



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

**DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL CASERÍO EL  
COHETERO, CANTÓN SAN JOSÉ BUENA VISTA, JUTIAPA, JUTIAPA**

**Carmen Lucía Medina Oliva**

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, julio de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL CASERÍO  
EL COHETERO, CANTÓN SAN JOSÉ BUENA VISTA, JUTIAPA, JUTIAPA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**CARMEN LUCIA MEDINA OLIVA**

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERA CIVIL**

GUATEMALA, JULIO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Alan Giovani Castillo Pinto
EXAMINADOR	Ing. Carlos Salvador Gordillo García
EXAMINADOR	Ing. Ronald Estuardo Galindo Cabrera
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL CASERÍO EL  
COHETERO, CANTÓN SAN JOSÉ BUENA VISTA, JUTIAPA, JUTIAPA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil con fecha febrero de 2018.

**Carmen Lucía Medina Oliva**



Guatemala, 04 de febrero de 2019  
REF.EPS.DOC.90.02.2019

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director  
Unidad de EPS  
Facultad de Ingeniería  
Presente

Estimado Ingeniero Argueta Hernández:

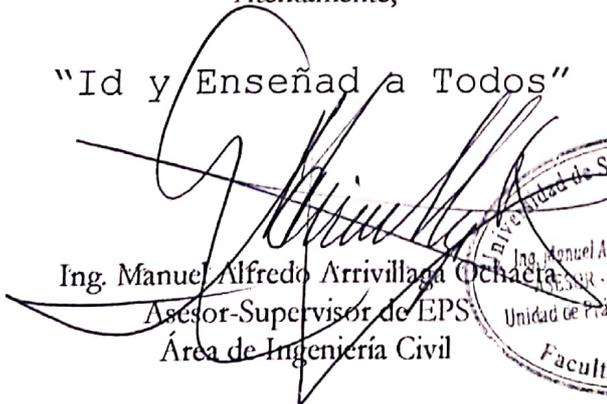
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), de la estudiante universitaria **Carmen Lucía Medina Oliva**, CUI 2158 35840 2101 y Registro Universitario 201213615 de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL CASERÍO EL COHETERO, CANTÓN SAN JOSÉ BUENA VISTA, JUTIAPA, 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  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



Guatemala,  
13 de febrero de 2019

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

Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL CASERÍO EL COHETERO, CANTÓN SAN JOSÉ BUENA VISTA, JUTIAPA, JUTIAPA** desarrollado por la estudiante de Ingeniería Civil Carmen Lucía Medina Oliva con CUI 2158358402101 Registro Académico No. 201213615, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

Considero este trabajo bien desarrollado y representa un aporte para la ingeniería nacional 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**



FACULTAD DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO  
DE  
HIDRAULICA  
USAC

Ing. civil, Luis Manuel Sandoval Mendoza  
Jefe Del Departamento de Hidráulica

/mrrm.



*Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua*



Guatemala, 25 de marzo de 2019

Ref.EPS.D.109.03.19

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL CASERÍO EL COHETERO, CANTÓN SAN JOSÉ BUENA VISTA, JUTIAPA, JUTIAPA**, que fue desarrollado por la estudiante universitaria **Carmen Lucía Medina Oliva, CUI 2158 35840 2101 y Registro Académico 201213615**, quien fue debidamente asesorada y supervisada 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 por parte del Asesor-Supervisor, como Director apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,  
"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Oscar Argueta Hernández  
Director Unidad de EPS

OAH/ra





**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
FACULTAD DE INGENIERÍA

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

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y del Coordinador de E.P.S. Ing. Oscar Argueta Hernández, al trabajo de graduación de la estudiante Carmen Lucía Medina Oliva **DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL CASERÍO EL COHETERO, CANTÓN SAN JOSÉ BUENA VISTA, JUTIAPA, JUTIAPA** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



Guatemala, julio 2019

/mrrm.



*Más de 138 años de Trabajo y Mejora Continua*



DTG. 302.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL CASERÍO EL COHETERO, CANTÓN SAN JOSÉ BUENA VISTA, JUTIAPA, JUTIAPA**, presentado por la estudiante universitaria: **Carmen Lucía Medina Oliva**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, julio de 2019



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser una guía en mi camino.
<b>Mis padres</b>	Juan Antonio Medina y Blanca Suyapa Oliva, por su apoyo.
<b>Mis hermanos</b>	Karol, Mariela y José Medina y Deborah Sanchez por su cariño y apoyo.
<b>Aura Marina Figueroa</b>	Por su cariño y apoyo incondicional al estar siempre al pendiente de mí.
<b>Alfredo Enrique Elgueta</b>	Por su cariño y apoyo incondicional al estar siempre al pendiente de mí.
<b>Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga y Rudy Florián</b>	Por su apoyo en el proceso de graduación.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por permitirme ser parte de los profesionales egresados de tan magna casa de estudios.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	A todo el personal docente que, día a día, ofrece entusiasmo para formar profesionales.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Rossio Zometa, Michelle Castro, Brandon Atz, Alejandro Izquierdo, Diego Santizo, Habid Paiz, Jose Tezo y Polo Roque, por su amistad y apoyo en todo momento.
<b>Mis amigos de infancia</b>	Alejandra Monroy, Cesia Gálvez, Yurubi Chigua, Katy Alas y Jasson Chigua por tantos años de amistad incondicional.
<b>Mi prometido</b>	Gustavo Alvarado, por ser mi amigo y compañero en todo momento, te amo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV
1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	1
1.1. Ubicación geográfica .....	1
1.2. Demografía.....	1
1.3. Servicios públicos.....	1
1.4. Infraestructura vial .....	2
1.5. Transporte y comunicaciones.....	2
1.6. Clima .....	2
1.7. Topografía .....	3
1.8. Economía .....	3
1.9. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos del municipio de Jutiapa .....	3
1.9.1. Descripción de las necesidades .....	3
1.9.2. Evaluación y priorización de las necesidades.....	4
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	5
2.1. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Cohetero .....	5
2.1.1. Descripción del proyecto .....	5

2.1.2.	Localización de fuentes de abastecimiento y aforos.....	6
2.1.3.	Calidad de agua .....	7
2.1.4.	Características físicas del agua.....	7
2.1.5.	Características químicas del agua .....	8
2.1.6.	Levantamiento topográfico .....	8
	2.1.6.1. Planimetría .....	8
	2.1.6.2. Altimetría .....	8
2.1.7.	Criterios de diseño .....	9
	2.1.7.1. Periodo de diseño .....	9
	2.1.7.2. Tasa de crecimiento poblacional .....	9
	2.1.7.3. Estimación de población futura .....	10
	2.1.7.4. Dotación .....	10
	2.1.7.5. Factores de consumo .....	11
2.1.8.	Determinación de caudales.....	12
	2.1.8.1. Caudal medio diario .....	12
	2.1.8.2. Caudal máximo diario.....	13
	2.1.8.3. Caudal máximo horario .....	13
2.1.9.	Clases y trabajo de tubería.....	14
2.1.10.	Parámetros de diseño .....	14
	2.1.10.1. Velocidades.....	14
	2.1.10.2. Presiones .....	15
	2.1.10.3. Presión estática en tuberías.....	15
	2.1.10.4. Presión dinámica.....	15
2.1.11.	Diseño hidráulico del sistema.....	16
2.1.12.	Captación .....	16
2.1.13.	Línea de conducción .....	17
	2.1.13.1. Tanque de almacenamiento.....	20
	2.1.13.2. Red de distribución.....	30

2.1.14.	Resumen diseño red de distribución.....	33
2.1.14.1.	Obras hidráulicas.....	35
2.1.14.2.	Sistema de desinfección.....	36
2.1.14.3.	Programa de operación y mantenimiento .....	36
2.1.14.4.	Propuesta de tarifa .....	37
2.1.14.5.	Elaboración de planos .....	39
2.1.14.6.	Elaboración de presupuesto .....	39
2.1.14.7.	Evaluación de impacto ambiental .....	41
2.1.14.8.	Evaluación socioeconómica.....	42
2.1.14.9.	Valor presente neto .....	42
2.1.14.10.	Tasa interna de retorno .....	44
CONCLUSIONES .....		47
RECOMENDACIONES.....		49
BIBLIOGRAFÍA.....		51
ANEXOS.....		53



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Determinación de momentos en losas .....	22
2.	Estimación de VPN .....	43

### TABLAS

I.	Aforo de caudal de la fuente de agua .....	6
II.	Características físicas del agua .....	7
III.	Límites de velocidades según UNEPAR .....	14
IV.	Cargas y momentos del muro .....	28
V.	Cálculos red de distribución .....	34
VI.	Presupuestos sistema de abastecimiento de agua potable .....	40
VII.	Costo del sistema de abastecimiento de agua .....	42



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$\approx$	Aproximadamente igual a
@	a cada
$\pi$	3.14159
$\Sigma$	Sumatoria
$\gamma_{\text{agua}}$	Peso específico del agua
$\gamma_c$	Peso específico del concreto
$\gamma_s$	Peso específico del suelo
$\emptyset$	Diámetro
$\emptyset$	Ángulo de fricción Interna
A	Área
As máx	Área de acero máxima
As mín	Área de acero mínima
Astemp	Área de acero por temperatura
$c_u$	Cohesión del suelo
CM	Carga muerta
CU	Carga última
CV	Carga viva
d	Peralte
$F'_c$	Resistencia del concreto
Fdm	Factor día máximo
Fhm	Factor hora máximo
Fy	Resistencia del acero a tensión
Hf	Pérdida de carga
kg	Kilogramo
Ka	Coeficiente de empuje activo

<b>Kp</b>	Coeficiente de empuje pasivo
<b>L</b>	Longitud
<b>I</b>	Litros
<b>I/hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>M</b>	Momento
<b>Ma</b>	Momento activo
<b>Mp</b>	Momento pasivo
<b>Mr</b>	Momento resultante
<b>m.c.a.</b>	Metros columna de agua
<b>N</b>	Período de diseño
<b>P</b>	Presión
<b>Pa</b>	Población actual
<b>Pf</b>	Población futura
<b>psi</b>	Libra por pulgada cuadrada
<b>plg</b>	Pulgada
<b>PVC</b>	Cloruro de polivinilo
<b>Q</b>	Caudal
<b>Qc</b>	Caudal de conducción
<b>Qd</b>	Caudal de distribución
<b>Qm</b>	Caudal medio
<b>S</b>	Separación
<b>t</b>	Espesor de un elemento
<b>Ta</b>	Periodo de vibración empírico
<b>Tc</b>	Tasa de crecimiento de la población
<b>V</b>	Velocidad
<b>Vs</b>	Valor soporte del suelo

## GLOSARIO

<b>Accesorios</b>	Elementos secundarios en las líneas de las tuberías, tales como codos, yees, tees, coplas, etc.
<b>Aforo</b>	Medición del volumen de agua que fluye de una fuente por unidad de tiempo.
<b>Agua potable</b>	Agua apta para el consumo humano y agradable a los sentidos.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a medir alturas.
<b>Bacteria</b>	Microorganismo unicelular, cuyas diversas especies causan las enfermedades en los seres vivos.
<b>Caudal</b>	Cantidad de agua en unidades de volumen por unidad de tiempo.
<b>Cota piezométrica</b>	Altura de presión de agua que se tiene en un punto dado.
<b>Demanda</b>	Cantidad de agua deseada por el usuario.
<b>Desinfectar</b>	Quitar al agua la infección, destruyendo gérmenes nocivos y evitando su desarrollo.

<b>Dotación</b>	Estimación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.
<b>Presión</b>	Fuerza que actúa sobre una superficie o área.
<b>Topografía</b>	Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima y debajo de la superficie.

## **RESUMEN**

Este documento contiene el plan de trabajo propuesto para el diseño de la red de distribución de agua para el caserío El Cohetero, Jutiapa, Jutiapa; como un aporte del ejercicio profesional supervisado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Se indican los antecedentes que fundamentan la necesidad de dar prioridad al proyecto en mención, así como los motivos que propician la realización de estos. Se localiza, describe y delimita el proyecto de agua potable para identificar los beneficios que aportaría su ejecución. Se determina el objetivo general y los específicos. Se indican los lineamientos del diseño del proyecto para cumplir con los códigos y reglamentos que lo rigen.

Se detalla las fases en las que se basa el Ejercicio Profesional Supervisado. La fase de investigación consiste en la recopilación de información sobre la comunidad que se beneficiará con la realización del proyecto; la fase de servicio técnico profesional que incluye el diseño, elaboración de planos, cronograma de ejecución. La fase de docencia está constituida por todas aquellas acciones que el epesista realice para capacitar al personal de la comunidad.



# OBJETIVOS

## General

Diseño de la red de distribución de agua para el caserío El Cohetero, Jutiapa, Jutiapa.

## Específicos

1. Realizar una investigación y diagnóstico de las necesidades de servicios básicos del caserío El Cohetero, Jutiapa.
2. Aplicar los conocimientos hidráulicos y normas existentes para el análisis y diseño del proyecto de agua potable.
3. Mejorar la calidad de vida de los habitantes de dicho caserío.



## INTRODUCCIÓN

En el siguiente proyecto conforma la planificación del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) el cual tiene como propósito aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, con el fin de contribuir al desarrollo, tomando en cuenta la falta de servicios básicos en las comunidades de Jutiapa.

El proyecto por desarrollar consiste en un sistema de abastecimiento de agua potable de, aproximadamente, 4 km, en el caserío El Cohetero. Dado que enfrentan problemas con el suministro de agua potable, a los habitantes se les dificulta cumplir con hábitos de higiene, salud, entre otros. Los vecinos de la comunidad del caserío El Cohetero, durante muchos años, se han abastecido de un nacimiento utilizando el sistema de agua potable por gravedad. Con el paso de los años el nacimiento de agua ha disminuido su caudal y, actualmente, ya no es suficiente para abastecer a la población de la aldea. Como consecuencia, la mayoría de la población sufre por la falta agua. En el año 2012 se perforó un pozo mecánico el cual servirá como fuente de abastecimiento. En la segunda fase se tiene planificada la construcción de la red de distribución, con lo cual se pretende mejorar la calidad de vida de los habitantes y reducir el riesgo de contraer enfermedades relacionadas a la falta de agua.



# **1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

## **1.1. Ubicación geográfica**

El departamento de Jutiapa se encuentra ubicado al suroriente de la república de Guatemala. Colinda al norte con los departamentos de Jalapa y Chiquimula, al oeste con Santa Rosa, al sur con el océano Pacífico, al este con la república de El Salvador. Se ubica a 118 kilómetros de la ciudad capital. Está conformado por 17 municipios. El acceso al caserío El Cohetero, se realiza por la carretera que conduce al municipio de Yupiltepeque, sobre la ruta asfaltada, aproximadamente a 12 kilómetros de la cabecera municipal, con una altura dentro del nivel del mar que oscila entre los 1100 snm.

## **1.2. Demografía**

El caserío El Cohetero cuenta con 135 viviendas y un total 675 habitantes, según censo realizado en el 2002.

## **1.3. Servicios públicos**

La cabecera municipal de Jutiapa cuenta con los siguientes servicios públicos: centros de salud, transporte urbano y extraurbano, energía eléctrica, bancos, mercado, correos, escuelas, institutos, universidad, radios, empresa de cable para TV., hospital, servicio de drenajes, biblioteca, entre otros. Los habitantes de los poblados cercanos, como el caserío El Cohetero, se acercan a la cabecera municipal para prestar estos servicios.

#### **1.4. Infraestructura vial**

La cabecera municipal de Jutiapa se comunica con la ciudad capital, Chiquimula, Jalapa, Santa Rosa y la República de El Salvador por carretera asfaltada ruta CA-1. Los municipios de Jutiapa tienen carretera asfaltada, sin embargo, existen caseríos con caminos de terracería.

#### **1.5. Transporte y comunicaciones**

La movilidad de transporte se registra con mayor frecuencia en la ruta asfaltada de Jutiapa. Se cuenta con líneas de buses urbanos y extraurbanos que conducen hacia Yupiltepeque, Asunción Mita, República de El Salvador, Santa Catarina Mita, Quesada.

#### **1.6. Clima**

Se cuenta con estación meteorológica de Instituto Nacional De Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) en Quesada, Jutiapa. El clima es cálido en el sector del valle y templado en la región montañosa. La temperatura promedio anual es de 23,3° C, con una mínima de 15,9° C y una máxima de 29,4° C. Los datos obtenidos de dicha estación meteorológica en registros de precipitación anual acumulado son 2053,0 (mm), cantidad de días de precipitación anual 133 días. Promedio anual de nubosidad en octas 4. Humedad relativa anual en porcentaje 78 (%). Velocidad del viento anual en kilómetros por hora 4,3 y la dirección del viento varía en el transcurso del año.

## **1.7. Topografía**

La topografía es variada. La mayoría de las pendientes son mayores del 55% que corresponden a la parte alta boscosa. En la parte media y baja las pendientes son del 26 % y 12 %, que es donde se ubican los centros poblados, en su mayoría, plana.

## **1.8. Economía**

El 80 % de los vecinos de la comunidad se dedican a la agricultura, el 20 % restante migran a otros lugares para subsanar las necesidades de seguridad alimentaria de sus familias. La mayoría de las mujeres se dedican a las actividades domésticas, y algunas ha formado asociaciones para colaborar productivamente en el desarrollo de sus familias.

## **1.9. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos del municipio de Jutiapa**

Cada comunidad presenta distintas necesidades, sin embargo, entre las más comunes son las vías de acceso y la falta o el mal funcionamiento abastecimiento de agua potable.

### **1.9.1. Descripción de las necesidades**

- Agua potable: el caserío El Cohetero es uno de los poblados que no cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable. Los habitantes obtienen el agua de un pozo mecánico, el cual se encuentra a 4 kilómetros de distancia.

- Institutos: La falta de institutos en Jutiapa propicia la sobrepoblación estudiantil en los centros educativos, en ocasiones los cupos son reducidos, lo cual disminuye la educación del municipio.
- Puesto de Salud: la aldea Peñón carece de atención médica, por lo cual se pretende ejecutar la construcción de un puesto de salud, para evitar que los pobladores tengan que desplazarse hasta la cabecera municipal de Jutiapa para resolver sus problemas de salud.

### **1.9.2. Evaluación y priorización de las necesidades**

Las autoridades de la municipalidad de Jutiapa y los habitantes de la región priorizaron las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la siguiente manera:

- Sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Cohetero
- Institutos en Jutiapa
- Puesto de salud, aldea El Peñón, Jutiapa

## **2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL**

### **2.1. Diseño de sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío El Cohetero**

El caserío El Cohetero, Jutiapa, carece del servicio de agua potable, la única fuente de agua potable se encuentra a 4 km. de distancia aproximadamente.

#### **2.1.1. Descripción del proyecto**

Durante años, se han servido de un sistema de agua potable por gravedad, cuya fuente de abastecimiento es un nacimiento. El agua se conduce a un llena cántaros, sin embargo, este caudal se ha reducido a tal punto que es insuficiente para abastecer a la población. En el año 2012 se perforo un pozo mecánico para cubrir el déficit de la demanda, pero no se cuenta con el sistema de bombeo que extraiga el agua del pozo y la conduzca al tanque de almacenamiento ni el sistema de distribución por gravedad. El proyecto consistirá en el diseño de la conducción de agua del pozo mecánico al tanque de almacenamiento por un sistema de bombeo. El diseño de la línea de conducción de aproximadamente 4 km y el diseño de la red de distribución para el caserío, recibiendo previamente un tratamiento necesario para el consumo de la comunidad.

### 2.1.2. Localización de fuentes de abastecimiento y aforos

La fuente de abastecimiento del sistema será el nacimiento del pozo mecánico, que se ubica en la estación E-A, a una distancia de 225,5 m del tanque de distribución.

La medición de caudal de aforo se obtuvo por medio del método volumétrico, en el cual se realizaron cinco pruebas donde se obtuvo un promedio de 0,52l/s, como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla I. Aforo de caudal de la fuente de agua

No.	Volumen (l)	Tiempo (s)
1	18,00	34,0
2	18,00	34,2
3	18,00	34,1
4	18,00	34,3
5	18,00	34,2
Promedio	18,00	34,16

Fuente: elaboración propia.

$$Q = \frac{\text{Volumen}}{\text{Tiempo promedio}}$$

$$Q = \frac{18,00 \text{ l}}{34,16} = 0,52 \text{ l/s}$$

### 2.1.3. Calidad de agua

Un sistema de abastecimiento de agua potable debe cumplir con que la calidad de agua, según norma COGUANOR NGO 29 001:99, cuyo objeto es fijar los valores de las características que definen la calidad del agua potable.

### 2.1.4. Características físicas del agua

Características sensoriales, límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible que debe tener el agua potable.

Tabla II. **Características físicas del agua**

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	35.0 u
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT
1.) Unidad de color en escala de platino-cobalto		
2.) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.		

Fuente: elaboración propia.

### **2.1.5. Características químicas del agua**

Son características que afectan la potabilidad del agua. Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles.

Conforme los resultados de las pruebas que se realizaron en el centro de salud de Jutiapa a una muestra que se obtuvo del pozo mecánico, se pudo concluir que el agua es potable y apta para el consumo humano ya que los resultados están dentro de los límites máximos admisibles.

### **2.1.6. Levantamiento topográfico**

Mediante la técnica de topografía se persigue principalmente determinar la posición del terreno entre dos puntos, sobre el plano horizontal.

#### **2.1.6.1. Planimetría**

Se obtiene la planimetría para determinar, con mayor exactitud, la longitud del proyecto. Así se pueden localizar accidentes geográficos y las características que puedan influir en el desarrollo del proyecto, como, carreteras, ríos, zanjones, casas, etc. El método utilizado para realizar la planimetría de este proyecto fue el de conservación de azimut.

#### **2.1.6.2. Altimetría**

Se encarga de medir las diferencias que existen en los niveles del terreno, que son los que influirán directamente en el diseño hidráulico del proyecto, las cuales representan distancias verticales, medidas a través de un plano horizontal de referencia.

### **2.1.7. Criterios de diseño**

Los criterios de diseño proporcionan un marco para trazar un sistema eficaz de drenaje un área determinada que sea capaz de proteger.

#### **2.1.7.1. Periodo de diseño**

El período de diseño no indica el tiempo en el cual el sistema dejará de funcionar, sino que es el tiempo durante el cual la obra brindará el servicio de forma satisfactoria dependiendo del crecimiento de la población y el mantenimiento que se le brinde. El periodo de diseño recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 20 años. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que el tiempo diseño, gestión y construcción de la obra toma entre 2 y 3 años. Por dicha razón se tomará un periodo de diseño de 22 años.

#### **2.1.7.2. Tasa de crecimiento poblacional**

Actualmente, en el caserío El Cohetero se cuenta con 135 viviendas con un total de 675 habitantes que se dividirán en cinco sectores. Según los datos de población del Instituto Nacional de Estadística, el departamento de Jutiapa presenta una tasa del 3 % de crecimiento, lo que se ha tomado en cuenta para estimar la población futura.

### 2.1.7.3. Estimación de población futura

Existen dos métodos para la estimación de población futura, utilizando los datos de la población actual, estos son:

- Método de crecimiento geométrico o exponencial
- Método de crecimiento aritmético o lineal

La población futura de El Cohetero, que cubrirá el sistema de abastecimiento de agua, se calculará según la fórmula de crecimiento geométrico siguiente:

$$Pf = Pa (1 + i)^n$$

Donde

Pf = población futura

Pa = población actual según censo

i = tasa de crecimiento

n = período de diseño en años

$$Pf = 675 (1 + 0.03)^{22}$$

$$Pf = 1294 \text{ habitantes}$$

### 2.1.7.4. Dotación

Para el diseño de este sistema de abastecimiento de agua se debe tomar en cuenta que el área es rural con clima cálido, y haciendo un razonamiento del consumo diario de los pobladores de acuerdo con sus actividades, se propuso elegir una dotación de 90 litros por habitante al día.

### **2.1.7.5. Factores de consumo**

El factor de consumo de agua depende de factores como el clima de la región o de las instalaciones que tenga la vivienda, así como de las costumbres que tenga la población. Este también varía según el tiempo, ya que generalmente el consumo aumenta al medio día y disminuye en la madrugada, lo cual conlleva a la aplicación de factores que garanticen el funcionamiento del sistema a toda hora, a cualquier época del año de forma sectorizada, estos factores de consumo se describen a continuación:

- **Factor de día máximo (FDM)**

Este es un incremento que se hace cuando no se cuenta con un estudio de consumo máximo diario, por lo que se recomienda lo siguiente:

- Para poblaciones futuras menores a 1 000 habitantes usar un factor comprendido entre  $1,2 \leq \text{FDM} \leq 1,5$ .
- Para poblaciones futuras mayores a 1 000 habitantes  $\text{FDM} = 1,2$ .

Por lo que en este proyecto se tomó un valor de  $\text{FDM} = 1,5$ , ya que se contará con más de 1 000 habitantes.

- **Factor de hora máxima (FHM)**

Al igual que el anterior, se hace uso de este factor cuando no se cuenta con datos de consumo máximo horarios y se recomienda:

- Para poblaciones futuras menores a 1 000 habitantes usar un factor comprendido entre  $2 \leq \text{FHM} \leq 3$ .
- Para poblaciones futuras mayores a 1 000 habitantes  $\text{FHM} = 2$ .

Debido a que la ubicación es en una zona rural no se cuenta con factor de hora máximo.

### **2.1.8. Determinación de caudales**

Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente.

#### **2.1.8.1. Caudal medio diario**

El caudal medio diario, se define como la cantidad de agua que va a ser consumida por la población en un día, es decir durante 24 horas, o al promedio del consumo diario durante el período de un año.

Ya que no se cuenta con registros del consumo diario de la población, se puede calcular a través de la siguiente expresión:

$$Q_m = \frac{Dot * P_f}{86\ 400}$$

Donde

$Q_m$  = Caudal medio diario (l/s)

Dot = dotación (l/hab/día)

$P_f$  = Población futura (habitantes)

Para este caso, el valor del caudal medio diario es el siguiente:

$$Q_m = \frac{1294 \text{ hab} * 90 \text{ l/hab/d}}{86\ 400 \text{ s/d}}$$

$$Q_m = 1,35 \text{ l/s}$$

### **2.1.8.2. Caudal máximo diario**

Se define como el máximo consumo de agua en 24 horas, dentro de un período de un año. Se utiliza en el diseño hidráulico de la línea de conducción, está dado por la siguiente expresión:

$$Q_{md} = FDM * Q_m$$

Donde

FDM = factor de día máximo

Q<sub>m</sub> = caudal medio diario

$$Q_{md} = 1,5 * 1,35$$

$$Q_{md} = 2,02 \text{ l/s}$$

### **2.1.8.3. Caudal máximo horario**

Es el mayor consumo durante una hora al día, en el período de un año, se utiliza para el diseño hidráulico de la red de distribución, no se utiliza por tratarse de una comunidad rural, está dado por la siguiente expresión:

$$Q_{mh} = FHM * Q_m$$

Donde

FHM = factor de hora máximo.

Q<sub>m</sub> = caudal medio diario.

$$Q_{mh} = 3 * 1,35$$

$$Q_{mh} = 4,04 \text{ l/s}$$

### 2.1.9. Clases y trabajo de tubería

En el proyecto se utilizará tubería de cloruro de polivinilo PVC, bajo las denominaciones SDR, de las cuales se utilizarán las siguientes:

SDR 13,5, presión de trabajo de 315 psi (222 m.c.a)

SDR 17, presión de trabajo de 250 psi (176 m.c.a)

SDR 26, presión de trabajo de 160 psi (113 m.c.a)

En algunos tramos, por el tipo de suelo y la topografía del terreno, se utilizará tubería de 250 psi, 160 psi.

### 2.1.10. Parámetros de diseño

Son mecanismos para el diseño de puestos, la estructura de organización, los enlaces laterales y toma de decisiones para realizar un proyecto.

#### 2.1.10.1. Velocidades

La velocidad del agua dentro dentro de la tubería debe estar dentro de los límites establecidos por UNEPAR

Tabla III. Límites de velocidades según UNEPAR

	<b>Velocidad mínima</b>	<b>Velocidad máxima</b>
<b>Conducción</b>	0,40	3,00
<b>Distribución</b>	0,30	3,00

Fuente: UNEPAR.

### **2.1.10.2. Presiones**

El diseño hidráulico de este proyecto se hará por medio de la pérdida de presiones en la tubería, por ello, es necesario conocer conceptos básicos de presión, que ayuden a comprender de una mejor manera el diseño:

### **2.1.10.3. Presión estática en tuberías**

Se produce cuando el agua en la tubería se encuentra en reposo. Es igual al peso específico del agua multiplicado por la altura a que se encuentra la superficie libre del agua. La máxima presión estática a la que puede estar sometida una tubería, por seguridad, está comprendida entre el 90 y 95 por ciento de la presión de trabajo proporcionada por el fabricante. Si sobrepasa este valor, es necesario colocar tubería con mayor resistencia o colocar una caja rompe presión.

### **2.1.10.4. Presión dinámica**

La presión dinámica se produce cuando hay movimiento del agua en la tubería. Este movimiento lo genera el cambio de presión de un punto a otro, disminuyendo el valor de la presión estática. La presión dinámica que puede haber en la red de distribución es de 10 m.c.a, que es la necesaria para que el agua suba con cierta presión a las llaves de chorro. La topografía irregular dificulta que este valor se sostenga, por lo que se podría considerar en caso extremo una presión dinámica mínima de 6 m.c.a, partiendo del criterio que, en una población rural, es difícil que se construyan edificios de altura considerable.

### **2.1.11. Diseño hidráulico del sistema**

Su finalidad es determinar los elementos para el funcionamiento adecuado del sistema, garantizando que el agua captada llegue a los consumidores de manera continua y libre de agentes contaminantes.

Para el cálculo hidráulico se debe utilizar la tubería adecuada y determinar los diámetros que, para este caso, se obtendrán por medio de la fórmula de Hazen & Williams:

$$H_f = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

Donde

H<sub>f</sub> = pérdida de carga (m)

L = longitud de tubería (m)

Q = caudal en la tubería (l/s)

C = coeficiente de rugosidad de la tubería

D = diámetro (pulg)

### **2.1.12. Captación**

Es una estructura de obra civil capaz de captar el agua provista por la fuente de abastecimiento. En este caso, es una captación para una fuente superficial, la cual se construirá con concreto ciclópeo, provista con un filtro formado por rocas de distintos tamaños, así como las válvulas para realizar la limpieza de este.

### 2.1.13. Línea de conducción

Se le llama línea de conducción al conjunto de tuberías que inicia desde la obra de captación hasta el tanque de distribución. Estas tuberías están diseñadas para trabajar a presión. La capacidad de la tubería de conducción debe ser suficiente para transportar el caudal de día máximo, si se trata de un sistema por gravedad o transportar su equivalente en un determinado periodo de bombeo.

Datos de captación a tanque de almacenamiento:

$$L = 73,5 \text{ m}$$

$$Q_{md} = 1,35 \text{ l/s}$$

$$\text{Cota Inicial} = 1287.13$$

$$\text{Cota final} = 1323.44$$

$$C = 150$$

- Diámetro de la tubería ( $\emptyset$ )

$$\Delta H = H_o - H_f$$

$$\Delta H = 1323.44 - 1287.13 = 36.31$$

$$\emptyset = \left( \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{\Delta H * C^{1,85}} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

$$\emptyset = \left( \frac{1\,743,811 * 73,5 * 2,02^{1,85}}{36.31 * 150^{1,85}} \right)^{\frac{1}{4,87}} = 1,04''$$

Debido a que se obtuvo un diámetro de 1,04 pulgadas, se utilizará tubería de 1 ½" y de 1".

- Pérdida de carga en cada tubería.

Tubería  $\varnothing = 1 \frac{1}{2}$ "

$$Hf = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

$$Hf = \frac{1\,743,811 * 73,5 * 2,02^{1,85}}{150^{1,85} * 1,5^{4,87}} = 6,17 \text{ m}$$

Tubería  $\varnothing = 1$ "

$$Hf = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

$$Hf = \frac{1\,743,811 * 73,5 * 2,02^{1,85}}{150^{1,85} * 1^{4,87}} = 44,43 \text{ m}$$

Longitud de tubería de 1 y 2

$$L = 73,5 \text{ m}$$

$$Hf_1 = 6,17 \text{ m}$$

$$Hf_2 = 44,43 \text{ m}$$

$$H = 36,31 \text{ m}$$

$$L_2 = \frac{L * (H - Hf_1)}{Hf_2 - Hf_1}$$

$$L_2 = \frac{73,5 * (44,43 - 6,17)}{44,43 - 6,17} = 15,62 \text{ m}$$

$$L_1 = L - L_2$$

$$L_1 = 73,50 - 15,62 = 57,90 \text{ m}$$

Entonces, se utilizarán 57,90 m de tubería de 1" de diámetro y 15,62 m de tubería de 1 ½".

- Verificación de pérdida real de cada tubería

Tubería  $\varnothing = 1 \frac{1}{2}$ "

$$Hf = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

$$Hf = \frac{1743,811 * 15,62 * 2,02^{1,85}}{150^{1,85} * 1,5^{4,87}} = 1,31 \text{ m}$$

Tubería  $\varnothing = 1$ "

$$Hf = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

$$Hf = \frac{1\,743,811 * 57,90 * 2,02^{1,85}}{150^{1,85} * 1^{4,87}} = 35,00 \text{ m}$$

$$Hf \text{ total} = Hf1 + Hf2$$

$$Hf \text{ total} = 1,31 + 35,00 = 36,31 \text{ m}$$

- Cálculo de cota piezométrica (CP)

$$CP = \text{Cota inicial del terreno} - Hf$$

$$CP = 1323,44 - 36,31 = 1287,13 \text{ m}$$

- Cálculo de presiones (P)

$$P = CP - \text{cota final del terreno}$$

$$P = 1287,13 - 1287,13 = 0 \text{ m. c. a}$$

No evidenció problema alguno, por lo que se utilizará tubería con diámetros de 1" y 1½" para la línea de conducción.

### **2.1.13.1. Tanque de almacenamiento**

En todo sistema de abastecimiento, debe diseñarse un tanque de distribución para garantizar las siguientes funciones:

- Compensar las demandas máximas horarias esperadas en la red de distribución.
- Almacenar agua en horas de poco consumo, como reserva para contingencias.
- Almacenar cierta cantidad de agua para combatir incendios.
- Regular presiones en la red de distribución.
- Reserva suficiente por eventual interrupción en la fuente de abastecimiento.

Según las normas de UNEPAR, en sistemas por gravedad, el volumen del tanque estará comprendido del 18 al 40 por ciento del caudal medio. Por lo que, para este caso, se tomará el 18 % del consumo medio diario.

$$Vol = 0,18 * Qmd$$

$$Vol = \frac{0,18 * 1,35 * 86\ 400}{1\ 000} = 20,96\ m^3$$

Se utilizará un tanque de almacenamiento con capacidad de 21 m<sup>3</sup> para que el sistema siempre cuente con suficiente agua.

- Diseño estructural del tanque

Para el diseño de la losa del tanque de distribución se aplicó el método 3 del ACI. A continuación, se presentan las dimensiones del tanque:

Largo = 4 m

Ancho = 3 m

Alto = 1,6 m

Para determinar si será una losa en una o dos direcciones, se utilizará la siguiente relación:

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

Donde

a = lado corto de la losa.

b = lado largo de la losa.

Si  $m < 0.5$  → Losa armada en una dirección.

Si  $0,5 \leq m \leq 1$  → Losa armada en dos direcciones.

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

Por lo tanto, se clasifica como una losa en dos direcciones.

- Espesor de losa

$$t = \frac{2(3 \text{ m}) + 2(4 \text{ m})}{180} = 0,077 \text{ m}$$

Se propone una losa tradicional en dos direcciones con espesor de 10 cm.

- Integración de carga ultima

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

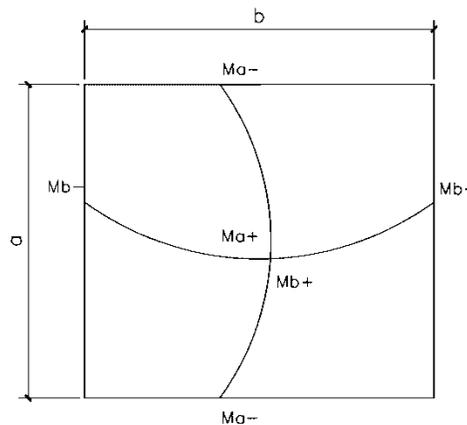
$$CU = 1,4 \left( \left( 2\,400 \frac{kg}{m^3} * 0,10m \right) + 120 \frac{kg}{m^2} \right) + 1,7 \left( 200 \frac{kg}{m^2} \right)$$

$$CU = 504 \frac{kg}{m^2} + 340 \frac{kg}{m^2}$$

$$CU = 844 \frac{kg}{m^2}$$

- Cálculo de momentos actuantes, según coeficientes

Figura 1. **Determinación de momentos en losas**



Fuente: elaboración propia.

Positivos

$$M_{(a+)} = C_a * CM_u * a^2 + C_a * CV_u * a^2$$

$$M_{(b+)} = C_b * CM_u * b^2 + C_b * CV_u * b^2$$

Donde

M = momento actuante.

$C_a, C_b$  = coeficiente de momentos de ACI para el método 3.

$CM_u, CV_u, CU$  = carga muerta, viva y última.

a, b = lado corto y largo de la losa, respectivamente.

Momentos actuantes de la losa (caso 1, método 3 de ACI):

$$M_{(a+)} = 0.028 * 504 * (3)^2 + 0.045 * 340 * (3)^2 = 264,71 \text{ kg-m}$$

$$M_{(b+)} = 0.009 * 504 * (4)^2 + 0.014 * 340 * (4)^2 = 148,74 \text{ kg-m}$$

$$M_{(a-)} = 0,069 * 504 * (3)^2 = 312,98 \text{ kg-m}$$

$$M_{(b-)} = 0,022 * 504 * (4)^2 = 177,41 \text{ kg-m}$$

- Diseño de armado de losa

Para el diseño de armado de losa, se tomará una franja unitaria de b = 100 cm y se determina el peralte (d) efectivo de esta:

$$d = (\text{espesor}) - (\text{recubrimiento}) - \left( \frac{\text{diametro de la varilla}}{2} \right)$$

$$d = (10\text{cm}) - (2,5 \text{ cm}) - \left( \frac{0,953 \text{ cm}}{2} \right) = 7,02 \text{ cm}$$

- Acero mínimo

$$A_{s_{min}} = \left( \frac{14,1}{f_y} \right) * b * d$$

Donde

b = base de la sección (franja unitaria = 100cm)

d = peralte efectivo

f<sub>y</sub> = límite de fluencia del acero

$$A_{s_{min}} = \left( \frac{14,1}{2810 \text{ kg/cm}^2} \right) * (100 \text{ cm}) * (7,02 \text{ cm}) = 3,52 \text{ cm}^2$$

Espaciamiento considerando una varilla No. 3

$$\begin{array}{l} 3,52 \text{ cm}^2 \quad \text{----->} \quad 100\text{cm} \\ 0,71 \text{ cm}^2 \quad \text{----->} \quad S \end{array}$$

Aplicando una regla de tres

$$S = \frac{(0,71 \text{ cm}^2)(100 \text{ cm})}{3,52 \text{ cm}^2} = 20 \text{ cm}$$

Según ACI, la separación máxima permitida es de 2t

$$S_{max} = 2 * 10 \text{ cm} = 20 \text{ cm}$$

Por lo que está dentro del rango, entonces sí se puede utilizar la separación propuesta.

- Momento último que resiste el acero mínimo

$$M_{As_{min}} = \phi \left( A_s * f_y \left( d - \frac{A_s * f_y}{1,7 * b * f_c} \right) \right)$$

$$M_{As_{min}} = 0,71 \left( 3,52 * 2810 \left( 7,02 - \frac{3,52 * 2810}{1,7 * 100 * 210} \right) \right) = 636,38 \text{ kg} - m$$

Para los momentos actuantes menores que el momento de acero mínimo, se armarán con  $A_{smin}$  y  $S = 20$  cm, para momentos mayores, se armarán según indique el cálculo. Por lo que el armado de la losa quedaría de varillas # 3 @ 20 cm en ambos sentidos.

- Cálculo de acero

$$A_s = \frac{0,85 * f_c}{f_y} \left( (b * d) - \sqrt{(b * d)^2 - \frac{Mu * b}{0,003825 * f_c}} \right)$$

$$A_s = \frac{0,85 * 210}{2810} \left( (100 * 7,02) - \sqrt{(100 * 7,02)^2 - \frac{273,46 * 100}{0,003825 * 210}} \right) = 1,56 \text{ cm}^2$$

Este valor es menor al acero mínimo, por lo que se utilizará el acero mínimo y el armado de la losa quedaría de varillas # 3 @ 20 cm en ambos sentidos.

- Chequeo por corte

El corte debe ser resistido únicamente por el concreto, por tal razón, se debe verificar si el espesor de la losa es el adecuado.

$$V_{max} = \frac{Cu * L}{2} = \frac{844 * 4}{2} = 1688 \text{ kg}$$

$$V_{res} = 0.53 * \phi * b * d * \sqrt{f_c}$$

$$V_{res} = 0.53 * 0.85 * 100 * 7,02 * \sqrt{210} = 4585,36 \text{ kg}$$

Como  $V_{res} > V_{m\acute{a}x}$ , el espesor de la losa es el adecuado, por lo que no es necesario aumentar el espesor.

- Muros del tanque

Datos

$$\gamma_{agua} = 1,00 \text{ Ton/ m}^3$$

$$\gamma_{suelo} = 1,72 \text{ Ton/m}^3$$

$$\gamma_{concreto} = 2,40 \text{ Ton/ m}^3$$

$$H_{muro} = 1,60 \text{ m}$$

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

$$\mu = \text{coeficiente de fricci3n suelo-muro} = 0,30$$

$$\Phi \text{ (3ngulo de fricci3n interna del suelo)} = 18^\circ$$

$$V_s = 25 \text{ Ton/m}^2$$

- Coeficiente de empuje activo ( $K_a$ )

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

$$K_a = \frac{1 - \text{sen}(0,31415)}{1 + \text{sen}(0,31415)} = 0,5278$$

- Coeficiente de empuje pasivo ( $K_p$ )

$$K_p = \frac{1 + \text{sen}\phi}{1 - \text{sen}\phi}$$

$$K_p = \frac{1 + \text{sen}(0,31415)}{1 - \text{sen}(0,31415)} = 1,8944$$

- Cálculo de cargas totales de los diagramas

Carga pasiva (Ppy)

$$Ppy = \frac{1}{2}(Kp * \gamma_s * H^2)$$

$$Ppy = \frac{1}{2}(1,8944 * 1,72 * 1,6^2) = 4,1707$$

Carga activa (Pay)

$$Pay = \frac{1}{2}(Ka * \gamma_{agua} * ha^2)$$

$$Pay = \frac{1}{2}(0,5278 * 1 * 1,3^2) = 0,4460$$

- Momentos debido a las cargas totales de los diagramas de presión

Momento pasivo (Mpy)

$$Mpy = Ppy * \frac{h}{3}$$

$$Mpy = 0,1707 * \frac{1,3}{3} = 2,2243$$

Momento activo (May)

$$May = Pay * \frac{a}{3}$$

$$May = 0,4460 * \frac{1,3}{3} = 0,1932$$

Tabla IV. **Cargas y momentos del muro**

FIGURA	AREA	DENSIDAD	PESO	BRAZO	MOMENTO
1	0,4320	2,4	1,0368	0,3933	0,4078
2	0,1024	2,4	0,2458	0,2333	0,0573
3	0,0216	2,4	0,0518	0,3200	0,0166
4	0,1392	1,72	0,2394	0,5917	0,1417
			1,5738		0,6234

Fuente: elaboración propia.

- Revisión de estabilidad

Por volteo

$$FSV = \frac{\sum Mr}{\sum Mact}$$

$$FSV = \frac{0,6234}{0,1932} = 3,2252$$

- Presión máxima debajo de la base del muro

$$a = \frac{Mpy + Mw - May}{\sum W}$$

$$a = \frac{2,2244 + 0,6234 - 0,1933}{1,5738} = 1,6847$$

Si  $3a > L$ , entonces no existirá tensión, como en este caso

- Coordenadas resultantes

$$X = \frac{MR - May}{\sum W}$$

$$X = \frac{0,6234 - 0,1933}{1,5738} = 0,2733 \text{ m}$$

- Excentricidad

$$E = \frac{base}{2} - X$$

$$E = \frac{0,64}{2} - 0,2733 = 0,0467 \text{ m}$$

- Presión máxima

$$P_{max} = \frac{W}{base} + \frac{6WE}{base^2}$$

$$P_{max} = \frac{1,5738}{0,64} + \frac{6 * 1,5738 * 0,0467}{0,64^2} = 3,5359 \frac{ton}{m^2} < 15 \frac{ton}{m^2}$$

- Presión mínima

$$P_{min} = \frac{W}{base} - \frac{6WE}{base^2}$$

$$P_{min} = \frac{1,5738}{0,64} - \frac{6 * 1,5738 * 0,0467}{0,64^2} = 1,3822 \frac{ton}{m^2} > 0 \frac{ton}{m^2}$$

De acuerdo con los resultados obtenidos, las dimensiones propuestas resisten las cargas aplicadas sobre el muro.

### 2.1.13.2. Red de distribución

Un sistema de distribución de agua debe ofrecer un suministro seguro de agua potable en cantidad suficiente y a una presión adecuada para usos domésticos.

La elección del sistema idóneo dependerá de las características del lugar poblado, ubicación del tanque de agua potable, entre otras cosas. Desde el punto de vista sanitario es preferible optar por la red mallada o circuito cerrado; ya que ocasiona menos problemas de contaminación, porque no permite el estancamiento del agua. Sin embargo, la distribución de viviendas de este proyecto impide realizarlo de esta manera, por lo que se optó por ramales abiertos que tienen un buen funcionamiento.

Se debe tomar en cuenta que en el diseño se utilizará el caudal máximo horario para asegurar su funcionamiento correcto en el período de diseño. Se debe verificar en las redes lo siguiente:

- El caudal que entra, en cada nudo, es igual al caudal que sale
- La presión dinámica estará entre 10 y 60 metros columna de agua
- Caudal unitario de vivienda =  $Q_{mh} / \text{No. viviendas}$
- Presión mínima en los nudos 10 metros columna de agua
- Caudal instantáneo  $q = k\sqrt{n - 1}$ ;

Donde

$k = 0,15$  si servicio por llena cántaros

$k = 0,20$  si  $n \geq$  conexiones prediales y domiciliarias

$n =$  número de viviendas a futuro

Se considera el número de viviendas que serán abastecidas por ese ramal y se calcula el caudal de consumo, así como el caudal instantáneo; utilizando el mayor de los dos y el criterio de continuidad, se determina el caudal de distribución en cada punto.

$$q = k\sqrt{n-1}$$

$$q = 0,15\sqrt{259-1}$$

$$q = 2,41 \text{ l/s}$$

Se utilizará el caudal instantáneo ya que  $q = 2,41 \text{ l/s} > Q_{mh} = 4,04$ .

A continuación, se hará el cálculo del tramo que va de la estación E-01 de distribución a la estación E-02

Datos

$$Q = 0,95 \text{ l/s}$$

$$Cota_1 = 1311,19 \text{ m}$$

$$Cota_2 = 1299,29 \text{ m}$$

$$\text{Longitud} = 55,54 \text{ m}$$

- Carga disponible

$$\Delta H = H_o - H_f$$

$$\Delta H = 1311,19 - 1299,29 = 11,9 \text{ m}$$

- Diámetro teórico

$$\emptyset = \left( \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{\Delta H * C^{1,85}} \right)^{\frac{1}{4,87}}$$

$$\emptyset = \left( \frac{1\,743,811 * 55,54 * 0,95^{1,85}}{11,9 * 150^{1,85}} \right)^{\frac{1}{4,87}} = 0,93'' \approx 1''$$

- Pérdida de carga real

Se utilizará un diámetro de 0,93 pulgadas, debido a que es el diámetro nominal de la tubería de PVC.

$$Hf = \frac{1\,743,811 * L * Q^{1,85}}{C^{1,85} * D^{4,87}}$$

$$Hf = \frac{1\,743,811 * 55,54 * 0,95^{1,85}}{150^{1,85} * 0,93^{4,87}} 11,9 \text{ m}$$

- Cálculo de cota piezométrica (CP)

$$CP = \text{Cota inicial del terreno} - Hf$$

$$CP = 1311,19 - 11,9 = 1299,29 \text{ m}$$

- Cálculo de presiones (P)

$$P = CP - \text{cota final del terreno}$$

$$P = 1299,29 - 1311,19 = 11,9 \text{ m.c.a}$$

- Velocidad

$$V = \frac{1,974 * Qd}{\emptyset^2}$$

$$V = \frac{1,974 * 0,95}{0,93^2} = 2,17 \text{ m/s}$$

#### **2.1.14. Resumen diseño red de distribución**

La elección del sistema idóneo dependerá de las características del lugar poblado, ubicación del tanque de agua potable, entre otras cosas. Desde el punto de vista sanitario es preferible optar por la red mallada o circuito cerrado; ya que ocasiona menos problemas de contaminación, porque no permite el estancamiento del agua. Sin embargo, la distribución de viviendas de este proyecto impide realizarlo de esta manera, por lo que se optó por ramales abiertos que tienen un buen funcionamiento.

Tabla V. Cálculos red de distribución

Est.	Ho (m)	Hf (m)	Ah	Longitud (m)	Caudal (l/s)	Hf	C.P	PRESIONE S	s com. (plg)
2,2	1323,44	1311,19	12,25	55,54	0,95	20,0820632	1303,357937	20,0820632	2" 160 psi
3,2	1311,19	1309,67	1,52	38,83	0,95	14,0404626	1297,149537	26,2904626	2" 160 psi
4,2	1309,67	1308,35	1,32	7,21	0,95	2,60724844	1307,062752	16,3772484	2" 160 psi
5,2	1308,35	1303,88	4,467	51,87	0,76	12,4100451	1295,939955	27,5000451	2" 160 psi
6,2	1303,883	1302,66	1,227	43,00	0,76	10,2888225	1293,594177	29,8458225	2" 160 psi
7,2	1302,656	1295,78	6,876	59,09	0,76	14,1395093	1288,516491	34,9235093	2" 160 psi
8,2	1295,78	1292,29	3,49	36,06	0,76	8,62718074	1287,152819	36,2871807	2" 160 psi
9,2	1292,29	1285,33	6,958	18,03	0,76	4,31359037	1287,976417	35,4635904	2" 160 psi
10,2	1285,332	1284,37	0,965	49,73	0,38	3,30068278	1282,031317	41,4086828	2" 160 psi
11,1	1284,367	1280,32	4,048	16,16	0,38	1,07228932	1283,294711	40,1452893	2" 160 psi
12,1	1280,319	1274,19	6,129	72,86	0,38	4,83613139	1275,482869	47,9571314	2" 160 psi
13,1	1274,19	1272,44	1,755	63,41	0,38	4,20880462	1269,981195	53,4588046	2" 160 psi
14,1	1272,435	1262,89	9,546	17,26	0,38	1,14577637	1271,289224	52,1507764	2" 160 psi
15,1	1262,889	1260,64	2,25	94,83	0,38	6,29425053	1256,594749	66,8452505	2" 160 psi
16,1	1260,639	1260,51	0,13	42,49	0,38	11,4467442	1249,192256	74,2477442	1 1/2" 160 psi
17,1	1260,509	1258,27	2,241	14,32	0,38	3,85762766	1256,651372	66,7886277	1 1/2" 160 psi
18,1	1258,268	1255,76	2,505	34,66	0,38	9,33716169	1248,930838	74,5091617	1 1/2" 160 psi
19,1	1255,763	1253,50	2,268	13,42	0,38	3,61476134	1252,148239	71,2917613	1 1/2" 160 psi
20,1	1253,495	1245,39	8,104	49,20	0,38	13,2568631	1240,238137	83,2018631	1 1/2" 160 psi

Continuación tabla V.

21,1	1245,391	1244,04	1,348	78,26	0,38	21,0861078	1224,304892	99,1351078	1 1/2" 160 psi
22,1	1244,043	1243,12	0,924	75,27	0,38	20,2806402	1223,76236	99,6776402	1 1/2" 160 psi
23,1	1243,119	1242,93	0,189	26,40	0,38	7,11311393	1236,005886	87,4341139	1 1/2" 160 psi
24,1	1242,93	1242,61	0,32	54,45	0,38	35,6507272	1207,279273	116,160727	1 1/4" 160 psi
25,1	1242,61	1242,34	0,27	38,28	0,38	25,0596417	1217,550358	105,889642	1 1/4" 160 psi
26,1	1242,34	1241,87	0,47	20,81	0,38	13,6238544	1228,716146	94,7238544	1 1/4" 160 psi
27,1	1241,87	1241,68	0,19	40,80	0,38	26,7154912	1215,154509	108,285491	1 1/4" 160 psi
28,1	1241,68	1241,38	0,3	14,14	0,38	9,25914834	1232,420852	91,0191483	1 1/4" 160 psi
29,1	1241,38	1241,12	0,26	19,10	0,38	12,5084206	1228,871579	94,5684206	1 1/4" 160 psi
1,2	1241,12	1240,82	0,3	35,00	0,38	22,915223	1218,204777	105,235223	1 1/4" 160 psi
2,2	1240,82	1240,73	0,09	77,50	0,38	50,740851	1190,079149	133,360851	1 1/4" 160 psi
3,2	1240,73	1240,62	0,11	70,50	0,38	46,1578064	1194,572194	128,867806	1 1/4" 160 psi
29,1	1240,62	1240,31	0,31	45,25	0,38	29,6261098	1210,99389	112,44611	1 1/4" 160 psi
30,1	1240,31	1237,115	3,195	49,93	0,38	32,6902025	1207,619798	115,820202	1 1/4" 160 psi
31,1	1237,115	1234,395	2,72	29,16	0,38	19,0916544	1218,023346	105,416654	1 1/4" 160 psi
32,1	1234,395	1230,234	4,161	7,61	0,38	4,98242421	1229,412576	94,0274242	1 1/4" 160 psi
33,1	1230,234	1226,099	4,135	26,96	0,38	17,6512689	1212,582731	110,857269	1 1/4" 160 psi

Fuente: elaboración propia.

### 2.1.14.1. Obras hidráulicas

Las obras de arte en esta área de la ingeniería se les denomina a las construcciones necesarias para captar el agua desde la fuente, realizar un tratamiento previo para luego conducirla, almacenarla y distribuirla a la comunidad en forma regular y segura. Entre estas obras están los túneles, puentes, sifones, cajas rompe presiones, cámaras de desagüe, válvulas de aire, etc.

Se utilizarán obras hidráulicas en este proyecto, dependiendo de la necesidad que se presente, ya que estas sirven para salvar depresiones en el terreno y para poder aliviar la presión estática en la tubería.

#### **2.1.14.2. Sistema de desinfección**

El agua se desinfecta para eliminar las bacterias patógenas y la inactivación de los virus patógenos. Uno de los mejores métodos de desinfección es la cloración del agua, ya que confiable en los tratamientos de agua potable y que exitosamente evita la reaparición de bacterias en las tuberías.

- Cloro gaseoso: en la actualidad, todos los cloradores operan, generalmente, bajo el principio de vacío total y solamente son usados para la cloración directa. En el tratamiento de agua, cloración indirecta significa que una solución de cloro es producida en sitio utilizando cloro gaseoso y agua. Esta solución sirve como desinfectante.
- Hipoclorito de calcio: es un compuesto sólido de cloro, disponible en el comercio en forma de tabletas o de gránulos. Para preparar una solución medidora, se usan sólo gránulos del 65 al 75 por ciento de cloro efectivo, dependiendo del producto.

#### **2.1.14.3. Programa de operación y mantenimiento**

El proyecto debe contar con las medidas de operación y mantenimiento que permitan el buen funcionamiento del sistema y sus componentes; estos deben estar al cuidado de una persona responsable del sistema, preferiblemente un fontanero, pero si hay falta de uno, es la comunidad la encargada de la conservación de este.

El mantenimiento para el tanque de distribución consiste en la limpieza del piso y las paredes interiores con una solución a base de cloro y agua limpia,

teniendo una medida de un vaso de cloro por cada cinco galones de agua, se debe tomar en cuenta que nunca debe hacerse con jabón; esto se debe realizar 2 veces al año.

Se debe reparar las fugas que se presenten en la red y la línea de conducción lo más pronto posible, siempre hay que limpiar y alimentar el sistema de desinfección, limpieza y chapeo alrededor de todas las estructuras adicionales y revisiones periódicas de cada componente.

#### **2.1.14.4. Propuesta de tarifa**

El uso del servicio de agua potable exige la fijación de una tarifa aprobada por la comunidad y autorizada por la municipalidad. A continuación, se hace un desglose de los gastos necesarios para el funcionamiento del sistema:

- Costo de desinfección (D)

$$D = Ct * Nm$$

Donde

Ct = costo por tableta de cloro

Nm = número de tabletas a utilizar

$$D = Q 50,00 * 4$$

$$D = Q200,00/mes$$

- Operación y mantenimiento

Para esto se deberá contratar a un fontanero que practique labores de mantenimiento al sistema. Las revisiones serán semanales (52 días al año). La contratación se hará bajo el régimen de servicios personales por lo cual no aplica prestaciones laborales.

$$F = \frac{Q50,00 * 52 \text{ semanas al año}}{12 \text{ meses}}$$

$$F = Q 216,66/mes$$

También se debe tomar en cuenta la compra de repuestos y herramientas, para cuando se encuentre una falla en el sistema:

$$R = \frac{0,015 * CP * (1 + I)}{12}$$

Donde

CP = costo del proyecto

I = porcentaje del 7 % debido a la inflación

$$R = \frac{0,015 * 3\,560\,319,40 * (1 + 0,07)}{12}$$

$$R = Q 4\,761,93$$

- Propuesta de tarifa

$$PT = \frac{F + R + D}{N}$$

Donde

N = número de casas

$$PT = \frac{2166,66 + 200 + 4\,761,93}{135}$$

$$PT = Q\,38,35$$

Tomando en cuenta que el sistema beneficiará a 135 viviendas de la comunidad, se estableció una cuota aproximada de Q. 39,00 por vivienda, que servirá para pagar los gastos.

#### **2.1.14.5. Elaboración de planos**

Los planos constructivos para este sistema de agua potable se presentan en los anexos; el cual está conformado por:

- Planta y perfil de línea de conducción
- Planta de red de distribución
- Planta, perfil y detalles de tanque de abastecimiento
- Planta y detalles de captación

#### **2.1.14.6. Elaboración de presupuesto**

El presupuesto se elaboró con base en los precios unitarios, aplicando un 30% de costos indirectos, en los cuales se incluyen gastos de administración, supervisión y utilidades.

Los precios de los materiales se obtuvieron mediante cotizaciones en centros de distribución de la región y la mano de obra se calculó de acuerdo con los salarios establecidos por la municipalidad.

Tabla VI. **Presupuestos sistema de abastecimiento de agua potable**

PRESUPUESTO CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE CASERIO EL COHETERO, JUTIAPA, JUTIAPA					
No	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
1	Rótulo de identificación del proyecto	Unidad	1,00	Q2.817,69	2817,69
2	Preliminares	Unidad	1,00	Q7.830,00	7830,00
3	Replanteo Topográfico	Global	5405,86	Q2,45	13244,36
4	Línea de conducción por gravedad $\varnothing=1$ 1/2", 250 psi	M.l.	230,00	Q140,30	32269,00
5	Línea de conducción por gravedad $\varnothing=2$ ", 160 psi	M.l.	1214,00	Q136,87	166160,18
6	Línea de conducción por gravedad $\varnothing=1$ 1/2", 250 psi	M.l.	226,00	Q177,26	40060,76
7	Línea de conducción por gravedad $\varnothing=1$ 1/2", 160 psi	M.l.	1351,00	Q147,38	199110,38
8	Línea de conducción por gravedad $\varnothing=1$ 1/4", 250 psi	M.l.	403,00	Q133,59	53836,77
9	Línea de conducción por gravedad $\varnothing=1$ 1/4",160 psi	M.l.	1761,86	Q124,57	219474,90
10	Línea de conducción por gravedad $\varnothing=1$ ", 160 psi	M.l.	220,00	Q130,29	28663,80
11	Paso aéreo de 18ml	Unidad	1,00	Q42.514,13	42514,13
12	Tanque de distribución de 21 m <sup>3</sup>	Unidad	1,00	Q99.941,85	99941,85
13	Caja de válvula de llaves	Unidad	9,00	Q1.626,15	14635,35
14	Conexiones domiciliars	Unidad	135,00	Q651,71	87980,85
<b>PRECIO TOTAL DEL PROYECTO</b>					<b>1008540,02</b>

Fuente: elaboración propia

#### **2.1.14.7. Evaluación de impacto ambiental**

Las actividades que se llevarán a cabo para construir el sistema de abastecimiento de agua, son procesos cuyo propósito es establecer las consecuencias sobre el ambiente, por lo que se procura minimizar los impactos negativos que afecten al entorno.

##### Impacto ambiental que será producido

- Movimiento de tierra (corte y relleno), que ocasione residuos de partículas en suspensión y polvo en las áreas circundantes al proyecto.
- Emanación de gases provenientes de solventes y de los vehículos utilizados en la construcción para transporte de materiales.
- Generación de ruido por la actividad realizada.
- Generación de desechos propios de la actividad.

##### Medidas de mitigación

- Manejo adecuado y ordenado del volumen de terreno extraído.
- Coordinación de horarios de trabajo en horas hábiles para generar el menor ruido posible.
- Verificación constante del nivel del acuífero y reforestación del área circundante para permitir la recarga hídrica.
- Proveer a los trabajadores del equipo adecuado de trabajo (guantes, botas, mascarillas, cascos).
- Manejo adecuado de los productos químicos a utilizar.

#### **2.1.14.8. Evaluación socioeconómica**

En los proyectos de sistemas de agua potable es importante el componente social, pero se deben considerar los efectos indirectos y de valorización social de beneficio y costo que tiene la instalación y el mantenimiento de este mismo. Sin embargo, una evaluación económica del proyecto podría indicar la viabilidad que tiene este para su realización. La evaluación de proyectos por medio de métodos matemáticos y financieros es útil para conocer la rentabilidad que generarán. Para ello se utilizarán los siguientes métodos

#### **2.1.14.9. Valor presente neto**

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

Tabla VII. **Costo del sistema de abastecimiento de agua**

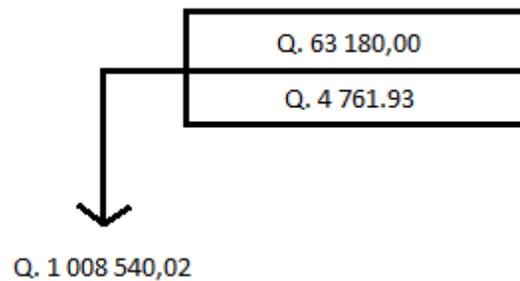
Inversión inicial	Q. 1 008 540,02
Mantenimiento anual	Q. 4 761,93
Ingresos anuales	Q. 63 180,00

Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta un periodo de diseño de 22 años y una tasa del 11% se realiza el cálculo del VPN:

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

Figura 2. **Estimación de VPN**



Fuente: elaboración propia.

Costo de operación y mantenimiento

$$VP = 4\,761,93 \left[ \frac{(1 + 0,11)^{22} - 1}{0,11 * (1 + 0,11)^{22}} \right] = Q\,38\,932,30$$

Tarifa poblacional

$$VP = 63\,180,00 \left[ \frac{(1 + 0,11)^{23} - 1}{0,11 * (1 + 0,11)^{23}} \right] = Q\,516\,543,19$$

El valor presente neto está dado por la sumatoria de ingresos menos los egresos que se realizaron durante el período de funcionamiento del sistema.

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

$$VPN = Q 516 543,19 - Q 38 932,30$$

$$VPN = Q 477 610,89$$

Con la tarifa propuesta, el proyecto podrá cubrir todos los costos de operación y mantenimiento que se necesitan durante el período de funcionamiento.

#### **2.1.14.10. Tasa interna de retorno**

La tasa interna de retorno de una inversión es la tasa de rendimiento requerida que produce como resultado un valor presente neto de cero, cuando se le utiliza como tasa de descuento. Por eso, se llama tasa interna de rentabilidad; el número es interno o inherente al proyecto y no depende de nada, excepto de los flujos de caja del proyecto.

Una inversión es aceptable si su tasa interna de retorno excede al rendimiento requerido. De lo contrario, la inversión no es provechosa. Debido a que este proyecto es de carácter social, es imposible obtener una tasa interna de retorno TIR atractiva. Para este tipo de inversión, en el municipio se realiza un análisis socioeconómico de costo/beneficio, el cual se determina de la siguiente manera:

$$\text{Costo} = \text{Inversión inicial} - VPN$$

$$\text{Costo} = 1 008 540,02 - 477 610,89$$

$$\text{Costo} = 530 929,13$$

La tasa interna de retorno se obtiene dividiendo el costo dentro de la cantidad de habitantes beneficiados por el sistema.

$$TIR = \frac{\text{costo}}{\text{habitantes}}$$
$$TIR = \frac{Q\ 530\ 929,13}{1294} = Q\ 410,30/hab$$

Se concluye que el proyecto podrá ser considerado favorablemente por cualquiera de las instituciones tanto gubernamentales como no gubernamentales, para su financiamiento.



## CONCLUSIONES

1. El diseño del proyecto es el resultado de la priorización de las necesidades de servicios básicos de la población. Por el carácter higiénico que presentan el proyecto, la municipalidad deberá ejecutarlo a la menor brevedad posible, por los beneficios que el proyecto aportará a los habitantes directamente afectados por la falta de este.
2. Los planos y presupuestos del proyecto están detalladamente especificados y se elaboraron con base en precios unitarios, tomando en cuenta el costo de los materiales, así como los salarios de Jutiapa.
3. El caserío El Cohetero carece de un sistema de abastecimiento de agua, por lo que el propuesto le brindará una mejora a la calidad de vida de los habitantes al poder abastecerse del vital líquido a toda hora, libre de agentes patógenos o contaminantes perjudiciales evitando de esta manera riesgos a la salud.
4. Es fundamental la sostenibilidad del proyecto El Cohetero, sobre el mantenimiento del tanque de abastecimiento, así como de las tuberías de conducción y distribución, para que este pueda ser completamente funcional durante el periodo de diseño.



## RECOMENDACIONES

1. Seguir correctamente las especificaciones contenidas en los planos de los proyectos ya que alterarlas o modificarlas, cambiará completamente el diseño.
2. El proceso de ejecución debe contar con la debida supervisión técnica por un profesional de la ingeniería civil, para garantizar la integridad del diseño.
3. Para el sistema de abastecimiento de agua, proveer el mantenimiento periódico para evitar el deterioro y así lograr que funcione adecuadamente durante el periodo para el que fue diseñado.
4. No se debe interrumpir la cloración del sistema, ya que esto garantiza la potabilidad del agua, de lo contrario causaría daños a la salud de los consumidores.
5. Evitar la deforestación del área donde se ubican las fuentes de captación, para evitar disminución en el caudal.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR RUIZ, Pedro. *Apuntes sobre el curso de Ingeniería Sanitaria*  
1. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2007. 169 p.
2. American Concrete Institute. *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario (ACI 318S-11)*. Michigan, USA: ACI, 2011. 541 p.
3. Instituto de Fomento Municipal Guatemala. *Guía para el diseño de abastecimientos de agua potable a zonas rurales*. Guatemala: INFOM, 1997. 63 p.
4. NILSON, Arthur H. *Diseño de estructuras de concreto*. 12a ed. Colombia: McGraw-Hill Interamericana, 2001. 722 p.



## **ANEXOS**

### **Apéndice I. Línea de distribución**

Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD 2018

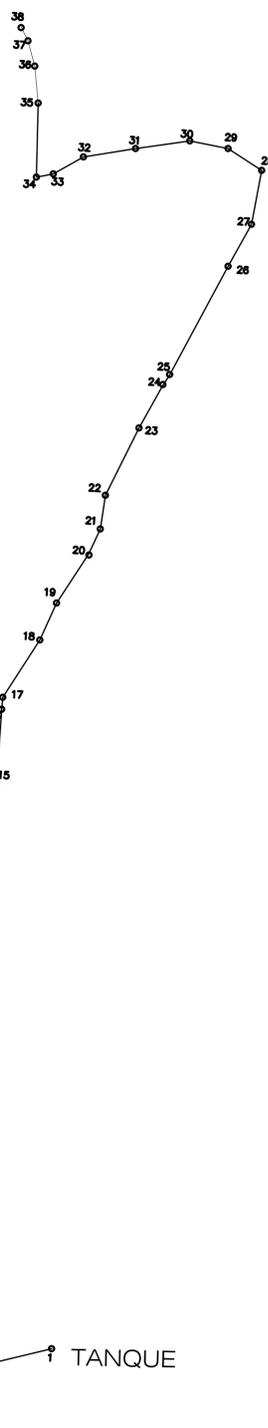






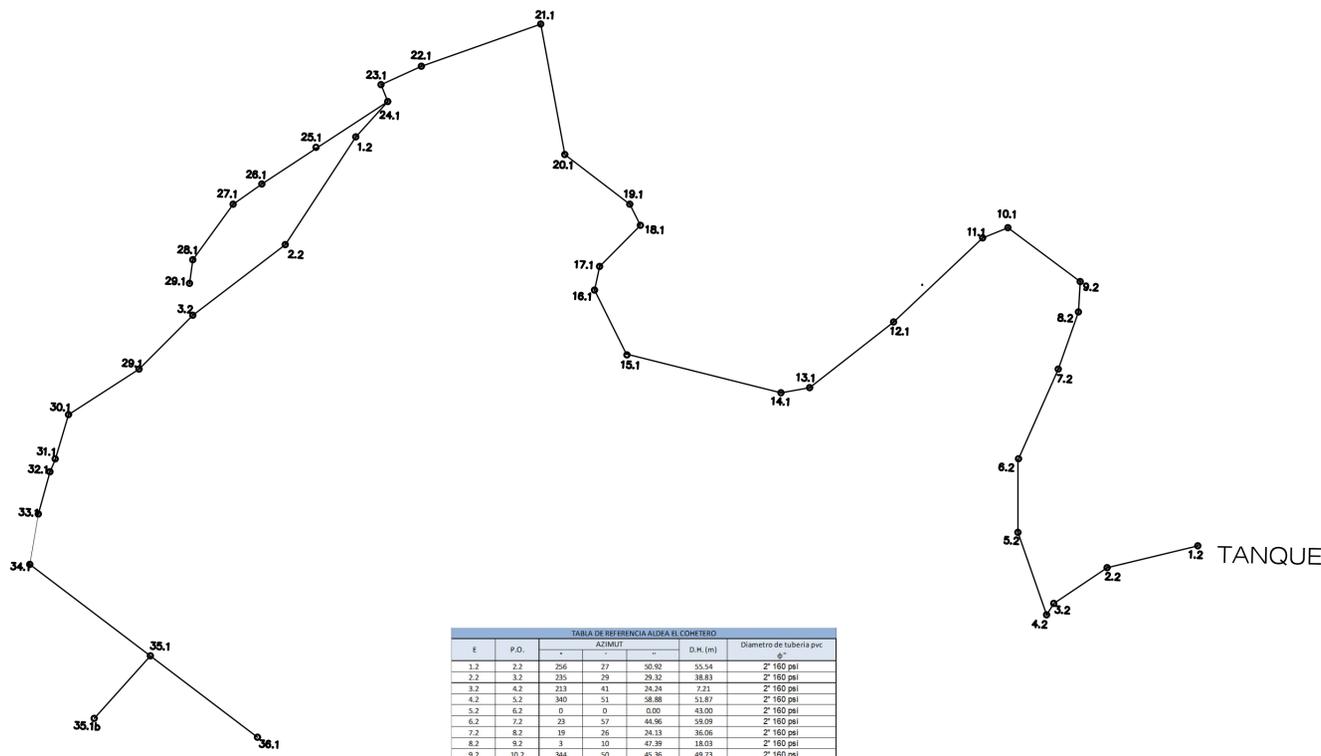
# RAMAL 1

TABLA DE REFERENCIA ALDEA EL COHETERO						
E	P.O.	AZIMUT			D.H. (m)	Diametro de tubería pvc φ
		+	-	°		
1	2	256	27	50.92	55.54	2" 160 psi
2	3	235	29	29.32	38.83	2" 160 psi
3	4	213	41	24.24	7.21	2" 160 psi
4	5	340	51	58.88	51.87	2" 160 psi
5	6	0	0	0.00	43.00	2" 160 psi
6	7	23	57	44.96	59.09	2" 160 psi
7	8	19	26	24.13	36.06	2" 160 psi
8	9	3	10	47.39	18.03	2" 160 psi
9	10	344	50	45.36	49.73	2" 160 psi
10	11	0	0	0.00	28.00	2" 160 psi
11	12	29	3	16.57	41.18	2" 160 psi
12	13	13	34	13.56	29.83	2" 160 psi
13	14	33	41	24.24	21.63	2" 160 psi
14	15	31	25	46.44	21.10	2" 160 psi
15	16	3	43	53.03	46.10	1 1/2" 160 psi
16	17	8	7	48.37	7.07	1 1/2" 160 psi
17	18	32	54	18.87	40.30	1 1/2" 160 psi
18	19	24	26	38.24	24.17	1 1/2" 160 psi
19	20	33	13	54.16	34.67	1 1/2" 160 psi
20	21	25	1	0.82	16.55	1 1/2" 160 psi
21	22	8	31	50.76	20.22	1 1/2" 160 psi
22	23	26	33	54.18	44.72	1 1/2" 160 psi
23	24	29	14	55.77	28.65	1 1/4" 250 psi
24	25	33	41	24.24	7.21	1 1/4" 250 psi
25	26	28	18	2.72	73.82	1 1/4" 250 psi
26	27	29	14	55.77	28.65	1 1/4" 250 psi
27	28	10	37	10.76	32.56	1 1/4" 250 psi
28	29	303	1	25.92	23.85	1 1/4" 250 psi
29	30	282	15	53.19	23.54	1 1/4" 250 psi
30	31	261	7	9.63	32.39	1 1/4" 250 psi
31	32	260	50	15.55	31.40	1 1/4" 250 psi
32	33	240	56	43.43	20.59	1 1/4" 250 psi
33	34	258	41	10.20	10.20	1 1/4" 250 psi
34	35	1	18	7.03	44.01	1 1/4" 250 psi
35	36	354	48	20.06	22.09	1 1/4" 250 psi
36	37	345	4	6.90	15.52	1 1/4" 250 psi
37	38	333	26	5.82	8.94	1 1/4" 250 psi



# RAMAL 2

TABLA DE REFERENCIA ALDEA EL COHETERO						
E	P.O.	AZIMUT			D.H. (m)	Diametro de tubería pvc φ
		+	-	°		
1.2	2.2	256	27	50.92	55.54	2" 160 psi
2.2	3.2	235	29	29.32	38.83	2" 160 psi
3.2	4.2	213	41	24.24	7.21	2" 160 psi
4.2	5.2	340	51	58.88	51.87	2" 160 psi
5.2	6.2	0	0	0.00	43.00	2" 160 psi
6.2	7.2	23	57	44.96	59.09	2" 160 psi
7.2	8.2	19	26	24.13	36.06	2" 160 psi
8.2	9.2	3	10	47.39	18.03	2" 160 psi
9.2	10.2	344	50	45.36	49.73	2" 160 psi
10.2	11.2	0	0	0.00	28.00	2" 160 psi
11.2	12.2	29	3	16.57	41.18	2" 160 psi
12.2	13.2	13	34	13.56	29.83	2" 160 psi
13.2	14.2	33	41	24.24	21.63	2" 160 psi
14.2	15.2	31	25	46.44	21.10	2" 160 psi
15.2	16.2	3	43	53.03	46.10	1 1/2" 160 psi
16.2	17.2	8	7	48.37	7.07	1 1/2" 160 psi
17.2	18.2	32	54	18.87	40.30	1 1/2" 160 psi
18.2	19.2	24	26	38.24	24.17	1 1/2" 160 psi
19.2	20.2	33	13	54.16	34.67	1 1/2" 160 psi
20.2	21.2	25	1	0.82	16.55	1 1/2" 160 psi
21.2	22.2	8	31	50.76	20.22	1 1/2" 160 psi
22.2	23.2	26	33	54.18	44.72	1 1/2" 160 psi
23.2	24.2	29	14	55.77	28.65	1 1/4" 250 psi
24.2	25.2	33	41	24.24	7.21	1 1/4" 250 psi
25.2	26.2	28	18	2.72	73.82	1 1/4" 250 psi
26.2	27.2	29	14	55.77	28.65	1 1/4" 250 psi
27.2	28.2	10	37	10.76	32.56	1 1/4" 250 psi
28.2	29.2	303	1	25.92	23.85	1 1/4" 250 psi
29.2	30.2	282	15	53.19	23.54	1 1/4" 250 psi
30.2	31.2	261	7	9.63	32.39	1 1/4" 250 psi
31.2	32.2	260	50	15.55	31.40	1 1/4" 250 psi
32.2	33.2	240	56	43.43	20.59	1 1/4" 250 psi
33.2	34.2	258	41	10.20	10.20	1 1/4" 250 psi
34.2	35.2	1	18	7.03	44.01	1 1/4" 250 psi
35.2	36.2	354	48	20.06	22.09	1 1/4" 250 psi
36.2	37.2	345	4	6.90	15.52	1 1/4" 250 psi
37.2	38.2	333	26	5.82	8.94	1 1/4" 250 psi
38.2	39.2	322	11	15.00	5.00	1" 160 psi



	MUNICIPALIDAD DEL MUNICIPIO DE JUTIAPA DEPARTAMENTO DE JUTIAPA	
	PROYECTO: CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE CASERIO EL COHETERO, CANTON SAN JOSE BUENA VISTA, JUTIAPA, JUTIAPA.	
DISEÑO: J.M.O.C. CALCULO: J.M.O.C. DIBUJO: J.M.O.C. ESCALA: INDICADA FECHA: DICIEMBRE 2017	CONTENIDO: RAMALES  Vo.Bo. _____ INGENIERO COLEGIADO ACTIVO	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"> <span style="font-size: 2em;">2</span>  <span style="font-size: 2em;">4</span> </div>

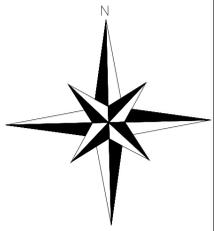


TABLA DE REFERENCIA ALDEA EL COHETERO						
E	P.O.	AZIMUT			D.H. (m)	Diametro de tubería pvc φ"
		°	'	"		
1.B	2.B	12	31	43.71	88.90	2" 160 psi
2.B	3.B	312	16	25.28	14.87	1 1/4" 160 psi
3.B	4.B	325	29	29.32	19.42	1 1/4" 160 psi
4.B	5.B	304	30	30.68	19.42	1 1/4" 160 psi
5.B	6.B	301	19	43.29	27.11	1 1/4" 160 psi
2.B	7.B	129	11	35.78	5.20	1 1/2" 160 psi
7.B	8.B	120	57	49.52	5.83	1 1/2" 160 psi
8.B	9.B	131	11	9.33	21.26	1 1/2" 160 psi
9.B	10.B	119	3	16.57	41.18	1 1/2" 160 psi
10.B	11.B	89	10	9.00	100.00	1 1/2" 160 psi
11.B	12.B	89	10	8.00	100.00	1 1/2" 160 psi
12.B	13.B	89	10	9.00	100.00	paso aereo tubería hg 1 1/2"
13.B	14.B	89	10	8.00	100.00	1 1/2" 160 psi
14.B	15.B	89	10	8.00	50.00	1 1/2" 160 psi
15.B	16.B	71	15	20.00	100.00	1 1/4" 160 psi
16.B	17.B	71	15	20.00	100.00	1 1/4" 160 psi
17.B	18.B	71	15	20.00	100.00	1 1/4" 160 psi
18.B	19.B	71	15	20.00	100.00	1 1/4" 160 psi
19.B	20.B	71	15	20.00	100.00	1 1/4" 160 psi

TABLA DE REFERENCIA ALDEA EL COHETERO						
E	P.O.	AZIMUT			D.H. (m)	Diametro de tubería pvc φ"
		°	'	"		
1.1	2.1	298	27	30.92	33.34	1 1/2" 160 psi
2.1	3.1	315	28	29.93	38.81	1 1/2" 160 psi
3.1	4.1	313	41	28.24	37.71	1 1/2" 160 psi
4.1	5.1	300	55	38.88	33.87	1 1/2" 160 psi
5.1	6.1	0	0	0.00	41.00	1 1/2" 160 psi
6.1	7.1	31	57	44.90	39.00	1 1/2" 160 psi
7.1	8.1	39	28	24.13	38.06	1 1/2" 160 psi
8.1	9.1	31	30	42.38	38.00	1 1/2" 160 psi
9.1	10.1	344	30	45.36	49.73	1 1/2" 160 psi
10.1	11.1	333	37	49.98	51.00	1 1/4" 160 psi
11.1	12.1	304	19	33.88	51.70	1 1/4" 160 psi

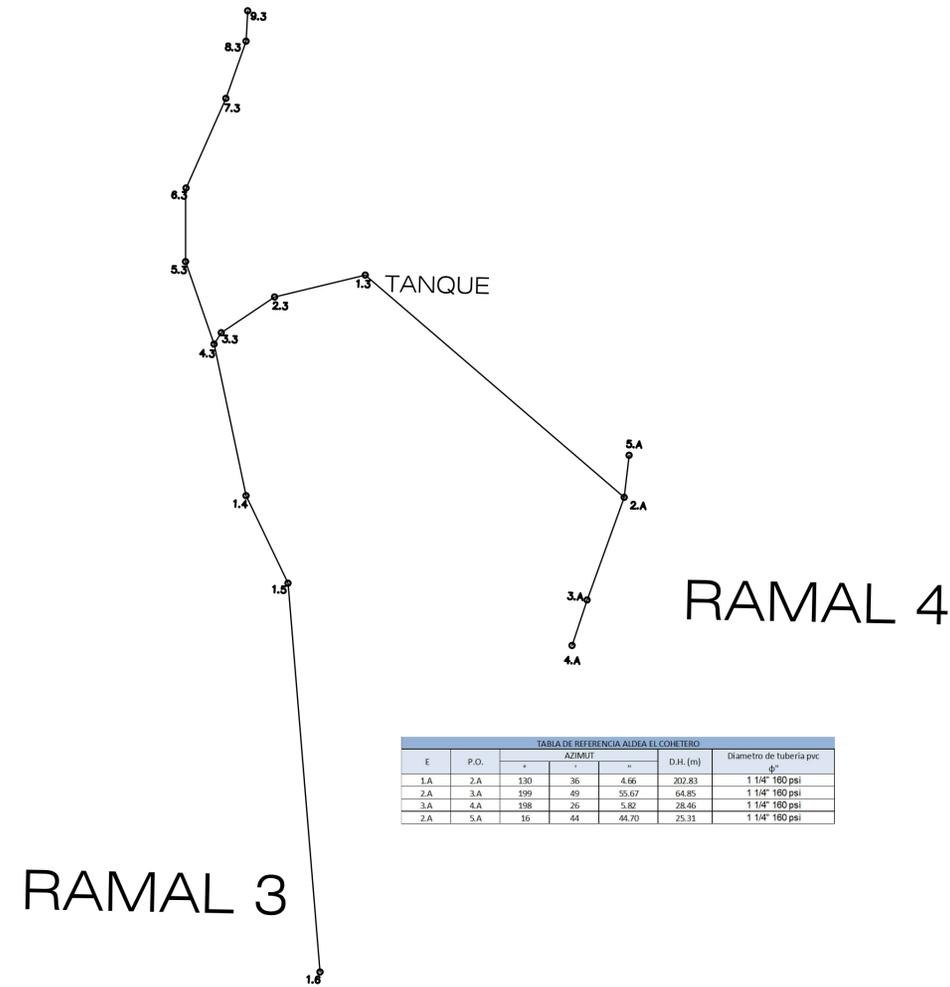


TABLA DE REFERENCIA ALDEA EL COHETERO						
E	P.O.	AZIMUT			D.H. (m)	Diametro de tubería pvc φ"
		°	'	"		
1.A	2.A	130	36	4.66	202.83	1 1/4" 160 psi
2.A	3.A	199	49	55.67	64.85	1 1/4" 160 psi
3.A	4.A	198	26	5.82	28.46	1 1/4" 160 psi
2.A	5.A	16	44	44.70	25.31	1 1/4" 160 psi

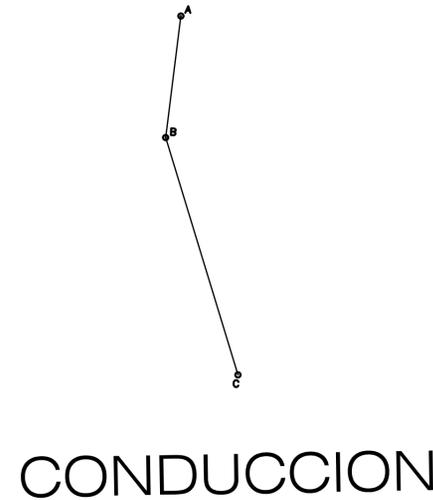
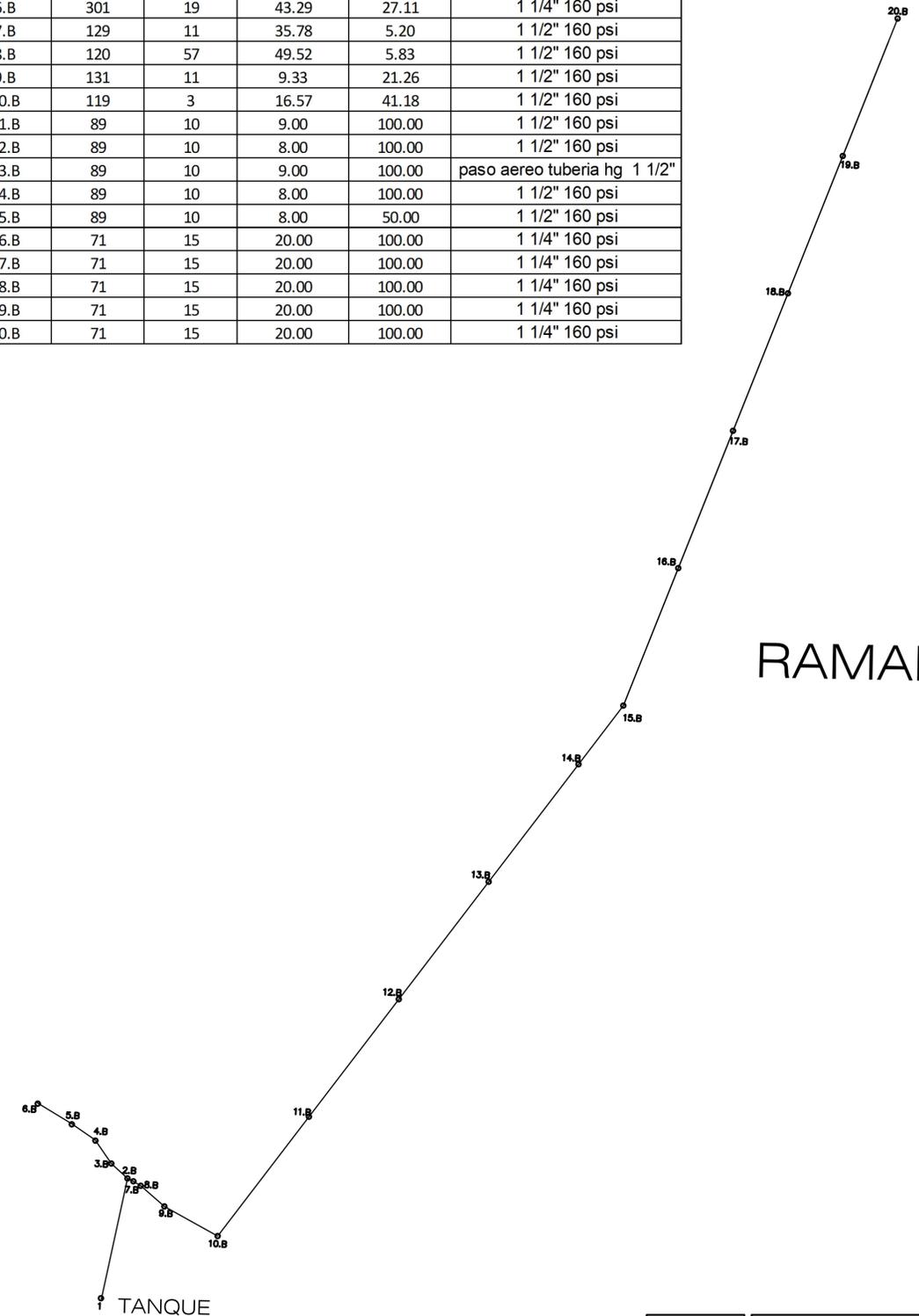
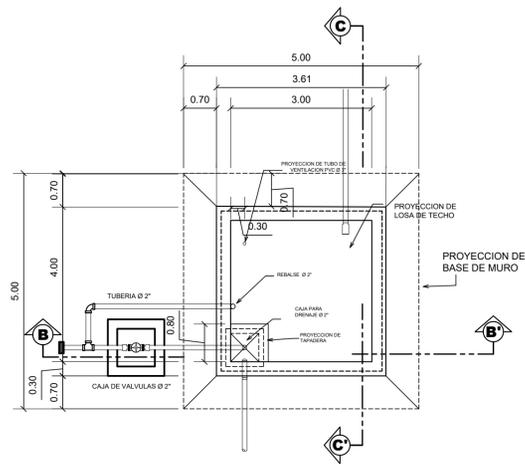


TABLA DE REFERENCIA ALDEA EL COHETERO						
E	P.O.	AZIMUT			D.H. (m)	Diametro de tubería pvc φ"
		°	'	"		
A	B	187	7	30.06	73.50	1 1/2" 250 psi
B	C	183	7	24.95	150.00	1 1/2" 250 psi



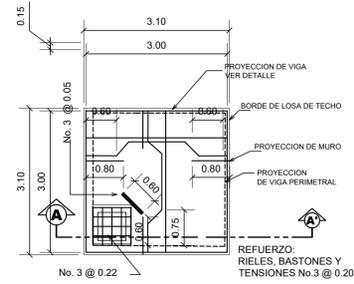
RAMAL 5

	MUNICIPALIDAD DEL MUNICIPIO DE JUTIAPA DEPARTAMENTO DE JUTIAPA	
	PROYECTO: CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE CASERIO EL COHETERO, CANTON SAN JOSE BUENA VISTA, JUTIAPA, JUTIAPA.	
DISEÑO: J.M.O.C. CALCULO: J.M.O.C. DIBUJO: J.M.O.C. ESCALA: INDICADA FECHA: DICIEMBRE 2017	CONTENIDO: RAMALES  Vo.Bo. _____ INGENIERO COLEGIADO ACTIVO	
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">             3 4           </div>



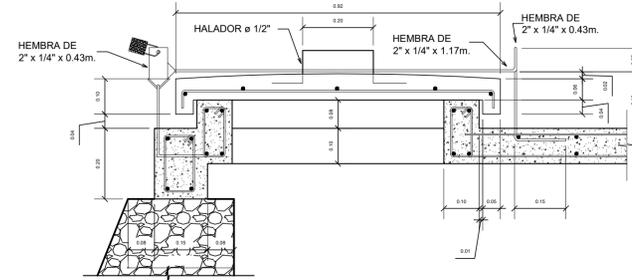
PLANTA DE TANQUE DE DISTRIBUCIÓN DE 19 M3

ESC. 1/75



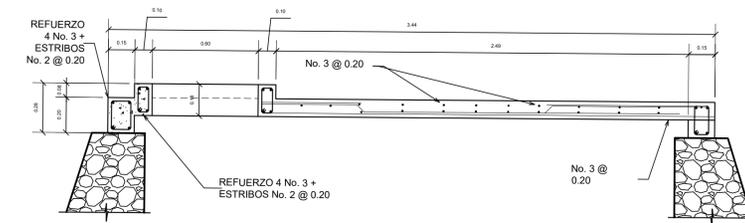
PLANTA DE ARMADO DE LOSA DE TANQUE

ESC. 1/75



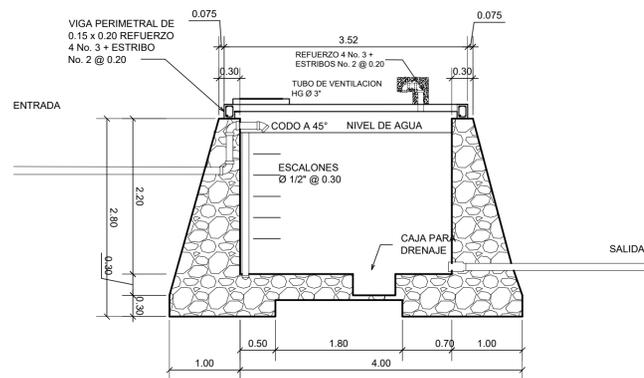
DETALLE DE TAPADERA

ESC. 1/10



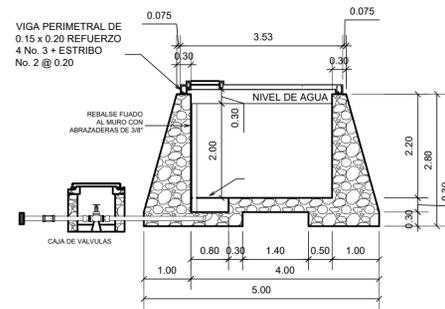
SECCIÓN A-A'

ESC. 1/40



SECCIÓN C-C' DE TANQUE

ESC. 1/75

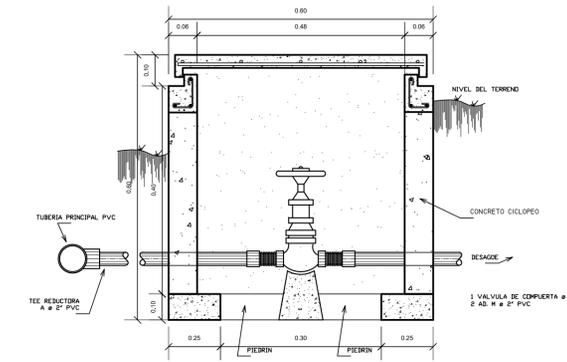


SECCIÓN B-B' DE TANQUE

ESC. 1/50

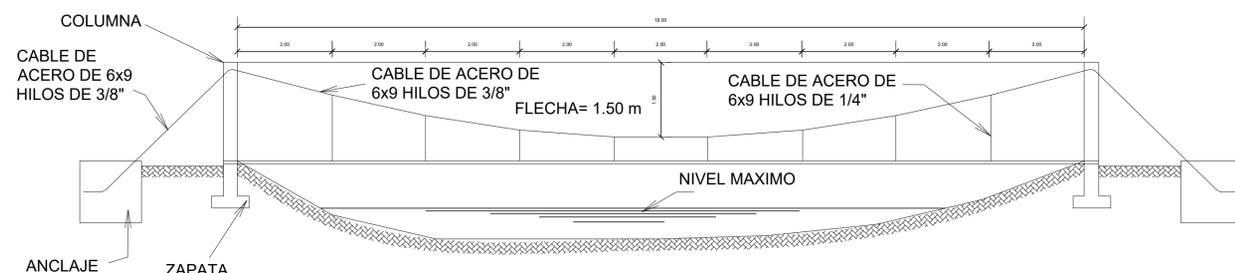
NOTAS:

- EL CONCRETO CICLOPEO SE HARA DE LA SIGUIENTE MANERA:  
1/3 DE PIEDRA Y 2/3 DE CONCRETO POBRE
- ACABADO INTERIOR: ALISADO CON PASTA DE CEMENTO.
- ACABADO EXTERIOR CON SABIETA.
- EN LAS TAPADERAS SE DEJARA UN DESNIVEL NECESARIO PARA DRENAR EL AGUA DE LLUVIA.
- EL TERRENO BAJO LA LOSA DEL PISO DEBERA SER PERFECTAMENTE APISONADO.



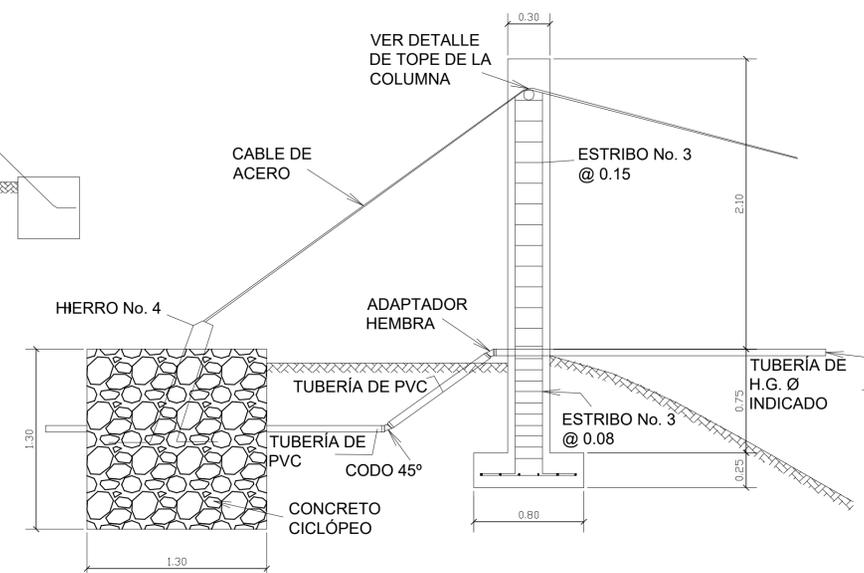
DETALLE PARA CAJA DE LLAVES

ESCALA 1/25



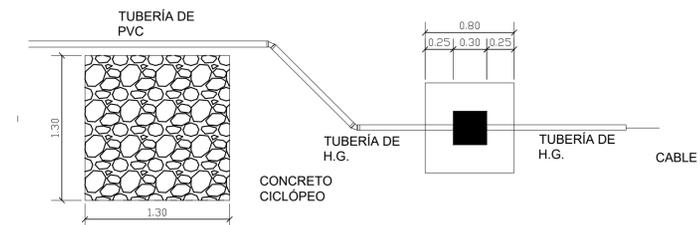
CROQUIS DE PASO AÉREO

ESC. 1/75



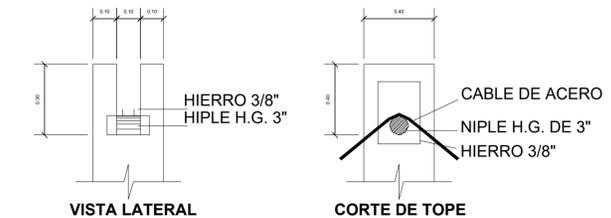
ELEVACIÓN DE ANCLAJE PARA PASO AÉREO

ESC. 1/25



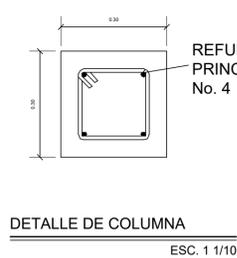
PLANTA DE ANCLAJE PARA PASO AÉREO

SIN ESCALA



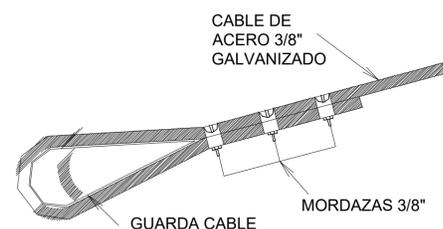
DETALLE DE TOPE DE LA TORRE

SIN ESCALA



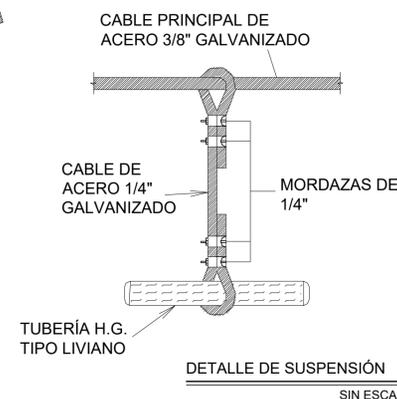
DETALLE DE COLUMNA

ESC. 1 1/10



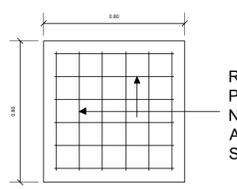
DETALLE DE ANCLAJE DEL CABLE

SIN ESCALA



DETALLE DE SUSPENSIÓN

SIN ESCALA



DETALLE DE ZAPATA

ESC. 1 1/20

PASO AÉREO

CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE CASERIO EL COHETERO, CANTON SAN JOSE BUENA VISTA, JUTIAPA, JUTIAPA.

		MUNICIPALIDAD DEL MUNICIPIO DE JUTIAPA DEPARTAMENTO DE JUTIAPA	
DISEÑO: J.M.O.C.		PROYECTO: CONSTRUCCIÓN SISTEMA DE AGUA POTABLE CASERIO EL COHETERO, CANTON SAN JOSE BUENA VISTA, JUTIAPA, JUTIAPA.	
CALCULO: J.M.O.C.		CONTENIDO: TANQUE DE DISTRIBUCIÓN Y PASO AEREO	
DIBUJO: J.M.O.C.		Vo.Bo.	
ESCALA: INDICADA		INGENIERO COLEGIADO ACTIVO	
FECHA: DICIEMBRE 2017		4 / 4	