumple con los parámetros establecidos en la norma COGUANOR 29001-99. Sin embargo, al aplicar tratamiento sencillo de cloro al agua, se puede eliminar

las bacterias E. Coli y fecal, es decir que el agua estudiada requiere de tratamiento previo para el consumo.

2.2.5.2. Examen fisicoquímico

El análisis físico se efectúa para determinar las características físicas del agua, como color, turbiedad, olor, sabor y temperatura, las cuales son de menor importancia desde el punto de vista sanitario. El análisis químico define el límite mínimo de potabilidad para consumo humano. Las sustancias minerales contenidas en el agua deben quedar comprendidas entre los límites tolerables para el consumo humano, los cuales han sido fijados por la norma COGUANOR 29001.

En términos generales, los análisis químicos determinan características del agua, como la alcalinidad, dureza, cloruros, nitratos, nitratos de oxígeno disuelto, amoníaco libre, amoníaco albuminoide, contenido de hierro, de manganeso, cloro residual y acidez definida en términos de potencial hidrógeno.

El análisis fisicoquímico sanitario del agua, la dureza se encuentra en el límite máximo permisible y las demás determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos aceptables de normalidad según la norma COGUANOR NTG 29001, por lo tanto, el agua de la fuente puede ser utilizada para consumo humano.

2.2.6. Aforo de fuente

Es necesario obtener la cantidad de agua de la fuente para comprobar si se puede satisfacer la demanda de agua a la población o no. Esto se hace por medio del aforo, que es la operación de medición de volumen de agua en un

tiempo determinado. Lo ideal es que los aforos se efectúen en las temporadas críticas de los meses de estiaje (meses secos) y de lluvia, para conocer los caudales mínimos y máximos.

La producción efectiva de los pozos debe estimarse con base en la prueba de producción de bombeo continuo, la cual dura como mínimo 24 horas a caudal constante, midiendo caudal y abatimiento del nivel freático, por medio de bomba de capacidad adecuada. Debe hacerse también una prueba de recuperación de 24 horas de duración.

Datos

Profundidad del pozo	50 m
Nivel estático	15 m
Nivel dinámico	35 m
Producción	30 GPM (galones por minuto)

$$Producción = 30 \frac{gal}{min} * \frac{3,785 \text{ lts}}{1gal} * \frac{1m}{60s} = 1,89 \text{ lts/s}$$

2.2.7. Diseño del sistema por bombeo

A continuación, se realizará el diseño por bombeo para la línea de conducción del sistema.

2.2.7.1. Diseño de la tubería por impulsión

La tubería de impulsión se compone de tubería de succión y tubería de descarga, las cuales se estudiarán detenidamente a continuación:

2.2.7.1.1. Tubería de succión

Se llama así a la tubería que va conectada directamente a la entrada de la bomba uniendo a la misma con el volumen de agua a elevarse.

Para minimizar la resistencia al paso del agua y evitar entradas de aire en esta tubería, se recomienda tomar en cuenta en el diseño e instalación los siguientes pasos:

- Se debe tender con una pendiente de elevación continua hacia la bomba, sin puntos altos, para evitar la formación de burbujas de aire.
- Deben ser cortas y directas como sea posible.
- Su diámetro debe ser igual o mayor que el diámetro de la tubería de descarga; si se requiere una línea de succión larga, el diámetro de la tubería debe aumentarse para reducir la resistencia al paso de agua.
- Los reductores que se utilicen deben ser excéntricos, con el lado recto hacia arriba para evitar también la formación de burbujas de aire.
- Los codos instalados, generalmente se prefieren de radio largo ya que ofrecen menos fricción y proveen una distribución más uniforme de flujo que con el uso de codos normales.
- En la entrada de esta tubería se recomienda utilizar una coladera con válvulas de pie debido a que disminuye el riesgo de entrada de materia indeseable al tubo de succión y al mismo tiempo retiene el agua que ha entrado a la tubería, evitando la necesidad de alimentar a la bomba después de que ha dejado de operar.

2.2.7.1.2. Tubería de descarga

La tubería de descarga es la que se coloca después de la bomba, generalmente, en abastecimiento de agua potable en el área rural. Esta tubería descarga el líquido a un tanque de almacenamiento, aunque se puede conectar directamente a la tubería de distribución.

Para minimizar la resistencia al paso del agua y eliminar formaciones de aire, es conveniente considerar en el diseño e instalaciones de la tubería de descarga, las siguientes reglas:

- Debe colocarse en la ruta más directa posible, desde la bomba hasta el punto de descarga, lo que aminora la resistencia al paso del agua.
- Cuando existan vueltas o dobleces, su tipo debe ser de radio grande, así podrá mantener al mínimo la resistencia al paso de agua.
- El número de cambios de dirección, válvulas y accesorios deben ser mínimos en esta tubería, sin embargo, en lugares bajos deben instalarse válvulas de limpieza y si se requiere en los picos de la línea deberá colocarse válvulas de aire.
- Cuando la conexión sea más de una bomba en una misma tubería de descarga, se recomienda el uso de accesorios que conduzcan el fluido por la ruta más directa; usando yee o codos de mínimo ángulo. En este caso, conforme se vaya sumando caudales, el diámetro de la tubería debe ser el inmediato superior. El tipo de la tubería de descarga está ligado a la máxima presión que se presenta, pudiéndose clasificar según su presión de trabajo en ligera, mediana o alta.

2.2.7.2. Altura neta de succión

La altura neta de succión es la presión mínima requerida para que el agua del pozo suba por medio de la tubería y pueda llegar al tanque de almacenamiento.

2.2.7.2.1. Altura neta de succión positiva

En la presión necesaria para hacer pasar el agua por la tubería de succión hasta el ojo impulsor. Esta presión es conocida como NPSH (Net Positive Suction Head) y es medida en el ojo del impulsor.

En la proyección de instalación de una bomba, es necesario considerar dos tipos de altura neta de succión positiva o NPSH: la disponible y la requerida por la bomba que será instalada; de ambas es necesario que la primera sea mayor, con un margen de seguridad de 0,5 m, que la segunda para evitar el fenómeno de cavitación, el cual puede dañar rápidamente la bomba.

$$NPSH_{disp.} > NPSH_{req.}$$

El valor $NPSH_{req.}$ solamente depende de las características de la bomba y no de las de la instalación. Es variable para cada bomba en función del caudal y del número de revoluciones y es siempre positivo. El valor $NPSH_{req.}$ es independiente de la naturaleza del fluido trasegado. Los valores $NPSH_{req.}$ indicados en las curvas características de cada bomba son resultado de mediciones efectuadas con agua fría como fluido trasegado. El valor $NPSH_{req.}$ da una indicación acerca de la capacidad de aspiración de una bomba en un

punto determinado de la curva característica: cuanto menor es el valor $NPSH_{req.}$, será mayor su capacidad de aspiración.

2.2.7.2.2. Altura neta de succión positiva disponible en bombeo vertical

Este cálculo es especial para la instalación de bomba vertical de turbina o bomba sumergible. En este caso, entra en consideración la sumergencia de la bomba, lo cual es necesaria para el funcionamiento normal de la misma, evitando la posibilidad de la entrada de aire, que en su efecto disminuye la eficiencia del conjunto motor bomba.

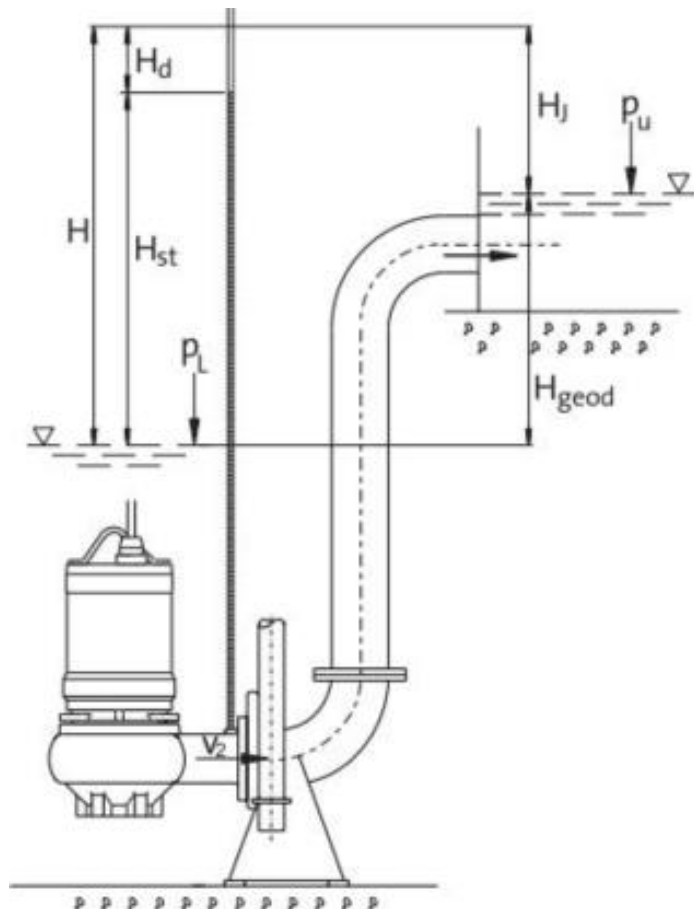
Si un tubo de observación está instalado en la brida de descarga de la bomba, el líquido bombeado subirá en la brida hasta una altura H_{st} (altura estática de la bomba), desde el nivel de la fosa; además, el líquido tiene una velocidad V_2 (velocidad del caudal en la salida m/s), en la descarga de la bomba, que puede convertirse en presión o H_d (altura dinámica de la bomba), utilizando la siguiente ecuación:

$$H_d = \frac{V_2^2}{2g}$$

La suma de la altura estática y la dinámica es la altura total de la bomba, por lo tanto:

$$H = H_{st} + H_d$$

Figura 2. **Componentes de altura en instalaciones de bombas sumergibles**



Fuente: Grunfos. *Manual de bombeo de aguas residuales*. p. 38.

2.2.7.3. Carga dinámica

La carga dinámica total (DCT) es la altura expresada en metros columna de agua (m.c.a), que deberá vencer el equipo de bombeo para elevar el agua desde el nivel dinámico, hasta el punto de descarga final, adicionado las pérdidas por fricción en la columna, en la tubería de conducción y los accesorios, así como perdidas menores como la energía cinética.

Se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$CDT = \frac{v^2}{2g} + hf + hm + hi + hq$$

Donde:

- CDT= carga dinámica total.
- $v^2/2g$ = pérdida de velocidad
- hf= pérdida por fricción en tubería.
- hm= perdidas menores por accesorios
- hi= altura por impulsión
- ha= altura de aspiración.

Para bombas sumergibles se debe tener en cuenta lo siguiente para la carga dinámica:

- La altura del nivel dinámico al nivel de la boca del pozo.
- Las pérdidas de carga en el tubo de columna utilizando la fórmula de Hazen & Williams.
- La altura de la boca del pozo de descarga.
- Las pérdidas de carga en la línea de impulsión, usando Hazen & Williams.
- La carga de velocidad ($v^2/2g$)
- Las pérdidas menores son el 10% de la pérdida de carga en la línea de impulsión.

2.2.7.3.1. Carga dinámica total en bombeo horizontal

Se llama así porque el eje de rotación de la bomba es horizontal. Esta se puede presentar en tres formas, como se describe a continuación:

- Caso I

En este caso, el nivel del agua en la descarga al igual que en la succión, está expuesto a la presión atmosférica; además el nivel de succión está abajo del nivel del ojo del impulsor.

$$CDT1 = h_s + h_{fs} + h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_m$$

- Caso II

El nivel del agua en la succión está expuesto a la presión atmosférica, al igual que en la descarga y arriba del impulsor.

$$CDT2 = h_s + h_{fs} + h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_{fm}$$

- Caso III

En este se presentan los dos casos antes descritos, con la diferentes a la atmosférica, cuyos valores se pueden representar en la carga como H_{dad} y en la succión H_{das} , de tal manera las expresiones de la carga dinámica total quedan de la siguiente manera:

- Si el ojo del impulsor está arriba del nivel de succión, entonces: $CDT3a = h_s + h_{fs} + h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_{fm} + h_{das} + H_{dad}$

- Si el ojo del impulsor está debajo del nivel de succión, entonces: $CDT3b = -hs + hfs + hd + hfd + hfv + hfm - hdas + Hdad$

Donde:

- hs = diferencia de altura entre el nivel de agua en la succión y el ojo del impulsor, (m).
- hfs = pérdida de carga por fricción en la tubería de succión, en m.c.a
- hd = diferencia de altura entre el nivel del agua en la descarga y el ojo del impulsor, (m).
- hfd = pérdida de carga por fricción en la tubería de descarga en m.c.a
- hfv = pérdida de carga por velocidad en la descarga en, m.c.a
- hfm = pérdida menor de carga producida por accesorios en m.c.a.
- $hdas$ = presión diferente a la atmosfera en la succión en m.c.a.
- $Hdad$ = presión diferente a la atmosfera en la descarga en m.c.a

Pérdidas de carga que debe vencer la bomba:

- La primera altura que debe vencer la bomba es la altura del nivel mínimo al eje de la bomba (hs).
- La pérdida de carga en la línea de succión, esta altura se calcula utilizando la fórmula de Hazen & Williams.
- La altura del eje de la bomba a la descarga (H).
- La pérdida de carga en la línea de impulsión, al igual que en la línea de succión se utiliza la fórmula de Hazen & Williams (hf).

2.2.7.3.2. Carga dinámica total en bombeo vertical

Estas se presentan en dos formas: cuando se utiliza una bomba vertical de turbina o una bomba sumergible; aplicándose los mismos términos que en los casos anteriores con la excepción que el símbolo h_d significa, la diferencia entre el nivel del agua en la succión y el nivel de la descarga. En bombas verticales de turbina se utiliza el término h_{fs} que representa las pérdidas por fricción en la columna de la bomba, cuyo valor puede ser proporcionado por el fabricante a través de tablas.

- Las bombas verticales de turbina:

$$CDTva = h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_{fc} + h_{fm}$$

- Las bombas sumergibles:

$$CDTvb = h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_{fm}$$

Pérdidas de carga que debe vencer la bomba:

- La altura de nivel dinámico a la boca del pozo.
- La pérdida de carga en conjunto de columnas se determina de la siguiente manera $h = (4 \text{ a } 5\text{m}) \times (S/100)$, donde S es el lugar en donde se colocará la bomba.
- La pérdida de carga en la línea de impulsión, utilizando la fórmula de Hazen & Williams.

La carga por la velocidad ($v^2/2g$).

2.2.8. Sobre presión por golpe de ariete

Para la protección del equipo de bombeo y de la tubería de conducción se deben considerar los efectos producidos por el fenómeno denominado golpe de ariete.

Se denomina golpe de ariete a la variación de presión en una tubería, ocasionada por rápidas fluctuaciones en el caudal, producidas por la apertura o cierre repentino de una válvula o por el paro o arranque de las bombas. Este fenómeno puede provocar ruptura de la presión (presión positiva) o aplastamiento (presión negativa). En algunos casos, se puede colocar una válvula de alivio para reducir el golpe de ariete.

El golpe de ariete es una onda de presión que se propagará con una velocidad llamada celeridad “a” que se calcula de la siguiente manera:

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{k}{E} \chi \frac{D_i}{e}}}$$

Donde:

- k= módulo de elasticidad volumétrica del agua ($2.07 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$)
- E= módulo de elasticidad del material.
- Di= diámetro interno del tubo
- e= espesor de la pared del tubo

Se debe tomar en cuenta que existen diferentes valores de módulo de elasticidad volumétrica dependiendo el tipo de material que se utilice en la tubería, a continuación, se presentan algunos valores según el material:

Tabla XI. **Valores de módulo de elasticidad volumétrica de materiales**

Material	E (kg/cm²)
PVC	3x10 ⁴
Hierro fundido	1,05x10 ⁶
Acero	2,05x10 ⁴
Asbesto de cemento	(1,85-2,5) x10 ⁶

Fuente: elaboración propia.

2.2.9. Potencia de la bomba

Para conocer la potencia de la bomba se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Q * h}{76 * e}$$

Donde:

- Q= caudal de bombeo (lts/s)
- h= pérdidas por fricción (m)
- e= eficiencia a la que trabaja la bomba, lo más común es usar 0,6
- P= potencia de la bomba en caballos de fuerza.

2.2.10. Diseño del equipo de bombeo

Se utilizará una bomba sumergible con un equipo que funcionará con energía eléctrica generada por una planta eléctrica y el tiempo máximo de bombeo será de 12 horas diarias. La capacidad de la bomba y la potencia del motor deberá ser suficiente para elevar el caudal de bombeo previsto control la

altura máxima de diseño; la eficiencia de la bomba en ningún momento será menor del 60 %. La capacidad del motor deberá calcularse para suministrar la potencia requerida por la bomba (considerando el rendimiento del conjunto), más una capacidad de 10 a 25% para compensar el desgaste normal del equipo. La bomba sumergible vertical es la recomendada para este proyecto, debido a que es más fácil de instalar y más eficiente, fácil mantenimiento y reparación.

2.2.11. Diseño de la línea de conducción

Se le denomina línea de conducción a la combinación de tubos de distintos diámetros y materiales que conducen agua a presión (también llamado sistema forzado). Inicia desde las obras de captación al tanque de almacenamiento. De acuerdo con la naturaleza y características de la fuente de abastecimiento de agua, el sistema será por bombeo.

Para diseñar la línea de conducción por bombeo hay que tener cierto criterio, debido a que hay que tomar en cuenta cuál será el diámetro más económico de la tubería. Si se escoge una tubería de diámetro grande, la pérdida será muy pequeña y por ende el costo de energía sería bajo, pero el costo de la tubería sería muy alto; mientras que, si la tubería es de diámetro pequeño, el costo sería barato, pero las pérdidas serían mayores y por lo tanto el costo de energía sería más alto. De acuerdo con lo con indicado, es necesario calcular el diámetro económico de la tubería, el cual será el que presente menor costo del tubo y de la energía.

Para empezar el diseño de la línea de conducción se debe calcular el caudal que la impulsará, denominado caudal de bombeo, el cual se calculó anteriormente.

$$Q_b = 1,65 \text{ lts/s}$$

Es muy importante tomar en cuenta la velocidad con la que se conducirá el agua al diseñar una línea de conducción por bombeo, ya que para disminuir la sobre presión generada por el golpe de ariete se recomienda que la velocidad mínima debe ser 0,6 m/s y la velocidad máxima de 2 m/s.

Luego se determinan los posibles diámetros que se utilizarán, los que deben cumplir con los rangos de velocidad indicados anteriormente; es decir, el diámetro inferior corresponderá a 0,2 m/s y el superior a 2 m/s, debiéndose analizar todos los diámetros comerciales que se encuentren dentro de dicho rango. Por lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$d = \sqrt{\frac{1,974 * Q}{v}}$$

Donde:

- d= diámetro de tubería (pulgadas)
- Q= caudal de bombeo (lts/s)
- v= velocidades mínima y máxima (m/s)

$$d_1 = \sqrt{\frac{1,974 * 1,65}{2}} = 1,27''$$

$$d_2 = \sqrt{\frac{1,974 * 1,65}{0,6}} = 2,33''$$

Como estos diámetros no son comerciales, se deben aproximar, por lo tanto, los diámetros comprendidos dentro del rango de velocidades son 1", 1½" y 2".

Para el cálculo de costo de la tubería por mes para los diámetros encontrados anteriormente, se debe determinar la amortización, utilizando la siguiente ecuación:

$$A = \frac{r * (r + 1)^n}{(r + 1)^n - 1}$$

Donde:

- A= amortización
- r= tasa de interés (15% anual)
- n= el tiempo (número de meses) en que se desea pagar la tubería.

$$A = \frac{(0,15/12) * ((0,15/12) + 1)^{120}}{((0,15/12) + 1)^{120} - 1} = 0,016133$$

Luego se determina la cantidad de tubos a utilizar en la línea de conducción.

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de tubos} &= \frac{L}{6} \\ \text{Cantidad de tubos} &= \frac{75,28}{6} = 12,55 \text{ tubos} \end{aligned}$$

Por lo tanto, se utilizarán 13 tubos para el tramo de conducción del proyecto de agua potable.

Con los datos obtenidos anteriormente, se realiza una tabla para conocer el costo por mes de la tubería, el cual se calcula multiplicando la amortización por el costo de longitud de tubería.

$$C_T = A * C$$

Donde:

- A= amortización
- C= costo por longitud de tubería

$$Q_1 = (0,016133) * (53,20) * (13) = Q 10,77$$

Tabla XII. **Costo por mes de tubería**

ϕ	Amortización	Costo tubería (Q)	Cantidad tubos	Costo tubería (Q)
1	0,016133	53,20	13	10,77
1 1/2	0,016133	94,20	13	19,07
2	0,016133	143,20	13	28,99

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del catálogo de precios de Amanco de Guatemala.

Luego, se calcula el costo de bombeo el cual depende de las pérdidas de carga por longitud de tubería, para lo cual habrá que calcular para cada uno de los diámetros las pérdidas por fricción por medio de la ecuación de Hazen & Williams y luego calcular la potencia con la fórmula descrita anteriormente.

$$hf_1 = \frac{(1743,811) * (79,04) * (1,65)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (1)^{4,87}} = 32,64 \text{ m}$$

Tabla XIII. **Pérdidas en tuberías**

ϕ	Pérdidas
1	32,64
1 1/2	4,53
2	1,12

Fuente: elaboración propia.

$$Pot_{1''} = \frac{(1,65) * (32,64)}{(76) * (0,36)} = 1,96 \text{ hp}$$

Tabla XIV. **Cálculo de potencia**

ϕ	Potencia
1	1,96
1 1/2	0,27
2	0,07

Fuente: elaboración propia.

Como el bombeo será por medio de una planta eléctrica que utilizará gasolina no se realiza la conversión a kilowatts. Debido a que el sistema es por medio de bombeo se debe calcular la hora de bombeo por mes y así obtener el costo por bombeo.

$$n = tb * \text{cantidad de días del mes}$$

Donde:

- n= horas de bombeo por mes
- tb= período de bombeo, según INFOM recomienda 12 horas máximo para motor diesel y 18 horas para motor eléctrico.

$$n = (12 * 30) = 360 \text{ hora/mes}$$

A continuación, se presentan rendimientos de los combustibles:

Tabla XV. **Rendimiento de combustibles**

Datos de rendimiento		
Diesel	0,065	gal/Hp/hora
Gasolina	0,11	gal/Hp/hora

Fuente: elaboración propia.

En este diseño se propuso utilizar gasolina como el combustible generador de energía para la bomba y se obtuvieron los siguientes resultados del costo por bombeo:

$$Q_{1''} = n * R * potencia * precio \text{ unitario}$$

Donde:

- $Q_{1''}$ = costo por bombeo. (Q)
- n= hora de bombeo por mes
- R= rendimiento de combustible a utilizar

$$Q_{1''} = (360) * (0,11) * (1,96) * (22,50) = Q 1749,04$$

Tabla XVI. **Costo por bombeo**

ϕ	n	R	Pot	P,U	Costo bombeo (Q)
1	360,000	0,11	1,96	22,50	1749,04
1 1/2	360,00	0,11	0,27	22,50	242,79
2	360	0,11	0,07	22,50	59,81


Fuente: elaboración propia.

Con los resultados anteriores se calcula el costo total para identificar la tubería óptima para el diseño. En este caso, la tubería para la línea de conducción es la de 2" debido a que el costo es el menor y se tiene menos pérdida en el sistema.

$$Q_t = \text{Costo tubería} * \text{costo bombeo}$$

$$Q_{t1"} = (10,77) * (1749,04) = Q 18835,11$$

Tabla XVII. **Costo total**

ϕ	Costo tubería (Q)	Costo bombeo (Q)	Costo total (Q)
1	10,770	1749,04	18835,11
1 1/2	19,07	242,79	4629,59
 2	28,99	59,81	1733,74

Fuente: elaboración propia.

Sabiendo el diámetro de la tubería que se utilizará, se debe tomar en cuenta el golpe de ariete, por lo tanto, se verifica que la tubería sea capaz de aguantar la sobrepresión y para ello se debe sumar la altura de bombeo más la sobre presión, este debe ser menor que la presión de trabajo de la tubería. Por lo cual se calcula la potencia del equipo de bombeo:

- Carga dinámica total

Altura del nivel dinámico a la boca del pozo

$$\text{Altura ND} = (90 - 55) = 35 \text{ m}$$

Pérdida de carga en conjunto columna eje

$$hf = \frac{(1743,811) * (35) * (1,65)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (2,193)^{4,87}} = 0,32 \text{ m}$$

Altura de la boca del pozo a la descarga

$$H = (105 - 55) = 50 \text{ m}$$

Pérdida de carga en línea de impulsión

$$hf = \frac{(1743,811) * (79,04) * (1,65)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (2,193)^{4,87}} = 0,71 \text{ m}$$

Carga de velocidad

$$H = \frac{(0,68)^2}{(2 * 9,81)} = 0,023 \text{ m}$$

Pérdidas menores

$$Hf \text{ menores} = (0,10 * 0,71) = 0,071 \text{ m}$$

Carga dinámica total

$$CDT = 35 + 0,32 + 50 + 0,71 + 0,023 + 0,071 = 86,12 \text{ m}$$

- Potencia

$$Pot = \frac{(86,12) * (1,65)}{(76) * (0,36)} = 5,18 \text{ Hp}$$

- Golpe de Ariete

Cálculo de celeridad

$$a = \frac{1420}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,07 \times 10^4}{3 \times 10^4}\right) * \left(\frac{2,193}{0,091}\right)}} = 338,21 \text{ m/s}$$

Velocidad para determinar la sobrepresión

$$v = \frac{(1,974 * 1,65)}{4,8} = 0,68 \text{ m/s}$$

Sobrepresión

$$\Delta H = \frac{(338,21 * 0,68)}{9,81} = 23,29 \text{ m.c.a}$$

Verificación de la tubería resiste la sobrepresión generada por el golpe de ariete

$$P_{max} = 23,29 + (105 - 90) = 38,29 \text{ m.c.a}$$

$$38,29 \text{ m.c.a} < 112 \text{ m.c.a}$$

Por lo tanto, se puede concluir que la tubería de 160 PSI si resiste a dicha presión, debido a que la sobrepresión es menor a la presión de trabajo de la tubería, haciendo nulo el golpe de ariete en el sistema.

2.2.12. Diseño de línea de distribución

La red o sistema de abastecimiento comprende todo el conjunto de conducciones y tuberías que distribuye el agua tratada desde el tanque de almacenamiento hasta el grifo del consumidor.

La red de distribución está conformada por tuberías principales y secundarias. La red de tuberías principales distribuye el agua a las diferentes zonas de la población, en cambio la tubería secundaria se conecta a las conexiones domiciliarias. Existen tres tipos de redes:

- Abiertas, los puntos de consumo se determinan con el número de viviendas del área de influencia que abastecerá cada sector.
- Cerradas, se forman mallas o circuitos a través de la interconexión entre ramales de la distribución.
- Mixtas, la unión de los anteriores.

La elección idónea y funcional del sistema dependerá de las características del lugar, ubicación del tanque de agua potable y otros factores. La aldea llena los requisitos para diseñar un sistema de distribución a base del circuito cerrado utilizando el método de Cross, ya que este, mediante iteraciones, compensa los caudales que circularán en las tuberías; se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- La dirección de los caudales debe seguir la pendiente del terreno.
- La sumatoria de caudales de entrada debe ser igual a la sumatoria de caudales de salida en cada nodo.
- El signo de los caudales que circulan a favor de las agujas del reloj es positivo y el de los que van en contra de dicho es negativo.
- En los tramos comunes a varios circuitos, se deberán aplicar las correcciones de los otros circuitos, pero con signo cambiado.
- Los circuitos se consideran compensados cuando el valor absoluto de todas las iteraciones sea menor al uno por ciento del caudal de entrada, calculándose en ese momento los caudales finales y sus correspondientes pérdidas de carga.

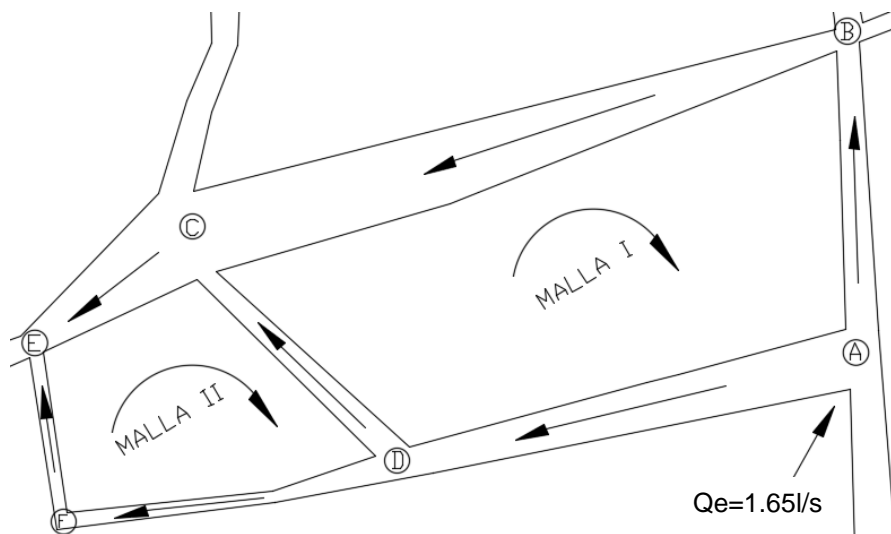
Se tomará de ejemplo el tramo A-B del circuito cerrado, este tramo pertenece a la malla del proyecto; los datos necesarios para realizar el cálculo están en las siguientes tablas.

Tabla XVIII. **Distribución de viviendas en las tuberías secundarias**

Línea secundaria	N° de casas conectadas a líneas secundarias	Caudal de diseño (lts/s)	Nodo	Cota (m)
1	3	0,020	A	77
2	4	0,020	B	73
3	8	0,020	C	67
4	3	0,020	D	71
5	2	0,020	E	65
6	5	0,020	F	70
Total de casas conectadas	25			

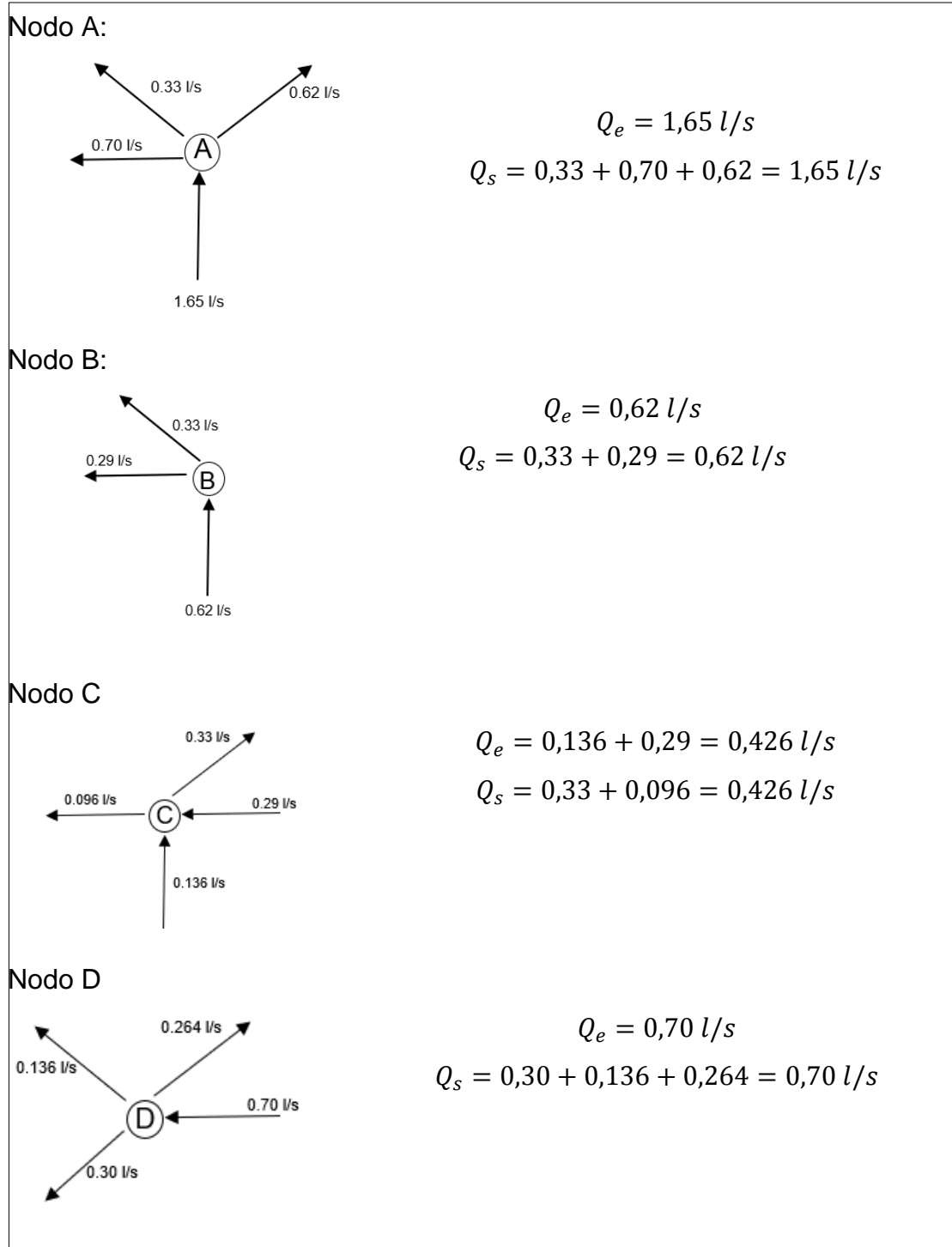
Fuente: elaboración propia.

Figura 3. **Distribución de agua potable en circuito cerrado**

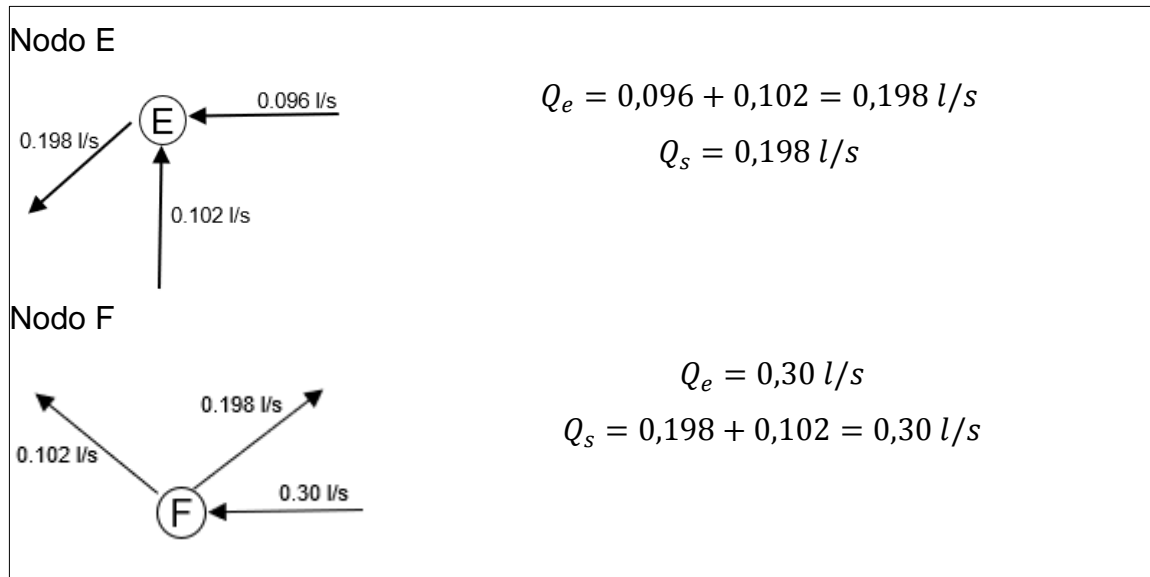


Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 4. Distribución de caudales en red de distribución



Continuación de la figura 4.



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Caudales asumidos de acuerdo con la distribución de caudales y al número de casas conectadas en los respectivos tramos.

Se calculó los diámetros de cada tramo y se aproximan a diámetros comerciales, utilizando la siguiente fórmula:

$$\Phi_{AB} = \left[\frac{(1743,811) * (L_{AB}) * (Q_{AB})^{1,85}}{(C)^{1,85} * (H_A - H_b)} \right]^{(1/4,87)}$$

Donde:

- L_{AB} = distancia entre el punto A y B
- Q_{AB} = caudal de salida hacia el punto B
- $\Delta H_{f_{AB}}$ = diferencia de altura entre los puntos A y B

$$\phi_{AB} = \left[\frac{(1743,811) * (38,70) * (0,62)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (4)} \right]^{(1/4,87)} = 0,917 \text{ pulg}$$

$\phi_{AB} = 1,00 \text{ pulg}$ (diámetro comercial)

Tabla XIX. **Diámetros de la tubería utilizada en los tramos**

CIRCUITO	TRAMO	LONGITUD (m)	CAUDAL (l/s)	Δ ALTURA	ϕ (pulg)	ϕ COMERCIAL
I	AD	58,12	0,700	6,00	0,961	1
	DC	38,87	0,136	4,00	0,515	1
	BC	86,50	0,290	6,00	0,746	1
	AB	38,70	0,620	4,00	0,917	1
II	DF	42,60	0,300	1,00	0,944	1
	FE	22,35	0,102	5,00	0,394	1
	CE	22,08	0,096	2,00	0,464	1
	CD	38,87	0,136	4,00	0,516	1

Fuente: elaboración propia.

Se tomará el diámetro de la tubería del tramo AB de la malla I, para encontrar la pérdida generada por la fricción a lo largo del tramo de la tubería entre los puntos A y B. Para este cálculo nuevamente se utiliza la fórmula de Hazen-Williams.

$$H_f = \frac{(1743,811) * (L) * (Q)^{1,85}}{(C)^{1,85} * (\phi)^{4,87}}$$

Donde:

- Q= caudal en el tramo
- L= longitud en tramo
- C= coeficiente de rugosidad del material
- ϕ = diámetro de tubería

$$H_{fAB} = \frac{(1\,743,811) * (38,70) * (0,620)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (1)^{4,87}} = 2,626m$$

En la tabla XX se muestran las pérdidas de carga en los tramos que forman los circuitos.

Tabla XX. **Pérdidas en las tuberías en los tramos**

TRAMO	LONGITUD (m)	CAUDAL (l/s)	ϕ (pulg)	PÉRDIDA (m)
AD	58,12	0,700	1	4,94
DC	38,87	0,136	1	0,16
BC	86,50	0,290	1	1,44
AB	38,70	0,620	1	3
DF	42,60	0,300	1	0,75
FE	22,35	0,102	1	0,05
CE	22,08	0,096	1	0,05
CD	38,87	0,136	1	0,16

Fuente: elaboración propia.

Luego de obtener los datos para el diseño es fundamental realizar el balance en el sistema de abastecimiento, para equilibrar los caudales que circulan en los circuitos cerrados.

Tabla XXI. Método de Hardy-Cross (balance de caudales)

Primera iteración								
Circuito	Tramo	Longitud (m)	ϕ (pulg)	Caudal Q	Pérdida Hf	Hf/Q	Δ	
I	AD	58,12	1	0,700	4,94	7,05	-0,032	
	DC	38,87	1	0,136	0,16	1,17	-0,032	0,037
	BC	86,50	1	-0,290	-1,44	4,96	-0,032	
	AB	38,70	1	-0,620	-2,63	4,24	-0,032	
					1,03	17,42		
II	DF	42,60	1	0,300	0,75	2,52	-0,069	
	FE	22,35	1	0,102	0,054	0,53	-0,069	
	CE	22,08	1	-0,096	-0,048	0,50	-0,069	
	CD	38,87	1	-0,136	-0,16	1,17	-0,069	-0,037
					0,60	4,71		

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se corrige el caudal del sistema, aplicando la siguiente fórmula a cada tramo en cada tramo de los circuitos.

$$\Delta Q = - \frac{\sum h_f}{n \sum \left| \frac{h_f}{Q} \right|}$$

$$\Delta_1 = - \frac{(1,03)}{(1,85 * 17,42)} = 0,032$$

$$\Delta_2 = - \frac{(0,60)}{(1,85 * 4,71)} = 0,069$$

$$|\Delta_1| \& |\Delta_2| < 0,01 * 1,65 = 0,0165$$

Como el caudal no ha llegado al balance adecuado, se tendrá que compensar nuevamente el sistema hasta que cumpla con que la red se considera compensada, cuando el valor absoluto de todas las correcciones (ΔQ), sea menor al 1% del caudal de entrada.

Tabla XXII. Método de Hardy-Cross (balance de caudales)

Segunda iteración								
Circuito	Tramo	Longitud (m)	ϕ (PULG)	Q Nuevo 1	HF Nuevo 1	HF/Q Nuevo 1	Δ	
I	AD	58,12	1	0,668	4,528	6,778	-0,004	
	DC	38,87	1	0,173	0,249	1,438	-0,004	0,007
	BC	86,50	1	-0,322	-1,747	5,425	-0,004	
	AB	38,70	1	-0,652	-2,883	4,421	-0,004	
					0,148	18,063		
II	DF	42,60	1	0,231	0,465	2,014	-0,011	
	FE	22,35	1	0,033	0,007	0,202	-0,011	
	CE	22,08	1	-0,165	-0,130	0,785	-0,011	
	CD	38,87	1	-0,173	-0,249	1,438	-0,011	-0,007
					0,093	4,439		

Fuente: elaboración propia.

$$\Delta_1 = -\frac{(0,148)}{(1,85 * 18,063)} = 0,004$$

$$\Delta_2 = -\frac{(0,093)}{(1,85 * 4,439)} = 0,011$$

$$|\Delta_1| \& |\Delta_2| < 0,01 * 1,65 = 0,0165$$

En la segunda iteración, el valor de la corrección es inferior al descrito en el procedimiento, se da por balanceado el sistema de abastecimiento de agua potable; por consiguiente, se encontrarán las presiones en los nodos de las mallas, utilizando la presión en el punto A de entrada al sistema.

Datos del tanque:

Longitud de tubería de salida del tanque de almacenamiento = 5m

Diámetro de tubería = 2 pulgadas

Caudal de tubería= 1,65 l/s

Altura del tanque de almacenamiento= 2m

Longitud de tubería del tanque al punto A= 77m

Diámetro de tubería de conducción= 2pulgadas

Cota piezométrica del tanque

$$CPZ_{tanque} = Cota_{tanque} - H_{fTANQUE}$$

$$H_{fTANQUE} = \left[\frac{(1743,811) * (5) * (1,65)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (1,5)^{4,87}} \right] = 0,29m$$

$$CPZ_{tanque} = 2m - 0,29 = 1,71m$$

Presión en el punto A

$$P_A = CP_{TANQUE} - H_{fA}$$

$$H_{fA} = \left[\frac{(1743,811) * (77) * (1,65)^{1,85}}{(150)^{1,85} * (2)^{4,87}} \right] = 1,09m$$

$$P_A = 1,71m - 1,09m = 0,63$$

Cota piezométrica A

$$CPZ_A = h_A + P_A$$

$$CPZ_A = 77 + 0,63 = 77,63m$$

Cota piezométrica B

$$CPZ_B = CPZ_A - H_{fAB}$$

$$CPZ_B = 77,63 - 2,88 = 74,74m$$

Presión en el punto B

$$P_B = CPZ_B - Cota_B$$

$$P_B = 74,74m - 73,00m = 1,74m$$

Cota piezométrica C

$$CPZ_C = CPZ_B - H_{fBC}$$
$$CPZ_C = 74,74m - 1,74 = 73m$$

Presión en el punto C

$$P_C = CPZ_C - Cota_C$$
$$P_C = 73,00m - 67,00m = 6m$$

Cota piezométrica D

$$CPZ_D = CPZ_A - H_{fAD}$$
$$CPZ_D = 77,63m - 4,528 = 73,10m$$

Presión piezométrica D

$$P_D = CPZ_D - Cota_D$$
$$P_D = 73,10m - 71,00m = 2,10m$$

Cota piezométrica E

$$CPZ_E = CPZ_C - H_{fEC}$$
$$CPZ_E = 73,00m - 0,130 = 72,87m$$

Presión piezométrica E

$$P_E = CPZ_E - Cota_E$$
$$P_D = 72,87m - 65,00m = 7,87m$$

Cota piezométrica F

$$CPZ_F = CPZ_D - H_{fDF}$$
$$CPZ_F = 73,10m - 0,465 = 72,63m$$

Presión piezométrica F

$$P_F = CPZ_F - Cota_F$$
$$P_D = 72,63m - 70,00m = 2,63m$$

En la red secundaria se colocará tubería de PVC de 2", donde se harán las conexiones prediales, para abastecer las viviendas.

2.2.13. Sistema de desinfección

La desinfección tiene como objetivo garantizar la potabilidad del agua asegurando la ausencia de microorganismos patógenos y otras bacterias, pero no se utiliza para esterilizar el agua porque no es necesario realizar esta acción.

El cloro se la base del proceso ya que este procedimiento es efectivo y económico. Este producto es un agente muy activo, que reacciona rápidamente con las materias orgánicas e inorgánicas contenidas en el agua, por este motivo, al desinfectar el agua, debe añadirse una cantidad suficiente de cloro para que esas reacciones sean completas y quede cloro residual para ejercer una acción bacteriana.

El cloro es un gas tóxico de color amarillo-verdoso, que se encuentra en la naturaleza solo en estado combinado, principalmente con el sodio como sal común; tiene un olor penetrante e irritante, es más pesado que el aire y se puede comprimir para formar un líquido claro de color ámbar. El cloro líquido es más pesado que el agua. Se vaporiza en temperatura y presión atmosférica normal. El cloro es ligeramente soluble en el agua, aproximadamente 1% por peso en 10°C. Para que el cloro sea efectivo en la desinfección es necesario que se ponga en contacto con el agua aproximadamente 1% por peso en 10°C.

Se recomienda que también se desinfecten las tuberías y las estructuras antes que el sistema se ponga en operación. Esta limpieza se logra haciendo circular agua a través del sistema y descargándola por todas las salidas; luego, se llena con agua y la sustancia química hipoclorito de calcio, permitiendo tener contacto por lo menos 24 horas antes de vaciarlo. Luego de este procedimiento el sistema puede ser utilizado.

A continuación, se muestra cómo determinar la preparación de una solución al 0,1% de la solución química hipoclorito de calcio con diferentes porcentajes de concentración, de igual forma los volúmenes de esta solución que debe aplicarse para obtener la dosificación de 1 miligramo/litro.

Tabla XXIII. **Hipoclorito de calcio para solución al 0**

Volumen de solución requerida (lts).	Cantidad de Hipoclorito					
	% de concentración					
	65%	66%	67%	68%	69%	70%
1	1.54	1.52	1.49	1.47	1.45	1.43
2	3.08	3.03	2.99	2.94	2.90	2.86
10	15.38	15.15	14.93	14.71	14.49	14.29
25	38.46	37.88	37.31	36.76	36.23	35.71
50	76.92	75.76	74.63	73.53	72.46	71.43
75	115.38	113.64	111.94	100.29	108.70	107.14
100	153.85	151.52	149.25	147.06	144.93	142.86
300	461.54	454.55	447.76	441.18	434.78	428.57
500	769.23	757.58	746.27	735.29	724.64	714.29
600	923.08	909.09	895.52	882.35	869.57	857.14
1000	1538.46	1515.15	1492.54	1470.59	1449.28	1428.57

Fuente: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

2.2.14. Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento es importante en el diseño del sistema de distribución de agua, ya que su propósito es cubrir la demanda de agua en las horas de mayor consumo y almacenar el agua durante las horas de bajo consumo.

Para el diseño es necesario empezar por el cálculo del volumen que almacenará, utilizando la siguiente fórmula:

- Volumen compensador

$$V_c = 100\% * \left[1 - \frac{\text{Período de bombeo}}{24h} \right]$$

$$V_c = 100\% * \left[1 - \frac{12}{24h} \right] = 50\%$$

- Volumen del tanque

$$\bar{v} = (Q_{med} * 86\ 400)$$

$$\bar{v} = (0,55 * 86\ 400) = 47\ 390\ l$$

$$V = (V_c * \bar{v})$$

$$V = (0,50 * 47\ 390) = 23\ 695,00\ l$$

Realizando la conversión de litros a m^3

$$V = \left[23\ 695\ l * \frac{1\ m^3}{1\ 000\ l} \right] = 23,70m^3$$

Por lo tanto, el volumen del tanque de almacenamiento para el diseño de agua potable es de $24m^3$ con las siguientes dimensiones 3m x 2m x 4m.

a) Diseño de losa superior del tanque

Datos para el diseño:

Peso específico del agua (W_a)= 1000 kg/m^3

Peso específico del suelo (W_s)= 1600 kg/m^3

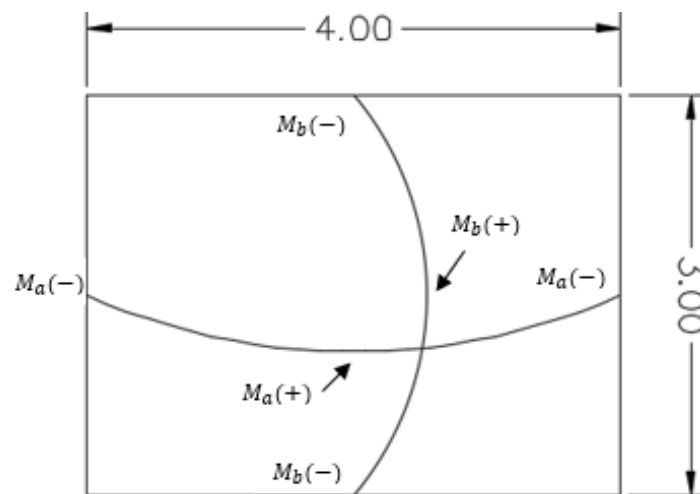
Peso del concreto (W_c)= 2 400 kg/m^3

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

$f'_y = 2 810 \text{ kg/cm}^2$

Las dimensiones son 3m x 4m

Figura 5. **Ubicación de momentos en losa**



Fuente: elaboración propia, empleando Civil 3D 2016.

La losa se diseñó por el método 3 del American Concrete Institute (ACI). Por ser una losa discontinua en los cuatro lados se diseña por el caso No. 1.

- Sentido de losas:

$$m = \frac{a}{b}$$

Donde:

- m = factor que indica el funcionamiento de la losa ($m > 0,5$ = dos sentidos y $m < 0,5$ = un sentido)
- a = longitud del lado corto de la losa
- b = longitud de lado largo de la losa

$$m = \frac{3}{4} = 0,75$$

$0,75 > 0,5$; por lo tanto, la losa se diseñará en dos sentidos,

- Espesor de losa:

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180}$$

$$t = \frac{(3 * 2) + (4 * 2)}{180} = 0,08m$$

Se tomó el espesor de losa de 10cm, ya que según el código ACI, el mínimo es de 9cm y el máximo de 13cm.

Para determinar que el espesor es el óptimo se debe cumplir con la siguiente ecuación que se encuentra en el capítulo 8 del código ACI:

$$\phi V_n \geq V_u$$

En losas, $\phi V_n = \phi V_c$ y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\phi V_c = 0,53\lambda \sqrt{f'_c} b d$$

Donde:

- λ = factor de modificación del concreto (1,00)
- b = franja unitaria (100 cm)
- $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$
- d = t- recubrimiento
- Recubrimiento = 2,5 cm

$$\phi V_c = 0,53 * (1) * \sqrt{(210)} * (100) * (10 - 2,5) = 5\,760,32 \text{ kg}$$

El cortante inducido por la carga mayorada debe ser menor al cortante resistente de la losa.

- Mayorar cargas:

Carga muerta

$$CM = \text{peso propio de losa} + \text{acabados}$$

$$CM = (2\,400 \text{ kg/m}^3 * 0,10\text{m}) + (90 \text{ kg/m}^3) = 330 \text{ kg/m}^2$$

Carga viva

$$CV = 100 \text{ kg/m}^2$$

La carga viva fue extraída de las Normas de Seguridad Estructural para la República de Guatemala 2017 (NSE2) de AGIES, de la tabla 3.7.1, cargas vivas para edificaciones; ya que la losa se toma como cubierta sin acceso horizontal o inclinada.

- Carga última total

$$CU = 1,2CM + 1,6CV$$

$$CU = (1,2 * 330) + (1,6 * 100) = 556 \text{ kg/m}^2$$

Para verificar el cortante resistente de la losa, se utiliza la siguiente ecuación:

$$V = \frac{L}{2} * CU * b$$

$$V = \frac{4}{2} * 556 * 1 = 1112 \text{ kg}$$

$$5760,32 \text{ kg} \geq 1$$

Por lo tanto, si se cumple la ecuación de resistencia de diseño con espesor propuesto de 10cm.

- Determinación de momentos

$$M_{a+} = (C_{av} * CVU * a^2) + (C_{am} * CMU * a^2)$$

$$M_{a-} = 1/3 * M_{a+}$$

$$M_{b+} = (C_{bv} * CVU * b^2) + (C_{bm} * CMU * b^2)$$

$$M_{b-} = 1/3 * M_{b+}$$

Donde:

- M_{a+} = momento positivo del lado "a" kg-m
- M_{a-} = momento negativo del lado "a" kg-m
- M_{b+} = momento positivo del lado "a" kg-m

- M_{b-} = momento negativo del lado “b” kg-m
- C_{av} = coeficiente para el momento positivo “a” producido en la losa por la carga viva (adimensional)
- C_{am} = coeficiente para el momento positivo “a” producido en la losa por la carga muerta (adimensional)
- C_{bv} = coeficiente para el momento positivo “b” producido en la losa por la carga viva última (adimensional)
- C_{bm} = coeficiente para el momento positivo “b” producido en la losa por la carga muerta última (adimensional)
- CVU = carga viva última en kg/m
- CMU = carga muerta última en kg/m
- a = medida en metros del lado “a” de la losa
- b = medida en metros del lado “b” de la losa

- Momentos positivos debido a carga viva

$$M_{a+} = (0,061 * 160 * (3)^2) = 87,84 \text{ kg} - m$$

$$M_{b+} = (0,019 * 160 * (4)^2) = 48,64 \text{ kg} - m$$

- Momentos positivos debido a carga muerta

$$M_{a+} = (0,061 * 396 * (3)^2) = 217,40 \text{ kg} - m$$

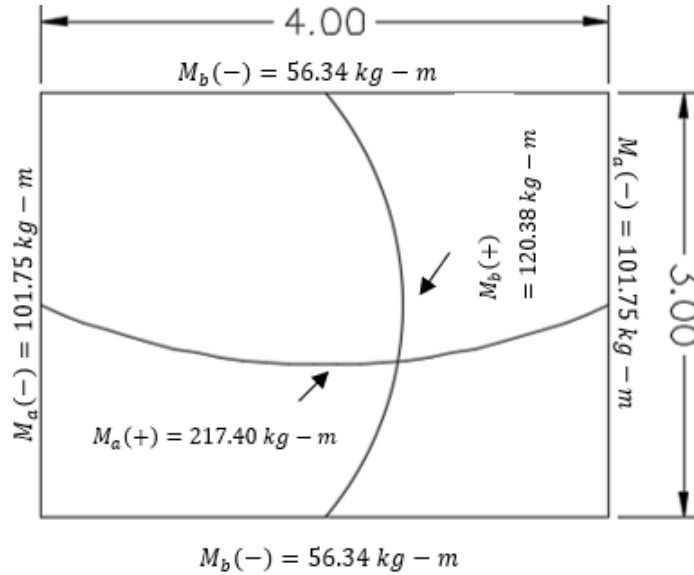
$$M_{b+} = (0,019 * 396 * (4)^2) = 120,38 \text{ kg} - m$$

- Momentos negativos

$$M_{a-} = \frac{1}{3} * (87,84 + 217,40) = 101,75 \text{ kg} - m$$

$$M_{b-} = \frac{1}{3} * (48,64 + 120,38) = 56,34 \text{ kg} - m$$

Figura 6. Momentos en losa superior



Fuente: elaboración propia, empleando Civil 3D 2016.

- Cálculo (d):

$$d = \text{recubrimiento} - \frac{\phi 3/8''}{2}$$

$$d = 10\text{cm} - 2,5\text{cm} - \frac{(3/8) * (2,54)}{2} = 7,02\text{cm}$$

- Área de acero

$$A_s = \left[bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u b}{0,003825 f'_c}} \right] \frac{0,85 f'_c}{f'_y}$$

$$A_s = \left[100 * 7,02 - \sqrt{(100 * 7,02)^2 - \frac{56,34 * 100}{0,003825 * 210}} \right] \frac{0,85 * 210}{2810}$$

$$= 0,32\text{cm}^2$$

- Área de acero mínima

$$A_{s_{\min}} = 40\% * \left[\frac{14,1}{f'_y} \right] * b * d$$

$$A_{s_{\min}} = 0,4 * \left[\frac{14,1}{2\ 810} \right] * 100 * 7,02 = 1,41\text{cm}^2$$

- Espaciamiento máximo

$$S_{\max} = 3 * t$$

$$S_{\max} = 3 * 10 = 30\text{cm}$$

- Cálculo del espaciamento proponiendo varilla No.3 grado 40:

$$S = \frac{(100\text{cm} * 0,71\text{cm}^2)}{1,41\text{cm}^2} = 50,36\text{cm}$$

$50\text{cm} > S_{\max}$, entonces se tomará S_{\max} .

- Cálculo de la nueva área de acero mínimo, con el espaciamento máximo:

$$A_{s_{\min}} = \frac{(100\text{cm} * 0,71)}{30} = 2,37\text{cm}^2$$

- Cálculo de momento último que resiste el área de acero mínimo:

$$MU = \theta * \left[(A_{s_{\min}} * f'_y) * \left(d - \frac{A_{s_{\min}} * f'_y}{1,7 * f'_c * b} \right) \right]$$

Donde:

- $MA_{s_{\min}}$ = momento que resiste con el $MA_{s_{\min}}$
- f'_c = resistencia del concreto 210 kg/cm^2
- f'_y = resistencia del acero $2\ 810\text{ kg/cm}^2$

- A_{Smin} = área de acero mínimo
- $\theta = 0.90$

$$MU = 0.90 * \left[(2,37 * 2810) * \left(7,02 - \frac{2,37 * 2810}{1,7 * 210 * 100} \right) \right] = 40\,924,29 \text{ kg} - \text{cm}$$

$$MU = 409,24 \text{ kg} - \text{m}$$

$$\#Varillas = \frac{A_s}{A_{varilla}} = \frac{2,37}{0,71} = 3 \text{ No, } 3 @ 0,30\text{m}$$

- Diseño de muros

Los muros se diseñarán a base de concreto ciclópeo (piedra bola mas sabieta). Su diseño es parecido al de un muro de contención, tendrán, como mínimo 4 muros para formar el cajón. A continuación, se presenta el cálculo de los componentes del tanque:

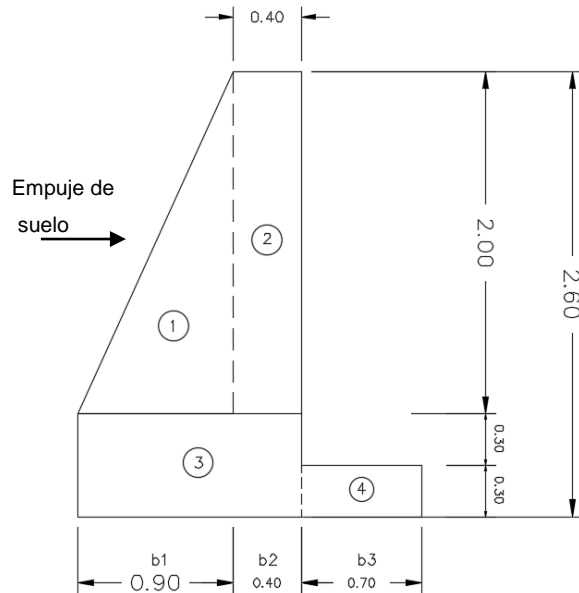
Tabla XXIV. **Datos para diseño de muros**

Suelo cimientto		
$\phi 1$	30	°
Cap soporte	10	ton/m ²
w espe1	1 600	kg/m ³
Suelo talud		
$\phi 2$	30	°
β	0	°
w espe2	1 600	kg/m ³
Muro de concreto ciclopeo		
W específico	2 200	kg/m ³
f'c	210	kg/cm ²
f'y	2 800	kg/cm ²

Fuente: elaboración propia.

Se propone la geometría del tanque siguiente:

Figura 7. **Tanque de almacenamiento**



Fuente: elaboración propia, empleando civil 3D.

Con la geometría ya definida, se procede a calcular los momentos y centro de gravedad (CG) del muro:

Tabla XXV. **Momentos y peso de muro**

Figura	Área (m ²)	W específico (kg/m ³)	Peso (kg/m)	Brazo (m)	Momento Resistente (kg-m)
1	0,9	2 200	1 980	0,60	1 188
2	0,8	2 200	1 760	1,10	1 936
3	0,78	2 200	1 716	0,45	772,20
4	0,21	2 200	462	1,65	762,30
losa-viga			934,8		560,88
Total			6 852,8		5 219,38

Fuente: elaboración propia.

Para el peso y momento de la losa más la viga se utilizó las siguientes fórmulas:

$$W_{\text{losa} + \text{viga}} = \left[CU * \frac{\text{área tributaria}}{L} \right] + (P_s \text{conc} * \text{sección de la viga} * 1,40)$$

$$W_{\text{losa} + \text{viga}} = \left[556 * \frac{6}{4} \right] + (2\,400 * 0,03 * 1,40) = 934,80 \text{ kg/m}$$

$$Ml + v = (W_{\text{losa} + \text{viga}}) * \text{brazo}$$

$$Ml + v = (934,80) * 0,60 = 560,88 \text{ kg - m}$$

Con los datos calculados, es necesario conocer las fuerzas que el suelo ejercerá sobre el muro. Para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$$

Donde:

- ϕ = ángulo de fricción interna
- K_a = coeficiente de presión activa

$$K_a = \frac{1 - \sin 30}{1 + \sin 30} = 0,33$$

$$P_{\text{activa}} = \frac{\gamma * H^2}{2} * K_a$$

Donde:

- P_{activa} = carga que ejerce el suelo sobre el muro
- γ = peso específico del suelo

- H = altura del suelo desde la base del muro
- K_a = coeficiente de presión activa

$$P_{activa} = \frac{\gamma * H^2}{2} * K_a$$

$$P_{activa} = \frac{1\,600 * (2,6)^2}{2} * 0,33 = 1\,784,64 \text{ kg/m}$$

Al multiplicar la P_{activa} con la franja unitaria a 1m, se tiene:

$$P_{activa} = 1\,784,64 \text{ kg/m} * 1\text{m} = 1\,784,64 \text{ kg}$$

Luego de obtener estos datos, se realizan los tres chequeos básicos para comprobar estabilidad y funcionalidad del muro:

- Volteo

Todo muro, debido al empuje activo (empuje de suelo), tiende a darse vuelta por la arista de la base del intradós (esquina inferior del lado opuesto de la cara en contacto con el suelo). Este empuje provoca un momento de volteo (M_v), el cual se calcula de la siguiente forma:

$$M_v = P_{activa} * \frac{H}{3}$$

$$M_v = 1784,64 * \frac{2,6}{3} = 1546,69 \text{ kg} - \text{m}$$

Obteniendo este dato se debe realizar un cheque para saber si el muro es seguro contra el volteo, esto se sabe cuándo el cociente entre los momentos estabilizadores (M_r) y el momento de volteo (M_v) está entre los valores 2 y 4.

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{\text{Momento resistente}}{\text{Momento de volteo}}$$

$$\text{Factor de Seguridad} = \frac{5219.38}{1546.69} = 3.37$$

Por lo tanto, se comprueba que el muro del tanque no presentara problemas de volteo.

- Deslizamiento

El muro tiende a deslizarse por efecto de empuje del suelo, pero el rozamiento impide que el muro se deslice. El rozamiento se produce entre la base del muro y el suelo. Es conveniente que la superficie de cimentación del muro sea lo más rugosa posible para lograr adherencia. Dicho deslizamiento está representado por una relación de seguridad (igual que en el chequeo por volteo), la cual viene definida por la expresión entre empujes horizontal y verticales:

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Fuerzas estabilizadoras}}{\text{Fuerzas actuantes}} \geq 1,50$$

Donde:

$$\text{Factor estabilizadoras} = \text{Fuerzas de fricción}$$

$$\text{Fuerzas actuantes} = \text{Empuje horizontal del suelo}$$

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{0,52 * 6\ 852,80}{1\ 784,64} = 2$$

$$2 \geq 1,50$$

Se ha comprobado que el muro del tanque no presentará problemas de deslizamiento.

- Capacidad soporte

Este chequeo se relaciona con la capacidad que tendrá el suelo de cimiento para soportar el peso del muro, con ello, se evalúa si en el suelo existirán presiones positivas y negativas (tensiones), y no conviene que existan. Se asume que el suelo soporta 10 Ton/m². Para evaluar la capacidad de soporte se hace uso de la siguiente ecuación:

$$q = \frac{W}{B * L} * \left(1 \pm \frac{6 * e}{L}\right)$$

Donde:

- q = presión en el terreno
- W = peso total del muro
- L = ancho de la base del muro
- B = franja unitaria 1m
- e = excentricidad

$$q_{m\acute{a}x} = \frac{6\,852,80}{1,3} * \left(1 + \frac{6 * 0,11}{2}\right) = 7\,010,94 \text{ kg/m}^2$$

$$q_{m\grave{i}n} = \frac{6\,852,80}{1,3} * \left(1 - \frac{6 * 0,11}{2}\right) = 3\,531,83 \text{ kg/m}^2$$

Comprobando que la capacidad de soporte del suelo es suficiente y que no existen negativas (tensiones).

$$7,01 \text{ Ton}/m^2 < 10 \text{ Ton}/m^2$$

$$3,53 \text{ Ton}/m^2 > 0 \text{ Ton}/m^2$$

2.2.15. Estudio de impacto ambiental

Por medio del procedimiento técnico-administrativo de este estudio, se identifican, previenen e interpretan los impactos ambientales, producidos en el entorno. Si se ejecutan para que la administración pueda aceptarlo, modificarlo o rechazarlo.

Es necesario considerar las medidas de mitigación que eliminen o reduzcan el impacto que generen los sistemas en el ambiente. Es necesario tomar en cuenta las consideraciones negativas contra el ambiente y anotar los posibles impactos adversos significativos; impactos adversos no significativos e impactos benéficos significativos; basándose en la información del diseño de los proyectos.

2.2.15.1. Actividades relevantes en las distintas etapas del proyecto

El objetivo de este es reconocer los impactos generados en las etapas de operación y construcción del sistema de agua potable para la aldea Mano de León.

- Etapa de operación

En esta etapa se presentan los impactos ambientales de mayor relevancia, principalmente en los componentes afectados que pueda ocasionar como producto de la ejecución y operación del proyecto.

- Etapa de construcción

El impacto ambiental generado por la construcción del sistema de agua potable por bombeo radicará en la generación de polvo, ruidos, acumulación de material extraído, emisión de gases de combustión, emisión de olores, intervención del uso del suelo y su contaminación.

En la ejecución se producirán emisiones de polvo, que afectará negativamente la calidad del aire. El polvo se generará por la presencia de áreas abiertas y de ciertas actividades en la fase de construcción, como limpieza y excavaciones. La maquinaria pesada y equipos requieren de utilización de combustible que, finalmente generará gases de combustión que alterarán la calidad de aire.

En la etapa de construcción del pozo que succionará el agua a un tanque de almacenamiento, que luego se distribuirá a cada casa, el material contaminado que ingresa al pozo afectará la calidad del agua.

En las actividades constructivas, en forma temporal, podrían alterar los usos del suelo, por la presencia de campamentos y otros componentes de la obra y de manera directa puede ser afectada al desalojar el material, del derrame de aceites y grasas o por el vertimiento accidental de productos químicos que se utilizan en la construcción como aditivos para la preparación de hormigones.

Durante las excavaciones habrá equipo y material que obstruirán las calles de la colonia lo cual dificultará el movimiento vehicular dentro de esta y en la calle principal del municipio.

La construcción de este proyecto mejorará el nivel de vida de las personas que residen en la aldea. Este impacto es positivo y permanente; además, generará empleo a los habitantes del municipio quienes podrán laborar cerca de su hogar.

2.2.16. Presupuesto

Para este proyecto se elaboró un presupuesto sobre la base de precios unitarios de los materiales que se cotizan en el municipio de Jocotenango. Los salarios para la mano de obra calificada y no calificada se basarán en los salarios que la municipalidad tiene asignados y en los costos indirectos se aplicó el 35 %.

Tabla XXVI. **Resumen de costos del proyecto de agua potable en la aldea Mano de León**

Municipalidad de Jocotenango Sacatepequez					
Red de distribución de agua potable					
Núm.	Renglón	Unidad	Cantidad	precio	total
	Red de distribución de agua potable				
1	Trazo y nivelación	ML	815,00	Q 23,39	Q 19 062,00
2	Excavación tubería	M3	2 175,56	Q 19,92	Q 43 344,83
3	Relleno de tubería	M3	1 621,30	Q 21,94	Q 35 571,29
4	Línea principal tubería Ø 1" PVC	ML	348,09	Q 27,20	Q 9 467,47
5	Acometida domiciliar	Unidad	25	Q 883,63	Q 22 090,69
6	Tubería de conducción Ø 2" de PVC	ML	75,28	Q 47,59	Q 3 582,83
7	Tanque de 24 m3 de mampostería	Unidad	1	Q 61 315,88	Q 61 315,88
8	Conexión predial	Unidad	25	Q 437,15	Q 10 928,83
9	Sistema de desinfección	Global	1	Q 8 370,00	Q 8 370,00
10	Limpieza final	Global	1	Q 6 750,00	Q 6 750,00
Total					Q 220 483,81

Fuente: elaboración propia

CONCLUSIONES

1. El sistema de agua potable por el método de bombeo consta de la realización de un pozo de 50 metros de profundidad en el cual se utilizará una bomba de 5 Hp, aproximadamente, para bombear el agua hacia un tanque de almacenamiento de 24 m³ de capacidad, el cual fue diseñado con concreto ciclópeo. Esta línea de conducción se diseñó con tubería de PVC de 2 pulgadas de diámetro de 160 PSI, con sus accesorios respectivos. Para la línea de distribución se utilizó tubería de PVC de 1 pulgada de diámetro de 160 PSI, con conexión predial a cada casa, por lo menos con un chorro para el servicio de cada familia; actualmente, este proyecto beneficiará a 150 personas y en el futuro será beneficiadas 268 habitantes de la aldea Mano de León. El costo directo total de tal proyecto será de Q163 321,34.
2. El costo directo unitario del proyecto de la aldea Mano de León, de agua potable por el método de bombeo será de Q163,32 por metro lineal.
3. El sistema de alcantarillado pluvial en la colonia El Recuerdo, consta con una longitud de 1 052,05 metros lineales, los cuales serán excavados para poder colocar tubería PVC de doble pared de junta rápida, con diferentes diámetros según sea lo devengado en el diseño. La conexión final de este será en la calle principal del municipio, debido a que solo en esta calle existen conexiones sanitarias separadas y así, realizar el desfogue en el río Guacalate que pasa alrededor del municipio. Se contemplo colocar los tragantes en las orillas de la banqueta con sus

respectivos pozos de visita. El costo directo total del proyecto será de Q328 741,08.

4. El costo directo unitario del proyecto de la colonia El Recuerdo, del alcantarillado pluvial será de Q312,48.
5. Los proyectos de construcción tienen beneficios para las personas o habitantes de un lugar, pero se debe tener un plan de manejo ambiental debido que en la etapa de construcción se ven afectados varios ambientes físicos como el suelo, el aire, el agua, entre otros y al mismo tiempo se generan impactos socioeconómicos positivos y negativos dentro de los habitantes de dicho municipio.

RECOMENDACIONES

1. Realizar encuestas a los habitantes para obtener información verídica si la Municipalidad les brinda los servicios básicos necesarios para poder tener una vida digna dentro del municipio.
2. Indicar a los vecinos de la colonia El Recuerdo que no se debe arrojar basura en los desagües, ya que al estar saturado estos, el agua pluvial que cae a las calles principales no podrá evacuarse correctamente y sucederán inundaciones nuevamente.
3. Realizar mantenimiento periódico de las tuberías, válvulas, llaves y tanque de distribución para garantizar el óptimo funcionamiento del sistema durante el tiempo por el cual fue diseñado.
4. Revisar habitualmente el sistema de desinfección del agua, verificando la cantidad correcta de cloro en el tanque de almacenamiento y en el punto más lejano de la red, según las normas establecidas.
5. Organizar talleres, con la ayuda de la Municipalidad, para los habitantes sobre el cuidado y adecuado uso de los recursos naturales, para garantizar la cantidad y calidad adecuada durante el período útil.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de ingeniería sanitaria 1*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 170 p.
2. American Concrete Association. *Requisitos de reglamento para concreto estructural y comentario (ACI 318-14)*. 2014. 495 p.
3. AVILA GÓMEZ, Arnold. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el parcelamiento el Wiscoyol I, y puente vehicular en la aldea Puerto Viejo, municipio del Puerto de Iztapa, departamento de Escuintla*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 137 p.
4. BARRERA CHINCHILLA, Miguel Ángel. *Diseño del sistema de agua potable por gravedad y bombeo en la aldea Joconal y escuela primaria en la aldea Campanario Progreso, municipio de la Unión, departamento de Zacapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2011. 142 p.
5. CUTZAL MUZ, José Amner. *Diseño del sistema de agua potable por bombeo para la colonia Romec y diseño del instituto de San José Chacayá, Sololá*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 176 p.

6. Instituto de Fomento Municipal. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala: INFOM, 2001. 64 p.
7. MOTT, Robert L. *Mecánica de fluidos*. 6a ed. México: Pearson, 2006. 614 p.
8. OROZCO BARRIOS, Kevin René. *Diseño del sistema de agua potable para los caseríos Santo Domingo II y El Naranjal y diseño de pavimento rígido para el caserío Nuevo San Carlos, San Pablo, San Marcos*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2017. 224 p.
9. PINEDA GARCÍA, Astrid Gabriela. *Diseño de alcantarillado pluvial en la cabecera municipal y propuesta de mejoras al sistema de abastecimiento de agua potable de la aldea el Rosario, municipio de San Miguel Dueñas, Sacatepéquez*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2006. 135 p.

APÉNDICES

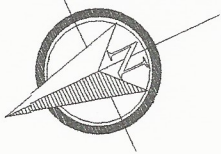
- Apéndice 1. **Diseño del sistema de alcantarillado de aguas pluviales en la colonia El Recuerdo, municipio de Jocotenango, Sacatepéquez**

Fuente: elaboración propia, empleando Excel.

Inicio de Tramo	De P.V. No.	A.P.V. No.	COTA DE TERRENO (M)		Longitud (M)	% Pendiente del Terreno	CAUDAL PLUVIAL (lt/seg)				% Pendiente de Tubería	COTA INVERT		Diámetro (Pulgadas) de Tubería PVC	Rugosidad	Velocidad a Tubo Lleno (m/s)	Capacidad (lt/s) (Q)	q/Q	d/D	v/v	Velocidad Caudal Pluvial (mt/s)	Profundidad de cota Invert Inicial	Profundidad de cota Invert Final	Ancho de Zanja	Excavación Zanja M3	Relleno Zanja M3	Encamamento Zanja M3	Pozo No.	Profundidad de Pozo	Ancho de Pozo	Volumen de pozos (M3)	Excavación Total (M3)	Relleno Total (M3)	
			Al Principio	Al Final			Local	Acumulada	Concentración (Min)	Coeficiente de Escorrentía		Intensidad de Lluvia (lt/seg/Ha.)	Caudal Total Acumulativo Pluvial (lt/seg) (q)																					Al Principio
1	2	999.88	998.30	52.38	3.02	0.00	0.00	12.00	0.4787	127.89	0.00	3.02	998.46	998.85	8.00	0.000	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	1.42	1.45	0.60	45.81	30.52	3.16	1	1.60	1.50	2.83	48.64	44.17	
2	3	998.30	996.12	57.89	3.77	0.06	0.06	12.00	0.4787	127.89	10.12	3.77	996.88	994.67	8.00	0.010	2.66	86.32	0.117	0.231	0.669	1.78	1.42	1.45	50.63	33.74	3.49	2	1.60	1.50	2.83	53.46	48.82	
3	4	996.12	995.23	53.54	1.66	0.07	0.13	12.36	0.4787	126.61	21.47	1.66	994.53	993.64	10.00	0.010	2.05	103.98	0.206	0.308	0.787	1.61	1.59	1.59	59.93	38.55	3.77	3	1.74	1.50	3.07	65.01	57.22	
4	5	995.23	994.96	53.77	0.50	0.07	0.20	12.80	0.4787	125.12	32.53	0.50	993.28	993.01	16.00	0.010	1.54	200.14	0.163	0.273	0.737	1.14	1.95	0.90	93.99	51.95	4.82	4	2.10	1.50	3.71	97.70	87.01	
5	6	994.96	995.29	51.03	0.65	0.02	0.21	13.38	0.4787	123.17	34.80	0.65	993.14	993.44	16.00	0.010	1.75	227.12	0.153	0.265	0.725	1.27	1.82	1.85	84.63	46.76	4.57	5	2.00	1.50	3.53	88.16	78.01	
6	12	995.29	994.37	58.60	1.57	0.04	0.26	13.86	0.4787	121.59	41.23	1.57	993.47	992.52	16.00	0.010	2.73	353.88	0.117	0.231	0.669	1.83	1.82	1.85	97.18	53.71	5.25	6	2.00	1.50	3.53	100.71	89.58	
7	7	999.76	996.27	49.12	3.03	0.00	0.00	12.00	0.4787	127.89	0.00	3.03	998.34	996.82	8.00	0.010	2.39	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	1.42	1.45	0.60	42.96	28.62	2.96	1	1.60	1.50	2.83	45.79	41.42
8	8	998.27	996.24	60.55	3.35	0.10	0.10	12.34	0.4787	126.68	17.18	3.35	996.85	994.79	8.00	0.010	2.51	81.44	0.211	0.312	0.793	1.99	1.42	1.45	52.96	35.30	3.65	7	1.60	1.50	2.83	55.79	51.06	
9	9	996.24	994.90	49.24	2.72	0.04	0.14	12.74	0.4787	125.30	24.08	2.72	994.82	993.45	8.00	0.010	2.26	73.38	0.328	0.394	0.895	2.03	1.42	1.45	43.07	28.69	2.97	8	1.60	1.50	2.83	45.89	41.52	
10	10	994.90	994.33	69.26	0.82	0.10	0.25	13.11	0.4787	124.07	40.67	0.82	993.16	992.59	10.00	0.010	1.44	73.16	0.556	0.533	1.027	1.48	1.74	1.74	84.84	54.61	4.88	9	1.89	1.50	3.34	88.18	81.33	
11	11	994.33	994.39	58.22	0.10	0.08	0.32	13.91	0.4787	121.46	52.17	0.10	992.43	992.49	16.00	0.010	0.70	90.67	0.575	0.500	1.000	0.70	1.90	1.90	98.16	54.81	5.22	10	2.05	1.50	3.62	102.78	91.61	
12	12	994.39	994.37	38.92	0.05	0.08	0.40	15.29	0.4787	117.17	62.24	0.05	992.13	992.11	20.00	0.010	0.57	116.08	0.536	0.522	1.018	0.58	2.26	2.26	88.66	44.58	3.92	11	2.41	1.50	4.26	92.92	80.77	
13	13	994.37	993.58	44.45	1.78	0.05	0.45	16.43	0.4787	113.88	68.22	1.78	992.28	991.46	20.00	0.010	3.37	682.68	0.100	0.214	0.640	2.16	2.09	2.12	94.99	47.77	4.48	12	2.27	1.50	4.01	99.00	85.98	
14	14	995.76	994.90	52.71	1.63	0.00	0.00	12.00	0.4787	127.89	0.00	1.63	994.34	993.45	8.00	0.010	1.75	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	1.42	1.45	0.60	45.86	20.57	3.16	3	1.60	1.50	2.83	48.69	44.20
15	15	994.90	994.33	69.26	0.82	0.08	0.32	13.11	0.4787	124.07	53.29	0.82	993.40	992.83	10.00	0.010	1.44	73.16	0.728	0.633	1.091	1.58	1.50	1.50	72.72	46.65	4.85	9	1.65	1.50	2.92	75.64	69.21	
16	16	995.10	994.33	72.11	1.07	0.00	0.00	12.00	0.4787	127.89	0.00	1.07	993.65	992.88	8.00	0.010	1.42	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	1.42	1.45	0.60	63.07	42.06	4.35	4	1.60	1.50	2.83	65.90	60.81
17	17	994.33	994.39	58.21	0.10	0.08	0.40	13.91	0.4787	121.46	64.52	0.10	992.51	992.26	16.00	0.010	0.70	90.68	0.712	0.624	1.086	0.76	1.82	2.13	111.08	61.41	5.22	10	2.28	1.50	4.03	115.10	103.53	
18	18	994.75	994.39	63.87	0.56	0.00	0.00	12.00	0.4787	127.89	0.00	0.56	993.33	992.98	8.00	0.010	1.03	0.00	0.000	0.000	0.000	0.00	1.42	1.41	0.60	54.45	36.29	3.85	5	1.56	1.50	2.76	57.21	52.44
19	19	994.39	994.37	38.92	0.05	0.08	0.48	15.29	0.4787	117.17	74.16	0.05	991.94	991.92	20.00	0.010	0.57	116.08	0.639	0.581	1.061	0.61	2.09	2.45	96.09	57.86	3.92	11	2.60	1.50	4.59	100.69	88.20	

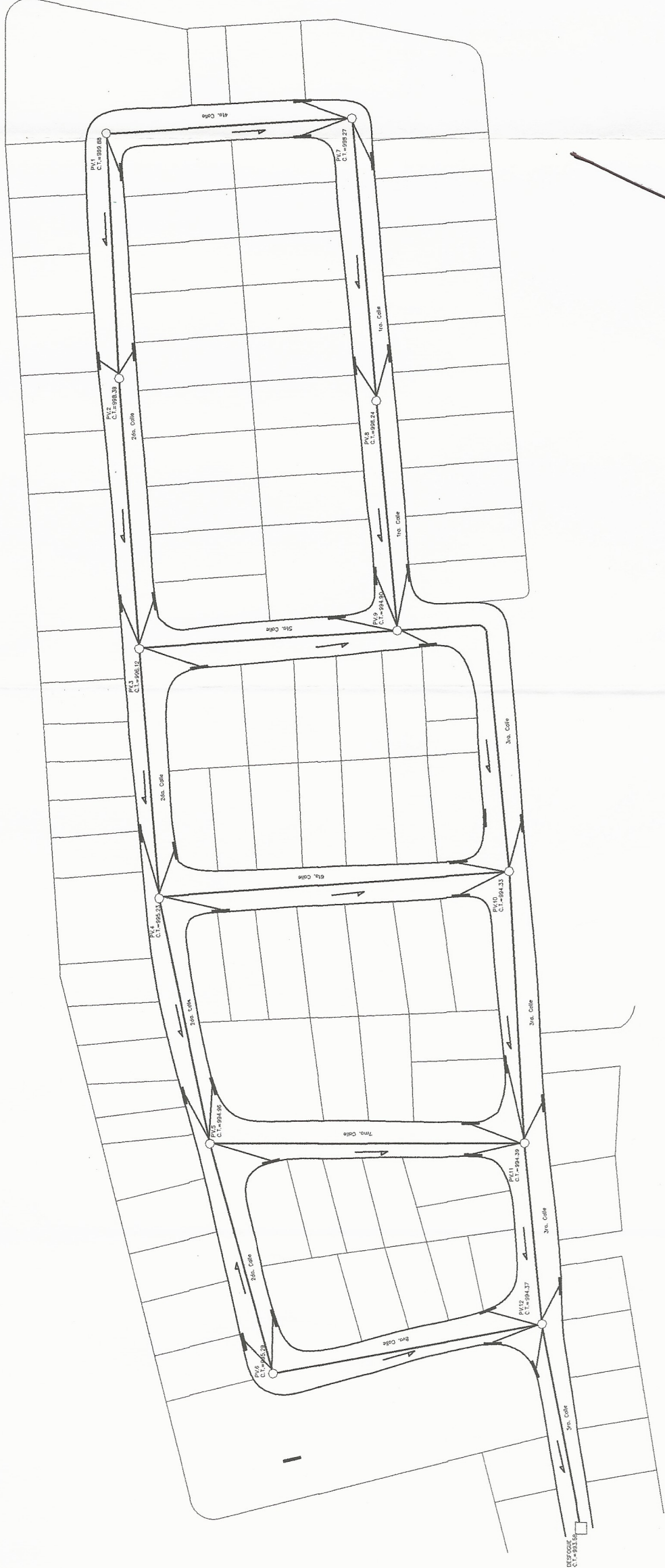
Apéndice 2. **Planos constructivos del sistema de alcantarillado de aguas pluviales en la colonia El Recuerdo, municipio de Jocotenango, Sacatepéquez**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



LIBRETA TOPOGRAFICA			
EST	PO	DIST.	AZIMUT
DES	- PV12	43.147	N 79°12'28.9" E 79°12'29.9"
PV12	- PV11	38.908	N 84°40'48.3" E 84°40'48.3"
PV11	- PV10	58.220	N 86°52'43.2" E 86°52'43.2"
PV10	- PV9	53.064	N 84°36'4.5" E 84°36'4.5"
PV9	- PV8	19.032	N 3°35'29.2" W 3°35'29.2"
PV8	- PV7	109.752	N 85°0'14.2" E 85°0'14.2"
PV7	- PV1	52.751	N 3°11'52.5" W 3°56'25.7.5"
PV1	- PV2	54.309	S 87°2'3.7" W 267°2'3.7"
PV2	- PV3	55.896	S 85°41'54.4" W 265°41'54.4"
PV3	- PV4	53.533	S 85°30'47.4" W 265°30'47.7"
PV4	- PV5	53.769	S 78°24'0.7" W 258°24'0.7"
PV5	- PV6	51.030	S 74°48'18.9" W 254°48'18.9"
PV6	- PV2	58.596	S 10°29'22" E 169°30'38"

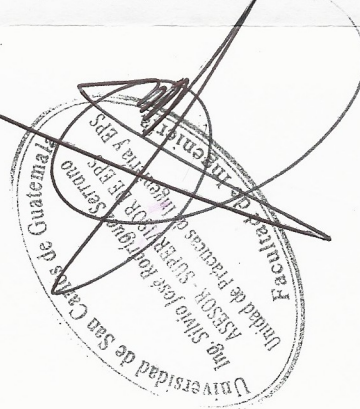
Area: 17990.907 m²
 Area: 1.79909 ha
 Perimetro: 716.346 m



INDICE DE PLANOS	
No. PLANO	DESCRIPCION
1	PLANTA Y CERRAMIENTA
2	PLANTA PERI. P.V. - P.B.
3	PLANTA PERI. P.V. - CERRONE
4	PLANTA PERI. P.V. - CERRONE
5	DETALLE DE POCOS Y TRAMANTES

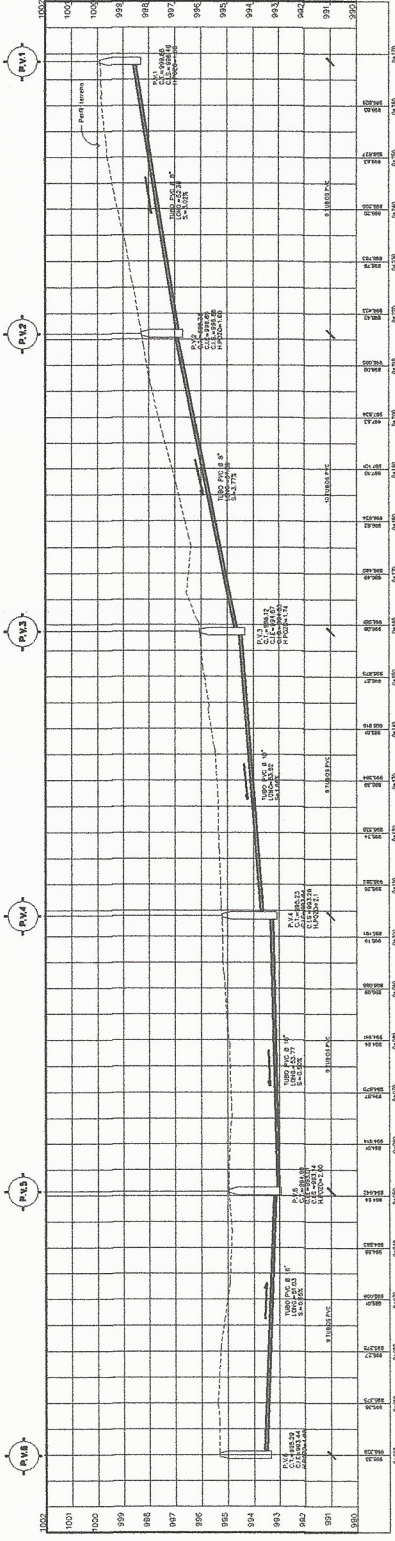
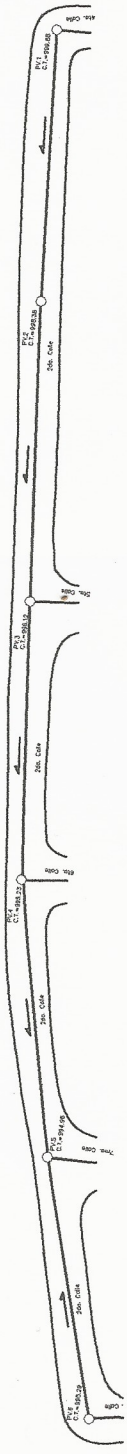
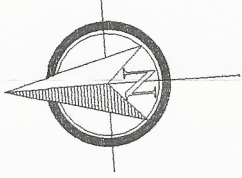
SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCION
P.V.	POZO DE AGUA
C1	CURVA DE TRANSICION
○	SENIDO DE LA ENROSCA
□	POZO DE AGUA
—	DEFINICION
—	TRAMANTES

PLANTA GENERAL	
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO FLUMAL	
FECHA: 2017	Lugar: COLONIA EL RECUERDO
ESCALA: INDICADA	Municipio: JOCOTENANSA
TOPOGRAFIA:	Departamento: SACATEPEQUEZ
DISEÑO Y CALCULO: STEPHANIE ANJANA	HOJA No. 1 / 5
DIBUJO: STEPHANIE ANJANA	
P. ASESOR UNIDAD EPS INC. SILVIO RODRIGUEZ	



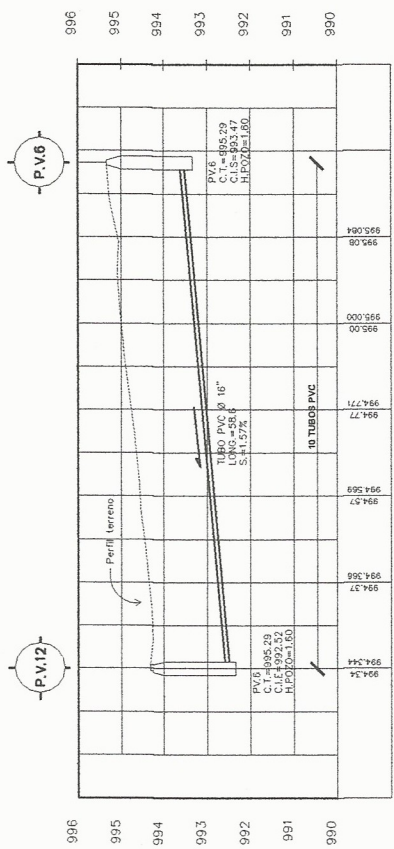
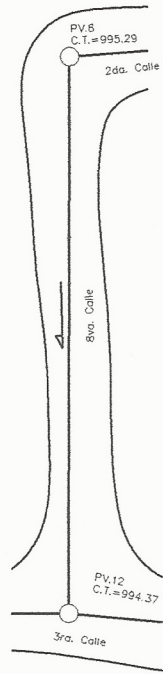
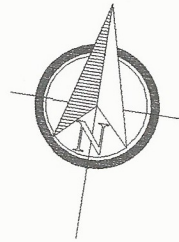
PLANTA GENERAL
 Colonia El Recuerdo

ESCALA:
 Vertical: 1 / 500
 Horizontal: 1 / 500



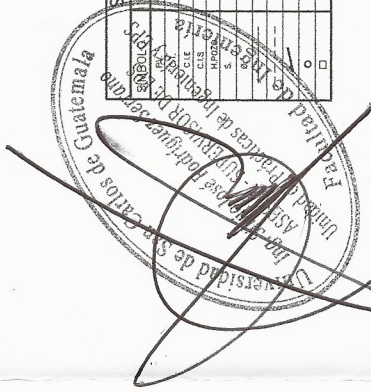
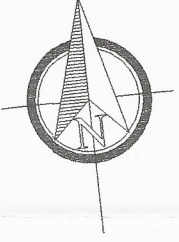
PLANTA - PERFIL P.V.1 - P.V.6
Colonia El Recuerdo

ESCALA :
Vertical : 1/100
Horizontal : 1/500



PLANTA - PERFIL P.V.6 - P.V.12
Colonia El Recuerdo

ESCALA :
Vertical : 1/800
Horizontal : 1/400



SIMBOLOGIA	
DESCRIPCION	
COTA DE TERRENO	○
COTA DE TUBERIA	□
COTA INVERT DE DIFUSION	○
PROFUNDIDAD DE POZO	○
POSICION DE TUBERIA	—
TIPO DE TUBERIA	—
SEÑAL DE TUBERIA	—
SENDO DEL TUBO	—
POZO DE VISTA	○
ASFOFAGE	—

CONVENIO:
PLANTA - PERFIL P.V.1 - P.V.6, P.V.6-P.V.12, P.V.5-P.V.11

PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

FECHA: 2017

ESCALA: INDICADA

TOPOGRAFIA: D.M.P.

DISEÑO Y CALCULO: ESTEFANIE MOLINA

ELABORACION: ESTEFANIE MOLINA

Lugar: COLONIA EL RECUERDO

Municipio: JOCCOTENANGO

Departamento: SACATEPECUEZ

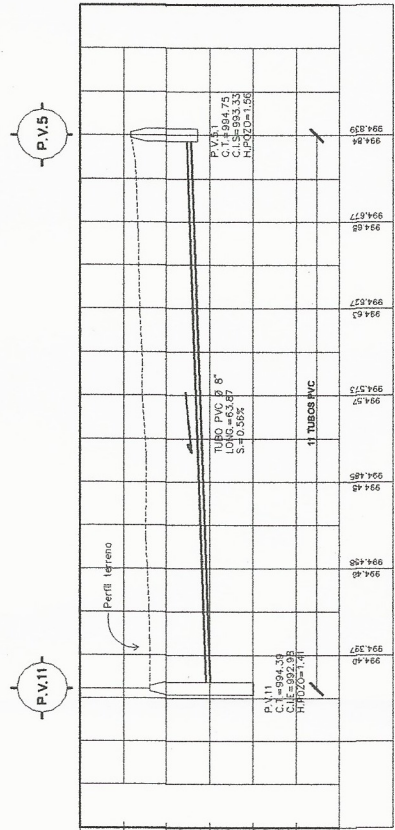
HOJA No. 2 / 5

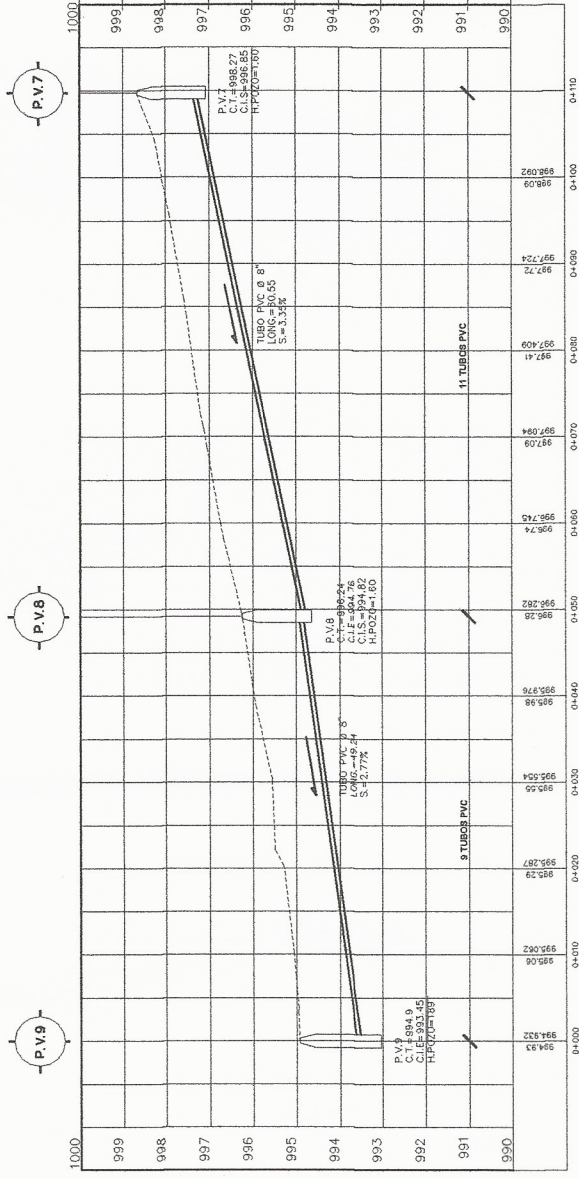
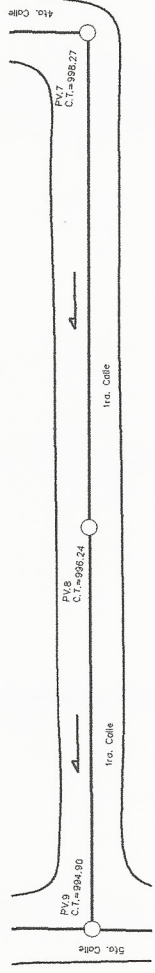
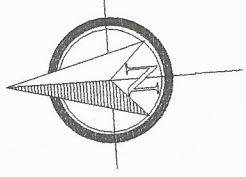
F) PROPIETARIO

F) ASESOR UNIDAD EPS ING. SILVIO RODRIGUEZ

PLANTA - PERFIL P.V.5 - P.V.11
Colonia El Recuerdo

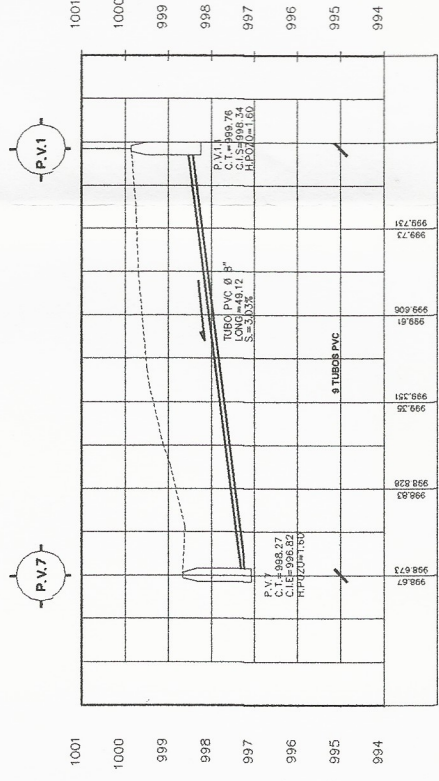
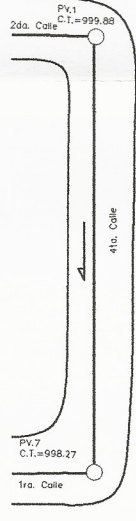
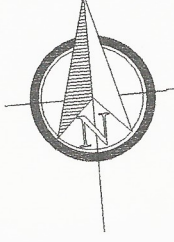
ESCALA :
Vertical : 1/800
Horizontal : 1/400





PLANTA - PERFIL P.V.7 - P.V.9
 Colonia El Recuerdo

ESCALA :
 Vertical : 1/80
 Horizontal : 1/400

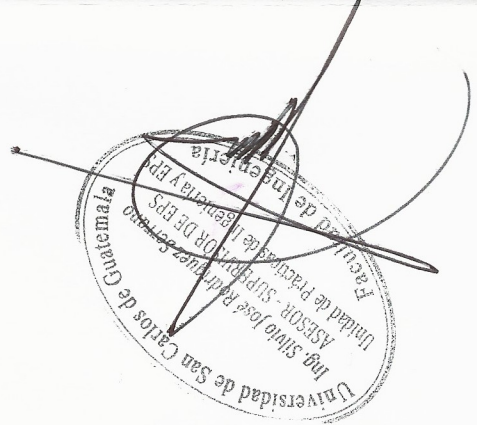


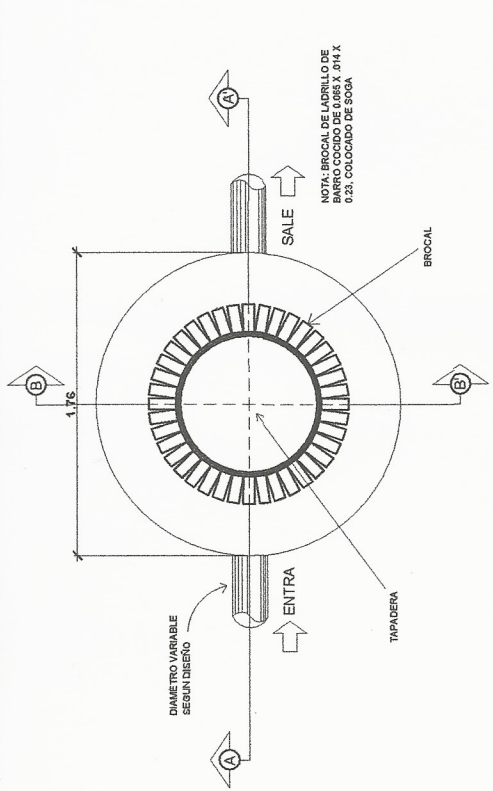
PLANTA - PERFIL P.V.1 - P.V.7
 Colonia El Recuerdo

ESCALA :
 Vertical : 1/80
 Horizontal : 1/400

SIMBOLÓGIA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PM	POZO DE VISTA
C.T.	COTA DE TERRENO
C.E	COTA INVERT DE ENTRADA
C.S	COTA INVERT DE SALIDA
PM	PROFUNDIDAD DE POZO
g	GRADIENTE
g	DIÁMETRO DE TUBO
g	TUBERIA PLUMAL
g	PERFIL DE TERRENO
g	SENTIDO DEL FLUJO
g	POZO DE VISTA
g	DESFOQUE

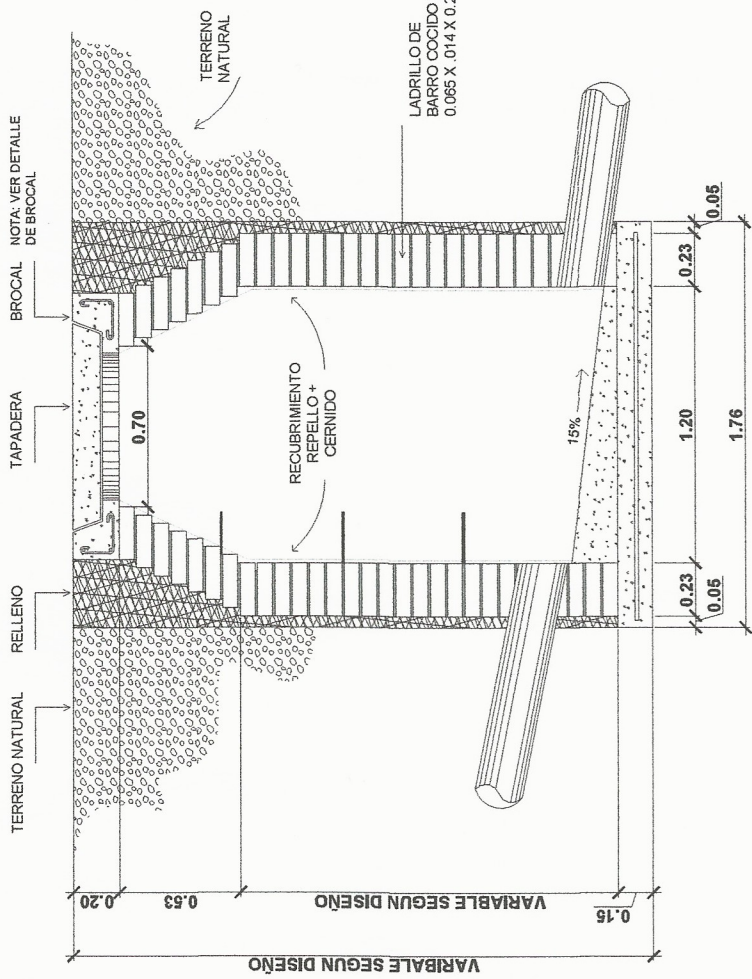
CONTENIDO: PLANTA - PERFIL P.V.7 - P.V.9, P.V.1-P.V.7	
PROYECTO: SISTEMA DE DRENAJE FLUMINAL	
FECHA: 2017 ESCALA: INDICADA: TOPOGRÁFICA: DISEÑO Y CÁLCULO: STEPHANIE MOLINA DIBUJO: STEPHANIE MOLINA	Lugar: COLONIA EL RECUERDO Municipio: JOCOTENANGO Departamento: SACATEPEQUEZ HOJA No.: 4 / 5
PROPIETARIO: P. ASESOR LINDAD ESPINO, SILVIO RODRIGUEZ	





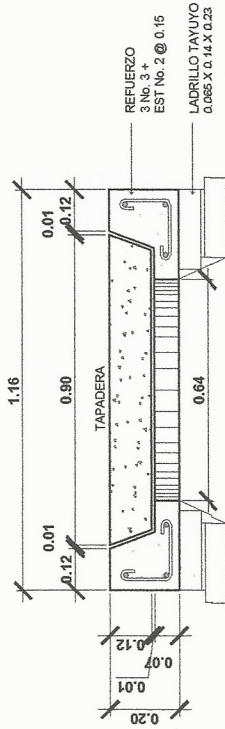
PLANTA POZO DE VISITA
Colonia El Recuerdo

ESCALA :
V, H = 1/20



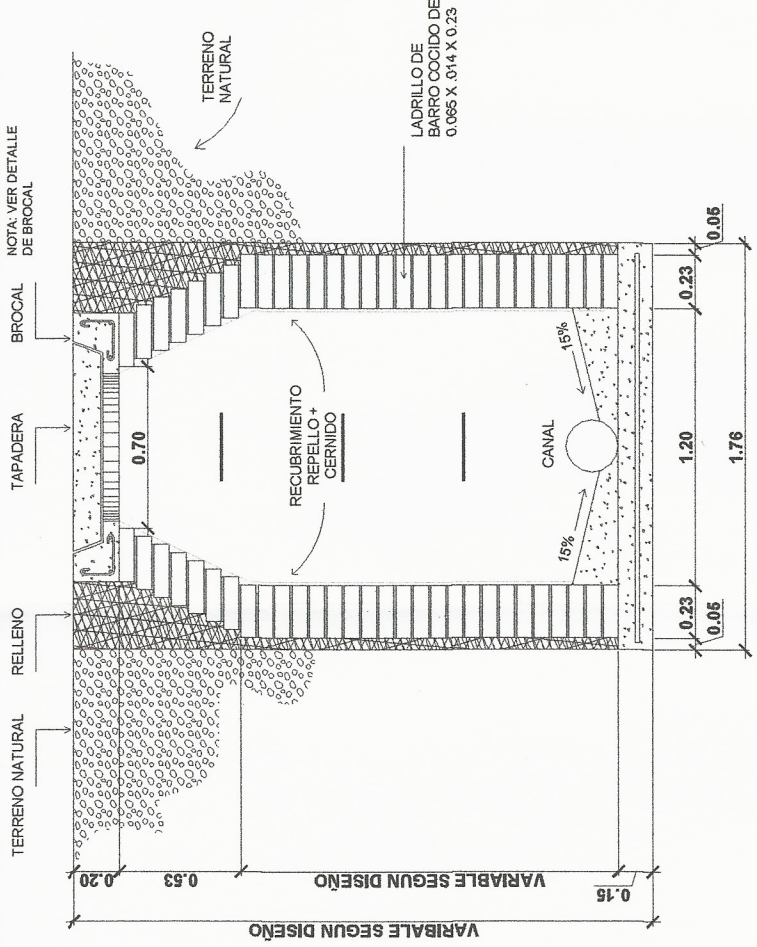
SECCION A-A' POZO DE VISITA
Colonia El Recuerdo

ESCALA :
V, H = 1/15



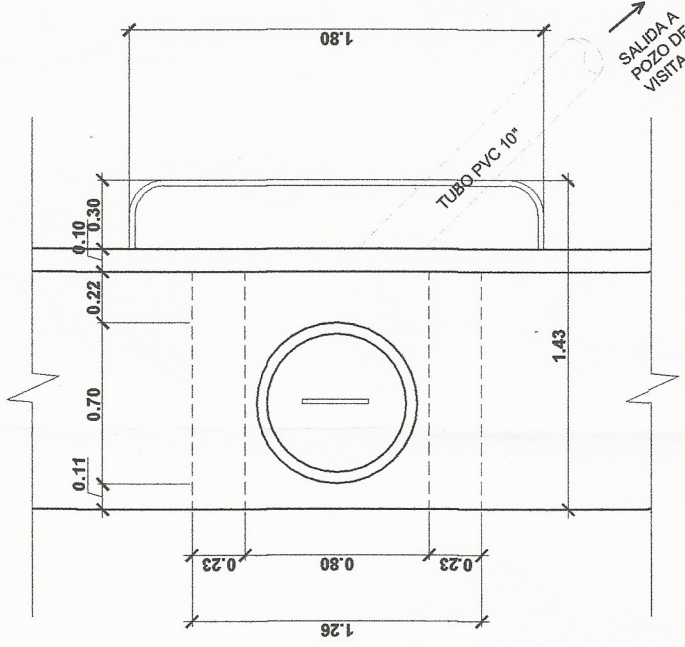
DETALLE DE BROCAL DE POZO DE VISITA
Colonia El Recuerdo

ESCALA :
V, H = 1/10

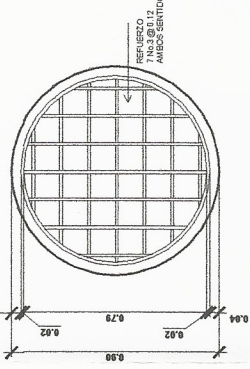


SECCION B-B' POZO DE VISITA
Colonia El Recuerdo

ESCALA :
V, H = 1/15

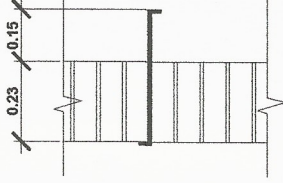


PLANTA Y PERFIL DE TRAGANTE TIPICO
Colonia El Recuerdo



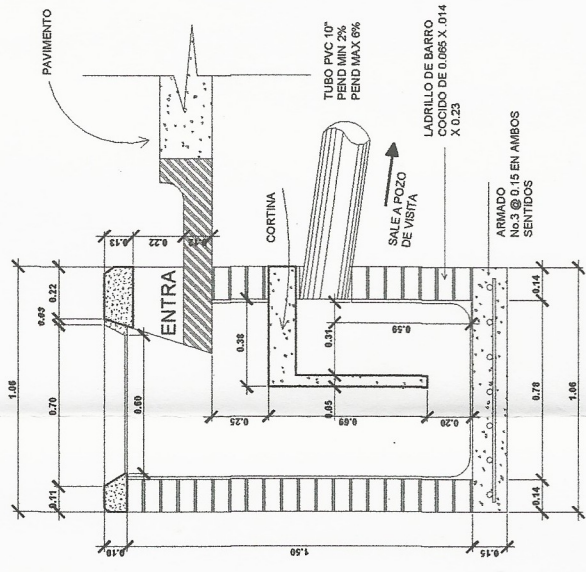
DETALLE DE TAPA DE POZO DE VISITA
Colonia El Recuerdo

ESCALA :
V, H = 1/15



DETALLE ANCLAJE DE ESCALON
Colonia El Recuerdo

ESCALA :
V, H = 1/10

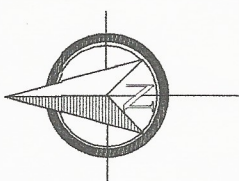


NOTA: EL INTERIOR DEL RECURRIMIENTO REPELLO + CERNIDO

		HOJA No. 5 / 5	
CONTENIDO: DETALLE DE POZOS DE VISITA Y DETALLE DE TRAGANTES			
PROYECTO: SISTEMA DE ALCANTARILLADO FLUMINAL			
LUGAR: COLONIA EL RECUERDO MUNICIPIO: JOCOTENANSA DEPARTAMENTO: SACATEPEQUEZ	FECHA: 2011 ESCALA: 1/10 INGENIERO: ESTEFANIE MALANA ESTUDIANTE: ESTEFANIE MALANA		
P. ASesor UNIDAD EPS INC. SALVO RODRIGUEZ			F. PROPIETARIO

Apéndice 3. **Planos constructivos de sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo en la aldea Mano de León, municipio de Jocotenango, Sacatepéquez**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.



SIMBOLOGIA	
---	CAMINO DE ACCESO
---	SISTEMA DE MALLAS
←	DIRECCION DE FLUJO
∅	DIAMETRO DE TUBERIA
C	CAUDAL
⊙	POZO
⊗	TANQUE
□	CUARTO DE MAQUINAS

CUADRO DE CONSTRUCCION				C O O R D E N A D A S		
LADO	PV	RUMBO	DISTANCIA	V	Y	X
0	1	S 79°15'38.52" E	84.28	1	1,615,070.9923	476,398.4460
1	2	S 78°36'08.55" E	82.78	2	1,615,055.2873	476,481.2510
2	3	S 12°50'00.56" E	22.68	3	1,615,038.9283	476,562.4020
3	4	S 12°19'14.48" E	48.11	4	1,614,969.8153	476,567.4400
4	5	S 11°39'58.62" E	221.17	?	1,614,753.2143	476,622.4280
5	6	N 63°21'35.23" W	7.16	?	1,614,756.4243	476,616.0290
6	7	N 71°54'30.46" W	10.02	?	1,614,759.5373	476,606.5000
7	8	N 78°05'50.64" W	12.91	?	1,614,762.2003	476,593.8660
8	9	N 81°54'27.22" W	4.52	?	1,614,762.8363	476,589.3930
9	10	N 88°40'57.48" W	20.27	?	1,614,763.3023	476,569.1290
10	11	S 83°40'30.84" W	77.53	?	1,614,754.7613	476,492.0710
11	12	N 01°15'27.72" W	24.33	?	1,614,779.0843	476,491.5370
12	13	S 88°16'08.50" W	29.70	?	1,614,778.1873	476,461.8550
13	14	S 84°56'17.16" W	96.33	?	1,614,769.6883	476,365.9050
14	15	N 22°28'21.31" W	51.98	?	1,614,817.7213	476,346.0360
15	16	N 17°12'40.55" W	18.75	?	1,614,835.6283	476,340.4890
16	17	N 15°07'26.03" W	54.53	17	1,614,888.2723	476,326.2610
17	18	N 28°43'41.63" E	71.60	18	1,614,951.0573	476,360.6750
18	19	N 01°01'51.16" W	18.51	19	1,614,969.5633	476,360.3420
19	20	N 46°33'03.49" E	50.63	20	1,615,004.3823	476,397.0990
20	21	N 33°56'47.91" W	1.80	21	1,615,005.8723	476,396.0960
21	22	N 71°03'35.70" E	16.18	22	1,615,011.0943	476,411.4150
22	23	N 12°49'03.05" W	38.34	23	1,615,048.4763	476,402.9100
23	0	N 11°12'50.35" W	22.95	0	1,615,070.9923	476,398.4460

SUPERFICIE = 66,042.39 m²



CONTENIDO: PLANTA GENERAL

PROYECTO: Estudio de saneamiento por bombeo en la Aldea Llano de León, Municipio de Jicoternango, Departamento Sacatepéquez.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil

Alumno: ALDEA MARCO DE LEÓN

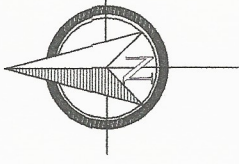
Materia: JICOTERNANGO

Departamento: SACATEPEQUEZ

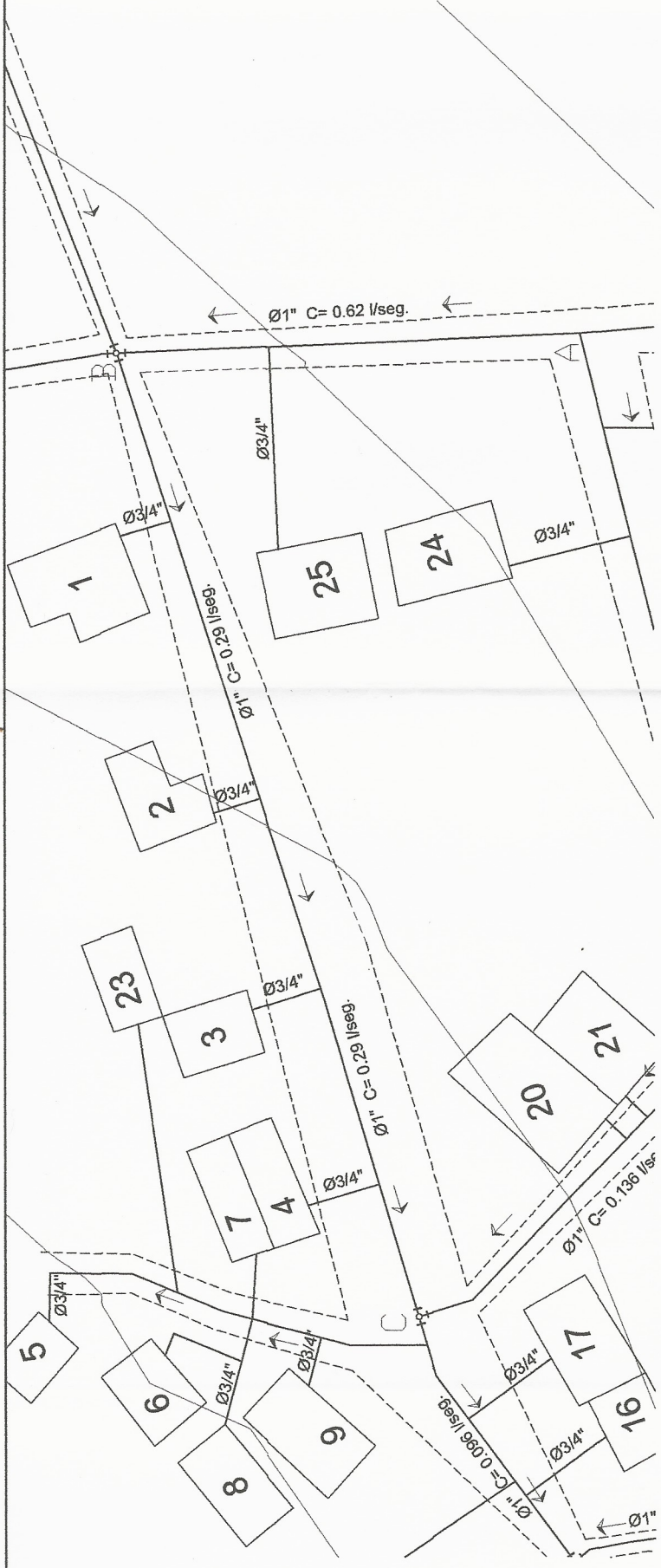
HOJA No. 1 / 11

PLANTA GENERAL

ESCALA 1:3500

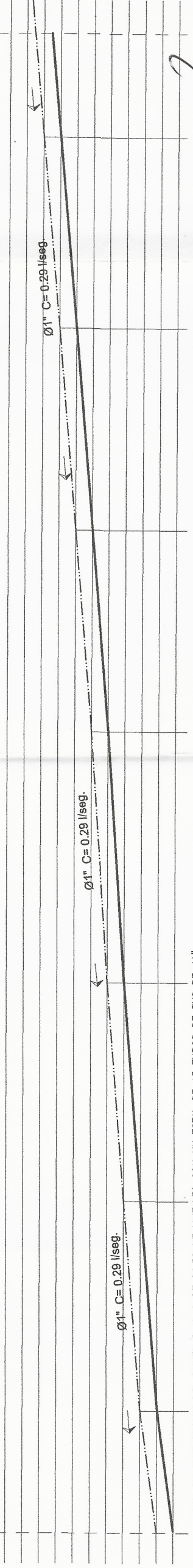


—	CAMINO DE ACCESO
—	SISTEMA DE MALLAS
←	DIRECCION DE FLUJO
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA
C	CAUDAL
+H	TEE
+Q	CODGO. A 90°
+H	CRUZ
+Q	CODGO. A 45°
1	NÚMERO DE CASA
⊗	POZO
⊗	TANQUE
⊗	CUARTO DE MAQUINAS



LINEA DE DISTRIBUCION PLANTA PERIF A-B, B-C

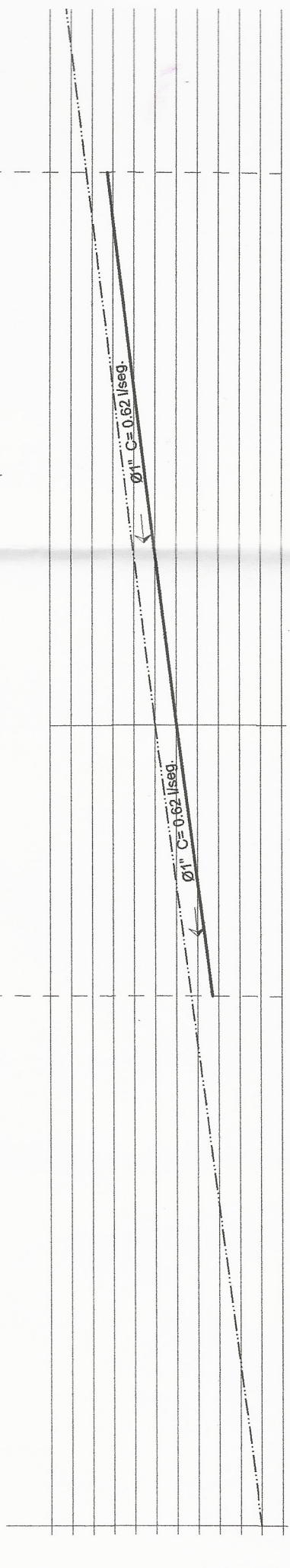
ESCALA 1:250



LINEA DE DISTRIBUCION DEL PUNTO B AL C DE 86.50 MT LINEALES CON UN TOTAL DE 15 TUBOS DE PVC DE Ø 1"

LINEA DE DISTRIBUCION PERIFIL B-C

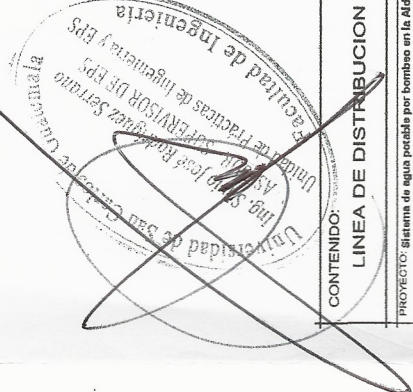
ESCALA 1:125



LINEA DE DISTRIBUCION DEL PUNTO A AL B DE 38.70 MT LINEALES CON UN TOTAL DE 7 TUBOS DE PVC DE Ø 1"

LINEA DE DISTRIBUCION PERIFIL A-B

ESCALA 1:125



CONTENIDO:
LINEA DE DISTRIBUCION A-B, B-C

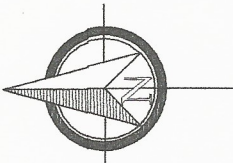
PROYECTO: Sistema de agua potable por bombeo en la Aldea Itano de León, Municipio de Jocotenango, Departamento Escuintla.

FECHA: 2018
 ESCALA: 1:125
 TOPOGRAFIA: DMP
 DISEÑO Y CÁLCULO: STEPHANIE MOLINA
 DIBUJO: STEPHANIE MOLINA

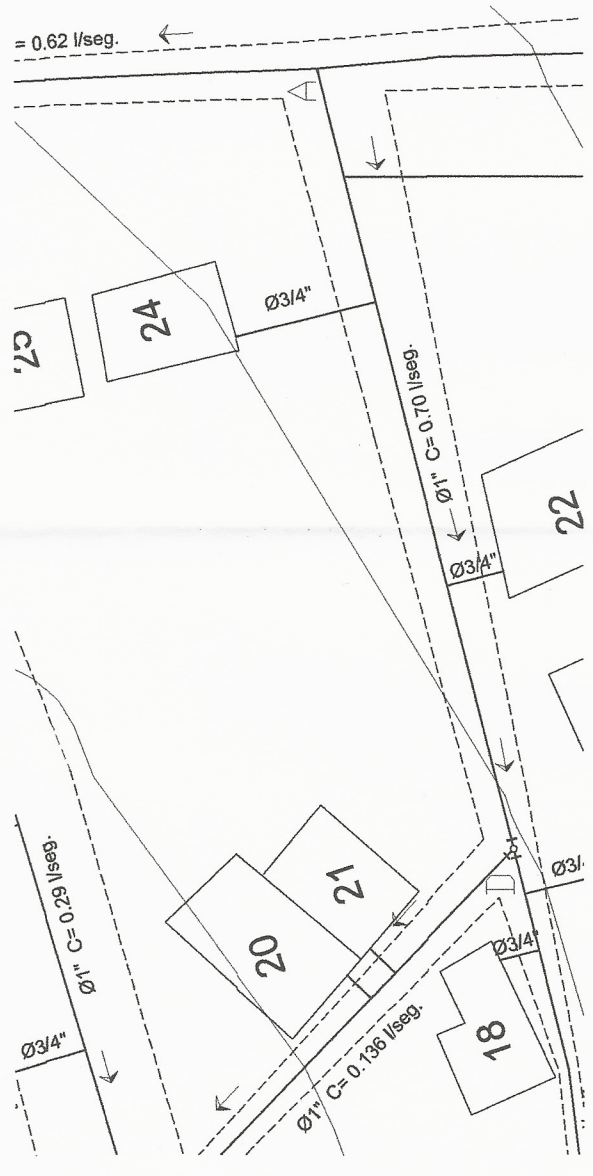
Lugar: ALDEA MAHO DE LEÓN
 Municipio: JOCCOTENANGO
 Departamento: SACATEPEQUEZ

HOJA No. 2 / 11

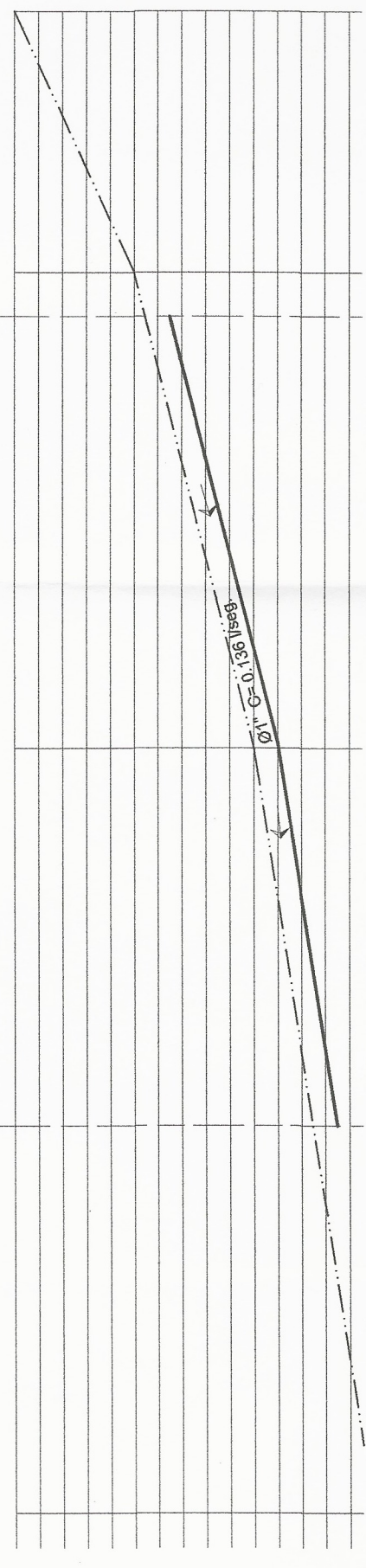
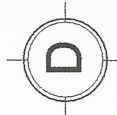
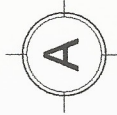
PROPIETARIO: _____
 INGENIERO: _____



—	CAMINO DE ACCESO
—	SISTEMA DE MALLAS
←	DIRECCION DE FLUJO
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA
C	CAUDAL
+Ø	TEE
+Ø	CODO A 90°
+Ø	CRUZ
+Ø	CODO A 45°
⊠	NÚMERO DE CASA
⊙	POZO
⊗	TANQUE
⊠	CUARTO DE MAQUINAS

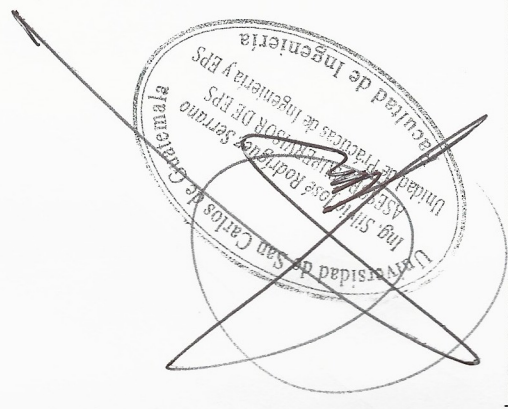


LINEA DE DISTRIBUCION PLANTA PERFIL A-D ESCALA 1:250

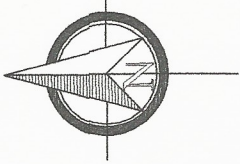


LINEA DE DISTRIBUCION DEL PUNTO A AL D DE 58.12 MT LINEALES CON UN TOTAL DE 11 TUBOS DE PVC DE Ø1\"/>

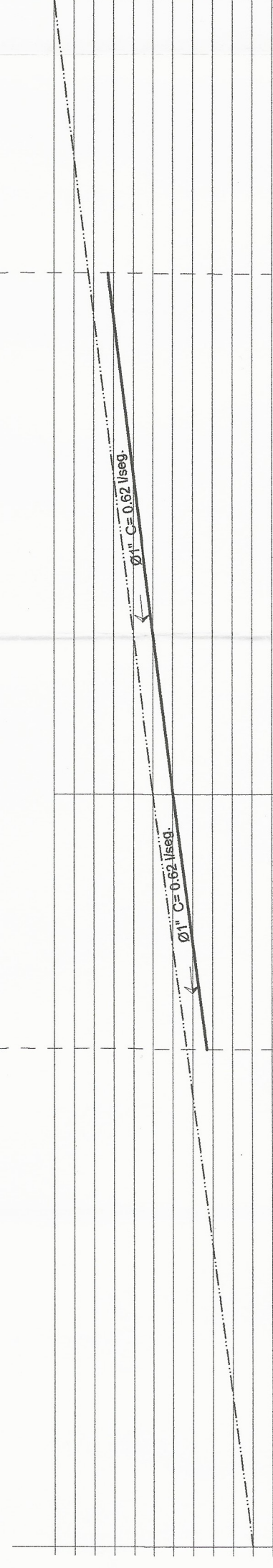
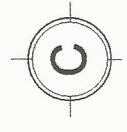
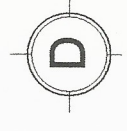
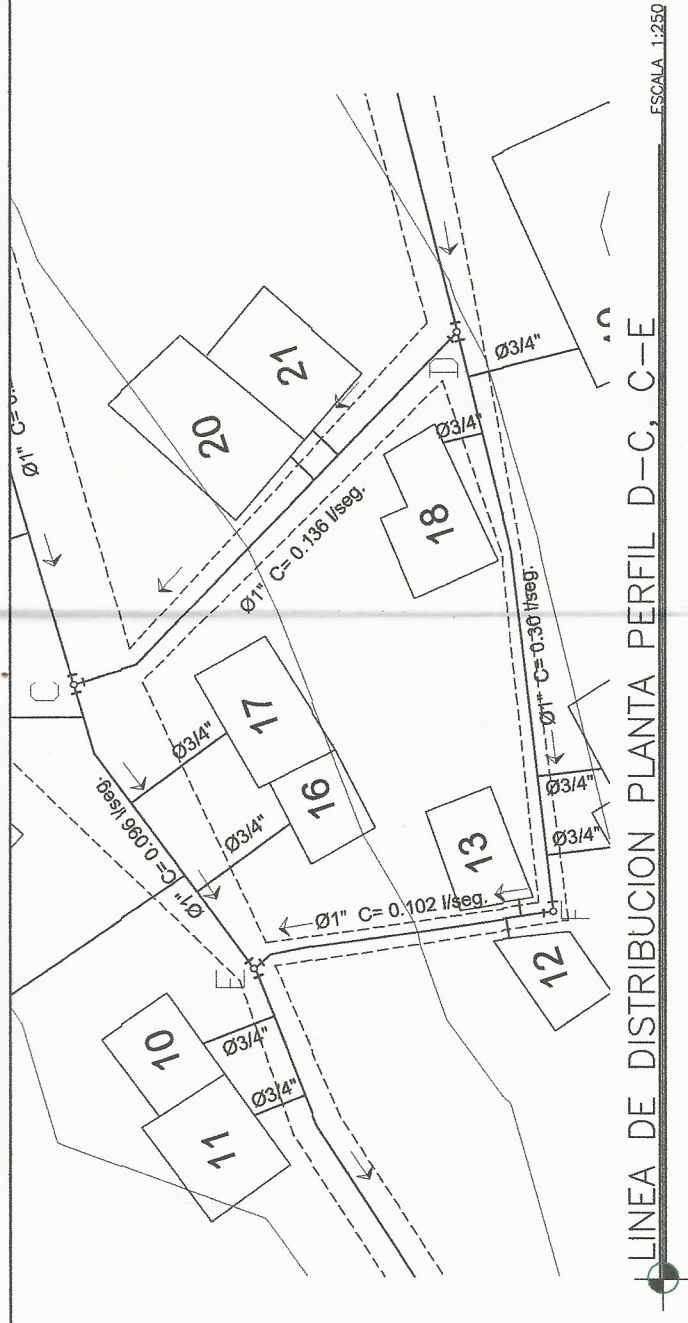
LINEA DE DISTRIBUCION PERFIL A-D ESCALA 1:125



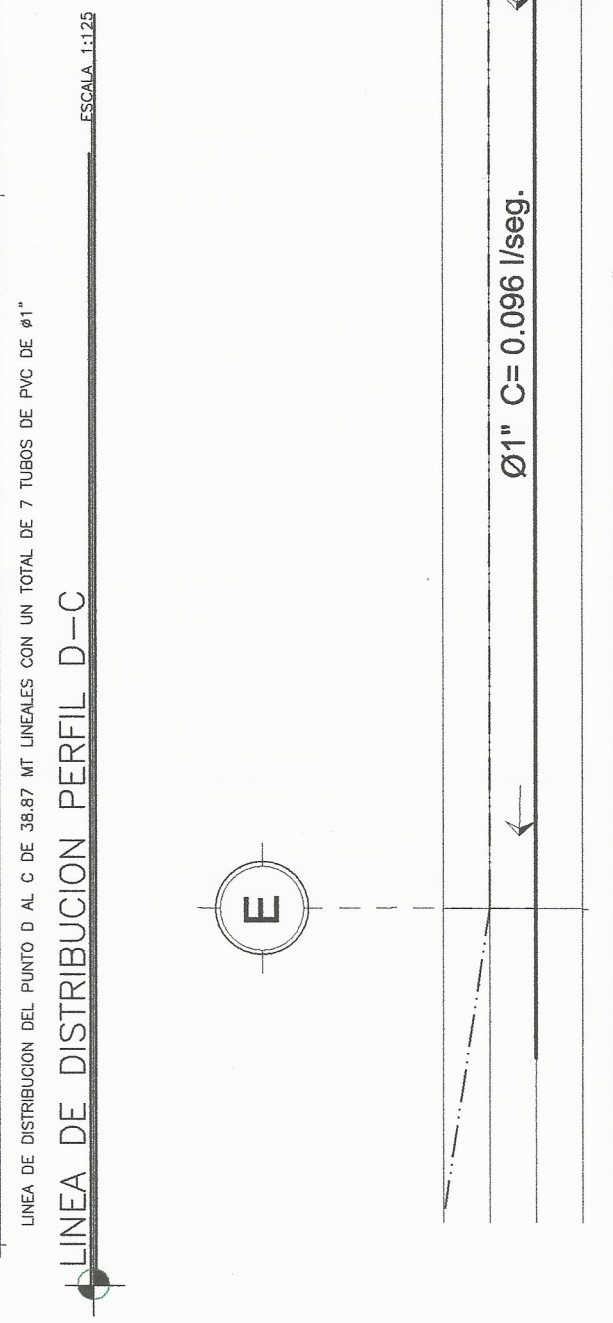
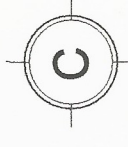
CONTENIDO: LINEA DE DISTRIBUCION A-D	
PROYECTO: Sistema de agua potable por bombas en la Aldea Mano de León, Municipio de Jocotenango, Departamento Escuintla.	
FECHA:	2018
ESCALA:	1:125
TOPOGRAFIA:	DMP
DISEÑO Y CÁLCULO:	STEPHANIE MOLINA
DIRIGIDO:	STEPHANIE MOLINA
Lugar:	ALDEA MANO DE LEÓN
Municipio:	JOCOTENANGO
Departamento:	SACATEPEQUEZ
HOJA No.	3 / 11
F) PROPIETARIO: _____ P) ASESOR TECNICO: _____ P) ASESOR INGENIERIA: _____	



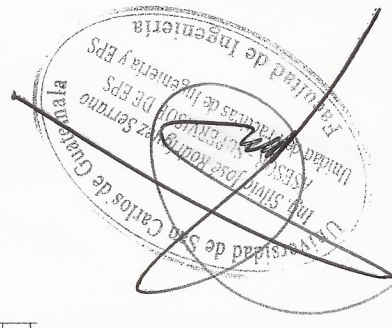
SIMBOLERA	
---	CAMINO DE ACCESO
---	SISTEMA DE MALLAS
←	DIRECCION DE FLUJO
Ø	DIAMETRO DE TUBERIA
C	CAUDAL
+0	TEE
+0	CODO A 90°
+0	CRUZ
+0	CODO A 45°
□	NÚMERO DE CASA
⊙	POZO
⊗	TANQUE
■	CUARTO DE MAQUINAS



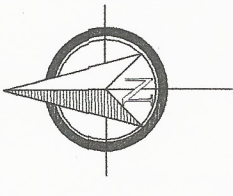
LINEA DE DISTRIBUCION PERFIL D-C



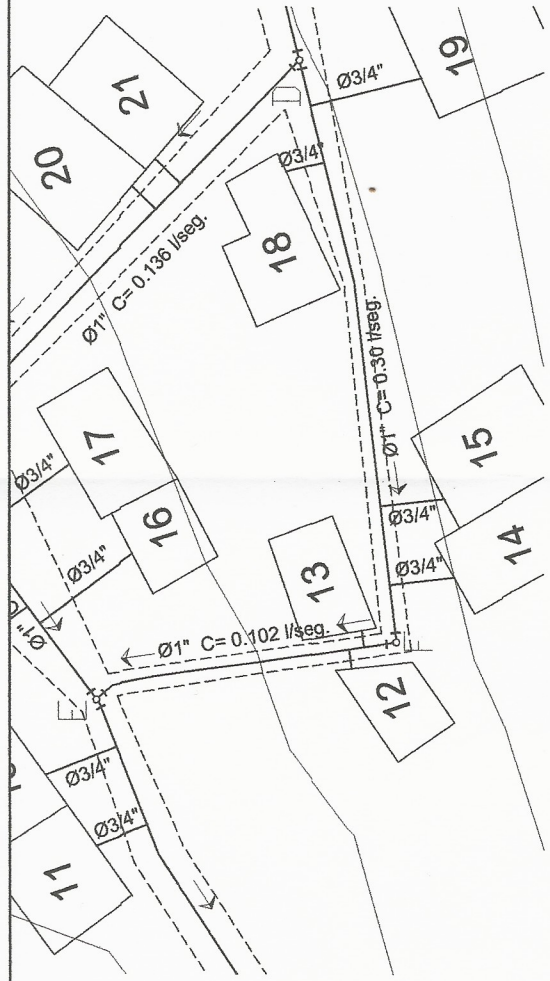
LINEA DE DISTRIBUCION PERFIL C-E



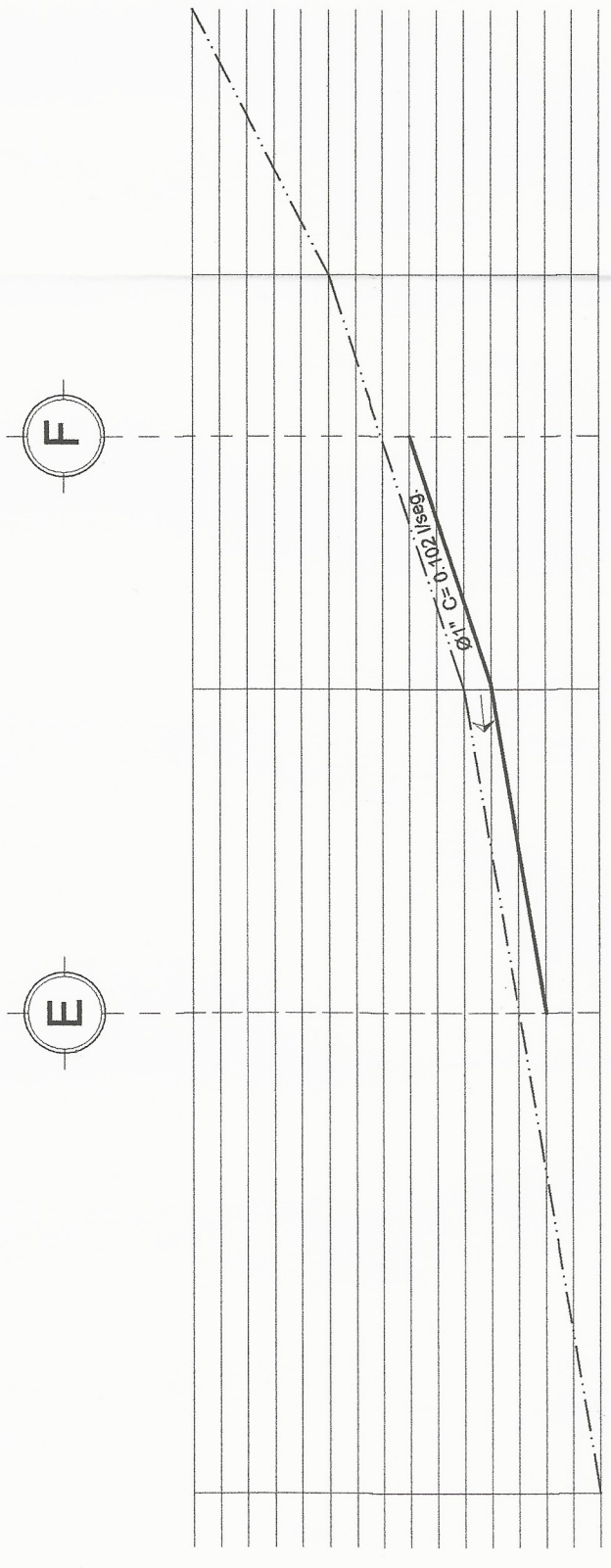
CONTENIDO: LINEA DE DISTRIBUCION D-C, E-C	
PROYECTO: Sistema de agua potable por bombeo en la Aldea Mirro de León, Municipio de Jocotenango, Departamento Sacatepéquez.	
FECHA: 2018 ESCALA: 1:125 TOPOGRAFIA: DMP DISEÑO Y CÁLCULO: STEPHANIE MOLINA DIBUJO: STEPHANIE MOLINA	Lugar: ALDEA MIRRO DE LEÓN Municipio: JOCOTENANGO Departamento: SACATEPÉQUEZ
HOJA NO. 4 / 11	
F) PROPIETARIO: _____ P) PROYECTANTE: _____ ASESOR: _____	



SEÑALIZACION
CAMINO DE ACCESO
SISTEMA DE MALLAS
DIRECCION DE FLUJO
DIAMETRO DE TUBERIA
CAUDAL
TEE
CODO A 90°
CRUZ
CODO A 45°
NUMERO DE CASA
POZO
TANQUE
CUARTO DE MAQUINAS

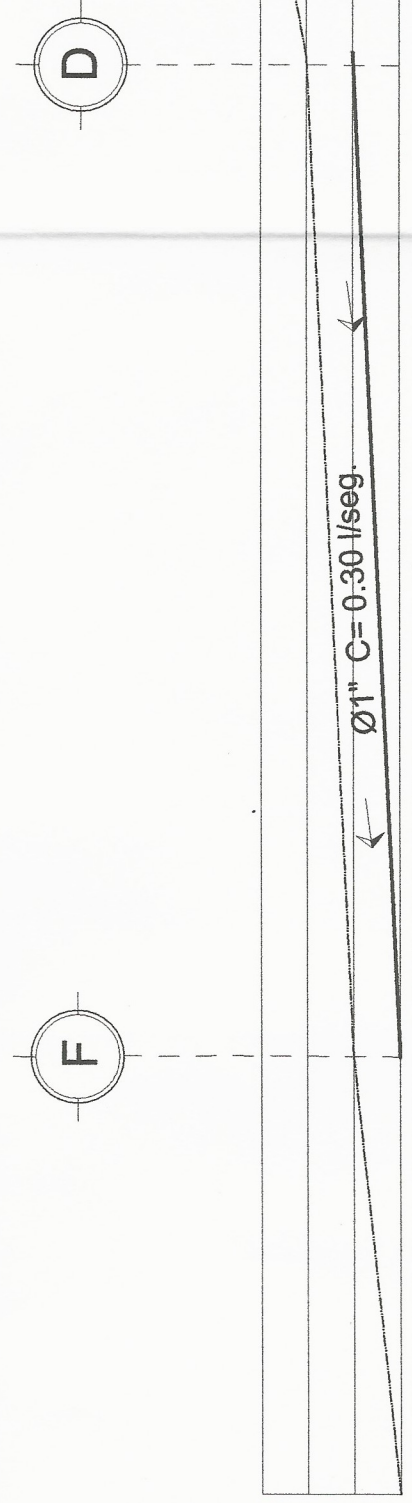


LINEA DE DISTRIBUCION PLANTA PERFIL F-E, D-F ESCALA 1:250



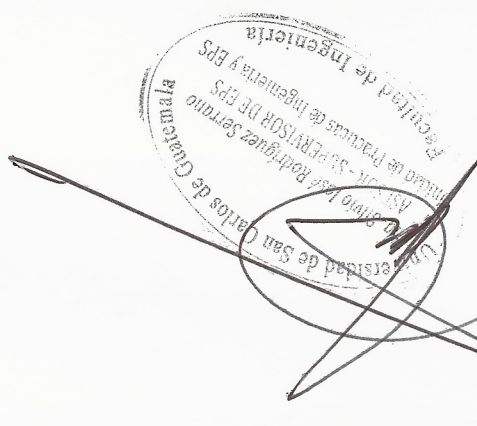
LINEA DE DISTRIBUCION DEL PUNTO F AL E DE 22.35 MT LINEALES CON UN TOTAL DE 4 TUBOS DE PVC DE $\varnothing 1''$

LINEA DE DISTRIBUCION PERFIL F-E ESCALA 1:125



LINEA DE DISTRIBUCION DEL PUNTO D AL F DE 42.60 MT LINEALES CON UN TOTAL DE 8 TUBOS DE PVC DE $\varnothing 1''$

LINEA DE DISTRIBUCION PERFIL D-F ESCALA 1:75



CONTENIDO:
LINEA DE DISTRIBUCION D-F, F-E

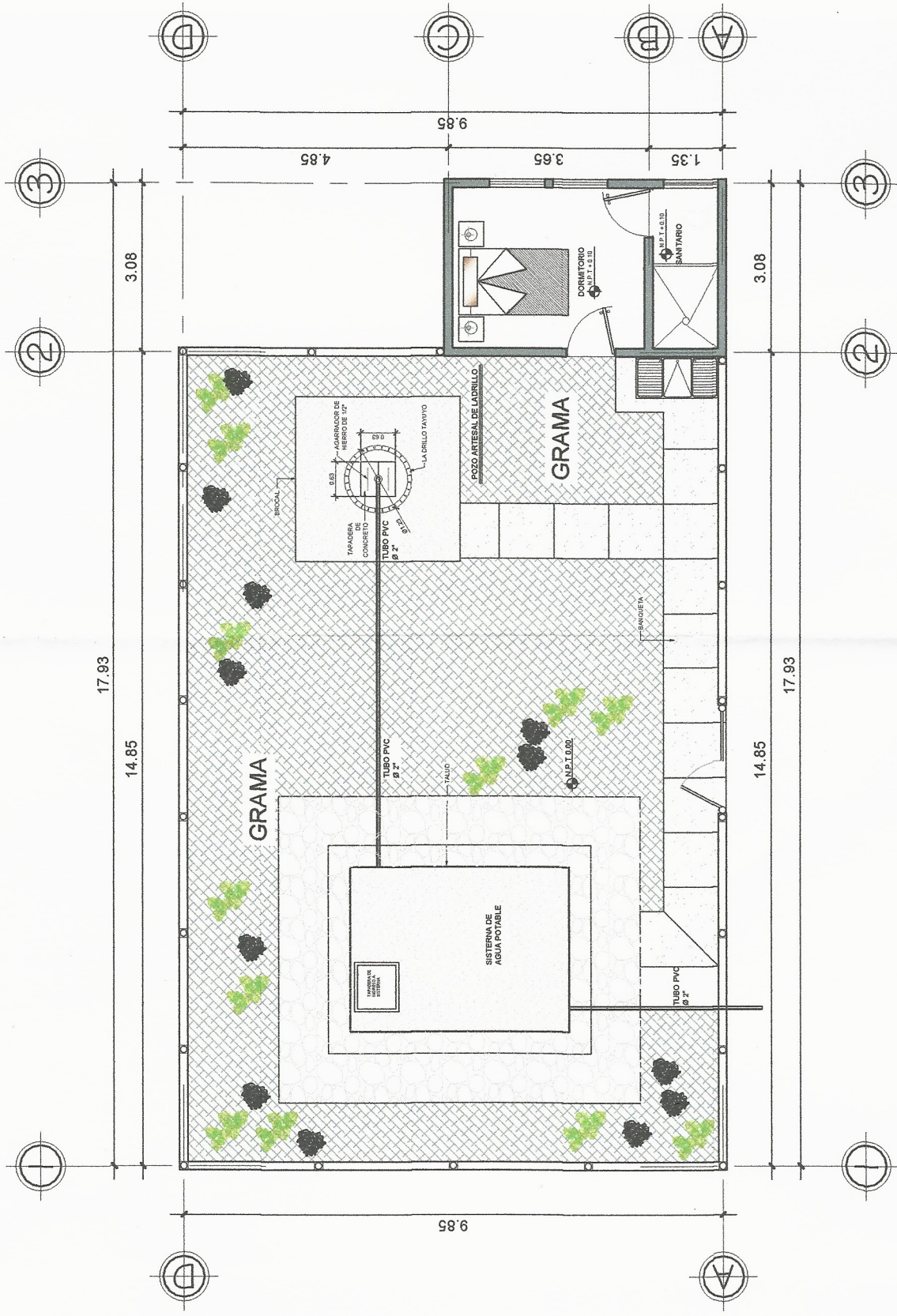
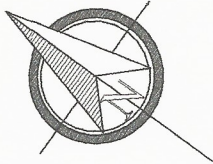
PROYECTO: Sistema de agua potable por bombeo en la Aldea Mano de Leon, Municipio de Jocotenango, Departamento Sacatepequez.

FECHA: 2018
ESCALA: 1:125
TOPOGRAFIA: DMP
DISEÑO Y CALCULO: STEPHANIE MOLINA
DIBUJO: STEPHANIE MOLINA

Lugar: ALDEA MANO DE LEON
Municipio: JOCOTENANGO
Departamento: SACATEPEQUEZ



HOJA No. 5 / 11

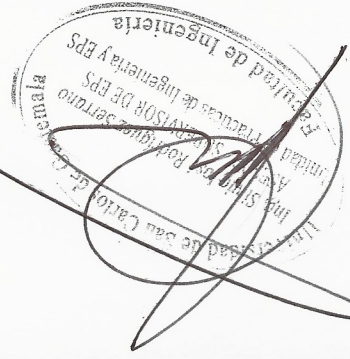
F) PROPIETARIO

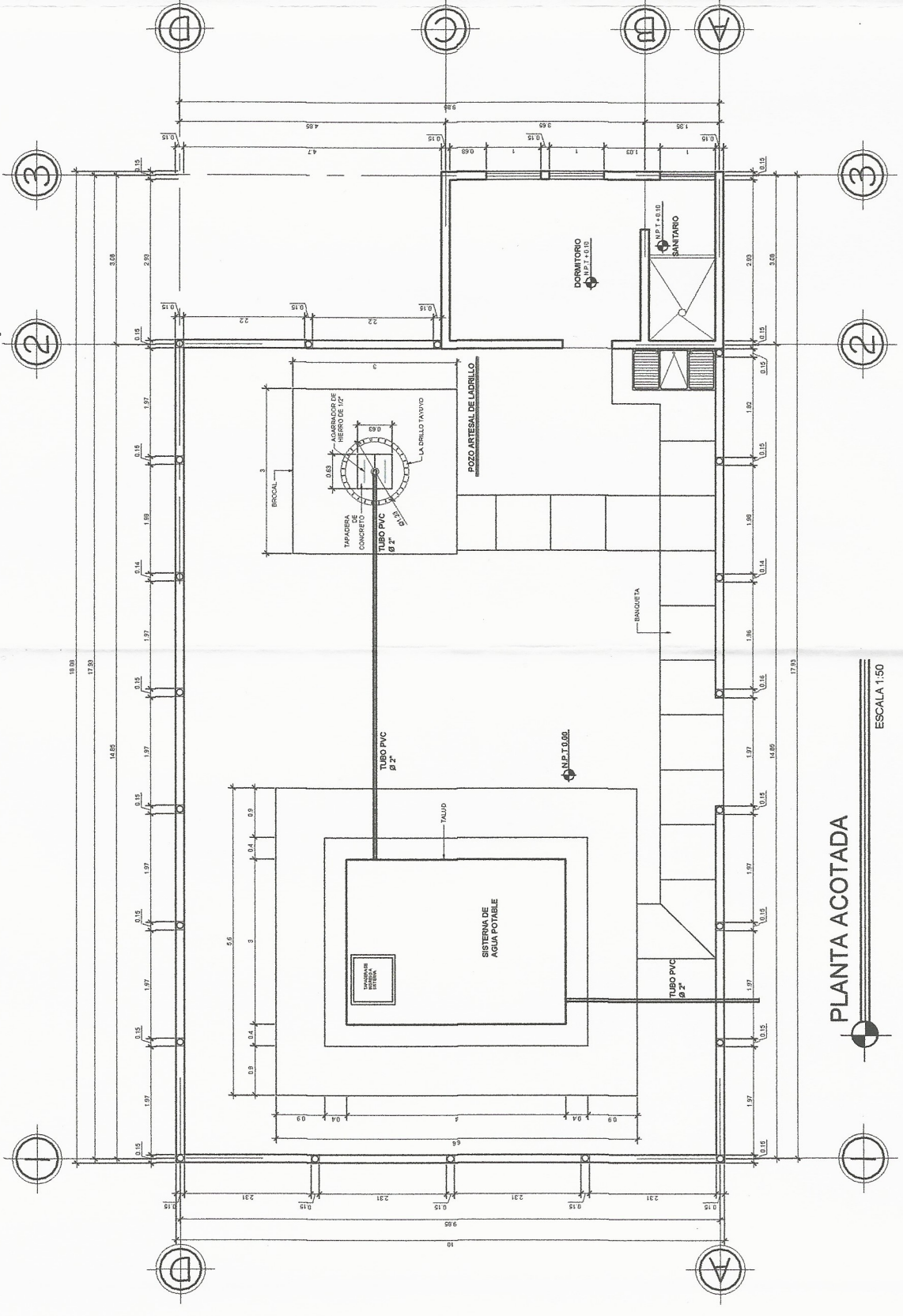
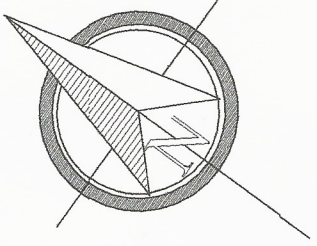


PLANTA DE TECHO

ESCALA 1:50

 		HOJA No. 6 / 11
CONTENIDO: PLANTA ARQUITECTONICA DE POZO Y TANQUE		
PROYECTO: SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBEO EN LA ALDEA MANO DE LEON MUNICIPIO DE JOCOATENANGO, DEPARTAMENTO DE SACATEPEQUEZ.		
FECHA: 2018	Lugar: ALDEA MANO DE LEON	Municipio: JOCOATENANGO
ESCALA: 1:50	Departamento: SACATEPEQUEZ	
TITULO: DISEÑO Y CÁLCULO	DISEÑADOR: STEPHANIE MOLINA	DIBUJANTE: STEPHANIE MOLINA
DIBUJANTE: STEPHANIE MOLINA	PROPIETARIO: _____	

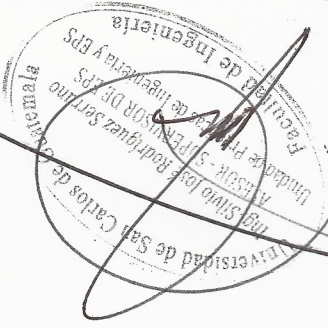


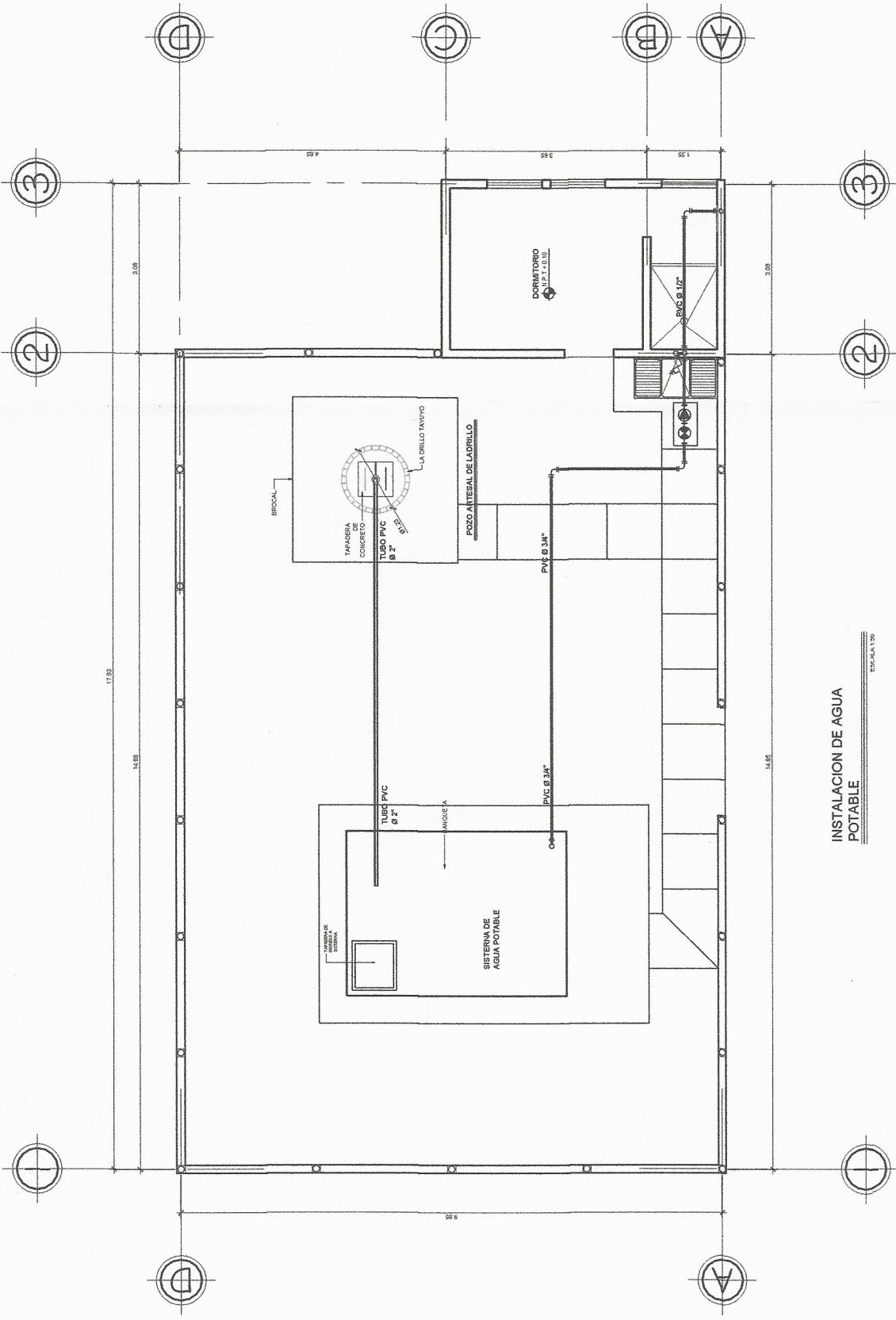
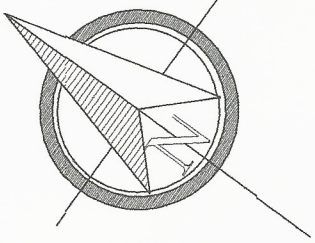


PLANTA ACOTADA

ESCALA 1:50

				HOJA No. 7 / 11
CONTENIDO: PLANTA ACOTADA				
PROYECTO: MANIFIESTO DE INTERÉS EN EJECUCIÓN DE OBRAS DE LEON MUNICIPIO DE JOCOTENANGO, DEPARTAMENTO SACATEPEQUEZ				
FECHA:	2018	Lugar:	ALDEA MARO DE LEON	
ESCALA:	1:50	Municipio:	JOCOTENANGO	
TOPOGRAFIA:		Departamento:	SACATEPEQUEZ	
DISEÑO Y CÁLCULO:		ESTADIANTE MOLINA:	SACATEPEQUEZ	
DRUJO:		ESTADIANTE MOLINA:	SACATEPEQUEZ	
P) PROPIETARIO				





INSTALACION DE AGUA POTABLE

ESCALA 1:50

SIMBOLOGÍA DE INSTALACIONES HIDRÁULICAS

SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	LLAVE DE PASO
	CHEQUE
	TUBERÍA PVC Ø 1/2"
	CODO PVC A 90° GRADOS VERTICAL
	CODO PVC A 90° HORIZONTAL
	TEE PVC VERTICAL
	CHORRO
	BOMBA DE SUCCIÓN
	<small> (SÍMBOLO PARA LA BOMBA DE SUCCIÓN, SE DEBE USAR EN LOS CASOS DE 2 CÁMARA) (SÍMBOLO PARA LA BOMBA DE SUCCIÓN, SE DEBE USAR EN LOS CASOS DE 3 CÁMARA) (SÍMBOLO PARA LA BOMBA DE SUCCIÓN, SE DEBE USAR EN LOS CASOS DE 4 CÁMARA) </small>

CONTENIDO
PLANTA DE AGUA POTABLE

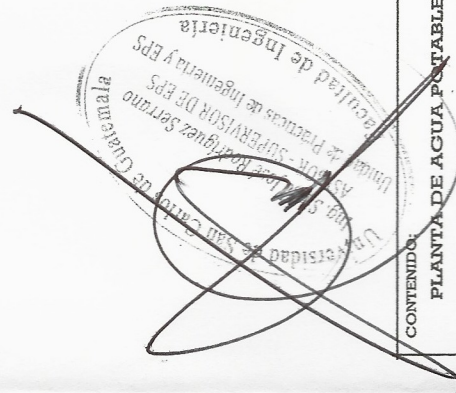
PROYECTO: Sistema de agua potable por bombeo en la Aldea Mero de León, Municipio de Jocotenango, Departamento Sacatepéquez.

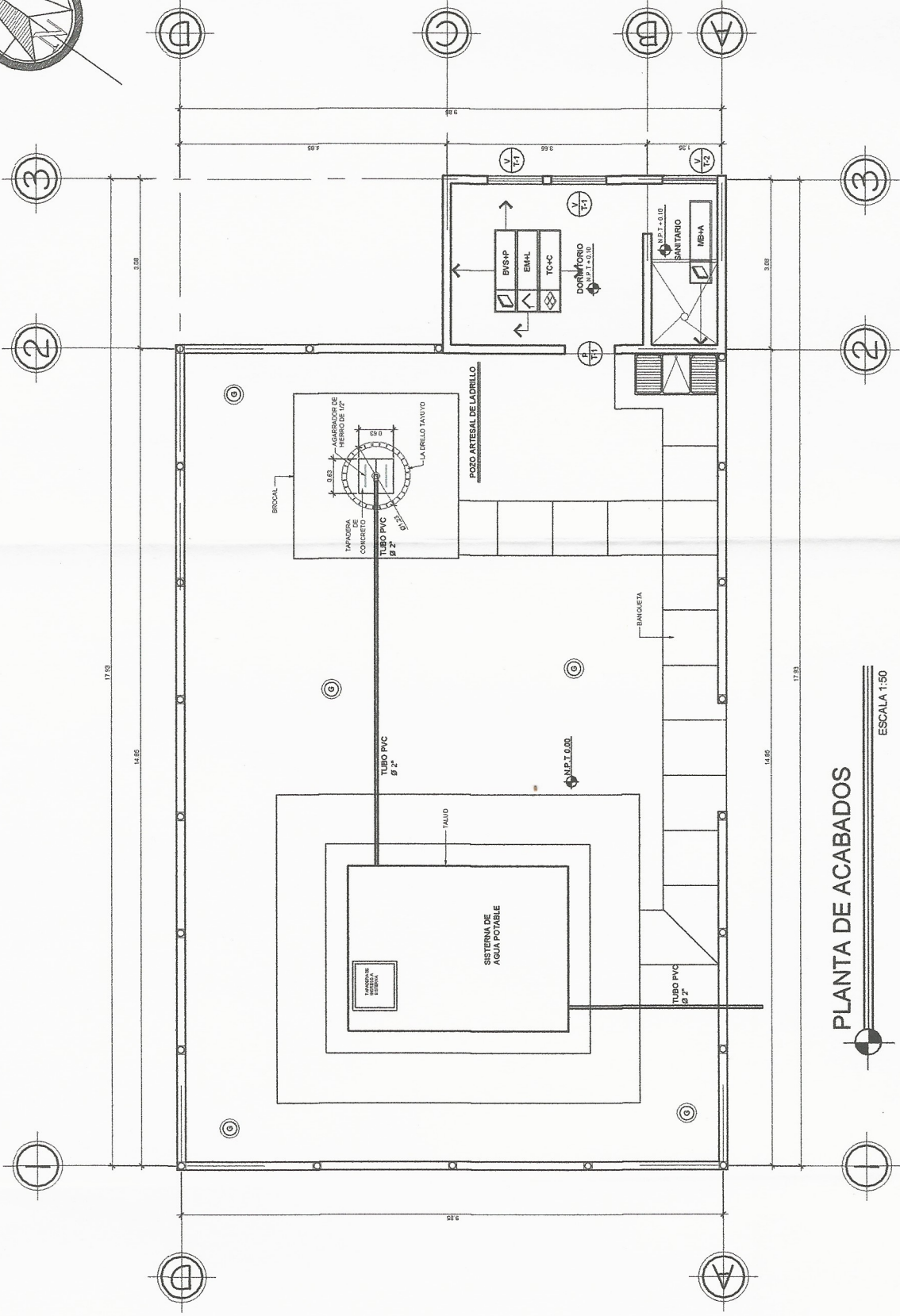
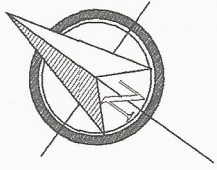
FECHA: 20/11/11
 BOJIB: [Redacted]
 ESCALA: 1:50
 TOPOGRAFÍA: [Redacted]
 DIBUJO Y CÁLCULO: STEPHANIE MOLINA
 DISEÑO: STEPHANIE MOLINA

INGENIERO: ALDEA MERO DE LEÓN
 MUNICIPIO: JOCOTENANGO
 DEPARTAMENTO: SACATEPÉQUEZ

HOJA NO. 8 / 11

PROPIETARIO: [Redacted]





PLANTA DE ACABADOS

ESCALA 1/50

SIMBOLOGIA DE ACABADOS

ESPECIFICACIONES

	INDICA ACABADO EN MUROS
	INDICA ACABADO EN TECHOS
	INDICA ACABADO EN PISO
	INDICA TIPO DE PUERTA
	INDICA TIPO DE VENTANA
	INDICA GRAMA

NOMENCLATURAS

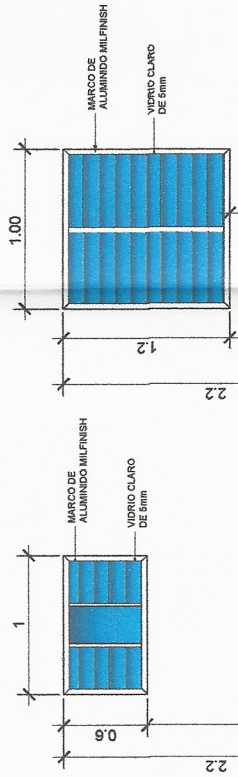
BVS	BLOCK VISTO SISADO
TC+C	TORTA DE CONCRETO + COLOR
EMHL	ESTRUCTURA METALICA + LAMINA
MB+A	MUJO DE BLOCK + AZULEJO

PLANILLA DE VENTANAS

TIPO DE VENTANA	ALTO	ANCHO	MATERIAL
T-1	1.20	1.00	MARCO DE ALUMINIO MILFINISH + VIDRIO CLARO 5mm
T-2	0.60	1.00	MARCO DE ALUMINIO MILFINISH + VIDRIO CLARO 5mm

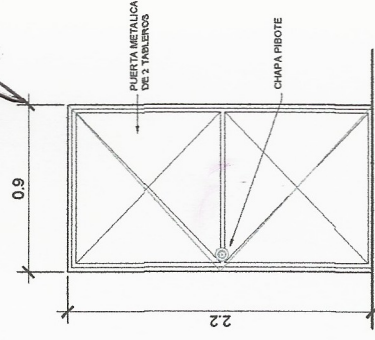
PLANILLA DE PUERTAS

TIPO DE PUERTA	ALTO	ANCHO	MATERIAL
T-1	2.10	0.90	PUERTA DE METAL CON CHAPA PIBOTE



DETALLE VENTANA TIPO T1

ESCALA 1/25



DETALLE DE PUERTA TIPO T1

ESCALA 1/25

CONTENIDO:
PLANTA DE ACABADOS DE GUARDIANIA

PROYECTO: INSTALACION DE AGUA POTABLE EN BARRIO LA ALCAZAR DE SAN JUAN DE LOS RIOS
 MUNICIPIO DE JOCOTENANGO, DEPARTAMENTO SACATEPEQUEZ

FECHA: 2018
 ESCALA: 1:80
 TOPOGRAFIA:
 DISEÑO Y CALCULO: ESTEFANIE MOJICA
 DIBUJO: ESTEFANIE MOJICA

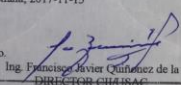
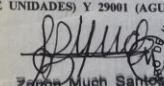

Tagre: ALDEA MANO DE JACON
 Municipio: JOCOTENANGO
 Departamento: SACATEPEQUEZ

HOJA No. 9 / 11


PROPIETARIO

ANEXOS


Anexos 1. Ensayos de calidad de agua para sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo en la aldea Mano de León, municipio de Jocotenango, Sacatepéquez

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA			
ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO SANITARIO			
O.T. No. 36 958		No. 10236	
INTERESADO: <u>STEPHANIE BRENDA LISSETTE MOLINA A.J.</u> Registro académico 2010 20958		PROYECTO: <u>EPS: "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA MANO DE LEÓN Y ALCANTARILLADO SANITARIO PLUVIAL PARA LA COLONIA EL RECUERDO JOCOTENANGO, SACATEPÉQUEZ"</u>	
RECOLECTADA POR: <u>Interesada</u>		DEPENDENCIA: <u>Facultad de Ingeniería/USAC</u>	
LUGAR DE RECOLECCIÓN: <u>Aldea Mano de León</u>		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2017-10-30; 10 h 20 min.</u>	
FUENTE: <u>Pozo</u>		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: <u>2017-10-30; 12 h 10 min.</u>	
MUNICIPIO: <u>Jocotenango</u>		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>	
DEPARTAMENTO: <u>Sacatepéquez</u>			
RESULTADOS			
1. ASPECTO: <u>Clara</u>	4. OLOR: <u>Inodora</u>	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección) <u>18 °C</u>	
2. COLOR: <u>08,00 Unidades</u>	5. SABOR: <u>-----</u>	8. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA: <u>232,00 µmhos/cm</u>	
3. TURBEDAD: <u>01,95 UNT</u>	6. potencial de Hidrógeno (pH): <u>06,51 unidades</u>	9. SÓLIDOS DISUELTOS: <u>109,00 mg/L</u>	
SUSTANCIAS		SUSTANCIAS	
1. CALCIO (Ca)	19,24 mg/L	6. CLORUROS (Cl)	13,50 mg/L
2. NITRITOS (NO ₂ ⁻)	0,019	7. MAGNESIO (Mg)	13,15
3. NITRATOS (NO ₃ ⁻)	39,70	8. SULFATOS (SO ₄ ²⁻)	27,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,03
5. MANGANESO (Mn)	00,006	10. DUREZA TOTAL	102,00
HIDROXIDOS	CARBONATOS	BICARBONATOS	ALCALINIDAD TOTAL
mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
00,00	00,00	56,00	56,00
OTRAS DETERMINACIONES <u>AMONÍACO 0.02 mg/L</u>			
OBSERVACIONES: <u>Desde el punto de vista físico químico sanitario: DUREZA en Límites Máximos Permisibles. Las demás determinaciones arriba indicadas se encuentran dentro de los Límites Máximos Aceptables de Normalidad. Según norma COGUANOR NTG 29001.</u>			
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21 ST EDITION 2 005, NORMAS COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE) Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.			
Guatemala, 2017-11-15			
Vo.Bo.  Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz DIRECTOR CH/USAC		 Zedon Much Santos Ing. Químico Col. No. 430 MSc. en Ingeniería Sanitaria Jefe Técnico Laboratorio	
			
FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC - Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: http://cil.usac.edu.gt			

Continuación del anexo 1.



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



No. 10237

EXAMEN BACTERIOLOGICO

O.T. No. 36958 INF. No. A - 363799

<p>INTERESADO: <u>STEPHANIE BRENDA LISSETTE MOLINA AL</u> <small>Registro académico 201020958</small></p> <p>MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesada</u></p> <p>LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Aldea Mano de León</u></p> <p>FUENTE: <u>Pozo</u></p> <p>MUNICIPIO: <u>Jocotenango</u></p> <p>DEPARTAMENTO: <u>Sacatepéquez</u></p>	<p>PROYECTO: <u>EPS "DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA MANO DE LEÓN Y ALCANTARILLADO SANITARIO PLUVIAL PARA LA COLONIA EL RECUERDO JOCOTENANGO, SACATEPÉQUEZ"</u></p> <p>DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERIA USAC</u></p> <p>FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: <u>2017-10-30; 10 h20 min.</u></p> <p>FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2017-10-30; 12 h10 min.</u></p> <p>CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u></p>
---	--

SABOR: <u>----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>No hay</u>
ASPECTO: <u>Clara</u>	CLORO RESIDUAL: _____
OLOR: <u>Inodora</u>	

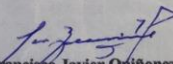
INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)


PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACION DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
01,00 cm ³	+++++	+++++	+++++
00,10 cm ³	+++++	+++++	+++++
00,01 cm ³	+++++	+++++	+++++
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm ³		> 16 000	> 16 000

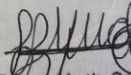
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

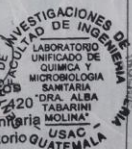
OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua NO ES POTABLE, según norma COGUANOR NTG 29001.

Guatemala, 2017-11-15

Vo.Bo. 
Ing. Francisco Javier Quiñonez de la Cruz
DIRECTOR CII/USAC




Zanon Much Santón
Ing. Químico Col. No. 120
MSc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio



LABORATORIO UNIFICADO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGIA SANITARIA
DRA. ALBA TABARINI MOLINA
USAC
QUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA - USAC -
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

Fuente: Centro de Investigación de Ingeniería. Universidad de San Carlos de Guatemala.

