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

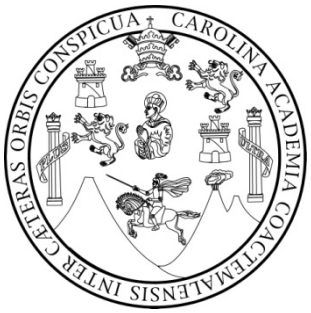
DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO, PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ

Medrano Mario López Ramírez

Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, mayo de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO, PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

MEDRANO MARIO LÒPEZ RAMÍREZ
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, MAYO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V:	Br. Isaac Sultán Mejìa
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Oswaldo Romeo Escobar
EXAMINADOR	Ing. Alejandro Castañon López
EXAMINADOR	Ing. Fernando Amílcar Boyton Velásquez
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ,

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, en el mes de febrero 2009.

Medrano Mario López Ramírez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala 5 de mayo de 2009.
Ref.EPS.DOC.678.05.09.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor–Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Medrano Mario López Ramírez** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **200018237,** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ".**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Juan Merck Cos
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Civil

c.c. Archivo
JMC/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 5 de mayo de 2009.
Ref.EPS.D.267.05.09

Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Samuels Milson.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Medrano Mario López Ramírez,** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el **Ing. Juan Merck Cos.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

NISZ/ra

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala,
8 de mayo de 2009

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Samuels.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ,** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Medrano Mario López Ramírez, quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

ESCUELA INGENIERIA CIVIL

FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO
DE
HIDRAULICA
USAC

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

/bbdeb.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Medrano Mario López Ramírez, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO, PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÉQUEZ, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
DIRECTOR
FACULTAD DE INGENIERIA

Mgter. Ing. Sydney Alexander Samuels Milson

Guatemala, mayo 2009.

/bbdeb.

Universidad de San Carlos
De Guatemala

Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.152.09

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR BOMBEO, PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPÈQUEZ,** presentado por el estudiante universitario **Medrano Mario López Ramírez,** autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, mayo de 2009

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Por ser mí guía, amigo y luz, durante los momentos de dificultad y éxitos, por la bendición de la vida y la oportunidad de estar aquí.
JESÙS	Mi mejor amigo, por estar siempre a mi lado, a pesar de los momentos de duda y separación, tu has sido fiel en el camino por este mundo, Gracias mi Señor.
MI PADRE	Edgar López Morales, por su amor, por su dedicación y paciencia, por darnos siempre lo mejor, por los sacrificios de toda una vida, Papá este triunfo es también tuyo.
MI MADRE	Toribia Ramírez López, con todo mi amor y admiración por sus grandes sacrificios y esfuerzos, porque sin ellos no seria este logro.
MIS HERMANOS	Evelyn, Rodolfo, Jorge, Mynor, Emiliano, Luís, Julia, Karina y Vanesa con todo mi cariño por su apoyo

MI ESPOSA	Cecilia Estrada Vargas de López Por su amor incondicional y su apoyo inquebrantable
MIS TÍOS	Julia, Mario y Francisca por su apoyo y cariño
MIS ABUELOS	Eufemio Ramírez Ramos (q.e.p.d.) Sinforosa Fúnez (q.e.p.d.) Tomas López (q.e.p.d.) Trinidad Morales (q.e.p.d.)
MIS PRIMOS	Marco, Víctor, Mario
MIS SOBRINOS	Marianita, Milena
MIS SUEGROS	Arnoldo y Sonia, por sus oraciones y cariño brindado.
MI FAMILIA EN GENERAL	Por todo el cariño que me han brindado
LA FAMILIA	Estrada, Orantes Por hacerme parte de ustedes
MIS AMIGOS	Marlon, Walter, Jorge, Antonio, Edwin, Álvaro, Luis, Randy, Vitalino, Antonio, Edwin y Melvin (q.e.p.d.), por su amistad apoyo y cariño

AGRADECIMIENTOS A:

ING. JUAN MERCK COS Por el apoyo técnico y moral brindado, por su valiosa asesoría, paciencia, tiempo dedicado en la revisión de este trabajo y sabios consejos.

ING. ERICK TZICAP Por su amistad y apoyo técnico durante el proceso de este trabajo.

ING. OSWALDO ESCOBAR Por su amistad y apoyo técnico durante el proceso de este trabajo.

SANDINO REYES Por su apoyo técnico durante el proceso de este trabajo.

MIS CATEDRÁTICOS Por compartir sus conocimientos, experiencias durante toda mi carrera.

LA FACULTAD DE INGENIERÍA Por ser fuente de saber y aporte de conocimiento académico.

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS Por darme la oportunidad de formarme en sus aulas.

A MI PATRIA GUATEMALA Por ser una tierra bendecida por DIOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES **V**
LISTA DE SÍMBOLOS **VII**
LISTA DE ABREVIATURAS **IX**
GLOSARIO **XI**
RESUMEN **XIII**
OBJETIVOS **XV**
INTRODUCCIÒN **XVII**

1 FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1. Monografía de la aldea Tahuexco

1.1.1. Ubicación. 1
1.1.2. Localización 2
1.1.3. Extensión territorial 2
1.1.4. Vías de comunicación 2
1.1.5. Clima 2
1.1.6. Topografía 3
1.1.7. Organización comunitaria 3
1.1.8. Idioma 3
1.1.9. Aspectos de vivienda 4

1.1.10. Servicios básicos

1.1.10.1. Medios de abastecimiento de agua 5
1.1.10.2. Energía eléctrica 5
1.1.10.3. Servicios públicos con que cuenta 5
1.1.10.4. Problemas y necesidades de la comunidad 6

1,2 Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Tahuexco.

1.2.1. Descripción de las necesidades 6
1.2.2. Evaluación y priorización de las necesidades 7

FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2,1 Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable. 9

	2.1.1.	Descripción del proyecto.	9
	2.1.2.	Aforos, dotación y típo de servicio	10
	2.1.3.	Periodo de diseño.	11
	2.1.4.	Tasa de crecimiento poblacional, población futura.	11
2.1.5.		**Factores de consumo y caudales**	**13**
	2.1.5.1	Caudal medio diario	14
	2.1.5.2	Caudal de día máximo	15
	2.1.5.3	Caudal de bombeo	15
	2.1.5.4	Caudal de hora máxima	16
2.1.6.	**Calidad del agua y sus normas**		17
	2.1.6.1	Análisis bacteriológico	20
	2.1.6.2	Análisis fisicoquímico	21
2.1.7.	**Fórmulas, coeficientes y diámetros de tuberías**		**21**
2.1.8.	**Presiones y velocidades**		**23**
2.1.9.	**Levantamiento topográfico**		
	2.1.9.1	Planimetría	24
	2.1.9.2.	Altimetría	24
2.1.10.	**Diseño hidráulico del sistema**		**25**
	2.1.10.1.	Captación	25
	2.1.10.2.	Línea de impulsión	25
	2.1.10.2.1	Determinación del diámetro económico	27
	2.1.10.2.2.	Verificación del golpe de ariete	28
	2.1.10.2.3.	Potencia del equipo de bombeo	31
	2.1.10.3.	Especificaciones del equipo de bombeo	32
	2.1.10.4.	Red de distribución	34
	2.1.10.4.1.	Red por circuito cerrado	35
	2.1.10.4.2.	Red por ramales abiertos	35
	2.1.10.5	Tanque de almacenamiento elevado metálico	36
	2.1.10.5.1	Cubierta del tanque	38
	2.1.10.5.2	Fondo del tanque	38
	2.1.10.5.3	Cuerpo del tanque	38
	2.1.10.5.3.1	Diseño de las paredes del tanque	39
	2.1.10.5.4	Torre de soporte	40

	2.1.10.5.4.1.	Diseño de columnas	42
	2.1.10.5.4.2.	Diseño de tensores	44
	2.1.10.5.4.3.	Diseño de pieza horizontal	45
	2.1.10.5.5	Diseño de cimentacion del tanque	47
2.1.10.6.	Sistema de desinfección		54
	2.1.11.	Propuesta de tarifa	56
	2.1.12.	Elaboración de planos	59
	2.1.13.	Elaboración de presupuesto	59
	2.1.14.	Evaluación socio-económico	61
	2.1.14.1.	Valor presente neto	61
	2.1.14.2.	Tasa interna de retorno	62
	2.1.15	Evaluación de impacto ambiental	62

CONCLUSIONES 67
RECOMENDACIONES 69
BIBLIOGRAFÍA 71
APÉNDICES 73
ANEXOS 91

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Ubicación de la aldea Tahuexco 1
2. Plano de localización 100

TABLAS

I. Materiales de cubierta de techo 4
II. Material de piso 4
III Materiales empleados en el levantamiento de muros 5
IV. Necesidades básicas de la aldea Tahuexco 7
V. Priorización de las necesidades 7
VI. Estimación de la población para 11 y 22 años 13
VII. Cálculo espesor de la zapata por flexión 52
VIII. Cálculo espesor de la zapata por punzonamiento 52
IX. Resumen de presupuesto 60
X. Parámetros de diseño agua potable 74
XI. Cálculo hidráulico 75
XII Diámetros internos de tubería PVC para diseño de acueductos 92
XIII Módulo de elasticidad de materiales de construcción de tubería 92
XIV Variación de la presión atmosférica respecto de la altitud 93
XV Variación de la presión de vapor del agua respecto de la temperatura ……93
XVI Esfuerzos unitarios de tracción 94
XVII Esfuerzos unitarios de compresión 94
XVIII Esfuerzos unitarios de corte 95
XIX Diseño de soldaduras 95
XX Pérdidas por fricción en accesorios, convertidas a metros en tubería de PVC …….. 99

LISTA DE SÍMBOLOS

Q	Caudal
Cm^2	Centímetros cuadrados
Ø	Diámetro
/	División
e	Eficiencia de la bomba
e	Error en metros (planimetría)
e	Error en minutos (altimetría)
E	Espesor de la pared de la tubería
°	Grados
°C	Grados centígrados
=	Igual
±	Más o menos
m^3	Metros cúbicos
K	Módulo de elasticidad
x	Multiplicación
‘	Minutos
“	Segundos
+	Suma
r	Tasa de incremento
√	Raíz
-	Resta
%	Porcentaje
“	Pulgadas
a	Velocidad de onda

LISTA DE ABREVIATURAS

Símbolo	Significado
PVC.	Cloruro de polivinilo
P.S.I.	Libras por pulgada cuadrada
g	Aceleración de la gravedad
Br	Bronce
Hp	Caballos de fuerza
Qb	Caudal de bombeo
Qm.	Caudal medio
QMD	Caudal máximo diario
QMH	Caudal máximo horario
D.H.	Distancia horizontal
Pn	Población futura en un tiempo (t_n)
i	Tasa de crecimiento en la población
L/s	Litros por segundo
Hf	Pérdidas por fricción en la tubería
Hs	Pérdidas menores en la tubería
C	Coeficiente de fricción
m.c.a.	Metro columna de agua
$V^2/2g$	Carga de velocidad, en metros
L/Hab./día	Litros por habitante al día
AT	Área total
Vs	Capacidad soporte del suelo
Es	Módulo de elasticidad del acero
Mcm	Momento de carga muerta
Mcv	Momento de carga viva
Mu	Momento último
W	Peso

As	Área de acero
ASTEC	Área de acero por temperatura
Asmín	Área de acero mínimo
DGC	Dirección General de Caminos
Pmín	Porcentaje de acero mínimo
Pmáx	Porcentaje de acero máximo
Smáx	Espaciamiento máximo de estribos
fy	Esfuerzo de fluencia del acero
As	Área de acero
ACI	Asociación Americana del Concreto
ASTM	Asociación Americana para las Pruebas de los Materiales
K	Constante que depende de la velocidad de diseño
C. P. F.	Cota piezométrica final
d	Distancia entre secciones transversales
1+980	Ejemplo de caminamiento
E y/o EST.	Estación
H. G.	Hierro galvanizado
Kg.	Kilogramo
LB	Libra
No.	Número
P	Pendiente
HF	Pérdida de carga sufrida en la tubería (M. C. A.)
P. D.	Presión
P. E.	Presión estática
PF	Población al final del período de diseño
P. O.	Punto observado
Vol.	Volumen del tanque de distribución de agua

GLOSARIO

Aforo: Procedimiento que consiste en medir la cantidad de agua que lleva una caudal en una unidad de tiempo.

Almacenamiento Reserva de agua, con el objeto de no suspender el servicio en caso de desperfectos en la captación o en la conducción.

Altimetría Procedimiento de topografía para medir la diferencia de altura en un terreno, a partir de un punto de referencia o banco de altura.

Anclaje Bloque de concreto que sujeta la tubería.

Caída de voltaje Pérdida de voltaje por la resistencia del conductor.

Caudal En acueductos, es la cantidad de agua que tiene una fuente por unidad de tiempo.

Caudal de bombeo Volumen de agua por unidad de tiempo que se eleva en el equipo de bombeo al aplicarle la energía mecánica necesaria para conseguir el gradiente hidráulico requerido por las condiciones de diseño.

Caudal de día máximo Se refiere a la variación oscilante entre 1.2 y 2.0 que experimenta el caudal durante un día con respecto al caudal promedio y que se utiliza para el diseño de la línea de conducción.

Caudal de hora máximo Se refiere a la variaciones entre 2.0 y 3.0 que experimenta un consumo en una hora dada en relación con los consumos medios y que se emplea para el diseño de la red de distribución.

Caudal medio Es la cantidad de agua requerida para cubrir la demanda poblacional.

Censo	Conteo de población, vivienda, servicios y sus características.
Cronograma	Gráfica que describe la actividad, estableciendo cuándo, y el periodo de la misma.
Cuantificación	Cálculo de materiales requeridos para la construcción de un proyecto.
Dotación	Cantidad de agua requerida por una persona para satisfacer sus necesidades básicas en un día, como preparación de alimentos, higiene personal, lavado de ropa, etc.
Eficiencia	Rendimiento de una máquina que afecta la potencia nominal debido a las pérdidas de energía a través de los diferentes componentes de un proceso.
Factor gasto	Es el consumo unitario de agua por vivienda en litros por segundo.
Línea de conducción	Tubería que va del nacimiento hasta el tanque de distribución.
Período de diseño	Tiempo teórico en el cual funcionará el sistema de agua potable, en óptimas condiciones.
Planimetría	Procedimiento de topografía para localizar puntos a través de ángulos y distancias en una superficie plana relativa en un terreno, a partir de un punto de salida E-0.
Pozo mecánico	Perforación realizada por medios mecánicos, con capacidad de extraer agua de mantos freáticos.
Priorizar	Ordenar con respecto a la importancia de actividades, tomando en cuenta las necesidades y recursos disponibles.

Red de distribución	Sistema de distribución de agua potable, con capacidad de suministrar en todo tiempo la cantidad suficiente de agua a cada punto de consumo.
Tanque elevado	Obra de arte, que se encuentra elevada a partir del suelo, con la finalidad de ganar altura de almacenamiento y suministrar agua a la red de distribución.
Tipología constructiva	Características similares de la construcción de vivienda.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación contiene las actividades realizadas durante el desarrollo del Ejercicio Profesional Supervisado, en la aldea Tahuexco, municipio de Mazatenango, Suchitepéquez.

En la primera parte se presenta la monografía y un diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Tahuexco, en la cual se determinó que la necesidad prioritaria estaba orientada hacia el área de servicios básicos (agua potable).

En la segunda parte se desarrolla el proyecto de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, el cual tiene una longitud total de 10,845.09 metros lineales de tubería, de línea de conducción y red de distribución, la aldea cuenta con un pozo perforado en la estación E-0 con un caudal de 25.86 (Litros/seg.), que vendrá a beneficiar a un total de un mil seiscientos ochenta y siete (1687) habitantes. El tipo de servicio será predial, el tanque de distribución es 66.24 m3, la tubería es de PVC con diámetros de 5, 4, 3, 2 ½, 2, 1 ½, 1. pulgadas y tubería HG con diámetro de 6", para la línea de conducción e impulsión, la bomba es de 50 Hp.

OBJETIVOS

GENERAL

- Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Tahuexco, municipio de Mazatenango, departamento de Suchitepéquez

.

ESPECÍFICOS

1. Realizar una investigación de tipo monográfica y un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Tahuexco, municipio de Mazatenango, departamento de Suchitepéquez.

2. Capacitar a los miembros del comité Pro-Mejoramiento de la aldea Tahuexco, en lo referente a la operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua potable.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de graduación se llevó a cabo como una proyección de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a través de la Unidad del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Ingeniería, hacia la comunidad rural del país que tanto necesita de la asistencia técnica y financiera para resolver sus problemas de servicios básicos.

Es grande la demanda para solucionar los problemas de salubridad de Guatemala, son alarmantes las cifras de comunidades que no tienen un sistema de abastecimiento de agua potable que llene los estándares mínimos de potabilidad.

El presente trabajo contiene el desarrollo del diseño del proyecto de abastecimiento de agua potable para la aldea Tahuexco, del municipio de Mazatenango, departamento de Suchitepéquez.

El primer capítulo presenta información histórica de la formación de la comunidad, localización, vías de acceso, clima, hidrología, topografía, demografía, tipología constructiva de la vivienda, organización y servicios, así como un diagnóstico sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura a través del cual se determinó la necesidad prioritaria está orientado a servicios básicos, como es el agua potable.

En segundo capítulo se describe el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, el cual está conformado por los siguientes aspectos: la fuente es un pozo mecánico, se diseñó por ramales abiertos debido a lo disperso de las viviendas, no es una aldea bien definida, el tanque es elevado metálico y las conexiones domiciliares tipo predial.

Al final se presentan las conclusiones, recomendaciones, planos y presupuesto del proyecto.

1 FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1 Monografía de la aldea Tahuexco

1.1.1 Ubicación

Tahuexco, se encuentra en jurisdicción del municipio de Mazatenango, departamento de Suchitepéquez.

Altura 2 msnm.

Latitud 14°05'40"

Longitud 91°37'12"

Figura 1. Ubicación de la aldea Tahuexco

1.1.2 Localización

Tahuexco, se encuentra localizado al Sur – Occidente del departamento de Suchitepéquez, a una distancia aproximada de 100 m. del mar, con las siguientes colindancias: Al Norte aldea Las Delicias, Este aldea Chicago, Oeste aldea Churirin y al Sur con el Océano Pacífico.

1.1.3 Extensión territorial

El municipio de **Mazatenango** tiene una extensión territorial de 356 kilómetros cuadrados, la altura en relación al nivel del mar es de 371 m, su temperatura promedio de 27 grados centígrados siendo y el clima cálido. Las principales actividades económicas son: agricultura, pecuaria y los servicios financieros. Los principales cultivos agrícolas son la caña de azúcar, hule, café, maíz, ajonjolí y tabaco, en la parte baja se cuenta con salinas que elaboran sal de magnifica calidad siendo las principales: Acapulco, Altamira, Dicha, Flor, Las Delicias, Las Marías.

Tahuexco, tiene una extensión territorial de 75.4 kilómetros cuadrados. Las principales actividades económicas son pesca, salinas, turismo en la playa y siembra del tabaco.

1.1.4 Vías de comunicación

Tahuexco: El estero de Tahuexco es hábitat de aves migratorias. En él se encuentra una laguna natural de gran tamaño. Dista 212 kilómetros de la Ciudad Capital, por la carretera CA-2. Para acceder a este destino debe llegar al municipio de Cuyotenango y bajar por la ruta hacia La Máquina y de alli a Tahuexco.

1.1.5 Clima

Esta zona se clasifica como zona de vida bosque húmedo subtropical (cálido según datos proporcionados por el INSIVUHME, de la estacion Retalhuleu). Por la poca altura sobre el nivel del mar, 2 msnm y la proximidad de la playa, con una temperatura promedio de 30º C, siendo la temperatura máxima de 35º C y la temperatura mínima de 25ºC. La precipitación pluvial media anual es de 1,300 mm. Con una distribución de lluvia de mayo a octubre. Los meses más secos son de enero a marzo. Cuenta con humedad relativa del 80%, siendo variable este dato por fuertes sequías que han padecido últimamente.

1.1.6 Topografía

La superficie es relativamente plana, con un rango entre 1 a 1.5 % de pendiente. Las características de los estratos del suelo son aluviones cuaternarios y pertenece a la división fisiocracia de suelo del Litoral del Pacífico, con buenas características de textura granular, permeabilidad óptica, retención de humedad y drenaje, apto para todos los cultivos de la región.

Son suelos profundos, francos y susceptibles a ser mecanizados con aceptable fertilidad natural.

1.1.7 Organización comunitaria

La aldea Tahuexco, se encuentra organizada de la siguiente manera:

1) Asamblea General
2) Junta Directiva.
3) Junta de Vigilancia.
4) Comité Pro – Mejoramiento
5) Comisiones Específicas.

1.1.8 Idioma

Los pobladores hablan el español, abandonando la lengua materna, porque la aldea se encuentra integrado, por familias de diferentes lugares de la República.

1.1.9 Aspecto de vivienda

La tipología constructiva de la vivienda presenta las siguientes características:

Tabla I. Materiales de cubierta de techos

MATERIAL	No.	%
Palma	225	81.23%
Lámina Zinc	44	15.88%
Teja	8	2.89%
TOTAL	277	100.00%

La palma es el material representativo en la construcción de cubiertas de las viviendas, lo cual se debe a que es material local, liviano, térmico y resiste mejor los efectos del ambiente salino.

Material del piso

Tabla II. Materiales usados en el piso

TIPO	No.	%
Cemento	58	20.94
Tierra	167	60.29
Ladrillo	20	7.22
Cemento y tierra	32	11.55
TOTAL	277	100.00

El piso de tierra es el más utilizado, como consecuencia de la pobreza de los habitantes de la comunidad.

Cerramiento vertical

Tabla III. Materiales empleados en levantado de muros

MATERIAL	No.	%
Block	87	31.41
Madera	190	68.59
TOTAL	277	100.00

El material representativo en el levantamiento de muros es la madera, no obstante está siendo sustituida por los muros de block.

1.1.10 Servicios básicos

1.1.10.1 Medio de abastecimiento de agua

La aldea Tahuexco, se abastece de agua por medio de pozos artesanales, excavados a mano, la cual está siendo afectada por la cuña de agua salóbrega (por la cercanía del litoral marino) y por contaminación, debido al radio de influencia de las letrinas.

1.1.10.2 Energía eléctrica

El total de las viviendas en la comunidad posee energía eléctrica.

1.1.10.3 Servicios públicos con que cuenta

La comunidad cuenta con los siguientes servicios básicos:

1) Salón comunitario 2) Escuela primaria con seis aulas

3) Clínica comunal 4) Juzgado auxiliar

5) Iglesia católica 6) Iglesia evangélica

7) Molino de nixtamal 8) Cancha de basquet-Ball

9) Cancha de fut ball 10) Salinas

Ingresos mensuales

El ingreso mensual por familia, oscila entre Q 600.00 a Q 1,200.00, las actividades productivas predominantes entre los vecinos de la aldea son: agricultura, comercio y pesca.

1.1.10.4 Problemas y necesidades de la comunidad

En la aldea Tahuexco, surge la necesidad de cubrir adecuadamente la demanda de agua para consumo humano, debido a que el agua de los pozos excavados a mano se encuentra contaminada.

1.2 Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura de la aldea Tahuexco.

1.2.1 Descripción de las necesidades

Se determinó que la aldea Tahuexco, es pequeña y la lejanía con la cabecera municipal, hace que los servicios públicos no estén del todo a su alcance, por ejemplo, el acceso en tiempo de invierno, las vías son intransitables, dificultando el transporte, tanto de productos como de personas, la necesidad en esta comunidad es el agua, debido a su ubicación, esta situación se agrava sobre todo en el verano. Además de un sistema de alcantarillado que ayude a evacuar las excretas de los habitantes.

Tabla IV. Necesidades de la aldea Tahuexco

No.	Tipo de necesidad	Clasificación
1	Drenajes	Servicios básicos
2	Sistema de abastecimiento de agua potable	Servicios básicos
3	Mejoramiento de la carretera	Infraestructura vial

1.2.2 Evaluación y priorización de las necesidades

Debido a que las necesidades de la aldea son muchas, por medio de encuestas, pláticas con la comunidad e información por parte de los comités pro-mejoramiento, se llegó a la conclusión que se necesitaban priorizar las principales necesidades de la misma. Y se llegó al consenso que dos de las principales eran: agua potable y drenajes.

Aldea Tahuexco

Tabla V. Clasificación de las necesidades

No.	Tipo de necesidad	Priorización
1	Sistema de abastecimiento de agua potable	Primera
2	Drenajes	Segunda
3	Mejoramiento de carretera	Tercera

2 SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1 Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable

2.1.1 Descripción del proyecto.

El proyecto consiste en diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable, que beneficiará un total de 3487 habitantes futuras. El período de diseño para el proyecto es 22 años, el tipo de servicios es predial y se contará con tanque de distribución elevado de 66.24 m3. La red de distribución será por ramales abiertos y la fuente es un pozo mecánico con un caudal de aforo de 25.96 l/s.

Descripción del sistema a utilizar

Con los datos obtenidos del levantamiento topográfico y observaciones de campo, se optó por el diseño de un sistema de ramales, abiertos ya que la aldea no tiene bien definida su urbanización, el sistema constará de 2 ramales principales y varios secundarios,

Contará con un tanque elevado, la fuente es un pozo mecánico.

Fuente

Consiste en un pozo mecánico de 500 pies de profundidad, el diámetro es de 8”, está equipado con su respectivo encamisado, el nivel estático es de 160 pies, el nivel dinámico es de 190 pies, referencia perfil estratigráfico anexo D

Con base a la evaluación realizada del pozo, se pudo constatar que llena los requisitos que demanda un buen servicio, tanto en calidad como cantidad de agua potable, para los habitantes de la aldea Tahuexco.

2.1.2 Aforos, dotación y tipo de servicio

Aforo

El aforo de una fuente de agua es la medición del caudal. Para el diseño de un sistema de agua potable, el aforo es una de las partes más importantes, ya que éste indicará si la fuente de agua es suficiente para abastecer a toda la población. Los aforos se deben de realizar en época seca o de estiaje.

Según datos del pozo, se realizó un aforo el 2 de febrero de 2006 a cargo de la empresa que perforó el pozo, dando un caudal de 25.96 litros/segundo. Es de fácil acceso, ya que se localiza al sur de la Aldea.

Dotación

Es la cantidad de agua necesaria en un día para una persona, se expresa en litros por habitante por día, la cual debe satisfacer las necesidades de consumo de los habitantes para que estos desarrollen sus actividades cotidianas de la mejor forma posible.

La dotación se debe definir, tomando en cuenta las características en donde se encuentra ubicada la comunidad, el clima, costumbres y nivel socioeconómico.

Se pueden tomar como base los siguientes parámetros según UNEPAR:
Llena cántaros 30 - 60 L/hab./día
Servicio mixto llena cántaros y conexiones prediales 60 - 90 L/hab./día
Servicio conexiones prediales 60 -120 L/hab./día
Servicio de conexión domiciliar 90 -170 L/hab./día
Pozo excavado, con bomba de mano, como mínimo 15 L/hab./día

Aplicando parámetros utilizados para zonas cálidas, área rural y conexiones prediales, la Organización Panamericana de la Salud –OPS-,

adopta un rango de 90 a 170 litros/habitante/día, el Fondo de Inversión Social -FIS-, adopta un rango de 90 a 120 litros/habitante/día.

En este caso se adoptó de 125 litros/habitante/día, rango cerca del mínimo por ser un sistema por bombeo, en donde la operación y mantenimiento del sistema será elevado a comparación de un sistema por gravedad.

2.1.3 Período de diseño.

Período de diseño

El período de diseño que se aplica en este proyecto es de 22 años, como un valor óptimo, tanto desde el punto de vista económico, como de la durabilidad de los materiales y equipo utilizado en la construcción del proyecto.

2.1.4 Tasa de crecimiento poblacional, población futura

Métodos estadísticos para estimar la población futura

Los métodos para el cálculo de la proyección poblacional se dividen en analíticos y gráficos. Los métodos estudian el comportamiento de la población, así como de la tasa de crecimiento poblacional por año y el número aproximado de personas que existirán en el futuro, y así saber para qué densidad poblacional se calculará el proyecto, dependiendo del período de diseño. Es indispensable conocer el comportamiento del crecimiento de la población en años pasados. Existen varios métodos para calcular la población futura:

Método de Incremento aritmético

Método de Incremento geométrico

Método por saturación

Método de incremento ponderado a ojo

Método de incremento geométrico

Este método se acopla más a las poblaciones en vías de desarrollo, como es el caso de Guatemala, debido a que crecen a un ritmo geométrico o exponencial. Con este método se obtiene un incremento que se comporta similar al crecimiento real de la población. Se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$P_f = P_a(1 + T_C)^N$$

Tc= 3.5%, según INE

$$Pf = Pa(1 + Tc)^{(n)}$$

Donde:

Pa = Población actual

Pf = Población futura

Tc = Tasa de crecimiento

N = Período de diseño

Para conocer con exactitud el número de habitantes actuales de la aldea Tahuexco, se levantó un censo. Dando como resultado 1636 habitantes y 277 viviendas.

De acuerdo con los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística (INE), se tomó la tasa de crecimiento municipal de Mazatenango del 3.5 %.

$$Pf = Pa(1 + Tc)^{(n)}$$

$$Pf = 1636(1 + 3.5)^{(22)}$$

Pf = 3,487 habitantes

Tabla VI. Estimación de la población para 11 y 22 años

Año	Población	viviendas
2008	1636	277
2019	2472	419
2030	3487	590

2.1.5 Factores de consumo y caudales

Factores de consumo

Son factores de seguridad, se utilizan para garantizar el buen funcionamiento del sistema en cualquier época del año, bajo cualquier condición. Varían de una comunidad a otra en función a las costumbres, condiciones climáticas y económicas propias de cada una.

Factor día máximo (FDM)

Este incremento porcentual se utiliza cuando no se cuenta con datos de consumo máximo diario. En acueductos rurales el FDM puede variar de 1.2 a 1.5, se recomienda utilizarlo de la siguiente forma:

Poblaciones menores de 1000 habitantes un FDM de 1.4 a 1.5

Poblaciones mayores de 1000 habitantes un FDM de 1.2 a 1.3

Factor hora máximo (FHM)

Como el anterior, depende de la población que se esté estudiando y de sus respectivas costumbres. El FHM puede variar de variar de 2 a 5.
Para sistemas rurales se pueden considerar de la manera siguiente:
Poblaciones menores de 1000 habitantes un FHM de 2.4 a 2.5
Poblaciones mayores de 1000 habitantes un FHM de 2.2 a 2.3

Un motivo por el cual se toman factores altos para poblaciones menores, es porque en comunidades pequeñas las actividades son realizadas por lo regular los mismos días y a la misma hora, provocando que la demanda suba, lo que requiere un factor máximo. Para este proyecto se tomaran los siguientes factores, FDM de 1.2 hasta 2.25 y un FHM de 2 a 3, para el área metropolitana un FDM de 2 a 3 y un FHM de 3 a 4.

Caudal de diseño

Los diferentes componentes que integran un sistema de agua potable, como lo son línea de conducción y red de distribución trabajan con diferentes caudales.
Estos caudales están determinados por los factores que son de día máximo y hora máximo.

2.1.5.1Caudal medio (Qm)

Es el caudal promedio requerido por la comunidad en litros/segundo, obtenido de la dotación asignada a cada habitante, y de los consumos que requieran los equipamientos.
Se calcula de la siguiente manera:

Qm = $\frac{\text{Poblacionfutura} * \text{dotacion}}{86400\text{seg/dia}}$ Población futura x dotación / 86400 seg/día

$$Qm = \frac{3487 \text{ habitantes} * 125 \text{ lits/seg}}{86400 \text{ seg/dia}}$$

Qm = 5.05 litros/segundo$_{\frac{\text{Dotacion}}{\#\text{dehabitantes}}}$

Caudal medio para 22 años:

2.1.5.3 Caudal día máximo o de conducción (Qdm)

Es el caudal que será empleado para el diseño de la línea de conducción. El caudal máximo diario es el resultado de la aplicación del factor de día máximo (**Fdm**) y el caudal medio, el cual es de 1.2.

Caudal día máximo para los 22 años:

*Qc = Qm*FDM*

Qc = 5.05*1.2

Qc = 6.06 lts/seg

2.1.5.3 Caudal de bombeo (Qb)

El caudal de bombeo estará determinado por el caudal día máximo, horas de bombeo y por la producción del pozo mecánico. Se propone un tiempo de 10 horas de bombeo, aplicando la fórmula se determinará el caudal de bombeo:

Qb = (Qmd x 24)/t

Qb = (6.06x24 horas)/t

Qb = (6.06x24 horas)/10

QB = 14.54 lts/seg o sea 230.49 GPM

Donde:

t = Tiempo de bombeo, en horas.

Q md = Caudal máximo día, litros por segundo.

Q b = Caudal de bombeo, en litros por segundo.

El caudal de bombeo es menor que el caudal que produce el pozo mecánico, por lo que se considera que el pozo cumplirá con los requerimientos de la población.

2.1.5.4 Caudal hora máxima o de distribución (Q hm)

Es el máximo consumo en una hora que se pueda dar en una comunidad. En comunidades que cuentan con este servicio, se analiza en un período de un año para identificar el máximo en una hora.

En el presente caso en que la comunidad no cuenta con ningún sistema que le suministre el vital líquido se utilizará un **Fhm de 2.2**

*Q hm = Q m * F hm*

Q hm= = 5.05*2.2

Q hm = 11.11 lts/seg

Factor de gasto

Es el consumo de agua potable por vivienda, aplicado para la planificación del sistema de agua, valor aplicado a cada punto de consumo. Teniendo el plano de densidad de vivienda, se puede determinar la cantidad de líquido a consumir.

F de G = Q hm / (número de viviendas)

F de G = 11.11/277

F de G = 0.0401 lts/seg

2.1.6 Calidad del agua y sus normas

La calidad del agua tiene una relación estrecha con las características físicas, químicas y bacteriológicas, por medio de las cuales se puede evaluar si el agua es apta o no para el consumo humano, es decir, que sea potable, libre de concentraciones excesivas de sustancias minerales y orgánicas; libre de tóxicos, que no transmita enfermedades y además que sea agradable a los sentidos.

Para llevar un control adecuado de la calidad del agua, hay que regirse por normas que envuelven especificaciones numéricas y reflejan un amplio espectro de los factores de calidad. Al fijar estas normas se toman en cuenta los posibles efectos en la salud del hombre, factores de posibilidad técnica y el costo de su aplicación, el cual se basa en un análisis de riesgos, beneficios y costos.

Los valores que definen los límites de las concentraciones de las substancias, de los organismos o de las propiedades organolépticas, desarrolladas por grupos de substancias, se denominan patrones, los patrones que definen la calidad del agua para consumo humano son denominados patrones de potabilidad y en Guatemala, los establece la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR).

Estas normas son las siguientes:
COGUANOR NGO 4 010: Sistema Internacional de Medidas (SI)
COGUANOR NGO 29 002: Agua. Determinación de la turbiedad. Método de referencia.
COGUANOR NGO 29 003 h2: Agua. Determinación del potencial de hidrógeno (PH) por el electrodo de cristal (método de referencia).

COGUANOR NGO 29 003 h3: Agua. Determinación de dureza por el procedimiento de titulación con EDTA (etilendiaminotetracétilico) (método de referencia).

COGUANOR NGO 29 002 h5: Agua. Determinación de nitrógeno en nitritos por el procedimiento del ácido sulfanílico (método de referencia).

COGUANOR NGO 29 002 h6: Agua. Determinación de nitrógeno en nitratos (método de referencia).

COGUANOR NGO 29 002 h8: Agua. Determinación de cloruros (método de referencia).

COGUANOR NGO 29 002 h9: Agua. Determinación de fluoruros (método de referencia).

COGUANOR NGO 29 002 h10 Agua. Determinación del hierro total.
Procedimiento de la fenantrolina (método de referencia).

COGUANOR NGO 29 002 h11: Agua. Determinación del cloro residual libre por el procedimiento de la ortotoluidina o el colorimetrito DPD (N-DIETIL-p-FENILENDIAMINA indicador).

COGUANOR NGO 29 003 h12: Agua. Residuos totales, volátil, fijo, filtrable, no filtrable y sedimentable (método de referencia).

COGUANOR NGO 29 002 h14: Agua. Determinación del color (método de referencia).

COGUANOR NGO 29 002 h15: Agua. Determinación de calcio (método de referencia).

COGUANOR NGO 29 001 h16: Agua. Determinación de manganeso (método de referencia).

COGUANOR NGO 29 002 h18: Agua potable. Muestreo para análisis fisicoquímico.

COGUANOR NGO 29 002 h19: Agua potable. Muestreo para examen bacteriológico.

COGUANOR NGO 29 002 h20: Agua potable. Examen bacteriológico.

Investigación del grupo coliforme total por el método de los tubos múltiples de fermentación. (Método de referencia).
COGUANOR NGO 29 002 h21: Agua potable. Examen bacteriológico.
Investigación del grupo coliforme total por el método de las membranas de filtración. (Método de referencia).
COGUANOR NGO 29 002 h22: Agua potable. Examen bacteriológico.
Investigación del grupo coliforme fecal por el método de los tubos múltiples de fermentación. (Método de referencia).

COGUANOR NGO 29 002 h23: Agua potable. Examen bacteriológico.
Investigación del grupo coliforme total por el método de las membranas de filtración. (Método de referencia).
COGUANOR NGO 29 002 h24: Agua potable. Examen bacteriológico.
Recuento total de bacterias a 35° C y a 20° C.
COGUANOR NGO 29 002 h25: Agua potable. Determinación del olor.
COGUANOR NGO 29 002 h26: Agua potable. Determinación de temperatura.
COGUANOR NGO 29 002 h27: Agua potable. Determinación de sulfatos.

DEFINICIONES

Agua potable: es aquella que por sus características de calidad especificadas en esta norma, es adecuada para el consumo humano.

Límite máximo aceptable (LMA):

Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad de agua, arriba de la cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.

Grupo coliforme total:

Comprende todas las bacterias en forma de bacilosaerobios y anaerobios, gram negativos, no esporulados que fermentan las lactosa con producción de ácido y de gas a 35° C. más o menos 0.50° grados C en menos de cuarenta y ocho horas, características curando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación.

Grupo coliforme fecal:

Se define como los bacilos, gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 44° C, más o menos 0.10° C, en menos de veinte y cuatro horas, características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación.

Todas las bacterias que originan colonias obscuras (verde, dorado, con brillo metálico o colonias rosadas con punto oscuro en el centro de la colonia), en un período de veinte y cuatro horas a 35° C, características cuando se investiga por el método de las membranas de filtración.

Recuento total de bacterias:

Es el cómputo del número total de colonias desarrolladas (en la suposición que una bacteria da origen a una colonia) en agar nutritivo incubado a 35° C y 20° C en un período de veinte y cuatro horas.

2.1.6.1 Análisis bacteriológico

Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACION II, según resultado del laboratorio (anexo D). Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, sedimentación, filtración, desinfección). Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua. Para garantizar la

potabilidad se incorporará al sistema una desinfección a cloración, ver inciso h21

Examen bacteriológico

El objetivo principal de este examen del agua es para indicar el grado de contaminación bacteriana y principalmente con materia fecal, para lo cual se busca la presencia del grupo coliforme,

2.1.6.2 Análisis fisicoquímico

Examen físico

Desde el punto de vista de la calidad física, aspecto ligeramente turbia (rechazable). Desde el punto de vista de la calidad química el agua cumple con la norma. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

2.1.7 Fórmulas, coeficientes y diámetros de tubería

Diseño de tubería

Para garantizar que el sistema preste un servicio eficiente y contìnuo durante el período de vida útil, se debe determinar la clase de tubería y los diámetros adecuados, a través del cálculo hidráulico, aplicó como la de Darcy-Weisbach o Hazen & Williams. Para este estudio se ha empleado la segunda mencionada:

$$Hf = \frac{(1743.811 * l * Q^{1.85})}{C^{1.85} * D^{4.87}}$$

$$D = \left[\frac{(1743.811 * L * Q^{1.85})}{C^{1.85} * Hf}\right] \wedge \frac{1}{4.87}$$

Donde:

Hf = Pérdida de carga (m)
Q = Caudal en la tubería (L/s)
L = Longitud de tubería (m)
D = Diámetro (pulgadas)
C = Coeficiente de rugosidad de la tubería

Tipo de tubería

En sistemas de acueductos se utiliza generalmente tubería de cloruro de polivinilo rígido (PVC) y de hierro galvanizado. La tubería PVC es plástica, económica, fácil de transportar y de trabajar, pero es necesario protegerla de la intemperie. La tubería de HG es de acero, recubierta tanto en su interior como en su exterior de zinc, es usada en lugares donde la tubería no se puede enterrar, donde requiera una presión mayor de 175 m.c.a., en pasos de zanjón o aéreos.

Para altas presiones se recomienda utilizar, en cuanto sea posible, tubería PVC de alta presión y HG solo donde el PVC no soportará la presión o donde las características del terreno no permitan su empleo, ya que su costo es considerablemente alto.

Diámetro de tubería

Para el diseño hidráulico, el diámetro de la tubería se calcula de acuerdo al tipo de sistema que se trate, sin embargo, para todo diseño se debe utilizar el diámetro interno de la tubería, no así el diámetro comercial. Se utiliza la tabla VII, anexo A.

Coeficiente de fricción (C)

Cuando se emplea la fórmula de Hazen & Williams en el diseño hidráulico con tubería PVC, se utiliza un coeficiente de fricción de 140 a 160,

recomendándo un C = 140 cuando se duda de la topografía y un C = 150 para levantamientos topográficos de primero y segundo orden. Para tubería de HG C = 100. En el caso de utilizar otras fórmulas se deben utilizar coeficientes de fricción equivalentes a las mismas.

Diseño de la línea de conducción

La línea de conducción es la tubería que inicia de la o las obras de captación hasta el tanque de distribución, mismas que están diseñadas para trabajar a presión, para el diseño fórmulas de Hazen & Williams.

Para la línea de conducción se debe seleccionar la clase y diámetro de tubería que se ajusta a la máxima economía, siempre y cuando la capacidad de la tubería sea suficiente para transportar el caudal de día máximo, si se trata de un sistema por gravedad, o transportar su equivalente en un determinado período de bombeo, si se trata del diseño de tubería de impulsión para un sistema de bombeo. Tanto para el diseño de conducción como cualquier otro tipo de tuberías, es conveniente incrementar la longitud horizontal de la misma, en un porcentaje del 2% al 5%, de acuerdo a la pendiente del terreno.

2.1.8 Presiones y velocidades

La presión estática, se produce cuando todo el líquido existente en la tubería se encuentra en reposo. En la línea de distribución, la máxima presión no debe ser mayor de 60 m.c.a, ya que con mayores presiones fallan los empaques de grifería y válvulas. La presión estática es igual al peso específico del agua. (P ß*H).

La presión dinámica, se produce cuando hay movimiento de agua. La presión estática modifica su valor disminuyéndose, debido a la fricción que causan las paredes de la tubería. La presión dinámica en un punto es la diferencia entre la cota piezomètrica y la cota del terreno. La menor presión

dinámica en las casas debe estar comprendida entre 4 y 15 m.c.a la máxima presión dinámica es de 40 m.c.a.

La velocidad en la línea de conducción se debe mantener entre 0.60 y 3.00 m/s en un sistema por gravedad y entre 0.60 y 2.40 m/s en un sistema por bombeo, sin embargo los fabricantes de tubería recomiendan valores mas bajos por la mínima (0.40 m/s) y más alta para la máxima (5.00 M/s)

2.1.9 Levantamiento topográfico

Es el proceso por el cual se localizan los puntos importantes para la planificación del proyecto de distribución de agua, ubicando puntos de consumo, línea de conducción, red de distribución, pozo mecánico, obstáculos, etc.

Por las condiciones de la topografía de la región, que es plana, y por ser un sistema por bombeo, el levantamiento es de primer orden. El cual consiste en que la planimetría y la altimetría tienen que ser levantadas con aparatos de precisión.

2.1.9.1 Planimetría

El levantamiento se realizó, utilizando el método de conservación de azimut, con vuelta de campana, el equipo utilizado fue, Teodolito, estadia y cinta métrica.

Ver apéndice b 1/9, planta topográfica.

2.1.9.2 Altimetría

El levantamiento de la nivelación se realizó con un nivel de precisión, estadia y plomada, teniendo el mismo recorrido que la planimetría, el método de levantamiento que se aplicó fue de una nivelación compuesta.

2.1.10 Diseño hidráulico del sistema

Para realizar un buen proyecto de acueducto rural, es decir que el proyecto tenga capacidad para prestar un buen servicio, intervienen muchos factores, principalmente de origen socioeconómico, que determinan el aumento de la población, cambio de las necesidades y exigencias que la misma tiene del acueducto, etc.

2.1.10.1 Captación

Es toda estructura realizada con el fin de colectar el agua de las fuentes. Su finalidad básica es asegurar bajo cualquier condición de flujo y durante todo el año, la captación del caudal previsto. El tipo de obra a emplear está en función de las características de la fuente, en este caso se trata de un pozo mecanico.

2.1.10.2 Línea de impulsión

Diseño de tubería de impulsión

La tubería de impulsión se compone de tubería de succión y tubería de descarga, en este caso, por ser un pozo mecánico y bomba sumergible, solo se considera tubería de descarga.

Tubería de descarga

La tubería de descarga es la que se coloca inmediatamente después de la bomba. Generalmente en abastecimiento de agua potable en el área rural, esta tubería descarga el líquido a un tanque de almacenamiento, aunque se podría conectar directamente a la tubería de distribución. La velocidad del caudal requerido en la tubería de descarga debe conducirse con una velocidad mínima de 0.60 m/s y en caso extremo la velocidad máxima puede ser de 2.40 m/s.

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

a) Esta tubería debe colocarse en la ruta más directa posible, desde la bomba hasta el punto de descarga, lo que aminora la resistencia al paso del agua.

b) Cuando se usen vueltas o dobleces, su tipo deben ser de radio grande; lo que mantendrá al mínimo la resistencia al paso del agua.

c) El número de cambios de dirección, válvulas y accesorios deben ser los mínimos necesarios en esta tubería, sin embargo, en lugares bajos deben instalarse válvulas de limpieza y si es requerido en los picos de la línea deberá colocarse válvulas de aire.

d) Cuando se contemple la conexión de más de una bomba a una misma tubería de descarga, se recomienda el uso de accesorios que conduzcan el fluído por la ruta más directa; usando, por ejemplo, yee o codos de mínimo ángulo. En este mismo caso, conforme se vaya sumando caudales, el diámetro

de la tubería debe ser el inmediato superior. El tipo de tubería de descarga está íntimamente ligado a la máxima presión que se presenta en esta, pudiendo ser clasificada según su presión de trabajo en ligera, mediana o de alta presión.

Luego de haberse determinado el caudal de bombeo, se pueden diseñar la tubería de descarga, utilizando la fórmula de Bresse para encontrar una primera aproximación del diámetro, para N < 24 horas.

Carga dinámica total en bombeo vertical

Esta se presenta en dos formas: cuando se utiliza una bomba vertical de turbina o una bomba sumergible; En bombas verticales de turbina se utiliza el término hfc. que representa las pérdidas por fricción en la columna de la bomba, cuyo valor puede ser proporcionado por el fabricante a través de tablas, como se describen a continuación.

a) Para bombas verticales de turbina:

$$CDT_{va} = h_d + hf_d + hf_v + hf_c + h_m$$

b) Para bombas sumergibles:

$$CDT_{vb} = h_d + hf_d + hf_v + hf_m$$

2.1.10.2.1 Determinación del diámetro económico

Luego de determinar el caudal de bombeo, se diseña la tubería de descarga, utilizando la fórmula de Bresse para encontrar una primera aproximación del diámetro, para N < 24 horas.

$Q = bec$

$Ø\ ec = 1.3 \times (\lambda)^{(1/4)} \times (Qb)^{(1/2)}$

Donde:

Øec = Diámetro económico

λ **= N/24**

Qb = Caudal de bombeo en m^3/seg.

N = Número de horas de bombeo

$Ø\ ec = 1.3 \times (10/24)^{(1/4)} \times (18.18)^{(1/2)}$

$Ø\ ec = 4.21\ plg = 5\ plg$

Como este diámetro no existe comercialmente, entonces se procede a verificar la velocidad y la pérdida de carga con los diámetros comerciales inmediato inferior y superior: se calculo con tubería diámetro de 5 pulgadas.

$V = 1.974*Qb/(\varphi ec)^2$

Donde:

V = Velocidad de flujo la tubería en m/s ($0.40 \leq V \leq 2.40$ m/s)

Qb = Caudal de bombeo en Lt/s

Φ **=** diámetro económico en pulgadas

1.974 = Factor de conversión de Lt/plg^2 a m^3/seg.

$V = 1.974*18.18/(5)^2$

$V = 1.43$ m/s

2.1.10.2 Verificación del golpe de ariete (sobre presión)

Para determinar la sobre presión producida por el golpe de ariete, se aplica la fórmula de Lorenzo Allievi, ya que considera las condiciones más

críticas para una súbita disminución de la velocidad del fluido en la tubería, lo que provoca oscilaciones de velocidad y de presión.

Velocidad de propagación: para calcular la velocidad de propagación de la oscilación se puede utilizar la siguiente expresión:

$$Vp = \frac{9{,}900}{\left[48.3 + \left(10^{-10} * \varnothing / ME * e\right)\right]^{1/2}}$$

Donde:

Vp = Velocidad de propagación de oscilación (m/s)

ME = Módulo de elasticidad (kg/m²)

e = Espesor tubería (m)

Ø = Diámetro (m)

* El módulo de elasticidad de la tubería se pude ver en la tabla núm. VIII en el anexo A.

ME = 0.30 x 109 kg/m²

e = 0.00439 m

Ø = 0.0762 m

$$Vp = \frac{9{,}900}{\left[48.3 + \left(10^{-10} * \varnothing / ME * e\right)\right]^{1/2}}$$

Vp= 9900/(48.3+(10^(-10)x0.1524/0.3^9x0.00439)^(1/2)

V= 204.968 m/s

Sobrepresión: la sobrepresión máxima en el extremo de la tubería (hga), puede calcularse con la siguiente ecuación:

$$hga = Vp * V / g$$

Donde:

Vp = Velocidad de propagación de oscilación (m/s)

V = Velocidad en la tubería (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s²)

$$hga = Vp * V/g$$

hga = 204.968x2.04/9.81

hga = 42.62 m.c.a

La presión máxima (PM): que se someterá la tubería de descarga es de:

PM = CDT + NPSH

PM = 10+42.62 = 52.62 m.c.a = 0.5262 Kg/cm²

$$CDT = hfv + hf + hi + hs + ha$$

$$hf_{imp} = \frac{1743.811144 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.84}}$$

Hf imp = 1743.811144x168x4.

Comprobación del golpe de ariete

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

G.A = 145x1.43/(1+(29670x108.28)/(2100000x6.02)^(1/2)

G.A = 191.99 mts

CASO CRÍTICO 226,77+191,99 = 418.76

ESTO INDICA QUE LA TUBERIA HG DE 700 PSI SI SOPORTA EL CASO CRíTICO

Dispositivos de alivio contra el golpe de ariete

Entre los dispositivos para contrarrestar o aliviar el golpe de ariete se tienen:

Válvula de retención

Se usa con el objeto de retener la masa de agua que se encuentra en la tubería, cuando la bomba suspende no elimina el efecto de ese fenómeno, si lo atenúa. El empleo de esta válvula su operación; por lo que evita esfuerzos excesivos en la misma debidos al golpe de ariete, ya que, aunque, en la línea de descarga provoca la súbita variación de velocidad, lo que da lugar al giro inverso de los motores, el fenómeno se presentaría con mayor intensidad en el cuerpo de la bomba y en la tubería de succión; aunque el motor tuviese arranque para evitar el giro inverso, el golpe de ariete se produciría en la bomba con mayor intensidad.

Válvula reguladora accionada por aire

Esta válvula basa su funcionamiento en permitir la entrada rápida y el escape lento del aire; se utiliza únicamente en instalaciones de bombeo, se coloca aguas abajo de la válvula de retención.

La válvula reguladora accionada por aire elimina el efecto de vacío, debido a la característica particular que permite el ingreso rápido de aire a la tubería cuando la onda se aleja; frena la misma con el aire atrapado en el tubo cuando la onda regresa, solo permite sacar el mismo en forma lenta.

2.1.10.2.3 Potencia del equipo de bombeo

La potencia para hacer trabajar una bomba eficientemente depende del caudal de bombeo, de la altura dinámica total y de la eficiencia de la bomba por emplear. La potencia de la bomba se puede determinar a través de la siguiente expresión:

Pot = Qb x CDT/ 76 x ef

Donde:
QB = Caudal de bombeo l/s
CDT = Carga dinámica total, en m.
Ef = Eficiencia bomba + eficiencia motor
76 = Constante para transformar l-m/s a HP

Pot = Qb x CDT/ 76 x ef

Pot =14.54 lts/seg x 165/(76x0.64)
Pot. =48.56 Hp = se recomienda una bomba de 50 Hp

2.1.10.2.4 Especificaciones del equipo de bombeo

El equipo de bombeo a utilizar es una bomba sumergible de 50 hp, model 7T 100-450 de 11 impulsores de bronce con motor sumergible Franckiln de 50HP/460V/3PH 3450 RPM/60HZ

El propósito de cualquier bomba es transformar la energía mecánica o eléctrica, en energía de presión. En obras hidráulicas la mas común es la bomba centrifuga, la cual transforma la energía mecánica o eléctrica en energía cinética que, a la vez, se transforma en energía de presión por medio de las aspas o alabes o un tipo de descarga con divergencia gradual.

La bomba produce siempre un salto brusco en el gradiente hidráulico que corresponde a la carga dinámica total, comunicada al agua por la bomba. La carga dinámica total es siempre mayor que la carga total de elevación, contra la cual trabaja la bomba para vencer todas las perdidas de energía en la tubería. La carga de presión generada por la bomba es llamada carga dinámica total o

carga manométrica e indica siempre la energía dada al agua por la bomba, la cual està dada por la expresión:

$$Hm = (V^2 / 2*g) + hf + hs + hi + ha$$

O bien, hm = carga estática + pérdidas mayores + pédidas menores

De donde:

Hm = carga dinámica total, en mts.

$V^2/2g$ = carga de velocidad, en mts.

V = velocidad media del agua, en mts. /seg.

hf = perdidas por fricción en la tubería, en mts.

hs = perdidas secundarias, en mts.

hi = altura de impulsión, en mts.

ha = altura de aspiración, en mts.

Tableros de control

Cuando se cuenta con motor eléctrico para el abastecimiento de agua en el área rural, la mayoría de veces, el tablero de control consta de dos botones de contacto, uno de ellos conecta el motor con la corriente eléctrica necesaria para su arranque y operación, y el otro rompe el contacto, lo que detiene la marcha del mismo.

Cuando el motor es de combustión interna, generalmente el tablero se sustituye por un control de sistema de arranque y parada. En este caso se propuso un interruptor de seguridad de 3x200 amp./460V. Tipo industrial, un arrancador magnético tripolar de 170 amp./460v, un protector de falla de fase y voltaje

Manómetros

Para medir y controlar las presiones en las que opera la bomba, suelen emplearse manómetros, los cuales pueden ser simples o de Bourdon. Este tipo de manómetros cuentan con un tubo curvado de sección elíptica cuya curvatura varía con la presión interior. El extremo movible del tubo acciona una aguja indicadora por medio de un acoplamiento mecánico, estos manómetros son calibrados para medir presiones mayores de 9 metros columna de agua, son utilizados en la medición de presiones que se presentan tanto en la tubería de descarga como en la tubería de succión.

Válvulas usadas en el sistema de bombeo

Válvula de compuerta

La válvula de compuerta se emplea con el objeto de aislar en un determinado momento algún elemento o sección de la instalación, lo cual permite efectuar una reparación, inspección o mantenimiento. Si la bomba es centrífuga de eje horizontal y la misma está a un nivel más bajo que el nivel de succión, se deberá colocar una válvula de compuerta en el lado de la succión, permitiendo así el desagüe de la unidad en caso necesario o el desmontaje de la bomba sin que se vacíe el tanque de succión. También se evita con esta válvula, el paso del agua por alguna bomba que no esté operando debido a la operación de una segunda, en estos casos la válvula de compuerta va ubicada después de la válvula de retención. En este caso se colocaron dos en los ramales principales.

2.1.10.4 Red de distribución

La red de distribución es un sistema de tuberías unidas entre sí, que conducen el agua desde del tanque de distribución hasta el consumidor, su

función sanitaria es brindar un servicio en forma continua, en cantidad suficiente y desde luego con calidad aceptable, por lo que se debe tratar el agua antes de entrar a la misma.

Para el diseño de la red es necesario considerar los siguientes criterios:

1. El buen funcionamiento del acueducto se debe garantizar para el período de diseño, de acuerdo al máximo consumo horario.

2. La distribución de caudales debe hacerse mediante criterios que estén acordes con el consumo real de la localidad.

3. La red de distribución se debe dotar de accesorios y de obras de arte necesarias, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de acuerdo con normas establecidas y facilitar así su funcionamiento.

4. En cuanto sea posible se debe adoptar un sistema de circuito cerrado, para asegurar un mejor funcionamiento del mismo.

Por la forma y principio hidráulico de diseño, las redes pueden ser:

2.1.10.4.1 Red por circuito cerrado

Es cuando las tuberías están en forma de circuitos cerrados intercomunicados entre sí. Ésta, técnicamente funciona mejor que la red ramificada, ya que elimina los extremos muertos, permitiendo la circulación del agua. En una red en forma de malla, la fórmula de Hazen & Williams define la pérdida de carga, la cual es verificada por el método de Hardy Cross;

considerándose balanceado cuando la corrección del caudal es menor del 1% del caudal que entra.

2.1.10.4.2 Red por ramales abiertos

Es la que se constituye en forma de árbol, se recomienda cuando las casas están dispersas. En este tipo de red los ramales principales se colocan en las rutas de mayor importancia, de tal manera que se alimenten a otros secundarios.

Presiones y velocidades en la red de distribución

Entre los límites recomendables para verificar la presión y velocidad del líquido dentro de las tuberías de distribución, se tiene que la presión hidrostática no debe sobrepasar los 60 m.c.a., en algunas situaciones podrá permitirse una presión máxima de 70 m.c.a., ya que después de alcanzar una presión de 64 m.c.a., se corre el riesgo de que fallen los empaques de los chorros. En cuanto a la presión hidrodinámica en la red de distribución, ésta se debe mantener entre 40 y 10 m.c.a.; aunque en muchas de las regiones de la costa sur, la topografía es plana, por lo que se podría considerar en casos extremos una presión dinámica mínima de 4 m.c.a., partiendo del criterio que en una población rural es difícil que se construyan edificios de altura considerable.

En cuanto a las velocidades en la red, se recomienda mantener como máxima 3 m/s y 0.60 m/s, como mínimo.

$V = 1.974 \sqrt{Q}\, D2$

Donde: Q = Caudal l/s

D = Diámetro en pulgadas

V = Velocidad m/s

2.1.10.5 Tanque de almacenamiento elevado metálico

El tanque de distribución tiene tres funciones básicas: cubrir la demanda de agua en las horas de mayor consumo, regular las presiones de la red de distribución evitando el bombeo directo a la red y atender emergencias.

La altura mínima de un tanque elevado, debe ser aquella que a media capacidad produzca en la red de distribución, la presión mínima recomendable de 10 metros columna de agua, para el caso más desfavorable.

Se necesita que el tanque elevado que se encuentre a una altura de 10 metros sobre el nivel del terreno para que el sistema de agua potable funcione y abastezca a toda la aldea y será construido de estructura metálica.

Los tanques elevados son por lo general de forma cilíndrica, apoyándose al terreno por medio de una torre, la cual descansa a su vez en su cimentación. El cuerpo del tanque está conformado por cubierta, paredes y el fondo del tanque. Generalmente se construye con lámina de ¼ pulga. Además que cuente con las características siguientes:

- Fácil acceso para inspección, hermético.
- Entrada de tubería sobre el nivel máximo de almacenamiento, para evitar que la entrada en un momento dado esté sumergida.
- Salida de tubería 10 cm mínimo sobre el nivel del fondo, para evitar la succión de material pesado depositado en el fondo del tanque.
- Drenaje en el fondo del tanque, para fácil evacuación en los casos de limpieza.
- Accesorios de ventilación con su respectiva protección contra entrada de insectos.

El tanque debe de contar con:

- Agujero de inspección de diámetro 24”
- Dos coplas para entrada y salida de agua
- Escalera exterior con guarda de seguridad.
- Escalera interior tipo marino.
- Respiradero.
- Rebalse.

Volumen del tanque elevado

Los parámetros utilizados para el presente proyecto se basaron en los parámetros con que trabajan la OPS para proyectos de agua rural.

El rango oscila entre 10%, y 60% de consumo medio diario estimado para un sistema por bombeo, al final del período de 22 años. Tahuexco presenta una topografía relativamente plana, el tanque de distribución será elevado y de estructura metálica. Se tomò el 15% del caudal medio diario.

Volumen = *Qm* 86400 x 15%

Volumen = 5.05x86400x15% = 65448 l = 17291.41 Gal

Volumen propuesto = ***17500 Gal = 66.24 m3***

2.1.10.5.1 Cubierta del tanque

Puede diseñarse plana o de forma cónica, su función es cubrir el tanque de la intemperie. En ella se encuentra el acceso al interior del tanque y tiene además un área de ventilación.

Para este caso se diseñó una cubierta cónica, la cual tendrá una altura de 1/5 del diámetro del depósito y un espesor t = 3/16 pulgada.

2.1.10.5.2 Fondo del tanque

El fondo tendrá forma de cono invertido para soportar mayores presiones. La altura del cono se calcula de la siguiente manera, la mitad del diámetro del tanque, que en este caso es de 4 m de diámetro, pudiendo variar este valor

H cono= 4/2= 2m,

De donde se obtiene

$$Vcono = \frac{\pi\ r^2 H}{3} = \frac{\pi\ 2^2 2}{3} = 8.38\ m^3$$

Espesor de ¼ pulgada

2.1.10.5.3 Cuerpo del tanque

Las paredes del cilindro y el fondo soportarán la presión ejercida por el agua. Para este caso se tomó como base un diámetro de 4 metros, determinando la altura del cilindro de la siguiente forma: el volumen de almacenamiento es de 66.24 m³; hay que descontar el volumen que va almacenar el cono del fondo del tanque que es de 8.38 m³, quedando un volumen para el cuerpo del tanque de 57.86 m³.

Vcil =π *hr 2de donde se despeja h*

$$H = \frac{Vcil}{\pi\ r^2}, donde\ r = 2\ y\ Vcil = 57.86\ m^3$$

De donde se obtiene:

H = 4.60 *m*

Tomando h = 5.00 m Para tener espacio de chequeo.

El esfuerzo para el cuerpo del tanque viene dado por la siguiente fórmula:

S = 2.6*h*d÷t □ t = 2.6*h*d/Øs

h = Altura cuerpo

d = Diámetro

t = Espesor

Ø = Factor de eficiencia de soldadura (0.85)

s = Esfuerzo unitario acero (15,000 libra/pie²)

t = (2.6 * 12 * 12.10) ÷ (0.85 * 15000) = 0.0296 “ ≈ 1/32

t = 1/32 + 1/8 (por corrosión) = 0.15625” ≈ 6/32” = 3/16”

Se establece un espesor de ¼ pulgada.

2.1.10.5.3.1 Diseño de paredes del tanque

De acuerdo a las especificaciones American Institute of Steel Construction AISC

(Instituto Americano de Construcción en Acero), el espesor mínimo de las láminas es de t = ¼ ó 3/16 pulgada.

Encontrando las fuerzas actuantes en las paredes del tanque se tiene:

$$T = \frac{(P \times D)}{2} = \frac{W \times H \times D}{2} = \frac{1000\,kg \times 5m \times 4}{2} = 10{,}000.00\,{}^{kg}/_{m}$$

Entonces:

$$P = \frac{2 \times T}{D} = \frac{2 \times 10{,}000\,{}^{kg}/_{m}}{4m} = 5{,}000\,{}^{kg}/_{m^2}$$

Utilizando acero con una resistencia de 36,000 lb/pulg² = 2,532 kg/cm²

El esfuerzo de trabajo:

F s = 0.45*F y*

$$F_s = 0.45 \times 2{,}532\,{}^{kg}/_{cm^2} = 1{,}140\,{}^{kg}/_{cm^2}$$

Área de acero A s=

$$A_s - \frac{T}{F_s} - \frac{10{,}000\,^{kg}/_{m}}{1{,}140\,^{kg}/_{cm^2}} - 8.77 cm^2$$

Tomando una franja de un metro de altura se obtiene:

$$T = \frac{A_s}{100\ cm} = \frac{8.77\ cm^2}{100\ cm} = 0.0877\ cm$$

De donde se propone un espesor mínimo de lámina de ¼ “, para las paredes y el fondo del tanque.

2.1.10.3.4 Torre de soporte

Es el elemento estructural por el cual logra alcanzar altura el tanque. Está constituido por lo general por cuatro columnas, con una ligera inclinación y una serie de elementos diseñados a compresión y tensión (breisas); tales elementos aumentan la rigidez y disminuyen la esbeltez de las columnas. Es este caso se calcularán las columnas con una inclinación del 25% con respecto de la altura del tanque, siendo ésta de 10.00 m. Calculando la inclinación:

$L = H$ 25% = 10 × 25%

Donde:

L = Distancia de inclinación con respecto al eje vertical

H = Altura de la torre del tanque

Calculando la carga en las columnas, se tiene que el agua almacenada es de 66.24 m³,

$$Peso\ del\ agua = 1000\,^{kg}/_{m^3} \times 66.24 m^3 = 66{,}240\,kg$$

Calculando el peso del acero del cuerpo del tanque, teniendo en cuenta que el peso específico del acero es de 7,800 kg/ m³:

$$P_{cil} = A_{cil} \times t \times PE_{acero} = 62.83 m^2 \times 6.35 \times 10^{-3} m \times 7{,}800\,^{kg}/_{m^3} = 3{,}123 kg$$

$$P_{cono\ \inf} = A_{cono\ \inf} \times t \times PE_{acero} = 17.77\, m^2 \times 6.35 \times 10^{-3} m \times 7{,}800\, {kg}/{m^3} = 800 kg$$

$$P_{cono\ \sup} = A_{cono\ \sup} \times t \times PE_{acero} = 13.53\, m^2 \times 6.35 \times 10^{-3} m \times 7{,}800\, {kg}/{m^3} = 670\, kg$$

$$Peso\ del\ acero = P_{cil} + P_{cono\ \inf} + P_{cono\ \sup} = 4{,}673\ kg$$

Peso total = *Peso del agua* + *Peso del acero* = 70,913 *kg se aproxima a* 71,000 *kg*

Distribuyendo la carga a las columnas se tiene:

$$\frac{C}{col} = \frac{Peso\ total}{4}$$

$$\frac{C}{col} = \frac{71{,}000\, kg}{4} = 17{,}750\, kg = 17.75\, t = 39.05\, kips$$

Cargas resultantes para cada columna

CR = 17.92*t* = 39.43*kips*

Fuerza de sismo, tomando el 20% del peso total de la estructura.

F s = 20 %×*Peso total*

F s = 0.2× 71 *t* = 14.2 *t*

Entonces:

$$P = \frac{F_s}{2} = \frac{14.2\, t}{2} = 7.1\, t$$

Momento de sismo

$M\,s = P \times H$ de torre

$M\,s = 7.1\,t \times 10.00\,m = 71\,t - m$

Sumatoria de Mc = 0

$\Sigma M\,c = 0$

$7.1t \times 10.00m - T \times 9.83m = 0$

$T = 10.11t$

Sumatoria de fuerzas actuantes en la torre.

$\Sigma Fy\ C = 0$

$17.92t + 10.11t = 28.03t = 61.67\ kips$

$\Sigma Fy\ T = 0$

$17.92t - 10.11t = 7.81t = 17.17\ kips$

2.1.10.5.4 .1 Diseño de columnas

Entre las ventajas más importantes de las columnas de tubo redondo se pueden mencionar: la excelente resistencia a la torsión, igual rigidez en todas direcciones y bajo costo.

Por lo que hace la sección más utilizada en este tipo de estructuras. El manual de AISC contiene las dimensiones y especificaciones de la sección de tubo redondo y las clasifica en estándar, extra fuerte y doble extra fuerte.

Para diseñar una columna de acero se tiene que tener la carga con que va a actuar y la longitud, se comienza con proponer una sección, con sus datos de área **A** y radio de giro **r**, luego se calcula la relación de esbeltez **k l / r**, con el dato de esbeltez se calcula el esfuerzo de compresión permisible **Fa. C**on estos datos se puede verificar si el elemento propuesto cubre la carga de diseño.

Cálculo de columnas, con los datos siguientes:

Tubo redondo de: 8 pulgadas, cédula 40

Carga de diseño: 28.03 Toneladas, = 61.67 kips

Área: 11.9 pulg²

Radio de giro: 3.67 pulg

Longitud: 3.50 m, = 137.80 pulg

Solución:

Calculando:

$$\frac{kl}{r} = \frac{1 \times 137.8\ pu\lg}{3.67\ pu\lg} = 37.54$$

Según el manual AISC para una relación de esbeltez de 37.54 se obtiene:

$$F_a = 19.37\ ksi = 19{,}370\ {}^{lb}/_{pu\lg^2}$$

Calculando la carga resistente se obtiene:

$$P = F_a \times Área = 19.37\ {}^{kips}/_{pu\lg^2} \times 8.399\ pu\lg^2 = 162.69\ kips$$

Verificando carga contra carga de diseño:

162.69 *kips* > 61.67 *kips, la sección adoptada soporta las cargas a que estará sujeta.*

2.1.10.5.4.2 Diseño de tensores

La selección de la pieza sujeta a tensión, es un problema sencillo de diseño. Como no existe peligro de pandeo, los cálculos se reducen a la simple división de la carga entre el esfuerzo de trabajo a tensión del acero, lo que da como resultado el área neta necesaria de la sección transversal *A req= T/F s*, de aquí la selección de la sección que cumpla con esta área. El tipo de pieza a utilizar puede depender más del tipo de conexión en el extremo que de cualquier otro factor, pudiéndose utilizar cualquier tipo de perfil.

Para el diseño de tensores se selecciona el perfil “L”

Datos:

Dimensiones: 4 x 4 pulg

Espesor: ½ pulg

Área: 3.75 pulg² = 24.19 cm²

Radio de giro: 1.91 pulg

Peso por pie lineal: 16.23 lb

Fuerza de sismo: 7.1 t

Ángulo de tensores: 70.93º

Esfuerzo de trabajo: 1.155 t/cm²

Determinada la capacidad de esfuerzo que soporta la sección de perfil L 4 x 4 se tiene:

$$T = \frac{P}{\cos\theta} = \frac{7.1\,t}{\cos 70^{\circ}} = 20.76\,t$$

$$A_{req} = \frac{20.76\,t}{1.155\,t/cm^2} = 17.97\,cm^2$$

Verificando el área requerida con el área del perfil seleccionado se tiene:

24.19*cm*2 > 17.97 *cm*2 si chequea

Se utilizarán tensores de perfil L 4” x 4” x ½” para todas las piezas inclinadas, ya que se calculó con la carga crítica para obtener un promedio.

2.1.10.5.4 .3 Diseño de pieza horizontal

La función de este elemento, al igual que el tensor, es contrarrestar la acción de la fuerza sísmica. Se propone una pieza, la cual será analizada por esfuerzos a compresión y flexión, aplicando la fórmula de combinación de esfuerzos.

Calculando los esfuerzos combinados con la siguiente fórmula:

$$\frac{P/A}{F_a} \pm \frac{MC/I}{F_b} \leq 1$$

Donde:

P = Carga de diseño o de sismo

A = Área de la sección

Fa = Esfuerzo unitario permisible

M = Momento actuante

C = Distancia del centroide a la fibra más externa o radio externo

I = Momento de inercia

Fb = Esfuerzo de trabajo en flexión

Datos:

Breiza perfil = L 6"x 6"x 1/2"

Carga de diseño 7.1 T, 15.62 kips

Área 5.75pulg² = 37.097 cm²

Carga puntual (peso aprox de una persona) = 200 lb

Peso por pie lineal 19.63 lb

Diámetro interno 2.93 pulg

Radio de giro 1.91 pulg

Longitud (1er arrostre) = 9.65 m = 380 pulg

Momento de inercia 17.4pulg

Esfuerzo de trabajo en flexión = 0.75Fy = 27 kips/pulg²

Solución:

Calculando la relación de esbeltez

$$\frac{Kl}{r}, en\ donde\ K = 1$$

$$\frac{Kl}{r} = \frac{380\ pu\lg}{1.91\ pu\lg} = 198.95$$

Según el manual AISC para una relación de esbeltez de 198.95 se tiene un

$$F_a = 4.1\,ksi = 4{,}100\,{}^{lb}/_{pu\lg^2}$$

Calculando la carga permisible P, se obtiene

$$P = F_a \times \acute{A}rea = 4.1\,{}^{kips}/_{pu\lg^2} \times 5.75\,pu\lg^2 = 23.58\,kips$$

Comparando cargas

23.58 *kips* > 15.62 *kips* si chequea

Combinación de esfuerzos:

Momento actuante = *Mc*arg *a puntual* + *Mc*arg*a distribuida*

$$M = \frac{PL}{4} + \frac{WL^2}{8} = \frac{200\,lb \times 31.67\,pie}{4} + \frac{19.63\,{}^{lb}/_{pie} \times 31.67\,pie^2}{8}$$

M = 4,044.58*lb.pie* = 4.04 *kips.pie* = 48.5*kips-pulg*

Aplicando la fórmula de combinación de esfuerzos:

$$\frac{15.62\,{}^{kips}/_{5.75\,pu\lg^2}}{4.09\,{}^{kips}/_{pu\lg^2}} \pm \frac{(48.5\,kips.pu\lg \times 2.93\,pu\lg)/_{17.4\,pu\lg}}{27\,{}^{kips}/_{pu\lg^2}} \leq 1$$

0.66 ± 0.30 ≤ 1

0.36 < 1

0.96 < 1 si chequea por flexión

Por lo tanto, se utilizará perfil L 6”x 6”x ½”

Calculando el peso total del tanque lleno

Peso de columnas 2,384.4 kg = 5,245.66 lb

Peso de pieza horizontal 3,658.3 kg = 8,048.3 lb

Peso de tensores 5,828 kg = 12,821.7 lb

El total del peso de la torre es de 11,900.7 kg = 26,181.54 lb = 26.18 kips

La carga total de la columna es:

PT = *CR* + *Peso de la torre* = 39.43*kips* + 26.18*kips* = 65.61*kips*

PT = 29.82 *toneladas*

2.1.10.5.5 Diseño de la cimentación del tanque

La cimentación para un tanque elevado está integrada por tres elementos: las zapatas, los pedestales y cimiento corrido ó vigas de cimentación.

Diseño del pedestal:

Los pedestales se utilizan frecuentemente como elementos de transición entre las columnas metálicas y las zapatas. Las razones más comunes para el uso de pedestales son las siguientes:

a) Distribuir la carga en la parte superior de la zapata, esto puede aliviar la intensidad de la presión de apoyo en la zapata o simplemente puede permitir una zapata más delgada, con menor refuerzo.

b) Que la torre metálica no tenga contacto con el suelo y evitar la corrosión.

Para el diseño de este elemento se consideran los siguientes pasos:

Se utilizará un pedestal de 0.50 m por lado, se definirá la altura del pedestal con la relación de tres veces su lado, lo que da una altura de 1.50 m

Calculando el refuerzo del pedestal:

Ante todo se tiene que definir que tipo de columna es. El manual American Concrete

Institute (ACI), señala los siguientes parámetros:

Si E < 21 entonces es columna corta.

Si 21 ≤ E ≤ 100 entonces es columna intermedia

Si E > 100 entonces es columna larga

Para calcular la esbeltez de una columna se debe aplicar la siguiente fórmula:

$E = KLu/R$

Donde:

K = factor de pandeo, que en este caso K = 1

Lu = Longitud de la columna, libre entre apoyos

R = Radio de giro de la sección, R=0.3 para columnas cuadradas o R=0.25 para las circulares

Calculando la relación de esbeltez:

E = 1/(0.30x 0.50) 1.50= 10 y 10 < 21 es columna corta

Carga axial:

Se considera despreciable el momento causado por la componente horizontal de la carga total de la columna, debido a que el ángulo de inclinación de la columna metálica transmisora de la fuerza es muy pequeño.

El manual del código ACI propone la siguiente fórmula para el cálculo de la resistencia última a compresión para una columna corta.

$$P_u = \phi\left(0.85 f'c\left(A_g - A_s\right) + F_y A_s\right)$$

Donde:

Pu = resistencia última de la columna

φ = factor de compresión, igual a 0.70

Ag = área de la sección de la columna 2500 cm²

As = área de acero en cm²

f´c = resistencia nominal del concreto en 210 kg/cm²

Fy = resistencia a la fluencia del acero 2,800 kg/cm²

Calculando la resistencia última:

Se probará con el As mínimo, para el cual el manual ACI especifica el 1% del área de la sección:

P u = 0.7 (0.85× 210 2500 − 25) + (2800× 25)) = 358,251.25 *kg* = 788,152.75 *lb* = 788.1 *kips*

De donde:

$788.1 kips > 65.61 kips$ usar As min.

Armado propuesto:

Para el esfuerzo por corte, el manual ACI señala un espaciamiento mínimo igual o menor que la mitad del diámetro efectivo y un recubrimiento mínimo de 5 cm

Espaciamiento por corte

$S \leq d/2$

$S \leq 45/2 = 22.5 cm$

El armado propuesto, 8 varillas No. 6 + estribos No, 3 a cada 7cm

Diseño de la Zapata

El diseño de una zapata se basa en las siguientes condiciones:

a) Las fuerzas laterales, con criterio conservador en el diseño, encontrando una fuerza resultante Fs aplicada a una altura H; esta fuerza dará lugar a un momento flector respecto a la base, que producirá esfuerzos de tensión sobre las columnas del lado en que se considere que actúa la fuerza lateral y a compresión sobre las columnas opuestas.

Para el cálculo de la estabilidad se obtendrá primero el momento de volteo respecto a la base de apoyo.

$M V = F s H \quad M e = PT \times L$

Donde:

Mv = Momento de volteo

Me = Momento estabilizador

Fs = Fuerza de sismo = 10% de PT = 8.3 t

H = Altura desde la base del pedestal de la zapata hasta la mitad del depósito = 14.00 m

PT = Peso total de la estructura 83.08 t

L = Separación entre dos columnas consecutivas 9.83 m

M v = 8.3 *t* ×14.00 = 116.2 *t - m*

M e = 83.08 *t* × 9.83 *m* = 816.67 *t - m*

Al tener fuerzas laterales actuantes, estas dan origen al momento de volteo, este momento provoca el desplazamiento del peso de la estructura del eje de soporte una distancia Xu

X u= Mv/PT

La estabilidad del conjunto estará asegurada cuando se cumpla la siguiente condición, en donde L es el diámetro a centro de columnas:

X u < L /6 *y CE* > 1.5 *donde CE = M e/ M V*

Entonces:

$$X_u = \frac{149.4t\_m}{83.08t} = 1.79 < \frac{13.9}{6} = 2.32 \text{ si chequea}$$

La carga viva CV será el peso del contenido del tanque lleno, el cual es de 66.24 T/4 =

16.56t, T la carga muerta CM la constituye el peso de toda la estructura, depósito, columnas, tensores y elementos horizontales y pedestales, el cual es de 16.84 T / 4 = 4.21 t

Dimensionamiento de la zapata

A ZAP= 1.2× *(CM+ CV)/ V s*

CM = carga muerta, 4.21 t

CV = carga viva, 16.56 t

Vs = valor soporte del suelo 2.4 t/m2 (asumido)

$$A_{ZAP} = \frac{1.2 \times (4.21t + 16.56t)}{2.4 \; t/m^2} = 10.39\, m^2$$

Una zapata cuadrada de 3.22 m; se toma una zapata cuya longitud por lado sea 3.25 m.

Calculando la carga de diseño, con la fórmula siguiente:

P b = Pu/ AZAP

Donde:

Pb = carga de diseño

Pu=1.4 (*CM*) +1.7 (*CV*) = 1.4 × 4.21 *t* +1.7 ×16.56 *t* = 34.05 *t*

$$P_b = \frac{34.05\,t}{10.39\,m^2} = 3.28\ {}^{t}\!/_{m^2}$$

Verificación de corte por flexión:

$$V_c = 0.85 \times 0.53 \times b \times d\sqrt{f'c}$$

V u= Pb× Área

Donde:

Vc = resistencia última del concreto a corte

Vu = esfuerzo de corte actuante

Siempre chequear que Vc > Vu

$$V_c = 0.85 \times 0.53 \times 325 \times \frac{d}{100} \times \sqrt{210}$$

$$V_c = 2121.72 \times \frac{d}{1000}$$

$$V_u = 3.28 \times \left(3.25 \times \left(\frac{3.25 - 0.46}{2} - \frac{d}{100} \right) \right)$$

De donde “d” se obtiene por tanteo

Tabla VII. Tanteo del espesor de la zapata para el cálculo por flexión

d (cm)	Vc	Vu
30	63.65	11.67
25	53.04	12.21
20	42.43	12.74

Por lo tanto si verifica con las tres opciones.

Verificar de corte por punzonamiento:

$$V_c = 0.85 \times 1.06 \times \sqrt{f'c} \times b_o \times d$$

$$V_u = P_d \left(A_{ZAP} - A_{PZ} \right)$$

Donde:

b o = perímetro punzonante = 4 (L+ d)

A PZ = área punzonante = (L + d/100) ²

Sustituyendo las ecuaciones citadas:

V c= 0.85 1.06 √210× 4 × (50 + *d*) × *d*/1000

$$V_u = 3.28 \times \left(3.25^2 - \left(0.50 + \frac{d}{100} \right)^2 \right)$$

De donde “d” se obtiene por tanteos:

Tabla VIII. Cálculo por punzonamiento, Tanteo del espesor de la zapata.

d (cm)	Vc	Vu
30	125.28	32.54
25	97.87	32.80
20	73.08	33.04

Por lo tanto si verifica con d = 20 cm

Luego

T = d + Var/2 + r

Donde:

T = altura de la zapata

Var = diámetro de la varilla 1.27 cm

R = recubrimiento de 8 cm

T = 20 + 1.27/2 +8 =28.64 por lo tanto se tomará T = 30 cm

Corrección de *d* = 30−1.27 /2 =21.36*cm*

Diseño de acero de refuerzo:

M= Pb × *L²*/2

$$M = 3.28 \times \frac{\left(30/2\right)^2}{2} = 369 kg\_m$$

$$A_s = \frac{0.85 f'c \times b \times d}{F_y}\left(1 + \sqrt{1 - \frac{M}{0.003825 f'c \times b \times d^2}}\right)$$

Donde:

b = 100 cm

d = 21.36 cm

f`c = 210 kg/cm²

Fy = 2820 kg/cm²

As (1) = 1233.82 cm²

As (2) = 0.48 cm²

Tomando el acero mínimo

$$A_{s\,min} = \frac{14.01 bd}{F_y}$$

As min = 10.72 plg

A s max= p max bd = 180.38*cm*2

Por lo tanto, el área de acero a utilizar será el área de acero mínimo

Se colocan varillas No. 6 en ambos sentidos cama inferior
Se colocan varillas No. 5 en ambos sentidos cama superior

2.1.10.6 Sistema de desinfección de agua

El sistema de desinfección será el encargado de la destrucción de agentes infecciosos que sean transportados en el agua, por medio de la aplicación de otros medios químicos, con el propósito de que pueda ser apta para el consumo humano.

El producto a aplicar, porque presenta una gran ventaja en el manejo y dosificación, es el hipoclorito de calcio ($Ca(CLO)_2$); se puede utilizar en un alimentador automático de tricloro, ya que debe ser automático. Para el desarrollo de este proyecto se recomienda un hipoclorador modelo PPG 3015, usado para tratar el agua para pequeñas comunidades, con sistemas por gravedad o bombeo.

Según la norma COGUANOR 29001, como un tratamiento preventivo contra las bacterias y virus, la cantidad mínima a aplicar de cloro en el agua es de 2 p.p.m. (partes por millón), ésto es 2 gramos por un metro cúbico.

Cuantificación del consumo de tabletas para este caso:

Las especificaciones del proveedor indican que se necesitan $8.57X10^{-6}$ libras de hipoclorito de calcio, con una solución de cloro del 65%, para poder dejar el agua potabilizada para un consumo de 1 gal/min.

Consumo de libras de tricloro

El caudal de la línea de conducción es de 8.65 Lts/seg.

(8.65 Lts/seg.)*(60seg/1min)*(1 gal/3.7854 Lts) = 137.1 gal/min.

Por lo que se necesitarán las siguientes cantidades de tabletas:

1gal/min. = 137.105gal/min.

8.57e-6 Lbs Ct

Ct = 0.00117499 libras de tricloro

Los gramos por hora de consumo (Ght)

0.00117499 lbs = 1 libra

Tricloro 0.4536 Kg

Tricloro = 0.000532978 kg * 1000 gr. /kg = 0.53297 gr.

Ght. = 0.53297 gr. /min * 60 minutos

Ght. = 31.9787 gr. /hr

Entonces para un día (24 horas) se consumirá:

31.9787 gr/hr * 24 HR = 767.488 gramos * 30 días = 23024.66 gr./mes ≈ 118 tabletas/mes

El alimentador estará ubicado en una caja en la entrada del tanque de distribución y deberá graduarse el flujo, para que permita que la cantidad de cloro residual, en el punto más alejado de la red, esté entre 0.70 y 1.50 partes por millón.

Dosificación para la demanda de cloro

De acuerdo a los resultados de laboratorio el agua es potable, pero para no correr ningún riego, es necesario inyectar una demanda de 0.2mg/L de cloro.

El flujo de cloro (fc) en gramos/hora se calcula con la siguiente fórmula:

$Fc = Q * Dc * 0.06$

Donde:

Q = caudal de agua conducida en litro/minuto:

Dc = demanda de cloro en mg/litro o PPG.

Con los datos anteriores se obtiene el flujo de solución de cloro (Sc). Regularmente este flujo es muy pequeño y debe obtenerse mediante la calibración de la válvula de compuerta que se coloca en el ingreso del clorinador, por lo tanto se debe calcular el tiempo, en segundos, que se necesita para llenar un recipiente de un litro.

$T = 60 / Sc$

Donde:
t = tiempo de llenado de un recipiente de un litro en segundos.
Sc = flujo de solución de cloro en litros/ minuto.

Ejemplo:

Proyecto: aldea Tahuexco, Mazatenango

Utilizando un Hipoclorador modelo PPG 3015

Q = 18.18 L/ seg. = 1,090. L/ min.

- Por ser lafuente pozos perforado que proveen agua clara se estima una demanda de cloro de 0.2mg/L.
- De la fórmula $Fc = 1080L/\min * 2PPM * 0.06 = 129.60gr/hora$
- Al plotear el Fc. de 129.60 gr. /hora en la gráfica del clorinador modelo 3015, resulta un flujo Sc = 53.23 L/min.
- De acuerdo a lo anterior se procede a la calibración del flujo de solución de cloro, de la fórmula Ttt= 60/53.23 = 1.13 segundos que es el tiempo en que un recipiente de un litro debe llenarse completamente.

2.1.11 Propuesta tarifaria

Costos de operación y mantenimiento

Costo de operación (Co)

Este costo representa el salario del fontanero, por revisión de la tubería mensualmente, entre las actividades a efectuar serán las de revisiones periódicas, operar el equipo y el sistema de cloración; estimándose que esta persona recorrerá 3 kilómetros de línea al día, además, revisará 20 conexiones domiciliares en el mismo día, por lo tanto la remuneración se obtiene así:

$$Co = (L/3 + Nc/20) * Pj * 1.43$$

Donde:

Co = Costo de operación

L = Longitud de tubería

Nc = Número de conexiones

Pj = Salario, el de Tahuexco se paga un promedio de Q.40.00 por día

1.43 = Factor de prestaciones (aguinaldo, bono 14, indemnización, etc.)

L = 4.54292 Km. (pozo mecànico, tanque de distribución y ramales)

Nc = 277 viviendas

Pj = Q.40.00

Co = (4.54292 /3 + 277/20) * 40.00 * 1.43 = 876.81

Co = Q 4.43672 /mes

Costo de mantenimiento (Cm)

Este costo representa la compra de materiales para el proyecto, cuando los que estén instalados sea necesario cambiarlos o para la ampliación del mismo, para determinar el costo por mantenimiento se debe considerar el período de vida útil del sistema, ya que se ha estimado que mensualmente se requerirá un 0.4% del total del proyecto.

Cm = 0.004 * C.T. / M

Donde:

Cm = Costo de mantenimiento

C.T. = Costo total del proyecto

M = 12 Meses

0.004 = corresponde al 4 por millar

C.T. = Q **1, 241, 704,29**

M = 12 meses

Cm = 0.004 * Q1, 118,746.72 / 12 = 413.90

Cm = Q 413.90/mes

Costo de tratamiento (Ct)

Este costo servirá para la compra de hipoclorito de calcio; para la desinfección del agua, el cual se realizará mensualmente y se determina de la siguiente manera:

$Ct = 30 * C_{HTH} * CTgramos/mes$

Donde:

Ct = Costo de tratamiento

C_{HTH} = Costo de cada gramo de la tableta

CTgramos/dia = consumo de tabletas en gramos por dia

30 = Días del mes

C_{HTH} = Q.0.07

CTgramos = 118 tabletas

118 tabletas x Q. 0.65 = Q. 76.77 tabletas/mes

Propuesta de tarifa

La propuesta tarifaria es la suma de los costos de operación y mantenimiento, además del costo de tratamiento, dividido entre el número de viviendas que obtendrán el servicio.

T = (Co + Cm + Ct) / # de viviendas

T = (486.47+413.90+371.70)/277 = 4.59 ≈ 4.60

T = Q. 4.60 /mensual

El costo que se propone es de Q.4.60 mensual, es una tarifa alta, por lo que la municipalidad de Mazatenango, deberá absorber los gastos administrativos de este proyecto para bajar el costo mensual.

Energía Eléctrica

Por información proporcionada por la sección comercial de la Empresa Elèctrica de Guatemala (EGSA), el costo por KWH para bombeo trifásico (220 – 460 Voltios), es de Q. 1.81

Potencia de las bombas 50 HP. HP*0.75 = 37.5 KWH, para 10 horas de bombeo, lo cual ocurrirá durante los primeros 5 años, con un consumo de energía de 630 KWH/día, dando un total de Q. 416,209.50 anuales. Este costo deberá ser abosrvido o subsidiado por la municipalidad, dado que la comunidad no puede cubrirlo.

2.1.12 Elaboración de planos

Todos los planos constructivos se encuentran en el anexo de este informe, los cuales son: planta de la ubicación y distribución del proyecto de agua; incluyendo los accidentes físicos del área, planta perfil de la línea de conducción y red de distribución, con detalles de tubería, ubicación, distancias y elevaciones de la piezometrica, detalles de la conexión domiciliar, válvulas de alamcenamiento, tanque de distribución o almacenamiento.

2.1.13 Elaboración de presupuesto

El presupuesto se elaboró a base de precios unitarios, considerando para el efecto precios de materiales del área del municipio de Mazatenango puestos en el lugar de trabajo.

Los salarios de mano de obra calificada y no calificada, se asignaron conforme a los establecidos por la municipalidad.

En gastos indirectos se incluyó: administración, supervisión y utilidades, equivalente al 27%.

Tabla IX. Resumen presupuesto

PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MUNICIPIO DE MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ

No	RENGLÒN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO POR RENGLON
1	Trabajos preliminares	ml	4542,92	1,27	5771,46
2	Replanteo topográfico	ml	4542,92	1,58	7189,38
3	Excavación y relleno de zanja	m3	2157,84	55,51	119773,4
4	Red de distribución	ml	4542,92	43,09	195764,36
4,1	Tubería de 5"	ml	216	104,3	22537,08
4,2	Tubería de 4"	ml	318	68,3	21719,4
4,3	Tubería de 3"	ml	1488	41,6	61848,72
4,4	Tubería de 2 1/2"	ml	528	27,8	14666,96
4,5	Tubería de 2"	ml	1554	19,0	29585,57
4,6	Tubería de 1 1/2"	ml	642	12,5	8027,14
4,7	Tubería de 1"	ml	144	8,5	1227,84
5	Sistema de bombeo	u	1	125112,5	125112,5
6	Caseta de bombeo	m2	27,3	730,08	19931,2
7	Tanque de almacenamiento 17500 gal.	u	1	250500	250500
8	Clorador	u	1	4276,5	4276,5
9	Válvulas	u	2	1622,09	3244,18
10	Conexiones domiciliares	u	277	888,65	246156,93

SUB TOTAL COSTO DIRECTO		**977719,91**
COSTO INDIRECTO		
ADMINSTRACIÒN	**7%**	**68440,39**
DIRECCION TÈCNICA	**5%**	**48886,00**
UTILIDAD	**15%**	**146657,99**
SUB TOTAL COSTO INDIRECTO		**263984,38**
COSTO TOTAL DEL PROYECTO		**1241704,29**

2.1.14 Evaluación socio-económico

2.1.14.1Valor presente neto

En este caso, este proyecto se trata de un servicio básico rural y formará parte de los proyectos sociales, que son necesidad básica para la supervivencia del ser humano. Por lo tanto, la inversión será gubernamental, ya que los habitantes de este lugar son todos de escasos recursos, por lo que será la municipalidad y el comité de vecinos los encargados de gestionar el financiamiento, y éste nunca recuperará su inversión inicial, el beneficio real se reflejará en la calidad de vida de cada uno de los habitantes y de las generaciones futuras de esta comunidad; el valor presente se interpretará de la siguiente forma:

Inversión inicial (costo total del proyecto) Q. **1, 241, 704,29.**
Esta inversión será el beneficio que obtendrá la población.

Costo de operación Q. 486.47
Costo de mantenimiento Q. **413.90**
Costo de tratamiento Q. 371.70
Sumatoria mensual **Q.1, 272.07**
Por lo que en un año el costo ascenderá a
Costo de operación y mantenimiento Q. 15,264.84 /anual

Este costo tendrá que desembolsarlo la población, durante 20 años

El valor presente neto se calcula:
Con n= 20 años
Tasa i de 12.74% anual (fuente Banguat)

VPN = Inversión inicial – costos de operación y mantenimiento anual [$\frac{(1+i)^{n-1}}{i(1+i)^{20}}$]

VPN = 1, 241, 704,29– 15,264.84 [$\frac{(1+0.1274)^{20-1}}{0.1274(1+0.1274)^{20}}$]

VPN = 1, 241, 704,29- 106,278.35

VPN= 1, 135,425.94

Por lo tanto, desde el punto de vista social el proyecto es factible y rentable.

2.1.14.2Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno se interpreta como la tasa mínima que tiene un proyecto para recuperar la inversión sin tener ganancias. Para este caso, el proyecto es social, por lo que no se recuperará la inversión inicial, por lo tanto no tiene tasa interna de retorno.

2.1.15 Evaluación de impacto ambiental

Para la evaluación del impacto ambiental en los proyectos de acueductos rurales, los impactos más comunes son generalmente los siguientes:

- Residuos contaminantes:
  Los residuos sólidos son derivados en la etapa de construcción y están constituidos por los materiales sobrantes, tales como papel, madera, viruta de tubos de PVC, restos de metales, cemento seco, alambre, hierro, etc.

- Uso de sustancias o materiales:

Debido a la obra civil a ejecutarse, es necesaria la utilización, en la unión de tubería, así como en la construcción de obras complementarias del sistema, cemento solvente para la tubería y cemento Pórtland para las obras civiles, éstas serán las únicas sustancias a utilizarse.

La alteración no siempre es negativa. Puede ser favorable o desfavorable para el medio.

En los impactos ambientales hay que tener en cuenta:

Signo: si es positivo y sirve para mejorar el medio ambiente o si es negativo y degrada la zona.

Intensidad: según la destrucción del ambiente sea total, alta, media o baja.

Extensión: según afecte a un lugar muy concreto y se llama puntual, o a una zona algo mayor -parcial-, o a una gran parte del medio -impacto extremo- o a todo -total-. Hay **impactos de ubicación crítica:** como puede ser el vertido en un río poco antes de una toma de agua para consumo humano: será un impacto puntual, pero en un lugar crítico: al momento en que se manifiesta y así se distingue el impacto latente que se manifiesta al cabo del tiempo, como puede ser el caso de la contaminación de un suelo como consecuencia de que se vayan acumulando pesticidas u otros productos químicos, poco a poco, en ese lugar. Otros impactos son inmediatos o a corto plazo y algunos son críticos como puede ser ruido por la noche, cerca de un hospital.

Persistencia: se dice que es fugaz si dura menos de un año; si dura de uno a tres años es temporal y pertinaz si dura de cuatro a 10 años. Si es para siempre sería permanente.

Recuperación: según sea más o menos fácil de reparar, irrecuperables, reversibles, mitigables, recuperables, etc.

Suma de efectos: a veces la alteración final, causada por un conjunto de impactos, es mayor que la suma de todos los individuales y se habla de efecto sinérgico. Así, por ejemplo, dos carreteras de montaña, pueden tener cada una su impacto, pero si luego se hace un tercer tramo que, aunque sea corto, une las dos y sirve para enlazar dos zonas antes alejadas, el efecto conjunto puede ser que aumente mucho el tránsito por el conjunto de las tres. Eso sería un efecto sinérgico.

Periodicidad: si el impacto es continuo como una cantera, por ejemplo; o discontinuo como una industria que, de vez en cuando, desprende sustancias contaminantes o periódico o irregular como los incendios forestales.

En construcción

Los impactos más importantes relacionados con la construcción, son usos de sustancias o materiales, debido a la obra civil que es necesario construir y a la necesidad de unión de los tubos, utilizando cemento solvente para la unión de tubos; residuos contaminantes que se derivan únicamente por los materiales sobrantes, tales como madera, papel, viruta de tubos de PVC y restos de metales de tubería HG.

En operación

Los impactos directos por el uso del sistema de agua potable, son las posibles fugas en los empalmes y/o uniones de la tubería, lo cual sin una inspección por parte del fontanero, puede causar serias erosiones a sus alrededores, así como el rebalse de las cajas rompe presión, si llegara a fallar una de las válvulas, así como en el tanque de distribución, seria en operación las posibles fugas y erosiones causadas por las mismas a los alrededores de las líneas de conducción así como de distribución.

Comentarios especiales del estudio de impacto ambiental

Para el proyecto de agua potable, es necesario implementar un estudio de impacto ambiental y sería entonces el ente ejecutor el encargado de realizarlo. El mismo generará obviamente alteración en el ambiente como cualquier otro proyecto, pero no es significativo, dando como principal medida de mitigación, la reforestación de las áreas que servirán para su ejecución.

CONCLUSIONES

1. A través de la realización del Ejercicio Profesional Supervisado se aplicó la teoría aprendida en las aulas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Carlos, para resolver problemas reales que sufren las comunidades rurales.

2. La implementación de un sistema adecuado de agua potable contribuirá a satisfacer las necesidades de crecimiento, salubridad y desarrollo de los habitantes de la aldea Tahuexco, municipio de Mazatenango, departamento de Suchitepéquez.

3. La participación de la comunidad fue muy importante para la recolección de datos, necesarios en la planificación y diseño del sistema de agua potable de la aldea Tahuexco, como población, hábitos de consumo, actividad económica, entre otros.

4. Es de gran importancia la implementación del sistema de abastecimiento de agua, para la aldea Tahuexco, con lo cual se estará beneficiando a 1636 personas actuales y 3487 al final del período de diseño, ya que proporcionará un servicio que brindará cantidad suficiente con la calidad adecuada para consumo humano.

5. Para reducir los costos del proyecto sistema de agua potable, debe participar la comunidad con el aporte de la mano de obra no calificada, sobre todo en el renglón de excavación, relleno y acarreo de materiales de construcción, ya que de esta manera los usuarios serán participes directos de la ejecución.

6. En general, se cumplieron los objetivos planteados en el presente trabajo de graduación, ya que se aplicaron conocimientos de diferentes ramas de la Ingeniería Civil como son: topografía, matemáticas, hidráulica, Ingeniería Sanitaria hidrología, dibujo y costos, así, también se tuvo la oportunidad de capacitar a líderes comunitarios, en el mantenimiento del sistema de agua potable.

7. Se determinó la tarifa contemplando los gastos de operación y mantenimiento del sistema. La tarifa que se recomienda es similar al salario mínimo diario en la región, con la finalidad que el sistema sea auto sostenible.

8. La propuesta de tarifa, no contempla el costo por consumo de energía eléctrica, este rubro es bastante elevado y deacuerdo a lo que la comunidad informo, la municipalidad absorberá este gasto.

RECOMENDACIONES

A la municipalidad de Mazatenango, departamento de Suchitepéquez:

1. Elaborar el reglamento de uso, manejo y administración del sistema de agua potable, contemplando los siguientes componentes: integración del comité, procedimiento para nuevos servicios, herramientas a utilizar en el mantenimiento del sistema, supervisión de la calidad del agua y otros.

2. Es importante garantizar la potabilidad del agua del sistema de abastecimiento, sometiéndola a tratamiento de desinfección bacteriológica, mediante la utilización de cloro; con ello se evitará la transmisión de enfermedades hacia la población que la consume.

3. Deberán promoverse medidas de mitigación, para proteger el sistema de abastecimiento de agua potable contra todo tipo de desastres naturales, así como para proteger la salud y la inversión.

4. El mantenimiento preventivo y correctivo de los componentes del sistema: línea de conducción, red de distribución y tanque de distribución deberán estar a cargo del personal contratado para dicha tarea, bajo la supervisión del comité correspondiente.

5. Durante el proceso de construcción, la Municipalidad deberá contratar por lo menos un profesional de la ingeniería civil, para garantizar el cumplimiento de las especificaciones técnicas contenidas en planos.

BIBLIOGRAFÍA

1. López Dubón, Wendy. Estudio y diseño de la red de distribución de agua potable de la colonia 20 de Octubre, municipio de Champerico, del departamento de Retalhuleu. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 66 pp.

2. Romeo Villatoro, Sergio Octavio. Planificación y diseño del estudio para la introducción de agua potable en la comunidad agraria del Parcelamiento Valle Lirio. Trabajo de graduación de Ingeniería Civil. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 100 pp.

3. Santos, Raúl Enrique. Diseño de introducción de agua potable a las aldeas El Morral y El Nazal, del municipio de Chiquimula, del departamento de Chiquimula. Trabajo de graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala, 1990.

4. Secretaría de Salud Asistencia, **Dirección de Ingeniería Sanitaria. Manual de Saneamiento Vivienda, Agua y Desechos**. México, Editorial Limusa S.A., 1976.

5. Instituto de Fomento Municipal. **Normas Generales Para Diseño de Sistema de Abastecimiento de Agua Potable**. Guatemala, 1979.

6 León Medrano, David Israel. Planificacion y Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para la aldeaYichwitz Chonó, San Pedro Soloma, Huehuetenango. Trabajo de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, noviembre 2000.

7 Serrano López, José Orlando. Planificacion y Diseño del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para aldea las Balas y Puente vehicular para aldea El Cacao, Gualan, Zacapa. Trabajo de Graduación de Ingeniero Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala, septiembre 2007.

APÉNDICES

APÉNDICE A

BASES DE DISEÑO, LIBRETA DE LEVANTAMIENTO
CÁLCULO TOPOGRÁFICO Y DISEÑO HIDRÁULICO

Tabla X. Parámetros de diseño agua potable

Sistema adoptado	Bombeo
Tipo de conexión	Predial o domiciliar
Núm. de conexiones	277 viviendas
Población actual	1636 habitantes
Población futura 11 años	2472 habitantes
Población futura 22 años	3487 habitantes
Dotación	125 L/hab/día
Factor día máximo	1.20
Factor hora máximo	2.20
Consumo medio diario	5,05 L/seg
Consumo máximo diario	6.06 L/seg
Consumo máximo hora	11.11 L/seg
Caudal de bombeo	14.54 L/seg
Factor de gasto	0.0401 L/s/vivienda
Coeficiente C para tubería PVC	150
Coeficiente C para tubería HG	100
Período de bombeo (al final de 10 años)	10 horas
Período de bombeo (al final de 20 años)	10 horas
Volumen del tanque almacenamiento	15 %
Pendiente utilizada para tubería	1.5
Altura dinámica total	512 pies
Diámetro tubería descarga	6”
Bomba	50HP (Horse PCER)
Horas de bombeo	10 horas diarias
Costo total del proyecto	1, 241,704.29

Tabla XI. Cálculo hidráulico

Nombre Proyecto	***Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo, para la aldea Tahuexco; Municipio de Mazatenango, departamento de Suchitepéquez.***
Nombre Diseñador:	***Mario López Ramírez***
Ubicación Proyecto:	***Aldea Tahuexco, Municipio de Mazatenango, Suchitepéquez***
Topógrafo	***Mario López Ramírez***
Fecha de levantamiento Topográfico	***Septiembre 2008***
Fecha de diseño:	***Febrero y Marzo 2009***

RAMAL 1

De	A	Cota terreno		longitud	Caudal	C	Ø	Hf Dis	Hf	velocidad	Verificación	Piezomètrica		Presión		Tubería
		inicial	final	m	l/s	CHW	Comer	m	m	m/s	velocidad	Inicio	Final	Inicial m	final m	PVC tubos
0	1	110	99,1	28,4	19,86	150	5	10,90	0,464	1,618	correcto	110,00	109,54	10,90	10,44	5
1	2	109,54	98,882	16,2	2,56	150	3	10,65	0,072	0,579	correcto	109,5	109,46	10,44	10,58	3
2	5	109,46	98,772	165	2,29	150	3	10,69	0,596	0,518	correcto	109,46	108,87	10,58	10,10	30
5	17	108,87	99,537	710,4	0,71	150	2	9,33	2,119	0,362	correcto	108,87	106,75	10,10	7,21	130

RAMAL 2

De	A	Cota terreno		longitud	Caudal	C	Ø		Hf	velocidad	Verificación	Piezomètrica		Presión		Tubería
		inicial	final	m	l/s	CHW	Comer		m	m/s	velocidad	Inicio	Final	Inicial m	final m	PVC tubos
1	21	109,54	98,705	73	17,3	150	5	10,83	0,924	1,410	correcto	109,54	108,61	10,44	9,91	13
21	24	108,61	98,21	51,2	16,45	150	5	10,40	0,590	1,340	correcto	108,61	108,02	9,91	9,81	9
24	25	108,02	98,903	27	15,92	150	5	9,12	0,293	1,297	correcto	108,02	107,73	9,81	8,83	5
25	26	107,73	98,703	16,6	14,13	150	5	9,03	0,144	1,151	correcto	107,73	107,59	8,83	8,88	3
26	51	107,59	99,777	40,8	7,46	150	4	7,81	0,323	0,950	correcto	107,59	107,26	8,88	7,49	7
51	50	107,26	99,682	28	5,89	150	4	7,58	0,143	0,750	correcto	107,26	107,12	7,49	7,44	5
50	52	107,12	99,837	55,6	4,09	150	4	7,28	0,145	0,521	correcto	107,12	106,97	7,44	7,14	10
52	53	106,97	99,682	73	1,86	150	2 1/2	7,29	0,436	0,606	correcto	106,97	106,54	7,14	6,86	13
53	79	106,54	99,157	207,8	0,38	150	2	7,38	0,195	0,194	revisar	106,54	106,34	6,86	7,19	38
53	54	106,34	99,359	68,6	1	150	2	6,98	0,386	0,509	correcto	106,34	105,96	7,19	6,60	13

RAMAL 1A

De	A	Cota terreno		longitud	Caudal	C	Ø		Hf	velocidad	Verificación	Piezomètrica		Presión		Tubería
		inicial	final	m	l/s	CHW	Comer		m	m/s	velocidad	Inicio	Final	Inicial m	final m	PVC tubos
2	19	109,46	98,007	100,8	0,27	150	1	11,45	1,470	0,550	correcto	108,87	107,99	10,58	9,99	18

RAMAL 1B

De	A	Cota terreno		longitud	Caudal	C	Ø		Hf	velocidad	Verificación	Piezomètrica		Presión		Tubería
		inicial	final	m	l/s	CHW	Comer		m	m/s	velocidad	Inicio	Final	Inicial m	final m	PVC tubos
5	66	108,868	100,274	347,05	2,45	150	3	8,594	1,42	0,555	correcto	108,87	107,45	10,10	7,17	64

RAMAL 2A

21	23	108,61	97,408	128,8	0,85	150	1 1/2	11,20	2,175	0,770	correcto	108,61	106,44	9,91	9,03	24

RAMAL 2A1

24	57	108,02	100,092	86,2	0,55	150	1 1/2	7,93	0,651	0,498	correcto	108,02	107,37	9,81	7,28	16

RAMAL 2B

De	A	Cota terreno		longitud	Caudal	C	Ø		Hf	velocidad	Verificación	Piezomètrica		Presión		Tubería
		inicial	final	m	l/s	CHW	Comer		m	m/s	velocidad	Inicio	Final	Inicial m	final m	PVC tubos
25	55	107,73	99,268	32,2	1,97	150	2 1/2	8,46	0,214	0,642	correcto	107,73	107,52	8,83	8,25	6
55	62	107,52	99,599	189	1,5	150	2	7,92	2,249	0,764	correcto	107,52	105,27	8,25	5,67	35
55	56	105,27	99,678	66,6	0,47	150	1 1/2	5,59	0,376	0,426	correcto	105,27	104,89	5,67	5,21	12

RAMAL 2C

De	A	Cota terreno		longitud	Caudal	C	Ø		Hf	velocidad	Verificación	Piezomètrica		Presión		Tubería
		inicial	final	m	l/s	CHW	Comer		m	m/s	velocidad	Inicio	Final	Inicial m	final m	PVC tubos
26	29	107,59	99,714	164	6,67	150	4	7,87	1,055	0,849	correcto	107,59	106,53	8,88	6,82	30
29	30	106,53	99,484	16,6	5,52	150	3	7,05	0,305	1,249	correcto	106,53	106,23	6,82	6,74	3
30	33	106,23	99,969	75	3,95	150	3	6,26	0,743	0,894	correcto	106,23	105,48	6,74	5,51	14
33	38	105,48	99,371	183	1,02	150	2 1/2	6,11	0,360	0,332	correcto	106,23	105,12	6,74	5,75	34
33	35	105,12	99,809	153	0,998	150	2 1/2	5,31	0,289	0,325	correcto	105,12	104,83	5,75	5,02	28
33	39	104,83	99,694	40	0,998	150	2 1/2	5,14	0,076	0,325	correcto	104,83	104,76	5,02	5,06	7

RAMAL 2C1

De	A	Cota terreno		longitud	Caudal	C	Ø		Hf	velocidad	Verificación	Piezomètrica		Presión		Tubería
		inicial	final	m	l/s	CHW	Comer		m	m/s	velocidad	Inicio	Final	Inicial m	final m	PVC tubos
29	41	106,53	99,714	8,64	1,06	150	1 1/2	6,82	0,220	0,960	correcto	106,53	106,31	6,82	6,60	2
41	42	106,31	99,672	32,6	0,358	150	1 1/2	6,64	0,111	0,324	correcto	106,31	106,20	6,60	6,53	6
41	40	106,31	99,29	40,4	0,702	150	1 1/2	7,02	0,479	0,636	correcto	106,20	105,83	6,53	6,54	7
40	43	105,83	99,765	30,6	0,21	150	1	6,07	0,280	0,428	correcto	105,83	105,55	6,54	5,79	6
40	44	105,83	99,62	71,4	0,492	150	1 1/2	6,21	0,439	0,445	correcto	105,55	105,39	5,79	5,77	13

RAMAL 2C2

30	32	106,23	98,386	90,6	1,003	150	1 1/2	7,84	2,078	0,908	correcto	106,23	104,15	6,74	5,76	17

RAMAL 2D

51	46	107,26	99,462	277,87	1,57	150	3	7,80	0,499	0,355	correcto	107,26	106,76	7,49	7,30	51

RAMAL 2E

De	A	Cota terreno		longitud	Caudal	C	Ø		Hf	velocidad	Verificación	Piezomètrica		Presión		Tubería
		inicial	final	m	l/s	CHW	Comer		m	m/s	velocidad	Inicio	Final	Inicial m	final m	PVC tubos
50	73	107,12	99,907	452,56	1,79	150	3	7,21	1,037	0,405	correcto	107,12	106,08	7,44	6,18	83

RAMAL 2F

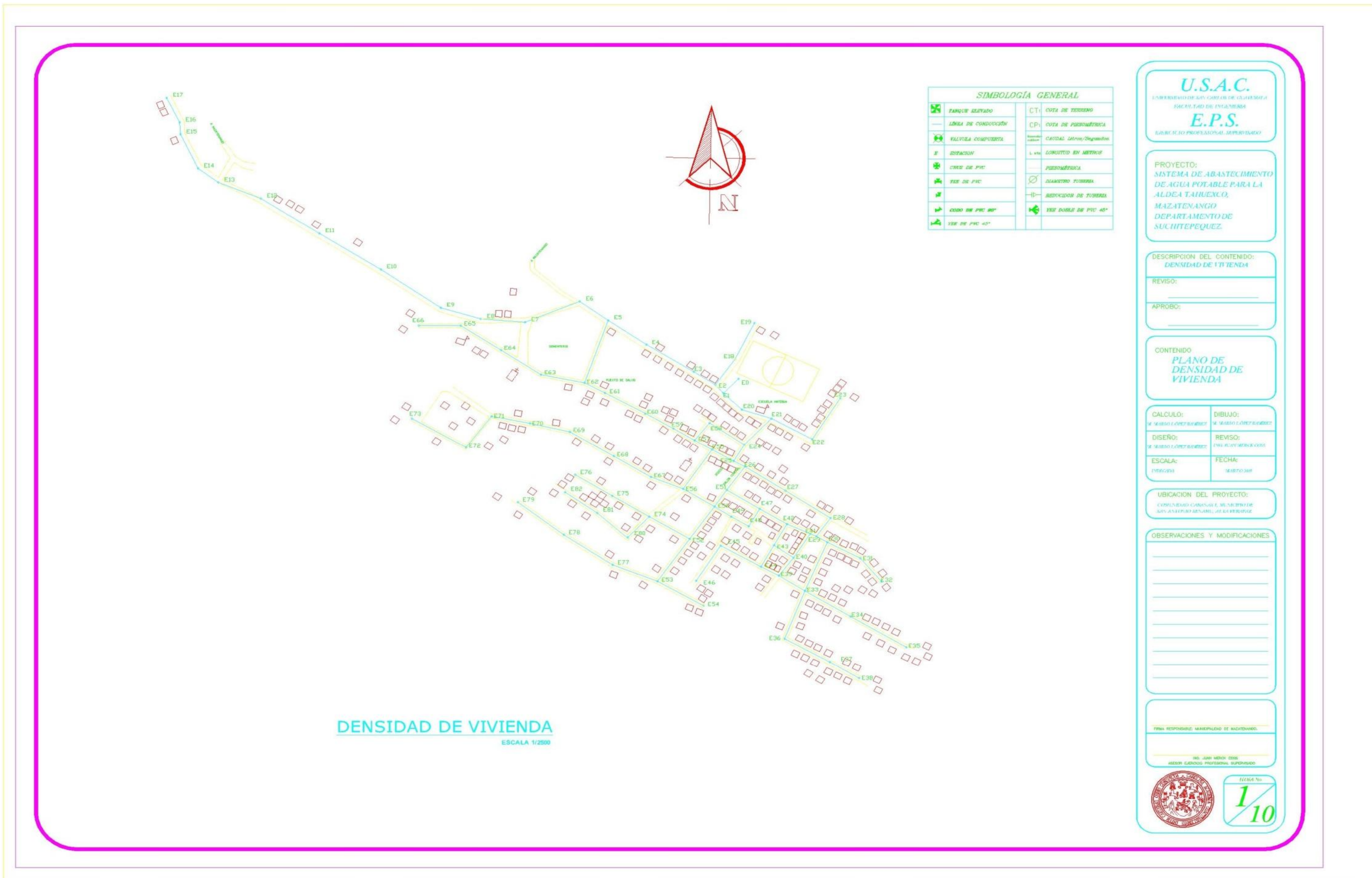
De	A	Cota terreno		longitud	Caudal	C	Ø		Hf	velocidad	Verificación	Piezomètrica		Presión		Tubería
		inicial	final	m	l/s	CHW	Comer		m	m/s	velocidad	Inicio	Final	Inicial m	final m	PVC tubos
52	74	106,97	99,792	60,6	1,29	150	2	7,18	0,545	0,657	correcto	106,97	106,43	7,14	6,64	8
74	82	106,43	99,635	141,8	0,645	150	2	6,79	0,354	0,328	correcto	106,43	106,08	6,64	6,44	19
74	76	106,08	100,39	112	0,645	150	2	5,68	0,280	0,328	correcto	106,08	105,80	6,44	5,40	15

RAMAL 2G

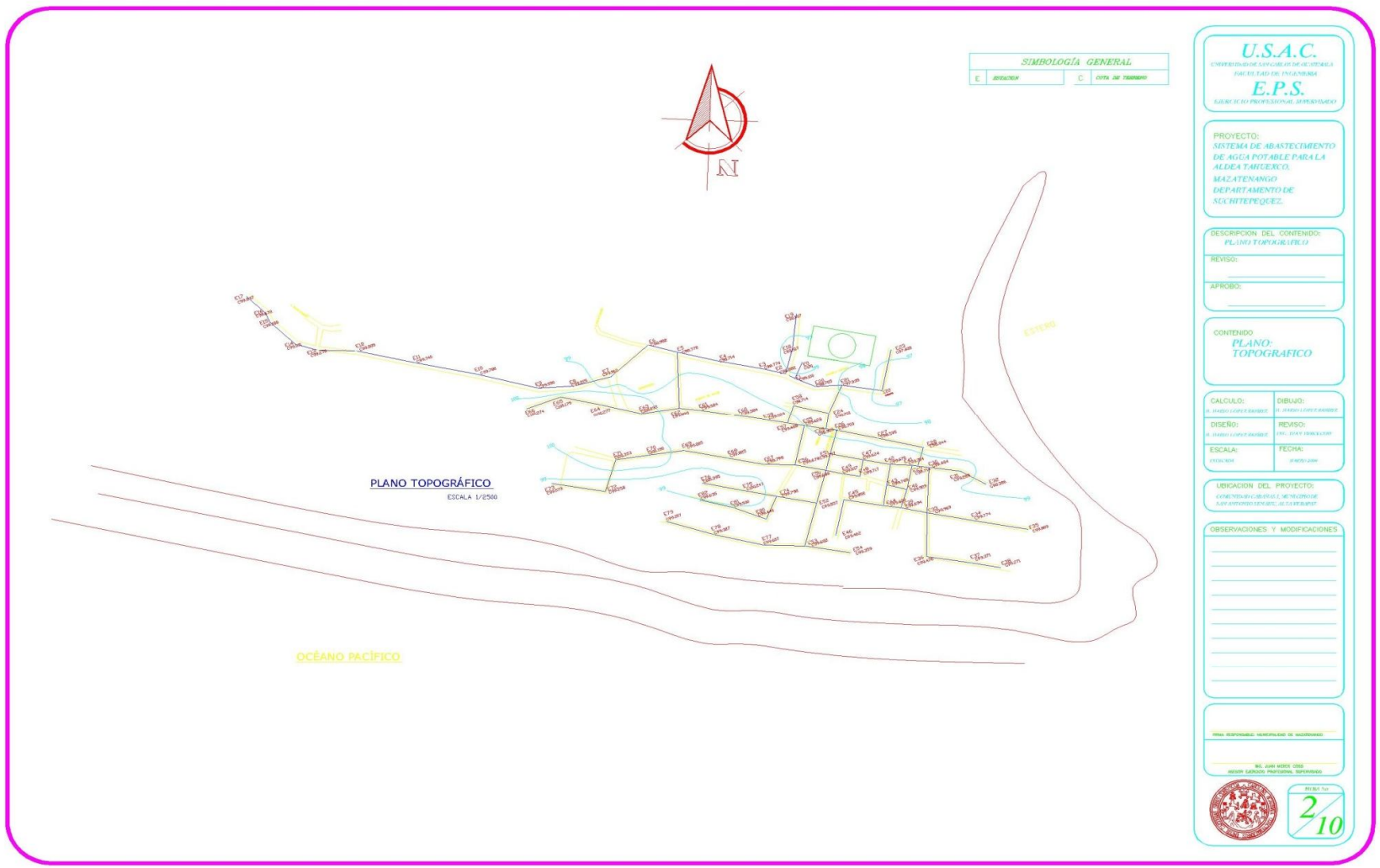
De	A	Cota terreno		longitud	Caudal	C	Ø		Hf	velocidad	Verificación	Piezomètrica		Presión		Tubería
		inicial	final	m	l/s	CHW	Comer		m	m/s	velocidad	Inicio	Final	Inicial m	final m	PVC tubos
50	47	107,12	99,624	80	0,508	150	1 1/2	7,49	0,521	0,460	correcto	107,12	106,60	7,44	6,97	11
	47															

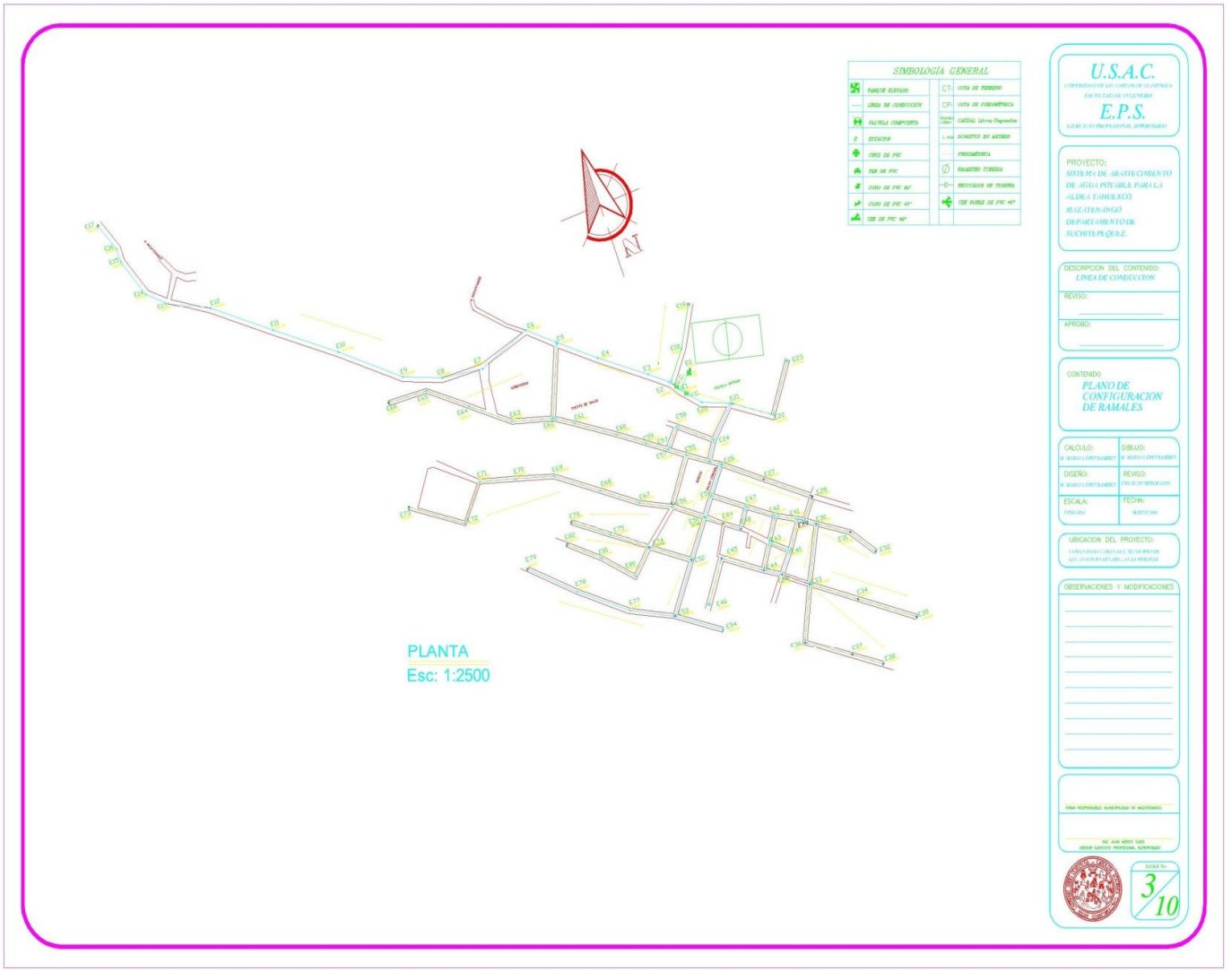
APENDICE B

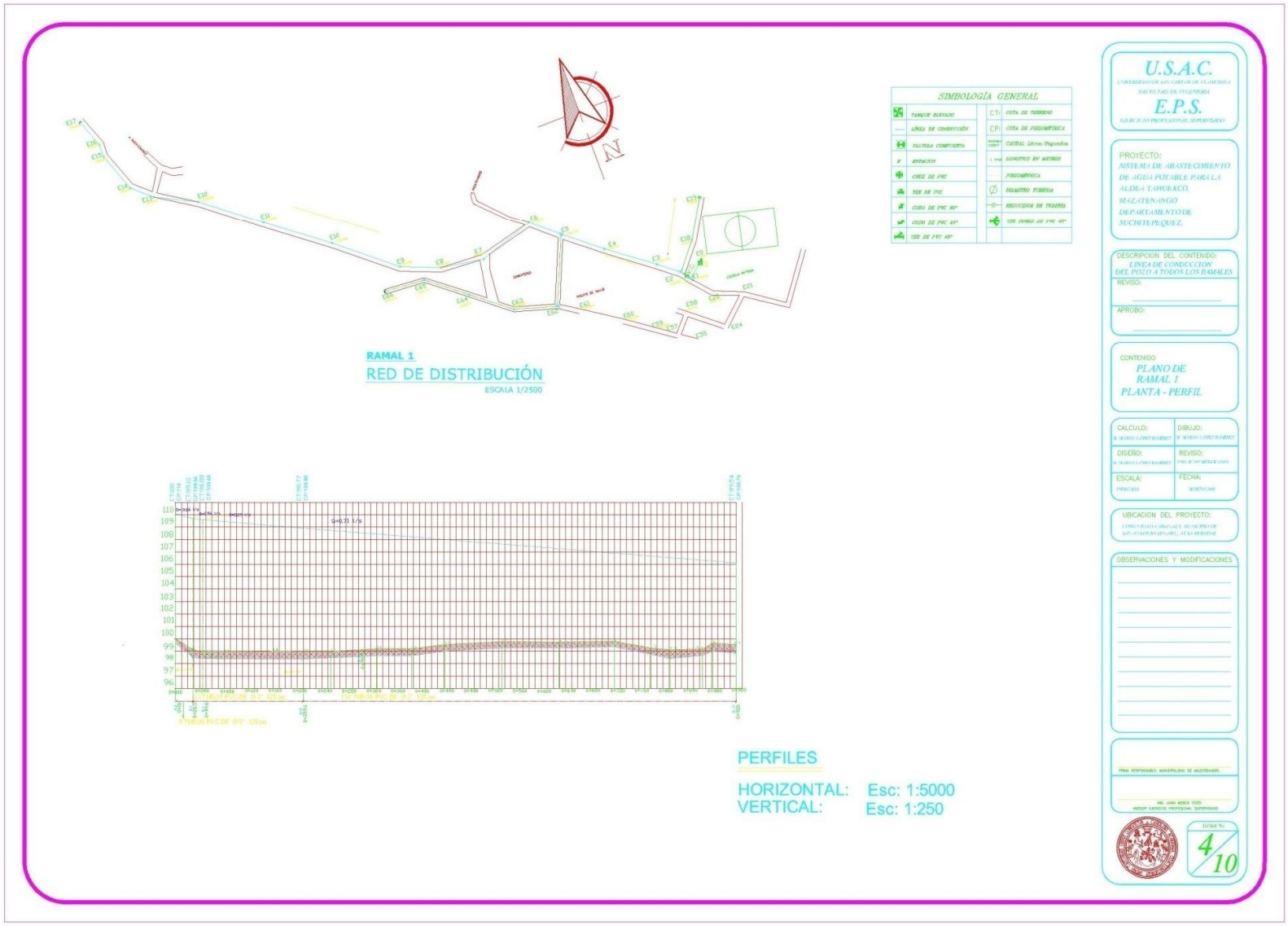
PLANOS AGUA POTABLE

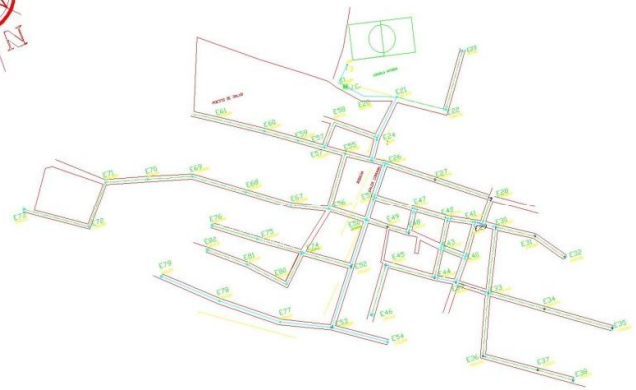


SIMBOLOGÍA GENERAL
TANQUE ELEVADO
LÍNEA DE CONDUCCIÓN
VALVULA COMPUERTA
ESTACION
CRUZ DE PVC
TEE DE PVC
CODO DE PVC 90°
YEE DE PVC 45°
CT: COTA DE TERRENO
CP: COTA DE PIEZOMÉTRICA
CAUDAL Litros/Segundos
LONGITUD EN METROS
PIEZOMÉTRICA
DIAMETRO TUBERIA
REDUCIDOR DE TUBERIA
YEE DOBLE DE PVC 45°
U.S.A.C.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P.S.
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
PROYECTO:
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MAZATENANGO DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ.
DESCRIPCION DEL CONTENIDO:
DENSIDAD DE VIVIENDA
REVISO:
APROBO:
CONTENIDO
PLANO DE DENSIDAD DE VIVIENDA
CALCULO:
DIBUJO:
DISEÑO:
REVISO:
ESCALA:
FECHA:
UBICACION DEL PROYECTO:
OBSERVACIONES Y MODIFICACIONES
FIRMA RESPONSABLE: MUNICIPALIDAD DE MAZATENANGO.
ING. JUAN MERCK COSS
ASESOR EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
HOJA No.
1/10
DENSIDAD DE VIVIENDA
ESCALA 1/2500


SIMBOLOGÍA GENERAL
E ESTACION
C COTA DE TERRENO
N
PLANO TOPOGRÁFICO
ESCALA 1/2500
OCÉANO PACÍFICO
ESTERO
U.S.A.C.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P.S.
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO
PROYECTO:
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MAZATENANGO DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ.
DESCRIPCION DEL CONTENIDO:
PLANO TOPOGRAFICO
REVISO:
APROBO:
CONTENIDO
PLANO:
TOPOGRAFICO
CALCULO:
DIBUJO:
DISEÑO:
REVISO:
ESCALA:
FECHA:
UBICACION DEL PROYECTO:
OBSERVACIONES Y MODIFICACIONES
2/10


SIMBOLOGIA GENERAL
U.S.A.C.
E.P.S.
PROYECTO:
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA TAHUILCO, MAZATENANGO DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ.
DESCRIPCION DEL CONTENIDO:
LINEA DE CONDUCCION
REVISO:
APROBO:
CONTENIDO
PLANO DE CONFIGURACION DE RAMALES
CALCULO:
DIBUJO:
DISEÑO:
REVISO:
ESCALA:
FECHA:
UBICACION DEL PROYECTO:
OBSERVACIONES Y MODIFICACIONES
HOJA No.
3/10
PLANTA
Esc: 1:2500


RAMAL 1
RED DE DISTRIBUCIÓN
ESCALA 1/2500
SIMBOLOGÍA GENERAL
PERFILES
HORIZONTAL: Esc: 1:5000
VERTICAL: Esc: 1:250
U.S.A.C.
E.P.S.
PROYECTO:
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MAZATENANGO DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ.
DESCRIPCION DEL CONTENIDO:
LINEA DE CONDUCCION DEL POZO A TODOS LOS RAMALES
REVISO:
APROBO:
CONTENIDO
PLANO DE RAMAL 1
PLANTA - PERFIL
CALCULO:
DIBUJO:
DISEÑO:
REVISO:
ESCALA:
FECHA:
UBICACION DEL PROYECTO:
OBSERVACIONES Y MODIFICACIONES
4/10



SIMBOLOGÍA GENERAL

	TANQUE ELEVADO	CT:	COTA DE TERRENO
	LINEA DE CONDUCCIÓN	CP:	COTA DE PIEZOMETRICA
	VALVULA COMPUESTA		CAUDAL Litros/Segundos
	ESTACION		LONGITUD EN METROS
	CODO DE PVC		PIEZOMETRICA
	TEE DE PVC	Ø	DIAMETRO TUBERIA
	CODO DE PVC 90°		REDUCCION DE TUBERIA
	CODO DE PVC 45°		TEE DOBLE DE PVC 45°
	TEE DE PVC 45°		

U.S.A.C.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P.S.
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA TAMBARAXO, MAZATENANGO, DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ.

DESCRIPCION DEL CONTENIDO:
LINEA DE CONDUCCION DEL POZO A TODOS LOS RAMALES
REVISO:
APROBO:

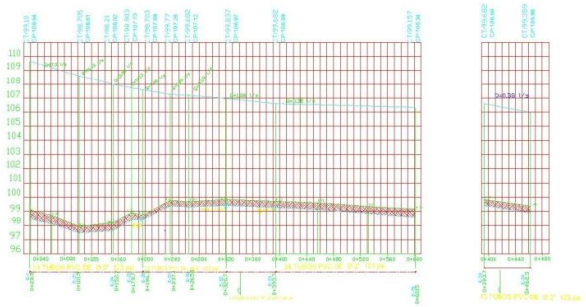
CONTENIDO
PLANO DE RAMAL 2
PLANTA - PERFIL

CALCULO:	DIBUJO:
DISEÑO:	REVISO:
ESCALA:	FECHA:

UBICACION DEL PROYECTO:

OBSERVACIONES Y MODIFICACIONES

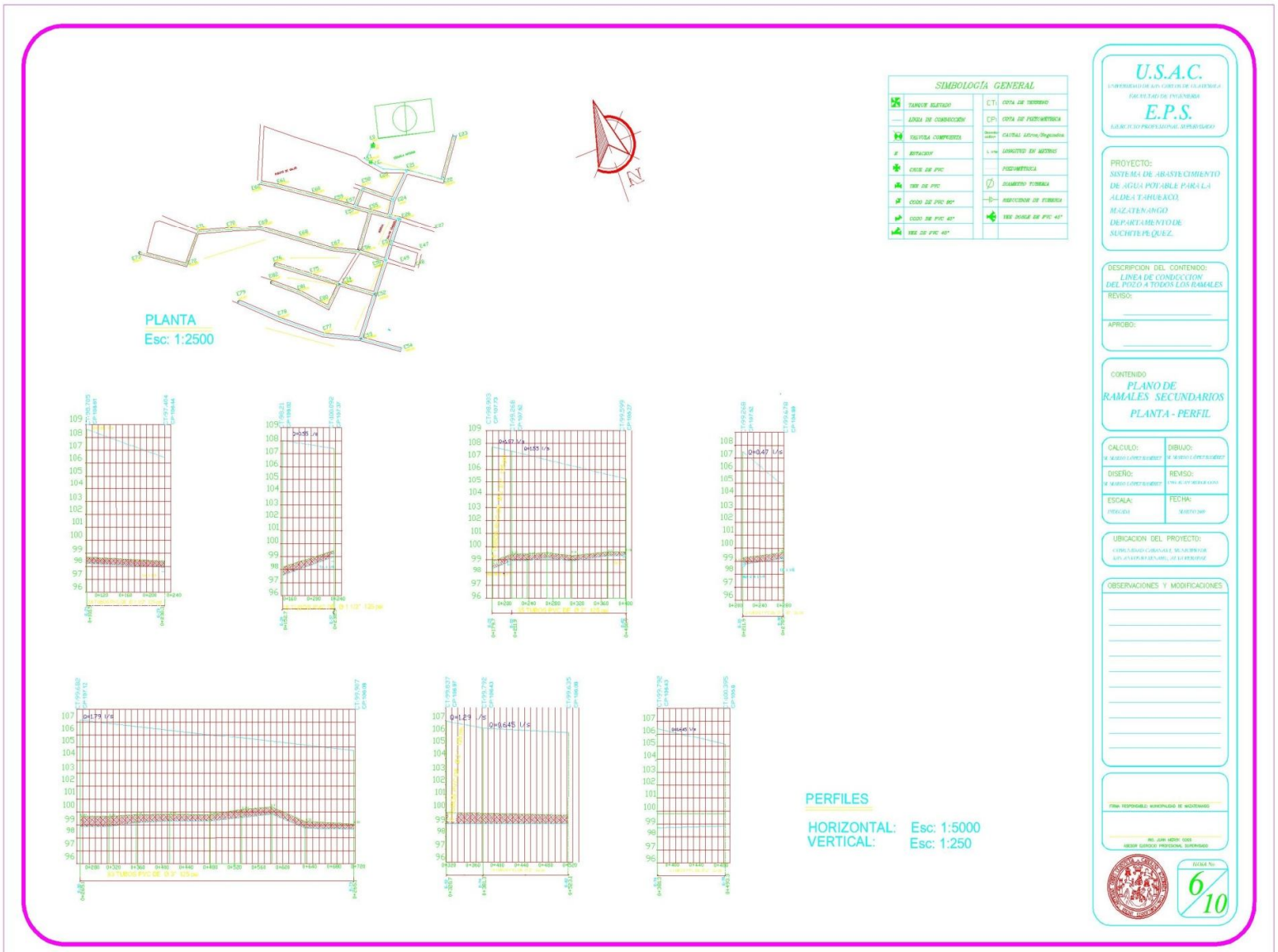
PLANTA
Esc: 1:2500

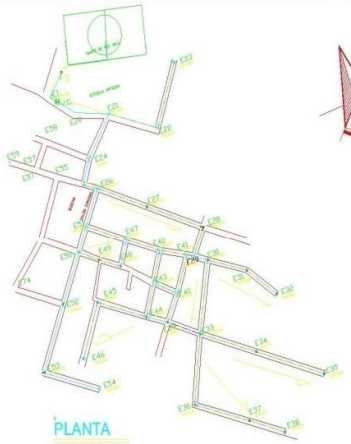


PERFILES

HORIZONTAL: Esc: 1:5000
VERTICAL: Esc: 1:250

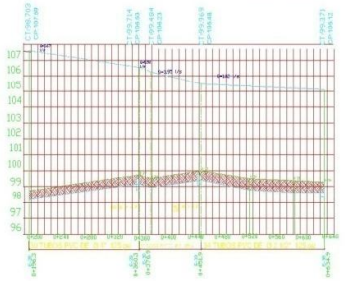
HOJA No.
5/10

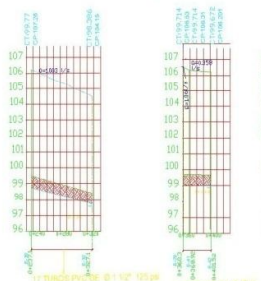

PLANTA
Esc: 1:2500
SIMBOLOGÍA GENERAL
PERFILES
HORIZONTAL: Esc: 1:5000
VERTICAL: Esc: 1:250
U.S.A.C.
E.P.S.
PROYECTO:
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MAZATENANGO DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ.
DESCRIPCION DEL CONTENIDO:
LINEA DE CONDUCCION DEL POZO A TODOS LOS RAMALES
REVISO:
APROBO:
CONTENIDO
PLANO DE RAMALES SECUNDARIOS
PLANTA - PERFIL
CALCULO:
DIBUJO:
DISEÑO:
REVISO:
ESCALA:
FECHA:
UBICACION DEL PROYECTO:
OBSERVACIONES Y MODIFICACIONES
6/10

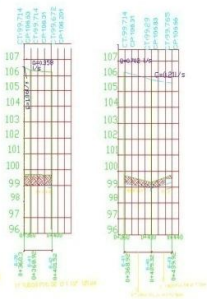


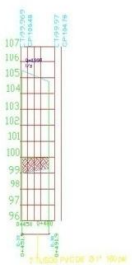
PLANTA
Esc: 1:2500

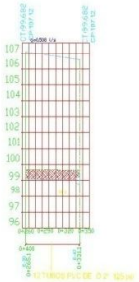
SIMBOLOGIA GENERAL			
TANQUE ELEVADO		CT	COTA DE TERRENO
LINEA DE CONDUCCIÓN		CP	COTA DE PIEZOMÉTRICA
VALVULA COMPUERTA		CAUDAL	CAUDAL Litros/Segundos
R	ROTACION	LONG.	LONGITUD EN METROS
CRUCE DE PVC			PIEZOMÉTRICA
TEE DE PVC		Ø	DIAMETRO TUBERIA
CODO DE PVC 90°			REDUCIDOR DE TUBERIA
CODO DE PVC 45°			TEE DOBLE DE PVC 45°
TEE DE PVC 45°			

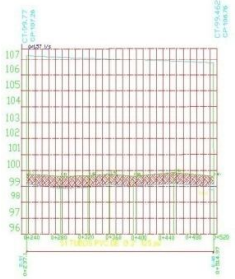












PERFILES

HORIZONTAL: Esc: 1:5000
VERTICAL: Esc: 1:250

U.S.A.C.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P.S.
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA TABUEJACO, MAZATENANGO DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ.

DESCRIPCION DEL CONTENIDO:
LINEA DE CONDUCCION DEL POZO A TODOS LOS RAMALES

REVISO:

APROBO:

CONTENIDO:
PLANO DE RAMALES SECUNDARIOS PLANTA - PERFIL

CALCULO:	DIBUJO:
DISEÑO:	REVISO:
ESCALA:	FECHA:

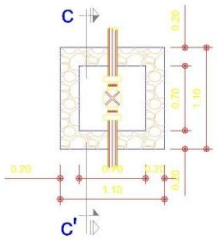
UBICACION DEL PROYECTO:

OBSERVACIONES Y MODIFICACIONES

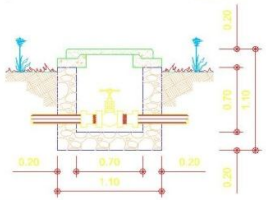
FIRMA RESPONSABLE MUNICIPALIDAD DE MAZATENANGO

ING. JUAN MERCK CEDE
ASESOR EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

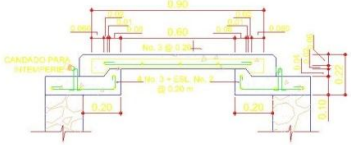
HOJA No.
7/10



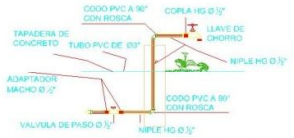
PLANTA
CAJA DE VALVULAS



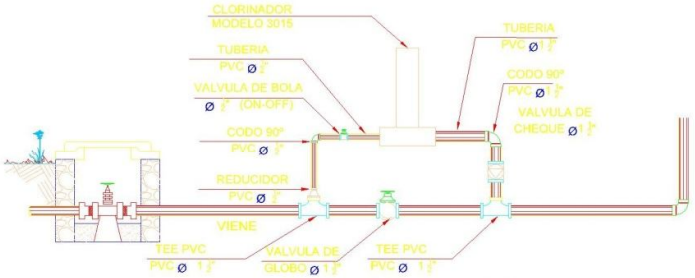
SECCION A - A'
CAJA DE VALVULAS



DETALLE DE TAPADERA



DETALLE INSTALACION DOMICILIAR



ESQUEMA PARA INTALACION
SISTEMA DE CLORINACION

U.S.A.C.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P.S.
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MAZATENANGO DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ.

DESCRIPCION DEL CONTENIDO:
DETALLES DE VALVULAS INST. DOMICILIAR Y CLORINADOR
REVISO:
APROBO:

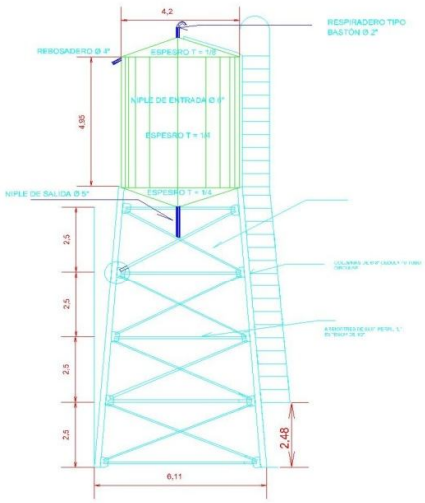
CONTENIDO
PLANO:
DETALLE DE CAJA DE VÁLVULAS - CLORINADOR INST. DOMICILIAR

CALCULO: DIBUJO:
DISEÑO: REVISO:
ESCALA: FECHA:

UBICACION DEL PROYECTO:

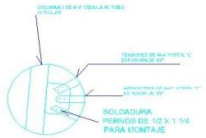
OBSERVACIONES Y MODIFICACIONES

HOJA No. 8/10

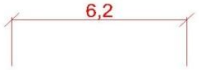


ELEVACION DE LA TORRE Y DEL TANQUE

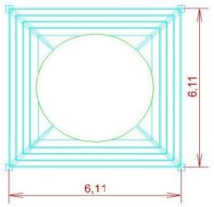
ESCALA 1:75



DETALLE DE JUNTAS



PLANTA DE CIMENTACIÓN



PLANTA

PLANTA ZAPATA

SECCIÓN ZAPATA

SOLERA DE AMARRE O VIGA CONECTORA

PEDESTAL

U.S.A.C.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P.S.
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA TAHUEXCO, MAZATENANGO DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ.

DESCRIPCION DEL CONTENIDO:
PLANO TANQUE ELEVADO

REVISO:

APROBO:

CONTENIDO
PLANO:
TANQUE ELEVADO
DETALLES

CALCULO:	DIBUJO:
DISEÑO:	REVISO:
ESCALA:	FECHA:

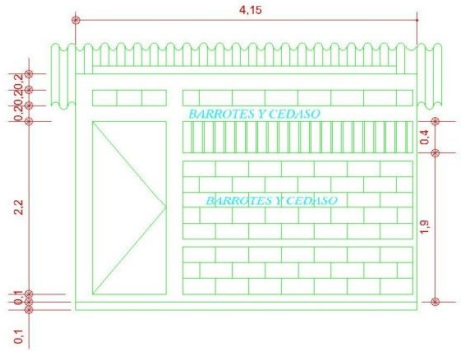
UBICACION DEL PROYECTO:
COMUNIDAD CABAÑAS, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO SUSAJIL, ALTA VERAPAZ

OBSERVACIONES Y MODIFICACIONES

FIRMA RESPONSABLE MUNICIPALIDAD DE MAZATENANGO

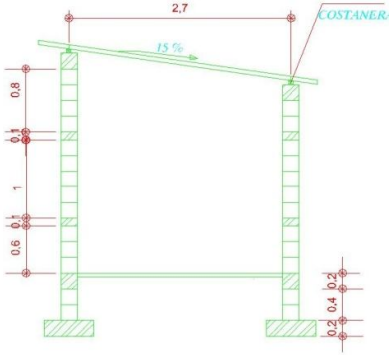
ING. JUAN HERCK COSS
ASESOR EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

HOJA No 9/10

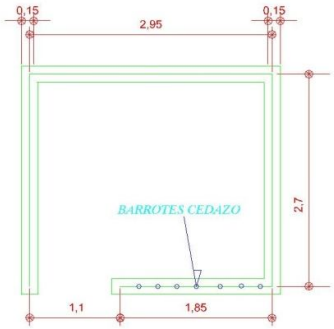


ELEVACIÓN FRONTAL

ESCALA 1:50

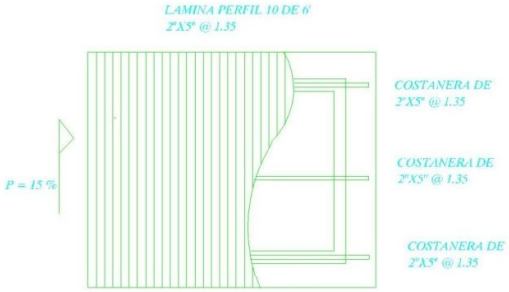


ESCALA 1:50



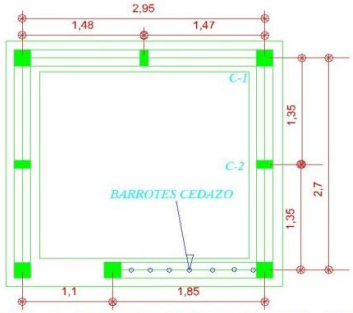
PLANTA ACOTADA

ESCALA 1:50



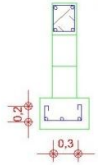
PLANTA DE TECHO

ESCALA 1:50



PLANTA DE CIMENTACION

ESCALA 1:50



SOLERA HIDRÓFUGA 1

ESTRIBOS No. 2 @ 0.20
SECCION DE 0.20X0.15
4 No. 3 LONGITUDINALES

CIMIENTO CORRIDO

ESLABON No. 2 @ 0.20
SECCION DE 0.30X0.20
3 No. 3 LONGITUDINALES

SOLERA 2

ESLABON No. 2 @ 0.20
SECCION DE 0.10X0.15
2 No. 3 LONGITUDINALES

COLUMNA C-1

ESTRIBO No. 2 @ 0.20
SECCION DE 0.15X0.15
4 No. 3 LONGITUDINALES

COLUMNA C- 2

ESLABON No. 2 @ 0.20
SECCION DE 0.15X0.10
2 No. 3 LONGITUDINALES

U.S.A.C.
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA
E.P.S.
EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

PROYECTO:
SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA ALDEA TAMUEXCO, MAZATENANGO DEPARTAMENTO DE SUCHITEPEQUEZ.

DESCRIPCION DEL CONTENIDO:
CASETA DE BOMBEO Y DETALLES, DESINFECCIÓN
REVISO:
APROBO:

CONTENIDO
PLANO:
CASETA DE BOMBEO Y DESINFECCIÓN

CALCULO:	DIBUJO:
M. MARIO LOPEZ RAMÍREZ	M. MARIO LOPEZ RAMÍREZ
DISEÑO:	REVISO:
M. MARIO LÓPEZ RAMÍREZ	ING. JUAN MERCK COSS
ESCALA:	FECHA:
INDICADA	MARZO 2008

UBICACION DEL PROYECTO:
COMUNIDAD CABAÑAS, MUNICIPIO DE SAN ANTONIO SUSCAPE, ALTA VERAPAZ.

OBSERVACIONES Y MODIFICACIONES

FIRMA RESPONSABLE MUNICIPALIDAD DE MAZATENANGO

ING. JUAN MERCK COSS
ASESOR EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO

HOJA No
10/10

ANEXOS

ANEXO A

TABLA DE DIÁMETROS, MÓDULO DE ELASTICIDAD,
PRESIONES Y PRESIÓN DE VAPOR

Tabla XII Diámetros internos de tubería PVC para diseño de acueductos

Diámetro comercial	Diámetro interior 100 psi	Diámetro interior 125 psi	Diámetro interior 160 psi	Diámetro interior 250 psi	Diámetro interior 315 psi
½"					0.716
¾"				0.926	
1"			1.195	1.161	
1 ¼"			1.532	1.464	
1 ½"			1.754	1.676	
2"			2.193	2.095	
2 ½"			2.655	2.537	
3"		3.284	3.230	3.088	
4"	4.280	4.224	4.154	3.970	
6"	6.301	6.217	6.115	5.845	
8"	8.205	8.095	7.961	7.609	

Tabla XIII Módulo de elasticidad de materiales de construcción de tubería

MATERIAL		Kg / M² (10 E9)
Asbesto cemento	AC	2.38 +
Hierro fundido	HF	6.00 +
Hierro galvanizado	HG	21.00 +
Cloruro de polivinilo rígido	PVC	0.30 **

+ ZUBICARAY M., M.V.S. Bombas para agua potable, Ref. 7
** Catálogo técnico sobre consideraciones de diseño para tubería P.V.C.

Tabla XIV Variación de la presión atmosférica respecto de la altitud

ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR M.	PRESIÓN ATMOSFÉRICA	
	kg./cm²	M. COLUMNA DE AGUA m.c.a.
0.00	1.0330	10.3300
300.00	0.9966	9.9660
600.00	0.9608	9.6080
900.00	0.9213	9.2130
1,200.00	0.8925	8.9250
1,500.00	0.8598	8.9580
3,000.00	0.7107	7.1070
4,500.00	0.5834	5.8340
6,000.00	0.4262	4.2620
7,500.00	0.3835	3.8350

- Tomado de Mecánica de Fluidos, A.B. Daugherty y Ph Ingersol (Ref. II)

Tabla XV Variación de la presión de vapor del agua respecto de la temperatura

TEMPERATURA C°	PRESIÓN DE VAPOR	
	kg./cm²	M. COLUMNA DE AGUA m.c.a.
0	1.0330	10.3300
5	0.9966	9.9660
10	0.9608	9.6080
15	0.9213	9.2130
20	0.8925	8.9250
25	0.8598	8.9580
30	0.7107	7.1070
35	0.5834	5.8340

ANEXO B

ESFUERZOS UNITARIOS DE TRACCIÓN, DE COMPRESIÓN, DE FLEXIÓN, DE CORTE, DE APLASTAMIENTO Y APLASTAMIENTO DE PERNOS

Tabla XVI Esfuerzos unitarios de tracción

TIPO	ESFUERZO UNITARIO MÁXIMO (LB/PUL.²)
Acero estructural en sección neta	15,000.00
Pernos y otras partes roscadas	15,000.00
Placas de acero en paredes del tanque	15,000.00

Tabla XVII Esfuerzos unitarios de compresión

TIPO	ESFUERZO UNITARIO MÁXIMO (LB/PUL.²)
Placas en paredes	15,000.00
Acero estructural y metal de soldadura	15,000.00
Rigizadores vigas de alma llena, almas de secciones laminadas al pie del filete.	18,000.00
Acero de fundición	15,000.00

Tabla XVIII Esfuerzos unitarios de corte

TIPO	ESFUERZO UNITARIO MÁXIMO (LB/PUL.²)
Pines y pernos tratados, en agujeros rimados o barrenados	11,250.00
Pernos corrientes	7,500.00
Alma de vigas y vigas de alma llena, sección total	9,750.00
Acero de fundición	7,325.00
Placas del tanque y uniones estructurales de material de acero	11,250.00

ANEXO C
TIPOS DE SOLDADURAS

Tabla XIX Diseño de soldaduras

VALORES	TIPO SOLDADURAS	
	ACANALADAS	FILETE
Tensión	85%	
Compresión	100%	
Corte	75%	
Corte transversal		65%
Corte longitudinal		50%

ANEXO D

EXAMEN BACTERIOLÓGICO
Y FÍSICO-QUÍIMICO

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

Nº 004099

EXAMEN BACTERIOLOGICO

O.T. No. 24 746 **INF. No.A-300 599**

INTERESADO	MEDRANO MARIO LÓPEZ RAMÍREZ (carné No. 2000 18237)	PROYECTO:	EPS "Diseño de Sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para la aldea Tahuexco"
MUESTRA RECOLECTADA POR	interesado	DEPENDENCIA:	FACULTAD DE INGENIERÍA –USAC
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA:	Mazatenango	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2009-03-13; 06 h 00 min.
FUENTE:	Tahuexcco	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO:	2009-03-13; 11 h 45 Min
MUNICIPIO:	Mazatenango		
DEPARTAMENTO:	Suchitepéquez	CONDICIONES DE TRANSPORTE:	Sin refrigeración
SABOR:	-----	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN	Lig. cantidad
ASPECTO:	Lig. turbio	CLORO RESIDUAL	-- ---
OLOR:	Inodora		

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI – AEROGENES)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACIÓN DE GAS – 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm^3	+++++	+++++	+++++
01,00 cm^3	+++++	+++++	+++--
00,10 cm^3	+++++	+++++	-----
RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMENES COLIFORMES/100cm^3		$\geq$ 1 600	80

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

OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua se enmarca en la CLASIFICACIÓN II. Calidad bacteriológica que precisa la aplicación de los métodos habituales de tratamiento (coagulación, sedimentación, filtración, desinfección). Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para fuentes de agua.

Guatemala, 2009 -03-31

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA *CII*/USAC

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA DIRECCION Guatemala, C. A.

Zenón Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA LABORATORIO UNIFICADO DE QUIMICA Y MICROBIOLOGIA SANITARIA "DRA. ALBA TABARINI MOLINA" USAC GUATEMALA

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

Nº 004098

O.T. No. 24 746 — ANALISIS FISICO QUIMICO SANITARIO — **INF. No.** 23 581

INTERESADO:	**MEDRANO MARIO LÓPEZ RAMÍREZ (Carné No. 200018237)**	PROYECTO:	**EPS"Diseño del Sistema de abastecimientote agua potable por bombeo para la aldea Tahuexco"**
RECOLECTADA POR:	Interesado	DEPENDENCIA:	FACULTAD DE INGENIERÍA-USAC
LUGAR DE RECOLECCIÓN:	Mazatenango	FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN:	2009-03-13; 06 h 00 min.
FUENTE:	Tahuexcco	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.:	2009-03-13; 11 h 45 min.
MUNICIPIO:	Mazatenango	CONDICIÓN DEL TRANSPORTE:	Sin refrigeración
DEPARTAMENTO:	Suchitepéquez		

RESULTADOS

1. ASPECTO:	Lig. Turbio	4. OLOR:	Inodora	7. TEMPERATURA: (En el momento de recolección)	- -° C
2. COLOR:	16,00 Unidades	5. SABOR:	-------	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	563,00 µmhos/cm
3. TURBIEDAD:	01,02 UNT	6.potencial de Hidrógeno (pH) :	7,80 unidades		

SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH_3)	00,33	6. CLORUROS (Cl^-)	58,00	11. SOLIDOS TOTALES	311,00
2. NITRITOS ($NO2^-$)	00,068	7. FLUORUROS (F^-)	00,37	12. SOLIDOS VOLÁTILES	11,00
3. NITRATOS ($NO3^-$)	41,80	8. SULFATOS (SO^{-2}_4)	55,00	13. SOLIDOS FIJOS	300,00
4. CLORO RESIDUAL	- -	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,03	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	08,00
5. MANGANESO (Mn)	00,007	10. DUREZA TOTAL	130,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	298,00

ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)

HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L
00,00	00,00	124,00	124,00

OTRAS DETERMINACIONES _____

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista de la calidad física aspecto ligeramente turbia (rechazable). Desde el punto de vista de la calidad química el agua cumple con la norma. Según normas internacionales de la Organización Mundial de la Salud para Fuentes de Agua.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. – A.W.W.A.- W.E.F. 21TH EDITION 2 005, NORMA COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA.

Guatemala, 2009-03-31

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA *CII*/USAC

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA – DIRECCION – Guatemala, C. A.

Zenón Much Santos
Ing. Químico Col. No. 420
M. Sc. en Ingeniería Sanitaria
Jefe Técnico Laboratorio

CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA – FACULTAD DE INGENIERIA – LABORATORIO UNIFICADO DE QUÍMICA Y MICROBIOLOGIA SANITARIA "DRA. ALBA TABARINI MOLINA" – USAC – GUATEMALA

ANEXO E

PERDIDAPOR FRICCION EN ACCESORIOS, CONVERTIDAS A METROS EN TUBERIA DE P.V.C.

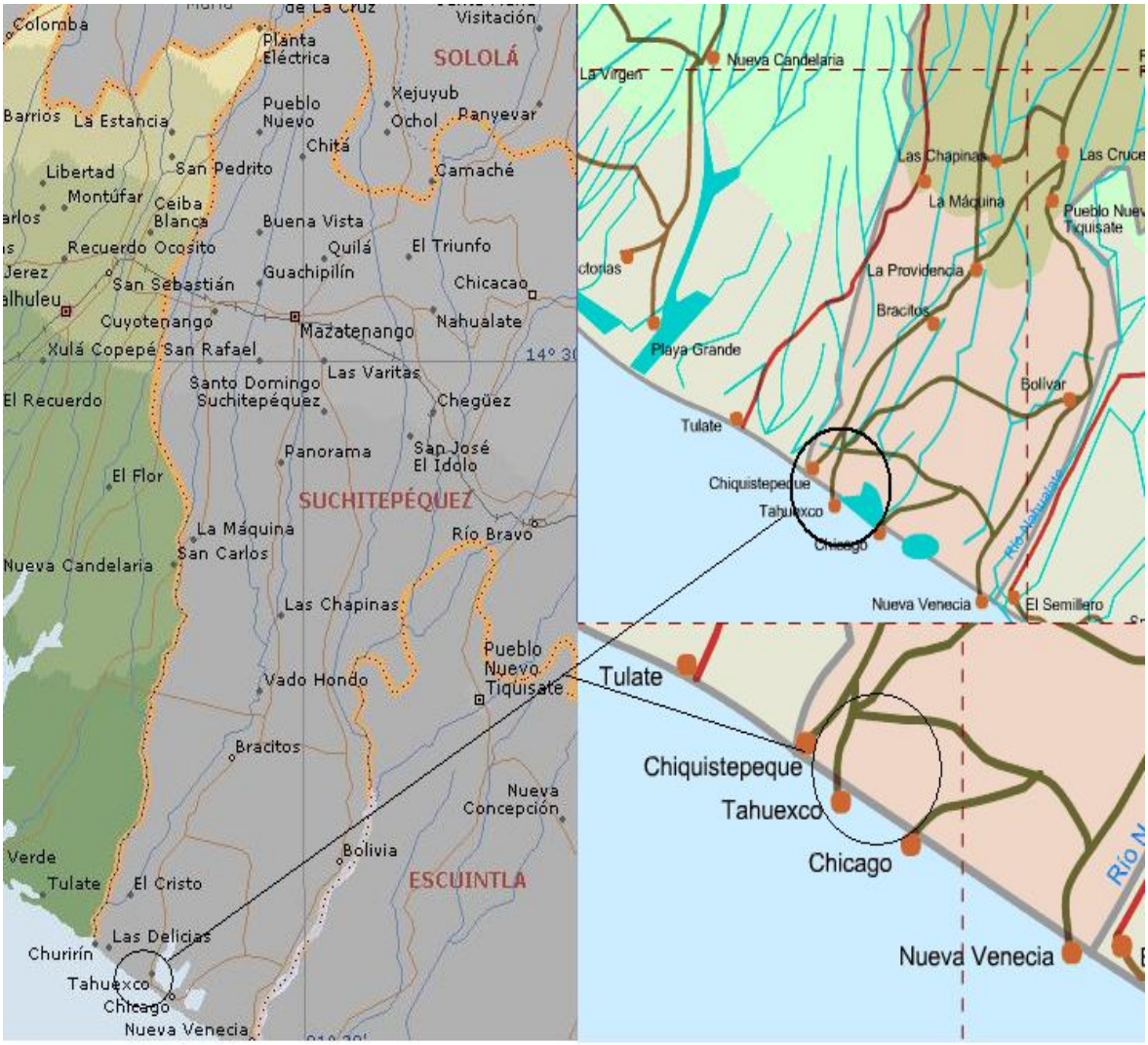
TABLA XX

PERDIDAS POR FRICCION EN ACCESORIOS, CONVERTIDAS A METROS EN TUBERIA DE P.V.C.

EN TUBERIA DE P.V.C.

Diámetro nominal	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"	6"	8"
Codo 90º	1.1	1.2	1.5	2.0	3.2	3.4	3.7	3.9	4.3	5.4	6.5
Te	0.7	0.8	0.9	1.5	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	3.8	5.0
Codo 45º	0.4	0.5	0.7	1.0	1.3	1.5	1.7	1.8	1.9	2.6	3.5
Curva 90º	0.4	0.5	0.6	0.7	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	2.1	2.8
Curva 45º	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4
Válvula retensión tipo leve	2.5	2.7	3.8	4.9	6.8	7.1	8.2	9.3	10.4	13.9	17.6
Válvula retensión tipo pesado	3.6	4.1	5.8	7.4	9.1	10.8	12.5	14.2	16.0	21.4	27.2
Válvula globo	11.1	11.4	15.0	22.0	35.8	37.9	38.0	40.0	42.3	56.7	72.1
Válvula compuerta	0.1	0.2	0.3	0.4	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.2	1.4

FIGURA 3


Colomba
Visitación
Planta Eléctrica
SOLOLÁ
Xejuyub
Barrios
La Estancia
Pueblo Nuevo
Ochol
Panyevar
Chitá
Libertad
San Pedrito
Camaché
Montúfar
Ceiba Blanca
Buena Vista
Recuerdo Ocosito
Quilá
El Triunfo
Jerez
Guachipilín
San Sebastián
Chicacao
Cuyotenango
Mazatenango
Nahualate
Xulá
Copepé
San Rafael
Las Varitas
El Recuerdo
Santo Domingo Suchitepéquez
Chegüez
Panorama
San José El Idolo
El Flor
SUCHITEPÉQUEZ
La Máquina
Río Bravo
San Carlos
Nueva Candelaria
Las Chapinas
Pueblo Nuevo Tiquisate
Vado Hondo
Bracitos
Nueva Concepción
Verde
Bolivia
Tulate
El Cristo
ESCUINTLA
Las Delicias
Churirín
Tahuexco
Chicago
Nueva Venecia
La Virgen
Nueva Candelaria
Las Chapinas
La Máquina
Pueblo Nuevo Tiquisate
La Providencia
Bracitos
Playa Grande
Bolívar
Tulate
Chiquistepeque
Tahuexco
Chicago
Río Nahualate
Nueva Venecia
El Semillero
Tulate
Chiquistepeque
Tahuexco
Chicago
Río N
Nueva Venecia