



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

**INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA
EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA**

Luis Emilio Tórtola Alvarado

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, mayo de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA
EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

LUIS EMILIO TÓRTOLA ALVARADO

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
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
EXAMINADOR	Ing. Silvio José Rodríguez Serrano
EXAMINADORA	Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
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:

INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha octubre de 2013.



Luis Emilio Tortola Alvarado



Guatemala, 08 de febrero de 2016
Ref.EPS.DOC.70.02.16

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

Estimado Ingeniero Rodríguez Serrano.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Luis Emilio Tórtola Alvarado** con carné No. **200714775**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA.**

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. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil



c.c. Archivo
MAAO/ra



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,
 28 de marzo de 2016

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 **INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Luis Emilio Tórtola Alvarado, con Carnet No.200714775 , quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Guatemala, 29 de marzo de 2016
Ref.EPS.D.138.03.16

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

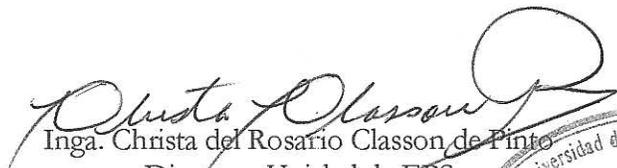
Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Luis Emilio Tórtola Alvarado, carné 200714775**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto
Directora Unidad de EPS



CdRCdP/ra



USAC
TRICENTENARIA
 Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Luis Emilio Tórtola ALvarado, titulado **INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

[Handwritten Signature]
 Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, abril 2016.

/mrrm.

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



Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.210.2016

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: **INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA**, presentado por el estudiante universitario: **Luis Emilio Tórtola Alvarado**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, mayo de 2016

/cc



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por darme la vida, bendecirme en cada momento, rodearme de personas de buen corazón y permitirme alcanzar esta meta.
Virgen Santísima y San Juan Bosco	Por acompañarme, protegerme e interceder siempre y en todo momento.
Mis padres	Por ser el ejemplo para mi vida, todas sus luchas y sacrificios, sus buenos consejos... y todo su amor.
Mi hermano	Y amigo Julio Roberto Tórtola, por todo su apoyo, sus consejos y los buenos momentos; ser un buen ejemplo para mí, el hermano mayor en quien siempre puedo confiar.
Mis abuelas	Edel España y Mery Sonsoles, por ser dos ángeles en mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por permitirme alcanzar una meta más en mi vida.
Virgen María Auxiliadora y San Juan Bosco	Por acompañarme siempre y en todo momento.
Mis padres	Ustedes siempre han sido ese motor que ha impulsado mis metas, mis sueños y aficiones. Gracias por el cariño, los consejos, la paciencia, las alegrías y tristezas compartidas, el apoyo incondicional y ser los mejores siempre.
Mis hermanos	Esas personas con quien siempre puedo contar, donde he encontrado buenos consejos y en especial maravillosos momentos, ustedes forman parte de mis recuerdos, de mi forma de ser, de mi vida.
Mis abuelas	Las mejores abuelas del mundo, gracias por ser tan especiales, cariñosas y animarme siempre a seguir adelante.
Mis tíos y primos	Mi familia, por el amor, el cariño y el apoyo.

Mi novia

Gracias por todo el apoyo brindado durante este proceso, siempre has sido una ayuda y una persona que me anima a superarme y seguir adelante cada día y en los momentos más difíciles. Gracias por todo el cariño.

Mis amigos y hermanos de la vida

Después de más de 15 años de amistad y de muchos caminos recorridos, cada uno de ustedes sigue mereciendo mi respeto y admiración.

Asesor Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Y buen amigo, gracias por los buenos consejos y el apoyo durante todo el proceso.

Mis amigos de la Facultad de Ingeniería

Por los momentos compartidos.

Pueblo de Santa Catarina Mita

Gracias por haberme recibido con tal gusto y respeto, por ser el pueblo hermoso que siempre recordaré. Gracias a todas las personas de la Municipalidad porque cada uno de ustedes hizo muy agradable mi EPS. Y también un especial agradecimiento a las personas de la aldea El Limón, ha sido un gusto realizar este proyecto para su comunidad, ustedes fueron personas que contribuyeron a este proceso y siempre buscaron la manera de colaborar, ¡GRACIAS!

Cementos Progreso

Por todo el apoyo y comprensión. A mis compañeros de trabajo, quienes han sido una ayuda y fuente de conocimiento para mi formación profesional.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Un hogar durante esta etapa de mi vida.

Facultad de Ingeniería

Gracias por ser la mejor Facultad de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. FASE DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Diagnóstico de la aldea El Limón	1
1.1.1. Ubicación y localización.....	1
1.1.2. Clima	2
1.1.3. Límites y colindancias.....	4
1.1.4. Producción agrícola	4
1.1.5. Población	4
1.1.6. Educación.....	6
1.1.7. Salud	7
1.1.8. Servicio de agua	9
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	11
2.1. Diseño de la introducción del sistema de agua potable para la aldea El Limón	11
2.1.1. Descripción del proyecto	11
2.1.1.1. Descripción del sistema actual	11
2.1.1.2. Normas a utilizar	13
2.1.1.3. Aforo	13

2.1.1.4.	Exámenes de calidad del agua	13
2.1.2.	Topografía	14
2.1.3.	Período de diseño	15
2.1.4.	Dotación	15
2.1.5.	Población.....	16
2.1.5.1.	Población actual	16
2.1.5.2.	Población futura	16
2.1.6.	Factores de variación	17
2.1.6.1.	Factor de día máximo (FDM).....	17
2.1.6.2.	Factor de hora máximo (FHM)	18
2.1.7.	Determinación de caudales	18
2.1.7.1.	Caudal medio diario	19
2.1.7.2.	Caudal máximo diario.....	19
2.1.7.3.	Caudal máximo horario	20
2.1.7.4.	Caudal de bombeo	21
2.1.8.	Captación	22
2.1.9.	Línea de impulsión	23
2.1.9.1.	Diámetro económico	25
2.1.9.2.	Potencia del equipo de bombeo	37
2.1.9.3.	Especificaciones del equipo de bombeo	44
2.1.9.4.	Verificación por golpe de ariete	45
2.1.10.	Red de distribución.....	49
2.1.10.1.	Presiones y velocidades.....	50
2.1.10.2.	Tipos de tubería	51
2.1.10.3.	Cálculo del sistema	52
2.1.11.	Obras hidráulicas	58
2.1.11.1.	Caja rompe presión	58
2.1.11.2.	Tanque de almacenamiento.....	58

	2.1.11.2.1.	Diseño de la estructura de la cubierta.....	64
	2.1.11.2.2.	Diseño estructural del muro	94
2.1.12.		Desinfección	110
2.1.13.		Planos.....	112
2.1.14.		Presupuesto.....	112
2.1.15.		Estudio de impacto ambiental.....	115
2.1.16.		Evaluación socioeconómica.....	119
	2.1.16.1.	Valor presente neto (VPN).....	122
	2.1.16.2.	Tasa interna de retorno (TIR)	124
CONCLUSIONES			127
RECOMENDACIONES.....			129
BIBLIOGRAFÍA.....			131
APÉNDICES			133
ANEXOS			148

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización y ubicación de la aldea El Limón, Santa Catarina Mita, Jutiapa.....	2
2.	Aumento de la población del municipio de Santa Catarina Mita, Jutiapa.....	5
3.	Pirámide poblacional INE 2010, Santa Catarina Mita, Jutiapa 2011	6
4.	Triángulo rectángulo.....	28
5.	Planta de la cubierta del tanque.....	64
6.	Área tributaria en la cubierta del tanque.....	83
7.	Vista transversal de la viga y su acero.....	92
8.	Esquema del tanque y medidas.....	97
9.	Área tributaria que transmite su peso al muro.....	98
10.	Carga distribuida sobre el muro del tanque.....	101
11.	Carga puntual sobre el muro del tanque.....	102
12.	Diagrama de flujo del capital para el proyecto.....	123

TABLAS

I.	Parámetros de la estación climatológica del Insivumeh, ubicada en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa.....	3
II.	Índice de avance educativo municipal, Santa Catarina Mita, Jutiapa.....	7
III.	Reporte mensual de morbilidad prioritaria (primeras consultas)	8
IV.	Mortalidad general, casco urbano, Santa Catarina Mita, Jutiapa	9
V.	Resumen determinación del costo de la tubería	29

VI.	Comparación de costos para el análisis del diámetro económico.	36
VII.	Resumen de parámetros para el cálculo de la Cota Dinámica Total (CDT).....	43
VIII.	Presiones de trabajo en tuberías de HG según su clase.	48
IX.	Valores para el cálculo del volumen del tanque para cada tubería principal	59
X.	Constante de la capacidad del tanque de almacenamiento.....	61
XI.	Coeficientes para cálculo de momentos en losas 1 y 3, según método 3 del ACI (para una relación $m = 0,50$).	68
XII.	Coeficientes para el cálculo de momentos en la losa 2, según el método 3 del ACI (para una relación $m = 0,50$).	71
XIII.	Resultado del cálculo de acero en la viga.....	90
XIV.	Cálculos para la estructura de los muros del tanque.	97
XV.	Desglose del factor de indirectos.....	113
XVI.	Cuadro resumen del presupuesto del proyecto.	114

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amortización
w	Ancho
A_n	Anualidad
AS	Área de acero a utilizar
AS_{min}	Área de acero mínima calculada
AS_R	Área de acero requerido
AS_{var}	Área de acero según el diámetro de varilla a utilizar
A_{trap}	Área del trapecio
A_T	Área tributaria
b_c	Base más corta
B	Base más larga
b	Base o franja unitaria
h_{ND-BP}	Cambio de altura entre el nivel dinámico de un pozo y la boca o brocal del pozo
h_{BP-DTA}	Cambio de altura entre la boca del pozo y la descarga del tanque almacenador
Núm.tub	Cantidad de tubos
W_v	Carga debido al propio peso de la viga
W_L	Carga de la losa
v	Carga de velocidad o velocidad
CDT	Carga dinámica Total
W_U	Carga distribuida
CM	Carga muerta que incide en una estructura

CM_{TOTAL}	Carga muerta total
W_P	Carga puntual
W_T	Carga total
W_{TE}	Carga total de la estructura
W_{TM}	Carga total del muro
CU	Carga última
CUM	Carga última muerta
CU_{TOTAL}	Carga última total
CUV	Carga última viva
CV	Carga viva que incide en una estructura
Q_B	Caudal de bombeo (lt/seg)
Q_D	Caudal de diseño (lt/seg)
Q_e	Caudal de entrada al tanque (lt/min)
Q_{TF}	Caudal futuro en un tramo (lt/seg)
Q_i	Caudal instantáneo
Q_{M.D.}	Caudal máximo diario (lt/seg)
Q_{MH}	Caudal máximo horario (lt/seg)
Q_{md}	Caudal medio diario (lt/seg)
Q_N	Caudal por nudo (lt/seg)
α	Celeridad
f	Coefficiente de fricción
K_a	Coefficiente del empuje activo del suelo
K	Coefficiente para caudal instantáneo
K_{tanq}	Constante basada en el volumen de un tanque
Q.Admon	Costos administrativos
Q.M	Costo de mantenimiento
Q.Res	Costo de reserva
Q.Trat	Costo de tratamiento
Q.Tub	Costo de tubería

Q.Hf	Costo generado por pérdidas de carga
Q.Kwh	Costo por Kilowatt-hora
Q.Tot	Costo total
C_{SL}	Cota del terreno natural
C_{PZA}	Cota piezométrica del punto anterior
C_{PZ}	Cota piezométrica del punto siguiente
D_c	Demanda de cloro (mg/L)
D_e	Diámetro económico de tubería
d	Diámetro interno de tubería
Ø	Diámetro nominal
h_{f tramo}	Diferencia de alturas entre la cota de un punto y su pérdida a lo largo del tramo
dot	Dotación
ef	Eficiencia de la bomba hidráulica
E_s	Empuje del suelo
E_{hs}	Empuje horizontal del suelo
S	Espaciamiento del acero de refuerzo
S_v	Espaciamiento del acero de refuerzo debido a la fuerza cortante
S_{max}	Espaciamiento máximo del acero de refuerzo
t	Espesor de losa
e	Espesor de pared de tubería
F_D	Factor de chequeo contra deslizamiento
F_{SV}	Factor de chequeo contra volteo
f_i	Factor de incremento
FDM	Factor día máximo
FHM	Factor hora máximo
F_{CL}	Flujo de cloro (g/h)
Gls	galones

°C	Grados centígrados
g	gravedad
HG	Hierro galvanizado
h/mes	Horas por mes
HP	<i>Horse Power</i> (Caballos de poder)
kg/cm²	Kilogramos sobre centímetro cuadrado
Km	Kilómetro
Km²	Kilómetros cuadrados
Kw	Kilowatt.
Kwh	Kilowatt-hora
a	Lado más corto
lt/seg	Litros sobre segundo
L_{LC}	Longitud de la línea de conducción
L_{tub}	Longitud de tubería
L	Longitud o luz entre apoyos
m	Metro
m.c.a.	Metros columna de agua
m³	Metros cúbicos
m/s	Metros sobre segundos
mm	Milímetro
E	Módulo de elasticidad del material de tubería
k	Módulo de elasticidad volumétrica del agua
M_{bal}	Momento balanceado
Ms	Momento creado por el empuje horizontal del suelo
M_v	Momento generado en la viga
M_{myr}	Momento mayor
M_{mnr}	Momento menor
M_{As min}	Momento que resiste el acero mínimo calculado
M_R	Momento resistente

n_{cf}	Número de conexiones futuras
NV	Número de varillas de acero
p	Peralte efectivo
$H_{f_{pz}}$	Pérdida de carga dentro de la tubería del pozo
$H_{f_{imp}}$	Pérdida de carga en la tubería de impulsión
$H_{f_{\phi}}$	Pérdida de carga para cada diámetro en metros de tubería
h_f	Pérdida de energía asumida por la diferencia de alturas entre dos puntos
Hf	Pérdida de energía dentro de la tubería
$h_{menores}$	Pérdidas de carga o energía menores
t_B	Período de bombeo
W_{H_2O}	Peso del agua sobre metros cuadrados
γ_{H_2O}	Peso específico del agua
γ	Peso específico del concreto
P_{act}	Población actual
P_f	Población futura
Pot	Potencia de la bomba
<i>psi</i>	<i>(Pounds per square inch)</i> Libras sobre pulgadas cuadradas
P	Presión disponible (m.c.a.)
h	Profundidad o altura
plg	Pulgada
$Q_{FontMen}$	Salario mensual de fontanero
SC	Sobrecarga
ΔP	Sobrepresión en metros columna de agua
ΔP	Sobrepresión generada por el golpe de ariete (m.c.a.)
$\Delta P_{m\acute{a}x}$	Sobrepresión máxima (m.c.a.)

Tp	Tarifa propuesta
R	Tasa de crecimiento poblacional
r	Tasa de interés, calculada para la amortización de la tubería
TIR	Tasa interna de retorno
n	Tiempo de vida útil
i	Tiempo o cantidad de años para la proyección
VPN	Valor presente neto
V_{tramo}	Velocidad del flujo de un tramo
V	Voltaje
Vol.	Volumen
Vol._{H2O}	Volumen de agua
Vol._{tanq}	Volumen de tanque

GLOSARIO

- ACI** (American Concrete Institute) Instituto Americano del Concreto es una sociedad técnica sin fines de lucro. Mantiene una relación con comunidades técnica, profesional, empresarial, académica y científica, vinculada con el concreto, su producción, fabricación y diseño y construcción de estructuras en sus múltiples formas y modalidades. También está enfocada en estándares organizacionales, construcción, ingeniería estructural, ingeniería civil y la construcción.
- Cocode** Consejo comunitario de desarrollo. Es el nivel comunitario del sistema de consejo de Desarrollo Urbano y Rural. Se integra por la Asamblea Comunitaria está integrada por los residentes en una misma comunidad. Tiene por objetivo que los miembros de una comunidad interesados en promover y llevar a cabo políticas participativas se reúnan para identificar y priorizar proyectos, planes y programas que beneficien a la misma.
- Coguanor** Comisión Guatemalteca de Normas es el organismo Nacional de Normalización, adscrito al Ministerio de Economía, ratificada en la Ley del Sistema Nacional de la Calidad. La principal función es desarrollar

actividades de normalización que contribuyan a mejorar la competitividad de las empresas nacionales y elevar la calidad de los productos y servicios que dicha empresa ofertan en el mercado nacional e internacional.

EIA

Estudio de impacto ambiental.

Estación total

Aparato electroóptico utilizado en topografía. Tiene la capacidad de medir ángulos, distancia y nivel, por lo que este instrumento permite la obtención de coordenadas de puntos respecto a un sistema local o arbitrario. Las lecturas que se obtienen con este instrumento son las de ángulos verticales, horizontales y distancias. La precisión de las medidas es del orden de la diezmilésima de gradián en ángulos y de milímetros en distancias, pudiendo realizar medidas en puntos situados entre 2 y 5 kilómetros según el aparato y la cantidad de prismas usada.

Golpe de ariete

Fenómeno hidráulico que se produce dentro de la tubería al variar el flujo que pasa dentro de ella (al momento de cerrar una válvula o al apagar una bomba hidráulica por ejemplo). Esto provocando un choque violento del líquido sobre las paredes de la tubería.

INE

Instituto Nacional de Estadística.

Infom	Instituto de Fomento Municipal.
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
Mineduc	Ministerio de Educación.
PVC	Poli cloruro de Vinil
Segeplan	Secretaria General de Planificación.
<i>Teodolito</i>	Instrumento utilizado principalmente en la medición de distancias y desniveles, con el que se obtienen ángulos horizontales y verticales.
Unepar	Unidad Ejecutora de Programas de Acueductos Rurales.
UTM	<i>Universal Transversal Mercator.</i>

RESUMEN

El presente trabajo se encuentra estructurado en dos capítulos. El primer capítulo consiste en la fase de investigación donde se expone un diagnóstico del municipio de Santa Catarina Mita, Jutiapa con enfoque a la aldea El Limón. Este se realizó mediante una investigación bibliográfica y de campo, con el fin proporcionar un panorama de la situación actual del lugar y así determinar las necesidades de los habitantes. Posteriormente se evalúa y justifica en conjunto con la municipalidad y los diferentes Cocodes la planificación de un proyecto de ingeniería civil que atienda las necesidades encontradas.

El capítulo dos surge como resultado del diagnóstico expuesto en el primero y en acuerdo con la municipalidad. Aquí se presenta el diseño y planificación de un sistema de agua potable de beneficio para la aldea El Limón. En el capítulo se detallan los parámetros de diseño, así como los cálculos adecuados para el cumplimiento de las normas nacionales e internacionales que determinan el correcto diseño del sistema. El proyecto de agua potable de la aldea El Limón está basado bajo los lineamientos del Infom y Unepar.

Dentro del capítulo dos se presentan los planos, presupuesto, evaluación de impacto ambiental inicial y un estudio socioeconómico del proyecto. Estos son requisitos indispensables para posteriormente programar la ejecución del mismo.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de agua potable para la aldea El Limón del municipio de Santa Catarina Mita en Jutiapa.

Específicos

1. Elaborar la monografía del lugar como resultado de una investigación bibliográfica y de campo realizada dentro del municipio de Santa Catarina Mita, Jutiapa.
2. Diagnosticar la situación actual priorizando las necesidades de servicios básicos e infraestructura, dentro del municipio de Santa Catarina Mita, Jutiapa.
3. Capacitar a ayudantes de albañil y a personas de la aldea El Limón del municipio de Santa Catarina Mita, Jutiapa para ejercer como cadeneros en trabajos de topografía.
4. Proveer a la municipalidad el diseño de un proyecto de ingeniería civil que cumpla con las necesidades básicas presentadas por la comunidad.
5. Diseñar el sistema de agua potable bajo los lineamientos vigentes en el territorio nacional, así como los internacionales cuando no apliquen los primeros.

INTRODUCCIÓN

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) surge del compromiso de la Universidad de San Carlos de Guatemala a participar y colaborar con el desarrollo del pueblo de Guatemala. Dentro de este ejercicio se colabora con alguna entidad estatal o municipal, a manera que el estudiante realice un trabajo de nivel profesional cumpliendo con uno de los requisitos para optar al título profesional.

Dentro del EPS realizado en 2013 en el municipio de Santa Catarina Mita en Jutiapa se determinó que una de las necesidades que existían en el lugar era la falta de un sistema de agua potable para la aldea El Limón. Ya que la comunidad actualmente cuenta con servicio de agua, pero es un sistema que comparten con la aldea vecina Cuesta del Guayabo. El sistema lo comparten desde hace 20 años y el crecimiento poblacional comienza a tener efectos en la eficiencia y capacidad de abastecer a las dos comunidades.

Los pobladores de la aldea El Limón se acercaron a la Municipalidad con la idea de manifestar su necesidad con las autoridades. Como resultado se gestionó la perforación de un pozo mecánico que podría abastecer de agua a la comunidad hace varios años.

Se estima que el proyecto beneficiará a 3 774 habitantes a lo largo de su vida útil.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

La fase de investigación consiste en una breve descripción de algunos aspectos del municipio de Santa Catarina Mita. Estos serán de interés para conocer y entender el diseño del proyecto de ingeniería civil presentado en este informe de graduación, así como la situación actual del lugar.

1.1. Diagnóstico de la aldea El Limón

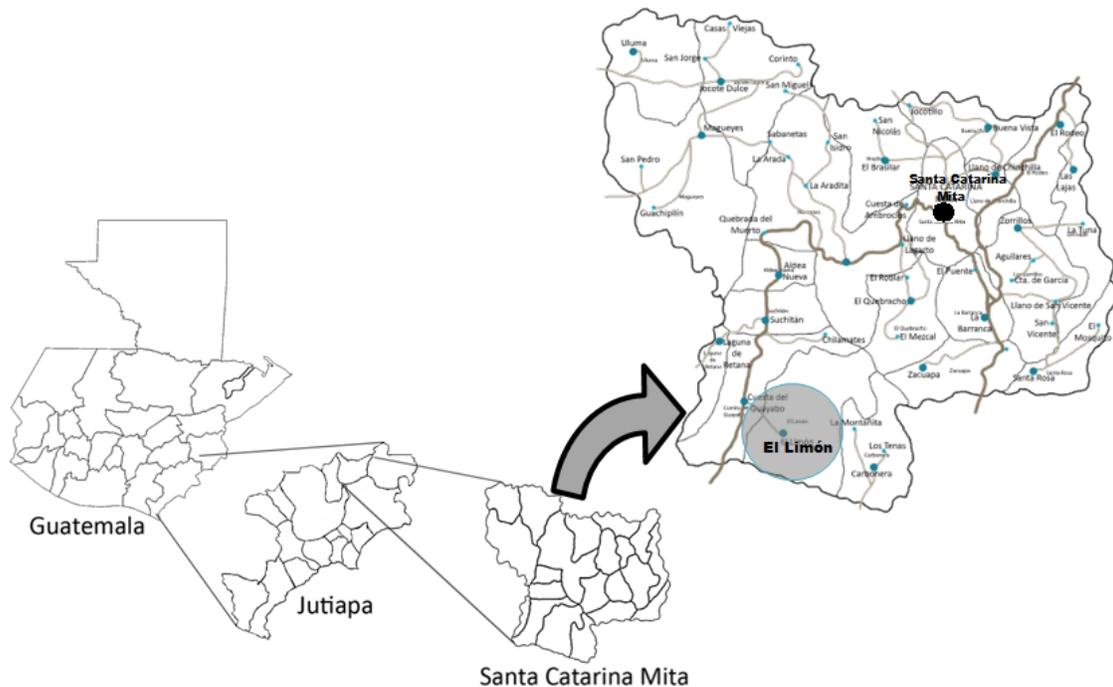
El diagnóstico se realizó tomando en cuenta los parámetros de producción agrícola, salud, educación y servicio de agua. Con esto, una persona se puede imaginar el panorama de la aldea El Limón y el resto del municipio.

1.1.1. Ubicación y localización

El municipio de Santa Catarina Mita se encuentra ubicado dentro del departamento de Jutiapa. El municipio cuenta con 132 km² se localiza en la latitud 14° 27' 02" norte y la longitud 89° 44' 34" oeste, se encuentra a una altura promedio de 700 m sobre el nivel del mar, a una distancia de 154 km de la ciudad capital y a 34 km de la cabecera departamental.

La comunidad de la aldea El Limón se ubica a 15 km al sudoeste de la cabecera municipal, se encuentra a un promedio 1 160 m sobre el nivel del mar, en la latitud 14° 22' 52" norte y longitud 89° 48' 10" oeste.

Figura 1. **Localización y ubicación de la aldea El Limón, Santa Catarina Mita, Jutiapa**



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Photoshop

1.1.2. **Clima**

El clima del municipio de Santa Catarina Mita es muy variado, ya que posee una gran riqueza de recursos naturales. Estos ayudan a que se desenvuelvan dentro de él una variedad de microclimas.

Por la posición geográfica de la aldea, su cercanía al volcán Suchitán y por la altitud, presenta un clima predominantemente semicálido.

La estación meteorológica más cercana está ubicada en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa, y reporta los siguientes parámetros, tomados de un

promedio de los últimos cinco años registrados en el Insivumeh a partir del 2013 (2009 al 2013):

Tabla I. Parámetros de la estación climatológica del Insivumeh, ubicada en el municipio de Asunción Mita, Jutiapa

Parámetro	Unidad	Valor promedio
Temperatura media	°C	27,20
Temperatura máxima promedio	°C	33,50
Temperatura mínima promedio	°C	21,10
Temperatura máxima absoluta	°C	38,08
Temperatura mínima absoluta	°C	14,34
Humedad relativa media	%	65,60
Precipitación	MM.	1 331,84
Precipitación anual	Días	112,20
Viento	Km/h	10,7
Dirección del viento	---	Norte
Nubosidad	Octas	3,00
Evaporación	MM.	5,58

Fuente: elaboración propia.

1.1.3. Límites y colindancias

La aldea El Limón colinda al norte con la aldea y el volcán Suchitán, al este con la aldea Cuesta del Guayabo y al sur con el municipio El Progreso, Jutiapa.

1.1.4. Producción agrícola

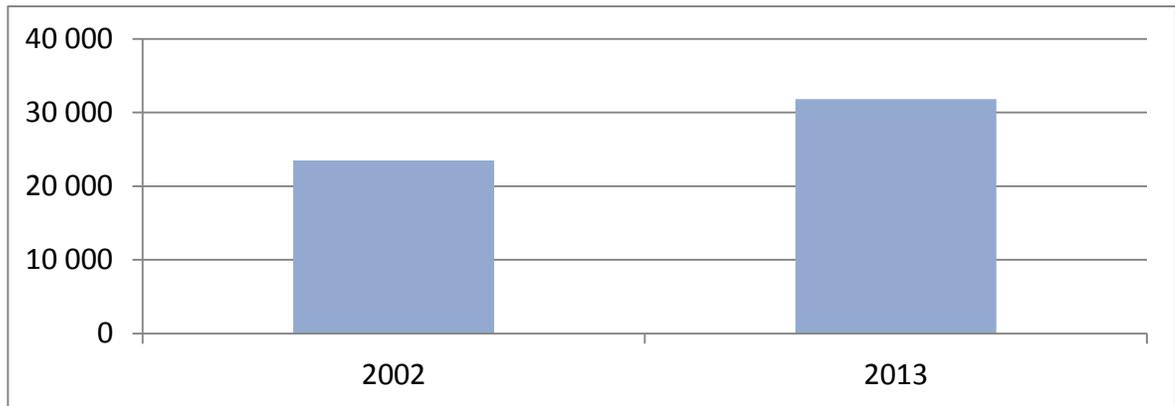
La aldea presenta producciones agrícolas principalmente de maíz, tomate y café. En menor proporción se dedican al cultivo de frijol, chile y pasto.

Mientras que la producción principal de frutales está conformada por el mango, jocote y aguacate.

1.1.5. Población

Según el último censo realizado por el INE en 2002, el municipio contaba con una población total de 23 489 habitantes. La proyección para 2013 fue de 31 826 habitantes con una tasa de crecimiento de 2,80 %.

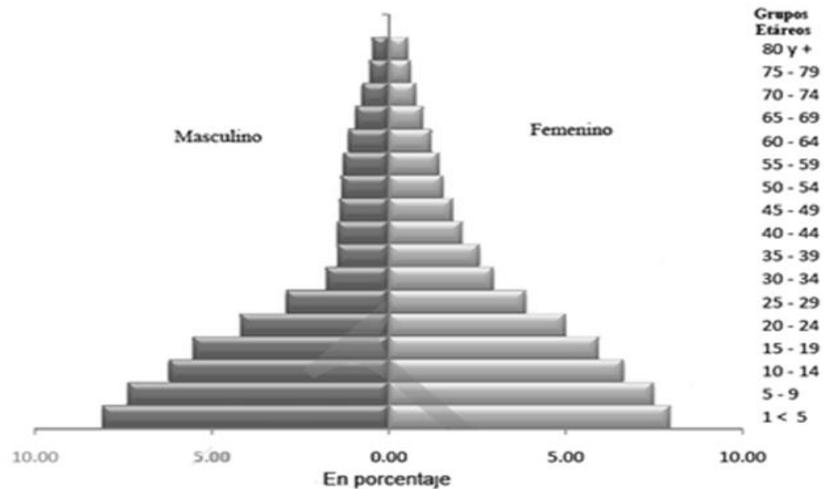
Figura 2. **Aumento de la población del municipio de Santa Catarina Mita, Jutiapa**



Fuente: elaboración propia.

Según el informe *Plan de desarrollo municipal* presentado por Segeplan en 2011 la residencia dentro del municipio es de 11 413 habitantes, en el área urbana, equivalente al 39 % y 17 851 habitantes en el área rural equivalente al 61 %. Esto demuestra que existe una concentración mayor de la población en el área rural.

Figura 3. Pirámide poblacional INE 2010, Santa Catarina Mita, Jutiapa 2011



Fuente: Segeplan. *Plan de desarrollo municipal para el municipio de Santa Catarina Mita, Jutiapa*. p. 15.

1.1.6. Educación

Según datos del anuario estadístico del Mineduc, el total de alumnos inscritos para 2012 en todos los niveles fue de 6 710 y un total de 6 149 alumnos terminaron el ciclo escolar.

El municipio presenta un índice de avance educativo municipal de 61,6 %. Esto lo posiciona en el puesto 163 del *ranking* municipal para 2013. Está basado en las tasas netas de cobertura preprimaria, primaria, básico y tasas de terminación de sexto y tercer grado.

Tabla II. **Índice de avance educativo municipal, Santa Catarina Mita, Jutiapa**

	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Tasa neta de cobertura preprimaria	52,60	51,70	47,50	48,90	45,10	47,00
Tasa neta de cobertura primaria	95,70	97,90	88,50	85,90	82,00	80,20
Tasa neta de cobertura ciclo básico	41,20	42,50	42,50	47,50	48,80	46,40
Tasa de terminación primaria 6° grado	79,60	83,40	84,10	81,90	70,50	83,90
Tasa de terminación básico 3° grado	34,10	41,30	37,80	51,30	47,00	50,30
Índice de avance educativo municipal	60,60	63,30	60,10	63,10	58,70	61,60
Rank total	131	144	183	160	184	163

Fuente: MINEDUC

1.1.7. Salud

Dentro del municipio cuentan con seis centros de salud ubicados en la cabecera municipal y en las aldeas Horcones, Nueva, La barranca, Jocote Dulce, El Limón y Carbonera.

El centro de salud de la cabecera municipal opera las veinticuatro horas del día y cuenta con servicio de ambulancia que atiende únicamente emergencias. Además en el casco urbano hay 5 clínicas médicas particulares y 6 farmacias funcionando.

Según el reporte mensual de morbilidad del centro de salud de la cabecera municipal correspondiente al período del 1 de enero del 2012 al 31 de diciembre del 2012. Se reportan los siguientes datos que presentan los primeros diez casos de repetitividad en enfermedades:

Tabla III. **Reporte mensual de morbilidad prioritaria (primeras consultas)**

DIAGNÓSTICO	MASCULINO	FEMENINO	TOTAL GENERAL
Resfriado común	1 617	2 202	3 819
Infección de vías urinarias, sitio no especificado	315	1 302	1 617
Amigdalitis aguda, no especificada	432	643	1 075
Amebiasis, no especificada	317	512	829
Cefalea	123	649	772
Gastritis	175	558	733
Otras enfermedades diarreicas agudas	335	394	729
Parasitosis intestinal, sin otra especificación	279	440	719
Hipertensión esencial (primaria)	159	327	486
Anemia de tipo no especificado	114	365	479
Resto de causas	2 835	5 380	8 215

Fuente: Centro de salud, casco urbano. Santa Catarina Mita, Jutiapa.

Tabla IV. **Mortalidad general, casco urbano, Santa Catarina Mita, Jutiapa**

Enfermedad	Casos
Infarto agudo de miocardio	12
Diabetes mellitus	11
Hipertensión esencial (primaria)	9
Accidente vascular encefálico agudo	8
Neumonía y bronconeumonías	7
Tumor maligno del estómago	7
Tumor maligno del sitios	5
Cirrosis hepática alcohólica	5
Septicemia	3
Insuficiencia renal	3

Fuente: Centro de salud, casco urbano, Santa Catarina Mita, Jutiapa.

1.1.8. Servicio de agua

Según los datos provistos por el Centro de Salud de la cabecera municipal en 2013 el casco urbano cuenta con un total de 4 709 viviendas. De estas viviendas un total de 4 172 tienen acceso a agua potable. Se poseen 21 acueductos y 14 sistemas de cloración funcionando.

Esto indica que aproximadamente un 88,00 % de la población del casco urbano cuenta con un servicio de agua potable.

En el informe del Plan de Desarrollo Municipal (PDM) del 2011 hacen mención que para el último censo realizado por el INE (2002) se determinó que a nivel municipal el 84,20 % de las viviendas contaban con agua potable, de las cuales solamente el 46 % se abastecía con agua apta para el consumo humano. Siendo las fuentes de agua potable distribuidas en 4,83 % pozos artesanales, 3,13 % chorros comunales y un 3,13 % proveniente de agua de ríos, lagos o manantiales cercanos a los hogares.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

La fase del servicio técnico profesional está compuesta el desarrollo del proyecto de ingeniería civil.

2.1. Diseño de la introducción del sistema de agua potable para la aldea El Limón

El diseño del sistema consta del análisis de la situación actual del sistema. Así la memoria de cálculos, planos, presupuesto, estudio de impacto ambiental y estudio socioeconómica del proyecto.

2.1.1. Descripción del proyecto

El sistema de agua potable necesario, para la aldea El Limón, debe constar de una línea de conducción que se encargará de trasladar el agua. Esto será desde la captación (pozo mecánico) hasta dos tanques de almacenamiento posicionados a una altura sobre el nivel del mar mayor al de la aldea. Y finalmente, la tubería de distribución que se encargará de distribuir el agua por toda la aldea.

El diseño se realiza a partir de los factores presentados a continuación.

2.1.1.1. Descripción del sistema actual

La comunidad de la aldea El Limón actualmente se abastece de agua potable por medio de un sistema por bombeo que comparten con la aldea

Cuesta del Guayabo. Se estima que este sistema abastece a un aproximado de 5 200 personas entre las dos aldeas.

Cada aldea posee un tanque de almacenamiento que se llena de forma alternada con el tanque de la otra aldea. Esto provoca que algunos días de la semana haya escasez de agua o no cuenten con agua durante el día y los habitantes deban almacenar agua en toneles, cubetas, pilas y otros recipientes.

Con el paso de los años, la escasez de agua se ha evidenciado y comienzan a existir disgustos entre las dos comunidades al igual que la existencia de problemas de salud dentro de las poblaciones.

En 2009 la Municipalidad de Santa Catarina Mita gestionó junto con el Infom la perforación de un pozo que serviría como fuente de agua para la comunidad de la aldea El Limón.

El pozo se perforó y se encamisó quedando el pozo con las siguientes características:

- Profundidad total: 800 pies
- Diámetro: 8 pulgadas
- Aforo: 220 galones por minuto
- Nivel estático: 260 pies
- Nivel dinámico: 334 pies

Dentro del terreno ocupado por el pozo se construyó la caseta de bombeo. Está habilitada con energía eléctrica con una potencia de hasta 460 Voltios, suficiente para soportar bombas potentes de hasta 100 HP.

Los señores del Cocode ya poseen todos los derechos de paso necesarios para conducir el agua hasta el tanque de almacenamiento y para la línea de distribución.

2.1.1.2. Normas a utilizar

Las normas a utilizar son las normas dictadas por el Infom, Unepar y algunas normas extranjeras. Estas se utilizarán para determinar factores que no se encuentren regulados por las normas nacionales.

2.1.1.3. Aforo

Es la medición de un caudal, o sea, del volumen de agua por unidad de tiempo. En Guatemala se utilizan los litros/segundo como dimensionales.

Para aforar un pozo mecánico se instala una bomba hidráulica (provisional) en el pozo, se coloca un sistema de drenaje para evacuar el agua de forma apropiada del pozo y se inicia la medición del caudal al mismo tiempo que se mide la profundidad del pozo. Este procedimiento de aforo se debe realizar para un período de tiempo entre 24 a 48 horas continuas.

El aforo del pozo mecánico según los documentos del Infom es de 230 galones por minuto. Esto fue determinado luego de 24 horas de bombeo con una bomba provisional de 40 HP.

2.1.1.4. Exámenes de calidad del agua

El agua potable del pozo debe examinarse en laboratorios para determinar el grado de impurezas que posee. El agua que se proveerá a la aldea debe

cumplir con la Norma Coguanor 29 001, en donde se busca que el agua cumpla con una serie de parámetros que hagan del agua una sustancia sanitariamente segura y aceptable a los sentidos.

Para conocimiento del estado del agua, extraída del pozo, se pueden efectuar dos exámenes: físicoquímico y bacteriológico.

El examen físicoquímico consiste en un análisis por medio de los sentidos (olfato, vista y gusto). Si el agua ofende a cualquiera de estos sentidos una persona desconfiará de ella y limitará su uso.

El resultado del análisis físico de las dos fuentes es el siguiente:

- Temperatura: 27 °C
- Aspecto: Claro
- Sabor: Ninguno
- Olor: Inodora

Los resultados del examen bacteriológico muestran que el agua no posee un grado severo de contaminación, según la Norma Coguanor NGO 29 001 el agua está en los límites aceptables para el consumo humano. Por seguridad se incorporará un sistema de desinfección adecuado. Para el desarrollo de este proyecto se utiliza un alimentador automático de hipoclorito de calcio (sección 2.1.12).

2.1.2. Topografía

El levantamiento topográfico se realizó utilizando teodolito, estadal, cinta métrica, plomada, y estacas. Debido que el proyecto son líneas de tubería que

conducirán agua, de un punto a otro distinto, se utiliza poligonales abiertas para realizar el levantamiento. Esto a través del método de conservación de azimut para la determinación de ángulos horizontales y taquimetría para determinar los cambios de altura de todos los puntos del proyecto.

2.1.3. Período de diseño

Es el tiempo durante el cual el sistema dará un servicio satisfactorio, viene determinado principalmente por dos factores: la durabilidad de los materiales y la capacidad de prestar un buen servicio según las condiciones previstas.

Tanto Infom, como Unepar recomienda utilizar un período de diseño para obras civiles de 20 años. Se tomará un período de diseño de 21 años para incluir dentro de este tiempo 1 año de construcción del proyecto.

2.1.4. Dotación

Es la cantidad de agua que se considera para el diseño del proyecto que una persona bebe al día, viene expresado en litros/habitante/día. Según la guía de diseño del Infom y Unepar recomiendan un valor entre 90 a 170 litros/habitante/día para conexiones intradomiciliares con opción a varios grifos por vivienda.

La consideración para este diseño será de 100 litros/habitante/día.

2.1.5. Población

Uno de los factores más importantes a tomar en cuenta para el diseño de un sistema de agua potable es la cantidad de población, tanto actual como la cantidad de población que habrá en 21 años. Este será la vida útil del proyecto.

2.1.5.1. Población actual

Esta viene determinada con base en un censo realizado durante los meses de junio a septiembre del 2013. Dentro del mismo se determinó un conteo poblacional de 2 113 habitantes, aquí de este censo se tomó en cuenta la cantidad de personas que actualmente residen dentro de la aldea. Además la cantidad de casas que se encuentran deshabitadas (principalmente por la migración de personas a los Estados Unidos), colegios, iglesias, salones comunales, centro de salud y otros lugares de convergencia.

2.1.5.2. Población futura

Es la estimación de la población que habrá durante los años en los que estará en funcionamiento el sistema de agua potable (durante el período de diseño). De estos, el año crítico será el 2035 (21 años a partir del 2014) ya que se encontrará la mayor cantidad de población.

Esta estimación se puede realizar según las normas del Infom utilizando el método geométrico. Esta es una proyección de la población a un número de años utilizando la tasa de crecimiento del lugar. La ecuación del método es:

$$P_f = P_{act} * (1 + R)^i$$

Donde

P_f = población futura

P_{act} = población actual

R = tasa del crecimiento poblacional

i = cantidad de años para la proyección

Según el último censo realizado por el INE en 2002 y según el dato proveído por la Municipalidad de Santa Catarina Mita en 2013, la tasa de crecimiento que se maneja dentro del municipio es de 2,80 % anual. Por lo tanto, la estimación de la población futura es:

$$P_f = (2\ 113) * (1 + 0,028)^{21}$$

$$P_f = 3\ 774 \text{ habitantes.}$$

2.1.6. Factores de variación

Estos son utilizados para el cálculo del sistema de agua potable se calculan y describen a continuación:

2.1.6.1. Factor de día máximo (FDM)

Es un factor que incrementa el caudal medio diario entre un 20 a %, considerado por cualquier eventualidad. Las normas del Infom recomiendan utilizar valores entre 1,20 y 1,50 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes y de 1,20 para mayores a 1 000 habitantes.

Debido a que la estimación de la población futura es de 3 774 habitantes se utilizará un FDM igual a 1,20 según la Norma.

2.1.6.2. Factor de hora máximo (FHM)

A lo largo del día una comunidad varía el consumo de agua, por lo tanto, existen horas en las que se incrementa el gasto promedio. Es por esto que se estima un factor de día máximo que incrementa el caudal medio diario en un 200 a 300 %. Estas variaciones suelen ser por las actividades de la población como por ejemplo: el consumo del agua al iniciar labores, el consumo de agua al momento de las comidas, o al momento de limpieza, y otros.

La norma del Infom recomienda utilizar un factor que va de 2,00 a 3,00 para poblaciones futuras menores a 1 000 habitantes y de 2,00 para mayores a 1 000.

Para este diseño se utilizará un FHM igual a 2,00 cumpliendo con la norma.

2.1.7. Determinación de caudales

Se conocen también como caudales de diseño y son los diferentes consumos que se determinan para el dimensionamiento de las tuberías y obras hidráulicas. Estos vienen basados por información básica como aforo y estudios de población.

Todos los caudales de diseño se calcularán para el período crítico del sistema de agua potable, es decir, para el último año de su vida útil (21 años luego de su inicio).

2.1.7.1. Caudal medio diario

Como su nombre lo indica promedia un período diario de servicio. Dentro de sus parámetros se incluye la población futura para garantizar que el sistema podrá funcionar adecuadamente durante su período de vida útil. Para su determinación se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{(Dotación * P_f)}{86\ 400}$$

Donde

Q_{md} = caudal medio diario en litros/segundo

Dotación = 100 litros/hab./día

P_f = población futura (habitantes)

Entonces

$$Q_{md} = \frac{(100 \text{ litros/hab/día}) * (3\ 774 \text{ habitantes})}{86\ 400}$$

$$Q_{md} = 4,3676 \text{ lt/seg}$$

2.1.7.2. Caudal máximo diario

Es el caudal máximo que se podría dar a lo largo de un año. Esto se considera debido a varios factores, pero principalmente a que el consumo de agua no es igual en un día de verano como en un día de invierno.

Se determina por medio de la ecuación:

$$Q_{M.D.} = Q_{md} * FDM$$

Donde

$Q_{M.D.}$ = caudal máximo diario en litros/segundo

Q_{md} = caudal medio diario en litros/segundo

FDM = factor de día máximo

Por lo tanto, el caudal máximo diario para el sistema de agua potable de El Limón sería:

$$Q_{M.D.} = (4,3676) * (1,20)$$

$$Q_{M.D.} = 5,2411 \text{ lt/seg.}$$

2.1.7.3. Caudal máximo horario

Es el caudal máximo que podría llegar a presentarse a lo largo de un día. Esta consideración se realiza por la razón que hay horas en las que el consumo se incrementa a lo largo de un día. Por ejemplo: el consumo de agua será menor a las 23:00 horas de un día que a las 6:00 horas.

Así que el caudal máximo horario se determina por:

$$Q_{MH} = Q_{md} * FHM$$

Donde

Q_{MH} = caudal máximo horario en litros/segundo

Q_{md} = caudal medio diario en litros/segundo

FHM = factor de hora máximo

Entonces

$$Q_{MH} = (4,3676) * (2,00)$$

$$Q_{MH} = 8,7352 \text{ lt/seg.}$$

2.1.7.4. Caudal de bombeo

Es el caudal que trabajará a lo largo de la línea de conducción. En otras palabras es el caudal que impulsará la bomba hidráulica hasta el tanque almacenador. Se determina de la siguiente forma:

$$Q_B = \frac{Q_{MD} * 24}{t_B}$$

Donde

Q_B = caudal de bombeo en litros/segundo

Q_{MD} = caudal máximo diario en litros/segundo

t_B = período de bombeo (en horas al día)

El Infom recomienda un período de bombeo máximo de 12 horas para motor diesel y de 18 horas para motores eléctricos.

Para la estimación del período de bombeo adecuado para el sistema se determinará con base en el volumen del tanque y un análisis de la variación de los caudales de diseño respecto del tiempo.

Entonces

$$Q_B = \frac{(8,7352) * 24}{(12)}$$

$$Q_B = 10,4822 \text{ lt/seg.}$$

2.1.8. Captación

Se refiere a la obra civil de recolección de agua de la fuente. La forma de captación varía dependiendo de la fuente. Existen dos tipos de fuentes:

- Fuentes superficiales: que provienen de ríos, riachuelos, lagos o bien de nacimientos de agua.
- Agua subterránea: puede ser por pozos artesanales (excavados a mano) o bien pozos mecánicos (donde se utiliza algún método mecánico para la excavación).

El pozo existente para el proyecto es un pozo mecánico excavado por medio de una perforadora TH75-1 con el método de rotopercusión. Iniciado el 16 de diciembre de 2008 y finalizado el 30 de enero de 2009. Quedando el pozo con una tipología de nariz punta de lápiz, según el informe de la realización del pozo por Infom-Unepar.

El pozo tiene una producción de 230 galones/minuto (14,9052 litros/segundo) con una profundidad de 800 pies (243,90 m). El nivel estático está ubicado a 260 pies y el nivel dinámico a 334 pies. Estas y otras propiedades pueden verse en el anexo 2.

2.1.9. Línea de impulsión

También conocido como línea de conducción. Se refiere a la tubería y sus componentes (obras civiles) dentro del tramo comprendido entre el pozo y el tanque de almacenamiento.

Los métodos para conducir el agua por la tubería pueden ser:

- **Gravedad:** el agua es conducida solo por la fuerza de gravedad, sin ningún impulso artificial insertado al sistema. Es el método más económico y su uso depende de la topografía del terreno entre la captación y el tanque almacenador. La captación debe estar ubicada a una cota mayor que el tanque de almacenamiento.
- **Bombeo:** se utiliza principalmente cuando la captación se encuentra a una cota menor que el tanque almacenador o cuando el sistema debe vencer una altura mayor que la fuerza que el sistema posee por gravedad. Para vencer estas alturas se incluye una bomba hidráulica que proveerá al sistema energía suficiente para cumplir con los objetivos. Debido al costo de las bombas hidráulicas y el mantenimiento este método resulta ser relativamente más costoso que el método por gravedad o el combinado.

- Combinado: este método busca combinar los dos métodos anteriores (gravedad y bombeo) para cumplir con los objetivos e incluso disminuir los costos del proyecto. Su aplicación principal es cuando al inicio del sistema se puede aplicar el método por gravedad hasta llegar a un punto donde será necesario impulsar el agua por medio de una bomba hidráulica.

Para el sistema de agua potable de la aldea El Limón se conducirá el agua por bombeo, principalmente. Esto debido a la topografía del terreno y por la existencia de un pozo mecánico.

La línea de conducción consiste en 2 541,30 m de tubería que deben vencer una altura de 209,29 m para llegar al tanque almacenador de la aldea que estará ubicado a una cota mayor que la aldea.

La tubería puede ser de acero galvanizado (H.G.) o de PVC. Esto varía dependiendo de los requerimientos del sistema o las condiciones del proyecto. El acero galvanizado es un material resistente a la intemperie que tiene alta capacidad de resistencia a presiones hidráulicas, pero su costo es más elevado que el PVC. Mientras que este último es un material más económico y flexible, pero por su composición no soporta la exposición a la intemperie así que aumentará el costo de mano de obra del proyecto, al incrementar el zanjeo, que debe realizarse para proteger la tubería.

El sistema para el agua potable de la aldea El Limón utilizará tubería HG en la línea de conducción. Esto debido a la facilidad de instalación y que su longitud es de 2 541,30 m que podría provocar problemas de supervisión de zanjeo si fuese de PVC. Además que la tubería de HG puede soportar presiones aún mayores al PVC producidas por la bomba hidráulica del sistema.

Cuando la línea de impulsión es por bombeo el Infom requiere que el diseño de la tubería sea bajo el criterio de estimar el diámetro más económico. Esto debido al diámetro grande hará que las pérdidas de energía del sistema sean menores, pero el costo de esta tubería será muy alta. Mientras que si se elige un diámetro de tubería pequeño, el costo de la tubería será bajo pero las pérdidas en el sistema serán mucho mayores. Para recuperar esta energía se tendría que invertir dinero en incrementar la energía del sistema.

La tubería debe ser calculada para soportar los daños ocasionados por la energía que posee el sistema y por fenómenos hidráulicos producidos dentro de ella.

A continuación se procede con el diseño de la línea de conducción para la aldea El Limón. Con esto se cumple con las normas nacionales de diseños de agua potable para áreas rurales.

2.1.9.1. Diámetro económico

Por medio de los caudales de diseño se determina un caudal de bombeo. Este será el determinante para encontrar el diámetro económico a utilizar en la línea de conducción.

Para determinar el diámetro económico se aplica una ecuación que relaciona el caudal de bombeo con las velocidades mínimas y máximas que se manejarán dentro de la tubería para disminuir el fenómeno hidráulico llamado golpe de ariete. Estas velocidades son establecidas por las normas nacionales como 0,60 m/s y 3,00 m/s como mínima y máxima respectivamente.

Lo que se hace es tomar un diámetro utilizando la velocidad mínima y un diámetro utilizando la velocidad máxima. Luego de esto se toman diámetros de tubería comerciales dentro de estos rangos y se analizan para determinar cuál de ellos es el más económico.

La determinación del diámetro económico viene dado por la ecuación:

$$D_e = \sqrt{\frac{1,974 * Q_B}{v}}$$

Donde

D_e = diámetro Económico de la tubería en pulgadas

Q_B = caudal de bombeo en litros/segundo

v = velocidad en metros/segundo

Así que el diámetro económico para la velocidad mínima es:

$$D_e = \sqrt{\frac{1,974 * (10,4822 \text{ litros/segundo})}{0,6 \text{ metros/segundo}}}$$

$$D_e = 5,87 \text{ pulgadas}$$

Y el diámetro económico para la velocidad máxima es de:

$$D_e = \sqrt{\frac{1,974 * (10,4822 \text{ litros/segundo})}{3,00 \text{ metros/segundo}}}$$

$$D_e = 2,63 \text{ pulgadas}$$

Así que el diámetro económico debe estar dentro del rango 5,87 pulg a 2,63 pulg. Dentro de este rango los diámetros comerciales son: 3, 4 y 5 pulg.

Los siguientes análisis para determinar el diámetro económico serán entre estas medidas comerciales. Luego se hará la comparación y se decidirá cuál de los dos se utilizará en el sistema.

A continuación se analiza el costo de cada una de estas tuberías por mes. Se inicia por calcular su amortización con la ecuación siguiente:

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

Donde

A = amortización

r = tasa de interés

n = tiempo (número de meses en que se desea pagar la tubería)

Se utilizará una tasa de interés de 15 % anual (0,0125 mensual) con un tiempo de 10 años (120 meses). Esto debido a que el tiempo de vida útil de un equipo de bombeo es alrededor de este tiempo.

La amortización para el sistema de la aldea El Limón será:

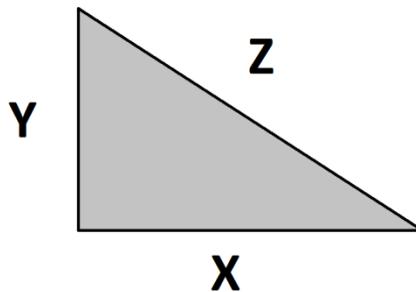
$$A = \frac{(0,0125) * (0,0125 + 1)^{120}}{(0,0125 + 1)^{120} - 1}$$

$$A = 0,01613$$

Para determinar el costo mensual de tubería para cada diámetro se multiplica la amortización por el costo de las tuberías. Se cotiza el costo en tubería de HG para cada diámetro.

La cantidad de tubos a utilizar se determina por medio de la longitud total de la línea de conducción multiplicada por un factor (con base en criterio), que pretende incrementar la cantidad de tubería. Esto para tomar en cuenta que la topografía es plana y al momento de trabajar en terrenos con pendientes la distancia medida puede incrementarse. Para entender esto basta con imaginarse un triángulo, donde la medición del cateto en sentido horizontal (X) es el que se determina mediante la topografía, pero al momento de instalar la tubería, iría sobre la hipotenusa (Z) que es mayor al valor de sus catetos (figura 4).

Figura 4. **Triángulo rectángulo**



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2010.

Utilizando un factor de incremento de un 5 % será suficiente. La longitud de tubería será:

$$L_{LC} = L_{tub} * f_i$$

Donde

L_{LC} = longitud de la linea de conducción

L_{tub} = longitud de la tubería

f_i = factor de incremento

$$L_{LC} = 2\,541,30 \text{ m} * 1,05$$

$$L_{LC} = 2\,668,37 \text{ m}$$

La tubería por lo general se venden por tubos de 6,00 m de longitud (a menos que sean solicitados a las fábricas con otras longitudes). Así que la cantidad de tubos requeridos para la conducción sería:

$$\text{Núm.}_{tubo} = \frac{L_{LC}}{6 \text{ metros/tubo}}$$

$$\text{Núm.}_{tubo} = \frac{(2\,668,37 \text{ metros})}{6 \text{ metros/tubo}}$$

$$\text{Núm.}_{tubo} = 436,26 \text{ tubos} \approx 437 \text{ tubos}$$

Tabla V. **Resumen determinación del costo de la tubería**

\emptyset (en pulgadas)	Cantidad de tubos	Precio unitario	Amortización	Costo de tubería
3	437	Q 590,00	0,0161335	Q 4 159,70
4	437	Q 1 158,00	0,0161335	Q 8 164,29
5	437	Q 2 165,23	0,0161335	Q 15 265,60

Fuente: elaboración propia.

El costo determinado, en la tabla anterior, representa el costo por el material. A continuación se evalúa cada diámetro en función de la pérdida de energía que genera, estimando primero la pérdida de energía (H_f). Luego se asume una bomba hidráulica para vencer esta pérdida y se analiza el costo de energía eléctrica que esta genera, El costo de la tubería sumado al costo de la energía para vencer las pérdidas dará un costo total de la tubería para cada diámetro.

Las pérdidas de energía se determinan con base en una ecuación que relaciona el diámetro de la tubería y el material por el que está compuesta la tubería y estima la pérdida a lo largo de todo el tramo. La ecuación de pérdidas de carga es una derivación de la ecuación de Hazen Williams, y la utilizada en Guatemala es:

$$H_f = \frac{1\,743,8110 * L * (Q_B)^{1,85}}{C^{1,85} * (\phi)^{4,87}}$$

Donde

H_f = pérdida de energía o carga en metros

L = longitud de tubería en metros

Q_B = caudal de bombeo en litros/segundo

C = constante que depende del material de la tubería (adimensional)

ϕ = diámetro de la tubería en pulgadas

La pérdida de carga para los diferentes diámetros son:

- Para el diámetro de 3 pulg:

$$H_{f_3"} = \frac{1\,743,8110 * (2\,668,37 \text{ metros}) * (10,4822 \text{ litros/segundo})^{1,85}}{(100)^{1,85} * (3)^{4,87}}$$

$$H_{f_3"} = 340,41 \text{ m}$$

- Para el diámetro de 4 pulg:

$$H_{f_4"} = \frac{1\,743,8110 * (2\,668,37 \text{ metros}) * (10,4822 \text{ litros/segundo})^{1,85}}{(100)^{1,85} * (4)^{4,87}}$$

$$H_{f_4"} = 83,86 \text{ m}$$

- Para el diámetro de 5 pulg:

$$H_{f_5"} = \frac{1\,743,8110 * (2\,668,37 \text{ metros}) * (10,4822 \text{ litros/segundo})^{1,85}}{(100)^{1,85} * (5)^{4,87}}$$

$$H_{f_5"} = 28,29 \text{ m}$$

Ahora se estima la potencia requerida para vencer esta pérdida en cada diámetro analizado. Para esto se relacionan los parámetros con una eficiencia; la eficiencia es porque se asume que esa potencia se obtendrá con una bomba hidráulica. Una eficiencia de 60 % es un valor aceptable, considerando que la bomba en análisis es una suposición (el cálculo real de la bomba hidráulica vendrá luego en el texto).

Para determinar la potencia se utilizará:

$$\text{Pot} = \frac{Q_B * Hf_{\phi}}{76 * ef}$$

Donde

Pot = potencia de una bomba

Q_B = caudal de bombeo en litros/segundo

Hf_{ϕ} = pérdida de carga para cada diámetro en metros

ef = eficiencia de la bomba hidráulica (adimensional)

Así que la potencia para el diámetro de 3 pulg será:

$$\text{Pot}_{3''} = \frac{(10,4822 \text{ litros/segundo}) * (340,41 \text{ metros})}{76 * (0,60)}$$

$$\text{Pot}_{3''} = 78,25 \text{ HP}$$

La potencia para el diámetro de 4 pulg es:

$$\text{Pot}_{4''} = \frac{(10,4822 \text{ litros/segundo}) * (83,86 \text{ metros})}{76 * (0,60)}$$

$$\text{Pot}_{4''} = 19,28 \text{ HP}$$

Para el diámetro de 5 pulg la potencia es:

$$\text{Pot}_{5''} = \frac{(10,4822 \text{ litros/segundo}) * (28,29 \text{ metros})}{76 * (0,60)}$$

$$\text{Pot}_{5''} = 6,50 \text{ HP}$$

Para estimar el costo de que ocasionará esta energía perdida se debe trabajar en kilowatt-hora (kwh). Así que las potencias encontradas para cada diámetro se pasarán a kilowatts (1 HP = 0,746 Kw.) y posteriormente a kilowatt-hora.

$$\text{Pot}_{3''} = 78,25 \text{ HP} = 58,37 \text{ kw}$$

$$\text{Pot}_{4''} = 19,28 \text{ HP} = 14,38 \text{ kw}$$

$$\text{Pot}_{5''} = 6,50 \text{ HP} = 4,85 \text{ kw}$$

Para estimar el costo se debe terminar los kilowatt-hora que se consumirá en todo un mes. Se utilizará el mismo periodo de bombeo determinado anteriormente ($t_B = 12$ horas). Se debe recordar que este periodo de bombeo es diario.

$$Q_{\text{pot}''} = \text{Pot}(\text{kw}) * t_B(\text{en h/mes})$$

Donde

Q_{pot} = costo por kilowatt – hora que se consumira en un mes

Pot = potencia de una bomba

t_b = pérdida de carga para cada diámetro en metros

Promediando un total de 30 días por mes:

$$t_B = 12 \frac{\text{horas}}{\text{día}} * \frac{30 \text{ días}}{\text{mes}}$$

$$t_B = 360 \frac{h}{\text{mes}}$$

Entonces la potencia en kilowatt-hora para cada diámetro es:

- Para el diámetro de 3 pulgadas:

$$\text{Pot}_{3''} = (58,38 \text{ kw}) * \left(360 \frac{h}{\text{mes}}\right)$$

$$\text{Pot}_{3''} = 21\,016,80 \text{ kw} * \frac{\text{hora}}{\text{mes}}$$

- Para el diámetro de 4 pulgadas:

$$\text{Pot}_{4''} = (14,38 \text{ kw}) * \left(360 \frac{h}{\text{mes}}\right)$$

$$\text{Pot}_{4''} = 5\,176,80 \text{ kw} * \frac{\text{hora}}{\text{mes}}$$

- Y para el diámetro de 5 pulgadas:

$$\text{Pot}_{5''} = (4,85 \text{ kw}) * \left(360 \frac{h}{\text{mes}}\right)$$

$$\text{Pot}_{5''} = 1\,746,00 \text{ kw} * \frac{\text{hora}}{\text{mes}}$$

Ahora sí, ya se puede determinar el costo que tendrá generar esta potencia para recuperar las pérdidas de carga ocurridas dentro de la tubería. El costo del kilowatt-hora para el departamento de Jutiapa es de Q. 2,00, por lo tanto:

$$\text{Q.Hf} = \text{Pot} * \text{Q.kwh}$$

Donde

Q.Hf = costo generado por pérdidas de carga

Pot = potencia de la bomba

Q.Kwh = costo por kilowatt – hora

$$\text{Q.Hf}_{3''} = 21\,016,80 \frac{\text{kw} - \text{hora}}{\text{mes}} * \frac{\text{Q. 2,00}}{\text{Kw} - \text{hora}}$$

$$\text{Q.Hf}_{3''} = \text{Q. 42\,033,60/mes}$$

$$\text{Q.Hf}_{4''} = 5\,176,80 \frac{\text{kw} - \text{hora}}{\text{mes}} * \frac{\text{Q. 2,00}}{\text{Kw} - \text{hora}}$$

$$\text{Q.Hf}_{4''} = \text{Q. 10\,353,60/mes}$$

$$\text{Q.Hf}_{5''} = 1\,746,00 \frac{\text{kw} - \text{hora}}{\text{mes}} * \frac{\text{Q. 2,00}}{\text{Kw} - \text{hora}}$$

$$\text{Q.Hf}_{5''} = \text{Q. 3\,492,00/mes}$$

Estos serán los costos a evaluar para determinar el diámetro más económico. Un costo por el precio de tubería y un costo generado por la energía pérdida por cada tubería, la suma de estos dos costos será el costo total. Si se observan los resultados un diámetro menor posee un costo menor en tubería, pero produce más pérdidas por energía, y un diámetro mayor posee un costo de tubería mayor pero produce menos pérdidas.

$$Q. Tot = Q. Tub + Q. Hf$$

Donde

Q.Hf = costo generado por pérdidas de carga

Q.Tot = costo total

Q.Tub = costo por tubería

Tabla VI. **Comparación de costos para el análisis del diámetro económico**

Ø	Costo por tubería			Costo por pérdida de carga				TOTAL DE COSTOS
	Núm. de tubos	Amortización	Costo de tubería	Hf (m)	Potencia requerida para cada Hf	Consumo de energía en kw-hora/mes	Costo/mes generado por pérdida de carga	
3"	437	0,0161335	Q 4 159,70	340,41	78,25 HP	21 016,80	Q. 42 033,60	Q. 46 193,30
4"	437	0,0161335	Q 8 164,29	83,86	19,28 HP	5 176,80	Q. 10 353,60	Q. 18 517,89
5"	437	0,0161335	Q 15 265,60	28,29	6,50 HP	1 746,00	Q. 3 492,00	Q. 18 757,60

Fuente: elaboración propia.

Al evaluar los dos factores de costo (tubería y energía) para los diferentes diámetros que permiten velocidades dentro del rango, establecidos por el Infom, se obtiene que el diámetro económico para este caso es de 4 pulg.

Ahora que se conoce el diámetro de la tubería de conducción se puede proceder a calcular el equipo de bombeo. Esto debido que la potencia de la bomba hidráulica es el diámetro de la tubería.

2.1.9.2. Potencia del equipo de bombeo

El equipo de bombeo adecuado es el que impulsa el agua con la potencia suficiente para llegar el agua al tanque almacenador. Para determinar la potencia necesaria se deben tomar en cuenta la distancia a la que la bomba debe impulsar el agua y las diferentes alturas que debe vencer.

Dentro del sistema ocurren varios factores que producen pérdidas de energía que deben tomarse en cuenta. Dentro de los factores que ocasionan estas pérdidas se tienen:

- Pérdidas por el paso del agua a través de la tubería.
- Pérdida por el paso del agua en accesorios y válvulas (pérdidas menores).
- Pérdida de carga de velocidad.

Estas pérdidas provocan la necesidad de incrementar la potencia del equipo. Así que las pérdidas se trabajan como metros (una unidad de longitud que debe vencer la bomba hidráulica) y se agregan a la distancia y alturas que posee el sistema. Con esto, se logra determinar una carga dinámica total (CDT).

El tipo de bomba hidráulica es un factor que debe considerarse antes de calcular la potencia de la misma. El cálculo de la carga dinámica total es diferente para cada tipo de bomba. En este caso se consideran dos tipos de bombas: sumergibles y de motor externo.

A pesar que su costo inicial es un poco mayor, las bombas sumergibles requieren de menos mantenimiento. Estas son más silenciosas en su operación, están fuera de la vista o del alcance de personas externas que puedan dañarlas, su vida útil es mayor (si se elige la capacidad adecuada), trabajan con poco caudal pero con grandes potencias. Mientras que las bombas de motor externo son de un costo inicial bastante bajo, pueden llegar a trabajar con bastante caudal pero con baja potencia, al momento de necesitarlo el mantenimiento es más barato. Estos son recomendables para pozos poco profundos.

Debido a que es un sistema que se planifica para un funcionamiento de varios años su equipo de bombeo debe poseer mayor vida útil y necesitando menos mantenimiento. Otra característica determinante para la elección de la bomba es la potencia de trabajo, porque las características del sistema indican que será necesaria una bomba de mucha potencia. Estas características justifican la utilización de una bomba de costo inicial mayor. Así que para el diseño del sistema de agua potable de la aldea El Limón se trabajará con una bomba de tipo sumergible.

Para una bomba sumergible el cálculo de la carga dinámica total consiste en la determinación de los siguientes factores:

- Altura del nivel dinámico a la boca del pozo: como su nombre lo indica, se determina entre el cambio de altura entre el nivel dinámico del pozo y

la boca o brocal del pozo. Para este caso se obtiene del informe sobre la elaboración del pozo realizado por el Infom-Unepar.

$$h_{N.D.-B.P.} = 101,83 \text{ metros (334 pies).}$$

- Pérdida de carga en la tubería del pozo: son las pérdidas que se dan dentro de la tubería del pozo por el contacto del agua y la tubería. Para su estimación se utiliza la ecuación:

$$H_{f_{pz}} = \frac{1\,743,8110 * L * (Q_B)^{1,85}}{C^{1,85} * (\varnothing)^{4,87}}$$

Donde

$H_{f_{pz}}$ = pérdida de carga en metros dentro de la tubería del pozo

L = longitud de la tubería interna del pozo en metros
(800 pies = 243,90 m)

Q_B = caudal de bombeo en litros/segundo (10,4821 litros/segundo)

C = constante que depende del material de la tubería del pozo
(adimensional). El pozo tiene una tubería de H. G. y se utilizará una constante de 100, según norma del Infom para este material

\varnothing = diámetro de la tubería del pozo en pulgadas (8 pulg)

Entonces

$$H_{f_{pz}} = \frac{1\,743,8110 * (243,90 \text{ metros}) * (10,4822 \text{ litros/segundo})^{1,85}}{(100)^{1,85} * (8 \text{ pulgadas})^{4,87}}$$

$$H_{f_{pz}} = 0,26 \text{ m}$$

- Altura entre la boca del pozo y la descarga (tanque almacenador): es la diferencia de cotas que existe entre el tanque almacenador y el pozo. Determinado con la libreta topográfica.

$$h_{BP-TA} = 209,29 \text{ m}$$

- Pérdidas de energía o carga en la tubería de impulsión: son las pérdidas generadas por el contacto del agua y la tubería de conducción o impulsión. Se obtiene por medio de la ecuación de pérdida de energía utilizada anteriormente.

$$H_{f_{imp}} = \frac{1\,743,8110 * L * (Q_B)^{1,85}}{C^{1,85} * (\varnothing)^{4,87}}$$

Donde

$H_{f_{imp}}$ = pérdida de carga en metros dentro de la tubería de impulsión.

L = longitud de la tubería de impulsión en metros
(2 541,30 m * 1,05 = 2 668,37 m).

Q_B = caudal de bombeo en litros/segundo (10,4822 lt/seg).

C = constante que depende del material de la tubería de impulsión (adimensional). Según las normas nacionales del Infom se utiliza un valor de 100 para tubería de H. G.

\varnothing = diámetro de la tubería de impulsión en pulgadas (4 pulgadas).

Entonces

$$H_{f_{imp}} = \frac{1\,743,8110 * (2\,668,37 \text{ m}) * (10,4822 \text{ litros/segundo})^{1,85}}{(100)^{1,85} * (4)^{4,87}}$$

$$H_{f_{imp}} = 83,86 \text{ m}$$

- Carga de velocidad: es la energía que se produce por el movimiento del fluido (en este caso el agua) dentro de una tubería. Para su determinación se utiliza la ecuación:

$$v = \frac{(1,974 * Q_B)}{d^2}$$

Donde

v = carga de velocidad en metros

Q_B = caudal de bombeo en litros/segundo (10,4821 lt/seg)

d = diámetro interno de la tubería

Entonces

$$v = \frac{(1,974 * 10,4822 \text{ lt/seg})}{(5,3050 \text{ plg})^2}$$

$$v = 0,74 \text{ m}$$

- Pérdidas menores: son las pérdidas producidas por el paso del agua a través de los accesorios de la tubería (codos y válvulas). Se estiman en un 10 % de las pérdidas de carga de la línea de impulsión.

$$h_{menores} = 0,10 * (H_{f_{imp}})$$

Donde

h_{menores} = pérdidas menores

$H_{\text{fimp.}}$ = pérdida de carga en la tubería de impulsión en metros (83,86 m)

Entonces

$$h_{\text{menores}} = 0,10 * (83,86 \text{ m})$$

$$h_{\text{menores}} = 8,39 \text{ m}$$

Entonces la CDT consiste en la suma de todos estos parámetros.

$$\text{CDT} = h_{\text{ND-BP}} + H_{\text{fpz}} + h_{\text{BP-DTA}} + H_{\text{fimp}} + V + h_{\text{menores}}$$

$$\text{CDT} = (101,83) + (0,26) + (209,29) + (83,86) + (0,74) + (8,39)$$

$$\text{CDT} = \mathbf{404,36 \text{ m}}$$

El resumen de estos parámetros se presenta en la siguiente tabla.

Tabla VII. **Resumen de parámetros para el cálculo de la Cota Dinámica Total (CDT)**

Parámetro	Total en metros
Altura del nivel dinámico a la boca del pozo	101,83
Pérdida de carga en la tubería del pozo	0,26
Altura entre la boca del pozo y la descarga (tanque almacenador)	209,29
Pérdidas de energía o carga en la tubería de impulsión	83,86
Carga de velocidad	0,74
Pérdidas menores	8,39
Suma	404,36

Fuente: elaboración propia.

Para obtener la CDT total se le agregará 10 m al número obtenido en la tabla VI. Esto con la idea de corregir algún error de topografía y mantener una presión mínima a la entrada del tanque. Con lo anterior, la CDT con la que se trabajará será 414,36 m.

Teniendo la carga que debe vencer la bomba hidráulica se procede a calcular la potencia de la bomba. Esto para una eficiencia esperada del 60 %. Según la norma del Infom:

$$Pot = \frac{CDT * Q_B}{76 * ef}$$

Donde

Pot = potencia de la bomba hidráulica en HP

CDT = carga dinámica total en metros

Q_B = caudal de bombeo en litros/segundo

ef = eficiencia esperada de la bomba

Así que:

$$\text{Pot} = \frac{(414,36 \text{ metros}) * (10,4822 \text{ litros/segundo})}{76 * (0,60)}$$

$$\text{Pot} = 95,25 \text{ HP}$$

Comercialmente la bomba más cercana a la calculada y que tenga por lo menos los 95,25 HP de potencia es la bomba de 100 HP. Así que se trabajará con esta última, ya que es la potencia real del sistema.

2.1.9.3. Especificaciones del equipo de bombeo

Dentro de las especificaciones del equipo de bombeo que se deben mencionar son:

- Bomba sumergible de 100 Hp de fuerza.
- Su tamaño no debe ser mayor a 8 pulgadas de diámetro.
- Por lo general estas bombas trabajan con un voltaje de 460 V.
- Para protección de la bomba se es recomendado incluir una válvula de cheque vertical y horizontal, para colocar dentro de la tubería del pozo y en la descarga respectivamente.

2.1.9.4. Verificación por golpe de ariete

En este último paso del diseño de la tubería de conducción se comprueba que la tubería resista el golpe de ariete. Es un fenómeno hidráulico que se produce dentro de la tubería al variar el flujo que pasa dentro de ella. Esto al momento de cerrar una válvula o al apagar una bomba hidráulica por ejemplo, provocando un choque violento del líquido sobre las paredes de la tubería.

Para verificar si la tubería resiste este choque o fuerza se busca compararla con la resistencia de la tubería especificada por el fabricante.

El primer paso es determinar la velocidad con la que se propagará la onda de presión del golpe de ariete. Esta es llamada celeridad a través de la siguiente ecuación:

$$\alpha = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{k}{E} * \frac{d}{e}}}$$

Donde

α = celeridad

k = módulo de elasticidad volumétrica del agua ($2,07 * 10^4$ Kg/cm²)

E = módulo de elasticidad del material de la tubería (para hierro galvanizado se utiliza un módulo de elasticidad de $1,05 * 10^6$ Kg/cm²)

d = diámetro interno de tubería

e = espesor de la pared de la tubería

Entonces

$$\alpha = \frac{1\,420}{\sqrt{1 + \frac{20\,700 \text{ kg/cm}^2}{1\,050\,000 \text{ kg/cm}^2} * \frac{5,3050 \text{ plg.}}{0,2580 \text{ plg.}}}}$$

$$\alpha = 305,66 \text{ m/s.}$$

A continuación se determina la velocidad que luego se aplicará para determinar la sobrepresión:

$$v = \frac{(1,974 * Q_B)}{d^2}$$

Donde

v = velocidad en metros/segundo

Q_B = caudal de bombeo en litros/segundo

d = diámetro interno

Por lo tanto la velocidad tendrá un valor de:

$$v = \frac{(1,974 * 10,4821 \text{ litros/segundo})}{(6,5532 \text{ mm})^2}$$

$$v = 0,48 \text{ m/s.}$$

Ahora sí se puede determinar la sobrepresión generada por el golpe de ariete mediante la ecuación:

$$\Delta P = \frac{\alpha * v}{g}$$

Donde

ΔP = sobrepresión en metros columna de agua (m. c. a.)

α = celeridad en metros/segundo

v = velocidad en metros/segundo

g = gravedad en metros/segundo²

El cálculo de la sobrepresión es:

$$\Delta P = \frac{305,66 \text{ m/s.} * 0,48 \text{ m/s.}}{9,81 \text{ m/s}^2.}$$

$$\Delta P = 15,01 \text{ m. c. a.}$$

Para realizar la verificación del golpe de ariete se debe agregar este valor de sobrepresión. El mismo está determinado en el paso anterior a la altura del pozo (determinando con esto una sobrepresión máxima) y se compara con el valor de la presión de trabajo de la tubería (indicado por la norma nacional o por el fabricante). Se busca, que el valor de la sobrepresión máxima, no sea mayor al valor de la presión de trabajo de la tubería.

$$\Delta P_{\text{máx}} = \Delta P + \Delta h_{\text{pozo}}$$

Donde

$\Delta P_{\text{máx}}$ = sobrepresión máxima (m. c. a.)

ΔP = sobrepresión en metros columna de agua (m. c. a.)

g = gravedad en metros/segundo²

$$\Delta P_{\text{máx}} = 15,01 \text{ m. c. a.} + 243,90 \text{ m. c. a.}$$

$$\Delta P_{\text{máx}} = 258,92 \text{ m. c. a.}$$

Las presiones de trabajo de las tuberías en Guatemala vienen dadas en psi. Así que será necesario conocer el valor de la presión máxima en estas unidades:

$$\Delta P_{\text{máx}} = 258,92 \text{ m. c. a.} * \frac{1,419 \text{ psi.}}{1 \text{ m. c. a.}}$$

$$\Delta P_{\text{máx}} = 367,40 \text{ psi.}$$

La tubería de HG viene en tres tipos de presiones según la clase deseada.

Tabla VIII. **Presiones de trabajo en tuberías de HG según su clase**

Clase	Presión en psi.
Liviana	700
Mediana	1 000
Pesada	1 200

Fuente: elaboración propia.

A simple vista se observa que la tubería, clase liviana, es más que suficiente para resistir la sobrepresión dentro de la tubería.

Se puede concluir que la tubería de conducción estará compuesta por tubos HG de 4 pulg clase liviana con sus respectivos accesorios.

2.1.10. Red de distribución

Es el conjunto de tuberías que se distribuyen el agua, desde el tanque de distribución, hasta la comunidad o viviendas.

Una red de distribución puede ser principalmente de tres tipos:

- Ramales abiertos
- Ramales cerrado o circuitos
- Redes mixtas

Debido que, la configuración de la aldea El Limón es más extensa hacia los lados y sus calles y callejones no permiten un diseño a base de circuitos cerrados. Por ello se diseñarán con las consideraciones siguientes:

- Estará dividido en dos tuberías principales
- Su diseño será por ramales abiertos

Se esbozará un tanque para cada tubería principal, pensando en que a futuro cada sistema de tuberías no dependa del mismo tanque. Sin embargo, si se necesita realizar un procedimiento de limpieza o mantenimiento en los tanques, no debe interrumpir todo el sistema.

2.1.10.1. Presiones y velocidades

Estas deben chequearse en las redes de distribución, ya que esta tubería será la que lleve el agua hacia las viviendas del sistema.

Una red de distribución con poca presión podría causar que: el agua que entra a una vivienda no logre abastecer a un segundo o tercer nivel, o peor aún, que el agua no consiga subir las alturas a las que se encuentran ubicados los chorros o válvulas incluso de un primer nivel. Mientras que una presión de servicio bastante alta podría causar alguno daño o accidente con los accesorios (como chorros, válvulas, uniones y demás accesorios) al momento de hacer correr el agua dentro de la tubería interna de la vivienda. Esto debido a que los accesorios manejan sus presiones de trabajo, y una presión de servicio mayor a la presión de trabajo de los accesorios podría causar incluso el desprendimiento violento de alguno de estos componentes.

El Infom exige que se tome en consideración la menor altura de las viviendas en lugares rurales y establece las siguientes presiones:

- Mínima 10 m columna de agua (presión de servicio)
- Máxima 60 m columna de agua (presión de servicio)

En cuanto a las velocidades el Infom restringe una velocidad mínima de 0,60 m por segundo y una velocidad máxima de 3 m/s. Valores diferentes a estos deben justificarse en la memoria de cálculo.

Una velocidad muy pobre no sería capaz de arrastrar sedimentos que se encuentren dentro de las tuberías. Esto causa la obstrucción de una de ellas o

la reducción del diámetro dentro de la tubería por existir sedimentos en algunas partes del sistema.

Para el diseño de la línea de distribución para la aldea El Limón se estará trabajando con tubería de PVC de 160 psi. Se utilizará un rango de velocidades de:

- Velocidad mínima de 0,20 m/s
- Velocidad máxima de 3 m/s

Esto debido que los vendedores de tubería PVC para sistemas de agua potable en Guatemala ofrecen un rango de hasta 0,20 a 5 m/s en velocidades. Debiendo ser muy cuidadosos, al momento de ejecutar la construcción del sistema de agua potable, que las tuberías que se instalen cumplan con esta condición.

2.1.10.2. Tipos de tubería

Comercialmente se manejan dos tipos de tubería:

- Tubería HG (acero galvanizado)
- Tubería PVC (cloruro de polivinilo)

La tubería de HG tiene una mayor resistencia a la presión interna y al intemperie, pero su costo es muy elevado. Mientras que la tubería PVC maneja presiones menores y no es recomendada para ser instalada al intemperie. Sin embargo, muchas veces las presiones que maneja bastan para el diseño del sistema y su costo es muy reducido al compararlo con el HG.

Si bien, el Infom no restringe alguno de los dos tipos de tubería el diseñador debe informarse sobre las propiedades de los materiales de las tuberías cuando estas sean diferentes a las mencionadas anteriormente. Debe evitarse el uso de tubería con asbesto, ya que este material es nocivo para la salud.

La última característica que debe tomarse en cuenta es que cumplan con los parámetros de velocidad y presión. Con ellas se está diseñando el sistema.

Así que para elegir el tipo de tubería debe tomarse en cuenta los materiales que se manejan comercialmente. Además del costo y características de trabajo indicadas por los proveedores.

2.1.10.3. Cálculo del sistema

Para el cálculo de la red de distribución se creó una tabla en la que se exponen los datos utilizados y calculados para el diseño de la misma. El resumen de estos cálculos se pueden encontrar en el apéndice 1.

En las columnas de la tabla se colocaron los datos, factores o cálculos y cada fila es un punto de topografía. La explicación de las columnas se presenta a continuación:

- Columna 1: se indica el nombre de la estación. Es un término topográfico que indica el nombre del punto en el espacio donde se colocó el equipo de topografía (teodolito, estación total, GPS, y otros). El nombre, nomenclatura y localización se decide al momento de realizar topografía

- Columna 2: en ella se coloca el nombre del punto observado. En topografía se le llama punto observado al punto visto desde la estación. En una red abierta podría decirse que el punto observado es el punto siguiente a la estación. También se decide al momento de realizar su topografía.
- Columna 3: hace referencia a la altura desde el nivel del mar o la cota del punto observado, medida al momento de realizar la topografía para este caso se realizó con un GPS manual.
- Columna 4: se refiere a la distancia entre la estación y el punto observado. Se calcula ya sea por trigonometría o por ecuaciones topográficas.
- Columna 5: es la distancia que se utilizará para el diseño. La distancia de la columna 4 es la distancia horizontal, por lo que, para el diseño se le incrementa un 3 % para considerar los puntos en los que la distancia horizontal fue medida en terrenos con mucha pendiente. Se obtiene multiplicando la columna anterior por un factor 1,03.
- Columna 6: en esta columna se indican el número de viviendas por tramo, que hace relación al número de viviendas existentes. Esto es dentro de un ramal o en casos en los que es necesario ser más preciso, se indica el número de vivienda de un punto a otro. Este valor se obtiene al momento de realizar el censo poblacional o al realizar la topografía.
- Columna 7: se anota el número de habitantes que moran a lo largo del tramo. Este dato se obtiene en el censo poblacional.

- Columna 8: se calcula la población que habrá a futuro para cada tramo. En este caso se calcularán para un plazo de 21 años (debido a la vida útil del sistema). Se obtiene por medio de la ecuación utilizada en la sección 2.1.5.2 de este trabajo de graduación.
- Columna 9: en esta columna se calcula el consumo de agua que tendrá el tramo. Se calcula multiplicando la dotación por el número de habitantes (población futura).

$$Q_{TF} = Pf * dot$$

Donde

Q_{TF} = consumo de agua que tendrá un tramo

Pf = población futura

dot = dotación de agua

- Columna 10: se calcula el caudal que se necesita para cubrir el consumo de agua por tramo. Se obtiene de la manera siguiente:

$$Q_N = \frac{Q_{TF} * FHM * FDM}{86\ 400}$$

Donde

Q_{TF} = consumo de agua que tendrá un tramo

Q_N = caudal a cubrir

FHM = factor horar máximo

FDM = factor día máximo

- Columna 11: el caudal instantáneo se calcula debido que al momento de abrir un chorro se obtiene un caudal mayor que es estimado por vivienda, así que este caudal considera éste fenómeno. Se calcula de la manera siguiente:

$$Q_i = K\sqrt{(n_{cf} - 1)}$$

Donde

Q_i = caudal instantáneo

K = coeficiente; 0,20 predial; 0,15 llenacántaros

n_{cf} = número de conexiones o llenacántaros futuros

- Columna 12: se anota el caudal que se utilizará para el diseño. Se tomará el mayor entre el caudal del nudo y el caudal instantáneo pero no debe ser menor a 0,20 litros por segundo.
- Columna 13: pérdidas. Debido que aún no se conoce el diámetro de la tubería que se utilizará en cada tramo, se asume que esta pérdida será la diferencia de altura entre los puntos. Se debe tomar en cuenta que la presión de la última vivienda debe ser de 10 m.c.a.

$$h_f = \text{Cota de la estación} - \text{Cota del punto observado}$$

- Columna 14: con la pérdida estimada se calcula el diámetro teórico (o estimado) para cada tramo. Sin embargo, para su cálculo se utiliza la ecuación de Hazen-Williams (utilizada en la la sección 2.1.9)

$$\emptyset = \left[\frac{1\,743,8110 * L * (Q_D)^{1,85}}{C^{1,85} * h_f} \right]^{\frac{1}{4,87}}$$

- Columna 15: en esta columna se ajusta diámetro teórico al diámetro comercial que existe en Guatemala.
- Columna 16: diámetro ajustado. Se ajustan los diámetros obtenidos en la columna anterior para lograr que el cambio de diámetros sea lógico. Con esto se evita que varíe de diámetros pequeños a mayores, pues ocasionaría pérdidas en la potencia del sistema.
- Columna 17: diámetro interno. Se coloca el diámetro interno correspondiente al diámetro ajustado. Este valor se obtiene en las características de la tubería que se utilizará.
- Columna 18: es en esta columna donde ya se calculan las pérdidas obtenidas con el diámetro real (diámetro ajustado). Utilizando la ecuación de Hazen-Williams (sección 2.1.9).

$$H_f = \frac{1\,743,8110 * L * (Q_D)^{1,85}}{C^{1,85} * (\emptyset)^{4,87}}$$

- Columna 19: cota piezométrica. Se refiere a la diferencia de alturas entre la cota de un punto y su pérdida a lo largo del tramo.

$$C_{PZ} = C_{PZA} - h_{f\text{tramo}}$$

Donde

C_{PZ} = cota piezométrica del punto siguiente

C_{PZA} = cota piezométrica del punto anterior

h_{tramo} = pérdida de energía asumida por la diferencia de altura

- Columna 20: en esta columna se anota la cota de terreno, obtenida por la altura del punto al momento de realizar la topografía del proyecto.
- Columna 21: esta columna contiene la presión disponible (en metros columna de agua) en el punto observado. Será la diferencia de alturas entre la cota piezométrica y la cota de terreno. Se calcula de la manera siguiente:

$$P = C_{PZ} - C_{SL}$$

Donde

C_{PZ} = cota piezométrica del punto siguiente

C_{SL} = cota del terreno

P = presión disponible (m. c. a.)

- Columna 22: se calcula la velocidad del flujo a lo largo del tramo por medio de la siguiente ecuación:

$$V_{\text{tramo}} = \frac{1,974 * Q_D}{\phi^2}$$

Donde

v_{tramo} = velocidad del flujo en el tramo

Q_D = caudal de diseño

\emptyset = diámetro de la tubería en el tramo

2.1.11. Obras hidráulicas

Son los elementos que componen los sistemas de agua potable que ayudan de una u otra manera al sistema.

2.1.11.1. Caja rompe presión

Se debe tener precaución al momento de diseñar un sistema de agua potable, que la presión del sistema sea menor a la presión que soporta la tubería. Por ello, a veces resulta necesario fraccionar el sistema para que cada sección inicie con una presión cero. La manera de realizar esto es con una caja rompe presión.

La caja rompe presión se coloca según el sistema lo vaya requiriendo.

2.1.11.2. Tanque de almacenamiento

Son los componentes de un sistema de agua potable encargados de almacenar o contener la cantidad de agua necesaria. Esto para cubrir la demanda en las horas de mayor consumo.

Como se mencionó en la sección 2.1.10 se diseñarán dos tanques de almacenamiento, uno para cada tubería principal de la línea de distribución.

El primer paso, para el diseño de un tanque, es la determinación del volumen de agua que almacenará y con esto calcular sus dimensiones.

Para estimar el volumen de cada tanque se utilizan los valores de la población futura a la que ese tramo de tubería servirá. La dotación que esta población requiere y el factor de reducción que exige el Infom.

El Infom exige que si no se utiliza la demanda real de la comunidad, se debe aplicar un factor de reducción al cálculo del volumen de los tanques. Esto es de 25 a 40 % en sistemas de conducción por gravedad y de 40 a 65 % en sistemas por bombeo. Para el diseño de la aldea El Limón se utilizará un 40 % (un factor bajo para un sistema por bombeo). Esto debido que, si bien la demanda fue calculada y no se trabaja sobre la demanda real, se trabaja con un censo poblacional reciente y fiable. Por ello se puede estimar un factor de reducción bajo.

Los valores que se utilizarán se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IX. **Valores para el cálculo del volumen del tanque para cada tubería principal**

Tubería	Cantidad actual (habitantes)	Población futura (habitantes)	Dotación (en litros/habitante/día)	Factor
Tubería principal 1	1 065	1 902	1 000	0,40
Tubería principal 2	1 048	1 872	1 000	0,40

Fuente: elaboración propia.

Así que el volumen para cada tanque viene dado de la siguiente forma:

$$\text{Vol.}_{\text{tanq}} = \frac{P_f * \text{dot} * \text{Factor}}{1\ 000}$$

Donde

$\text{Vol.}_{\text{tanq}}$ = volumen del tanque de almacenamiento

P_f = población futura

Factor = factor dado segun el diámetro de la tubería

$$\text{Vol.}_{\text{tanq } 1} = \frac{(1\ 902) * (100) * (0,40)}{1\ 000} = 76,08\ \text{m}^3$$

$$\text{Vol.}_{\text{tanq } 2} = \frac{(1\ 872) * (100) * (0,40)}{1\ 000} = 74,88\ \text{m}^3$$

Idealizando estos dos volúmenes se diseñarán dos tanques de 75 m³ cada uno. Puesto que los dos tanques son de igual volumen solo se dejará constancia del diseño de un tanque de almacenamiento.

Para el dimensionamiento de los tanques se inicia estimando la altura del tanque; a partir de su volumen y de una constante. Como se explica en el capítulo 12 del libro *Diseño de acueductos y alcantarillado* de Ricardo Alfredo López Cualla; los valores de esta constante (K_{tanq}) se obtienen con base en el volumen del tanque, de la siguiente forma:

Tabla X. **Constante de la capacidad del tanque de almacenamiento**

Volumen (en cientos de m³)	K_{tanq}
< 3	2,00
4 – 6	1,80
7 – 9	1,50
10 – 13	1,30
14 – 16	1,00
> 17	0,70

Fuente: López Ricardo. *Diseño de acueductos y alcantarillado*. p 521.

Siguiendo la información de la tabla anterior, la constante K para un volumen de 0,75 cientos de m³ (que es este caso) de 2,00. Utilizando la siguiente ecuación se determina el estimado de la altura del tanque:

$$h = \frac{\text{Vol.}_{\text{tanq}}}{3} + K_{\text{tanq}}$$

Donde

h = profundidad (metros)

Vol._{tanq} = volumen del tanque m

K_{tanq} = constante en función del volumen

Por lo tanto:

$$h = \frac{0,75}{3} + 2,00$$

$$h = 2,25 \text{ m}$$

Conociendo la altura del tanque y a partir de las siguientes ecuaciones, se procede a determinar el ancho y largo del tanque:

$$\text{Vol.}_{\text{tanq}} = h * w * L \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde

$\text{Vol.}_{\text{tanq}}$ = volumen del tanque de almacenamiento

h = profundidad o altura

w = ancho

L = largo o longitud

$$L = 1,50 * w \quad [\text{Ec. 2}]$$

Se sustituye [Ec. 2] en [Ec. 1] se obtiene la ecuación [Ec. 3]:

$$\text{Vol.}_{\text{tanq}} = h * w * (1,50 * w) \quad [\text{Ec. 3}]$$

Debido que el volumen del tanque se conoce, se debe despejar la incógnita ancho de la ecuación [Ec. 3]:

$$(w)^2 = \frac{\text{Vol.}_{\text{tanq}}}{(1,50 * h)}$$

$$w = \sqrt{\frac{\text{Vol.}_{\text{tanq}}}{(1,50 * h)}}$$

$$w = \sqrt{\frac{(75 \text{ m}^3)}{(1,50 * 2,25 \text{ m})}}$$

$$w = 4,71 \text{ m}$$

Y sustituyendo el ancho encontrado en la ecuación [Ec. 2], se obtiene:

$$L = 1,50 * 4,71 \text{ m}$$

$$L = 7,06 \text{ m}$$

Idealizando las dimensiones por motivos constructivos se tiene que las dimensiones del tanque serán:

$$h = 2,70 \text{ m}$$

$$w = 4,50 \text{ m}$$

$$L = 7 \text{ m}$$

Así que, las dimensiones mínimas que debe poseer el tanque para almacenar el volumen de agua requerida son: 6,70 m x 4,20 m x 2,70 m. Si se chequea el volumen real del tanque será de 75,98 m³, que está por encima del volumen requerido, aun así, no representa ningún problema para el diseño del sistema de agua potable.

Cabe mencionar que la altura encontrada será la altura al nivel del agua. La altura real del tanque será de 3,00 m, ya que, se considera aumentarle 30 cm con el fin cumplir con el espacio necesario para la instalación de los respiraderos y rebalse del tanque.

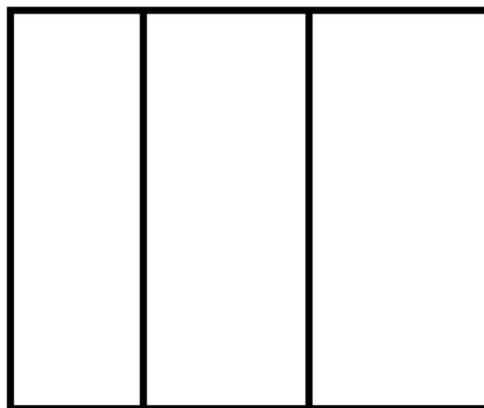
Habiendo determinado las dimensiones del tanque se procede al diseño estructural. Está básicamente compuesto de dos partes:

- La cubierta o losa, que según las normas del Infom debe ser de concreto reforzada.
- Y, los muros del tanque, que se diseñarán de concreto ciclópeo por cuestiones económicas.

2.1.11.2.1. Diseño de la estructura de la cubierta

La losa se dividirá en tres partes (figura 5.) para crear secciones más pequeñas y evitar elementos estructurales de grandes magnitudes. Estos podrán afectar al costo del proyecto.

Figura 5. Planta de la cubierta del tanque



Fuente: elaboración propia.

- Cálculo del espesor de la losa: antes de calcular el espesor de la losa se verificará si la losa debe estar reforzada en uno o dos sentidos. Esto depende de las dimensiones de la misma, por medio de la relación:

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

Si:

- $m < 0,50$, el refuerzo será en un sentido
- $m > 0,50$, el refuerzo será en dos sentidos

Donde

m = factor utilizado para determinar el sentido del refuerzo en la losa

a = lado corto de la losa

b = lado largo de la losa

Entonces

$$m = \frac{2,33 \text{ m}}{4,50 \text{ m}}$$

$$m = 0,52$$

Por lo tanto, el refuerzo de la losa será en dos sentidos. Entonces, el espesor de losa se determina con base en el perímetro.

El espesor (t) para las losas será:

$$t = \frac{\text{Perímetro}}{180} = \frac{13,66 \text{ m}}{180} = 0,076 \text{ m} \approx 0,10 \text{ m}$$

Por motivos constructivos se trabajará con una losa de espesor 10 cm.

Habiendo determinado el espesor de losa se definen las cargas, a las cuales estará sometida la losa.

- Integración de carga
 - Carga viva (CV): 100 Kg/m² (según Norma Guatemalteca Agies NSE 2, capítulo 3, sección 3.4 “Cargas vivas de uso frecuente”)

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

- Carga muerta (CM):

$$CM = \gamma * t$$

Donde

CM = carga muerta

γ = peso específico del concreto

t = espesor de losa

$$CM = \left(2400 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right) * (0,10 \text{ m})$$

$$CM = 240 \text{ Kg/m}^2$$

- Sobre carga: 50 Kg/m²

Entonces la carga muerta total es de:

$$CM_{TOTAL} = CM + SC$$

Donde

CM = carga muerta

SC = sobre carga

$$CM_{TOTAL} = 240 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} + 50 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 290 \text{ kg/m}^2$$

- Carga última (C.U.)

Los factores, que afectan a las diferentes cargas, utilizados para obtener la C.U. fueron tomados del reglamento ACI 318-08.

$$CUV = 1.6 * \left(100 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}\right) = 160 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CUM = 1.2 \left(290 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}\right) = 348 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

$$CU_{TOTAL} = 160 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} + 348 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} = 508 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}$$

- Cálculo de momentos: los momentos para las losas se calcularán por el método 3 del ACI por ser losas con refuerzo en dos sentidos. Las losas 1

y 3 pertenecen al caso 6, mientras que la losa 2 pertenece al caso 5. Los dos casos será para una relación $m = 0,50$.

- Momentos para las losas 1 y 3

Tabla XI. **Coefficientes para cálculo de momentos en losas 1 y 3, según método 3 del ACI (para una relación $m = 0,50$)**

Coefficiente	Momento negativo	Momento positivo por C.V.	Momento positivo por C.M.
Ca	0,097	0,078	0,061
Cb	---	0,005	0,003

Fuente: elaboración propia.

Entonces los momentos en las losas 1 y 3 serán:

- Momentos positivos en A ($M_a(+)$)

$$M_a(+) = [C_{am}(+) * (CUM) * a^2] + [C_{av}(+) * (CUV) * a^2]$$

Donde

$M_a(+)$ = momento en el punto "a" positivo

a^2 = lado corto de la losa al cuadrado

$C_{am}(+)$ = carga muerta en el punto "a" positivo

$C_{av}(+)$ = carga viva en el punto "a" positivo

CUM = carga última muerta

CUV = carga última viva

$$Ma(+)=\left[(0,061)\cdot\left(348\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}\right)\cdot(2,33\text{ m})^2\right]+\left[(0,078)\cdot\left(160\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}\right)\cdot(2,33)^2\right]$$

$$Ma(+)=183,00\text{ Kg}-\text{m}$$

- Momentos negativos en A (Ma(-))

$$Ma(-)=Ca(-)\cdot(CU_T)\cdot a^2$$

Donde

Ma(-) = momento en el punto "a" negativa

a^2 = lado corto de la losa al cuadrado

Ca(-) = carga en el punto "a" negativa

CU_T = carga viva en el punto "a" positivo

$$Ma(-)=(0,097)\cdot\left(508\frac{\text{Kg}}{\text{m}^2}\right)\cdot(2,33\text{ m})^2$$

$$Ma(-)=267,51\text{ Kg}-\text{m}$$

- Momento positivo en B (Mb(+))

$$Mb(+)=\left[Cbm(+)\cdot(CUM)\cdot b^2\right]+\left[Cbv(+)\cdot(CUV)\cdot b^2\right]$$

Donde

Mb(+)= momento en el punto "b" positivo

b^2 = lado largo de la losa al cuadrado

Cbm(+)= carga muerta en el punto "b" positivo

$C_{bv}(+)$ = Ccrga viva en el punto "b" positivo

CUM = carga última muerta

CUV = carga última viva

$$M_b(+) = \left[(0,003) * \left(348 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) * (4,50)^2 \right] + \left[(0,005) * \left(160 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) * (4,50)^2 \right]$$

$$M_b(+) = 37,34 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momentos negativos en B ($M_b(-)$)

$$M_b(-) = [C_{bm}(-) * (C_{U_{TOTAL}}) * b^2]$$

Donde

$M_b(-)$ = momento en el punto "b" negativa

b^2 = lado largo de la losa al cuadrado

$C_{bm}(-)$ = carga en el punto "b" negativa

$C_{U_{TOTAL}}$ = carga última total

$$M_b(-) = \left[(0,00) * \left(348 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) * (4,50)^2 \right]$$

$$M_b(-) = 0,00 \text{ kg} - \text{m}$$

Pero según el método 3 del ACI el momento $M_b(-)$ no debe ser menor a 1/3 de $M_b(+)$, por lo tanto:

$$M_b(-) = \frac{1}{3} [M_b(+)]$$

Donde

$M_b(-)$ = momento en el punto "b" negativa

$M_b(+)$ = momento en el punto "b" positivo

$$M_b(-) = \frac{1}{3} [37,34 \text{ kg} - \text{m}]$$

$$M_b(-) = 12,45 \text{ kg} - \text{m}$$

- Cálculo de momentos en la losa 2

Tabla XII. **Coefficientes para el cálculo de momentos en la losa 2, según el método 3 del ACI (para una relación $m = 0,50$)**

Coefficientes	Momento negativo	Momento positivo por C.V.	Momento positivo por C.M.
Ca	0,090	0,067	0,039
Cb		0,004	0,001

Fuente: elaboración propia.

- Momentos positivos en A ($M_a(+)$)

$$M_a(+) = [C_{am}(+) * (CUM) * a^2] + [C_{av}(+) * (CUV) * a^2]$$

Donde

$M_a(+)$ = momento en el punto "a" positivo

a^2 = lado corto de la losa al cuadrado

$C_{am}(+)$ = carga muerta en el punto "a" positivo

Cav(+)= carga viva en el punto "a" positivo

CUM = carga última muerta

CUV = carga última viva

$$Ma(+)= \left[(0,039) * \left(348 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) * (2,33 \text{ m})^2 \right] + \left[(0,067) * \left(160 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) * (2,33)^2 \right]$$

$$Ma(+)= 131,88 \text{ Kg} - \text{m}$$

- Momentos negativos en A (Ma(-))

$$Ma(-)= Ca(-) * (CU_{\text{TOTAL}}) * a^2$$

Donde

Ma(-)= momento en el punto "a" negativa

a^2 = lado corto de la losa al cuadrado

Ca(-)= carga en el punto "a" negativa

CU_{TOTAL} = carga viva en el punto "a" positivo

$$Ma(-)= (0,090) * \left(508 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) * (2,33 \text{ m})^2$$

$$Ma(-)= 248,21 \text{ Kg} - \text{m}$$

- Momento positivo en B (Mb(+))

$$Mb(+)= [CbM(+)* (CUM) * b^2] + [Cv(+)* (CUV) * b^2]$$

Donde

$M_b(+)$ = momento en el punto "b" positivo

b^2 = lado largo de la losa al cuadrado

$C_{bm}(+)$ = carga muerta en el punto "b" positivo

$C_{bv}(+)$ = carga viva en el punto "b" positivo

CUM = carga última muerta

CUV = carga última viva

$$M_b(+) = \left[(0,001) * \left(348 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) * (4,50)^2 \right] + \left[(0,004) * \left(160 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) * (4,50)^2 \right]$$

$$M_b(+) = 20,01 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momentos negativos en B ($M_b(-)$)

$$M_b(-) = [C_{bm}(-) * (CU_{\text{TOTAL}}) * b^2]$$

Donde

$M_b(-)$ = momento en el punto "b" negativa

b^2 = lado largo de la losa al cuadrado

$C_{bm}(-)$ = carga en el punto "b" negativa

CU_{TOTAL} = carga última total

$$M_b(-) = \left[(0,00) * \left(348 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \right) * (4,50)^2 \right]$$

$$M_b(-) = 0,00 \text{ kg} - \text{m}$$

Pero según el método 3 del ACI el momento $M_b(-)$ no debe ser menor a $1/3$ de $M_b(+)$, por lo tanto:

$$M_b(-) = \frac{1}{3} [M_b(+)]$$

Donde

$M_b(-)$ = momento en el punto "b" negativa

$M_b(+)$ = momento en el punto "b" positivo

$$M_b(-) = \frac{1}{3} [20,01 \text{ kg} - \text{m}]$$

$$M_b(-) = 6,67 \text{ kg} - \text{m}$$

- Momento balanceado (M_{bal}): se procede a balancear los momentos sobre el eje A para los momentos negativos entre las losas de los extremos (1 y 3) y la losa interior (2). El balanceo se realiza calculando el 80 % del momento mayor de estos, si el momento restante es menor al porcentaje se puede balancear por un promedio entre los valores de los momentos, pero si el momento es mayor al 80 % se debe balancear de manera proporcional a sus rigideces. El balanceo se calcula de la siguiente manera:
 - Momento mayor (losa 1 y 3) = 267,51 Kg-m
 - Momento menor (losa 2) = 248,21 Kg-m

$$0,8 * \text{momento mayor} < \text{momento menor}$$

$$0,8 * (267,51 \text{ Kg} - \text{m}) < 248,21 \text{ Kg} - \text{m}$$

$$214,01 \text{ Kg} - \text{m} < 248,21 \text{ Kg} - \text{m}$$

Como el 80 % del momento mayor es menor al momento menor, se procede a balancear los momentos por promedio entre los valores:

$$M_{\text{bal}} = \frac{M_{\text{myr}} + M_{\text{mnr}}}{2}$$

Donde

M_{bal} = momento balanceado

M_{myr} = momento mayor

M_{mnr} = momento menor

$$M_{\text{bal}} = \frac{(267,51 \text{ Kg} - \text{m}) + (248,21 \text{ Kg} - \text{m})}{2}$$

$$M_{\text{bal}} = 257,86 \text{ Kg} - \text{m}$$

- Cálculo del acero de refuerzo:

El diseño del tanque se trabajará con los siguientes datos:

- $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- $f_y = 2810 \text{ Kg/cm}^2$
- $t = 10 \text{ cm}$
- Recubrimiento (r) = 2,50 cm

- Franja unitaria (b) = 100 cm
- Peralte efectivo (d) = t – r – (diámetro de la varilla)

Propuesta para un peralte efectivo con acero núm. 3

$$\text{Peralte efectivo (d)} = (10 \text{ cm}) - (2,5 \text{ cm}) - \left(\frac{0,95 \text{ cm}}{2}\right)$$

$$\text{Peralte efectivo (d)} = 7,025 \text{ cm}$$

El área de acero mínimo (según ACI-318 08 ecuación 10-3) se calcula de la siguiente forma:

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14,1}{f_y} b p$$

Donde

$A_{s \text{ min}}$ = área de acero mínimo (en cm^2)

f_y = resistencia especificada a la fluencia del refuerzo

b = franja unitaria

p = peralte efectivo

Entonces:

$$A_{s \text{ min}} = \frac{14}{\left(2\,810 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}\right)} (100 \text{ cm})(7,025 \text{ cm})$$

$$A_{s \text{ min}} = 3,52 \text{ cm}^2$$

A continuación se procede a calcular el momento que resiste el acero mínimo calculado:

$$M_{As \text{ min}} = \phi \left\{ [(A_{S_{\text{min}}} * f_y)] * \left[d - \frac{A_{S_{\text{min}}} * f_y}{1,7 * (f'c) * (b)} \right] \right\}$$

Donde

$M_{As \text{ min}}$ = momento que resiste el acero mínimo calculado

ϕ = factor de reducción para elementos a flexión (ACI Capítulo 9)

$A_{S_{\text{min}}}$ = área de acero mínimo calculado

$$M_{As \text{ min}} = (0,90) \left\{ \left[3,52 \text{ cm}^2 * \left(2810 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right) \right] * \left[(7,025 \text{ cm}) - \frac{(3,52 \text{ cm}^2) * \left(2810 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right)}{1,7 * \left(210 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2} \right) * (100 \text{ cm})} \right] \right\}$$

$$M_{As \text{ min}} = 60\,070,66 \text{ Kg} - \text{cm}$$

$$M_{As \text{ min}} = 600,7066 \text{ TON} - \text{m}$$

Se observa que el momento, que se resiste con el acero mínimo requerido, es mayor a todos los momentos que actúan sobre las tres losas. Por ello el área de acero mínimo será suficiente para resistir lo momentos actuantes.

Se piensa trabajar el acero con varillas número tres o de 3/8 pulg de diámetro, así que el área requerida de acero mínimo se cumple con:

$$NV = \frac{A_{S_{\text{min}}}}{A_{S_{\text{var}}}}$$

Donde

NV = número o cantidad de varilla requeridas

$A_{s_{min}}$ = área de acero mínimo calculado

$A_{s_{var}}$ = área de acero según diametro de varillas requeridas

$$NV = \frac{(3,52 \text{ cm}^2)}{(0,71 \text{ cm}^2)}$$

NV = 4,96 varillas

Por cuestiones prácticas se trabajará con cinco varillas de acero núm 3 o de 3/8 de pulg.

- Espaciamiento del acero de refuerzo: el acero requerido debe distribuirse por el elemento. Para ello se distribuye el acero mínimo dentro de la franja unitaria, y se repetirá el diseño de esta franja unitaria a lo largo del elemento.

El espacio formado entre el acero de refuerzo es lo que se busca determinar en este paso.

Debido que, el acero que se utilizará es el de la varilla núm 3, la operación será la siguiente:

$$S = \frac{A_{s_{var}} * (b)}{A_s}$$

Donde

S = espaciamiento del acero de refuerzo (en centímetros)

$A_{s_{var}}$ = área de acero de la varilla Núm 3 (en cm^2)

b = franja unitaria (en centímetros)

A_s = área de acero que se utilizará (para este caso $3,55 \text{ cm}^2$ que es el área que ocupan 5 varillas Núm 3)

Así que al sustituir los valores, quedaría de la siguiente forma:

$$S = \frac{(0,71 \text{ cm}^2) * (100 \text{ cm})}{(3,55 \text{ cm}^2)}$$

$$S = 20,00 \text{ cm}$$

Según el código ACI el espaciamiento no debe ser mayor a:

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

Donde

S_{\max} = espaciamiento máximo (en centímetros)

t = espesor de losa (en centímetros)

Entonces

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

$$S_{\max} = 30 \text{ cm}$$

Debido que, el espaciamiento (S) cumple con la condición $S < S_{m\acute{a}x}$ se utilizará el espaciamiento (S). Por la facilidad al momento de ejecutar la obra se trabajará con un $S = 20$ cm que, de igual forma cumple con la condición indicada.

Así que el acero de refuerzo para las 3 losas será: varillas núm.3 @ 20 cm en ambos sentidos.

- Diseño de vigas: se diseñará para la parte perimetral y para las vigas internas. Se llamará a las vigas perimetrales vigas tipo I y las vigas internas serán vigas tipo II. Los datos serán para el caso del diseño del tanque de almacenamiento de este proyecto. Las vigas que tienen más carga entre estas dos son la vigas tipo II. Por lo tanto serán las vigas críticas del diseño que se comenzarán por diseñar.
 - Diseño vigas tipo II: como se indicó, anteriormente, serán las vigas ubicadas internamente en la losa, por su posición y funcionamiento también se les llama vigas intermedias. Para este caso se hacen necesarias, con el fin de dividir la losa en tres partes, creando elementos de menor dimensiones y por esto mismo, reduciendo costos. Las vigas tipo I serán homogenizadas a estas, ya que las vigas críticas son las tipo II.
 - Predimensionamiento: se determina la altura de la viga (h) y la base (b), en el siguiente procedimiento:

La altura de la viga para ambos extremos continuos:

$$h = \frac{L}{21}$$

Donde

h = altura de la viga

L = luz entre apoyos

Entonces

$$h = \frac{4,50 \text{ m}}{21}$$

$$h = 0,21 \text{ m}$$

Por cuestiones constructivas se trabajará con 0,25 m de altura de viga.

Para determinar la base se utilizará:

$$h = 2 * b$$

Donde

h = altura de viga

b = base de la viga

Por lo tanto

$$b = \frac{h}{2}$$

$$b = \frac{0,25 \text{ m}}{2}$$

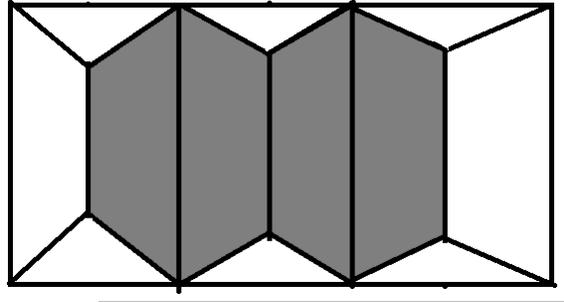
$$b = 0,1250 \text{ m}$$

De la misma forma se trabajará con 0,15 m por motivos constructivos. Así que se trabajará con una sección de viga igual a: 0,25 m x 0,15 m.

Se considerará un recubrimiento de 4 cm y por lo tanto un peralte efectivo (d) de 21 cm.

Para determinar la carga que viga soporta debido a la losa se inicia por determinar el área tributaria o el área de la losa que afecta a la viga. Luego se determina la carga que se encuentra en esa porción de área. El procedimiento es el siguiente:

Figura 6. **Área tributaria en la cubierta del tanque**



Fuente: elaboración propia, empleando Autocad 2010.

El área tributaria es el área de dos trapezoides, y por lo tanto es:

$$A_{\text{trap}} = \frac{1}{2}(B + b_c)(h)$$

Donde

A_{trap} = área de un trapecio

B = base más larga

b_c = base más corta

h = altura del trapecio

$$A_{\text{trap}} = \frac{1}{2}(4,50 \text{ m} + 2,17 \text{ m})(1,165 \text{ m})$$

$$A_{\text{trap}} = 3,88 \text{ m}^2$$

Analizando el dibujo es notorio que el área tributaria es 2 veces el área de del trapecio, por lo tanto:

$$A_T = 2 * A_{\text{trap}}$$

Donde

A_T = área tributaria

A_{trap} = área de un trapecio

$$A_T = 2 * (3,88 \text{ m}^2)$$

$$A_T = 7,76 \text{ m}^2$$

La carga que se encuentra distribuida sobre la viga, además de su peso propio, es equivalente a:

$$W_U = \frac{A_T * CU}{L}$$

Donde

W_U = carga distribuida, sobre la viga

A_T = área tributaria

L = longitud de la viga

CU = carga última

$$W_U = \frac{(7,76 \text{ m}^2) * (508 \text{ kg/m}^2)}{(4,50 \text{ m})}$$

$$W_U = 876,02 \text{ kg/m}$$

Ahora se procede a calcular la carga que se ejerce sobre el muro debido al peso propio de la viga (W_v):

$$W_v = \gamma * b * p$$

Donde

W_v = carga debido al peso propio de la viga

γ = peso específico del concreto

b = base de la viga

p = peralte efectivo de la viga

Por lo tanto:

$$W_v = (2\,400 \text{ kg/m}^3) * (0,15 \text{ m}) * (0,21 \text{ m})$$

$$W_v = 75,60 \text{ kg/m}$$

La carga total que estará soportando la viga será:

$$W_T = W_U + W_v$$

$$W_T = (876,02 \text{ kg/m}) + (75,60 \text{ kg/m})$$

$$W_T = 951,62 \text{ kg/m}$$

Para determinar los momentos que se generarán en la viga dependerá de la continuidad en los extremos de las vigas y si el momento es positivo o negativo. Para este caso, todas las vigas tienen continuidad en ambos extremos, así que se utilizarán las siguientes ecuaciones:

Para los momentos positivos:

$$M_V^{(+)} = \frac{W_T * L^2}{24}$$

Donde

$M_V^{(+)}$ = momento generado en la viga positivo

W_T = carga total que soportara la viga

L^2 = longitud de la viga al cuadrado

$$M_V^{(+)} = \frac{(951,62 \text{ kg/m}) * (4,50 \text{ m})^2}{24}$$

$$M_V^{(+)} = 802,93 \text{ kg} - \text{m}$$

Y para los momentos negativos:

$$M_V^{(-)} = \frac{W_T * L^2}{12}$$

Donde

$M_V^{(-)}$ = momento generado en la viga negativo

W_T = carga total que soportara la viga

L^2 = longitud de la viga al cuadrado

$$M_V^{(-)} = \frac{(951,62 \text{ kg/m}) * (4,50 \text{ m})^2}{12}$$

$$M_V^{(-)} = 1\,605,83 \text{ kg} - \text{m}$$

Ahora que ya se conocen los momentos que estarán actuando sobre la viga se calcula el acero necesario para soportar dichos momentos. Se determinarán 3 tipos de acero (mínimo, máximo y requerido) y por medio de un análisis se elegirá cuál de ellos se utilizará en el diseño.

- Acero mínimo: el acero mínimo para un elemento estructural a flexión viene determinado por medio de la ecuación:

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,1}{f_y} * b * p$$

Donde

$A_{s_{\text{mín}}}$ = área de acero mínimo

f_y = fluencia del acero

b = base del elemento

p = peralte efectivo

$$A_{s_{\text{mín}}} = \frac{14,1}{2810} * (15 \text{ cm}) * (21 \text{ cm})$$

$$A_{s_{\text{mín}}} = 1,58 \text{ cm}^2$$

- Acero máximo: el acero máximo que podría llevar la viga también debe evaluarse. Esto por el cálculo de acero y concreto en el diseño estructural parte de un balance que se realiza entre estos dos materiales. Si la viga necesitara acero mayor al acero máximo quiere decir que sería de reforzar la viga a compresión (concreto).

Para calcular el acero máximo se debe partir encontrando la cuantía de acero balanceado (ρ_{bal}). Esto es una relación entre lo que resiste el concreto (a utilizar) con relación a lo que resiste el acero.

$$\rho_{bal} = 0,85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f_y} * \frac{6\ 120}{(f_y + 6\ 120)}$$

Donde

ρ_{bal} = cuantía balanceada

f_y = fluencia del acero

f'_c = esfuerzo máximo de compresión en el concreto

β_1 = coeficiente de flexión, según ACI 2011 es igual a 0,85

$$\rho_{bal} = 0,85 * (0,85) * \frac{(210)}{(2\ 810)} * \frac{6\ 120}{(2\ 810) + 6\ 120}$$

$$\rho_{bal} = 0,03700418$$

La cuantía máxima, que ayudará a calcular el acero máximo:

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0,50 * \rho_{bal}$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0,50 * (0,03700418)$$

$$\rho_{m\acute{a}x} = 0,01850209$$

Ahora sí, el acero mínimo está determinado por:

$$A_{s_{m\acute{a}x}} = \rho_{m\acute{a}x} * b * d$$

$$A_{S_{\text{máx}}} = (0,01850209) * (15 \text{ cm}) * (21 \text{ cm})$$

$$A_{S_{\text{máx}}} = 5,83 \text{ cm}^2$$

Ahora que ya se tienen los datos del acero mínimo y el acero máximo se calculará el acero requerido.

- Acero requerido: las vigas vienen diseñadas con refuerzo para resistir los momentos negativos (creados en la cama superior) y los momentos positivos (creados en la cama inferior). Así que se calculará el acero requerido para los momentos negativos ($A_{S_R^{(-)}}$) y el acero requerido para los momentos positivos ($A_{S_R^{(+)}}$).

Acero requerido para los momentos negativos:

$$A_{S_R^{(-)}} = \left[(b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_U^{(-)} * b}{(0,003825) f'c}} \right] * \frac{\emptyset * f'c}{f_y}$$

$$A_{S_R^{(-)}} = \left\{ [(15 \text{ cm}) * (21 \text{ cm})] - \sqrt{[(15 \text{ cm}) * (21 \text{ cm})]^2 - \frac{(1 \ 605,86 \text{ kg} - \text{m}) * (15 \text{ cm})}{(0,003825) * (210)}} \right\} * \frac{(0,85) * (210)}{(2810)}$$

$$A_{S_R^{(-)}} = 3,29 \text{ cm}^2$$

Acero requerido para los momentos positivos:

$$A_{S_R^{(+)}} = \left[(b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{M_U^{(+)} * b}{(0,003825) f'c}} \right] * \frac{\emptyset * f'c}{f_y}$$

$$A_{sR}^{(+)} = \left\{ [(15 \text{ cm}) * (21 \text{ cm})] - \sqrt{[(15 \text{ cm}) * (21 \text{ cm})]^2 - \frac{(802,93 \text{ kg} - \text{m}) * (15 \text{ cm})}{(0,003825) * (210)}} \right\} * \frac{(0,85) * (210)}{(2810)}$$

$$A_{sR}^{(+)} = 1,57 \text{ cm}^2$$

Los cálculos realizados en los pasos anteriores, para determinar el acero mínimo, máximo y calculado, se resume en la siguiente tabla:

Tabla XIII. **Resultado del cálculo de acero en la viga**

	$A_{s\text{mín}}$	$A_{s\text{Requerido}}$	$A_{s\text{máx}}$
$M_U^{(-)}$	1,58 cm ²	3,29 cm ²	5,83 cm ²
$M_U^{(+)}$	1,58 cm ²	1,57 cm ²	5,83 cm ²

Fuente: elaboración propia.

Para cubrir el acero mínimo con varillas núm 4 se propone:

$$As = \frac{A_{s\text{mín}}}{A_{\text{var}}}$$

$$As = \frac{(1,58 \text{ cm}^2)}{(1,27 \text{ cm}^2)}$$

$$As = 1,244 \text{ varillas} \approx 2 \text{ varillas} \# 4$$

Y para cubrir el acero requerido para el momento negativo con varillas número 4 o bien de ½ plg de diámetro, en donde se propone:

$$As = \frac{A_{sR}}{A_{\text{var}}}$$

$$A_s = \frac{(3,29 \text{ cm}^2)}{(1,27 \text{ cm}^2)}$$

$$A_s = 2,59 \text{ varillas} \approx 3 \text{ varillas \#4}$$

Ahora se debe analizar los siguientes parámetros para determinar el área de acero requerido para cada cama (superior e inferior), se tomará el mayor de ellos para cada cama.

- Cama superior:

$$A_s^{(-)} \left\{ \begin{array}{l} A_{s_{\min}} = 1,58 \text{ cm}^2 \\ \text{Acero propuesto} = 2 \#4 = 2,54 \text{ cm}^2 \\ 33 \% A_{s_{\text{Requerido}}}^{(-)} = 0,33(3,29) = 1,08 \text{ cm}^2 \end{array} \right.$$

- Cama inferior:

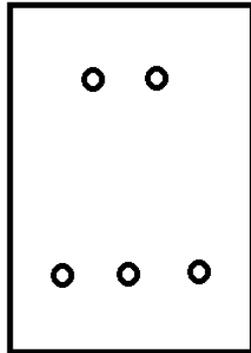
$$A_s^{(+)} \left\{ \begin{array}{l} \text{Armado propuesto} = 3\#4 = 3,81 \text{ cm}^2 \\ 50 \% A_{s_{\text{Requerido}}}^{(-)} = 0,50(1,57) = 0,79 \text{ cm}^2 \\ 50 \% A_{s_{\text{Requerido}}}^{(-)} = 0,50(3,29) = 1,65 \text{ cm}^2 \end{array} \right.$$

- Para cada cama el armado será:

Cama superior: 2 Varillas núm. 4

Cama inferior: 3 Varillas núm. 4

Figura 7. Vista transversal de la viga y su acero



Fuente: elaboración propia.

- Diseño del refuerzo por corte en la viga: el concreto resiste a corte, pero es muy pobre. Se debe determinar cuánto resiste el concreto que se está utilizando (que depende de las propiedades del concreto y la sección del elemento). Luego se compara con la fuerza cortante que está actuando sobre el elemento y diseñar el refuerzo para que le hace falta para cubrir toda la fuerza cortante que está actuando sobre el elemento.

Así que se comenzará con encontrar la fuerza de corte que resiste el concreto:

$$V_C = \phi * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * p$$

Donde

V_C = fuerza de corte del concreto

ϕ = diámetro nominal de la varilla a utilizar

b = base

p = peralte efectivo

$$V_c = (0,85)(0,53) \sqrt{210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * (15 \text{ cm}) * (21 \text{ cm})}$$

$$V_c = 2\,056,44 \text{ kg} \approx 2,056 \text{ TON}$$

La fuerza de corte que está actuando sobre la viga es:

$$V_{\text{act.}} = \frac{W_T * L}{2}$$

Donde

$V_{\text{act.}}$ = fuerza de corte actuante

W_T = carga total actuante sobre la viga

L = longitud o luz de la viga

$$V_{\text{act.}} = \frac{(951,62 \text{ kg/m})(4,5 \text{ m})}{2}$$

$$V_{\text{act.}} = 2\,141,15 \text{ kg} \approx 2,141 \text{ TON}$$

Para reforzar la viga a este exceso de cortante se propone la colocación de estribos utilizando varillas núm 3. La separación de los estribos será:

$$S_v = \frac{\phi * 2 * A_{s_{\text{var}}} * f_y * d}{(V_{\text{act.}} - \phi V_c)}$$

Donde

S_V = espaciamiento de estribos debido a la fuerza cortante

$A_{S_{var}}$ = área de la varilla de acero a utilizar

$V_{act.}$ = fuerza de corte actuante

V_C = fuerza de corte del concreto

$$S_{cm} = \frac{(0,85) * (2) * (0,71 \text{ cm}^2) * (2810 \text{ kg/cm}^2) * (21 \text{ cm})}{2 \text{ 141,15 kg} - [(0,85)(2 \text{ 056,44 kg})]}$$

$$S_{cm} = 181,15 \text{ cm}$$

Se compara con el espaciamiento máximo permitido por el ACI:

$$S_{MÁX} = \frac{d}{4}$$

$$S_{MÁX} = \frac{21 \text{ cm}}{4}$$

$$S_{MÁX} = 5 \text{ cm}$$

2.1.11.2.2. Diseño estructural del muro

Para el cálculo estructural del muro se utilizarán los siguientes datos:

- Altura del muro del tanque (H_t) = 3,30 m
- Base del muro (B_m) = 2,30 m
- Densidad del muro (peso específico) (ρ_{muro}) = 2 400 kg/m³
- Densidad del suelo (peso específico) (ρ_{suelo}) = 1 600 kg/m³

- Factor de seguridad de capacidad soporte del suelo (F_s) = 16 000 kg/m²
- Ángulo de fricción (μ) = 0,90
- Factor de seguridad (F_{sd}) = 1,50
- Valor soporte del suelo = 15 000 kg/m³

El primer paso es calcular el empuje horizontal que el suelo ejerce sobre la parte lateral del tanque. Para esto se determina el empuje del suelo y luego se descompone en su componente horizontal.

El empuje del suelo depende de un factor que se va a determinar primero, se llama coeficiente del empuje activo del suelo (K_a):

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}\beta}{1 + \text{sen}\beta}$$

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}(30^\circ)}{1 + \text{sen}(30^\circ)}$$

$$K_a = 0,33$$

Con este factor y lo datos que se colocaron, al inicio de esta sección, se determina el empuje del suelo:

$$E_s = \frac{\rho_{\text{suelo}} * H_T^2}{2} * K_a$$

$$E_s = \frac{(1,6 \text{ Ton/m}^3) * (3,30 \text{ m})^2}{2} * (0,33)$$

$$E_s = 2,90 \text{ Ton/m}$$

Para delimitar el empuje horizontal de esta resultante, se tomará como la componente horizontal:

$$E_{hs} = E_S * \cos\beta * b$$

$$E_{hs} = (2,90 \text{ Ton/m}) * \cos(30^\circ) * (1 \text{ m})$$

$$E_{hs} = 2,51 \text{ Ton}$$

A continuación se determina el momento que se crea sobre el muro debido a este empuje horizontal del suelo:

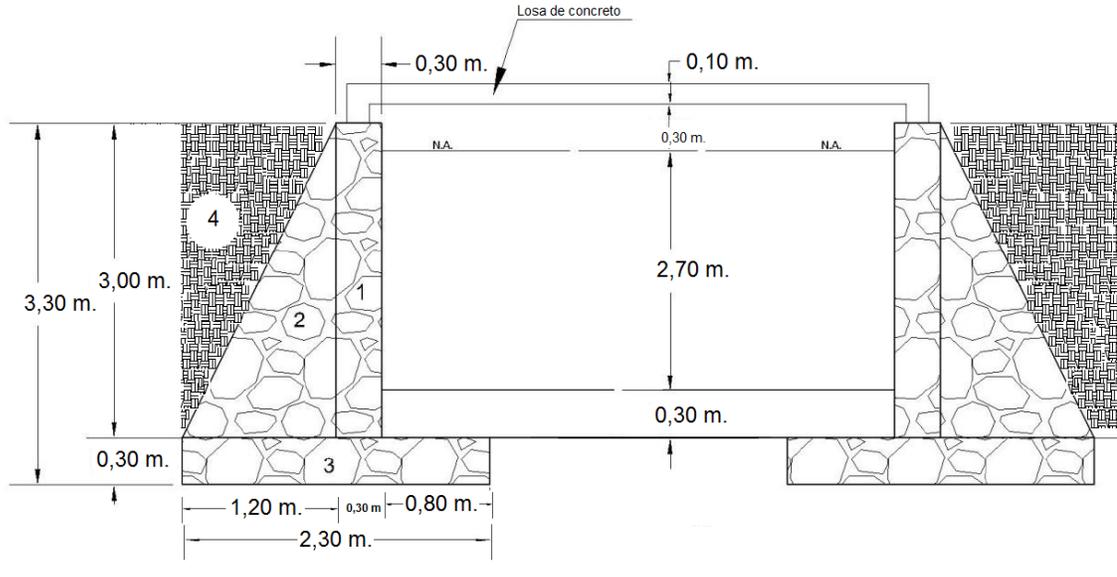
$$M_S = \frac{E_{hs} * H_T}{3}$$

$$M_S = \frac{(2,51 \text{ Ton}) * (3,30 \text{ m})}{3}$$

$$M_S = 2,76 \text{ ton} - \text{m}$$

Otro momento que se ejerce sobre el muro es el momento creado por el peso propio del mismo. A este momento también se le conoce como momento resistente, debido a que el peso de la estructura del muro es el que resiste los momentos que actúan sobre él (como por ejemplo el momento provocado por el empuje horizontal del suelo y el momento por el empuje del agua). Los cálculos se presentarán en la tabla y estarán basados en el siguiente dibujo.

Figura 8. Esquema del tanque y medidas



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad 2010

Tabla XIV. Cálculos para la estructura de los muros del tanque

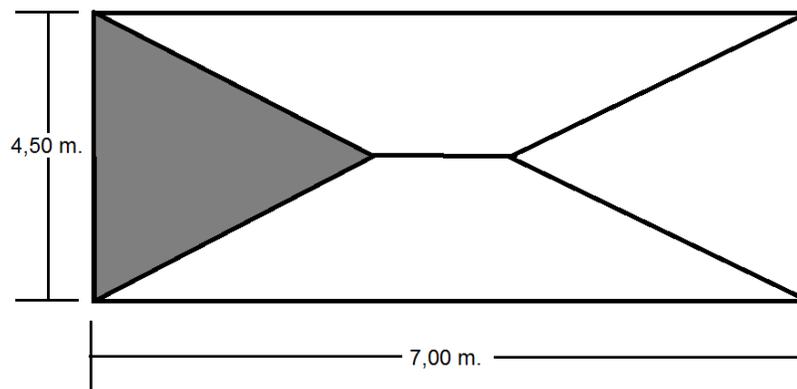
Figura	Área (m ²)	Peso específico (kg/m ³)	Área*Peso específico (Kg/m)	Brazo (m)	Momento (M _r) en Ton-m
1	$(0,30)*(3) = 0,90$	2,40	2,16	0,95	2,05
2	$\frac{1}{2}*(1,20)*(3) = 1,8$	2,40	4,32	1,50	6,48
3	$(0,3)*(2,30) = 0,69$	2,40	1,66	1,15	1,90
4	$\frac{1}{2}*(1,20)*(3) = 1,80$	1,60	2,88	1,90	5,47
			$\Sigma = 11,02$		$\Sigma = 15,90$

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto el momento resistente será: $M_R = 15,90 \text{ Ton} - \text{m}$

En los siguientes pasos se busca determinar el peso que estará cargando el muro.

Figura 9. **Área tributaria que transmite su peso al muro**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad 2010.

- Integración de cargas

- Losa

$$W_{L-LM} = \frac{CU * A_T}{b_C}$$

Donde

W_{L-LM} = carga de la losa debido al lado menor

CU = carga última

A_T = área tributaria

b_C = base menor

El área tributaria viene dada por:

$$A_T = \frac{1}{2} * B * h$$

Donde

A_T = área tributaria

B = base mas larga

h = altura de la losa

$$A_T = \frac{1}{2} * (4,50 \text{ m}) * (2,25 \text{ m})$$

$$A_T = 5,06 \text{ m}^2$$

Entonces el cálculo para la carga de la losa sobre el lado menor del muro es:

$$W_{L-LM} = \frac{(508 \text{ kg/m}^2) * (5,06 \text{ m}^2)}{4,50 \text{ m}}$$

$$W_{L-LM} = 571,50 \text{ kg/m}$$

Carga de viga:

$$W_V = \rho_{\text{concreto}} * b * h$$

$$W_V = \left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * (0,15 \text{ m})(0,25 \text{ m})$$

$$W_V = 90 \text{ kg/m}$$

Carga total

$$W_{T-M} = W_{L-LM} + W_V$$

Donde

W_{T-M} = carga total sobre el muro

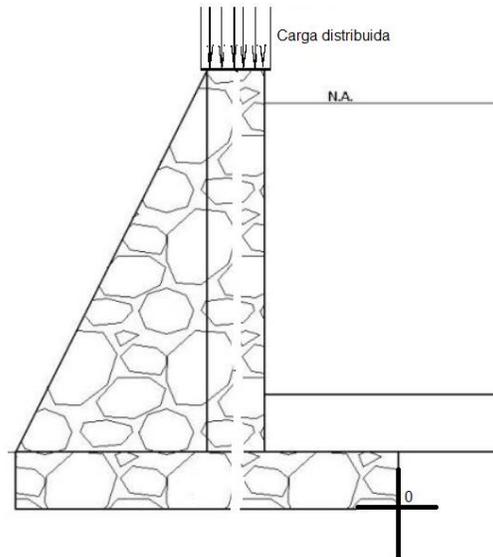
W_{L-LM} = carga de la losa debido al lado menor

W_V = carga de la viga

$$W_{T-M} = (571,50 \text{ kg/m}) + (90 \text{ kg/m})$$

$$W_{T-M} = 661,50 \text{ kg/m}$$

Figura 10. **Carga distribuida sobre el muro del tanque**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad 2010.

Se obtuvo en el paso anterior, una carga distribuida. Esto para tomarla como una carga puntual se multiplica por una franja unitaria que será considerada de 1 m.

$$W_{P-M} = W_{T-M} * b$$

Donde

W_{P-M} = carga puntual sobre el muro

W_{T-M} = carga total sobre el muro

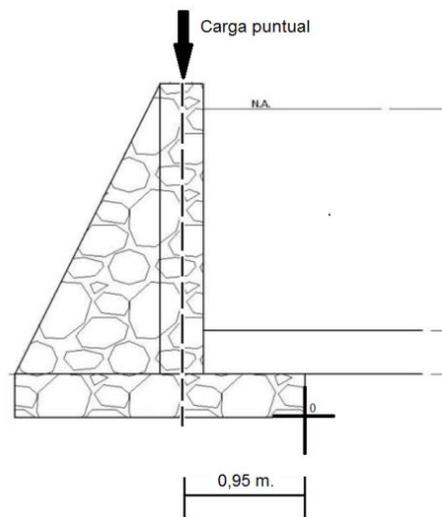
b = franja unitaria

$$W_{P-M} = 661,50 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (1 \text{ m})$$

$$W_{P-M} = 661,50 \text{ kg}$$

El momento provocado por la carga puntual del muro es:

Figura 11. **Carga puntual sobre el muro del tanque**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCad 2010.

$$M_{Wp} = W_{P-M} * z$$

Donde

M_{Wp} = momento provocado por una carga puntual

W_{P-M} = carga puntual sobre el muro

z = distancia de brazo hasta el punto de aplicación de la carga puntual

$$M_{Wp} = 661,50 \text{ kg} * (0,95 \text{ m})$$

$$M_{Wp} = 628,43 \text{ kg} - \text{m}$$

La carga total debido a la estructura del muro es:

$$W_{TE} = W_{L+V} + W_{P-M}$$

Donde

W_{TE} = carga total de la estructura

W_{L+V} = carga de losa más viga

W_{P-M} = carga puntual sobre el muro

$$W_{TE} = (661,50 \text{ kg/m}) + (11,02 \text{ Ton/m} * 1000 \text{ kg/Ton})$$

$$W_{TE} = 11681,50 \text{ kg/m}$$

Habiendo determinado las cargas que estarán actuando sobre el muro, los momentos que estas generan y las secciones del muro, se procede a chequear la estructura contra volteo, deslizamiento y presión en el suelo. Se utilizará un factor de seguridad de 1,50.

- Chequeo contra volteo: en este chequeo se toman en cuenta los momentos que actúan sobre la estructura, para verificar que las cargas externas que actúan sobre el muro no lo venzan.

$$F_{SV} = \frac{\sum M_M + M_{Wp}}{M_S}$$

Donde

F_{SV} = factor de chequeo contra volteo

M_{WP} = momento provocado por una carga puntual

ΣM_M = sumatoria de momentos en el muro

M_S = momento creado sobre el muro debido al empuje horizontal del suelo

$$F_{SV} = \frac{(15,91 \text{ Ton} - \text{m} * 1\,000 \text{ kg/Ton}) + (628,43 \text{ kg} - \text{m})}{(2,76 \text{ Ton} - \text{m} * 1\,000 \text{ kg/Ton})}$$

$$F_{SV} = 5,99$$

El factor encontrado debe ser mayor que el factor de seguridad para que la estructura cumpla contra volteo.

Si $F_{SV} > 1,50$ entonces el chequeo está correcto. Para este caso:

$$5,99 > 1,50$$

Por lo tanto, la estructura resiste a volteo.

- Chequeo contra deslizamiento

$$F_D = \frac{W_{TE} * f * \text{tg}\theta}{E_S}$$

Donde

F_D = factor de chequeo contra deslizamiento

W_{TE} = carga total de la estructura

f = coeficiente de fricción

E_S = fuerza de empuje del suelo

$$F_D = \frac{(11\,681,50 \text{ kg/m}) * (0,90) * \text{tg}(30^\circ)}{(2,90 \text{ Ton/m} * 1\,000 \text{ kg/Ton})}$$

$$F_D = 2,09$$

Si $F_D > 1,50$ entonces no existe deslizamiento.

Debido a que $2,09 > 1,50$ indica que cumple contra deslizamiento.

- Chequeo por presión en el suelo: es un chequeo que se realiza entre la base del muro y la presión última del suelo. Si la capacidad de soporte del suelo no es suficiente podría provocarse una especie de volteo provocado en la estructura.

Se inicia determinando las distancias a las que las cargas actúan (de la base del muro y de la presión del suelo).

$$a = \frac{M_R + M_C - M_S}{W_{TM}}$$

$$a = \frac{(15,90 \text{ Ton} - \text{m}) + (0,62843 \text{ Ton} - \text{m}) - (2,76 \text{ Ton} - \text{m})}{(11,02 \text{ Ton} - \text{m})}$$

$$a = 1,25 \text{ m}$$

Se verifica si existen presiones negativas:

$$A = 3 * a > B_m$$

El producto debe ser mayor a la dimensión de la base para que no existan presiones negativas, de lo contrario se debe cambiar de largo de la base.

$$3 * a = 3 * (1,25 \text{ m})$$

$$3 * a = 3,75 \text{ m}$$

$$3,75 \text{ m} > 2,30 \text{ m}$$

Esto indica que no hay presiones negativas. Se continúa con el cálculo de la excentricidad que se crea.

$$e = \frac{B_M}{2} - a$$

$$e = \frac{(2,30 \text{ m})}{2} - (1,25 \text{ m})$$

$$e = -0,10 \text{ m}$$

- Módulo de sección: es un valor que depende de las dimensiones de la base del muro y para su cálculo se considera su largo como una franja unitaria de 1 m.

$$S_x = \frac{1}{6} * (B_m)^2 * L$$

$$S_X = \frac{1}{6} * (2,30 \text{ m})^2 * (1 \text{ m})$$

$$S_X = 0,88 \text{ m}^3$$

Y con este módulo de sección, ya se puede calcular las presiones máximas y mínimas que ejerce el suelo sobre la base y compararlas contra la capacidad soporte del suelo. Esto para chequear la presión de carga en la estructura.

$$q_{\text{máx.y mín.}} = \frac{W_{\text{TM}}}{B_{\text{M}} * L} \pm \frac{W_{\text{TM}} * e}{S_X}$$

$$q_{\text{máx.y mín.}} = \frac{(11,02 \text{ Ton})}{(2,30 \text{ m}) * (1 \text{ m})} \pm \frac{(11,02 \text{ Ton}) * (-0,10 \text{ m})}{(0,88 \text{ m}^3)}$$

$$q_{\text{máx.}} = 6,04 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_{\text{mín.}} = 3,54 \text{ Ton/m}^2$$

Lo importante es que cumpla con la condición que la carga última de suelo sea mayor a la $q_{\text{máx.}}$ encontrada en el paso anterior.

$$q_{\text{máx.}} < F_s$$

$$6,04 \text{ Ton/m}^2 < 16 \text{ Ton/m}^2$$

Esto indica que el suelo será capaz de soportar las cargas que le está transmitiendo la base de la estructura.

- Diseño de la losa inferior: el volumen de agua que contendrá dentro el tanque de almacenamiento, por sus dimensiones es:

$$\text{Vol}_{\text{H}_2\text{O}} = L * B * h$$

$$\text{Vol}_{\text{H}_2\text{O}} = (6,70 \text{ m}) * (4,20 \text{ m}) * (2,70 \text{ m})$$

$$\text{Vol}_{\text{H}_2\text{O}} = 75,98 \text{ m}^3$$

Así que el peso que estará soportando la losa inferior del tanque es:

$$P_{\text{agua}} = \gamma_{\text{H}_2\text{O}} * \text{Vol}_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$P_{\text{agua}} = (1\,000 \text{ kg/m}^3) * (75,98 \text{ m}^3)$$

$$P_{\text{agua}} = 75\,980 \text{ kg} = 75,98 \text{ Ton}$$

El peso del agua por cada metro cuadrado sobre la losa será:

$$W_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{P_{\text{agua}}}{\text{área de losa}}$$

$$W_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{(75,98 \text{ Ton})}{(6,70 \text{ m} * 4,20 \text{ m})}$$

$$W_{\text{H}_2\text{O}} = 2,70 \text{ Ton/m}^2$$

Aún esta losa estará transmitiendo menos carga que la que puede soportar el suelo, debido a que:

$$W_{\text{H}_2\text{O}} < F_s$$

$$2,70 \text{ Ton/m}^2 < 16 \text{ Ton/m}^2$$

- Diseño del refuerzo de la losa de piso: se diseñará con el acero mínimo, sobre una franja unitaria de 1 m. El espesor de la losa ya fue estimado en el diseño estructural del muro del tanque de almacenamiento y es de 30 cm. Para este caso el recubrimiento mínimo es de 75 mm según el capítulo 7.7.1 del ACI. Y se propone utilizar varillas núm. 4 para su armado.

El peralte efectivo dentro de la losa es:

$$p = t - r - \frac{\phi_{\text{No.4}}}{2}$$
$$p = (30 \text{ cm}) - (7,50 \text{ cm}) - \frac{(1,27 \text{ cm})}{2}$$
$$p = 21,86 \text{ cm}$$

El acero mínimo será:

$$A_{S_{\text{mín.}}} = \frac{14,10}{f_y} * b * p$$
$$A_{S_{\text{mín.}}} = \frac{14,10}{(2\,810 \text{ kg/cm}^2)} * (100 \text{ cm}) * (21,86 \text{ cm})$$
$$A_{S_{\text{mín.}}} = 10,97 \text{ cm}^2$$

Esto indica que el acero necesario en cada metro de losa es de 11,05 cm², si una varilla de acero núm 4 posee un área de 1,27 cm². La cantidad de varillas necesarias viene dada por:

$$NV = \frac{(100 \text{ cm}) * (1,27 \text{ cm}^2)}{10,97 \text{ cm}^2}$$

$$NV = 11.58 \text{ cm} \approx 10 \text{ cm}$$

Por cuestiones constructivas se dejará en 10 cm. Así que el armado será núm 4 a cada 10 cm.

2.1.12. Desinfección

Según el Manual de normas sanitarias que establecen los procesos y métodos de purificación de agua para consumo humano, la desinfección es el proceso de purificación de agua para consumo humano. Por medio este se reduce la concentración de microorganismos patógenos hasta un nivel de inocuidad.

Este proceso es obligatorio para cualquier sistema de abastecimiento de agua para consumo humano y los métodos para el proceso de desinfección son:

- Aplicación de cloro o sus derivados
- Aplicación de ozono y
- Aplicación de radiación ultravioleta

De estos tres, el método más sencillo y económico es el cloro. De hecho, la norma indica que éste método debe aplicarse, sin excepción alguna, en todos los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano.

Para el sistema de agua potable de la aldea El Limón, el pozo mecánico ya se encontraba encamisado y no fue posible tomar muestras del agua para su análisis en un laboratorio. Así que se trabajará la desinfección como una propuesta que se aplicará solo, al momento de extraer una muestra y analizarla en un laboratorio, lo que se aconseja se realice al momento de equipar el pozo con el equipo de bombeo propuesto.

Dentro de los sistemas de cloración, el alimentador automático de hipoclorito de Calcio es uno de los métodos más modernos y sencillos de aplicar. Este funciona a base de dosificaciones en libras hipoclorito de calcio que se colocan dentro de un dispensador que trabaja con una solución al 65 % diluido en agua en dosis muy pequeñas, e instalado a la entrada del paso de agua en el tanque de almacenamiento.

Lo que lo hace uso práctico es que la persona encargada del sistema de desinfección, debe estar pendiente únicamente de que el tanque de hipoclorito no esté vacío. La forma de calcular la dosis es a través de la siguiente ecuación:

$$F_{Cl} = Q_e * D_C * 0,06$$

Donde

F_{Cl} = flujo de cloro en gramos/hora

Q_e = caudal de entrada al tanque en litros/min = $Q_{md} * 86\ 400$ seg/día

D_C = demanda de cloro en miligramos/litro

El cálculo del caudal se debe trabajar en litros/min, entonces:

$$Q_e = (10,4822 \text{ l/seg}) * (60 \text{ seg/min})$$

$$Q_e = 628,93 \text{ litros por día}$$

Así que

$$F_{Cl} = (628,93 \text{ l/día}) * (0,20) * 0,06$$

$$F_{Cl} = 7,55 \text{ gramos/hora}$$

El número de gramos que se consumirá en un mes será de:

$$F_{Cl/mes} = (7,55 \text{ gramos/hora}) * (24 \text{ horas/día}) * (30 \text{ días/mes})$$

$$F_{Cl/mes} = 5\,436 \text{ gramos/mes}$$

El hipoclorito de calcio se distribuye por libra, así que 5 436 gramos equivalen a 11,98 lb, o sea, unas 12 libras de hipoclorito de calcio por mes.

2.1.13. Planos

Los planos del diseño de agua potable, para la aldea El Limón, se encuentran en el apéndice 2 del presente informe de graduación.

2.1.14. Presupuesto

A continuación se presentan los unitarios, seguidos del cuadro resumen del presupuesto del proyecto.

El factor de indirectos a utilizar es de 60 %, y se detalla de la siguiente manera:

Tabla XV. **Desglose del factor de indirectos**

Factor	Porcentaje
Gastos de operación	10,00
Gastos de oficina en obra	6,00
Imprevistos	5,00
Financiamiento	4,00
Fianzas-seguros	6,00
Utilidad	7,00
Impuestos	17,00
Supervisión	5,00
Total	60,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Cuadro resumen del presupuesto del proyecto

PRESUPUESTO PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMÓN.						
UBICACIÓN: ALDEA EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA.						
CUADRO RESUMEN						
Núm	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO POR RENGLÓN	PORCENTAJE DE COSTO POR RENGLÓN
1	Trabajos preliminares					
1,2	Replanteo topográfico	11 435,97	ml	Q 6,12	Q 69 984,00	2,45%
2	Sistema de bombeo					
2,1	Bomba sumergible de 100 HP (con accesorios e instalación).	1	global	Q 594 619,67	Q 594 619,67	20,78 %
3	Tubería de conducción					
3,1	Tubo H.G. de 4" de liviana (700 psi) con rosca y base de concreto	2 541,00	ml	Q 351,13	Q 892 320,36	31,18 %
4	Tubería de distribución					
4,1	Tubo PVC de 4" 160 psi SRD 26 ASTM 2241 con campana	34,00	ml	Q 310,30	Q 10 463,36	0,37 %
4,2	Tubo PVC de 3" 160 psi SRD 26 ASTM 2241 con campana	652,00	ml	Q 180,58	Q 117 652,29	4,11 %
4,3	Tubo PVC de 2 1/2" 160 psi SRD 26 ASTM 2241 con campana	184,00	ml	Q 150,61	Q 27 779,03	0,97 %
4,4	Tubo PVC de 2" 160 psi SRD 26 ASTM 2241 con campana	479,00	ml	Q 125,32	Q 60 082,66	2,10 %
4,5	Tubo PVC de 1 1/2" 160 psi SRD 26 ASTM 2241 con campana	1 636,00	ml	Q 102,85	Q 168 293,28	5,88 %
4,6	Tubo PVC de 1" 160 psi SRD 26 ASTM 2241 con campana	3 349,00	ml	Q 87,55	Q 293 199,96	10,25 %
4,7	Tubo PVC de 3/4" 250 psi SRD 17 ASTM 2241 con campana	2 452,00	ml	Q 82,31	Q 201 819,83	7,05 %
5	Tanque de almacenamiento para zona norte de la aldea					
5,1	Cubierta del tanque de almacenamiento	32,00	m2	Q 626,70	Q 19 741,11	0,69 %
5,2	Viga para el tanque de almacenamiento	31,00	ml	Q 295,52	Q 9 279,20	0,32 %
5,3	Muro de concreto ciclópeo para tanque de almacenamiento	31,00	ml	Q 4 698,28	Q 145 646,55	5,09 %
5,4	Losa de piso para tanque de almacenamiento	28,00	m2	Q 878,92	Q 24 732,89	0,86 %
6	Tanque de almacenamiento para zona sur de la aldea					
6,1	Cubierta del tanque de almacenamiento	32,00	m2	Q 626,70	Q 19 741,11	0,69 %
6,2	Viga para el tanque de almacenamiento	31,00	ml	Q 295,52	Q 9 279,20	0,32 %
6,3	Muro de concreto ciclópeo para tanque de almacenamiento	31,00	ml	Q 4 698,28	Q 145 646,55	5,09 %

Continuación de la tabla XVI.

6,4	Losa de piso para tanque de almacenamiento	28,00	m2	Q 878,92	Q 24 732,89	0,86 %
7	Sistema de desinfección hipoclorito de calcio	1,00	global	Q 5 419,27	Q 5 419,27	0,19 %
8	Cajas					
	Válvula de paso + caja	6,00	unidad	Q 2 470,22	Q 14 821,30	0,52 %
	Caja distribuidora de caudal + caja de reunión de drenaje y desagüe	1,00	unidad	Q 6 481,86	Q 6 481,86	0,23 %
	COSTO TOTAL DEL PROYECTO				Q2 861 736,35	100,00 %

Fuente: elaboración propia.

2.1.15. Estudio de impacto ambiental (EIA)

Es una herramienta administrativa-legal, dentro de la cual se busca determinar los impactos que se tendrán sobre el ambiente a lo largo de las etapas de construcción y desarrollo del proyecto. También se plantean medidas de mitigación que se tomarán en cuenta sobre los siguientes aspectos ambientales: aire, agua, suelo, biodiversidad, visual, social y otros.

Esta evaluación de EIA se presenta ante el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN), donde aprobarán o desaprobarán el proyecto de acuerdo al impacto causado al medio ambiente.

- Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para el sistema de abastecimiento de agua potable, aldea El Limón, Santa Catarina Mita, Jutiapa.

El proyecto se localiza dentro de la aldea El Limón, que pertenece al municipio de Santa Catarina Mita, departamento de Jutiapa. La aldea ubicada a

15 km de la cabecera municipal se encuentra en las coordenadas geográficas 14° 22' 52" norte y 89° 48' 10" oeste y las coordenadas UTM X= 197 724,90 m y Y= 1 591 713,32 m (bajo el datum WGS 84).

El proyecto consiste en la construcción de un sistema de abastecimiento de agua potable para la comunidad de la aldea El Limón. El sistema está conformado por un pozo mecánico equipado con una bomba hidráulica, una línea de conducción de 2,5 km de longitud (de tubería H.G.). Este conduce el agua por bombeo hacia dos tanques de almacenamiento de 75 m³ y la red de distribución de la aldea de 10 km de longitud (de material PVC).

El área de influencia será aproximadamente 1 268 m² que abarca la aldea El Limón, zona montañosa y boscosa, en su mayoría con áreas para cultivo de milpa y café. Al centro de la aldea se encuentran concentradas la mayor parte de casas, que cuentan con los derechos legales sobre los terrenos y han otorgado los derechos de paso correspondientes para la tubería y tanques de almacenamiento.

Los trabajos preliminares para el proyecto son la limpieza y desmonte. Así como el manejo y disposición de los desechos provocados por la limpieza y desmonte (que en su mayoría son orgánicos) y la excavación y compactación del terreno.

Los recursos naturales que se utilizarán son el agua subterránea en la ubicación del pozo, el material suelo por donde pasará la tubería y donde estarán ubicados los tanques de almacenamiento y piedra bola. Esto para la construcción de los muros de concreto ciclópeo para los tanques de almacenamiento.

Mientras que los materiales o sustancias que se utilizarán serán: tubería de PVC y H.G., cemento, arena, pedrín, hierro y piedra bola.

Dentro del impacto ambiental que será producido se pueden mencionar los siguientes factores:

- Como residuos o contaminantes generados dentro del período de construcción se toman en cuenta las partículas de polvo, aguas residuales y desechos sólidos.
- Dentro de las emisiones a la atmósfera se consideran las partículas de polvo liberadas por acarreo de material, excavaciones y rellenos producidas dentro de la construcción del proyecto. Provocando riesgo de enfermedades respiratorias para los trabajadores y habitantes de la aldea.
- Las descargas de aguas residuales que se manejarán dentro del período de construcción serán excretas y desechos de aguas producidas dentro de la etapa de construcción.
- Ningún sitio arqueológico se verá afectado de ninguna forma dentro de los períodos de construcción y ejecución del proyecto.
- Los desechos sólidos tendrán únicamente dentro de la etapa de construcción y se consideran los desechos de una construcción, sobrante de materiales, ripio y basura inorgánica.

- En cuanto a la contaminación auditiva y visual considerada será mínima. Debido a que no se utilizará maquinaria que produzca ruido y el trabajo de la tubería quedará bajo la superficie.
- Se estima un impacto social dentro de los pobladores como cambio de sus costumbres al momento de ejecución del proyecto. Aquí deberán adecuarse a una nueva tarifa y a una educación sobre el ahorro y disposición adecuada del agua.
- Medidas de mitigación

Dentro del impacto por residuos o desechos se debe disponer de un lugar para ripio y residuos materiales, que se serán retirados con *pick-up* o camiones. Este lugar de desecho debe estar retirado de las casas o debidamente cubierto.

Sobre la mitigación de contaminantes liberados al ambiente, se debe programar el rocío de agua antes y después de realizar las tareas de excavación y relleno del material suelo en zanjas y área destinada para los tanque de almacenamiento. Los camiones que transporten este material deberán cubrirse con lonas para evitar la dispersión de polvo en el ambiente. Cada trabajador deberá poseer equipo de protección personal contra el polvo.

Se instalarán letrinas o en su defecto fosas sépticas, que serán ubicadas lejos de fuentes de agua. Esto para evitar la contaminación del manto freático de la zona.

Toda herramienta o equipo utilizado deberá encontrarse en óptimas condiciones para mitigar la contaminación auditiva. De la misma forma todo

trabajador deberá poseer el equipo de protección auditiva. Esto mientras maneje herramienta o realice alguna actividad de este tipo.

Se trabajarán en charlas, material visual y capacitaciones, con las personas de la comunidad, para comunicar el proceso de construcción y crear una educación sobre la disposición y ahorro de agua potable.

2.1.16. Evaluación socioeconómica

En esta sección se analizará de forma financiera el proyecto, para lo cual se determinará el costo de operación y mantenimiento del proyecto. También se propondrá una tarifa para cobrar por el servicio de agua dentro de la población de la aldea El Limón.

Se comienza determinando los costos:

- Costo de operación: en el que se contempla el pago a un fontanero que se hará cargo de la revisión y mantenimiento de los componentes físicos del sistema de agua potable (tubería, conexiones, cajas, y otros). Dentro de sus funciones principales se encuentra la limpieza de tubería, cajas y demás obras de arte. Así como la limpieza de la maleza que podría afectar al funcionamiento del sistema, realizar reparaciones e inspecciones periódicas al sistema, y ser el encargado del buen funcionamiento y mantenimiento del sistema de desinfección del sistema de agua potable. Este fontanero será propuesto y elegido por los miembros del Cocode de la aldea El Limón.

El pago por jornal será de Q.50,00 para el fontanero. Y se tomará un 62 % para sus prestaciones (vacaciones, indemnización, aguinaldo, bono 14, IGSS, Intecap e Iotra).

$$Q. \text{Font}_{Men} = \left(\frac{Q. 50,00}{\text{día}} \right) * \left(\frac{30 \text{ días}}{1 \text{ mes}} \right) * 1,62$$

$$Q. \text{Font}_{Men} = Q. 2 430,00$$

El salario mensual del fontanero será de Q. 2 430,00.

- Costo de mantenimiento: aquí se incluyen los gastos en materiales necesarios para las reparaciones y buen funcionamiento del proyecto. Para su estimación se tomará el 4 por millar del costo del proyecto para un periodo de vida útil de 21 años.

$$Q. M = \left(\frac{4}{1 000} \right) * \left(\frac{2 861 736,35}{21} \right)$$

$$Q. M = Q. 545,09 \text{ mensual}$$

- Costo de tratamiento: se estiman los costos causados por el tratamiento del agua. Para este caso, el único gasto será generado por las libras de hipoclorito requeridas mensualmente.

$$Q. \text{Trat} = Q. 221,64$$

Por las 12 libras de hipoclorito consumidas mensualmente

- Costo de administración: es aquí donde se estiman los gastos realizados en papelería, sellos, viáticos, etc. Para este caso se estimará un 15 % de los costos calculados anteriormente.

$$Q. Admon = 0,15(2\ 430 + 545,09 + 221,64)$$

$$Q. Admon. = Q. 479,50 \text{ mensuales}$$

- Costo de reserva: Este tipo de costo se considera para cualquier imprevisto o suceso que no se encuentra contemplado dentro de los costos calculados anteriormente. Se estima como el 10 % de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$Q. Res = 0,10(2\ 430 + 545,09 + 221,64)$$

$$Q. Res = Q. 319,67 \text{ mensuales}$$

- Tarifa propuesta: ya habiendo calculado los costos, se puede determinar la tarifa propuesta para el sistema de agua potable de la aldea El Limón.

$$Tp = \frac{\Sigma Q.}{\text{Viviendas en el sistema}}$$

$$Tp = \frac{(C. O. + C. M. + C. T. + C. A. + C. R.)}{\# \text{ viviendas incluidas en el sistema}}$$

$$Tp = \frac{(Q. 2\ 430 + Q. 545,09 + Q. 221,64 + Q. 479,50 + Q. 319,67)}{455 \text{ viviendas}}$$

$$T_p = \frac{(Q. 3\,995,90)}{455 \text{ viviendas}}$$

$$T_p = Q. 8,78/\text{vivienda.}$$

Así que la tarifa que se propone es de Q. 10,00 para cada vivienda mensualmente. La idea es redondear la tarifa, como no puede aproximarse al número anterior se aproximará al número superior más próximo.

2.1.16.1. Valor presente neto (VPN)

Debido a la variación del valor del dinero, a lo largo del tiempo, es difícil estimar el valor que tendrá un proyecto en el futuro. Una de las herramientas que se utiliza para realizar esta estimación es el VPN. Una de las definiciones del VPN podría ser: El valor actual de los beneficios netos que generará un proyecto durante toda su vida.

El VPN viene dado por:

$$VPN = A_n \left[\frac{(1 + i)^n - 1}{i(1 + i)^n} \right] - C_o$$

Donde

VPN = valor presente neto

A_n = anualidad

i = tasa de interés anual

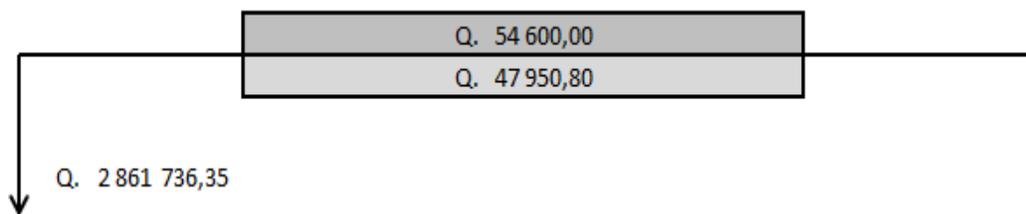
n = periodo de diseño

C_o = periodo de diseño

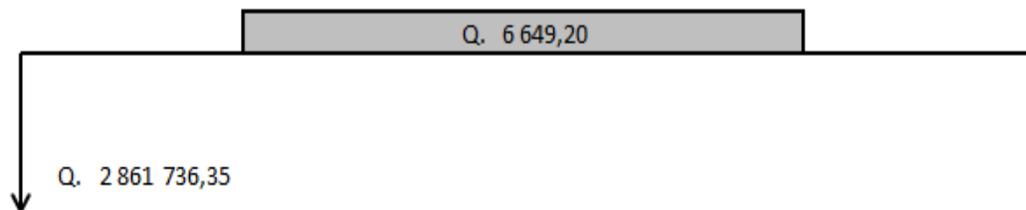
La tasa de interés debe estar prevista para cubrir la liquidez, inflación o desviaciones imprevistas a lo largo del periodo de operación del proyecto. Para este caso se tomará un porcentaje igual al 12 %.

El valor de periodo será el mismo periodo de vida útil del proyecto, 21 años (sección 2.1.5).

Figura 12. **Diagrama de flujo del capital para el proyecto**



Simplificando el diagrama tenemos



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2010.

Así que la ecuación de VPN sería:

$$VPN = (6\,649,20) \left[\frac{(1 + 0,12)^{21} - 1}{0,12 * (1 + 0,12)^{21}} \right] - 2\,861\,736,35$$

$$VPN = -Q. 2\,811\,455,08$$

Existen tres parámetros para analizar el VPN, si es menor a cero significa que el proyecto no es rentable; si el VPN es mayor a cero quiere decir que el proyecto si es rentable; y si el VPN es igual a cero significa que no se obtendrán pérdidas o ganancias desarrollando el proyecto.

Todo proyecto de inversión privada busca un VPN mayor a cero para asegurar una rentabilidad, pero en este caso es un proyecto de inversión pública y no debe buscar ser un proyecto lucrativo. Es muy difícil lograr un VPN mayor a cero, es por esto que, aún si el VPN ha resultado negativo el proyecto para la municipalidad es factibles y la cantidad de personas a las que beneficiará es el principal motivo para su ejecución.

2.1.16.2. Tasa interna de retorno (TIR)

Este parámetro se utiliza para indicar la rentabilidad de un proyecto. Esto busca definir la tasa de descuento con la que el VPN es igual a cero. Mientras mayor sea la TIR, la rentabilidad será mayor.

Se iniciará estimando con dos valores de interés y calculando el VPN para obtener dos resultados. Luego se interpolan los resultados para obtener la TIR para que el VPN sea igual a cero.

VPN con una tasa de interés del -19 %

$$VPN_{-19\%} = (6\ 649,20) \left[\frac{(1 - 0,19)^{21} - 1}{-0,19 * (1 - 0,19)^{21}} \right] - 2\ 861\ 736,35$$

$$VPN_{-19\%} = Q. 26\ 278.,52$$

VPN con una tasa de interés del -18 %

$$VPN_{-18\%} = (6\,649,20) \left[\frac{(1 - 0,18)^{21} - 1}{-0,18 * (1 - 0,18)^{21}} \right] - 2\,861\,736,35$$

$$VPN_{-18\%} = Q. - 514\,128,78$$

Interpolando los valores para determinar la TIR que obtenga un valor de VPN igual a cero:

- 18,00	- Q. 514 128,78
TIR	Q. 0,00
- 19,00	Q. 278,52

$$\frac{-0,18 + 0,19}{-514\,128,78 - 278,52} = \frac{-0,18 - TIR}{-514\,128,78 - 0}$$

$$TIR = -0,1895 = -18,95 \%$$

Esto indica que no se obtendrán ganancias al momento de implementar el proyecto. Pero como se indicó en tema anterior un proyecto municipal, no puede esperar un lucro con la ejecución del proyecto.

CONCLUSIONES

Con base en el estudio del proyecto de Introducción de agua potable para la aldea El Limón, ubicada en Santa Catarina Mita, Jutiapa se llegó a la conclusión que:

1. El costo total del proyecto es de Q. 2 861 736,35 que representan un beneficio para una población de 3 774 habitantes a lo largo de los 21 años de vida útil del proyecto. Con un costo unitario total de Q. 250,24 por cada metro lineal de tubería.
2. El sistema de agua potable contará con un pozo mecánico que utilizará una bomba hidráulica de 100 H.P. que impulsará el agua a través de una tubería de conducción de H.G. con una posición horizontal de 2 541,30 m y vencerá una altura de 209,29 m.
3. Dentro de la región se encuentra mucho material pétreo del sedimentario, que puede utilizarse en la construcción de muros de concreto ciclópeo. Por este motivo, se dirigirá el agua hacia dos tanques de almacenamiento que se elaborarán de concreto ciclópeo. Cada tanque de almacenamiento tendrá la capacidad para contener 75 m³ de agua; que estarán situados aguas arriba de la aldea El Limón. Para la línea de distribución se utilizará tubería de PVC con diámetros que varían desde los 3/4" hasta 4".

4. La red de distribución se trabajará con ramales abiertos y constará de dos tuberías principales que se abrirán paso por la aldea respectivamente. Esto debido a que la distribución de las casas de la aldea están más ubicadas hacia los lados del volcán Suchitán y no en el sentido de la pendiente.
5. El costo por metro lineal de la tubería de conducción es de Q. 351,13 y en la tubería de distribución se tiene un costo promedio de Q. 148,50. El costo lineal de la tubería de conducción es más elevado que el de la distribución debido al tipo de material de la tubería.
6. Al momento de la operación del sistema de agua potable, la tarifa local se calculó en Q. 10,00 por vivienda. Costo que será necesario para el mantenimiento, tratamiento, administración y reserva del proyecto.
7. El impacto ambiental que se tendrá durante el período de ejecución del proyecto será mínimo, y esto hace posible que se pueda atender con medidas correctivas sencillas. Por otro lado, durante el período de operación del proyecto no se tendrá ningún impacto ambiental.
8. El proyecto de agua potable para la aldea El Limón fue diseñado bajo las Normas del Infom-Unepar, Coguanor, Agies y ACI.

RECOMENDACIONES

A la Municipalidad de Santa Catarina Mita:

1. Cuando el proyecto inicie su funcionamiento se establecerá la revisión y el mantenimiento del sistema para un periodo de cada seis meses, así; garantizar su vida útil.
2. Es de carácter indispensable que se cumplan los tratamientos de desinfección del agua propuestos, en el presente trabajo de graduación, para garantizar la salud de los habitantes de la comunidad.
3. Para garantizar la durabilidad y el correcto funcionamiento del tablero y la instalación del voltaje de 460 voltios (con el que trabaja la bomba de 100 HP), se deberá mantener un estricto control tanto en la caseta para el pozo como en las instalaciones que se encuentren dentro de la misma.
4. La parte ejecutora del proyecto deberá garantizar la supervisión y deberá tomar las medidas necesarias para minimizar el impacto ambiental que se pudiera causar.
5. Debido a la fluctuación de precios de materiales y mano de obra la unidad ejecutora deberá actualizar los costos presentados en el presupuesto del proyecto.

6. Todo cambio o modificación del proyecto, ya sea por funcionalidad o estética, debe ser acordado y aprobado en acta oficial por el jefe de la Dirección Municipal de Planificación (DMP) y el Consejo Municipal.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACI COMITÉ 318. *Requisitos de reglamento para concreto estructural*, ACI 318S-08. Farmington Hills, Michigan: American Concrete Institute 2008. 518 p.
2. 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, 2008. 170 p.
3. GARCÍA TRISOLLI, Eduardo. Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales. Informe inédito. Lima, Perú: Fondo Perú-Alemania (FPA). 2009. 46 p.
4. Instituto Nacional de Estadística. *Lugares poblados XI Censo Población y VI de habitación*. Guatemala.
5. Instituto de Fomento Municipal. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para consumo humano*. Guatemala: INFOM/UNEPAR, 2009. 63 p.
6. _____. *Guía para el diseño de abastecimiento de agua potable a zonas rurales*. Guatemala: INFOM/UNEPAR, Guatemala, 1997. 66 p.
7. _____. *Normas generales para abastecimiento de agua potable*. Guatemala: INFOM, Guatemala, 1979. 37 p.

8. LÓPEZ CUALLA, Ricardo Alfredo. *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. 2da Ed. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003. 521p. ISBN 958-8060-36-2.

9. Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. *Plan de desarrollo Municipal: Plan de desarrollo Santa Catarina Mita*. Guatemala. 2011. 111p.

APÉNDICES

- **APÉNDICE 1:** Cuadro resumen de cálculos de la línea de distribución
- **APÉNDICE 2:** Planos

Apéndice 1: Cuadro resumen de cálculos de la línea de distribución

Descripción	EST.	P.O.	Distancia horizontal	Viviendas por tramo	Población futura en el nudo	Caudal del nudo	Caudal instantáneo	Caudal de diseño	Diámetro	Pérdidas	Cota piezométrica	Cota de terreno	presión disponible	Velocidad
Tubería principal 1	-	E-0	0,0000	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	4	0,00	1218,20	1218,20	0,0000	0,00
Tubería principal 1	E-0	E-1	6,9095	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	4	0,03	1218,17	1216,90	1,2700	0,66
Tubería principal 1	E-1	E-3	27,8222	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	4	0,12	1218,05	1211,90	6,1494	0,66
Tubería principal 1	E-3	E-4	18,1060	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	3	0,27	1217,78	1208,70	9,0826	1,09
Tubería principal 1	E-4	E-5	25,0529	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	3	0,37	1217,41	1204,60	12,8135	1,09
Tubería principal 1	E-5	E-6	19,6085	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	3	0,29	1217,12	1201,90	15,2245	1,09
Tubería principal 1	E-6	E-7	11,2840	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	3	0,17	1216,96	1199,90	17,0582	1,09
Tubería principal 1	E-7	E-8	15,5942	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	3	0,23	1216,73	1197,10	19,6284	1,09
Tubería principal 1	E-8	E-9	17,7764	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	3	0,26	1216,47	1197,40	19,0665	1,09
Tubería principal 1	E-9	E-10	16,9497	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	3	0,25	1216,22	1196,40	19,8167	1,09
Tubería principal 1	E-10	E-11	31,8368	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	3	0,47	1215,75	1190,90	24,8476	1,09
Tubería principal 1	E-11	E-12	17,0461	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	3	0,25	1215,50	1188,50	26,9964	1,09
Tubería principal 1	E-12	E-13	22,1472	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	3	0,33	1215,17	1184,40	30,7700	1,09
Tubería principal 1	E-13	E-14	14,1440	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	3	0,21	1214,96	1182,70	32,2616	1,09
Tubería principal 1	E-14	E-15	9,9356	232	1902	5,2833	3,0397	5,2833	3	0,15	1214,82	1181,30	33,5152	1,09
Tubería principal 1	E-15	E-16	17,7055	226	1836	5,0997	3,0000	5,0997	3	0,24	1214,57	1181,28	33,2908	1,06
Tubería principal 1	E-16	E-17	4,4433	226	1836	5,0997	3,0000	5,0997	3	0,06	1214,51	1181,50	33,0095	1,06
Tubería principal 1	E-17	E-18	7,0478	226	1836	5,0997	3,0000	5,0997	3	0,10	1214,41	1180,70	33,7122	1,06
Tubería principal 1	E-18	E-19	0,0000	226	1836	5,0997	3,0000	5,0997	3	0,00	1214,41	1180,70	33,7122	1,06
Tubería principal 1	E-18	E-20	19,9695	226	1836	5,0997	3,0000	5,0997	3	0,28	1214,14	1180,30	33,8366	1,06
Tubería principal 1	E-20	E-21	7,0500	226	1836	5,0997	3,0000	5,0997	3	0,10	1214,04	1180,40	33,6393	1,06
Tubería principal 1	E-21	E-22	13,1166	226	1836	5,0997	3,0000	5,0997	3	0,18	1213,86	1180,20	33,6582	1,06
Tubería principal 1	E-22	E-23	26,9966	226	1836	5,0997	3,0000	5,0997	3	0,37	1213,49	1181,60	31,8856	1,06

Fuente: elaboración propia.

Continuación de Apéndice 1.

Tuberia principal 1	E-23	E-24	28,4310	226	1836	5,0997	3,0000	5,0997	3	0,39	1213,09	1180,40	32,6932	1,06
Tuberia principal 1	E-24	E-25	25,5650	226	1836	5,0997	3,0000	5,0997	3	0,35	1212,74	1178,80	33,9403	1,06
Tuberia principal 1	E-25	E-26	25,4902	220	1777	4,9360	2,9597	4,9360	3	0,33	1212,41	1178,30	34,1091	1,02
Tuberia principal 1	E-26	E-27	22,5467	220	1777	4,9360	2,9597	4,9360	3	0,29	1212,12	1180,70	31,4161	1,02
Tuberia principal 1	E-27	E-28	19,9536	210	1689	4,6929	2,8914	4,6929	3	0,24	1211,88	1182,50	29,3800	0,97
Tuberia principal 1	E-28	E-29	34,7776	209	1681	4,6681	2,8844	4,6681	3	0,41	1211,47	1187,90	23,5724	0,97
Tuberia principal 1	E-29	E-30	17,7055	208	1673	4,6483	2,8775	4,6483	3	0,21	1211,27	1188,60	22,6665	0,96
Tuberia principal 1	E-30	E-31	31,3826	205	1654	4,5937	2,8566	4,5937	3	0,36	1210,91	1189,20	21,7095	0,95
Tuberia principal 1	E-31	E-32	14,0492	204	1645	4,5689	2,8496	4,5689	3	0,16	1210,75	1187,50	23,2513	0,95
Tuberia principal 1	E-32	E-33	15,7385	204	1645	4,5689	2,8496	4,5689	3	0,18	1210,57	1185,40	25,1740	0,95
Tuberia principal 1	E-33	E-34	23,0474	204	1645	4,5689	2,8496	4,5689	3	0,26	1210,31	1183,00	27,3144	0,95
Tuberia principal 1	E-34	E-35	22,1409	196	1588	4,4102	2,7928	4,4102	3	0,23	1210,08	1179,80	30,2808	0,91
Tuberia principal 1	E-35	E-1020	21,6587	195	1582	4,3953	2,7857	4,3953	2	1,50	1208,58	1176,50	32,0787	1,98
Tuberia principal 1	E-1020	E-36	15,9876	194	1575	4,3754	2,7785	4,3754	2	1,10	1207,48	1174,30	33,1791	1,97
Tuberia principal 1	E-36	E-37	45,9700	133	1057	2,9368	2,2978	2,9368	2	1,51	1205,97	1171,90	34,0669	1,32
Tuberia principal 1	E-37	E-38	38,0711	131	1029	2,8574	2,2804	2,8574	2	1,19	1204,78	1171,10	33,6764	1,29
Tuberia principal 1	E-38	E-39	36,2579	114	914	2,5399	2,1260	2,5399	2	0,91	1203,86	1166,10	37,7646	1,14
Tuberia principal 1	E-39	E-40	39,1847	114	914	2,5399	2,1260	2,5399	2	0,99	1202,88	1162,50	40,3792	1,14
Tuberia principal 1	E-40	E-41	19,6430	114	914	2,5399	2,1260	2,5399	2	0,49	1202,39	1162,20	40,1853	1,14
Tuberia principal 1	E-41	E-1019	10,8586	75	627	1,7412	1,7205	1,7412	2	0,14	1202,25	1161,50	40,7495	0,78
Tuberia principal 1	E-41	E-42	22,4287	70	598	1,6619	1,6613	1,6619	2	0,26	1201,99	1160,50	41,4921	0,75
Tuberia principal 1	E-42	E-43	23,2516	70	598	1,6619	1,6613	1,6619	2	0,27	1201,73	1158,40	43,3254	0,75
Tuberia principal 1	E-43	E-44	22,1486	48	429	1,1906	1,0283	1,1906	2	0,14	1201,59	1157,40	44,1883	0,54
Tuberia principal 1	E-44	E-45	20,0109	43	391	1,0864	0,9721	1,0864	1	1,85	1199,74	1154,70	45,0353	1,59
Tuberia principal 1	E-45	E-46	46,7075	43	391	1,0864	0,9721	1,0864	1	4,32	1195,41	1148,50	46,9104	1,59
Tuberia principal 1	E-46	E-47	21,9373	42	379	1,0517	0,9605	1,0517	1	1,91	1193,50	1145,60	47,8976	1,54
Tuberia principal 1	E-47	E-48	7,0500	42	379	1,0517	0,9605	1,0517	1	0,61	1192,88	1145,70	47,1829	1,54

Fuente: elaboración propia.

Continuación de Apéndice 1.

Tubería principal 1	E-48	E-49	30,5271	42	379	1,0517	0,9605	1,0517	1	2,66	1190,22	1141,80	48,4210	1,54
Tubería principal 1	E-49	E-1000	6,4158	42	379	1,0517	0,9605	1,0517	1	0,56	1189,66	1142,00	47,6616	1,54
Tubería principal 1	E-1000	E-1001	20,8915	41	371	1,0318	0,9487	1,0318	1	1,76	1187,90	1142,70	45,2031	1,51
Tubería principal 1	E-1001	E-50	16,9597	40	366	1,0170	0,9367	1,0170	1	1,39	1186,51	1143,40	43,1133	1,49
Tubería principal 1	E-50	E-1002	13,6994	40	366	1,0170	0,9367	1,0170	1	1,12	1185,39	1144,40	40,9907	1,49
Tubería principal 1	E-1002	E-51	11,9587	39	359	0,9971	0,9247	0,9971	1	0,94	1184,45	1145,40	39,0459	1,46
Tubería principal 1	E-51	E-1003	16,7918	39	359	0,9971	0,9247	0,9971	1	1,33	1183,12	1145,10	38,0192	1,46
Tubería principal 1	E-1003	E-52	5,6387	38	346	0,9624	0,9124	0,9624	1	0,42	1182,70	1145,08	37,6219	1,41
Tubería principal 1	E-52	E-1004	12,1819	38	346	0,9624	0,9124	0,9624	1	0,90	1181,80	1144,40	37,4005	1,41
Tubería principal 1	E-1004	E-1005	7,9230	37	338	0,9376	0,9000	0,9376	1	0,56	1181,24	1143,90	37,3419	1,37
Tubería principal 1	E-1005	E-53	5,6038	36	325	0,9029	0,8874	0,9029	1	0,37	1180,87	1143,60	37,2734	1,32
Tubería principal 1	E-53	E-1006	7,7277	36	325	0,9029	0,8874	0,9029	1	0,51	1180,37	1143,80	36,5653	1,32
Tubería principal 1	E-1006	E-54	18,4209	35	314	0,8731	0,8746	0,8746	1	1,14	1179,22	1144,40	34,8233	1,28
Tubería principal 1	E-54	E-55	29,4171	35	314	0,8731	0,8746	0,8746	1	1,82	1177,40	1146,70	30,6994	1,28
Tubería principal 1	E-55	E-56	39,4753	19	179	0,4961	0,6364	0,6364	1	1,36	1176,04	1144,80	31,2404	0,93
Tubería principal 1	E-56	E-1007	31,1062	12	118	0,3274	0,4975	0,4975	1	0,68	1175,36	1144,70	30,6614	0,73
Tubería principal 1	E-1007	E-57	4,6578	11	109	0,3026	0,4743	0,4743	1	0,09	1175,27	1144,50	30,7683	0,69
Tubería principal 1	E-57	E-1008	9,6100	11	109	0,3026	0,4743	0,4743	1	0,19	1175,08	1144,60	30,4762	0,69
Tubería principal 1	E-1008	E-1009	14,6901	10	105	0,2927	0,4500	0,4500	1	0,27	1174,81	1144,20	30,6098	0,66
Tubería principal 1	E-1009	E-58	16,0336	9	96	0,2679	0,4243	0,4243	1	0,26	1174,55	1143,70	30,8491	0,62
Tubería principal 1	E-58	E-1010	18,4373	9	96	0,2679	0,4243	0,4243	1	0,30	1174,25	1142,40	31,8493	0,62
Tubería principal 1	E-1010	E-1011	7,1077	8	91	0,2530	0,3969	0,3969	1	0,10	1174,15	1141,90	32,2472	0,58
Tubería principal 1	E-1011	E-1012	6,1834	7	82	0,2282	0,3674	0,3674	1	0,08	1174,07	1141,40	32,6701	0,54
Tubería principal 1	E-1012	E-1013	10,1975	6	75	0,2084	0,3354	0,3354	1	0,11	1173,96	1140,70	33,2628	0,49
Tubería principal 1	E-1013	E-1014	15,1414	5	59	0,1637	0,3000	0,3000	1	0,13	1173,83	1139,60	34,2331	0,44
Tubería principal 1	E-1014	E-59	3,8166	4	52	0,1439	0,2598	0,2598	1	0,03	1173,81	1139,40	34,4081	0,38
Tubería principal 1	E-59	E-1015	4,2729	4	52	0,1439	0,2598	0,2598	1	0,03	1173,78	1139,00	34,7800	0,38

Fuente: elaboración propia.

Continuación de Apéndice 1.

Tubería principal 1	E-1015	E-1016	26,1590	3	27	0,0744	0,2121	0,2121	1	0,12	1173,66	1136,60	37,0620	0,31
Tubería principal 1	E-1016	E-1017	16,8064	2	18	0,0496	0,1500	0,2000	1	0,07	1173,59	1135,10	38,4941	0,29
Tubería principal 1	E-1017	E-60	16,1631	1	9	0,0248	0,0000	0,2000	1	0,07	1173,53	1133,70	39,8287	0,29

Descripción	EST.	P.O.	Distancia horizontal	Viviendas por tramo	Población futura en el nudo	Caudal del nudo	Caudal instantáneo	Caudal de diseño	Diámetro	Pérdidas	Cota piezométrica	Cota de terreno	presión disponible	Velocidad
tubería principal 2	-	E-1	0,0000	223	1872	5,1989	2,9799	5,1989	3	0,00	1217,90	1217,90	0,0000	1,08
tubería principal 2	E-1	E-2	27,4948	223	1872	5,1989	2,9799	5,1989	3	0,39	1217,51	1213,50	4,0067	1,08
tubería principal 2	E-2	E-3	46,9478	223	1872	5,1989	2,9799	5,1989	3	0,67	1216,84	1205,90	10,9352	1,08
tubería principal 2	E-3	20000	31,7282	223	1872	5,1989	2,9799	5,1989	2 1/2	1,18	1215,65	1201,40	14,2533	1,59
tubería principal 2	2000	E-4	11,3300	215	1814	5,0402	2,9257	5,0402	2 1/2	0,40	1215,25	1199,60	15,6548	1,55
tubería principal 2	E-4	2007	39,4236	215	1814	5,0402	2,9257	5,0402	2 1/2	1,39	1213,87	1192,60	21,2681	1,55
tubería principal 2	2007	E-5	6,0805	213	1798	4,9955	2,9120	4,9955	2 1/2	0,21	1213,66	1191,60	22,0578	1,53
tubería principal 2	E-5	E-6	20,2795	213	1798	4,9955	2,9120	4,9955	2 1/2	0,70	1212,96	1188,90	24,0561	1,53
tubería principal 2	E-6	E-7	17,0495	213	1798	4,9955	2,9120	4,9955	2 1/2	0,59	1212,37	1186,40	25,9662	1,53
tubería principal 2	E-7	E-8	16,7206	213	1798	4,9955	2,9120	4,9955	2 1/2	0,58	1211,79	1183,50	28,2877	1,53
tubería principal 2	E-8	E-9	35,8513	207	1750	4,8616	2,8705	4,8616	2 1/2	1,18	1210,61	1177,70	32,9081	1,49
tubería principal 2	E-9	E-10	11,5185	207	1750	4,8616	2,8705	4,8616	2 1/2	0,38	1210,23	1175,60	34,6291	1,49
tubería principal 2	E-10	E-11	17,2069	150	1266	3,5172	2,4413	3,5172	2	0,79	1209,44	1175,40	34,0389	1,58
tubería principal 2	E-11	2011	12,1252	150	1266	3,5172	2,4413	3,5172	2	0,56	1208,88	1173,40	35,4821	1,58
tubería principal 2	2011	E-12	4,8716	149	1252	3,4775	2,4331	3,4775	2	0,22	1208,66	1172,90	35,7630	1,56
tubería principal 2	E-12	2029	3,2847	149	1252	3,4775	2,4331	3,4775	2	0,15	1208,52	1172,20	36,3153	1,56
tubería principal 2	2029	2030	9,7170	148	1248	3,4676	2,4249	3,4676	2	0,43	1208,08	1170,20	37,8806	1,56
tubería principal 2	2030	E-13	3,0900	147	1245	3,4577	2,4166	3,4577	2	0,14	1207,94	1169,70	38,2431	1,56

Fuente: elaboración propia.

Continuación de Apéndice 1.

tuberculosis principal 2	2031	2032	3,7137	147	1245	3,4577	2,4166	3,4577	2	0,17	1206,62	1168,10	38,5212	1,56
tuberculosis principal 2	2032	2033	12,5728	143	1213	3,3684	2,3833	3,3684	2	0,53	1206,09	1165,50	40,5882	1,51
tuberculosis principal 2	2033	E-18	6,0059	142	1205	3,3485	2,3749	3,3485	2	0,25	1205,84	1164,20	41,6363	1,51
tuberculosis principal 2	E-18	E-19	5,6687	141	1197	3,3237	2,3664	3,3237	2	0,23	1205,60	1163,00	42,6019	1,49
tuberculosis principal 2	E-19	E-20	26,7620	125	1064	2,9566	2,2271	2,9566	2	0,89	1204,71	1161,80	42,9105	1,33
tuberculosis principal 2	E-20	2034	3,0900	125	1064	2,9566	2,2271	2,9566	2	0,10	1204,61	1161,30	43,3076	1,33
tuberculosis principal 2	2034	2035	5,2520	124	1061	2,9467	2,2181	2,9467	2	0,17	1204,43	1160,70	43,7337	1,33
tuberculosis principal 2	2035	2036	3,0900	123	1048	2,9120	2,2091	2,9120	2	0,10	1204,33	1160,30	44,0337	1,31
tuberculosis principal 2	2036	2037	6,2652	122	1043	2,8971	2,2000	2,8971	2	0,20	1204,13	1159,60	44,5327	1,30
tuberculosis principal 2	2037	E-21	7,2100	121	1038	2,8822	2,1909	2,8822	2	0,23	1203,90	1158,60	45,3036	1,30
tuberculosis principal 2	E-21	E-22	7,4274	121	1038	2,8822	2,1909	2,8822	2	0,24	1203,67	1158,30	45,3676	1,30
tuberculosis principal 2	E-22	2038	6,2652	121	1038	2,8822	2,1909	2,8822	2	0,20	1203,47	1157,40	46,0685	1,30
tuberculosis principal 2	2038	E-23	19,2420	120	1029	2,8574	2,1817	2,8574	2	0,60	1202,87	1154,30	48,5669	1,29
tuberculosis principal 2	E-23	2066	9,4961	120	1029	2,8574	2,1817	2,8574	2	0,30	1202,57	1152,60	49,9699	1,29
tuberculosis principal 2	2066	E-24	2,7714	109	955	2,6540	2,0785	2,6540	1 1/2	0,22	1202,35	1152,10	50,2458	1,87
tuberculosis principal 2	E-24	E-25	24,4188	109	955	2,6540	2,0785	2,6540	1 1/2	1,97	1200,37	1151,30	49,0713	1,87
tuberculosis principal 2	E-25	E-26	17,4848	109	955	2,6540	2,0785	2,6540	1 1/2	1,41	1198,96	1148,90	50,0574	1,87
tuberculosis principal 2	E-26	2039	5,4832	109	955	2,6540	2,0785	2,6540	1 1/2	0,44	1198,51	1149,20	49,3140	1,87
tuberculosis principal 2	2039	E-27	18,8411	108	950	2,6392	2,0688	2,6392	1 1/2	1,51	1197,01	1150,10	46,9063	1,85
tuberculosis principal 2	E-27	2040	7,9390	107	941	2,6143	2,0591	2,6143	1 1/2	0,62	1196,38	1150,50	45,8819	1,84
tuberculosis principal 2	2040	2041	4,2468	106	932	2,5895	2,0494	2,5895	1 1/2	0,33	1196,05	1150,70	45,3538	1,82
tuberculosis principal 2	2041	2042	10,7535	105	922	2,5598	2,0396	2,5598	1 1/2	0,81	1195,24	1151,30	43,9405	1,80
tuberculosis principal 2	2042	2043	4,2468	104	913	2,5350	2,0298	2,5350	1 1/2	0,32	1194,93	1151,50	43,4251	1,78
tuberculosis principal 2	2043	E-28	8,2773	103	904	2,5102	2,0199	2,5102	1 1/2	0,60	1194,32	1151,90	42,4213	1,76
tuberculosis principal 2	E-28	E-29	23,8980	103	904	2,5102	2,0199	2,5102	1 1/2	1,74	1192,58	1148,50	44,0782	1,76
tuberculosis principal 2	E-29	E-30	15,8131	81	732	2,0339	1,7889	2,0339	1 1/2	0,78	1191,80	1147,90	43,8967	1,43
tuberculosis principal 2	E-30	2044	4,1316	81	732	2,0339	1,7889	2,0339	1 1/2	0,20	1191,59	1147,60	43,9925	1,43

Fuente: elaboración propia.

Continuación de Apéndice 1.

tuberia principal 2	2044	2045	8,4936	80	723	2,0091	1,7776	2,0091	1,7776	2,0091	1 1/2	0,41	1191,18	1147,20	43,9821	1,41
tuberia principal 2	2045	2046	6,5143	79	713	1,9794	1,7664	1,9794	1,7664	1,9794	1 1/2	0,31	1190,88	1146,90	43,9759	1,39
tuberia principal 2	2046	2047	11,7438	78	707	1,9645	1,7550	1,9645	1,7550	1,9645	1 1/2	0,54	1190,33	1146,40	43,9316	1,38
tuberia principal 2	2047	2048	11,5158	77	702	1,9496	1,7436	1,9496	1,7436	1,9496	1 1/2	0,53	1189,81	1145,60	44,2054	1,37
tuberia principal 2	2048	2049	7,2832	76	693	1,9248	1,7321	1,9248	1,7321	1,9248	1 1/2	0,33	1189,48	1145,10	44,3803	1,35
tuberia principal 2	2049	E-31	5,6734	69	641	1,7809	1,6492	1,7809	1,6492	1,7809	1 1/2	0,22	1189,26	1144,80	44,4610	1,25
tuberia principal 2	E-31	2050	11,0138	69	641	1,7809	1,6492	1,7809	1,6492	1,7809	1 1/2	0,43	1188,84	1144,30	44,5353	1,25
tuberia principal 2	2050	2051	12,4455	68	638	1,7710	1,6371	1,7710	1,6371	1,7710	1 1/2	0,48	1188,36	1143,70	44,6591	1,24
tuberia principal 2	2051	2052	4,2468	67	630	1,7512	1,6248	1,7512	1,6248	1,7512	1 1/2	0,16	1188,20	1143,50	44,7000	1,23
tuberia principal 2	2052	2053	15,6885	66	625	1,7363	1,6125	1,7363	1,6125	1,7363	1 1/2	0,58	1187,62	1142,90	44,7214	1,22
tuberia principal 2	2053	E-32	10,7535	62	595	1,6520	1,5620	1,6520	1,5620	1,6520	1 1/2	0,36	1187,26	1142,50	44,7597	1,16
tuberia principal 2	E-32	E-33	10,6045	61	579	1,6073	1,5492	1,6073	1,5492	1,6073	1 1/2	0,34	1186,92	1142,30	44,6206	1,13
tuberia principal 2	E-33	2054	6,5952	60	570	1,5825	1,5362	1,5825	1,5362	1,5825	1 1/2	0,20	1186,72	1142,28	44,4357	1,11
tuberia principal 2	2054	E-34	11,0934	55	502	1,3940	1,4697	1,3940	1,4697	1,4697	1 1/2	0,30	1186,42	1142,10	44,3151	1,03
tuberia principal 2	E-34	2055	8,8604	55	502	1,3940	1,4697	1,3940	1,4697	1,4697	1 1/2	0,24	1186,18	1142,20	43,9751	1,03
tuberia principal 2	2055	E-35	3,2571	54	488	1,3543	1,0920	1,3543	1,0920	1,3543	1 1/2	0,08	1186,10	1142,08	44,0192	0,95
tuberia principal 2	E-35	E-36	10,6045	54	488	1,3543	1,0920	1,3543	1,0920	1,3543	1 1/2	0,25	1185,85	1142,06	43,7922	0,95
tuberia principal 2	E-36	2056	5,8266	53	475	1,3196	1,0817	1,3196	1,0817	1,3196	1 1/2	0,13	1185,72	1142,30	43,4229	0,93
tuberia principal 2	2056	E-37	10,3000	52	468	1,2997	1,0712	1,2997	1,0712	1,2997	1	1,33	1184,39	1142,50	41,8941	1,90
tuberia principal 2	E-37	E-38	9,7170	51	455	1,2650	1,0607	1,2650	1,0607	1,2650	1	1,19	1183,20	1142,48	40,7217	1,85
tuberia principal 2	E-38	2057	11,1412	51	455	1,2650	1,0607	1,2650	1,0607	1,2650	1	1,37	1181,83	1142,60	39,2346	1,85
tuberia principal 2	2057	2058	7,4274	50	443	1,2303	1,0500	1,2303	1,0500	1,2303	1	0,87	1180,97	1142,58	38,3890	1,80
tuberia principal 2	2058	E-39	5,2520	42	380	1,0567	0,9605	1,0567	0,9605	1,0567	1	0,46	1180,51	1142,40	38,1070	1,55
tuberia principal 2	E-39	E-40	12,9059	42	380	1,0567	0,9605	1,0567	0,9605	1,0567	1	1,14	1179,37	1142,20	37,1718	1,55
tuberia principal 2	E-40	E-41	12,4455	42	380	1,0567	0,9605	1,0567	0,9605	1,0567	1	1,09	1178,28	1142,00	36,2772	1,55
tuberia principal 2	E-41	E-42	13,8189	41	370	1,0269	0,9487	1,0269	0,9487	1,0269	1	1,15	1177,12	1141,80	35,3243	1,50
tuberia principal 2	E-42	E-43	6,0059	40	361	1,0021	0,9367	1,0021	0,9367	1,0021	1	0,48	1176,65	1141,78	34,8654	1,47

Fuente: elaboración propia.

Continuación de Apéndice 1.

tubería principal 2	E-43	E-44	8,4936	40	361	1.0021	0,9367	1.0021	1	0,68	1175,97	1141,00	34,9681	1,47
tubería principal 2	E-44	2059	3,7137	40	361	1.0021	0,9367	1.0021	1	0,30	1175,67	1140,50	35,1720	1,47
tubería principal 2	2059	E-45	2,3032	26	229	0,6350	0,7500	0,7500	1	0,11	1175,56	1140,30	35,2645	1,10
tubería principal 2	E-45	E-46	5,8266	26	229	0,6350	0,7500	0,7500	1	0,27	1175,29	1139,60	35,6927	1,10
tubería principal 2	E-46	E-47	5,1500	26	229	0,6350	0,7500	0,7500	1	0,24	1175,05	1139,20	35,8524	1,10
tubería principal 2	E-47	E-48	6,5952	26	229	0,6350	0,7500	0,7500	1	0,31	1174,74	1139,30	35,4448	1,10
tubería principal 2	E-48	E-49	7,2832	26	229	0,6350	0,7500	0,7500	1	0,34	1174,41	1138,90	35,5050	1,10
tubería principal 2	E-49	E-50	5,2520	25	221	0,6151	0,7348	0,7348	1	0,24	1174,17	1138,70	35,4691	1,08
tubería principal 2	E-50	E-51	6,0059	24	214	0,5953	0,7194	0,7194	1	0,26	1173,91	1138,90	35,0097	1,05
tubería principal 2	E-51	E-52	8,3041	23	202	0,5606	0,7036	0,7036	1	0,34	1173,57	1139,20	34,3655	1,03
tubería principal 2	E-52	E-53	6,5143	22	186	0,5159	0,6874	0,6874	1	0,26	1173,31	1138,90	34,4069	1,01
tubería principal 2	E-53	E-54	6,9095	21	179	0,4961	0,6708	0,6708	1	0,26	1173,04	1138,50	34,5446	0,98
tubería principal 2	E-54	E-55	6,9095	21	179	0,4961	0,6708	0,6708	1	0,26	1172,78	1138,10	34,6824	0,98
tubería principal 2	E-55	E-56	6,0059	20	171	0,4762	0,6538	0,6538	1	0,22	1172,57	1137,80	34,7651	0,96
tubería principal 2	E-56	E-57	4,6063	19	161	0,4465	0,6364	0,6364	1	0,16	1172,41	1137,50	34,9065	0,93
tubería principal 2	E-57	E-58	6,9095	18	155	0,4316	0,6185	0,6185	1	0,23	1172,18	1137,10	35,0809	0,91
tubería principal 2	E-58	2061	4,3699	18	155	0,4316	0,6185	0,6185	1	0,14	1172,04	1136,80	35,2382	0,91
tubería principal 2	2061	E-59	2,3032	13	116	0,3225	0,5196	0,5196	1	0,05	1171,98	1136,60	35,3837	0,76
tubería principal 2	E-59	E-60	8,3041	12	107	0,2976	0,4975	0,4975	1	0,18	1171,80	1136,10	35,7024	0,73
tubería principal 2	E-60	E-61	13,4296	11	100	0,2778	0,4743	0,4743	1	0,27	1171,53	1135,50	36,0340	0,69
tubería principal 2	E-61	E-62	7,4794	10	88	0,2431	0,4500	0,4500	1	0,14	1171,40	1135,20	36,1984	0,66
tubería principal 2	E-62	E-63	9,4743	9	79	0,2183	0,4243	0,4243	1	0,15	1171,24	1134,90	36,3443	0,62
tubería principal 2	E-63	E-64	5,1138	8	71	0,1984	0,3969	0,3969	1	0,07	1171,17	1134,70	36,4708	0,58
tubería principal 2	E-64	E-65	6,3569	7	63	0,1736	0,3674	0,3674	1	0,08	1171,09	1135,00	36,0916	0,54
tubería principal 2	E-65	E-66	10,0212	7	63	0,1736	0,3674	0,3674	1	0,12	1170,97	1135,20	35,7667	0,54
tubería principal 2	E-66	E-67	11,3767	6	52	0,1439	0,3354	0,3354	1	0,12	1170,85	1135,18	35,6670	0,49
tubería principal 2	E-67	E-68	6,7077	5	46	0,1290	0,3000	0,3000	1	0,06	1170,79	1135,10	35,6895	0,44

Fuente: elaboración propia.

Continuación de Apéndice 1.

tubería principal 2	E-68	E-69	12,0422	5	46	0,1290	0,3000	0,3000	0,3000	1	0,10	1170,69	1134,80	35,8864	0,44
tubería principal 2	E-69	E-70	6,8478	4	38	0,1042	0,2598	0,2598	0,2598	1	0,04	1170,64	1134,60	36,0414	0,38
tubería principal 2	E-70	E-71	7,4985	4	38	0,1042	0,2598	0,2598	0,2598	1	0,05	1170,59	1134,40	36,1922	0,38
tubería principal 2	E-71	E-72	10,1443	4	38	0,1042	0,2598	0,2598	0,2598	1	0,07	1170,53	1134,00	36,5257	0,38
tubería principal 2	E-72	E-73	20,6003	4	38	0,1042	0,2598	0,2598	0,2598	1	0,14	1170,39	1133,90	36,4905	0,38
tubería principal 2	E-73	2063	9,5190	3	29	0,0794	0,2121	0,2121	0,2121	1	0,04	1170,35	1133,88	36,4675	0,31
tubería principal 2	2063	E-74	9,3270	2	20	0,0546	0,1500	0,1500	0,2000	1	0,04	1170,31	1133,10	37,2098	0,29
tubería principal 2	E-74	E-75	14,4204	1	7	0,0198	0,0000	0,0000	0,2000	1	0,06	1170,25	1131,90	38,3515	0,29

Descripción	Est.	P.O.	Distancia	Viviendas por tramo	Población futura en el nudo	Caudal del nudo	Caudal instantáneo	Caudal de diseño	Diámetro	Pérdidas	Cota piezométrica	Cota de terreno	presión disponible	Velocidad
tubería principal 2	-	E-1	0	223	1872	5,1989	2,9799	5,1989	3	0,00	1217,90	1217,90	0,0000	1,08
tubería principal 2	E-1	E-2	27,494827	223	1872	5,1989	2,9799	5,1989	3	0,39	1217,51	1213,50	4,0067	1,08
tubería principal 2	E-2	E-3	46,9477796	223	1872	5,1989	2,9799	5,1989	3	0,67	1216,84	1205,90	10,9352	1,08
tubería principal 2	E-3	20000	31,7281799	223	1872	5,1989	2,9799	5,1989	2 1/2	1,18	1215,65	1201,40	14,2533	1,59
tubería principal 2	2000	E-4	11,33	215	1814	5,0402	2,9257	5,0402	2 1/2	0,40	1215,25	1199,60	15,6548	1,55
tubería principal 2	E-4	2007	39,423578	215	1814	5,0402	2,9257	5,0402	2 1/2	1,39	1213,87	1192,60	21,2681	1,55
tubería principal 2	2007	E-5	6,08049052	213	1798	4,9955	2,9120	4,9955	2 1/2	0,21	1213,66	1191,60	22,0578	1,53
tubería principal 2	E-5	E-6	20,2794942	213	1798	4,9955	2,9120	4,9955	2 1/2	0,70	1212,96	1188,90	24,0561	1,53
tubería principal 2	E-6	E-7	17,0495337	213	1798	4,9955	2,9120	4,9955	2 1/2	0,59	1212,37	1186,40	25,9662	1,53
tubería principal 2	E-7	E-8	16,7206153	213	1798	4,9955	2,9120	4,9955	2 1/2	0,58	1211,79	1183,50	28,2877	1,53
tubería principal 2	E-8	E-9	35,8512507	207	1750	4,8616	2,8705	4,8616	2 1/2	1,18	1210,61	1177,70	32,9081	1,49
tubería principal 2	E-9	E-10	11,5185135	207	1750	4,8616	2,8705	4,8616	2 1/2	0,38	1210,23	1175,60	34,6291	1,49
tubería principal 2	E-10	E-11	17,2068583	150	1266	3,5172	2,4413	3,5172	2	0,79	1209,44	1175,40	34,0389	1,58
tubería principal 2	E-11	2011	12,1251607	150	1266	3,5172	2,4413	3,5172	2	0,56	1208,88	1173,40	35,4821	1,58

Fuente: elaboración propia.

Continuación de Apéndice 1.

tubería principal 2	2011	E-12	4,87158424	149	1252	3,4775	2,4331	3,4775	2	0,22	1208,66	1172,90	35,7630	1,56
tubería principal 2	E-12	2029	3,28471506	149	1252	3,4775	2,4331	3,4775	2	0,15	1208,52	1172,20	36,3153	1,56
tubería principal 2	2029	2030	9,71700057	148	1248	3,4676	2,4249	3,4676	2	0,43	1208,08	1170,20	37,8806	1,56
tubería principal 2	2030	E-13	3,09	147	1245	3,4577	2,4166	3,4577	2	0,14	1207,94	1169,70	38,2431	1,56
tubería principal 2	E-13	2031	25,9960247	147	1245	3,4577	2,4166	3,4577	2	1,16	1206,79	1168,90	37,8864	1,56
tubería principal 2	2031	2032	3,71371781	147	1245	3,4577	2,4166	3,4577	2	0,17	1206,62	1168,10	38,5212	1,56
tubería principal 2	2032	2033	12,5727523	143	1213	3,3684	2,3833	3,3684	2	0,53	1206,09	1165,50	40,5882	1,51
tubería principal 2	2033	E-18	6,00588045	142	1205	3,3485	2,3749	3,3485	2	0,25	1205,84	1164,20	41,6363	1,51
tubería principal 2	E-18	E-19	5,66874422	141	1197	3,3237	2,3664	3,3237	2	0,23	1205,60	1163,00	42,6019	1,49
tubería principal 2	E-19	E-20	26,7619689	125	1064	2,9566	2,2271	2,9566	2	0,89	1204,71	1161,80	42,9105	1,33
tubería principal 2	E-20	2034	3,09	125	1064	2,9566	2,2271	2,9566	2	0,10	1204,61	1161,30	43,3076	1,33
tubería principal 2	2034	2035	5,2519901	124	1061	2,9467	2,2181	2,9467	2	0,17	1204,43	1160,70	43,7337	1,33
tubería principal 2	2035	2036	3,09	123	1048	2,9120	2,2091	2,9120	2	0,10	1204,33	1160,30	44,0337	1,31
tubería principal 2	2036	2037	6,26524541	122	1043	2,8971	2,2000	2,8971	2	0,20	1204,13	1159,60	44,5327	1,30
tubería principal 2	2037	E-21	7,21	121	1038	2,8822	2,1909	2,8822	2	0,23	1203,90	1158,60	45,3036	1,30
tubería principal 2	E-21	E-22	7,42743563	121	1038	2,8822	2,1909	2,8822	2	0,24	1203,67	1158,30	45,3676	1,30
tubería principal 2	E-22	2038	6,26524541	121	1038	2,8822	2,1909	2,8822	2	0,20	1203,47	1157,40	46,0685	1,30
tubería principal 2	2038	E-23	19,2419879	120	1029	2,8574	2,1817	2,8574	2	0,60	1202,87	1154,30	48,5669	1,29
tubería principal 2	E-23	2066	9,49613079	120	1029	2,8574	2,1817	2,8574	2	0,30	1202,57	1152,60	49,9699	1,29
tubería principal 2	2066	E-24	2,77144655	109	955	2,6540	2,0785	2,6540	1 1/2	0,22	1202,35	1152,10	50,2458	1,87
tubería principal 2	E-24	E-25	24,4188215	109	955	2,6540	2,0785	2,6540	1 1/2	1,97	1200,37	1151,30	49,0713	1,87
tubería principal 2	E-25	E-26	17,4848378	109	955	2,6540	2,0785	2,6540	1 1/2	1,41	1198,96	1148,90	50,0574	1,87
tubería principal 2	E-26	2039	5,48323864	109	955	2,6540	2,0785	2,6540	1 1/2	0,44	1198,51	1149,20	49,3140	1,87
tubería principal 2	2039	E-27	18,8411186	108	950	2,6392	2,0688	2,6392	1 1/2	1,51	1197,01	1150,10	46,9063	1,85
tubería principal 2	E-27	2040	7,93902192	107	941	2,6143	2,0591	2,6143	1 1/2	0,62	1196,38	1150,50	45,8819	1,84
tubería principal 2	2040	2041	4,24679879	106	932	2,5895	2,0494	2,5895	1 1/2	0,33	1196,05	1150,70	45,3538	1,82
tubería principal 2	2041	2042	10,7535157	105	922	2,5598	2,0396	2,5598	1 1/2	0,81	1195,24	1151,30	43,9405	1,80

Fuente: elaboración propia.

Continuación de Apéndice 1.

tuberia principal 2	2042	2043	4,24679879	104	913	2,5350	2,0298	2,5350	2,5350	1 1/2	0,32	1194,93	1151,50	43,4251	1,78
tuberia principal 2	2043	E-28	8,2725329	103	904	2,5102	2,0199	2,5102	2,5102	1 1/2	0,60	1194,32	1151,90	42,4213	1,76
tuberia principal 2	E-28	E-29	23,8979978	103	904	2,5102	2,0199	2,5102	2,5102	1 1/2	1,74	1192,58	1148,50	44,0782	1,76
tuberia principal 2	E-29	E-30	15,8130999	81	732	2,0339	1,7889	2,0339	2,0339	1 1/2	0,78	1191,80	1147,90	43,8967	1,43
tuberia principal 2	E-30	2044	4,13157125	81	732	2,0339	1,7889	2,0339	2,0339	1 1/2	0,20	1191,59	1147,60	43,9925	1,43
tuberia principal 2	2044	2045	8,49359759	80	723	2,0091	1,7776	2,0091	2,0091	1 1/2	0,41	1191,18	1147,20	43,9821	1,41
tuberia principal 2	2045	2046	6,51429198	79	713	1,9794	1,7664	1,9794	1,9794	1 1/2	0,31	1190,88	1146,90	43,9759	1,39
tuberia principal 2	2046	2047	11,7438069	78	707	1,9645	1,7550	1,9645	1,9645	1 1/2	0,54	1190,33	1146,40	43,9316	1,38
tuberia principal 2	2047	2048	11,5157501	77	702	1,9496	1,7436	1,9496	1,9496	1 1/2	0,53	1189,81	1145,60	44,2054	1,37
tuberia principal 2	2048	2049	7,28319985	76	693	1,9248	1,7321	1,9248	1,9248	1 1/2	0,33	1189,48	1145,10	44,3803	1,35
tuberia principal 2	2049	E-31	5,67342101	69	641	1,7809	1,6492	1,7809	1,7809	1 1/2	0,22	1189,26	1144,80	44,4610	1,25
tuberia principal 2	E-31	2050	11,013778	69	641	1,7809	1,6492	1,7809	1,7809	1 1/2	0,43	1188,84	1144,30	44,5353	1,25
tuberia principal 2	2050	2051	12,4455374	68	638	1,7710	1,6371	1,7710	1,7710	1 1/2	0,48	1188,36	1143,70	44,6591	1,24
tuberia principal 2	2051	2052	4,24679879	67	630	1,7512	1,6248	1,7512	1,7512	1 1/2	0,16	1188,20	1143,50	44,7000	1,23
tuberia principal 2	2052	2053	15,6884926	66	625	1,7363	1,6125	1,7363	1,7363	1 1/2	0,58	1187,62	1142,90	44,7214	1,22
tuberia principal 2	2053	E-32	10,7535157	62	595	1,6520	1,5620	1,6520	1,6520	1 1/2	0,36	1187,26	1142,50	44,7597	1,16
tuberia principal 2	E-32	E-33	10,604499	61	579	1,6073	1,5492	1,6073	1,6073	1 1/2	0,34	1186,92	1142,30	44,6206	1,13
tuberia principal 2	E-33	2054	6,59521796	60	570	1,5825	1,5362	1,5825	1,5825	1 1/2	0,20	1186,72	1142,28	44,4357	1,11
tuberia principal 2	2054	E-34	11,0934395	55	502	1,3940	1,4697	1,3940	1,4697	1 1/2	0,30	1186,42	1142,10	44,3151	1,03
tuberia principal 2	E-34	2055	8,86039503	55	502	1,3940	1,4697	1,3940	1,4697	1 1/2	0,24	1186,18	1142,20	43,9751	1,03
tuberia principal 2	2055	E-35	3,25714599	54	488	1,3543	1,0920	1,3543	1,3543	1 1/2	0,08	1186,10	1142,08	44,0192	0,95
tuberia principal 2	E-35	E-36	10,604499	54	488	1,3543	1,0920	1,3543	1,3543	1 1/2	0,25	1185,85	1142,06	43,7922	0,95
tuberia principal 2	E-36	2056	5,82655988	53	475	1,3196	1,0817	1,3196	1,3196	1 1/2	0,13	1185,72	1142,30	43,4229	0,93
tuberia principal 2	2056	E-37	10,3	52	468	1,2997	1,0712	1,2997	1,2997	1	1,33	1184,39	1142,50	41,8941	1,90
tuberia principal 2	E-37	E-38	9,71700057	51	455	1,2650	1,0607	1,2650	1,2650	1	1,19	1183,20	1142,48	40,7217	1,85
tuberia principal 2	E-38	2057	11,1411534	51	455	1,2650	1,0607	1,2650	1,2650	1	1,37	1181,83	1142,60	39,2346	1,85
tuberia principal 2	2057	2058	7,42743563	50	443	1,2303	1,0500	1,2303	1,2303	1	0,87	1180,97	1142,58	38,3890	1,80

Fuente: elaboración propia.

Continuación de Apéndice 1.

tubería principal 2	2058	E-39	5,2519901	42	380	1,0567	0,9605	1,0567	1	0,46	1180,51	1142,40	38,1070	1,55
tubería principal 2	E-39	E-40	12,905863	42	380	1,0567	0,9605	1,0567	1	1,14	1179,37	1142,20	37,1718	1,55
tubería principal 2	E-40	E-41	12,445374	42	380	1,0567	0,9605	1,0567	1	1,09	1178,28	1142,00	36,2772	1,55
tubería principal 2	E-41	E-42	13,8189001	41	370	1,0269	0,9487	1,0269	1	1,15	1177,12	1141,80	35,3243	1,50
tubería principal 2	E-42	E-43	6,00588045	40	361	1,0021	0,9367	1,0021	1	0,48	1176,65	1141,78	34,8654	1,47
tubería principal 2	E-43	E-44	8,49359759	40	361	1,0021	0,9367	1,0021	1	0,68	1175,97	1141,00	34,9681	1,47
tubería principal 2	E-44	2059	3,71371781	40	361	1,0021	0,9367	1,0021	1	0,30	1175,67	1140,50	35,1720	1,47
tubería principal 2	2059	E-45	2,30315002	26	229	0,6350	0,7500	0,7500	1	0,11	1175,56	1140,30	35,2645	1,10
tubería principal 2	E-45	E-46	5,82655988	26	229	0,6350	0,7500	0,7500	1	0,27	1175,29	1139,60	35,6927	1,10
tubería principal 2	E-46	E-47	5,15	26	229	0,6350	0,7500	0,7500	1	0,24	1175,05	1139,20	35,8524	1,10
tubería principal 2	E-47	E-48	6,59521796	26	229	0,6350	0,7500	0,7500	1	0,31	1174,74	1139,30	35,4448	1,10
tubería principal 2	E-48	E-49	7,28319985	26	229	0,6350	0,7500	0,7500	1	0,34	1174,41	1138,90	35,5050	1,10
tubería principal 2	E-49	E-50	5,2519901	25	221	0,6151	0,7348	0,7348	1	0,24	1174,17	1138,70	35,4691	1,08
tubería principal 2	E-50	E-51	6,00588045	24	214	0,5953	0,7194	0,7194	1	0,26	1173,91	1138,90	35,0097	1,05
tubería principal 2	E-51	E-52	8,30412548	23	202	0,5606	0,7036	0,7036	1	0,34	1173,57	1139,20	34,3655	1,03
tubería principal 2	E-52	E-53	6,51429198	22	186	0,5159	0,6874	0,6874	1	0,26	1173,31	1138,90	34,4069	1,01
tubería principal 2	E-53	E-54	6,90945005	21	179	0,4961	0,6708	0,6708	1	0,26	1173,04	1138,50	34,5446	0,98
tubería principal 2	E-54	E-55	6,90945005	21	179	0,4961	0,6708	0,6708	1	0,26	1172,78	1138,10	34,6824	0,98
tubería principal 2	E-55	E-56	6,00588045	20	171	0,4762	0,6538	0,6538	1	0,22	1172,57	1137,80	34,7651	0,96
tubería principal 2	E-56	E-57	4,60630003	19	161	0,4465	0,6364	0,6364	1	0,16	1172,41	1137,50	34,9065	0,93
tubería principal 2	E-57	E-58	6,90945005	18	155	0,4316	0,6185	0,6185	1	0,23	1172,18	1137,10	35,0809	0,91
tubería principal 2	E-58	2061	4,36991991	18	155	0,4316	0,6185	0,6185	1	0,14	1172,04	1136,80	35,2382	0,91
tubería principal 2	2061	E-59	2,30315002	13	116	0,3225	0,5196	0,5196	1	0,05	1171,98	1136,60	35,3837	0,76
tubería principal 2	E-59	E-60	8,30412548	12	107	0,2976	0,4975	0,4975	1	0,18	1171,80	1136,10	35,7024	0,73
tubería principal 2	E-60	E-61	13,429557	11	100	0,2778	0,4743	0,4743	1	0,27	1171,53	1135,50	36,0340	0,69
tubería principal 2	E-61	E-62	7,47938881	10	88	0,2431	0,4500	0,4500	1	0,14	1171,40	1135,20	36,1984	0,66
tubería principal 2	E-62	E-63	9,4743205	9	79	0,2183	0,4243	0,4243	1	0,15	1171,24	1134,90	36,3443	0,62

Fuente: elaboración propia.

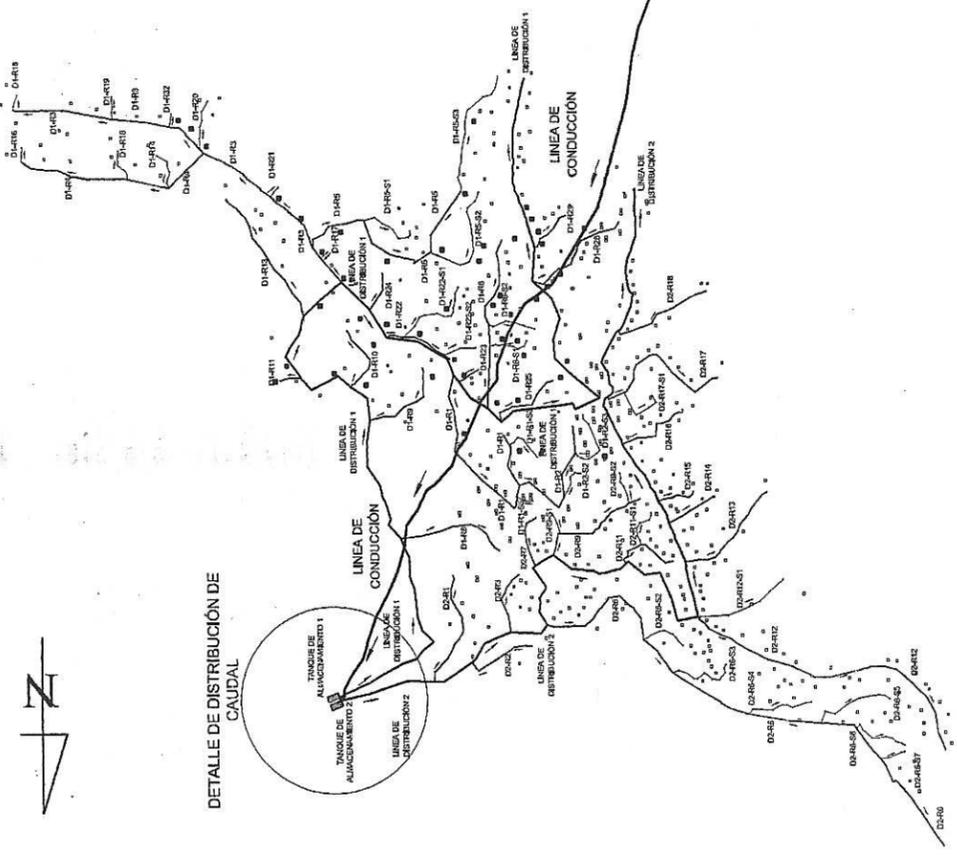
Continuación de Apéndice 1.

tubería principal 2	E-63	E-64	5,11382293	8	71	0,1984	0,3969	0,3969	0,3969	1	0,07	1171,17	1134,70	36,4708	0,58
tubería principal 2	E-64	E-65	6,35686094	7	63	0,1736	0,3674	0,3674	0,3674	1	0,08	1171,09	1135,00	36,0916	0,54
tubería principal 2	E-65	E-66	10,0212172	7	63	0,1736	0,3674	0,3674	0,3674	1	0,12	1170,97	1135,20	35,7667	0,54
tubería principal 2	E-66	E-67	11,3767218	6	52	0,1439	0,3354	0,3354	0,3354	1	0,12	1170,85	1135,18	35,6670	0,49
tubería principal 2	E-67	E-68	6,70766494	5	46	0,1290	0,3000	0,3000	0,3000	1	0,06	1170,79	1135,10	35,6895	0,44
tubería principal 2	E-68	E-69	12,0421934	5	46	0,1290	0,3000	0,3000	0,3000	1	0,10	1170,69	1134,80	35,8864	0,44
tubería principal 2	E-69	E-70	6,8477573	4	38	0,1042	0,2598	0,2598	0,2598	1	0,04	1170,64	1134,60	36,0414	0,38
tubería principal 2	E-70	E-71	7,49851319	4	38	0,1042	0,2598	0,2598	0,2598	1	0,05	1170,59	1134,40	36,1922	0,38
tubería principal 2	E-71	E-72	10,1443235	4	38	0,1042	0,2598	0,2598	0,2598	1	0,07	1170,53	1134,00	36,5257	0,38
tubería principal 2	E-72	E-73	20,6002575	4	38	0,1042	0,2598	0,2598	0,2598	1	0,14	1170,39	1133,90	36,4905	0,38
tubería principal 2	E-73	2063	9,51900567	3	29	0,0794	0,2121	0,2121	0,2121	1	0,04	1170,35	1133,88	36,4675	0,31
tubería principal 2	2063	E-74	9,32704669	2	20	0,0546	0,1500	0,1500	0,2000	1	0,04	1170,31	1133,10	37,2098	0,29
tubería principal 2	E-74	E-75	14,4203679	1	7	0,0198	0,0000	0,0000	0,2000	1	0,06	1170,25	1131,90	38,3515	0,29

Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE 2: Planos

SIMBOLOGIA	
	POZO
	TANGUE DE ALMACENAMIENTO
	TUBERIA DE DISTRIBUCION
	PRESION DINAMICA
	TUBERIA EN PERFIL
	CASAS
	TUBERIA PRINCIPAL EN PLANTA
	RAMAL EN PLANTA
	SUBRAMAL EN PLANTA
	VALVULA CHECK
	ESTACION No.
	DIRECCION DE FLUJO
	VALVULA DE PASO
	NUMERO DE LINEA DE DISTRIBUCION
	NUMERO RAMAL
	NUMERO SUB RAMAL



DETALLE DE DISTRIBUCION DE CAUDAL

LINEA DE CONDUCCION

LINEA DE CONDUCCION

LINEA DE CONDUCCION

LINEA DE CONDUCCION

POZO PERFORADO

PLANTA GENERAL

LINEA DE CONDUCCION + LINEA DE DISTRIBUCION

ESCALA: 1:2500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
 DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION

PROYECTO: SISTEMAS DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMON, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA.

CONTIENE: PLANTA GENERAL + LINEA DE CONDUCCION + LINEA DE DISTRIBUCION

ESCALA: NOCION
 FECHA: JULIO 2016

HOJA: 1
 18

Ing. Manuel Alejandro Sepúlveda Ochoa
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Práctica de Ingeniería

Facultad de Ingeniería



TUBERÍA DE CONDUCCIÓN				
Est.	P.O.	Rumbo	Dh	Cota
-	C-1	0° 0' 0"	0.0000	1004.2133
C-1	C-2	N 66° 2' 24.76" E	49.9784	1005.1505
C-2	C-3	N 63° 4' 0.59" E	49.9988	1005.3625
C-3	C-4	N 60° 33' 1.56" E	49.9921	1006.6417
C-4	C-5	N 66° 4' 50.04" E	9.9987	1006.9187
C-5	C-6	N 77° 51' 28.42" E	22.4735	1013.4652
C-6	C-7	N 77° 28' 59.88" E	28.8431	1014.3014
C-7	C-8	S 89° 14' 16.59" E	10.0000	1018.6361
C-8	C-9	N 38° 22' 14" E	14.7561	1028.2107
C-9	C-10	N 38° 21' 59.7" E	49.4059	1031.3747
C-10	C-11	N 55° 58' 28.21" E	19.0828	1033.1245
C-11	C-12	N 50° 26' 4.06" E	15.9994	1033.7133
C-12	C-13	N 41° 14' 0.09" E	26.9989	1037.1483
C-13	C-14	N 82° 58' 59.45" E	41.8465	1038.1896
C-14	C-15	N 77° 13' 1.85" E	49.9738	1042.1407
C-15	C-16	N 75° 43' 27.54" E	49.7957	1040.1652
C-16	C-17	N 74° 34' 0.78" E	84.9864	1042.2862
C-17	C-18	N 57° 35' 29.91" E	49.9618	1044.2921
C-18	C-19	N 56° 33' 59.71" E	39.9606	1046.0827
C-19	C-20	N 65° 33' 30.64" E	49.9826	1046.8627
C-20	C-21	N 65° 41' 58.83" E	50.0001	1047.4842
C-21	C-22	N 60° 40' 59.21" E	50.0001	1048.0397
C-22	C-23	N 50° 24' 19.5" E	49.9991	1047.6814
C-23	C-24	N 49° 55' 2.97" E	9.8542	1038.4393
C-24	C-25	N 64° 35' 30.3" E	37.6470	1031.0690

SIMBOLOGÍA	
	POZO
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	PRESIÓN DINÁMICA
	TUBERÍA EN PERFIL
	CASAS
	TUBERÍA PRINCIPAL EN PLANTA RAMAL EN PLANTA
	SUBRAMAL EN PLANTA
	VÁLVULA CHECK
	ESTACIONING
	DIRECCIÓN DE FLUJO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE SERVICIOS PROFESIONALES, BARRIO SAN CARLOS
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN

PROYECTO:
INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA.

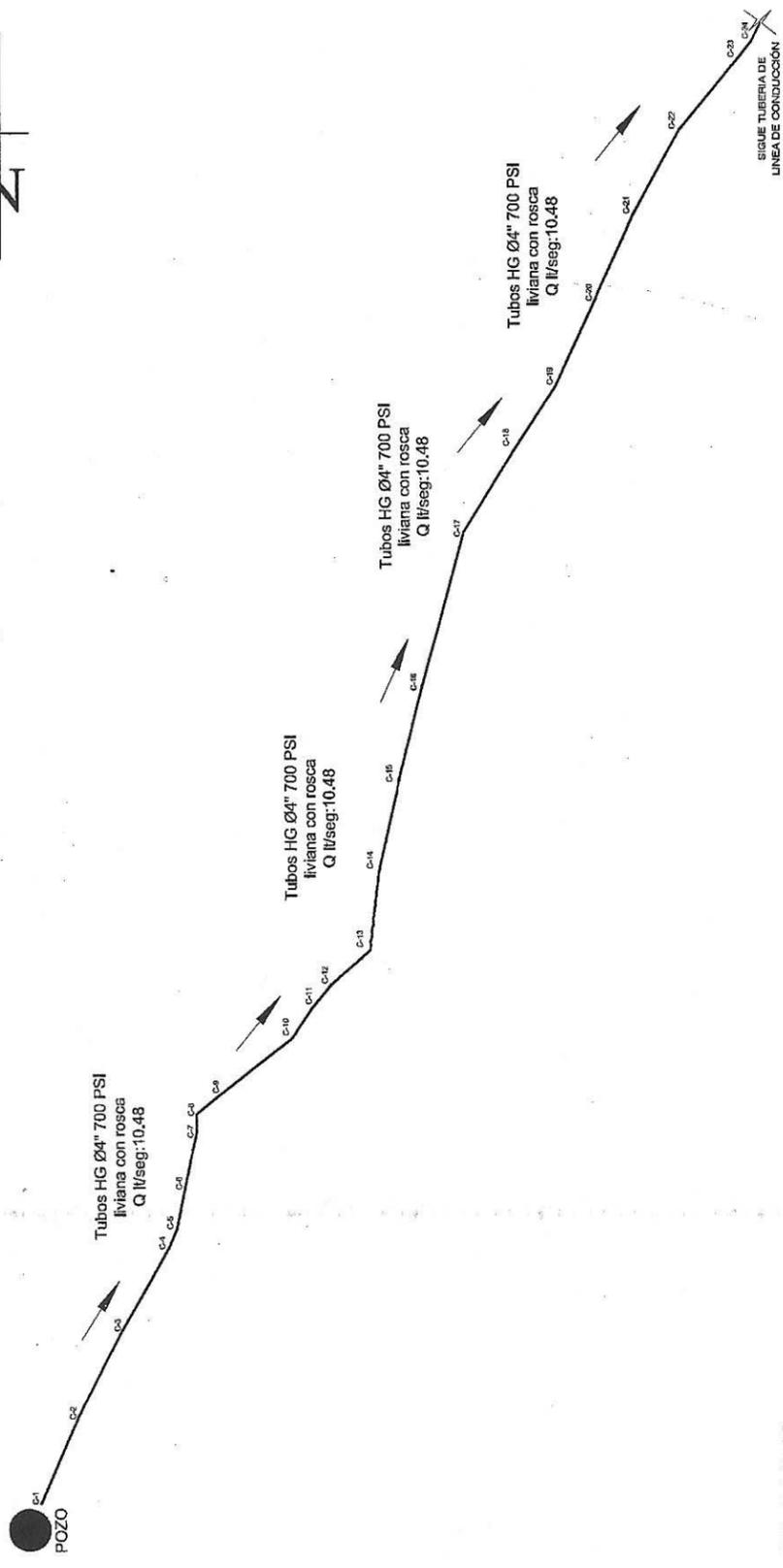
FECHA:
JULIO 2016

HOJA:
2

DE:
LUIS EMILIO TÓRTOLA

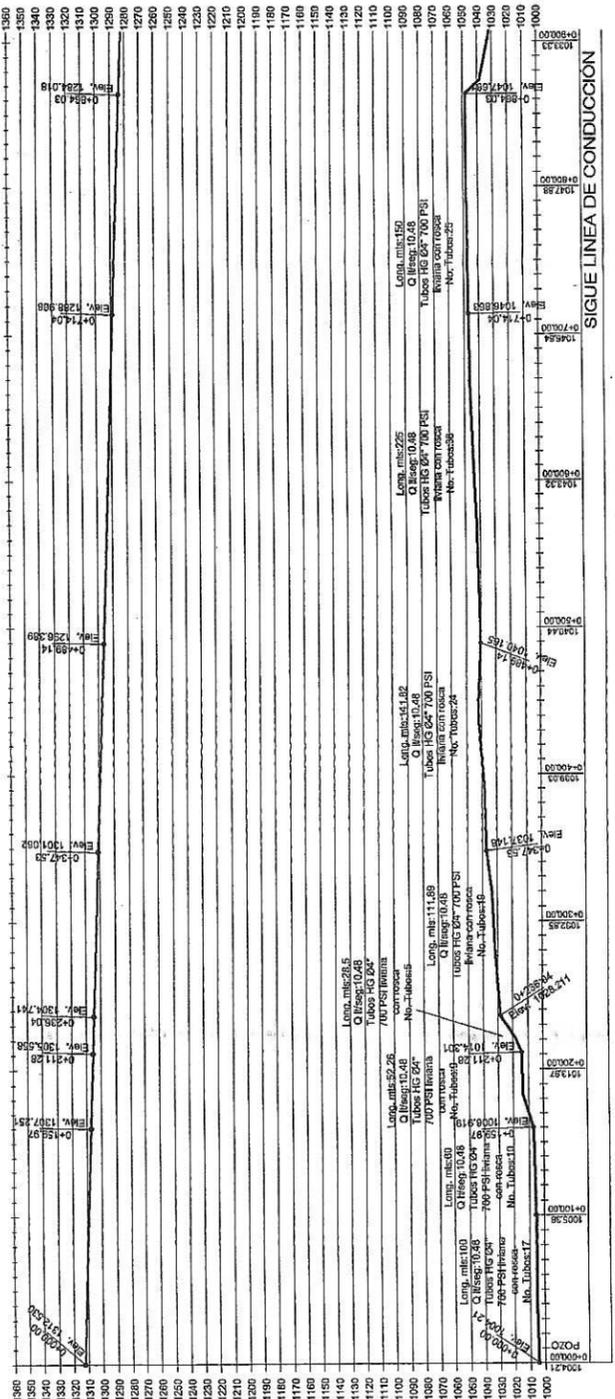
DE:
LUIS EMILIO TÓRTOLA

DE:
LUIS EMILIO TÓRTOLA



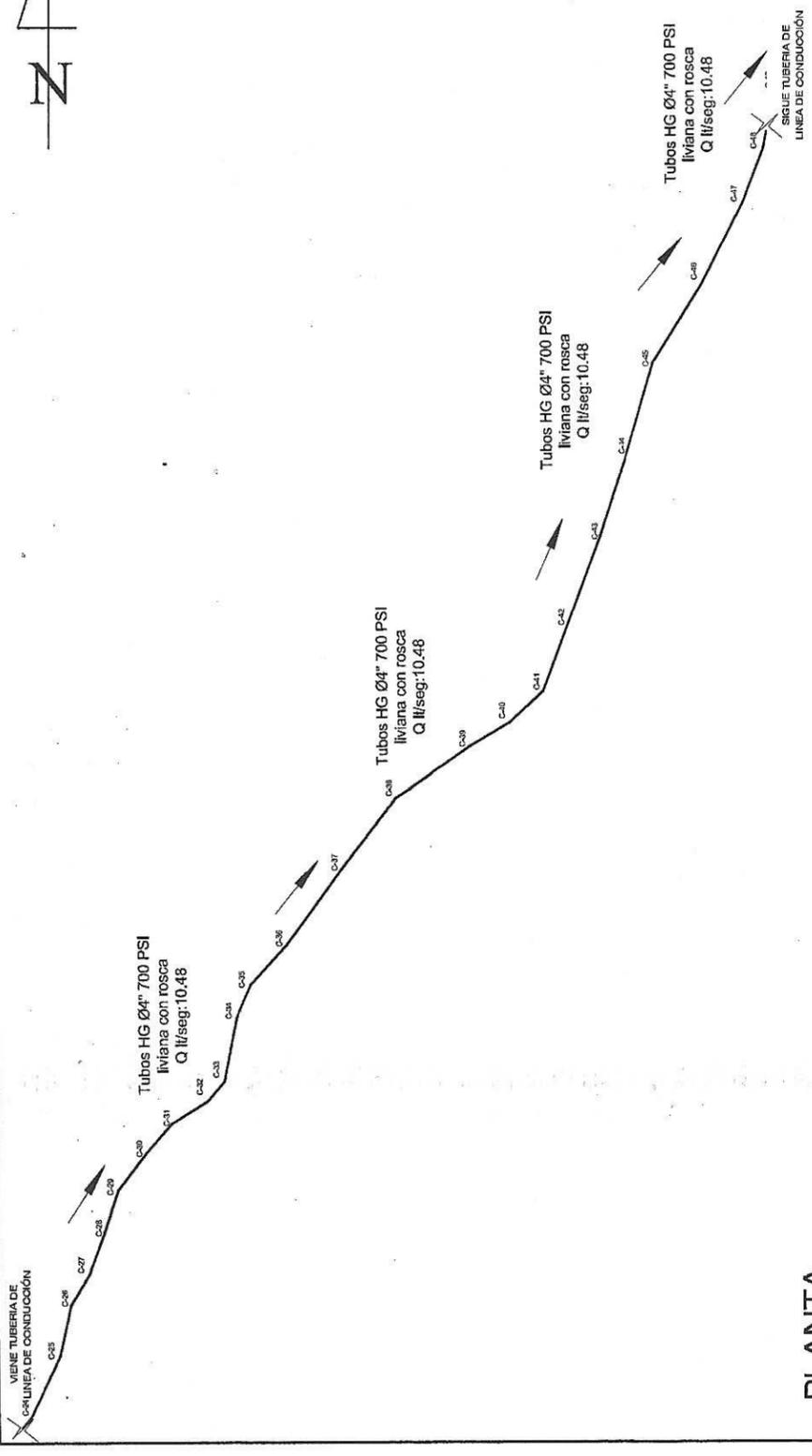
PLANTA

ESCALA: 1:1500



PERFIL

ESCALA: 1:2000



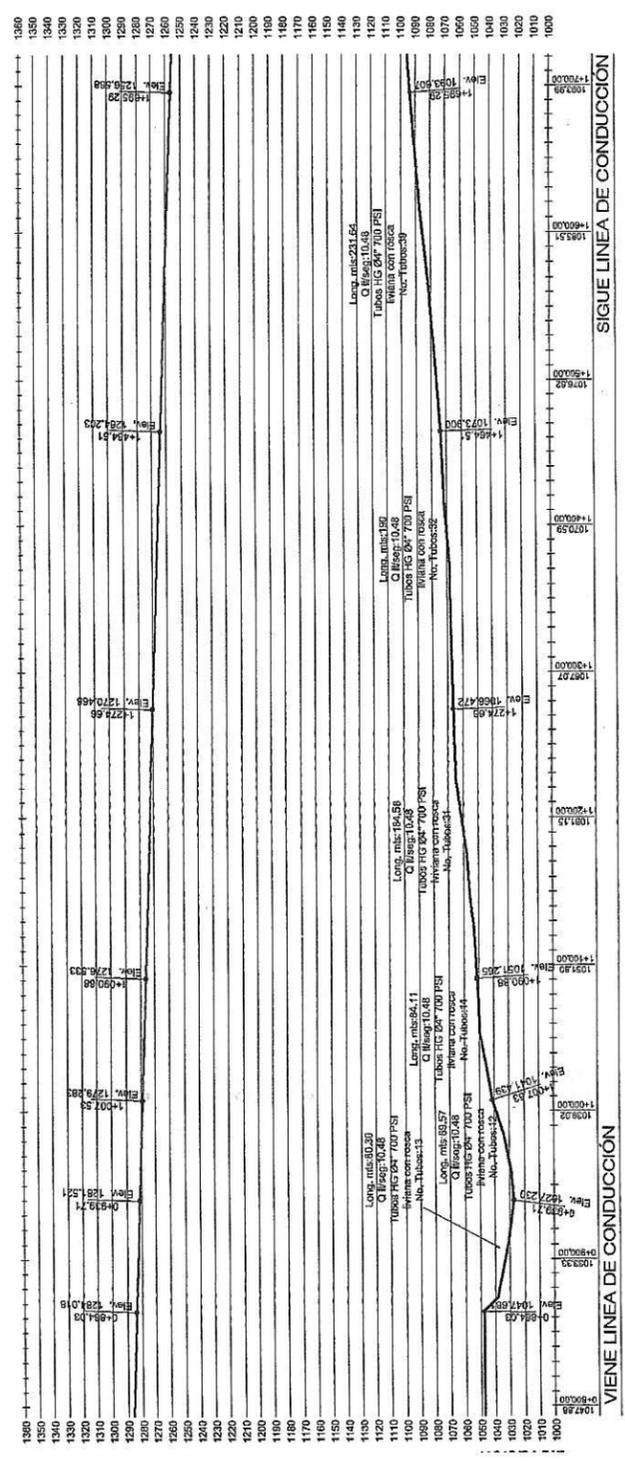
PLANTA

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

ESCALA: 1:1500

TUBERÍA DE CONDUCCIÓN				
Est.	P.O.	Rumbo	Dh	Cota
C-25	C-26	N 76° 45' 56.68" E	28.1698	1027.2297
C-26	C-27	N 59° 35' 34.21" E	19.3362	1028.9492
C-27	C-28	N 70° 14' 59.35" E	24.9793	1033.8843
C-28	C-29	N 72° 2' 24.23" E	23.4926	1041.4389
C-29	C-30	N 52° 56' 0.15" E	24.7618	1045.4015
C-30	C-31	N 48° 37' 34.48" E	21.1402	1049.5634
C-31	C-32	N 32° 22' 56.89" E	23.4472	1050.3823
C-32	C-33	N 50° 46' 39.92" E	13.9974	1051.2646
C-33	C-34	N 78° 25' 57.87" E	34.9993	1053.3046
C-34	C-35	N 66° 40' 44.96" E	19.9631	1055.7893
C-35	C-36	N 47° 45' 59.53" E	29.8935	1057.7559
C-36	C-37	N 53° 52' 59.99" E	49.9668	1064.7512
C-37	C-38	N 52° 8' 31.47" E	48.9600	1066.4719
C-38	C-39	N 35° 19' 28.94" E	49.9885	1067.6527
C-39	C-40	N 31° 26' 2.24" E	24.9941	1067.9651
C-40	C-41	N 42° 52' 58.83" E	24.9841	1068.5908
C-41	C-42	N 69° 53' 1.22" E	39.9997	1071.7469
C-42	C-43	N 69° 3' 59.75" E	49.8849	1073.8998
C-43	C-44	N 72° 7' 0.98" E	49.9649	1077.7310
C-44	C-45	N 73° 46' 29.81" E	49.8119	1081.6399
C-45	C-46	N 57° 41' 27.74" E	49.8050	1087.0387
C-46	C-47	N 63° 4' 0.69" E	49.5639	1090.9627
C-47	C-48	N 69° 22' 1.59" E	31.6336	1093.6075
C-48	C-49	N 77° 38' 4.7" E	33.8930	1096.3804

SIMBOLOGIA			
	POZO		VÁLVULA CHECK
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO		ESTACIÓN NO.
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN		DIRECCIÓN DE FLUJO
	PRESIÓN DINÁMICA		
	TUBERÍA EN PERFIL		
	CARGAS		
	TUBERÍA PRINCIPAL EN PLANTA		
	RAMAL EN PLANTA		
	SUBRAMAL EN PLANTA		



PERFIL

LÍNEA DE CONDUCCIÓN

ESCALA: 1:2000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL BURENADO (EJEP)
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA

INVESTIGACIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUTUPÁ

PLANTA GENERAL LINEA DE CONDUCCIÓN

CONTRATO No. 10000000000000000000

PROYECTO No. 10000000000000000000

HOJA: 3

18

Ing. Manuel Alfredo Arvizu Ochoa

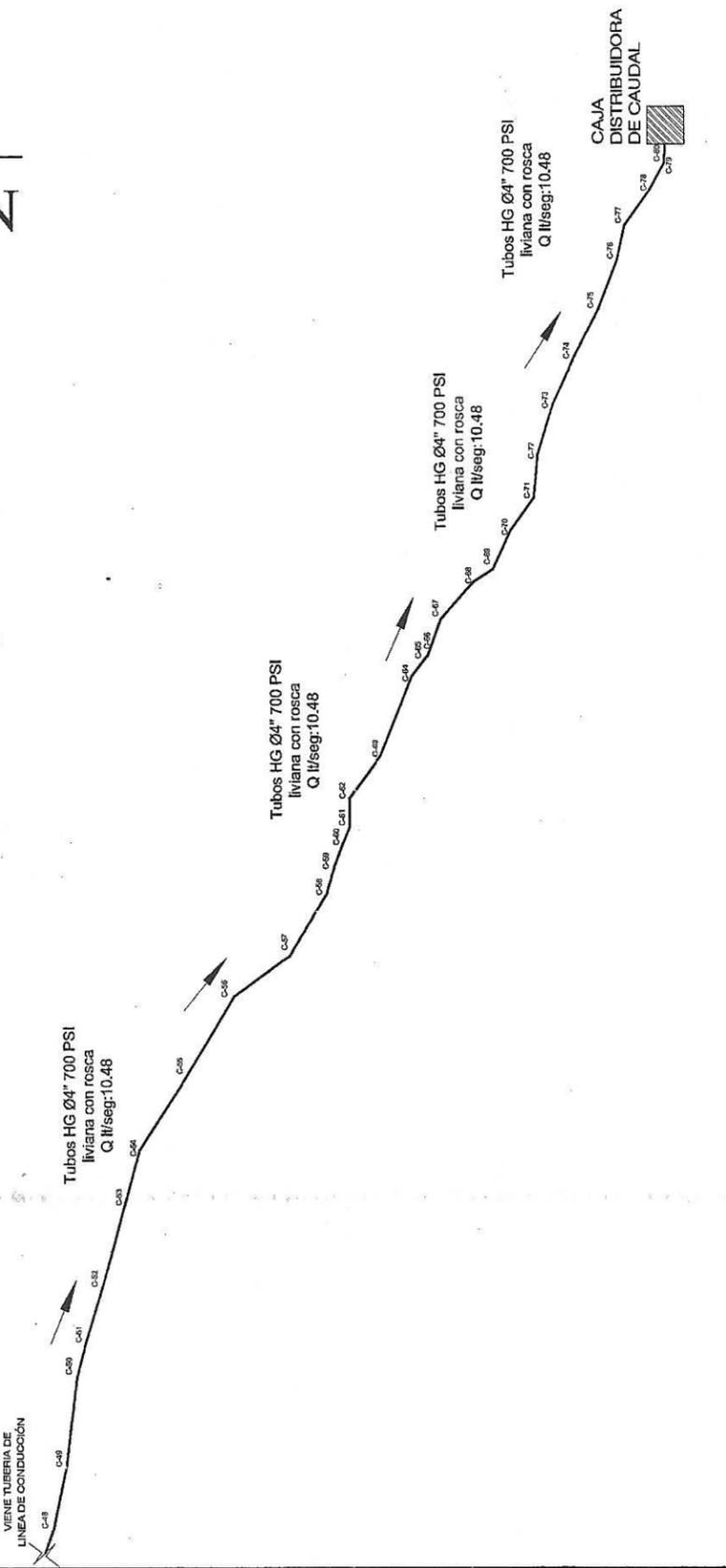
ASESOR - SUPERVISOR

Unidad de Prácticas de Ingeniería

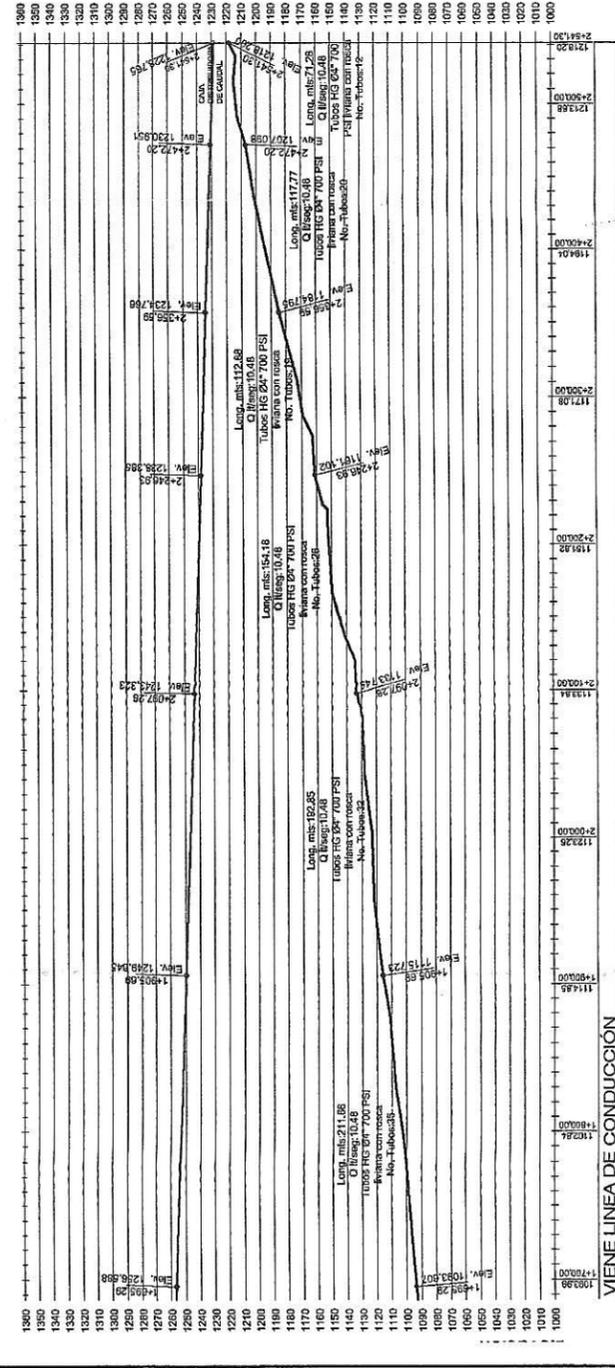
Escuela de Ingeniería



TUBERÍA DE CONDUCCIÓN				
Est.	P.O.	Rumbo	Dh	Cota
C-48	C-49	N 77° 38' 4.7" E	33.8930	1096.3804
C-49	C-50	N 82° 41' 58.46" E	49.7434	1100.3363
C-50	C-51	N 76° 5' 18.57" E	19.5406	1102.6046
C-51	C-52	N 74° 0' 30.81" E	29.9462	1107.2429
C-52	C-53	N 74° 45' 28.62" E	49.7190	1111.5083
C-53	C-54	N 74° 18' 0.88" E	27.5540	1115.7232
C-54	C-55	N 58° 0' 59.49" E	49.7588	1121.5927
C-55	C-56	N 59° 8' 1" E	49.4700	1123.4443
C-56	C-57	N 35° 17' 57.49" E	37.6845	1127.7219
C-57	C-58	N 59° 29' 59.83" E	39.7428	1129.4895
C-58	C-59	N 75° 13' 10.66" E	14.9345	1133.7447
C-59	C-60	N 70° 13' 2.11" E	13.6769	1134.2223
C-60	C-61	N 67° 13' 17.45" E	9.9750	1134.7687
C-61	C-62	S 89° 37' 0.47" E	15.9986	1141.3278
C-62	C-63	N 53° 47' 32.63" E	28.9075	1149.7876
C-63	C-64	N 67° 52' 57.14" E	46.4162	1152.5526
C-64	C-65	N 53° 5' 59.25" E	12.3246	1153.1427
C-65	C-66	N 46° 51' 6.61" E	2.4726	1155.9114
C-66	C-67	N 70° 21' 35.8" E	19.8744	1161.1017
C-67	C-68	N 48° 29' 27.87" E	27.2401	1162.9238
C-68	C-69	N 33° 37' 2.98" E	12.9847	1169.0523
C-69	C-70	N 65° 45' 30.91" E	23.7979	1172.8096
C-70	C-71	N 53° 53' 55.27" E	21.6491	1178.5872
C-71	C-72	N 84° 39' 31.15" E	23.9878	1184.7953
C-72	C-73	N 73° 14' 1.55" E	28.9911	1191.0237
C-73	C-74	N 65° 42' 1.11" E	28.6458	1197.0048
C-74	C-75	N 62° 39' 0.56" E	28.7818	1202.5295
C-75	C-76	N 69° 59' 26.53" E	29.1929	1207.0979
C-76	C-77	N 77° 8' 2.93" E	19.3606	1212.7589
C-77	C-78	N 54° 58' 27.71" E	23.9606	1215.3590
C-78	C-79	N 62° 17' 33.7" E	16.5629	1213.5000
C-79	C-80	S 86° 2' 55.77" E	9.2154	1218.2000



PLANTA
LINEA DE CONDUCCIÓN
ESCALA: 1 : 1500



SIMBOLOGIA	
	POZO
	VÁLVULA CHECK
	ESTACIÓN NO.
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	TUBERÍA DINÁMICA
	CASAS
	TUBERÍA PRINCIPAL EN PLANTA
	RAMAL EN PLANTA
	SUPRAMAL EN PLANTA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL (SUPERVISADO (PSP))
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION

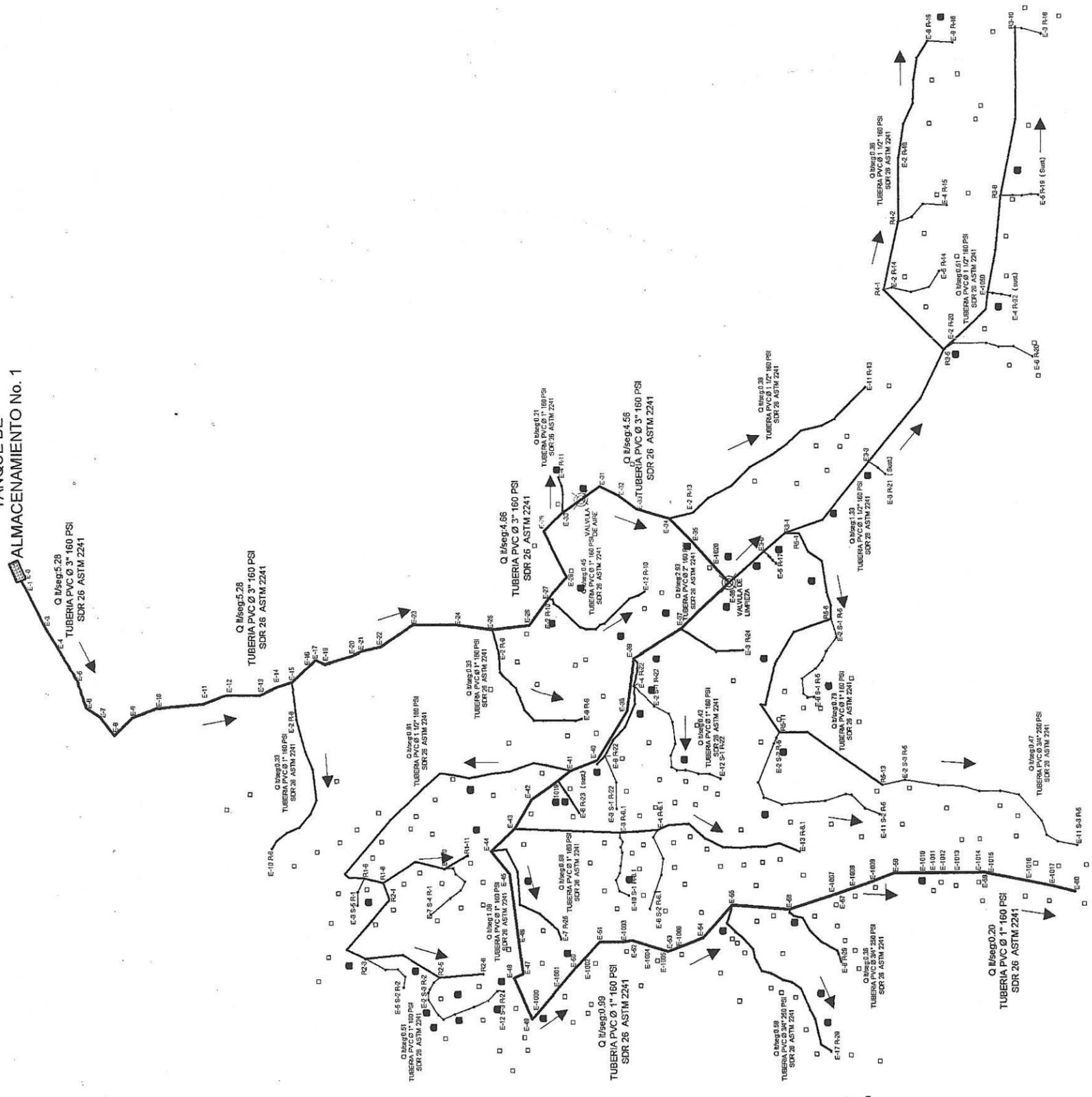
PROYECTO:
INTRODUCCION DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMON, SANTA CATARINA MITA, JUTUPA.

PLANTA GENERAL LINEA DE CONDUCCION

FECHA: JULIO 2016
HOJA: 4
18

Ing. Manuel Alfredo Arriola
ASESOR - SUPERVISOR DE OBRAS
Unidad de Prácticas de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

TANQUE DE ALMACENAMIENTO No. 1



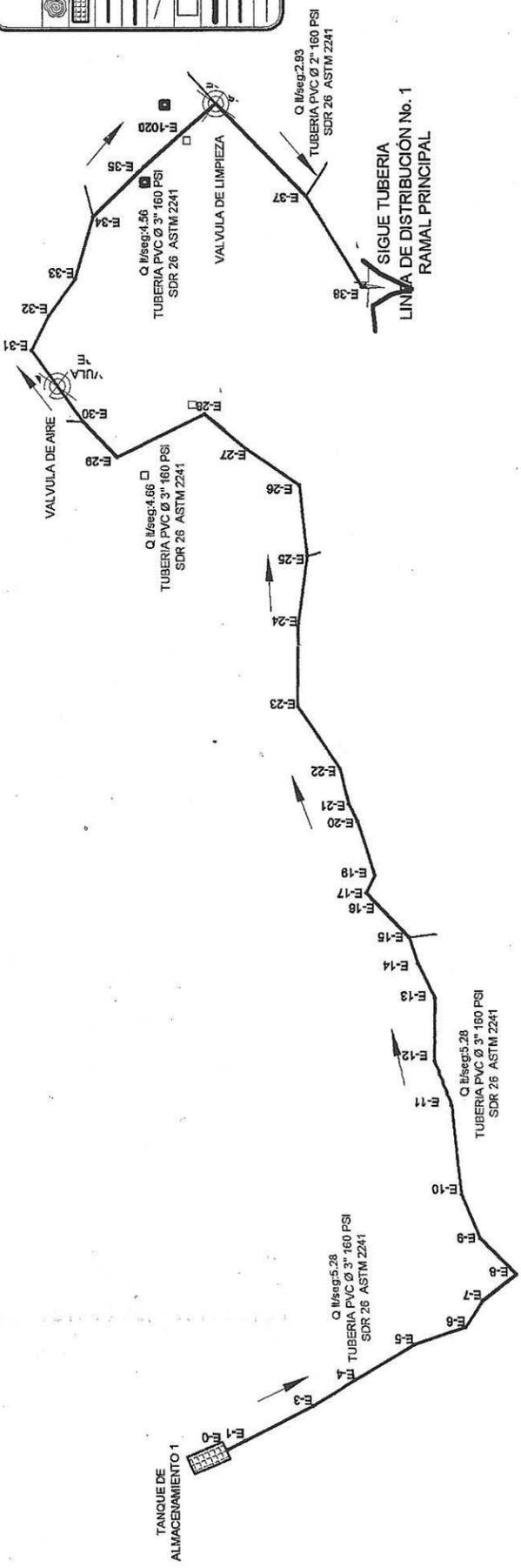
PLANTA GENERAL LINEA DE DISTRIBUCIÓN No. 1

TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN

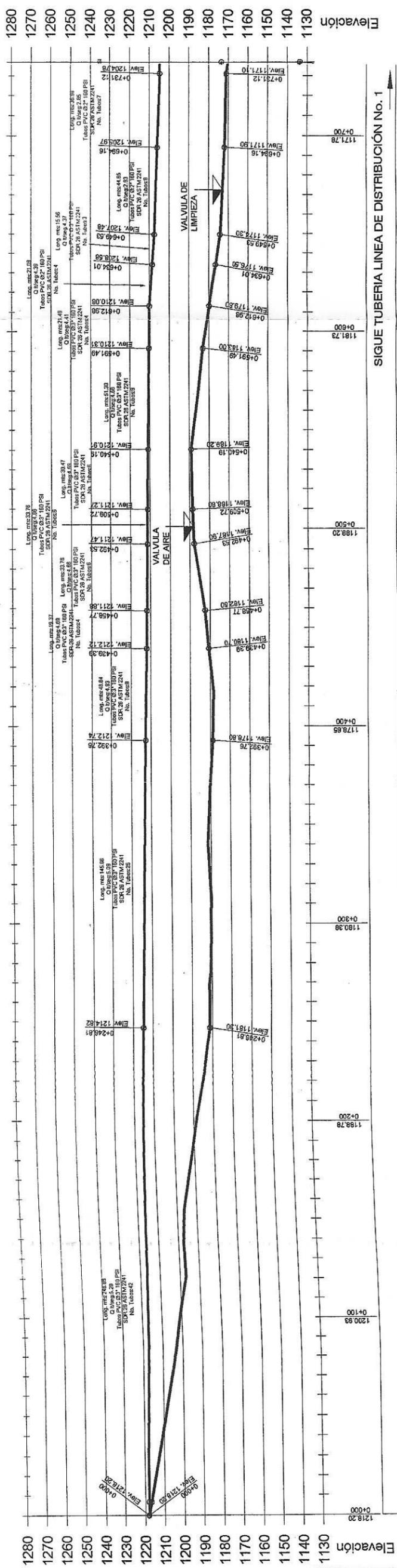
ESCALA: 1 : 1500

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA FACULTAD DE INGENIERÍA UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISOR (EPS)			
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANEACIÓN			
PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LUMÍN, SANTA CATARINA MITA, JUTIUPÁ.			
CONTENIDO: PLANTA GENERAL LINEA DE DISTRIBUCIÓN No. 1		ESCALA: INDICADA	FECHA: JULIO 2015
CALCULO: LUS ENALDO TÓRTOLA		HOJA: 19	
DISEÑO: LUS ENALDO TÓRTOLA		DIBUJO: LUS ENALDO TÓRTOLA	

SIMBOLOGIA	
	POZO
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	PRESIÓN DINÁMICA
	TUBERÍA EN PERFIL
	CASAS
	TUBERÍA PRINCIPAL EN PLANTA
	RAMAL EN PLANTA
	SUBRAMAL EN PLANTA
	VÁLVULA CHECK
	ESTACIÓN No.
	DIRECCIÓN DE FLUJO



PLANTA RAMAL PRINCIPAL
LINEA DE DISTRIBUCIÓN No. 1
ESCALA: 1:1000



PERFIL RAMAL PRINCIPAL
LINEA DE DISTRIBUCIÓN No. 1
ESCALA: 1:1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL (SUPERVISADO EPS)
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION

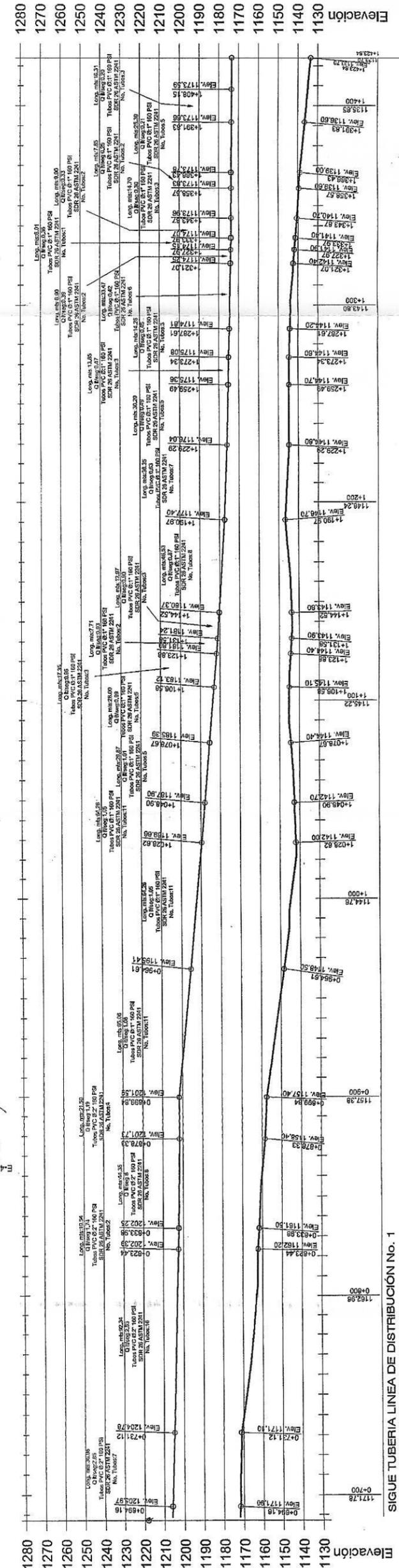
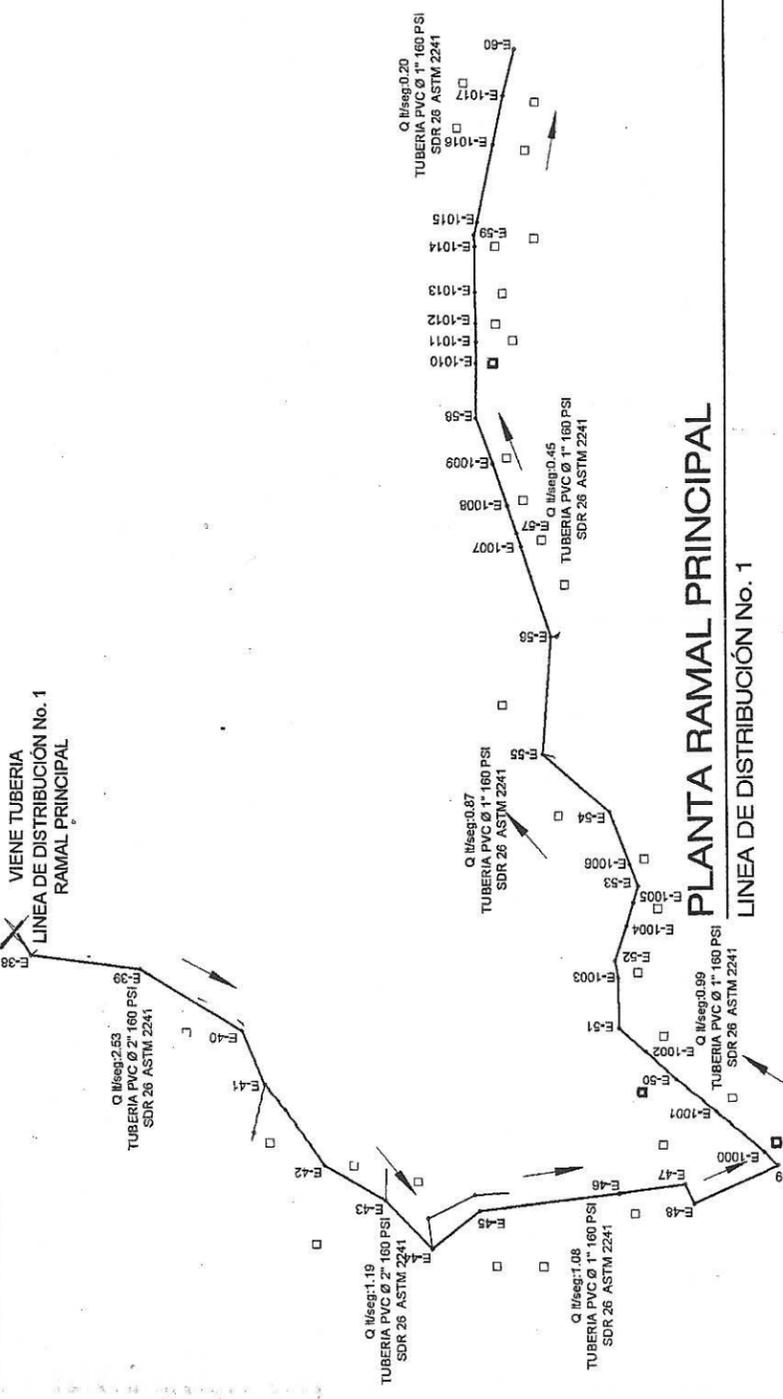
PROYECTO:
INTRODUCCION DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMON, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA.

CONTENIDO:
RAMAL PRINCIPAL LINEA DE DISTRIBUCION No. 1 PLANTA - PERFIL

ESCALA: INDICADA
FECHA: JULIO 2015

HOJA:
DISEÑO: LEON BLAS TORTELTA
DIBUJO: LEON BLAS TORTELTA
19

SIMBOLOGIA	
	POZO
	VÁLVULA CHECK
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	ESTACIÓN No.
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	PRESIÓN DINÁMICA
	TUBERÍA EN PERFIL
	CASAS
	TUBERÍA PRINCIPAL EN PLANTA
	RAMAL EN PLANTA
	SUBRAMAL EN PLANTA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE ELÉCTRICIDAD PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN

PROYECTO: RECONSTRUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPÁ

CONTENIDO: LINEA DE DISTRIBUCIÓN No. 1 PLANTA - PERFIL
RAMAL PRINCIPAL
ESCALA: INDICADA
FECHA: JULIO 2016

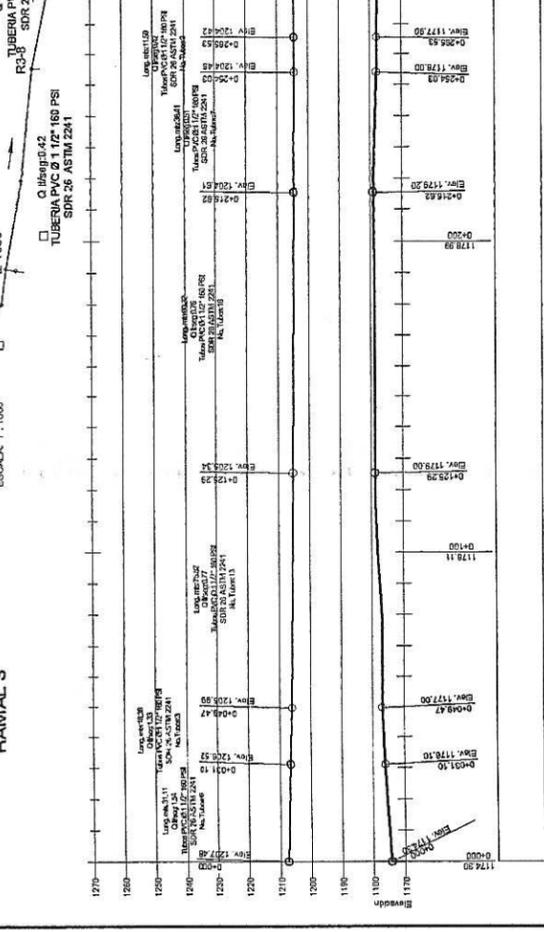
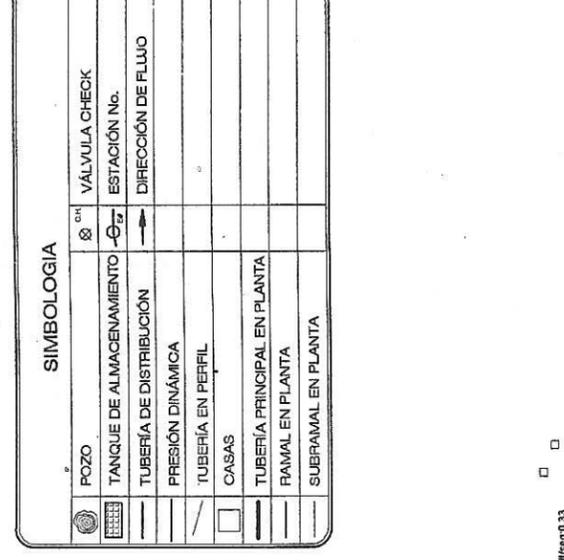
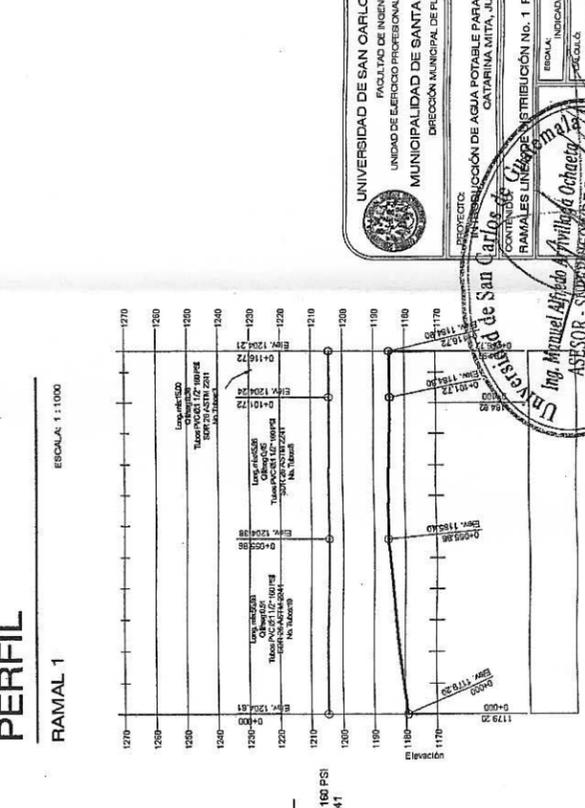
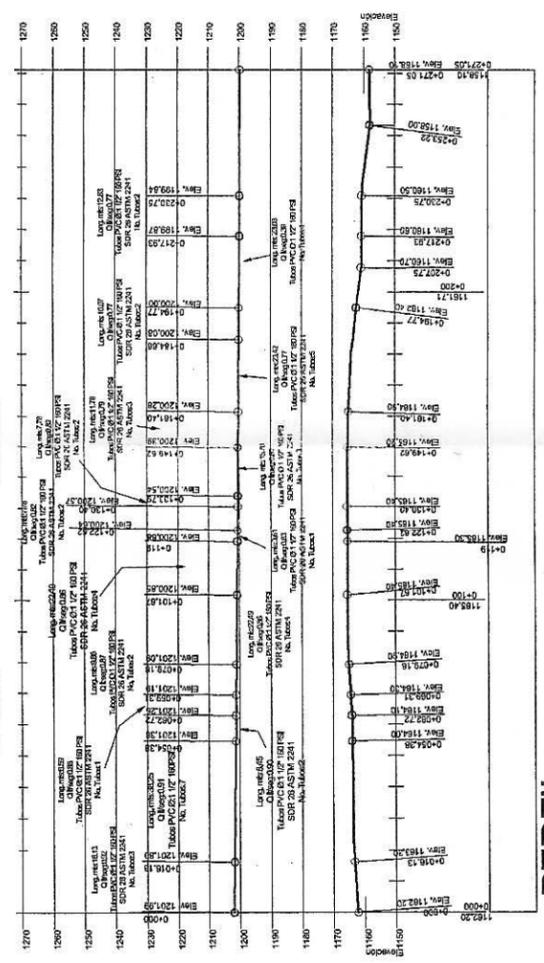
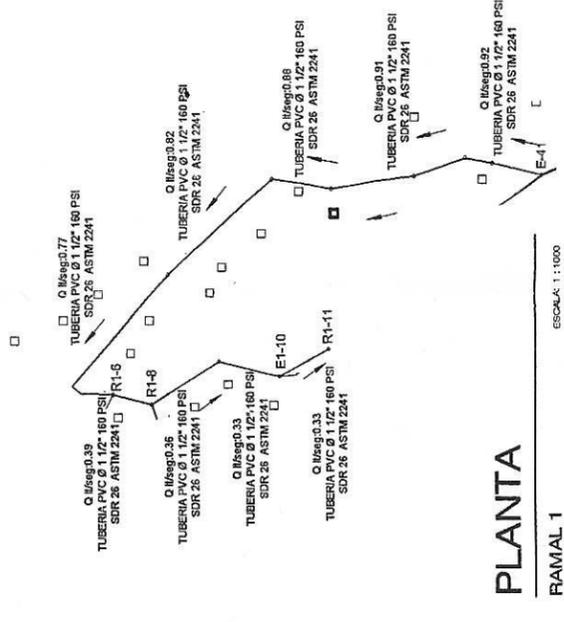
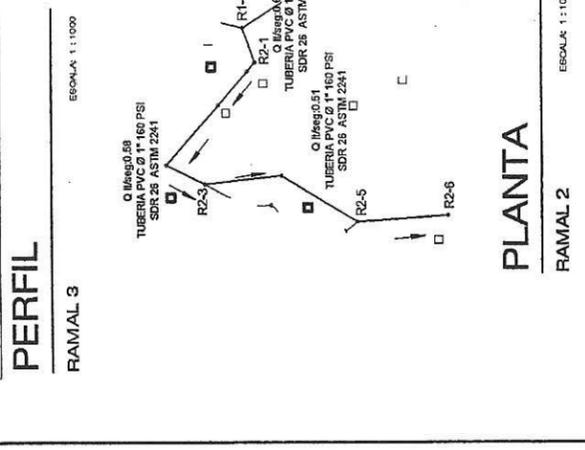
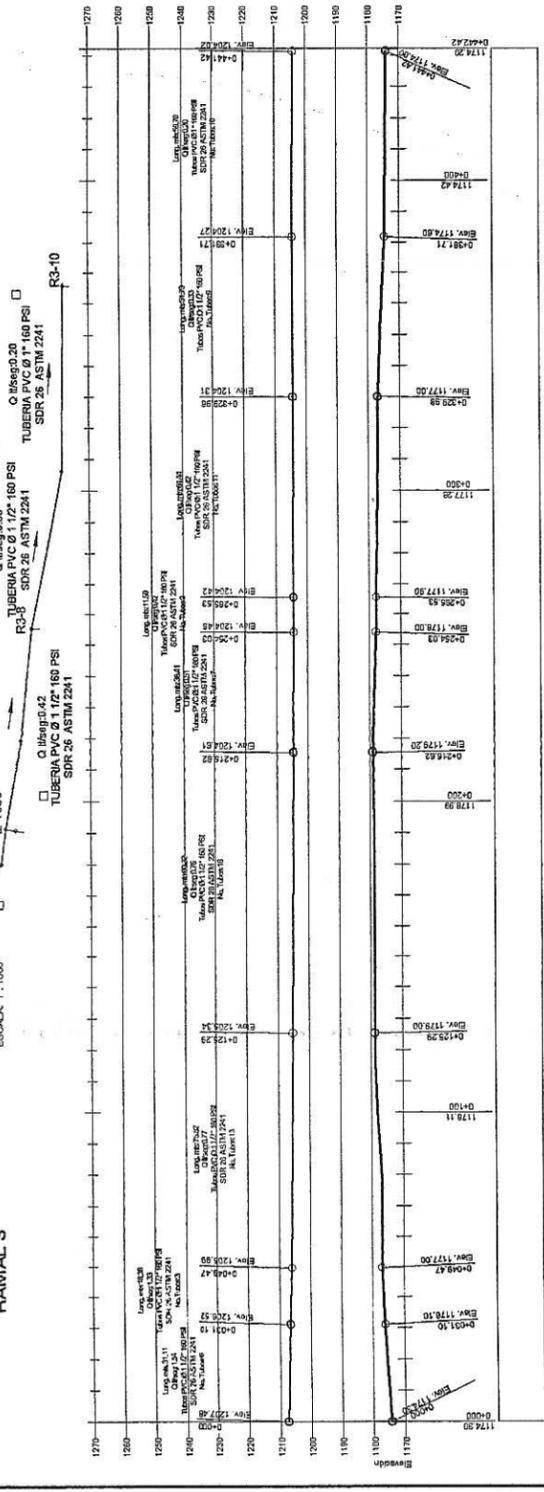
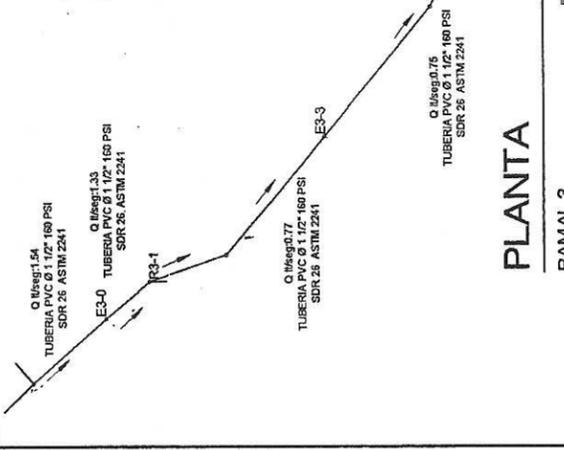
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Ing. Manuel Alfredo Arriola Ochoa
Unidad de Prácticas de Ingeniería

HOJA: 7
18

PERFIL RAMAL PRINCIPAL
LINEA DE DISTRIBUCIÓN No. 1

ESCALA: 1:1000

SIMBOLOGIA	
	POZO
	VÁLVULA CHECK
	ESTACIÓN No.
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	PRESIÓN DINÁMICA
	TUBERÍA EN PERFIL
	CASAS
	TUBERÍA PRINCIPAL EN PLANTA
	RAMAL EN PLANTA
	SUBRAMAL EN PLANTA



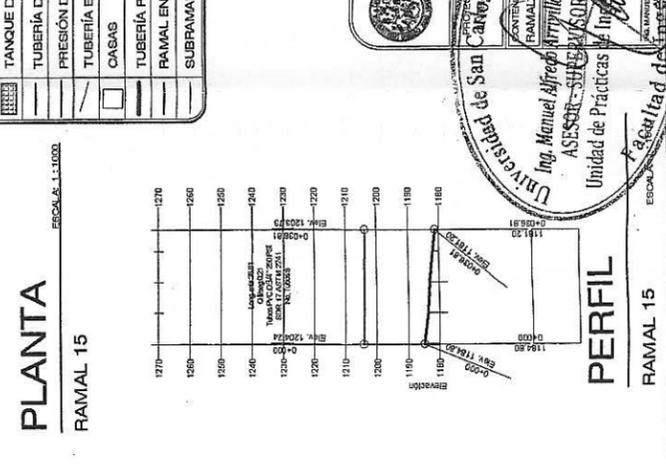
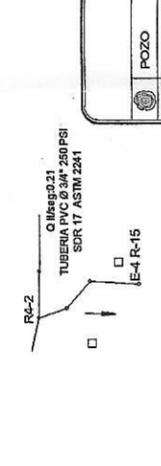
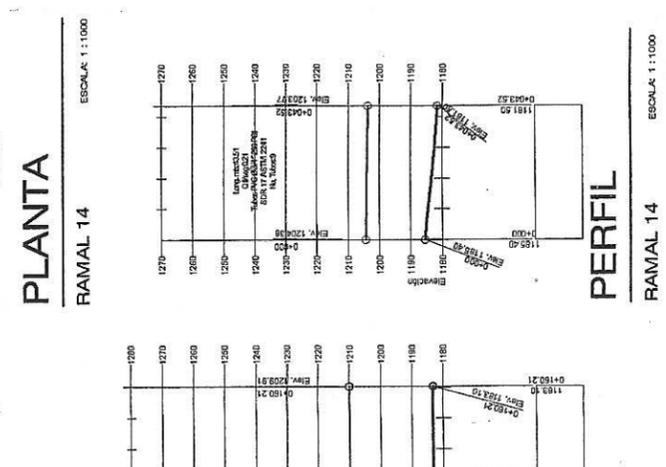
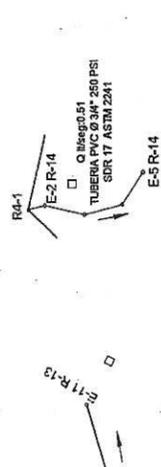
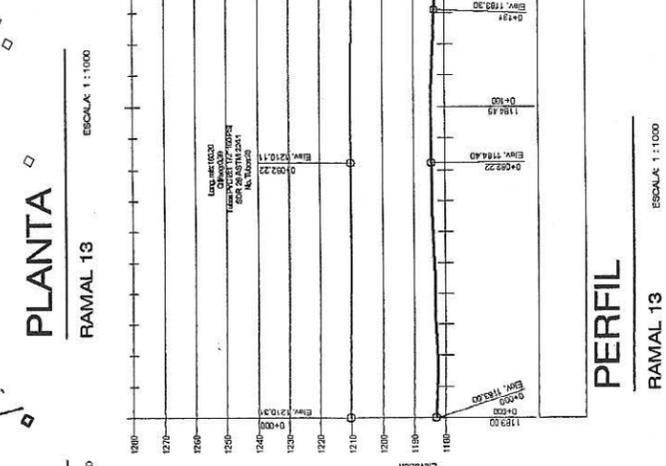
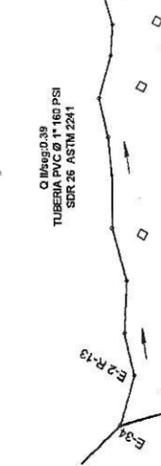
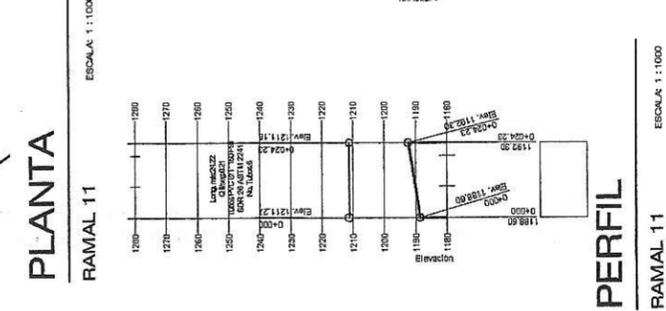
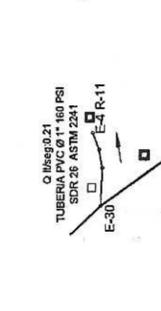
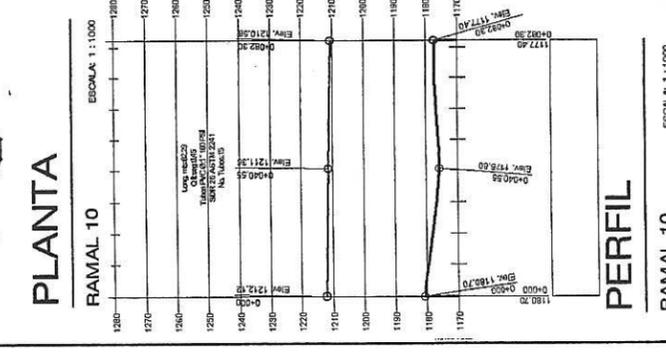
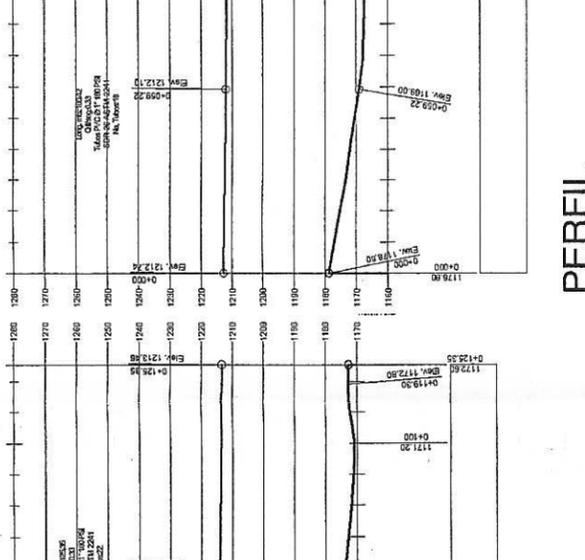
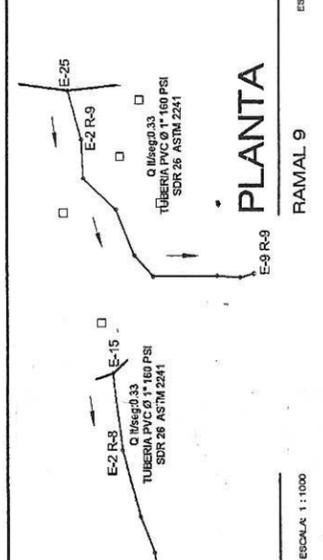
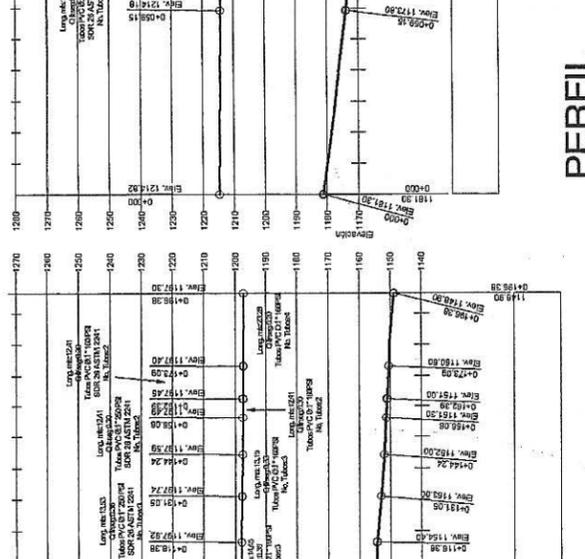
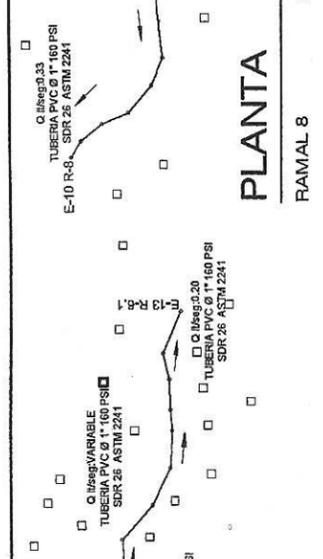
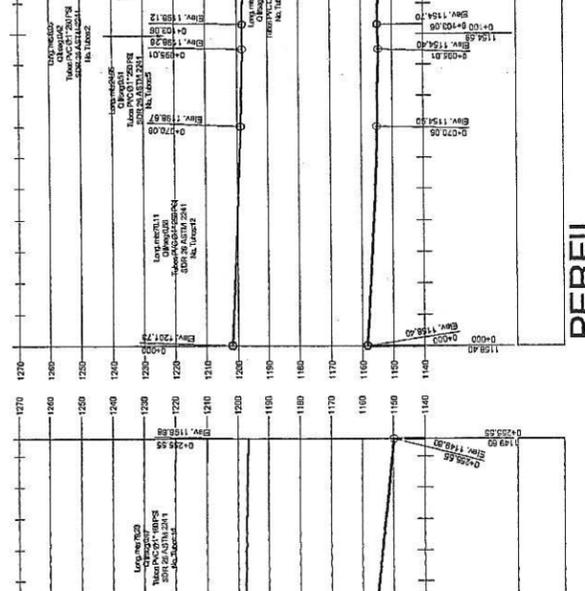
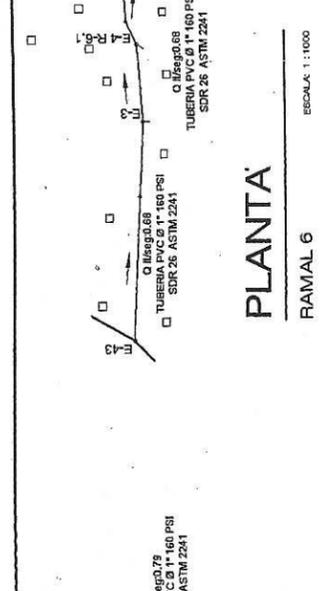
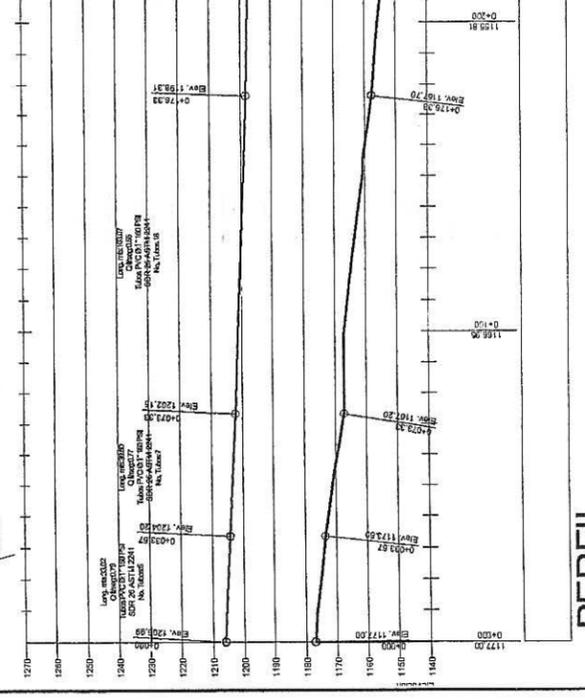
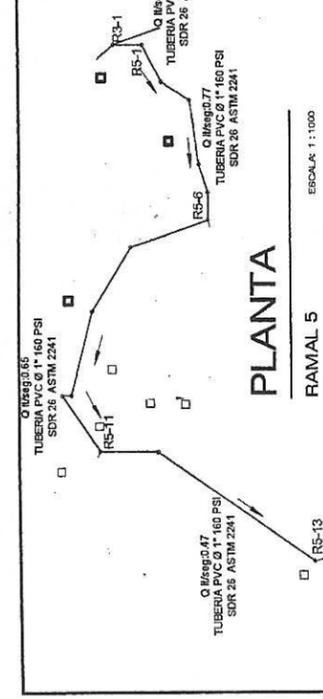
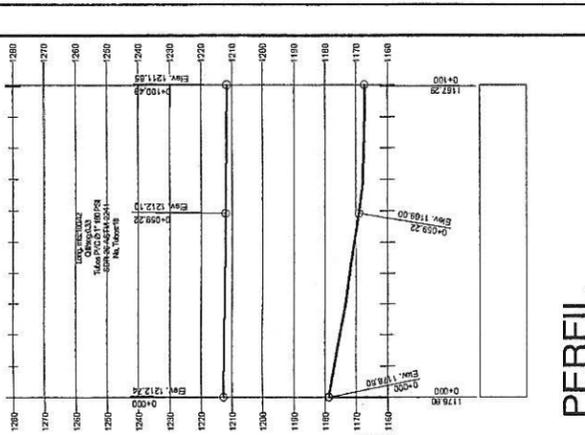
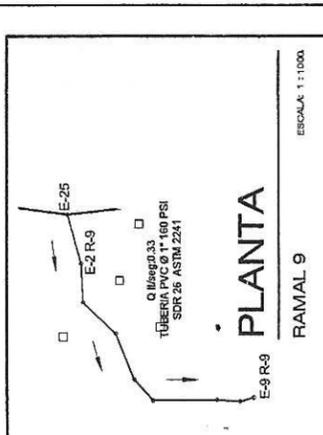
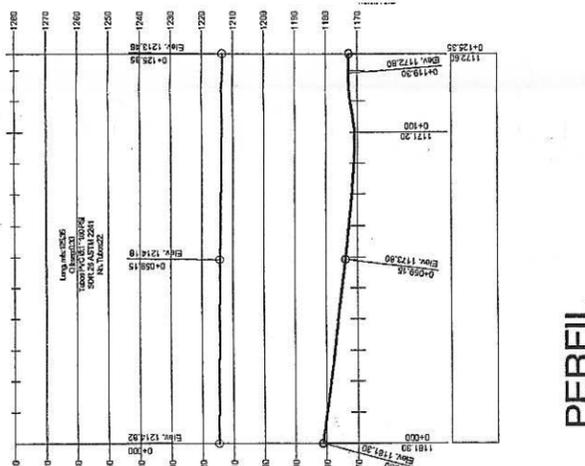
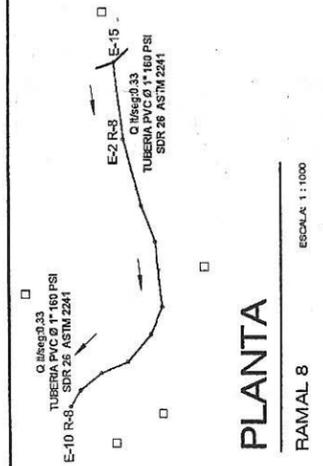
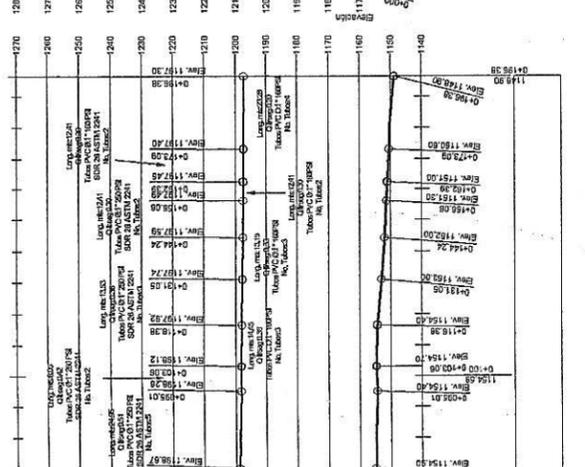
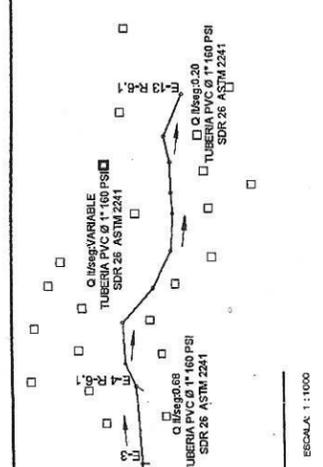
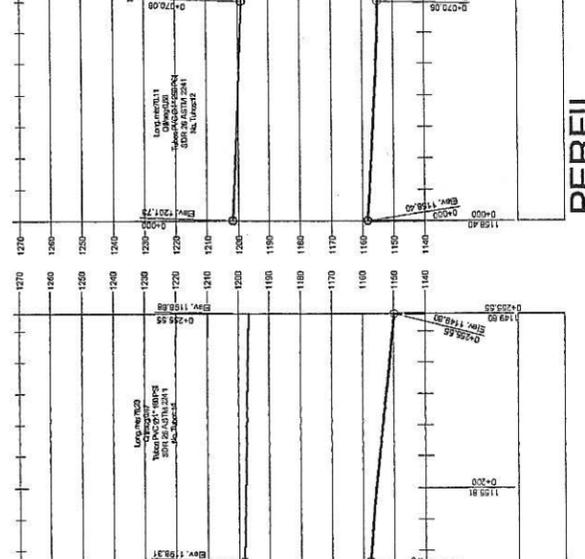
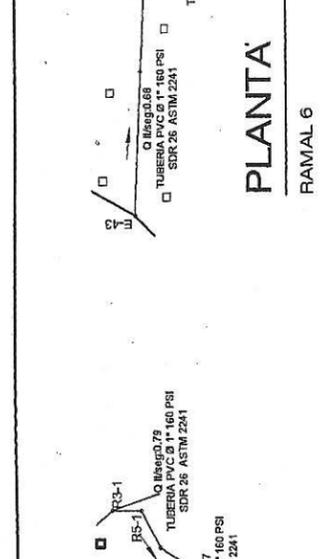
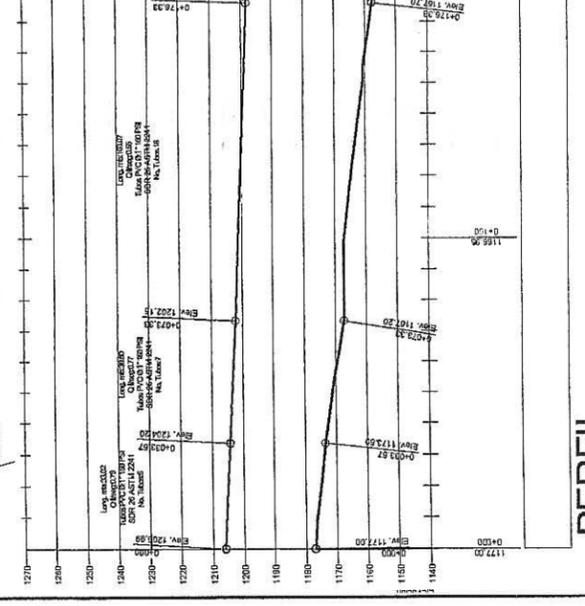
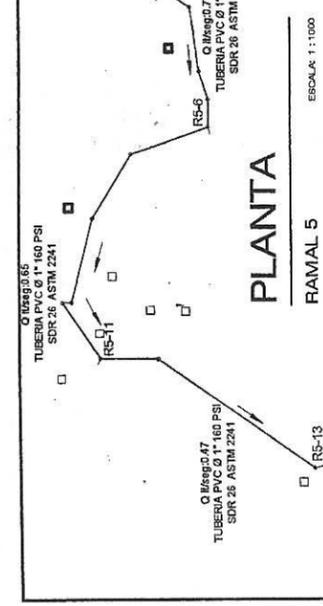
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE EGRESOS PROFESIONALES (SUPERGRADO EPS)
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
 DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION

CONTINENTE DE DISTRIBUCION NO. 1 PLANTA - PERFIL
 RAMALES UNIFORMES

Ing. Manuel Alejandro Amador Ochoa
 ASesor - SUPERGRADO DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS

HOJA: 8
 18

ESCALA: 1:1000

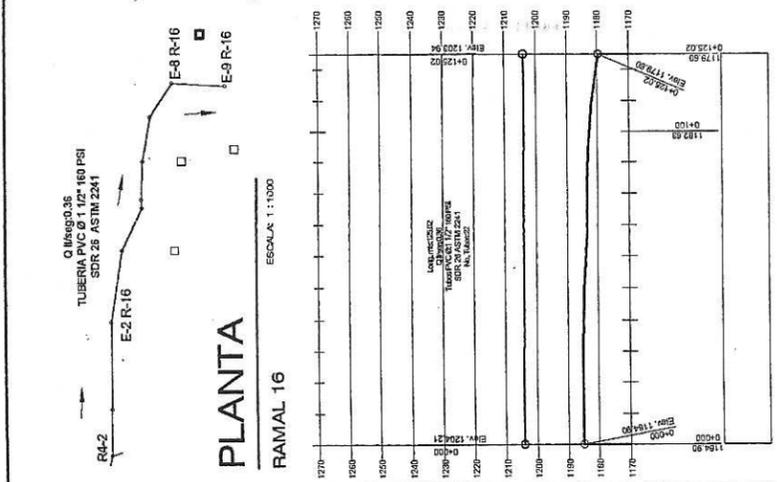


SIMBOLOGIA	
	POZO
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	PRESIÓN DINÁMICA
	TUBERÍA EN PERFIL
	TUBERÍA PRINCIPAL EN PLANTA
	RAMAL EN PLANTA
	SUBRAMAL EN PLANTA
	VÁLVULA CHECK
	ESTACIÓN N.º
	DIRECCIÓN DE FLUJO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
 DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANEACIÓN

RAMALES LINEA DE DISTRIBUCIÓN N.º 1 PLANTA - PERFIL
 Ing. Manuel Alfredo Arrillaga Arrieta
 ASESOR SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería

ESCALA: 1:1000
 FECHA: JULIO 2016
 HOJA: 9
 DE 18

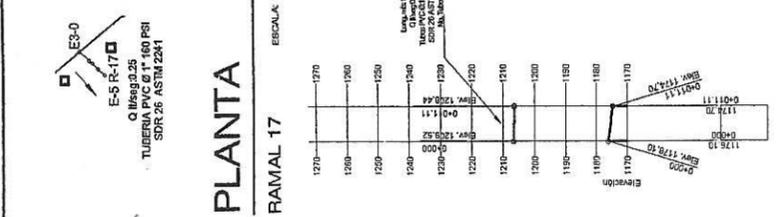


PLANTA

RAMAL 16 ESCALA: 1:1000

PERFIL

RAMAL 16 ESCALA: 1:1000

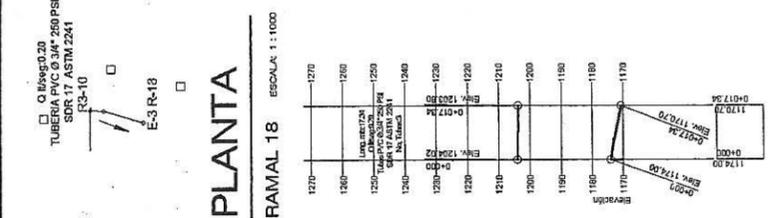


PLANTA

RAMAL 17 ESCALA: 1:1000

PERFIL

RAMAL 17 ESCALA: 1:1000

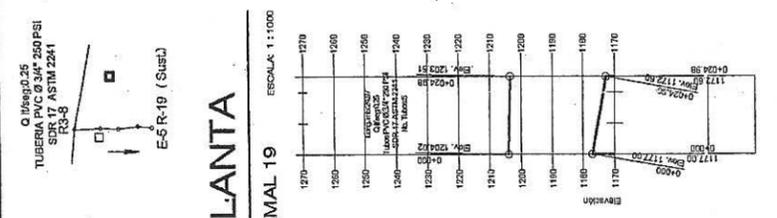


PLANTA

RAMAL 18 ESCALA: 1:1000

PERFIL

RAMAL 18 ESCALA: 1:1000

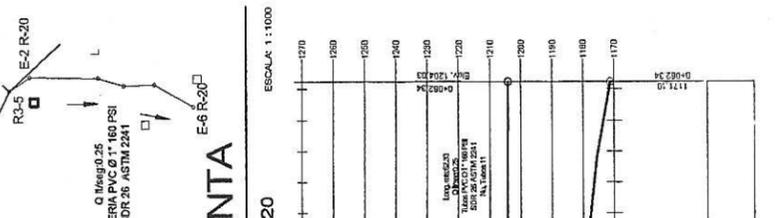


PLANTA

RAMAL 19 ESCALA: 1:1000

PERFIL

RAMAL 19 ESCALA: 1:1000

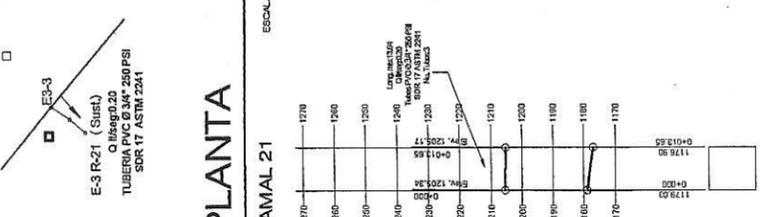


PLANTA

RAMAL 20 ESCALA: 1:1000

PERFIL

RAMAL 20 ESCALA: 1:1000

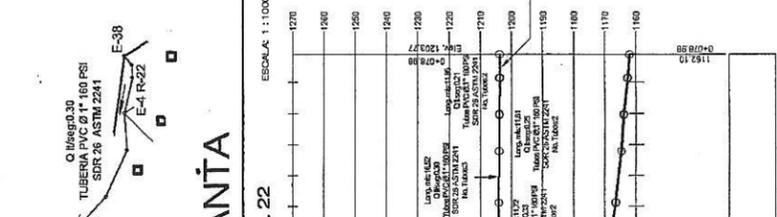


PLANTA

RAMAL 21 ESCALA: 1:1000

PERFIL

RAMAL 21 ESCALA: 1:1000

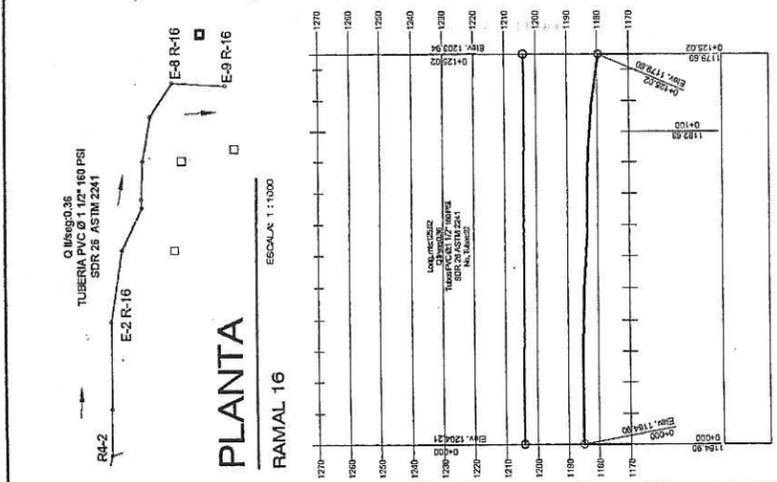


PLANTA

RAMAL 22 ESCALA: 1:1000

PERFIL

RAMAL 22 ESCALA: 1:1000

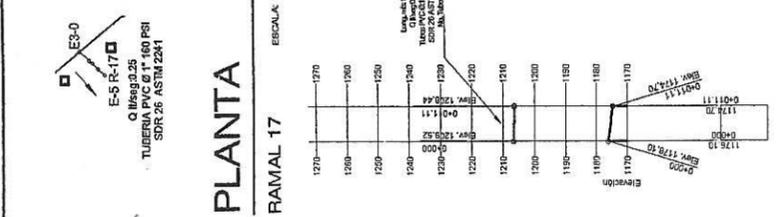


PLANTA

RAMAL 23 ESCALA: 1:1000

PERFIL

RAMAL 23 ESCALA: 1:1000

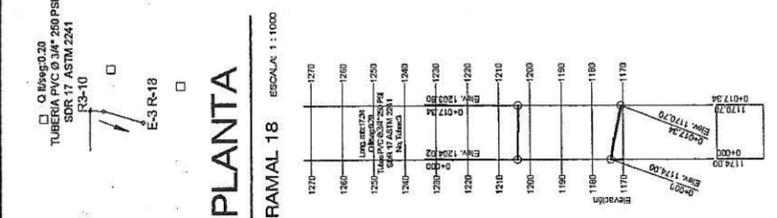


PLANTA

RAMAL 24 ESCALA: 1:1000

PERFIL

RAMAL 24 ESCALA: 1:1000

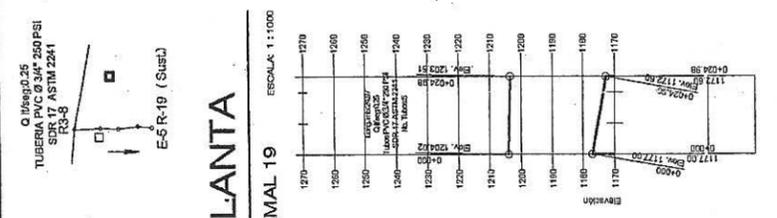


PLANTA

RAMAL 25 ESCALA: 1:1000

PERFIL

RAMAL 25 ESCALA: 1:1000

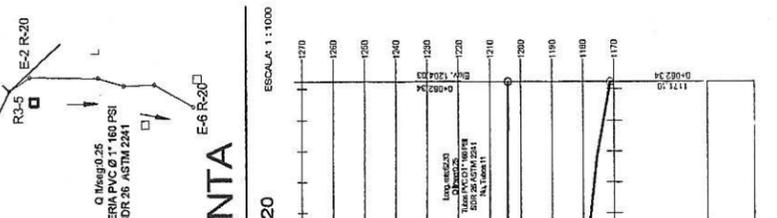


PLANTA

RAMAL 28 ESCALA: 1:1000

PERFIL

RAMAL 28 ESCALA: 1:1000

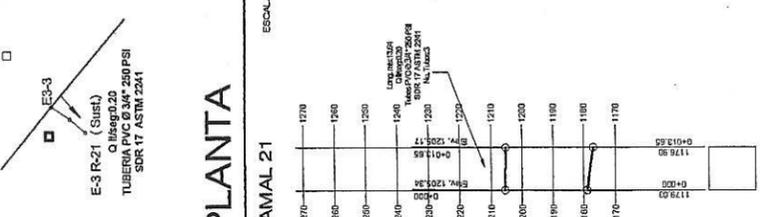


PLANTA

RAMAL 29 ESCALA: 1:1000

PERFIL

RAMAL 29 ESCALA: 1:1000

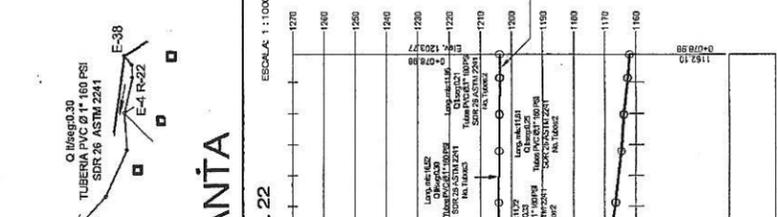


PLANTA

RAMAL 32 ESCALA: 1:1000

PERFIL

RAMAL 32 ESCALA: 1:1000



PLANTA

RAMAL 33 ESCALA: 1:1000

PERFIL

RAMAL 33 ESCALA: 1:1000

SIMBOLOGIA

POZO	VALVULA CHECK
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	ESTACION No.
TUBERIA DE DISTRIBUCION	DIRECCION DE FLUJO
PRESION DINAMICA	
TUBERIA EN PERFIL	
CASAS	
TUBERIA PRINCIPAL EN PLANTA	
RAMAL EN PLANTA	
SUBRAMAL EN PLANTA	

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA

PROYECTO: DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMON, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA.
 DIRECCION MUNICIPAL DE PLANEACION

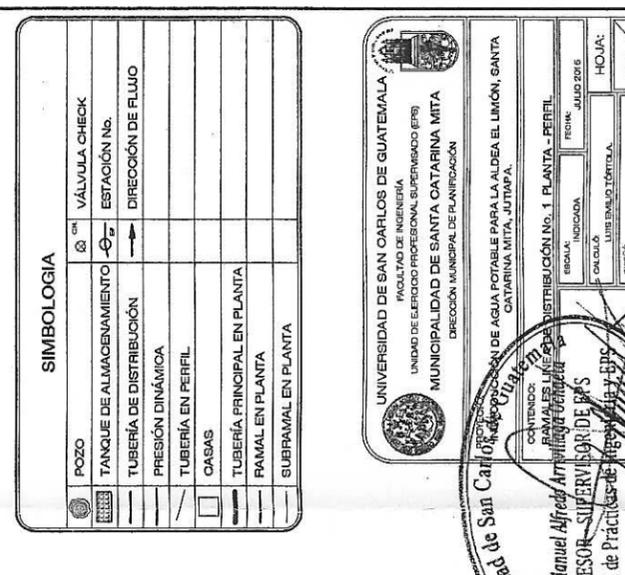
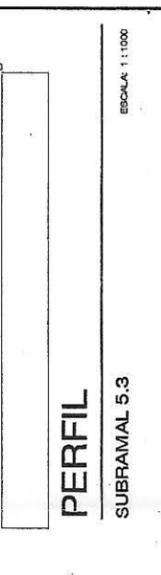
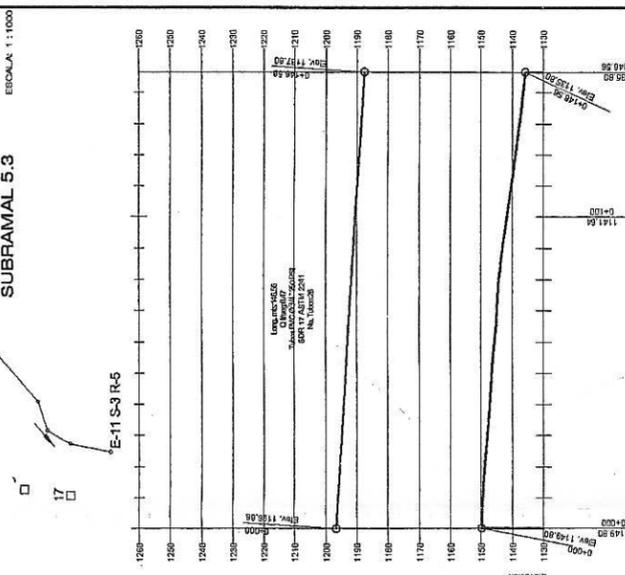
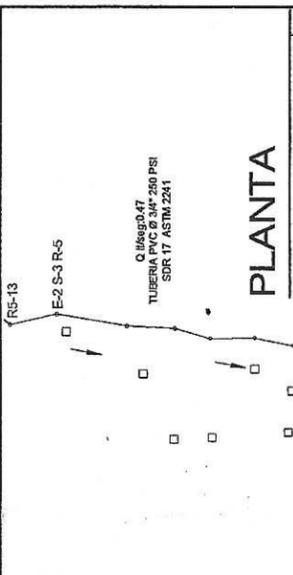
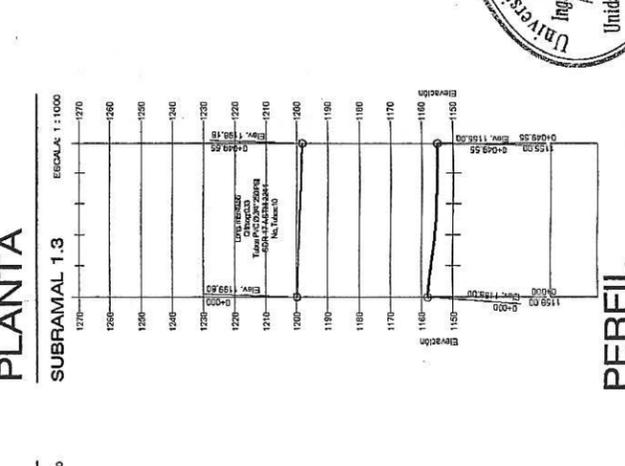
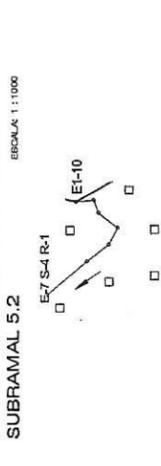
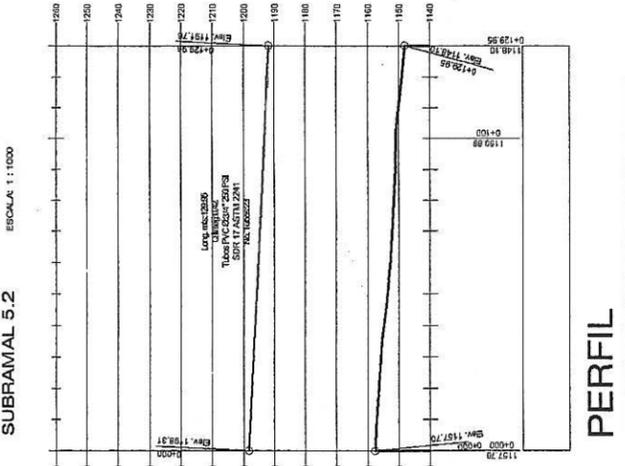
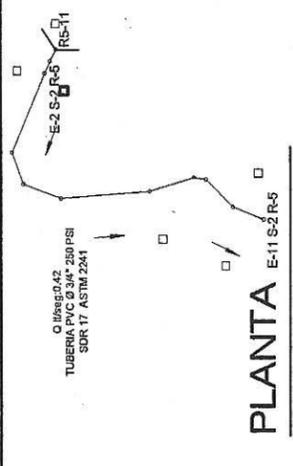
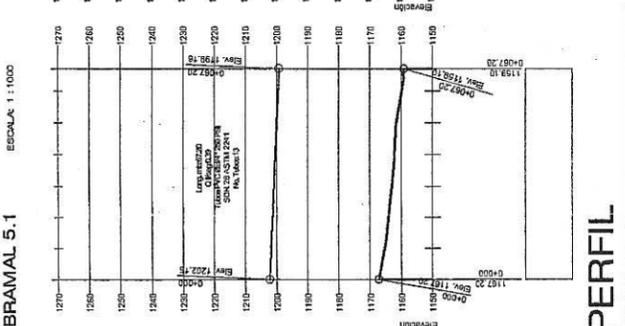
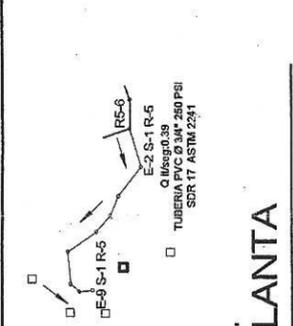
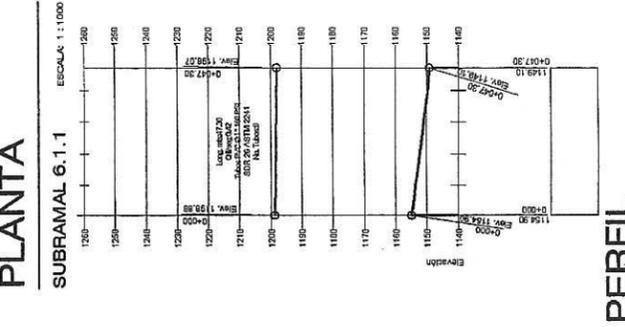
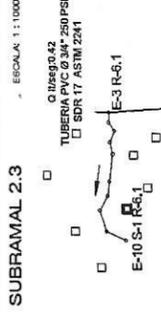
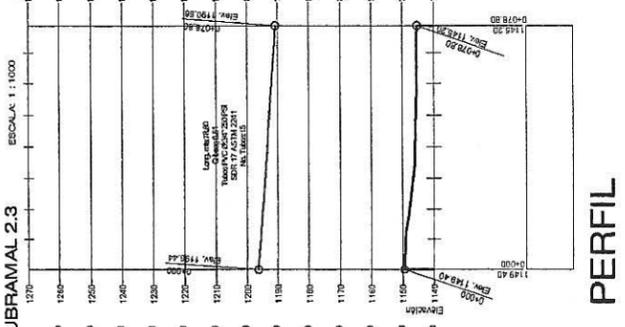
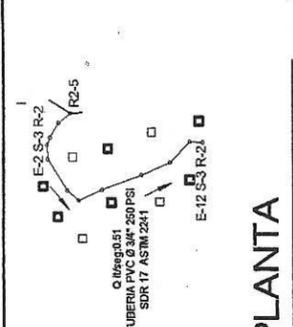
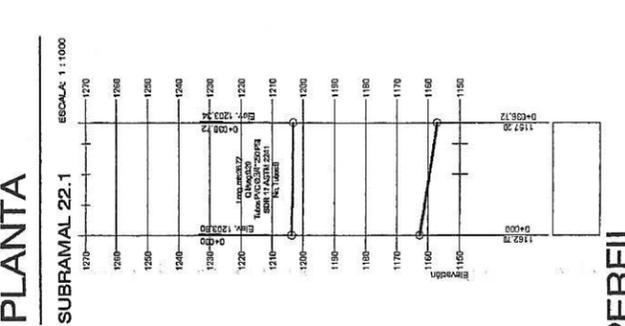
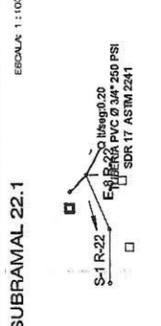
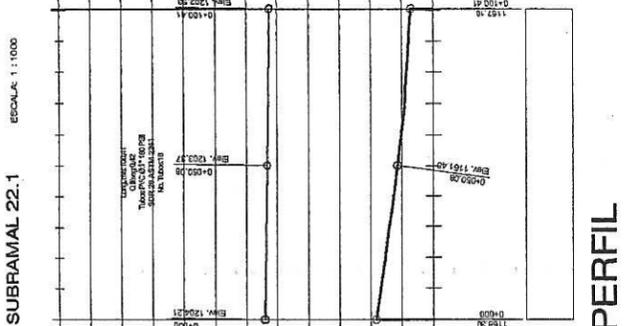
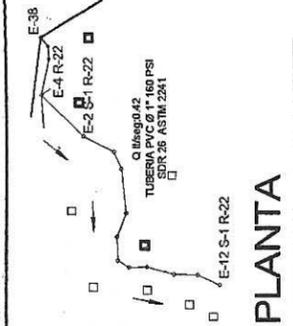
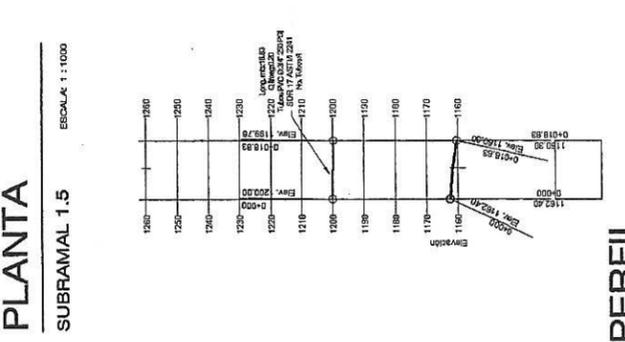
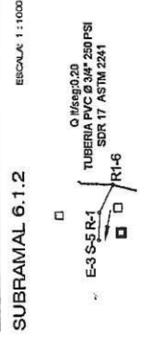
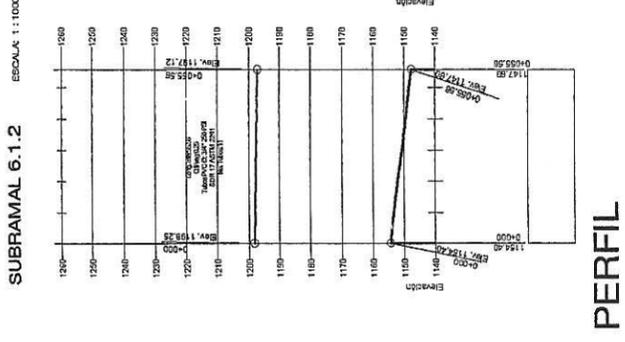
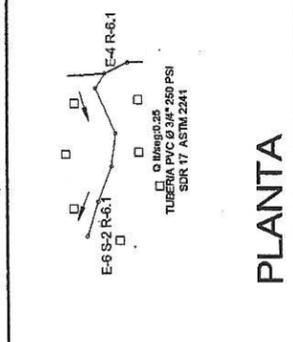
RAMALES LINEALES DISTRIBUCION No. 1 PLANTA - PERFIL

Ing. Manuel Alfredo Arriola Ochoa
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS

UNIDAD DE PRACTICAS DE INGENIERIA

ESCALA: 1:1000

HOJA: 10 18



SIMBOLOGIA	
	POZO
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	PRESIÓN DINÁMICA
	TUBERÍA EN PERFIL
	CASAS
	TUBERÍA PRINCIPAL EN PLANTA
	RAMAL EN PLANTA
	SUBRAMAL EN PLANTA
	VÁLVULA CHECK
	ESTACIÓN NO.
	DIRECCIÓN DE FLUJO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE ELECCION PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
 DIRECCION MUNICIPAL DE PLANTACION

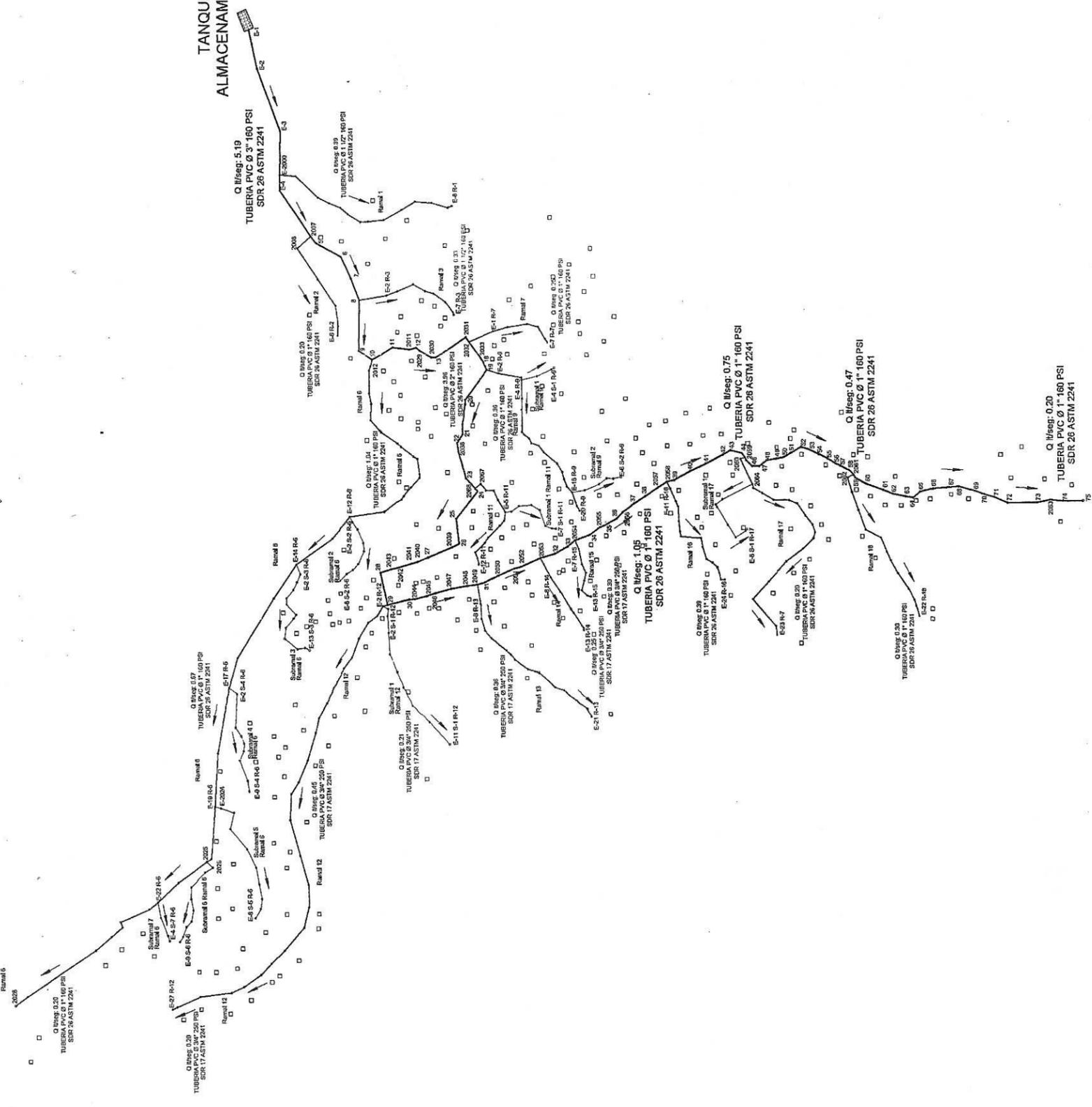
CONTENIDO: DISTRIBUCION No. 1 PLANTA - PERFIL
 ESCALA: INDICADA
 FECHA: JULIO 2016
 HOJA: 11 DE 18

Ing. Manuel Alfredo Arriola Quintana
 ASESOR SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería Civil

Ing. Luis Eraldo Cortés
 DIBUJANTE

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

TANQUE DE ALMACENAMIENTO No. 2



PLANTA GENERAL LINEA DE DISTRIBUCIÓN No. 2

TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN

ESCALA: 1 : 1500

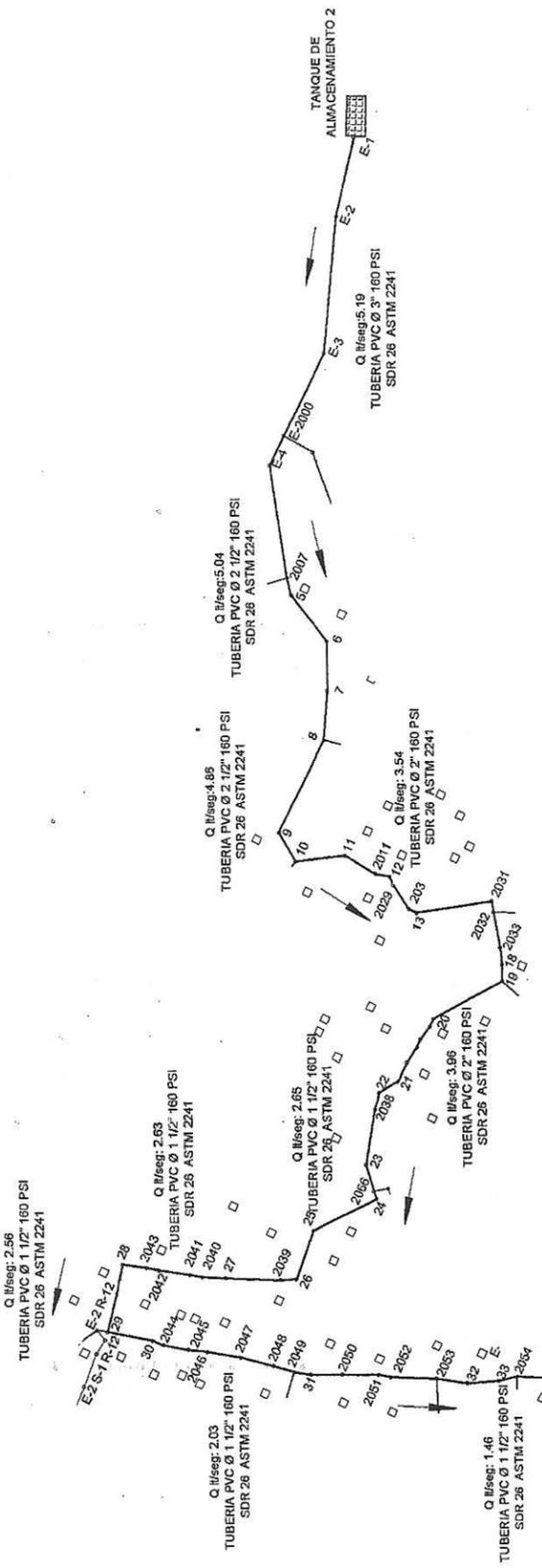
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 UNIDAD DE ENSEÑANZA PROFESIONAL DE INGENIERÍA (EPN)
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
 DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANIFICACIÓN

CONTENIDO:
 PLANTA GENERAL LINEA DE DISTRIBUCIÓN No. 2

Ing. Manuel Alfredo Arriaga Ochoa
 ASesor - SUPERVISOR DE EPS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería

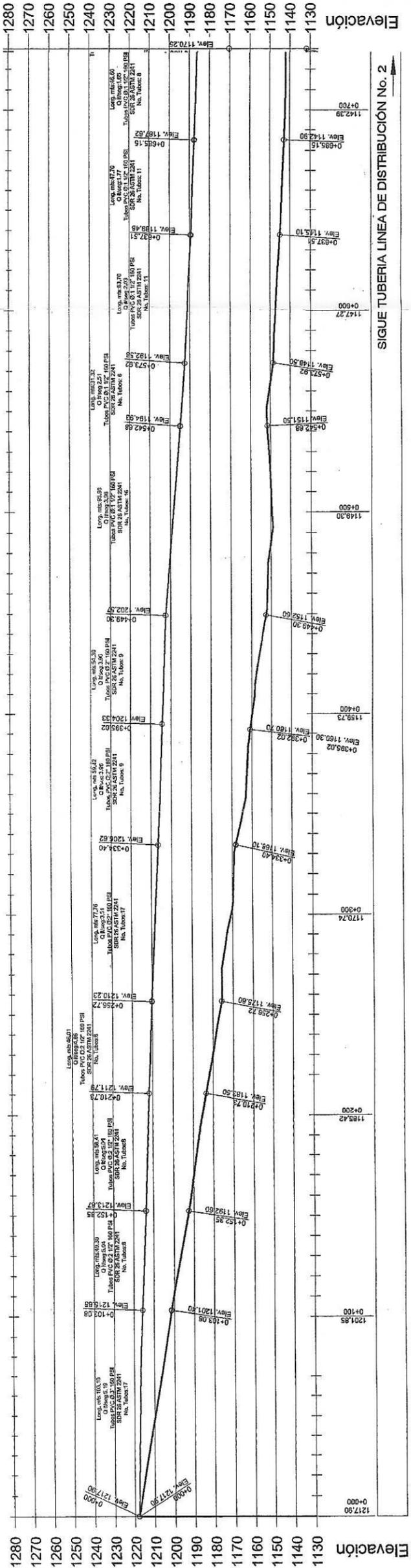
ESCALA: INICIAL
 FECHA: JULIO 2016
 HOJA: 12
 DE 18

SIMBOLOGIA	
	POZO
	VÁLVULA CHECK
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	ESTACIÓN N.º
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	PRESIÓN DINÁMICA
	TUBERÍA EN PERFIL
	CASAS
	TUBERÍA PRINCIPAL EN PLANTA
	RAMAL EN PLANTA
	SUJERRAMAL EN PLANTA



SIGUE TUBERIA
LINEA DE DISTRIBUCIÓN No. 2
RAMAL PRINCIPAL
PLANTA RAMAL PRINCIPAL

ESCALA: 1:1000



SIGUE TUBERIA LINEA DE DISTRIBUCIÓN No. 2

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANEACIÓN

CONTRATO No. 13/2015
RAMAL PRINCIPAL LINEA DE DISTRIBUCIÓN No. 2 PLANTA - PERFIL
FORMA: JULIO 2015
HOJA: 13
18

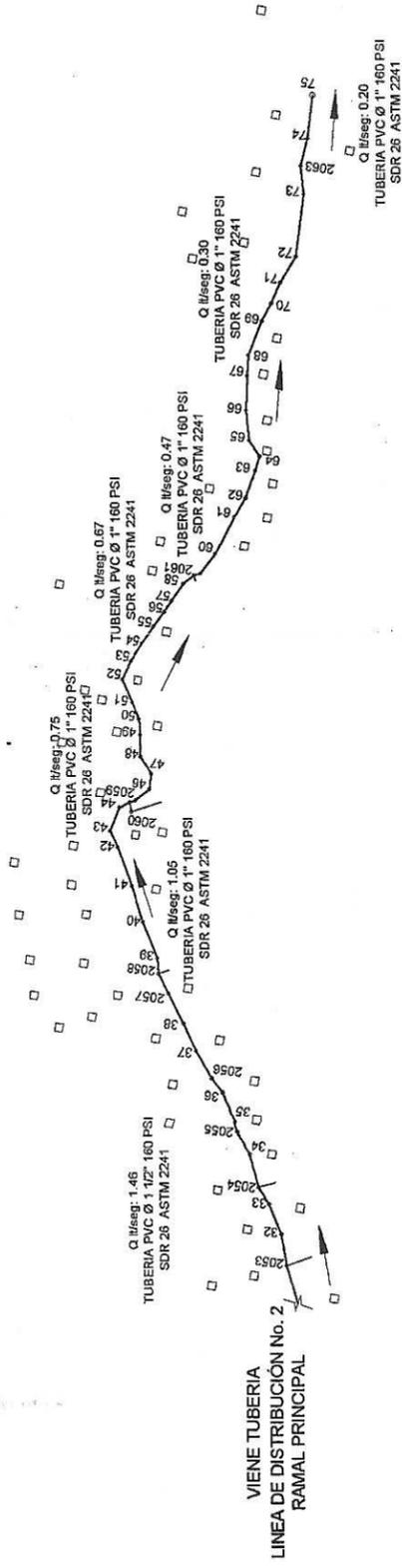
Ing. Manuel Alfredo Apurilaga Pacheco
ASESOR - SUPERVISOR DE EPS
Unidad de Prácticas de Ingeniería

ESCALA: 1:1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO EPS
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANEACIÓN

PERFIL RAMAL PRINCIPAL
LINEA DE DISTRIBUCIÓN No. 2

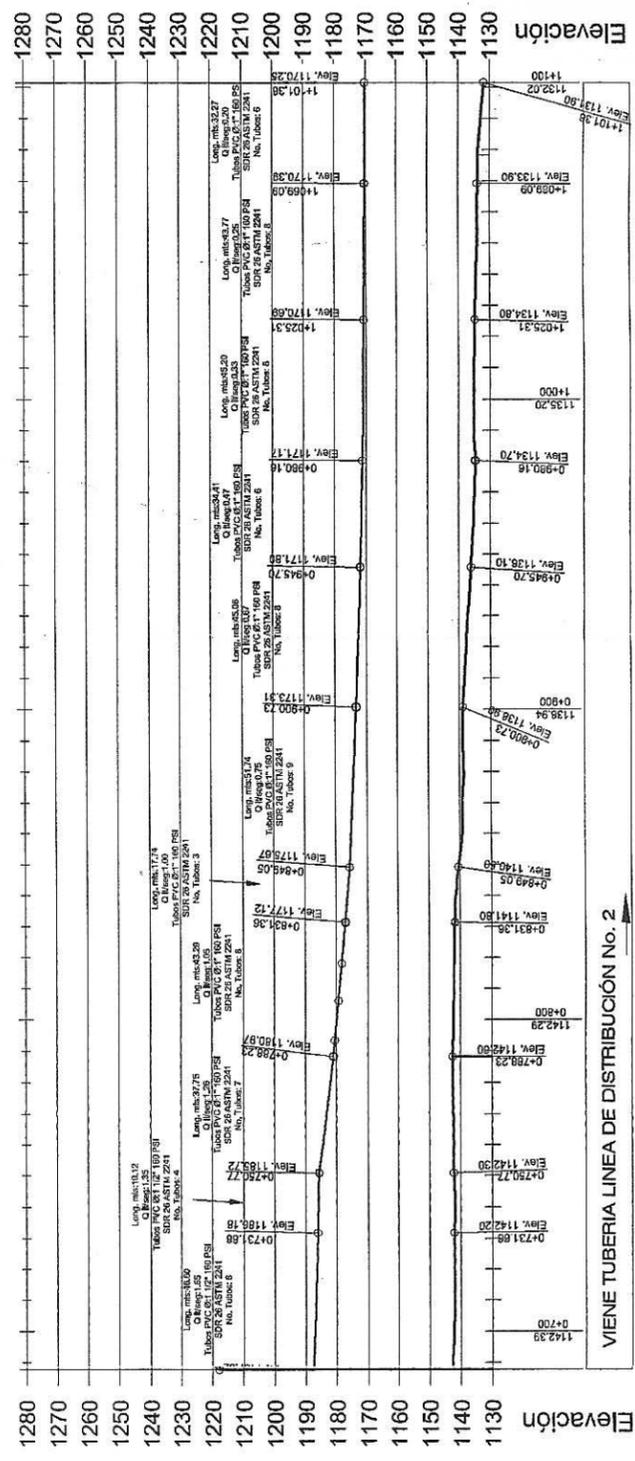
SIMBOLOGIA	
	POZO
	VÁLVULA CHECK
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	ESTACIÓN No.
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	PRESIÓN DINÁMICA
	TUBERÍA EN PERFIL
	CASAS
	TUBERÍA PRINCIPAL EN PLANTA
	RAMAL EN PLANTA
	SUBRAMAL EN PLANTA



PLANTA RAMAL PRINCIPAL

LINEA DE DISTRIBUCIÓN No. 2

ESCALA: 1:1000



PERFIL RAMAL PRINCIPAL

LINEA DE DISTRIBUCIÓN No. 2

ESCALA: 1:1000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EJEP)
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
 DIRECCION MUNICIPAL DE PLANEACION

PROYECTO: INTRODUCCION DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMON, SANTA CATARINA MITA, JUTUPA.

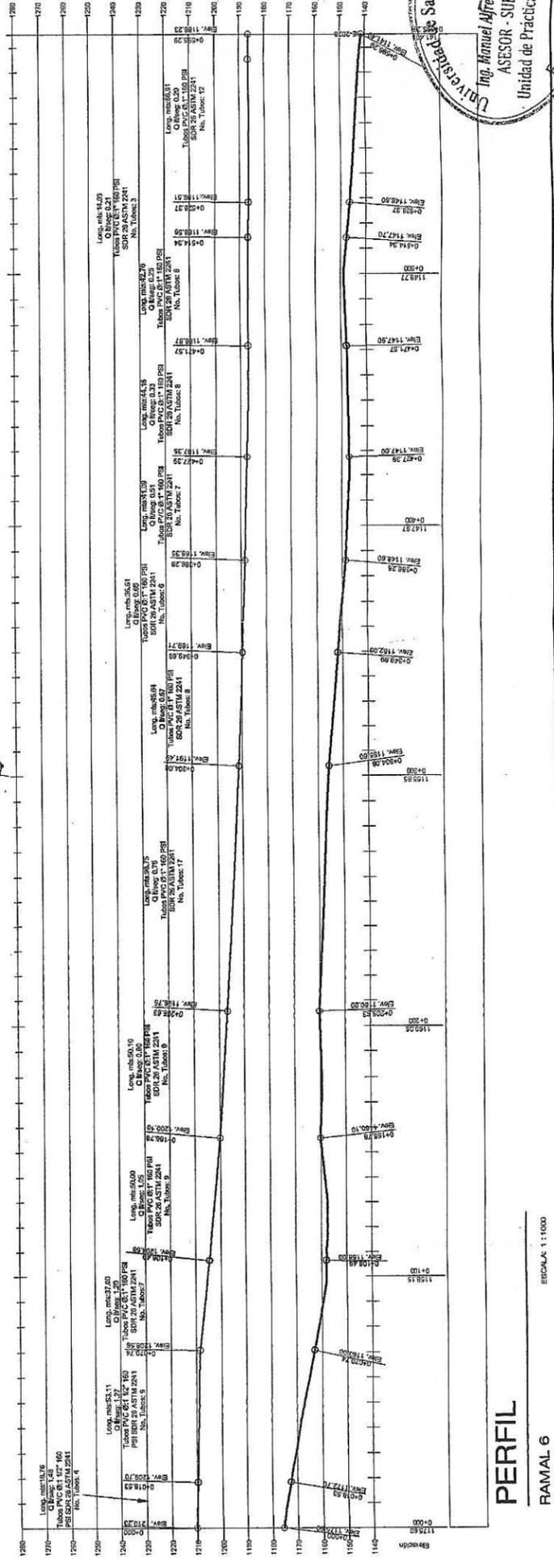
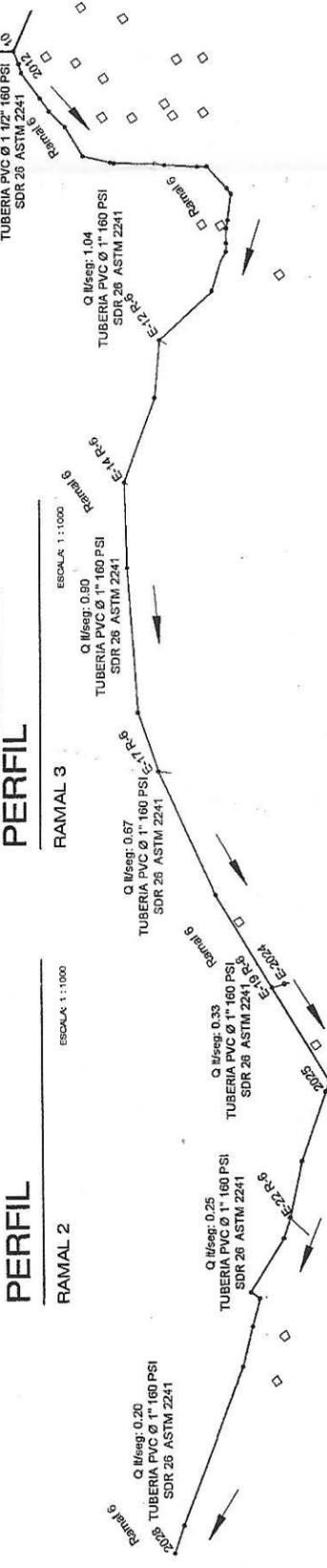
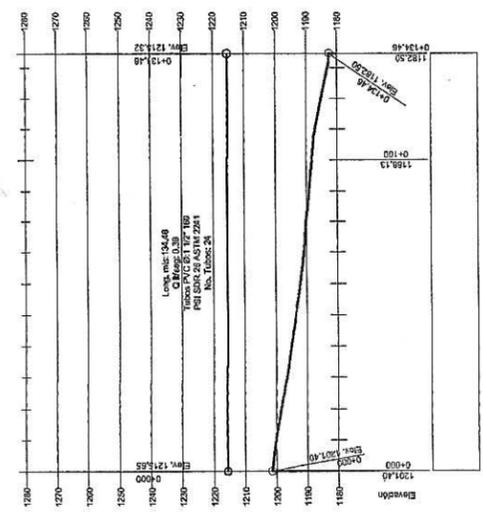
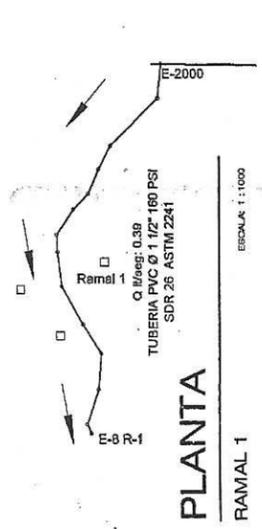
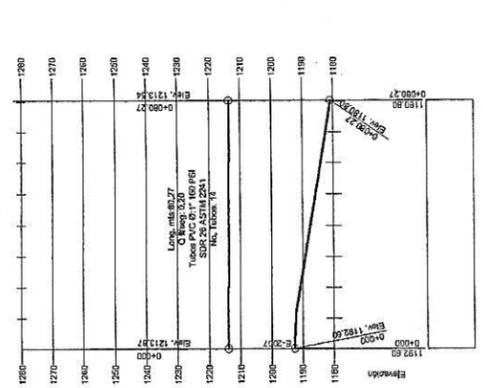
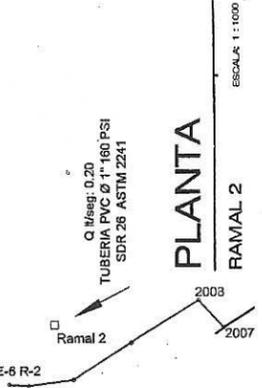
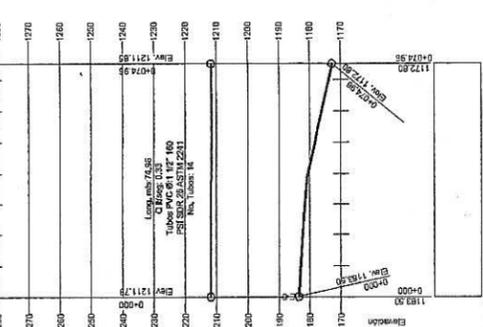
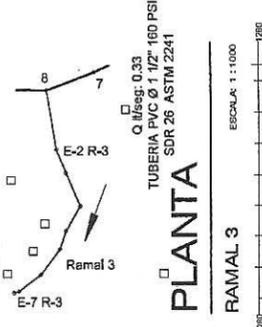
ESCALA: NACIONAL
 FECHA: 18/10/2016

HOJA: 14 / 18

ING. MANUEL ARIAS
 ASESOR - SUPERVISOR

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Facultad de Ingeniería

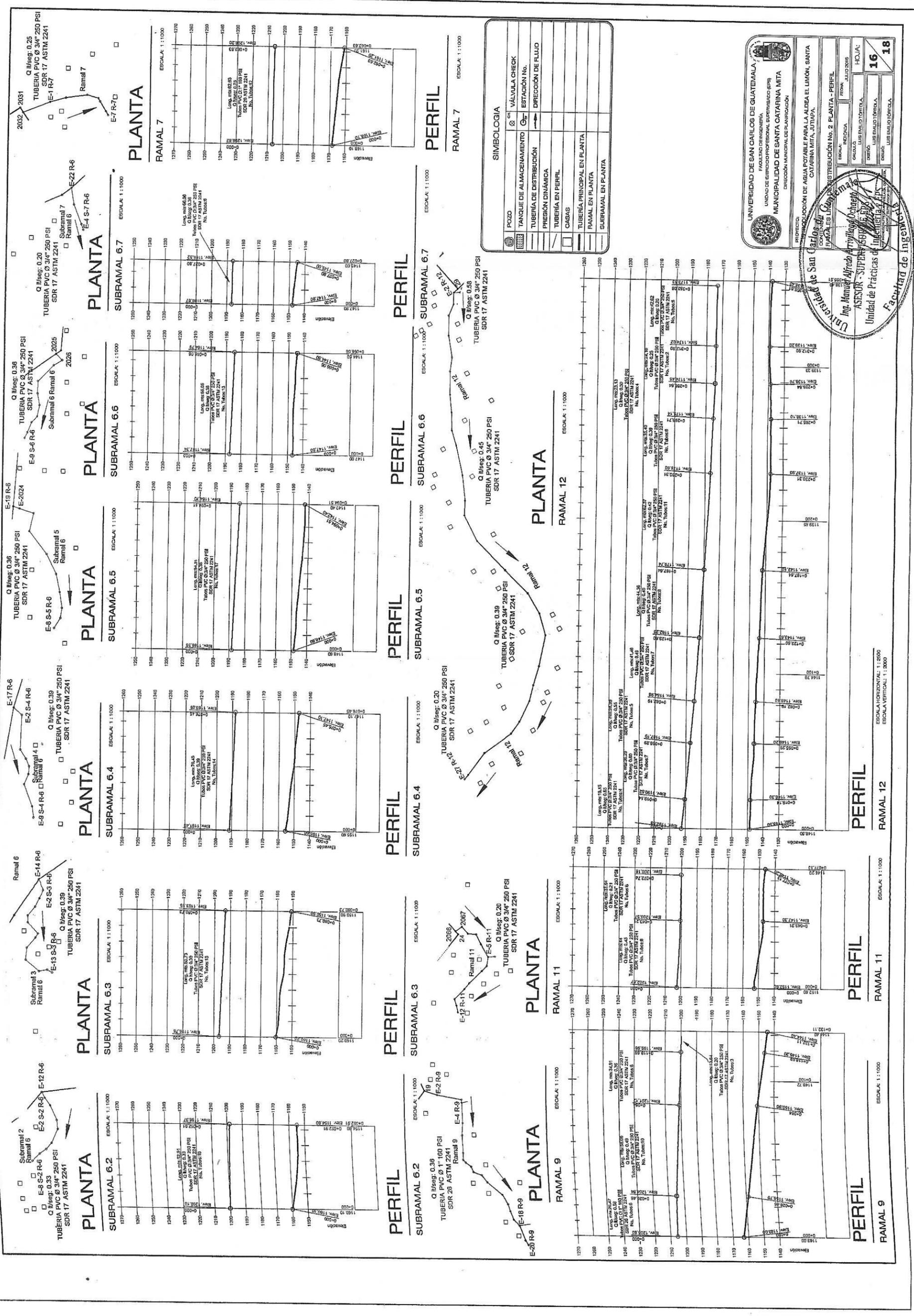
SIMBOLOGIA	
	POZO
	VÁLVULA CHECK
	ESTACIÓN No.
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	PRESIÓN DINÁMICA
	TUBERÍA EN PERFIL
	CASAS
	TUBERÍA PRINCIPAL EN PLANTA
	RAMAL EN PLANTA
	SUBRAMAL EN PLANTA



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE SERVICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)
MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
DIRECCIÓN MUNICIPAL DE APROVECHAMIENTO
PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUJUTUPÁ.

ESCALA: 1:1000
FECHA: JULIO 2015
HOJA: 15
DE DIBUJO: LUIS EMILIO TORREALBA
DE REDISEÑO: LUIS EMILIO TORREALBA
DE CALIFICACIÓN: LUIS EMILIO TORREALBA
DE APROBACIÓN: LUIS EMILIO TORREALBA

Ing. Manuel Alfredo Hernández
ASESOR - SUPERVISOR EN PROYECTO
Unidad de Prácticas de Ingeniería
Facultad de Ingeniería



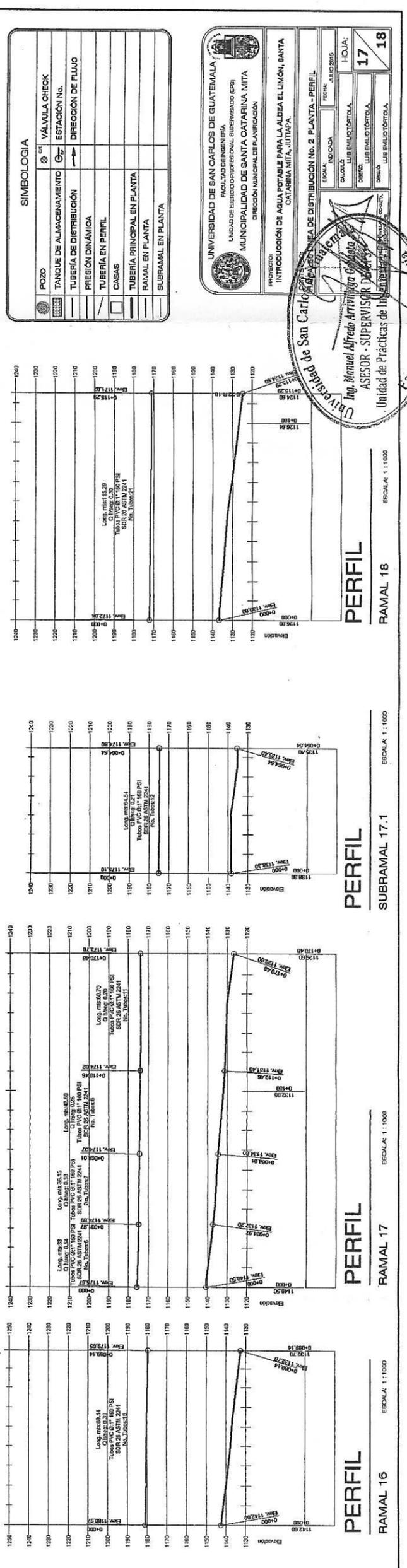
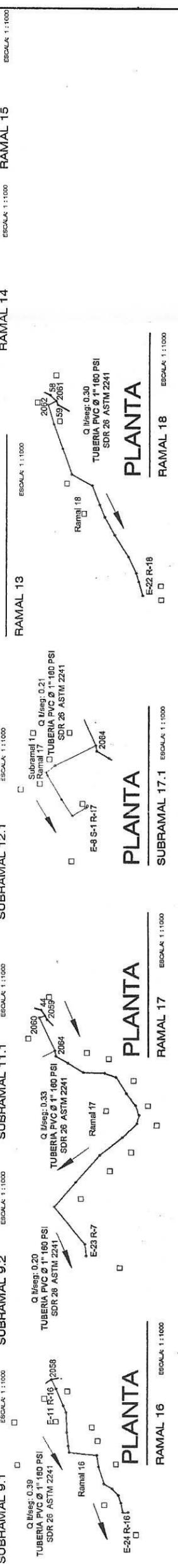
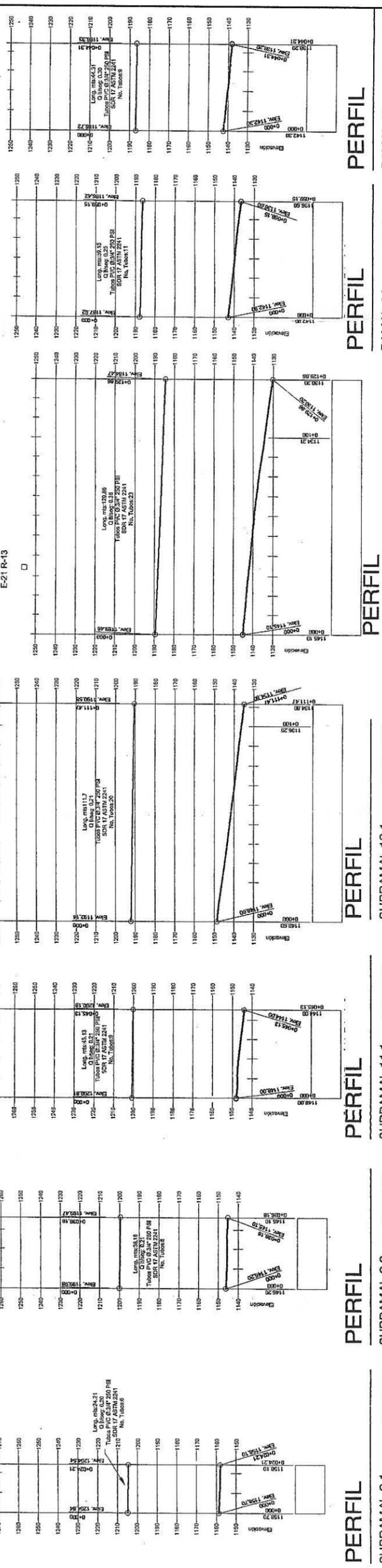
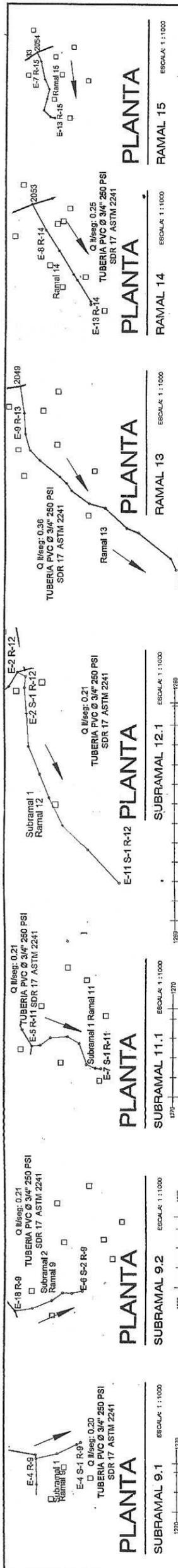
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE ENSEÑANZA PROFESIONAL - INGENIERIA CIVIL
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
 DIRECCION MUNICIPAL DE PLANEACION

PROYECTO: DISTRIBUCION DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMON, SANTA CATARINA MITA, JUTIAPA.
 ESCALA: 1:1000

ING. MARIO ALFREDO ARRIAGA ORTIZ
 ASesor - SUPERVISOR
 Unidad de Prácticas de Ingeniería PVC

ESCALA HORIZONTAL: 1:2000
 ESCALA VERTICAL: 1:2000

HOJA: 16 DE 18



SIMBOLOGIA

	POZO		VÁLVULA CHECK
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO		ESTACIÓN No.
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN		DIRECCIÓN DE FLUJO
	PRESIÓN DINÁMICA		TUBERÍA EN PERFIL
	CASAS		TUBERÍA PRINCIPAL EN PLANTA
	RAMAL EN PLANTA		SUBRAMAL EN PLANTA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATERINA MITA
 DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANTACION

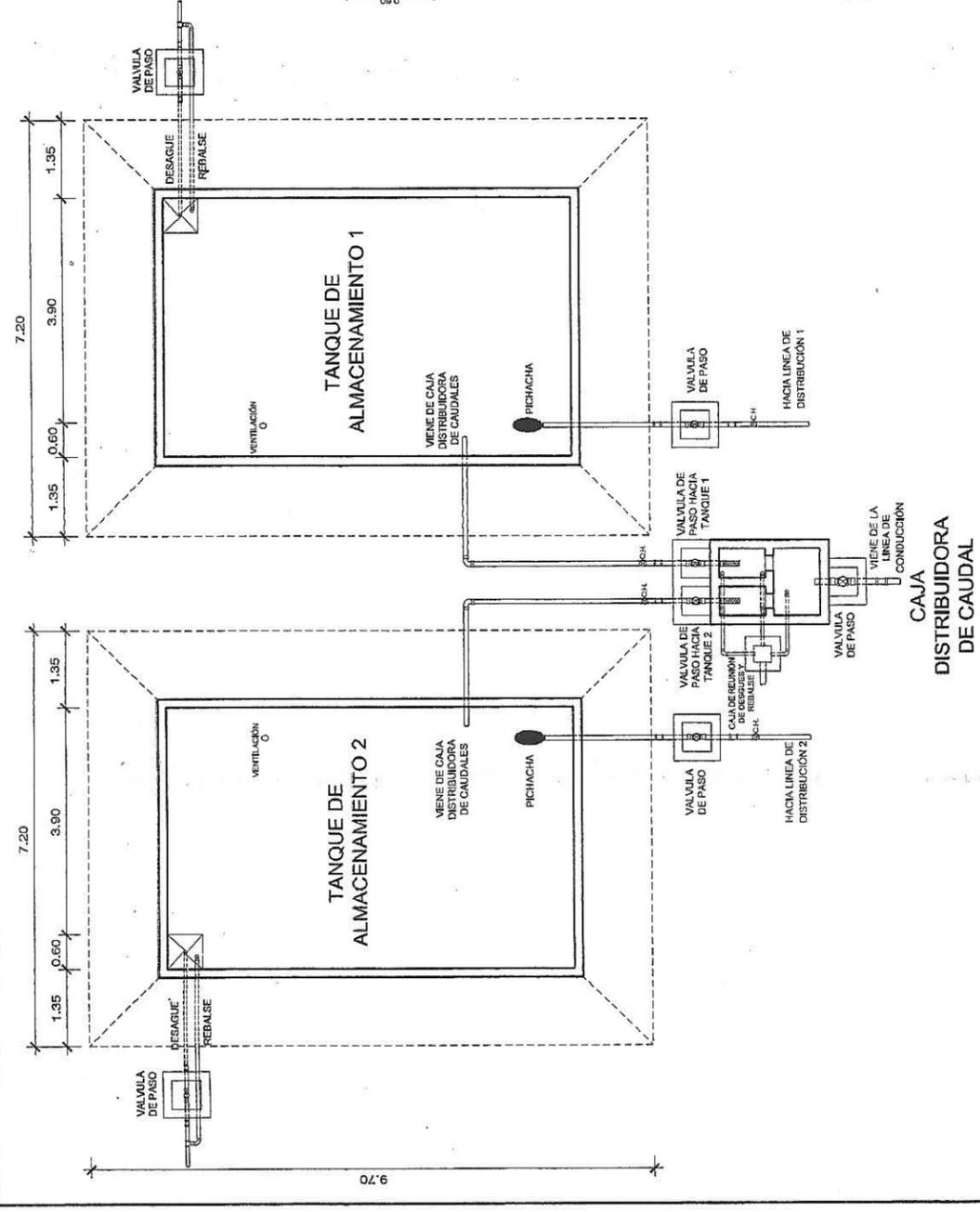
PROYECTO:
 INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMÓN, SANTA CATERINA MITA, JUTIAPA.

SEÑAL: INDICACION
 CALIDAD: LIB. EMILIO LÓPEZ
 DISEÑO: LIB. EMILIO LÓPEZ
 DIBUJO: LIB. EMILIO LÓPEZ

FECHA: JULIO 2016

H.O.A.:
 17
 18

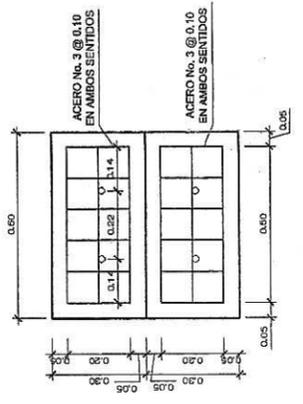
Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga
 ASesor - SUPERVISOR DE OBRAS
 Unidad de Prácticas de Ingeniería



PLANTA GENERAL

CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDAL + TANQUES DE ALMACENAMIENTO

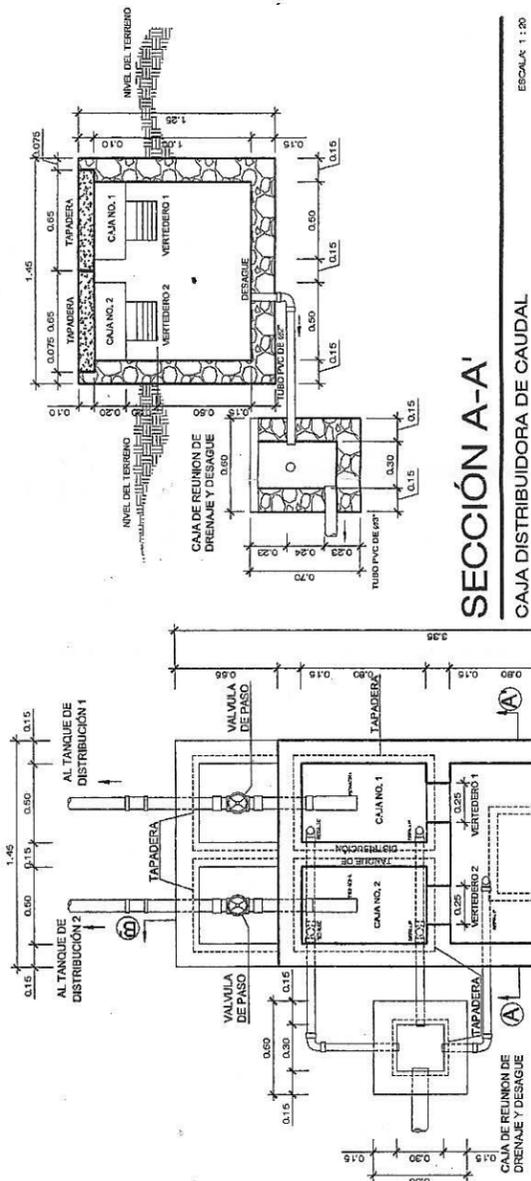
ESCALA: 1:50



DETALLE DE TAPADERA

CAJA DE VALVULAS

ESCALA: 1:10



SECCIÓN A-A'

CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDAL

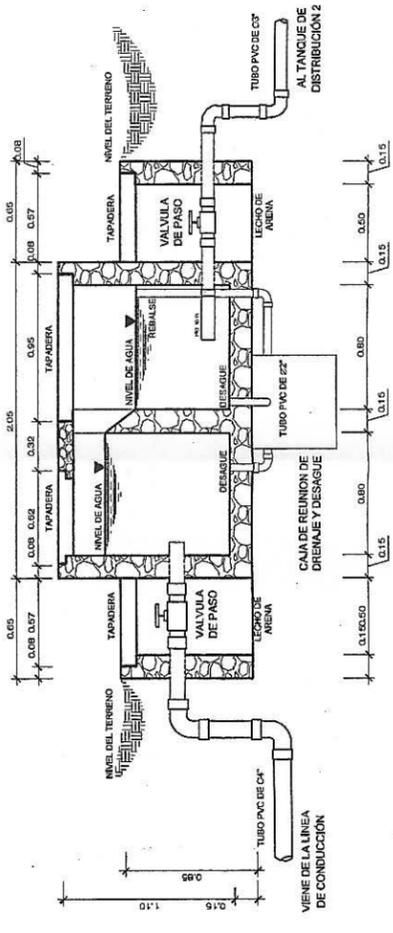
ESCALA: 1:20

SIMBOLOGIA	
	POZO
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN
	PRESIÓN DINÁMICA
	TUBERÍA EN PERFIL
	CASAS
	TUBERÍA PRINCIPAL EN PLANTA
	RAMAL EN PLANTA
	SUBRAMAL EN PLANTA
	VALVULA CHECK
	ESTACIÓN No.
	DIRECCIÓN DE FLUJO
	VALVULA DE PASO
	NUMERO DE LINEA DE DISTRIBUCIÓN
	D#
	R#
	S#
	NUMERO SUB RAMAL
	NUMERO PRINCIPAL EN PLANTA
	RAMAL EN PLANTA
	SUBRAMAL EN PLANTA

DETALLE EN PLANTA

CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDAL

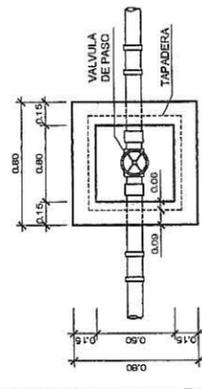
ESCALA: 1:20



SECCIÓN B-B'

CAJA DISTRIBUIDORA DE CAUDAL

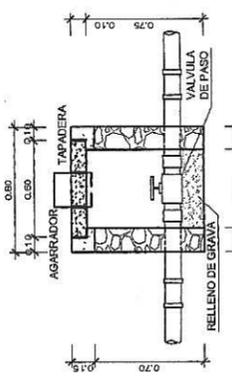
ESCALA: 1:20



DETALLE EN PLANTA

CAJA DE VALVULAS

ESCALA: 1:20



ELEVACIÓN

CAJA DE VALVULAS

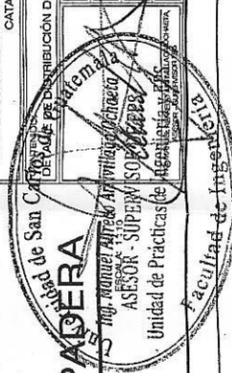
ESCALA: 1:20

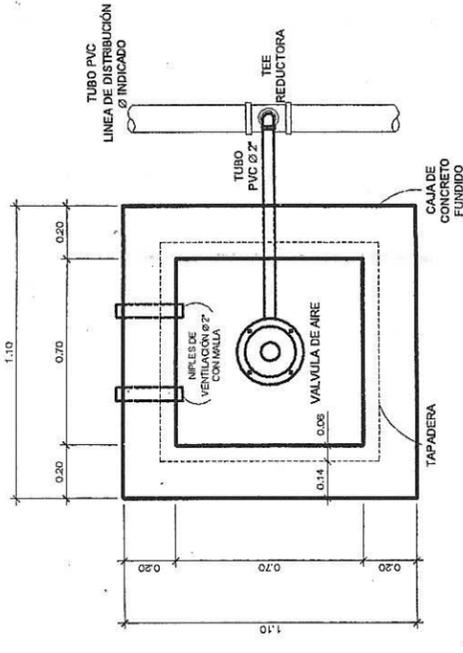
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL (SUPERVISADO EPS)
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
 DIRECCION MUNICIPAL DE PLANIFICACION

PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUTAPA.

SECCION: INDICADA
 FECHA: JULIO 2016
 ESCALA: LUIS ENRIQUE TORREALBA
 DISEÑO: LUIS ENRIQUE TORREALBA
 DIBUJO: LUIS ENRIQUE TORREALBA

HOJA: 18

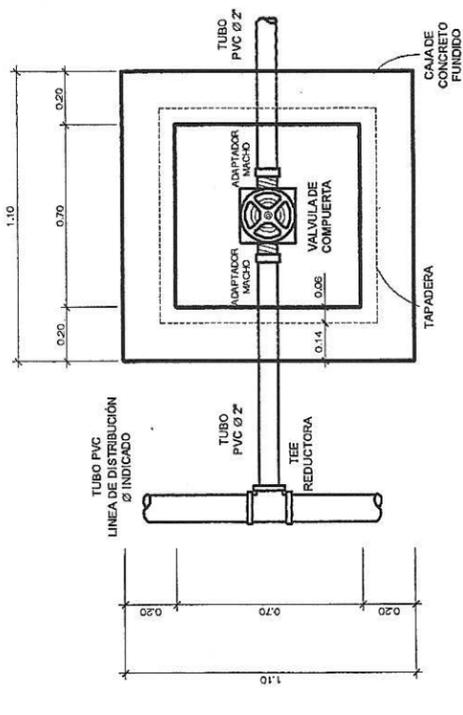




DETALLE EN PLANTA

CAJA DE VALVULA DE AIRE

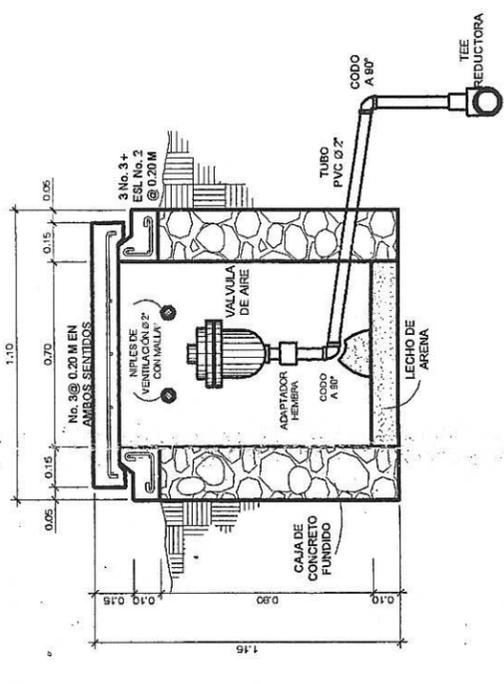
ESCALA: 1:125



DETALLE EN PLANTA

CAJA DE VALVULA DE LIMPIEZA

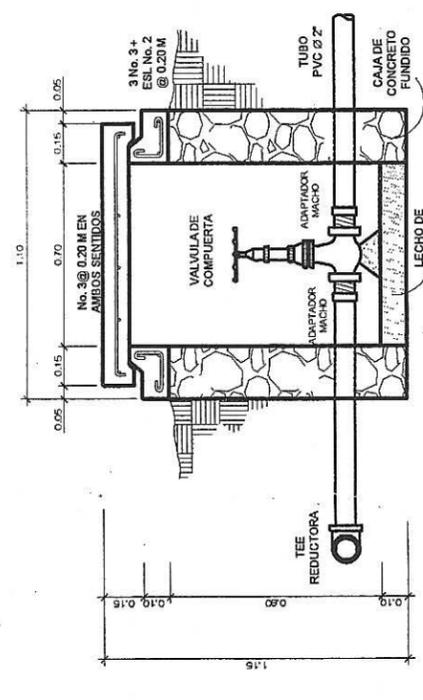
ESCALA: 1:125



ELEVACIÓN

CAJA DE VALVULA DE AIRE

ESCALA: 1:125



ELEVACIÓN

CAJA DE VALVULA DE LIMPIEZA

ESCALA: 1:125

SIMBOLOGIA			
	POZO		VÁLVULA CHECK
	TANQUE DE ALMACENAMIENTO		ESTACIÓN No.
	TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN		DIRECCIÓN DE FLUJO.
	PRESIÓN DINÁMICA		VÁLVULA DE PASO
	TUBERÍA EN PERFIL		NÚMERO DE LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN
	CASAS		D#
	RAMAL		NUMERO RAMAL
	TUBERÍA PRINCIPAL EN PLANTA		S#
	RAMAL EN PLANTA		
	SUBRAMAL EN PLANTA		

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 UNIDAD DE EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO (EPS)
 MUNICIPALIDAD DE SANTA CATARINA MITA
 DIRECCIÓN MUNICIPAL DE PLANEACIÓN

PROYECTO: INTRODUCCIÓN DE LOS TUBOS DE DIFUSIÓN EN LA ZONA EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, GUATEMALA

CONTENIDO: DETALLE DE CAJA DE VALVULA DE AIRE + VALVULA DE LIMPIEZA

ING. MIGUEL ALBERTO GONZALEZ GONZALEZ
 INGENIERO EN SISTEMAS DE SANEAMIENTO BASICO
 REVISOR: ING. ALBERTO GONZALEZ GONZALEZ
 INGENIERO EN SISTEMAS DE SANEAMIENTO BASICO

FECHA: JULIO 2015

HOJA: 19

ANEXOS

- **ANEXO 1:** Informe de análisis físico-químico del agua
- **ANEXO 2:** Resultado estudio de perforación de pozo y aforo

Anexo 1. Informe de análisis físico-químico del agua

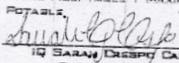


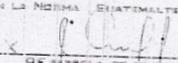
INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA

EMPRESA: EQUIPOS Y VÁLVULAS, S. A.	COT: 9875	DIRECCIÓN: 18 AVENIDA 88-08, ZONA 12
NÚMERO DE MUESTRA: 04909	TIPO ENVASE Y VOLUMEN DE MUESTRA: PLÁSTICO 1 LITRO	
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: ALDEA EL LIMÓN, SANTA CATARINA MITA, JUTAPA	PTO. DE MUESTREO: POZO	
FECHA Y HORA DE CAPTACIÓN: 30-01-09	RESPONSABLE DE CAPTACIÓN: CLIENTE	
FECHA DE RECEPCIÓN: 30-01-09; 14:30 HORAS	FECHA DEL REPORTE: 10-02-09	
RESPONSABLE: BALTAZAR PÉREZ		

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	RESULTADOS	LMA	LMP	MÉTODO DE ANÁLISIS
PH	UNIDADES DE PH	7.5	7.0-7.5	6.5-8.5	¹ BMEWW 4500-H
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	µSIEMENS/CM	178	-	<1,300	ELECTROQUÍMICO
BALANCIA	G/L	0.0128	-	-	² HWAH 10073
TEMPERATURA	°C	27°	15-25°C	34°C	BMEWW 2550-B
COLOR	UNIDADES PT-CO	15	5.0	35.0	HWAH 8025
APARIENCIA	VISUAL	CLARA	-	-	BMEWW 2010
TURBIDEZ	UNT	4.65	5.0	15.0	HWAH 8227
CLORO RESIDUAL	MG/L	-	0.5	1.0	HWAH 10069
HIERRO TOTAL	MG/L	0.34	0.1	1.0	BMEWW 3500 FE D
MANGANESO	MG/L	0.035	0.05	0.5	HWAH 8034
NITRITOS	MG/L	0.006	-	1.0	HWAH 8507
SULFATOS	MG/L	7	100.0	250.0	HWAH 8051
NITRATOS	MG/L	16.0	-	10.0	HWAH 8039
FOSFATOS	MG/L	0.63	-	-	HWAH 8048
FLUOR	MG/L	0.31	-	1.700	HWAH 8029
BODIO	MG/L	5.073	-	-	HWAH 8206-1
SÍLICE	MG/L	81	-	-	HWAH 8185
DUREZA TOTAL	MG/L (CaCO3)	68	100.0	500.0	BMEWW 2340 C
CALCIO	MG/L (CaCO3)	43	75.0	150.0	BMEWW 3500 CA D
MAGNESIO	MG/L (CaCO3)	25	50.0	100.0	BMEWW 3500 MG E
CLORURO	MG/L	8	100.0	250.0	HWAH 8206
DÍOXIDO DE CARBONO	MG/L	32	-	-	HWAH 8205
POTABIO	MG/L	5.3	-	-	HWAH 8049
ALCALINIDAD POR BICARBONATOS	MG/L (CaCO3)	65	-	-	HWAH 8204
ALCALINIDAD POR CARBONATOS	MG/L (CaCO3)	-	-	-	HWAH 8204
ALCALINIDAD POR HIDRÓXIDOS	MG/L (CaCO3)	-	-	-	HWAH 8204
ALCALINIDAD TOTAL	MG/L (CaCO3)	65	-	-	HWAH 8204
TOTAL SÓLIDOS DISUELTOS (TDS)	MG/L	99	500.0	1000.0	ELECTROQUÍMICO
TANINOS	MG/L	0	-	-	HWAH 8193

¹ = STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER 19TH EDITION, 1997.
² = HACH WATER ANALYSIS HANDBOOK
 UNT = UNIDADES NEFELométrICAS DE TURBIDEZ MG/L = MILEGRAMOS POR LITRO (PPM)
 LMA Y LMP = LÍMITES MÁXIMO ACEPTABLE Y MÁXIMO PERMISIBLE DE ACUERDO CON LA NORMA ENAMALTRISA COCUANOR NGU
 29 001 99 PARA AGUA POTABLE.


 Juan Carlos
 IQ SARAJI DESPACHO CARBONA
 COLESIADO 1289

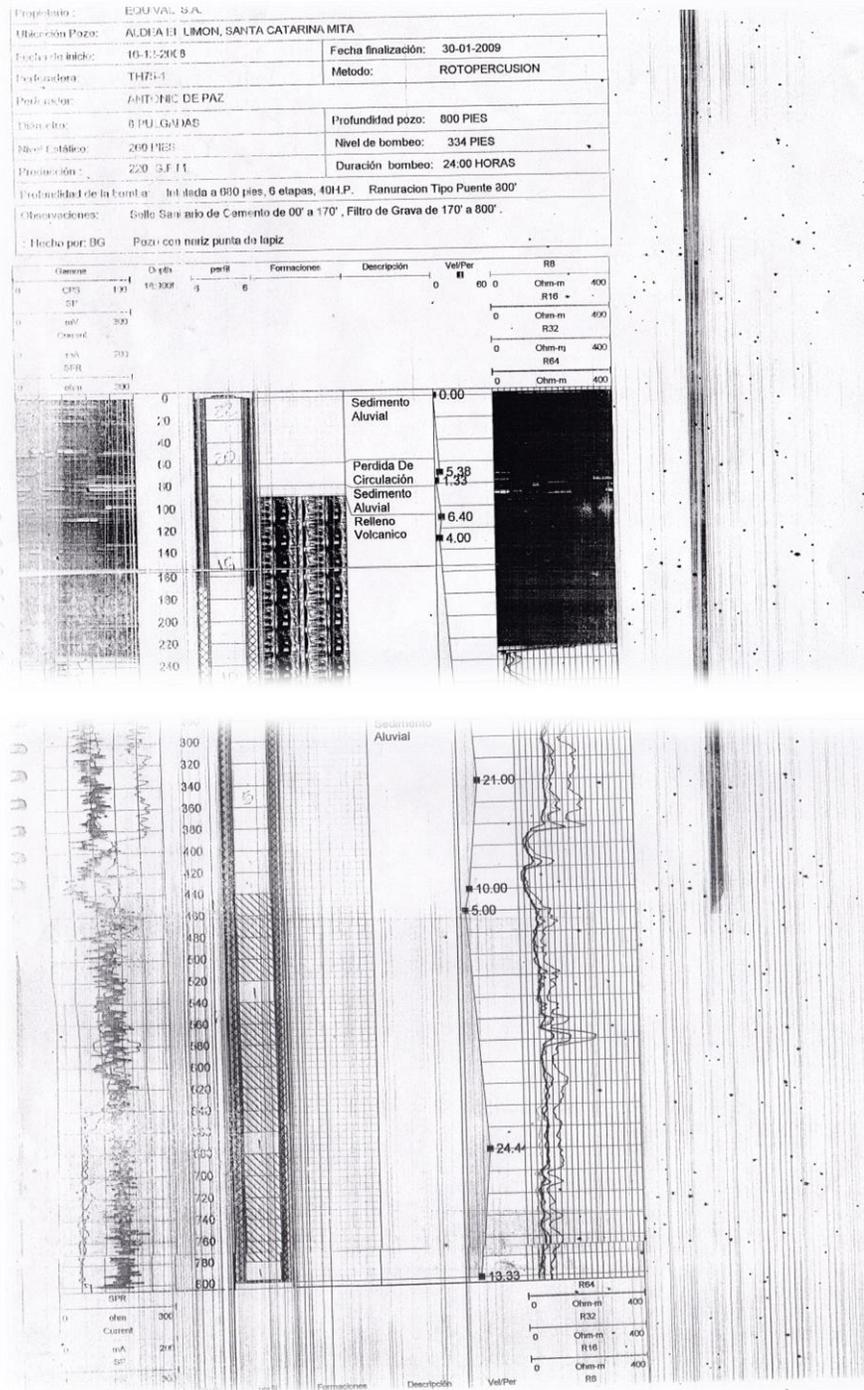

 Humberto
 IQ SERBETA DE COCUANOR
 COLESIADO 702

NOTAS:
 * LOS RESULTADOS SE REFIEREN ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ANALIZADA *
 * ESTE INFORME SÓLO PUEDE SER REPRODUCIDO EN SU FORMA TOTAL Y CON APROBACIÓN DEL LABORATORIO *

30 AVENIDA 4ª 6-90, ZONA 7 TIKAL 1, TELÉFAX: 2474-0458
 INFOSERVICIOS@HIDROAQUA.COM
 WWW.HIDROAQUA.COM

Fuente: Infom/Unepar

Anexo 2. Resultado estudio de perforación de pozo y aforo



Fuente: Infom/Unepar