



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

**DISEÑO DE DOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POR BOMBEO, UNO EN LA ALDEA LA
ESPERANZA Y OTRO EN LA ALDEA MONTERREY I, DEL MUNICIPIO DE COATEPEQUE,
DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO**

Alexander Paz Turcios

Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

Guatemala, febrero de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE DOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POR BOMBEO, UNO EN LA ALDEA LA
ESPERANZA Y OTRO EN LA ALDEA MONTERREY I, DEL MUNICIPIO DE COATEPEQUE,
DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ALEXANDER PAZ TURCIOS

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
EXAMINADOR	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano.
EXAMINADORA	Inga. Mercedes García de Obregón
SECRETARIA	Inga. Gilda Marina Castellanos de Illescas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE DOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POR BOMBEO, UNO EN LA ALDEA LA ESPERANZA Y OTRO EN LA ALDEA MONTERREY I, DEL MUNICIPIO DE COATEPEQUE, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha agosto de 2003.



Alexander Paz Turcios



REF. EPS.MAA05UP.008.2007

Guatemala,
20 de abril 2007

Ingeniero
Angel Roberto Sic García
Director de EPS
Unidad de Práctica de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería
USAC

Respetable Ingeniero Sic García.

Por medio de la presente, envío a usted el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), titulado: DISEÑO DE DOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POR BOMBEO, UNO EN LA ALDEA LA ESPERANZA Y OTRO EN LA ALDEA MONTERREY I, DEL MUNICIPIO DE COATEPEQUE, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO.

Este trabajo lo desarrolló el estudiante ALEXANDER PAZ TURCIOS fue asesorado y supervisado por el suscrito.

Por lo que, habiendo cumplido con los objetivos y los requisitos de ley, solicito dar el trámite correspondiente.

Sin otro particular, me es grato suscribirme de usted.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochoa
Supervisor de EPS





Guatemala, 04 de junio de 2007
Ref. EPS. C. 333.06.07

Ing. Fernando Amílcar Boiton Velásquez
Director Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Boiton Velásquez.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la practica del ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S.) titulado **“DISEÑO DE DOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POR BOMBEO, UNO EN LA ALDEA LA ESPERANZA Y OTRO EN LA ALDEA MONTERREY I, DEL MUNICIPIO DE COATEPEQUE, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO”** que fue desarrollado por el estudiante universitario **ALEXANDER PAZ TURCIOS**, quien fue debidamente asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

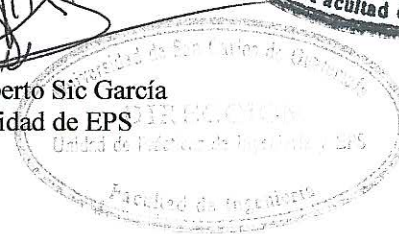
Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del asesor – supervisor, en mi calidad de director apruebo su contenido; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme,

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Ángel Roberto Sic García
Director Unidad de EPS



ARSG/jm



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



Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa
 Director Escuela Ingeniería Civil
 Facultad de Ingeniería
 Guatemala

Guatemala,
 17 de septiembre de 2010

Ingeniero
 Hugo Leonel Montenegro Franco
 Director Escuela Ingeniería Civil
 Facultad de Ingeniería
 Guatemala

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación DISEÑO DE DOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POR BOMBEO, UNO EN LA ALDEA LA ESPERANZA Y OTRO EN LA ALDEA MONTERREY I, DEL MUNICIPIO DE COATEPEQUE, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Alexander Paz Turcios, quien contó con la asesoría del Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta.

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

ID Y ENSEÑAD A TODOS

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

/bbdeb.

PROGRAMA DE
 INGENIERIA CIVIL
 ACREDITADO POR





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



El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta y de la Directora de la Unidad de E.P.S. Ing. Ángel Roberto Sic García, al trabajo de graduación del estudiante Alexander Paz Turcios, titulado DISEÑO DE DOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POR BOMBEO, UNO EN LA ALDEA LA ESPERANZA Y OTRO EN LA ALDEA MONTERREY I, DEL MUNICIPIO DE COATEPEQUE, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECTOR
USAC

Guatemala, febrero de 2011

/bbdeb.



DTG. 064.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE DOS ABASTECIMIENTOS DE AGUA POR BOMBEO. UNO EN LA ALDEA LA ESPERANZA Y OTRO EN LA ALDEA MONTERREY I, DEL MUNICIPIO DE COATEPEQUE, DEPARTAMENTO DE QUETZALTENANGO**, presentado por el estudiante universitario **Alexander Paz Turcios**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 25 de febrero de 2011

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Mis padres	Manuel de Jesús Paz Barrios, Armenia Turcios de Paz.
Mis hermanos	Abner Manuel Paz Turcios. Edson Ardany Paz Turcios. Sergio Ardany Juárez Mancilla
Mis hijos	Josep Alexander Paz García, Catherine Roció Paz Lam, Allan Gael Paz Lam, Aylin Alexandra Paz Lam
Mi abuelos	Maximino Paz. (q.e.p.d.), Filomena Barrios de Paz. (q.e.p.d.), Octavio Turcios. (q.e.p.d.), María Ramos de Turcios. (q.e.p.d.)
Mis padrinos	Ing. Walter Roderico Pérez Arriaga Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta

AGRADECIMIENTOS A:

- Mi padre** Por todos los sacrificios que hizo en su vida para poder darme la oportunidad de superarme como persona.
- Mi madre** Quien ha sido el medio más importante de inspiración que he tenido para salir adelante en mi vida, por su sacrificio también como mi padre.
- Mis hermanos** Abner Manuel, Edson Ardany, Sergio Ardany, por ser el mejor y más sólido apoyo que he tenido, por sus atenciones y sobre todo por el cariño que siempre me han tenido.
- Mis hijos** Josep, Catherine, Allan, Aylin por ser fuente de inspiración que he tenido en los momentos difíciles.
- Mi Esposa** Roció de Paz, por ser siempre como eres, gracias.
- Mis amigos** José Moran Salan, Walter Pérez, Otto Tanchez, Juan Carlos Pacheco, Javier Rendón, Anakena Hernández, Sergio Hernández.
- Mi asesor** Ingeniero Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta, por darme la oportunidad de realizar el presente

trabajo.

José moran

Especialmente por su amistad, compartir y apoyar en el presente trabajo.

Tricentenaria

Universidad de San Carlos de Guatemala, especialmente Facultad de Ingeniería por formarme como profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ÁREA DE ESTUDIO.....	1
1.1. Actividad económica.....	1
1.2. Vías de acceso	1
1.3. Localización geográfica	2
1.4. Orografía	4
1.5. Aspectos climatológicos e hidrológicos	4
1.6. Datos socioeconómicos.....	5
1.7. Autoridades y servicios públicos.....	6
2. ESTUDIOS DE POBLACIÓN	7
2.1. Encuesta sanitaria	7
2.2. Proyección de población.....	11
2.3. Determinación de población de diseño.....	12
3. FUENTES DE AGUA	15
3.1. Abastecimiento actual de la población	15
3.2. Estudios de demanda de agua	15
3.3. Dotación	16

3.4.	Determinación del consumo de agua	17
3.4.1.	Consumo medio diario (Cmd).....	17
3.4.2.	Consumo Máximo Diario (CMD).....	17
3.4.3.	Consumo Máximo Horario (CMH)	17
3.5.	Posibles fuentes de abastecimiento	18
3.6.	Estudio de la calidad del agua	18
3.6.1.	Análisis físico químico sanitario.....	19
3.6.2.	Examen bacteriológico	21
3.6.3.	Método de los tubos múltiples de fermentación	21
3.6.4.	Prueba de presencia ausencia (P-A de coliformes).....	22
3.7.	Aforo de la fuente	22
3.8.	Factibilidad técnica.....	25
4.	DISEÑO DEL SISTEMA POR BOMBEO	27
4.1.	Diseño de la tubería de impulsión	27
4.2.	Altura neta de succión.....	30
4.2.1.	Altura neta de succión positiva.....	30
4.2.2.	Altura neta de succión positiva disponible en bombeo horizontal.....	31
4.2.3.	Altura neta de succión positiva disponible en bombeo vertical	32
4.3.	Carga dinámica	33
4.3.1.	Carga dinámica total en bombeo horizontal	33
4.3.2.	Carga dinámica total en bombeo vertical	35
4.4.	Sobrepresión por golpe de ariete	35
4.5.	Potencia de la bomba.....	36
4.6.	Equipo de bombeo	37

5.	DESARROLLO DEL PROYECTO	41
5.1.	Bases de diseño	41
5.2.	Diseño hidráulico	44
5.3.	Aforos	56
5.4.	Calidad del agua.....	58
5.5.	Recuperación del pozo	62
5.6.	Sistema de tratamiento del agua	63
5.7.	Obras hidráulicas.....	63
5.8.	Lista de materiales y presupuesto	83
5.9.	Administración operación y mantenimiento	89
5.10.	Tarifa del servicio	98
6.	VULNERABILIDAD EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE	101
6.1.	Concepto de riesgo, amenaza y vulnerabilidad	101
6.2.	Descripción de las amenazas naturales y de sus efectos en los sistemas de agua potable	110
6.3.	Mitigación de desastres	115
7.	EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....	121
7.1.	Definición de impacto ambiental y evaluación de impacto ambiental	121
7.2.	Leyes para la aplicación de la evaluación de impacto ambiental	121
7.3.	Descripción y procedimiento que debe cumplir la evaluación de impacto ambiental	122
7.4.	Evaluación de impacto ambiental del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para las aldeas Monterrey I y La Esperanza, municipio de Coatepeque, Quetzaltenango	124

CONCLUSIONES..... 127
RECOMENDACIONES 129
BIBLIOGRAFÍA..... 131

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de comunidades	3
2.	Organigrama para la administración del proyecto	90
3.	Gestión del riesgo	107

TABLAS

I.	Clima de la región: cálido	4
II.	Número de viviendas y habitantes de la aldea Monterrey I	7
III.	Número de viviendas y habitantes de la aldea La Esperanza	7
IV.	Número de habitantes por edades de la aldea Monterrey I	8
V.	Número de habitantes por edades de la aldea La Esperanza	8
VI.	Sexo y grupo étnico de la aldea Monterrey I	8
VII.	Sexo y grupo étnico de la aldea La Esperanza	9
VIII.	Educación de la aldea Monterrey I	9
IX.	Educación de la aldea La Esperanza	9
X.	Otros parámetros importantes de la aldea Monterrey I	10
XI.	Otros parámetros importantes de la aldea La Esperanza	10
XII.	Características físicas. Límite máximo aceptable y límite máximo permisible que debe tener el agua potable	19
XIII.	Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles	20
XIV.	Caudales y diámetros	23
XV.	Diseño hidráulico Monterrey I	54

XVI.	Diseño hidráulico La Esperanza	55
XVII.	Frecuencias mínimas de la toma de muestras	62
XVIII.	Presupuesto línea conducción y distribución Monterrey I.....	85
XIX.	Presupuesto línea conducción y distribución La Esperanza	87
XX.	Perfil de puestos, para la administración del sistema de agua	92
XXI.	Detalle del programa de operación y mantenimiento.....	95
XXII.	Matriz de identificación de impactos ambientales	125

LISTA DE SÍMBOLOS

α	Ángulo horizontal
Q	Caudal en litros por segundo
QMD	Caudal máximo diario
QMH	Caudal máximo horario
Qm	Caudal medio
V² / 2g	Carga de velocidad, en metros
pvc	Cloruro de polivinilo
C	Coefficiente de fricción
Δ	Diferencia en metros de lectura de hilo superior con hilo inferior.
D.H.	Distancia horizontal
psi	Libras por pulgada cuadrada
L / hab. /día	Litros por habitante por día

L/S	Litros por segundo
mca	Metros columna de agua
Ea	Módulo de elasticidad del agua, en kg/cm^2
Hs	Pérdidas menores en la tubería
Hf	Pérdidas por fricción en la tubería
Pn	Población futura en un tiempo t_n
I	Tasa de crecimiento en la población

GLOSARIO

Acero de refuerzo	Varilla de hierro corrugado utilizadas en el concreto reforzado.
Aforo	Medición de la cantidad de un fluido en función del tiempo; en el caso de agua podría ser la producción de una fuente, o bien la cantidad de agua que pasa por una tubería en un período de tiempo.
Amenaza	Probabilidad de ocurrencia de un evento con probabilidad de desastre durante cierto período, en un sitio dado.
Captación de agua	Estructura por medio de la cual se colecta el agua de una fuente.
Caudal	Cantidad de agua que circula por un conducto en unidad de tiempo.
Concreto reforzado	Material de construcción, obtenido de una mezcla de cemento, grava, arena y agua, que se endurece dentro de moldes, rodeando el acero dentro de armaduras antes de endurecerse, tomando así la forma y dimensiones de la estructura deseada.

Conducción	Es la infraestructura que sirve para llevar el agua, desde la captación al tanque de almacenamiento.
Consumo diario	Es la cantidad de agua, que consume el ser humano por día.
Cota del terreno	Elevación del terreno sobre un nivel de referencia.
Cota piezométrica	Es la máxima presión dinámica en cualquier punto de la línea.
Demanda de agua	Es la cantidad de agua que requiere una población en un período determinado de tiempo.
Diseño	Es la fase de trabajo de gabinete, en la que se elabora el proyecto sobre los datos obtenidos en la fase anterior de campo y en la preliminar.
Estructura de distribución	Es la infraestructura que se utiliza para llevar el agua almacenada en el tanque hacia las viviendas beneficiadas.
Excavación	Conjunto de operaciones necesarias para remover parte del terreno.

Fuente	Es el manantial del que se dispondrá la toma de agua.
Pendiente	Inclinación con respecto a una línea horizontal. Es definida por la función tangente = cateto opuesto dividido cateto adyacente de un triángulo.
Punto de rocío	Es la temperatura hasta la cual es necesario enfriar el aire a presión constante para que se sature y se produzca la condensación del agua.
Riesgo	Grado de pérdidas esperadas y efectos provocados debido a la ocurrencia de un evento particular en función de la amenaza y la vulnerabilidad.
Tubería	Son los conductos por medio de los cuales se desplazará el agua.
Vertedero	Es la sección (rectangular, triangular o trapezoidal) de un volumen de control por el cual se hará fluir un líquido.

Vulnerabilidad

Grado de daño de un elemento que corre riesgo, como resultado de la probable ocurrencia de un evento que implique desastre, expresada en una escala desde 0, o sin daño, hasta 1, o pérdida total.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consiste en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para la aldea Monterrey I y La Esperanza, municipio de Coatepeque, Quetzaltenango.

El acueducto es un sistema que funcionará por bombeo, para el mismo se ha considerado el pozo perforado para el suministro del servicio.

Dentro del diseño se elaboró la monografía del lugar, los diagnósticos respecto a las necesidades más inmediatas en cuanto a la falta de servicios, y se plantearon manuales de operación y administración del sistema, así como el análisis tarifario del canon de agua.

También, se incluyó un apartado específico tratando el tema de vulnerabilidad e impacto ambiental; en el mismo se establece la importancia de realizar este tipo de análisis en el diseño de toda obra civil y se plantea una serie de medidas de mitigación, con las que se pretende tener el medio técnico más económico para proteger al sistema y sus componentes del efecto que produce la presencia de una amenaza, así como conocer las leyes, reglamentos y procedimientos que debe cumplir la evaluación de impacto ambiental.

OBJETIVOS

General

Desarrollar la planificación y diseño de la red de agua potable para la aldea Monterrey I y La Esperanza, municipio de Coatepeque, departamento de Quetzaltenango.

Específicos

1. Elevar el nivel organizativo y de gestión de la comunidad.
2. Reducir la incidencia de enfermedades gastro intestinales en las respectivas aldeas.
3. Colaborar con la municipalidad en la planificación y ejecución de proyectos de obra civil dirigidos a las comunidades que carecen de los mismos.
4. Mejorar las condiciones de vida de los habitantes de estas comunidades.

INTRODUCCIÓN

La aldea Monterrey I y La Esperanza ubicados en el municipio de Coatepeque, Quetzaltenango, al igual que otras localidades de este municipio, forma parte de las comunidades que actualmente no cuentan con los servicios básicos vitales para su desarrollo.

La falta de aprovisionamiento de agua, sanitariamente segura para el consumo humano, enmarca aspectos tales como: condiciones de vida insalubres, extrema pobreza y poco desarrollo dentro de la comunidad que carece del servicio. En la actualidad, los comités prointroducción de agua potable de las aldeas, realizan gestiones de apoyo para la construcción de los sistemas de abastecimiento de agua potable ante varias instituciones a saber:

- La municipalidad de Coatepeque, como autoridad local.
- El Consejo de Desarrollo Departamental y el Fondo Nacional para la Paz (FONAPAZ).

Debido a lo anterior, y para dar respuesta a una parte de la problemática planteada que se manifiesta en la falta de infraestructura básica, se presenta el siguiente proyecto, el cual, a través del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), presentará el diseño de los sistemas de abastecimiento de agua potable. Para que este trabajo técnico sea una contribución al desarrollo y mejoramiento de la salubridad en el área rural y especialmente que la mencionada comunidad logre en un corto plazo, gestionar ante las autoridades correspondientes la ejecución del mismo.

1. ÁREA DE ESTUDIO

1.1. Actividad económica

En las aldeas la actividad económica relevante es la agricultura, ya que regularmente tienen terrenos cultivables, siembran maíz, frijol, caña y café. Los que no poseen terreno, utilizan el arrendamiento de tierras localmente.

Otras actividades de las aldeas, son la albañilería y el comercio.

1.2. Vías de acceso

La aldea Monterrey I, pertenece a la cabecera municipal de Coatepeque, del departamento de Quetzaltenango. De la cabecera municipal está a una distancia de 17 kilómetros al cruce entre carretera a Tecún Uman (CA-2 carretera interamericana) y a las Playas de Tilapa, y entre cruce y entrada a la aldea 2 kilómetros la aldea La Esperanza, también perteneciente al municipio de Coatepeque, de la cabecera municipal está a una distancia de 17 kilómetros al cruce entre la carretera a Tecún Uman (CA-2 carretera interamericana) y a las Playas de Tilapa, y entre cruce y entrada a la aldea 2 kilómetros de ingreso 2 ½ kilómetros de carretera de terracería en buen estado. En la figura 1 se observa el plano de ubicación.

1.3. Localización geográfica

Es cualquier forma de localización en un contexto geográfico. El principal concepto geográfico útil para la localización es el de coordenadas geográficas, que permite la identificación de un punto de la superficie terrestre simplemente con números.

- Aldea Monterrey I:
Latitud $14^{\circ}40'22''$ norte
Longitud $92^{\circ}01'28''$ oeste
Coordenadas UTM
X = 605046,
Y = 1622380
Altura sobre el nivel del mar:
80 metros
- Colindancias:
Norte: hacienda El Recuerdo,
Sur: Propiedad del señor Leopoldo Tavares
Este: Propiedad del señor José López López y río Seco.
Oeste: aldea Monterrey 2.
- Aldea La Esperanza:
Latitud $14^{\circ}40'06''$ norte
Longitud $92^{\circ}06'53''$ oeste
Coordenadas UTM
X = 595326,
Y = 1621848
Altura sobre el nivel del mar: 90 metros.

- Colindancias
Norte: propiedad del señor Leopoldo Tavares
Sur: Río Seco y Propiedad del señor Leopoldo Tavares.
Este: hacienda El Paraíso y Propiedad del señor Leopoldo Tavares
Oeste: hacienda El Recuerdo.

En la siguiente figura se puede apreciar la ubicación de ambas comunidades.

Figura 1. Ubicación de comunidades



Fuente: mapa IGN 10-09.

1.4. Orografía

De acuerdo con la orografía, las aldeas Monterrey I y La Esperanza están ubicadas en terrenos bastante planos, ya que son parte de la costa de Quetzaltenango. La aldea La Esperanza tiene pendientes que oscilan del 2 al 5 por ciento.

El tipo de terreno del área es arcilloso, de color café oscuro. En época seca tiende a agrietarse severamente y en la época lluviosa se hincha.

El nivel freático puede encontrarse entre los 10 a 18 metros de profundidad.

1.5. Aspectos climatológicos e hidrológicos

En el municipio de Coatepeque, en la finca Guanacaste se encuentra la estación meteorológica de la región, tratándose de una estación tipo B. Los datos más significativos, se observan en la siguiente tabla:

Tabla I. **Clima de la región: cálido**

Temperaturas absolutas promedio			
AÑOS	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA
1992 A 2002	37,5 °C	12,4 °C	24,95 °C

Humedad relativa promedio			
AÑOS	MÁXIMA	MÍNIMA	MEDIA
1992 A 2002	98,90%	26,40%	75,20%

Continuación de la tabla I.

Precipitación anual promedio		
AÑOS	DÍAS LLOVIDOS	PRECIPITACIÓN
1992 A 2002	98,90%	26,40%

Fuente: elaboración propia.

Hidrología

Las principales fuentes de agua en el área, lo constituye: la micro cuenca compuesta por las márgenes del río Seco, que tiene un curso más o menos apacible, pero en la época de lluvia crece su cauce, precipitándose turbulento y peligroso, este río pasa por ambas aldeas.

1.6. Datos socioeconómicos

Sus actividades productivas son:

- La agricultura, se dedican a la siembra del maíz, frijol y caña.
- El comercio informal es otra actividad a la cual se dedican.
- Cría de animales de corral: gallinas, pavos, patos y cerdos.

Los arrendatarios de tierras y finqueros de la región son los que cuentan con los recursos necesarios para la comercializar el cultivo del tabaco, caña, banano, plátano, contratando a las personas de las aldeas para sembrar, cuidar y cultivar los productos.

Una pequeña parte de la población de las aldeas tienen familiares en el extranjero, quienes envían remesas de dinero en dólares de los cuales la población también subsiste.

1.7. Autoridades y servicios públicos

La aldea de Monterrey I cuentan con un alcalde auxiliar y un comité promejoramiento, funciona como Consejo de Desarrollo Comunitario, cuentan con una directiva reconocida por el Ministerio de Gobernación y el Consejo de Desarrollo. Este comité es el encargado de gestionar ante instituciones, el apoyo para la construcción del sistema de abastecimiento de agua. En estos momentos la municipalidad de Coatepeque, han llegado a un acuerdo para la ejecución del proyecto, que se vuelve necesario la aprobación de este estudio.

En la aldea La Esperanza, cuentan con un alcalde auxiliar, y un comité promejoramiento, el cual solo está reconocido por el Ministerio de Gobernación, en estos momentos se encuentra haciendo las gestiones para convertir, el comité en Consejo de Desarrollo Comunitario. Este consejo también se encuentra gestionando ante instituciones el apoyo a la ejecución del sistema de abastecimiento de agua.

Con respecto a los servicios públicos, en la aldea de Monterrey I, se cuenta con: escuela de educación primaria, una maestra por grado, teléfonos, energía eléctrica, letrinas. Carecen de drenajes, agua potable y centro de salud.

Los servicios públicos en la aldea La Esperanza, son: escuela de educación primaria, una maestra por grado, energía eléctrica, teléfonos, letrinas. Carecen de drenajes, agua potable y centro de salud.

2. ESTUDIOS DE POBLACIÓN

2.1. Encuesta sanitaria

Realizada del 2 al 6 de diciembre de 2001, con la colaboración de 2 personas de cada aldea. En la aldea Monterrey I, Eliseo Echeverría, presidente del comité y Antonio López tesorero del comité. En la aldea La Esperanza don Tomas Carrera Presidente de comité. Se tomó como base para la boleta censal realizada en la Unidad Técnica Municipal, con la cual realizaron encuestas anteriormente. Los resultados obtenidos se resumen en las siguientes tablas.

Tabla II. **Número de viviendas y habitantes de la aldea Monterrey I**

Viviendas Censadas	Población Habitantes
181	813

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Número de viviendas y habitantes de la aldea La Esperanza**

Viviendas Censadas	Población Habitantes
213	1219

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Número de habitantes por edades de la aldea Monterrey I**

Edades	Habitantes	Porcentaje
de 0 a 5 años	171	21,03%
de 5 a 10 años	155	19,07%
de 10 a 18 años	186	22,88%
de 18 y más	301	37,02%
TOTAL	813	100,00%

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Número de habitantes por edades de la aldea La Esperanza**

Edades	Habitantes	Porcentaje
de 0 a 5 años	230	18,87%
de 5 a 10 años	230	18,87%
de 10 a 18 años	273	22,40%
de 18 y más	486	39,87%
TOTAL	1219	100,00%

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Sexo y grupo étnico de la aldea Monterrey I**

Sexo	Habitantes	Porcentaje	Grupo étnico	Habitantes	Porcentaje
Femenino	391	48,09%	Ladinos	578	71,09%
Masculino	422	51,91%	Indígenas	235	28,91%
TOTAL	813	100,00%		813	100,00%

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Sexo y grupo étnico de la aldea La Esperanza**

Sexo	Habitantes	Porcentaje	Grupo étnico	Habitantes	Porcentaje
Femenino	554	45,45%	Ladinos	895	73,42%
Masculino	665	54,55%	Indígenas	324	26,58%
TOTAL	1219	100,00%		1219	100,00%

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Educación de la aldea Monterrey I**

Educación	Jefes de familia	Porcentaje
Alfabetos	99	54,70%
Analfabetos	82	45,30%
TOTAL	181	100,00%

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Educación de la aldea La Esperanza**

Educación	Jefes de familia	Porcentaje
Alfabetos	131	61,50%
Analfabetos	82	38,50%
TOTAL	213	100,00%

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Otros parámetros importantes de la aldea Monterrey I**

Ocupación del jefe de familia	Agricultor
Régimen de propiedad	Propietarios
Construcción de Vivienda	Ranchos de madera con techos de lamina
Ingresos familiares	Q.25,00 diarios
Consumo de agua para la alimentación	65 litros/hab/día

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Otros parámetros importantes de la aldea La Esperanza**

Ocupación del jefe de familia	Agricultor
Régimen de propiedad	Propietarios
Construcción de Vivienda	Ranchos de madera con techos de lamina
Ingresos familiares	Q.25,00 diarios
Consumo de agua para la alimentación	70 litros/hab/día

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con las estadísticas presentadas, se observa que la población predominante en ambas aldeas es la adulta arriba del 37 por ciento, sobre el total de habitantes.

Dentro de los aspectos poblacionales, el proyecto tendrá un área de influencia que toma en cuenta únicamente la totalidad de familias que se ubican en dichas comunidades.

El total de pobladores de las comunidades de la aldea Monterrey I y la aldea La Esperanza se dividen entre los ladinos en un porcentaje mayor a 70 por ciento, y el resto de otra etnia. Se practican ambas religiones, la católica y la evangélica.

2.2. Proyección de población

Para el diseño de proyectos de abastecimiento de agua potable, es importante conocer la población a servir durante toda su vida útil, ya que al igual que la demanda futura, constituyen los parámetros de diseño para el cálculo hidráulico. Estos parámetros de diseño se fijan muchas veces, por criterios de ingeniería o de salud, dejando atrás el aspecto económico, por lo que se recomienda hacer un análisis de costos y beneficios, para cada factor de diseño con el objetivo de tener claras las diversas implicaciones económicas.

Una forma lógica de conocer los beneficios económicos, es utilizando el criterio con y sin proyecto por ejemplo; si no se hace un proyecto de introducción de agua potable aumentarían las enfermedades gastro-intestinales y para curarlas se necesita de la hospitalización con su correspondiente costo, el desarrollo regional se complicaría, estos perjuicios pueden cuantificarse en términos monetarios y su medida dará una idea de los beneficios del proyecto, en consecuencia una estimación de lo más acertado ayudará a diseñar un proyecto eficiente y económico que garantice la vida útil en el período de diseño establecido.

Para obtener la información del crecimiento de la población, se pueden utilizar distintos métodos; cada uno de ellos tiene ciertas variaciones al considerar algunos aspectos propios del lugar; estas variaciones son tolerables, ya que el principio de cualquier pronóstico de población, es la proyección que se hace con base en datos estadísticos de censos de población realizados en el pasado.

Para el diseño de obras hidráulicas se requiere analizar los datos poblacionales con dos enfoques:

- Estimación de la población para los años próximos y pasados recientes; las estimaciones pueden ser para años intermedios entre censos o, bien, apreciaciones post censales a partir del último censo. Matemáticamente, se aplican métodos sobre la base de un cambio aritmético, exponencial o geométrico.
- Desarrollo del pronóstico poblacional para períodos de diseño más largos.

Las fuentes de información incluyen:

- Censos efectuados por el Instituto Nacional de Estadística (INE).
- Encuestas sanitarias.

2.3. Determinación de población de diseño

De acuerdo con los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en años anteriores, se observa que la curva de crecimiento poblacional presenta una forma parabólica, por lo que para la proyección de la población futura en el caso de la aldea Monterrey I y la aldea La Esperanza, se tomó una tasa de crecimiento de 2,8 por ciento la cual se puede manejar para proyectos ubicados en la zona costera de Quetzaltenango. Se utilizará el método de incremento geométrico, el cual se define a través de la siguiente fórmula:

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

Pf = Población futura

Pa = Población actual

R = Tasa de crecimiento (en este caso 2,8%)

n + 1 = años de vida útil del proyecto más un año de trámites.

Por lo que para el cálculo de la población futura de la aldea Monterrey I es la siguiente:

- Población actual

Población actual: 813 habitantes

- Población futura (Aplicando el Método Geométrico)

$$Pf = 813 \times \left(1 + \left(\frac{2,8}{100} \right) \right)^{21}$$

Pf = 1 452 habitantes.

Para el cálculo de la población futura de la aldea La Esperanza se tomó la siguiente población:

- Población actual

Población actual: 1 219 habitantes

- Población futura (Aplicando el Método Geométrico)

$$Pf = 1\ 219 \times \left(1 + \left(\frac{2,8}{100}\right)\right)^{21}$$

Pf = 2 177 habitantes.

3. FUENTES DE AGUA

3.1. Abastecimiento actual de la población

El abastecimiento actual de agua potable se desarrolla por medio de pozos artesanales, los cuales en la época de verano se secan, dificultando el suministro. También utilizan el agua del río Seco, pero su calidad es mala para el consumo humano, por lo que solo la utilizan para el lavado de ropa y aseo personal. Otras fuentes próximas de las aldeas, es un canal de riego que utiliza una finca colindante a las aldeas, no es apta para consumo humano, solo se utiliza domésticamente.

3.2. Estudios de demanda de agua

La demanda de agua no es constante, varía según la hora, el día o la estación climática y está relacionada con el tipo de comunidad, clima, costo, calidad y prestación del servicio.

El servicio será por conexión predial, entendiéndose que es el más apropiado para áreas rurales, éste, consiste de una conexión a la red, que abastece a un solo chorro.

Los estudios de demanda llevados a cabo, se basaron en una encuesta con respecto a la cantidad de agua que utilizaban por familia para el consumo humano, de la cual se logró establecer una cantidad entre 60 y 80 litros por habitante al día.

3.3. Dotación

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitantes por día (l/hab/día). La dotación debe satisfacer las necesidades de consumo humano, es decir, el baño, lavado de ropa, cocción de alimentos y el agua que se toma.

Para fijar la dotación se tomaron en cuenta los siguientes factores: clima, nivel de vida, actividades productivas, abastecimiento privado, servicios comunales o públicos, facilidad de drenaje, calidad del agua, medición, administración del sistema y presiones del mismo.

A falta de éstos se tomarán en cuenta los siguientes valores:

- Servicio a base de llena cántaros exclusivamente: 30 – 60 l/h/d.
- Servicio mixto de llena cántaros y conexiones prediales: 60 – 90 l/h/d.
- Servicio conexiones prediales: 60 – 120 l/h/d.
- Servicio de conexión intradomiciliar, con opción a varios grifos por vivienda: 90 – 170 l/h/d.
- Servicio de pozo excavado, con bomba de mano como mínimo 15 l/h/d.

Para los proyectos formulados se tomó en consideración que se brindará un servicio de conexiones predial, y por ser un clima bastante cálido, se tomó como base una dotación de 120 litros por habitante al día.

3.4. Determinación del consumo de agua

Se refiere al gasto de la comunidad, este se determina mediante promedios diarios, siendo el máximo el día de la fiesta titular y para una hora determinada ese día.

3.4.1. Consumo medio diario (Cmd)

Es el consumo dado durante 24 horas, obtenido como promedio de los consumos diarios en el período de un año. Cuando no se conocen registros, podrá asumirse como el producto de la dotación por el número de posibles usuarios. En los proyectos por bombeo cuando la fuente o las fuentes produzcan un caudal inferior al cmd, se podrá rebajar la dotación hasta el mínimo de 40 litros por habitante al día.

3.4.2. Consumo Máximo Diario (CMD)

Es el consumo durante 24 horas observado en el período de un año, sin tener en cuenta los gastos causados por incendio. Se determina multiplicando el consumo diario por el coeficiente 1,5 que es el factor de día máximo utilizado en áreas rurales, tomando en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes.

3.4.3. Consumo Máximo Horario (CMH)

Es el consumo máximo en una hora, observado en un período de un año, sin tener en cuenta los gastos causados por incendios. Se determina multiplicando el consumo máximo diario por el coeficiente 2,5 que es el factor

de hora máximo utilizado en áreas rurales y está en función inversa al tamaño de la población.

3.5. Posibles fuentes de abastecimiento

Conforme con los recursos hidrológicos de la zona, para los proyectos la única forma de abastecimiento del servicio de agua potable, es por medio de la construcción de un pozo mecánico y un sistema de bombeo y almacenamiento en un tanque elevado.

Para ambas aldeas, se encuentra perforado un pozo para cada aldea, ya que se habían realizado gestiones en el Consejo de Desarrollo y otras instituciones, y como complemento de los aportes se utilizaron fondos de la Municipalidad de Coatepeque.

Como anteriormente se estableció, se tomaron en cuenta los datos que se recabaron de la perforación de los pozos, como el caudal, el nivel dinámico, nivel estático, como también su tiempo de recuperación.

3.6. Estudio de la calidad del agua

La calidad natural del agua varía de un lugar a otro, con la estación del año, uso de la tierra, clima y con las clases de rocas del suelo que el agua remueve. 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 que sea agradable a los sentidos.

3.6.1. Análisis físico químico sanitario

El principal propósito de este examen es el de medir y registrar aquellas propiedades que pueden ser observadas por los sentidos tales como: olor, color, sabor, temperatura; y determinar las cantidades de minerales que hay en el agua y que pueden afectar su calidad.

Las sustancias minerales que están contenidas en el agua deben quedar bajo los límites máximos aceptables o máximos permisibles para el consumo humano, los cuales en su mayor parte han sido fijados por normas.

El límite máximo aceptable es cuando la concentración de un compuesto o sustancia no implique efectos perjudiciales para la salud; el máximo permisible es la concentración de un compuesto o sustancia que no debe excederse, por significar un riesgo para la salud.

Tabla XII. **Características físicas. Límite máximo aceptable y límite máximo permisible que debe tener el agua potable**

Características	LMA	LPM
Color	5,0 u	35,0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Potencial de hidrógeno	7,0 – 7,5 (2)	6,5 – 8,5 (2)
Sólidos totales	500,0 mg/L	1000.00 mg/L
Temperatura	15,0 – 25,0 °C	34,0 °C
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5,0 UNT o UJT	15,0 UNT o UJT

Continuación de la tabla XII.

(1)	unidades de color en la escala de Platino – Cobalto
(2)	en unidades de Ph
(3)	Unidades de turbiedad, sea en unidades Jackson (UJT) o unidades nefelométricas (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.

Fuente: elaboración propia.

Conductividad eléctrica: el agua deberá tener una conductividad de 100 a 750 microhmios por centímetro a 25 grados centígrados.

Características químicas del agua potable: de preferencia, los resultados de los análisis deben expresarse en miligramos por litro (mg/L).

Tabla XIII. **Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles**

Características	LMA en miligramos/litro	LMP en miligramos/litro
Detergentes aniónicos	0,2000	1,000
Aluminio (Al)	0,050	0,100
Amoníaco	---	1,500
Bario (Ba)	---	1,000
Calcio	75,000	150,000
Cinc (Zn)	3,000	7,000
Cloruro (Cl)	10,000	250,000
Cobre (Cu)	0,050	1,500
Dureza total (CaCO ₃)	100,000	500,000

Continuación de la tabla XIII.

Hierro total (Fe)	0,100	1,000
Magnesio (Mg)	50,000	100,000
Manganeso (Mn)	0,050	0,500
Niquel (Ni)	0,010	0,020
Nitrato	---	45,000
Nitrito	---	0,010
Substancias fenólicas	0,001	0,002
Sulfato (SO ₄)	100,000	250,000

Fuente: elaboración propia.

3.6.2. Examen bacteriológico

El objetivo principal es proporcionar toda la información relacionada con su potabilidad, es decir, indicar el grado de contaminación bacteriana y principalmente con materia fecal, para lo cual se busca la presencia del grupo coliforme.

Las características para agua potable estipulan el número permisible de microorganismos coliformes, en términos de las porciones normales de volumen y del número de porciones que se examina, con esta finalidad se establecen las opciones siguientes.

3.6.3. Método de los tubos múltiples de fermentación

Para nuevas introducciones de agua potable, se aplica la prueba de 15 tubos, se examinan 5 tubos con porciones de 10 centímetros cúbicos, 5 tubos con porciones de 1 centímetro cúbico, y 5 tubos con porciones de 0,1

centímetros cúbicos, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 2,0 coliformes en 100 centímetros cúbicos de agua, lo que se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para el consumo humano.

3.6.4. Prueba de presencia ausencia (P-A de coliformes)

Es una simplificación del procedimiento de los tubos múltiples. La información que se obtiene es cualitativa en relación con la presencia o ausencia de coliformes. Consiste en analizar un volumen o porción de 100 mililitros de agua para cultivo simple en una botella con el medio de cultivo P-A. Una prueba presuntiva de la presencia da un color de púrpura a amarillo. Como en el método de los tubos de fermentación múltiple, una prueba presuntiva positiva debe ser confirmada con las pruebas complementarias de coliformes totales y/o fecales.

El agua se considera adecuada para consumo humano cuando hay ausencia de coliformes en 100 mililitros de agua.

3.7. Aforo de la fuente

Los pozos perforados están ubicados en zonas no inundables y de fácil acceso para el agua superficial.

Además están perforados aguas arriba de cualquier fuente real o potencial de contaminación.

Están protegidos contra cualquier riesgo de contaminación.

Están ubicados a 30 metros de letrinas, sumideros, campos de infiltración o cualquier otra fuente de contaminación similar.

El diámetro de la tubería de revestimiento del pozo está descrita en las bases de diseño de acuerdo con las características del acuífero y del consumo requerido.

Tabla XIV. **Caudales y diámetros**

Caudal (Consumo)	Diámetro de la tubería de revestimiento
Hasta 10 litros/segundo (158 gpm)	152 mm (6")
De 10 a 15 litros/segundo (de 158 a 237 gpm)	203 mm (8")
De 15 a 25 litros/segundo (de 237 a 396 gpm)	254 mm (10")
de 25 a 40 litros/segundo (de 396 a 634 gpm)	305 mm (12")

Fuente: elaboración propia.

El espacio comprendido entre la perforación y el tubo de revestimiento se selló con mortero rico en cemento hasta una profundidad mínima de 3 metros (sello sanitario).

El tubo de revestimiento sobresalió un mínimo de 25 centímetros del piso terminado de la caseta de bombeo.

El acondicionamiento del terreno en los alrededores del pozo debe hacerse de tal forma que garantice que las aguas superficiales drenen hacia fuera.

Al entubar el pozo, se corrió un registro eléctrico para establecer el diseño que tendrá la rejilla y su ubicación respecto a los acuíferos a explotar.

En las zonas adyacentes al acuífero se colocarán rejillas previamente diseñadas de acuerdo a la granulometría del mismo, de tal manera que impidan el paso de arenas que puedan dañar los equipos de bombeo y obstruir el pozo. La velocidad del agua de entrada por los orificios o ranuras de la rejilla o en el filtro, no debe exceder de 0,03 metros por segundo. Podrá utilizarse tubo ranurado con soplete de acetileno.

En acuíferos con material permeable, de diámetro muy pequeño y uniforme, se debe construir un empaque de grava o filtro, alrededor de la rejilla o zona de ranura. Con este fin el espacio anular en la zona de filtración debe tener como mínimo 5 centímetros. (El diámetro de la perforación será 10 centímetros más grande que el diámetro de la tubería de revestimiento).

Terminada la perforación y después de entubar el pozo, debe limpiarse y desarrollarse para sacar los residuos de perforación, y conglomerados de arena, utilizando aire comprimido o cubeta mecánica adecuada.

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

Los materiales de la tubería de revestimiento, rejilla, columna de las bombas y demás elementos en contacto con el agua, deberán ser resistentes a

la acción corrosiva de ésta y soportar los esfuerzos máximos a que puedan estar sometidos.

3.8. Factibilidad técnica

Antes de decidir el sistema a utilizar para la formulación de los proyectos de abastecimiento de agua potable para las aldeas Monterrey I y La Esperanza, se procedió a realizar un estudio preliminar, en donde se tomó en cuenta la topografía del terreno, la regularidad de las calles, el tipo de servicio y el uso que le dan al agua los habitantes de las comunidades.

Con base a la información obtenida, se optó por el diseño de una red de distribución con ramales abiertos, ya que no hay otra opción por la planimetría de cada comunidad.

La red será alimentada en ambos casos por un tanque elevado, construidos con estructura metálica, una de 12 metros de altura para la aldea Monterrey I, y la otra de 16 metros de altura para la aldea La Esperanza, que a su vez serán abastecidos por pozos mecánicos por medio de bombeo.

4. DISEÑO DEL SISTEMA POR BOMBEO

4.1. Diseño de la tubería de impulsión

La tubería de impulsión se compone de la tubería de succión y la tubería de descarga.

Tubería de succión: se llama así a la tubería que va conectada directamente a la entrada de la bomba, uniéndola a la misma con el volumen de agua a extraer de los sustratos bajos del suelo.

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

- Se debe tender con una pendiente de elevación continua hacia la bomba, sin puntos altos, para evitar la formación de burbujas de aire.
- Debe ser tan corta y tan directa como sea posible.
- Su diámetro debe ser igual o mayor al diámetro de la tubería de descarga. Si se requiere una línea de succión larga, el diámetro de la tubería debe aumentarse para reducir la resistencia al paso de agua.
- Los reductores a utilizarse deben ser excéntricos, con el lado recto hacia arriba para evitar también la formación de burbujas de aire.

- Los codos instalados en la misma, generalmente se prefieren de radio largo, porque ofrecen menos fricción y proveen una distribución más uniforme del flujo que los codos normales.
- En la entrada de esta tubería se recomienda utilizar una coladera con válvula de pie, debido a que disminuye el riesgo de entrada de materia indeseable al tubo de succión; y al mismo tiempo, tiene la particularidad de retener el agua que ha entrado a la tubería, evitando la necesidad de cebar la bomba después de que ha dejado de operar.

También se acostumbra colocar en la entrada de esta tubería, una campana de succión, que puede construirse con o sin válvula de pie y es útil para minimizar la resistencia al paso del agua.

Tubería de descarga: la tubería de descarga es la que se coloca inmediatamente después de la bomba. 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 ser como máximo de 2,4 metros por segundo.

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

- 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.
- Cuando se usen vueltas o dobleces, su tipo deben ser de radio grande; lo que mantendrá al mínimo la resistencia al paso del agua.
- El número de cambios de dirección, válvulas y accesorios deben ser los mínimos necesarios, sin embargo, en lugares bajos deben instalarse válvulas de limpieza y si es requerido en los picos de la línea deberán colocarse válvulas de aire.
- 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 fluido 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 la tubería de descarga está íntimamente ligado a la máxima presión que se presenta en ésta, pudiendo ser clasificada según su presión de trabajo en ligera, mediana o de alta presión para tubería de hierro galvanizado.

Caudal de bombeo: es el volumen de agua por unidad de tiempo que será bombeado durante el período de bombeo, para satisfacer la demanda del consumidor durante el día.

$$Q_B = \frac{24 \times Q_C}{H_B}$$

Donde:

Q_B = caudal de bombeo

Q_C = caudal de conducción

H_B = horas de bombeo

4.2. Altura neta de succión

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

4.2.1. Altura neta de succión positiva

En la proyección de instalación de una bomba, es necesario considerar 2 tipos de altura neta de succión positiva o NPSH; la disponible y la requerida por la bomba que será instalada de ambas, es necesario que la primera sea mayor que la segunda para evitar el fenómeno de cavitación, el cual puede dañar rápidamente la bomba.

Cuando existe presión atmosférica actuando en la superficie del agua que será succionada y la presión disminuye en el ojo del impulsor de una bomba centrífuga hasta ser menor que la atmosférica, entonces inicia la elevación del agua por la tubería de succión; pero si la presión disminuye hasta corresponder con la presión de vapor de agua, entonces se origina el fenómeno de capitación, lo cual se puede evitar disminuyendo la altura del ojo del impulsor sobre el nivel de succión. Si de esta manera persiste aún debajo de la presión de vapor de agua, entonces el nivel de la superficie de succión debe diseñarse a la misma altura del ojo del impulsor y si fuese necesario, arriba de éste.

4.2.2. Altura neta de succión positiva disponible en bombeo horizontal

Cuando se emplea una bomba centrífuga de eje horizontal, ésta se divide en 3 casos diferentes, los cuales se mencionarán enseguida.

Caso I

Cuando el nivel del agua en la succión está expuesto a la presión atmosférica y abajo del ojo del impulsor el NPSH1, se puede calcular con la siguiente expresión:

$$\text{NPSH} = h_a - (h_s + h_{fs} + h_v + h_{fm})$$

Caso II

Cuando el nivel de agua en la succión está arriba del ojo del impulsor y expuesto a la presión atmosférica:

$$\text{NPSH2} = h_a + h_s - (h_{fs} + h_v + h_{fm})$$

Caso III

En este, se presentan los 2 casos anteriores, con la diferencia que en la succión existe una presión diferente a la atmosférica; por lo que la presión atmosférica h_a se sustituye por h_{da} , por consiguiente, las nuevas expresiones para los casos I y II respectivamente, serán:

- $NPSH_{3a} = h_{das} - (h_s + h_{fs} + h_v + h_{fm})$
- $NPSH_{3b} = h_{das} + h_s - (h_{fs} + h_v + h_{fm})$

Donde:

h_a = presión atmosférica correspondiente a la altitud de operación de la bomba, en mca.

h_s = diferencia de altura entre el nivel del agua en la succión y el ojo del impulsor (altura estática en la succión).

h_{fs} = pérdida de carga por fricción en la succión, mca.

h_v = presión de vapor del agua, en mca.

h_{fm} = pérdidas menores de carga producida por accesorios, en mca.

h_{das} = presión diferente a la atmosférica existente en la succión, en mca.

h_{vap} = presión de vapor del agua, en mca.

4.2.3. Altura neta de succión positiva disponible en bombeo vertical

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

La expresión dada para determinar la altura neta de succión positiva disponible, para este caso, es la siguiente igualdad:

$$NPSH_d = h_a + h_s - h_v - h_{vap}$$

4.3. Carga dinámica

La carga dinámica total, CDT, es la presión real expresada en metros columna de agua (mca), contra la cual debe operar una bomba para elevar el caudal de agua hasta el nivel requerido. Su cálculo para bombas centrífugas depende de la dirección del eje de la rotación, por lo que la CDT en bombeo horizontal, será diferente en la CDT en bombeo vertical.

4.3.1. Carga dinámica total en bombeo horizontal

Se llama así porque el eje de rotación de la bomba es horizontal. Ésta se puede presentar en 3 casos, como se describen a continuación:

Caso I

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

$$CDT1=hs+hfs+hd+hfd+hfv+hm$$

Caso II

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

$$CDT2=hs+hfs+hd+hfd+hfv+hfm$$

Caso III

En éste se presentan los 2 casos antes descritos, con la diferencia que en la succión y descarga existen presiones diferentes a la atmosférica, cuyos valores se pueden representar en la descarga como H_{dad} y en la succión H_{das} ; de tal manera, las expresiones de la carga dinámica total quedan de la siguiente manera:

- Si el ojo del impulsor está arriba del nivel de succión, entonces:

$$CDT3a = h_s + h_{fs} + h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_{fm} + h_{das} + H_{dad}$$

- Si el ojo del impulsor está debajo del nivel de succión, entonces:

$$CDT3b = -h_s + h_{fs} + h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_{fm} - h_{das} + H_{dad}$$

Donde:

h_s = diferencia de altura entre el nivel de agua en la succión y el ojo del impulsor, en metros.

h_{fs} = pérdida de carga por fricción en la tubería de succión, en mca.

h_d = diferencia de altura entre el nivel de agua en la descarga y el ojo del impulsor en metros.

h_{fd} = pérdida de carga por fricción en la tubería de descarga en mca.

h_{fv} = pérdida de carga por velocidad en la descarga, en mca

h_{fm} = pérdidas menores de carga producidas por accesorios en mca

h_{das} = presión diferente a la atmósfera existente en la succión en mca

H_{dad} = presión diferente a la atmósfera existente en la descarga en mca

4.3.2. Carga dinámica total en bombeo vertical

Esta se presenta en 2 formas: cuando se utiliza una bomba vertical de turbina o una bomba sumergible; aplicándose los mismos términos que en los casos anteriores con la excepción de que el símbolo h_d significa, en este caso, la diferencia entre el nivel del agua en la succión y el nivel de la descarga. En bombas verticales de turbina se utiliza el término h_{fs} , que representa las pérdidas por fricción en la columna de la bomba, cuyo valor puede ser proporcionado por el fabricante a través de tablas.

- Las bombas verticales de turbina:

$$CDT_{va} = h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_{fs} + h_{fm}$$

- para bombas sumergibles:

$$CDT_{vb} = h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_{fm}$$

4.4. Sobrepresión por golpe de ariete

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

Se denomina golpe de ariete a la variación de presión en una tubería, por encima o por debajo de la presión normal de operación; ocasionada por rápidas fluctuaciones en el caudal, producidas por la apertura o cierre repentino de una válvula o por el paro o arranque de las bombas. Este fenómeno puede provocar ruptura de la presión (presión positiva) o aplastamiento (presión negativa).

El golpe de ariete que se produce en la tubería se puede determinar como sigue:

$$a=1420/(1+K/E \times D_i/e)^{1/2}$$

Donde:

a = celeridad de onda (m/s)

K = módulo de elasticidad volumétrica del agua (2.07×10^4 kg/cm²)

E = módulo de elasticidad del materia de la tubería (3×10^4 kg/cm²)

D_i = diámetro interno del tubo en (mm)

e = espesor de las paredes del tubo (mm)

La sobrepresión expresada en metros columna de agua (mca), se determinará con la siguiente expresión:

$$D_p = a \times V / g$$

Donde:

D_p = Sobre presión

a = celeridad de la onda en (m/s)

V = velocidad del flujo en la tubería

g = aceleración de la gravedad (9.81m/s²)

4.5. Potencia de la bomba

Es una máquina generadora que transforma la energía con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve.

$$P = \frac{Q_b \times H_m}{76 \times e}$$

Donde:

- Qb = Caudal de bombeo = 3,49 l/s
- Hm = Carga dinámica total = 216,66 mca
- e = 70% = eficiencia de la bomba
- P = Potencia al eje de la bomba

4.6. Equipo de bombeo

El propósito de cualquier bomba, es transformar la energía mecánica o eléctrica en energía de presión.

En obras hidráulicas la más común es la bomba centrífuga, 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 pérdidas 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 a su paso por la bomba; está dada por la expresión:

$$H_m = \frac{v^2}{2g} + h_f + h_s + h_i + h_a$$

O bien, $H_m =$ carga estática + pérdidas mayores + pérdidas menores

Donde:

H_m = carga dinámica total, en m

$v^2/2g$ = carga de velocidad, en m

v = velocidad media del agua, en m/s

h_f = pérdidas por fricción en la tubería en m

h_s = pérdidas secundarias, en m

h_i = altura de impulsión, en m

h_a = altura de aspiración, en m

Pérdidas mayores (h_f)

h_f = pérdidas por fricción en la tubería

$$h_f = \frac{K' \times L \times Q^{1.852}}{1000}$$

Donde:

k' = valores para h_f según el diámetro interior real de cada tubo.

D = diámetro interior real en pulgadas.

C = coeficiente de fricción; para tubería pvc varía de 140 a 150 ($C=150$) y para tubería de hierro galvanizado $C=100$.

Q = caudal, en l/s

L = longitud de diseño en metros

h_f = pérdida por fricción en la tubería en metros

La capacidad de la bomba y la potencia del motor deberán ser suficientes para elevar el caudal de bombeo previsto contra la altura máxima de diseño.

La eficiencia de la bomba en ningún caso será menor del 60 por ciento.

La bomba debe instalarse a una profundidad tal que se asegure una sumersión que garantice su enfriamiento adecuado.

A la salida de los equipos de bombeo deberán proveerse como mínimo los siguientes dispositivos

- Manómetro en la descarga
- Tubería de limpieza
- Válvulas de retención y de paso en la línea de descarga
- Junta flexible en la línea de descarga
- Protección contra golpe de ariete por medio de válvula de cheque invertido
- Elementos que permitan determinar en cada caso la altura del nivel de bombeo

La capacidad del motor deberá calcularse para suministrar la potencia requerida por la bomba (considerando el rendimiento del conjunto), más una capacidad de 10 a 25 por ciento para compensar el desgaste normal del equipo.

En el sistema de bombeo se utiliza energía potencial del agua, con la diferencia que para llevarla a ese nivel de energía se utiliza un equipo de

bombeo que proporcione la energía necesaria (energía mecánica) para elevar el nivel natural de la fuente a un nivel aprovechable.

El tiempo de bombeo diario se obtendrá considerando criterios económicos y de consumo; se recomienda no mayores a 8 horas diarias.

5. DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1. Bases de diseño

Para el diseño del proyecto de agua potable para la aldea Monterrey I se tomará en cuenta lo siguiente:

Tipo de sistema:	Por bombeo
Tipo de distribución:	Domiciliar
Periodo de diseño:	20 años
Dotación:	120 l/hab/día
Población actual:	813 habitantes
Población futura:	1 452 habitantes
No. viviendas actual:	181 viviendas
No. viviendas futura:	323 viviendas
Caudal de aforo:	600 gpm = 37,85 l/s
Caudal medio diario:	2,02 l/s
Caudal máximo diario:	3,02 l/s
Caudal máximo horario:	5,04 l/s
Caudal de bombeo:	9,06 l/s
Periodo de bombeo (t):	8 horas
Factor de día máximo:	1,5
Factor de hora máxima:	2,5
Almacenamiento:	62 m ³ (35% de consumo medio diario)

Para el diseño del proyecto de agua potable para la aldea La Esperanza se tomará en cuenta lo siguiente:

Tipo de sistema:	Por bombeo
Tipo de distribución:	Domiciliar
Periodo de Diseño:	20 años
Dotación:	120 l/hab/día
Población Actual:	1 219 habitantes
Población Futura:	2 177 habitantes
No. viviendas actual:	213 viviendas
No. viviendas futura:	380 viviendas
Caudal de Aforo:	600 gpm = 37,85 l/s
Caudal medio diario:	3,02 l/s
Caudal máximo diario:	4,54 l/s
Caudal máximo horario:	7,56 l/s
Caudal de bombeo:	13,62 l/s
Periodo de bombeo (t):	8 horas
Factor de día máximo:	1,5
Factor de hora máxima:	2,5
Almacenamiento:	92 m ³ (35% de consumo medio diario)

Las presiones deben estar dentro de los límites permisibles para que llegue agua por lo menos a una casa que tenga 2 niveles (5 metros de alto) y que la tubería pueda resistir las presiones del sistema. El inciso 4.8.3 de las Normas de la Guía para el Diseño de Abastecimiento de Agua Potable a Zonas Rurales del Instituto de fomento municipal (INFOM): “dice en consideración a la menor altura de las edificaciones en medios rurales, las presiones tendrán los siguientes valores:

Mínima 10 metros (presión de servicio).
Máxima 40 metros (presión de servicio).
Presión hidrostática: máxima 80 metros.”

En este caso deberá prestarse atención a la calidad de las válvulas y accesorios, para evitar fugas cuando el acueducto está en servicio.

Período de diseño

Deben considerarse los siguientes factores:

- El tiempo durante el cual la obra dará servicio a la población.
- Durabilidad del material a utilizar.
- Los costos y las tasas de interés vigentes.
- Crecimiento de la población, incluyendo posibles cambios en los desarrollos de la comunidad.
- Factibilidad o dificultad para hacer ampliaciones o adiciones a las obras existentes o planeadas, incluyendo una consideración de su localidad.

Obras civiles = 20 años

Equipos mecánicos = 5 a 10 años

Para el caso en estudio se asignará un período de diseño de 20 años más un año en trámites para financiamiento.

Cálculo de población

Para el cálculo de población futura se utilizó el método de crecimiento geométrico, por ser el que más se acerca a los datos reales de la población estudiada según los expertos en estadística, el cual consiste en calcular el cambio promedio de la tasa de población para el área en estudio o por cada década en el pasado y así proyectar su tasa promedio o porcentaje de cambio hacia el futuro. El cálculo de la población futura se encuentra en el inciso 2.2 de proyección de población.

5.2. Diseño hidráulico

Línea de conducción aldea Monterrey I

Criterios de diseño:

Caudal = $Q_{\text{medio}} \times \text{factor de día máximo}$

Caudal de Producción: 600 gpm = 37.85 l/s

Periodo de bombeo (t) 8 horas.

Caudal medio

$$Q_m = \frac{(\text{Dot} \times P_f)}{86400}$$

$$Q_m = 2.02 \text{ Lts/seg}$$

Caudal de día máximo

$$Q_{dm} = Q_m \times FDM \quad (FDM = 1,5)$$

$$Q_{dm} = 3,02 \text{Lts} / \text{seg}$$

Caudal de bombeo

$$Q_b = \frac{24}{T} \times Q_c$$

$$Q_b = 9,06 \text{Lts} / \text{Seg}$$

Caudal de conducción

$$Q_c = Q_b$$

$$Q_c = 9,06 \text{Lts} / \text{Seg}$$

$$Q_b < Q_{prod}$$

$$9,06 \text{ l/s} < 37,85 \text{ l/s}$$

Caudal de hora máxima

$$Q_{hm} = Q_m \times FHM \quad (FHM = 2,5)$$

$$Q_{hm} = 5,04 \text{Lts} / \text{seg}$$

Sistema de abastecimiento por bombeo

Datos:

Cálculo aldea Monterrey I

Altura de la torre del tanque: 12 m

Profundidad total del pozo: 95 m

Profundidad del nivel estático: 65 m

Profundidad del nivel dinámico: 80 m

Aforo obtenido del pozo: 600 gpm = 37,85 l/s

Diámetro del pozo: 4"

Para calcular el diámetro a utilizar, se empleó la fórmula de Hazzen Williams.

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

Donde:

L = 95 m

H_f = 95 m

C = 100 (HG)

Q = 9,06 l/s

El diámetro teórico obtenido es D = 2,26 pulgadas, que aproximando al diámetro comercial superior, D = 2,5 pulgadas.

Con el diámetro comercial obtenido, utilizando la misma fórmula, se obtiene una pérdida de carga $H_f = 22,488$ m

Carga dinámica total

H_f de tubería de conducción:

$$\begin{aligned} L &= 12 \text{ m} \\ Q_b &= 9.06 \text{ l/s} \\ D &= 2,5'' \\ C &= 150 \text{ (pvc)} \\ H_f &= 1,342 \text{ m} \end{aligned}$$

H_f de la columna del pozo:

$$\begin{aligned} L &= 95 \text{ m} \\ Q_b &= 9,06 \text{ l/s} \\ D &= 4'' \\ C &= 100 \text{ (HG)} \\ H_f &= 2,28 \text{ m} \end{aligned}$$

Carga por velocidad:

$$CV = \frac{(V^2)}{2G}$$

$$CV = 0,001443 \text{ m}$$

Perdidas menores:

$$PM = K \times CV$$

En donde K es una constante = 8,2

$$PM = 0,0118$$

Carga dinámica total

CDT = Sumatoria de todas las pérdidas de carga anteriores:

$$CDT = 110,634 \text{ m}$$

Potencia de la bomba

$$P = \frac{(Q_b \times CDT)}{(76 \times e)}$$

Donde:

$e = 72 \% =$ eficiencia de la bomba

$$P = 20 \text{ HP}$$

Volumen del tanque

$$V_t = 35\% \times Q_m \times 86,4$$

$$V = 61,08 \text{ m}^3, \text{ aproximando}$$

$$V = 62 \text{ m}^3$$

Línea de conducción aldea La Esperanza

Criterios de diseño:

Caudal = $Q_{\text{medio}} \times$ factor de día máximo

Caudal de Producción: 600 GPM = 37,85 l/s

Período de bombeo (t) 8 horas

Caudal Medio

$$Q_m = \frac{D \times P_f}{86400}$$

$$Q_m = 3,02 \text{ l/s}$$

Caudal de día máximo

$$Q_{dm} = Q_m \times FDM \quad (FDM = 1,5)$$

$$Q_{dm} = 4,54 \text{ l/s}$$

Caudal de Bombeo

$$Q_b = \frac{24}{T} \times Q_c$$

$$Q_b = 13,61 \text{ l/s}$$

Caudal de Conducción

$$Q_c = Q_b$$

$$Q_c = 13,61 \text{ l/s}$$

$$Q_b < Q_{prod}$$

$$13,61 \text{ l/s} < 37,85 \text{ l/s}$$

Caudal de Hora Máxima

$$Q_{hm} = Q_m \times FHM \quad (FHM = 2,5)$$

$$Q_{hm} = 7,56 \text{ l/s}$$

Sistema de abastecimiento por bombeo

Datos:

Aldea La Esperanza

Cálculo aldea Monterrey I

Altura de la torre del tanque: 15 m

Profundidad total del pozo: 121 m
Profundidad del nivel estático: 78 m
Profundidad del nivel dinámico: 108 m
Aforo obtenido del pozo: 600 gpm = 37,85 l/s
Diámetro del pozo: 4"

Para calcular el diámetro a utilizar, se empleó la fórmula de Hazzen Williams.

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

Donde:

L = 123 m
Hf = 123 m
C = 100 (HG)
Q = 13.61 l/s

El diámetro teórico obtenido es D = 2,28 pulgadas, que aproximando al diámetro comercial superior, D = 2,5 pulgadas.

Con el diámetro comercial obtenido, utilizando la misma fórmula, se obtiene una pérdida de carga Hf = 61,812 m.

Carga dinámica total

Hf de tubería de conducción

L = 15 m
Qb = 13,61 l/s
D = 2,5"
C = 150 (pvc)
Hf = 3,56 m

Hf de la columna del pozo

L = 123 m
Qb = 13,61 l/s
D = 4"
C = 100 (HG)
Hf = 6,266 m

Carga por velocidad:

$$CV = \frac{v^2}{2G}$$

$$CV = 0,0032 \text{ m}$$

Perdidas menores:

$$PM = K * CV$$

En donde K es una constante = 8,2

$$PM = 0,0267$$

Carga dinámica total

CDT = Sumatoria de todas las pérdidas de carga anteriores:

$$CDT = 147,853 \text{ m}$$

Potencia de la bomba

$$P = (Q_b * CDT) / (76e)$$

Donde:

$e = 72 \% =$ eficiencia de la bomba

$$P = 37 \text{ HP}$$

Volumen del tanque:

$$V_t = 35\% * Q_m * 86,4$$

$$V = 91,43 \text{ m}^3, \text{ aproximando}$$

$$V = 92 \text{ m}^3$$

Línea de distribución

Para el cálculo de la red de distribución de la aldea Monterrey I, se utilizó la fórmula de Hazzen Williams, anteriormente citada, tomando como base los datos de cada estación (estacionamiento y cotas de terreno) y el caudal necesario en cada tramo de tubería.

Por ejemplo: de T.D. a E – H

Datos:

Longitud del tramo = 30,2 m Cota de terreno = 115,222
Cota de salida = 127,222 Cota final = 115,019
Caudal = 5,04 l/s

De la diferencia entre las cotas de nivel, se obtiene la diferencia de nivel entre las 2 estaciones $N = 12,203$ m.

Al introducir los datos anteriores a la fórmula de Hazzen Williams, se obtienen los resultados siguientes:

Diámetro = 3", velocidad = 3.472 m/s, pérdida de carga = 0,47 m
Cota piezométrica = 126,752 m.

Para interpretar mejor los resultados obtenidos en el cálculo de la red de distribución, ver planos del No. 1 al No. 4 en anexos.

A continuación se presentan los cuadros con los resultados obtenidos:

Tabla XV. Diseño hidráulico Monterrey I

MEMORIA DE CALCULO												
PROYECTO: INTRODUCCION AGUA POTABLE POR BOMBEO A ALDEA MONTERREY 1, COATEPEQUE.												
CALCULO DE AGUA POTABLE Qd = 5.04 Lts/Seg												
Est.	P.O.	Cota Inicial	Cota Final	Caudal (Q)	Longitud(L)	Coe. Rug.(C)	Diametro (d)	Per. Carga (HF)	Altura (H)	Piezometrica	Presión	Velocidad
T.D.	H	127.222	115.019	5.04	30.2	150	3	0.470	12.203	126.752	11.733	3.472
H	G	115.019	114.635	5.04	52.98	150	3	0.824	0.384	125.929	11.294	3.472
G	F	114.635	108.751	5.04	212.61	150	3	3.305	5.884	122.623	13.872	3.472
F	F.1	108.751	108.152	0.195	60.08	150	0.75	1.947	0.599	120.676	12.524	2.149
F	E	108.751	108.621	4.427	113.6	150	3	1.389	0.13	121.234	12.613	3.050
E	D	108.621	105.828	4.121	173.8	150	3	1.862	2.793	119.372	13.544	2.839
D	C	105.828	107.175	3.843	120.19	150	3	1.132	-1.347	118.241	11.066	2.647
C	B	107.175	106.891	3.592	183.99	150	3	1.529	0.284	116.712	9.821	2.474
B	A	106.891	104.057	3.592	133.56	150	3	1.110	2.834	115.602	11.545	2.474
A	0	104.057	100	3.592	162.86	150	3	1.353	4.057	114.249	14.249	2.474
0	3	100	103.523	2.155	245.308	150	3	0.792	-3.523	113.457	9.934	1.485
3	6	103.523	96.614	1.971	322.425	150	2.5	2.145	6.909	111.312	14.698	1.955
6	8	96.614	100.833	1.286	229.901	150	2.5	0.694	-4.219	110.618	9.785	1.276
8	9	100.833	95.826	0.74	115.432	150	1.5	1.509	5.007	109.110	13.284	2.039
9	13	95.826	89.386	0.696	373.241	150	1.25	10.583	6.44	98.527	9.141	2.762
13	11	100.833	89.589	0.429	351.86	150	1.25	4.076	11.244	106.543	16.954	1.702
11	6	96.614	86.075	0.29	291.658	150	1.25	1.637	10.539	109.675	23.600	1.151
6	0	100	99.228	1.437	27.781	150	2	0.305	0.772	113.944	14.716	2.227
0	15	99.228	86.075	0.763	325.364	150	1.25	10.935	13.153	103.009	16.934	3.028
15	7	99.228	88.356	0.763	220.2	150	1.25	7.401	10.872	106.543	18.187	3.028
7	17	88.356	81.414	0.357	153.987	150	1	3.764	6.942	102.779	21.365	2.213
17	18	88.356	87.192	0.345	83.373	150	1	1.913	1.164	104.630	17.438	2.139

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. Diseño hidráulico La Esperanza

MEMORIA DE CALCULO												
PROYECTO: INTRODUCCION AGUA POTABLE POR BOMBEO A ALDEA LA ESPERANZA, COATEPEQUE												
CALCULO DE AGUA POTABLE												
Qd = 7.56 Lts/Seg												
Est.	P.O.	Cota Inicial	Cota Final	Caudal (Q)	Longitud(L)	Coe. Rug (C)	Diámetro (d)	Per. Carga (HF)	Altura (H)	Piezom.	Presión	Velocidad
0	3	100	94.221	5.253	389.62	150	4	0.332	15.944	115.612	15.612	2.930
3	4	100	94.098	4.153	184	150	4	1.611	5.779	114.001	19.780	2.036
4	4.1.3	94.221	94.098	0.213	496.05	150	4	0.439	0.123	113.562	19.464	1.609
4	4.2	94.098	95.005	0.142	65.78	150	1	4.185	-0.874	108.899	13.927	1.320
4.2	4.5	95.005	92.116	0.142	156.32	150	0.75	2.799	-0.907	112.376	17.371	1.565
4	7	94.098	89.42	3.301	396.5	150	4	0.694	4.878	109.577	17.461	1.565
7	9	89.42	94.154	2.910	380.73	150	4	0.528	-4.734	112.340	18.186	1.279
9	10	94.154	93.509	2.591	84.59	150	3	0.384	0.645	111.955	18.446	1.785
10	12	93.509	91.451	1.384	120.55	150	2	1.236	2.058	110.719	19.268	2.146
12	12.1	91.451	89.912	1.242	73.55	150	1.5	2.506	1.539	108.213	18.301	3.423
12.1	12.2	89.912	89.119	0.248	131.99	150	1	1.650	0.793	106.563	17.444	1.540
12.1	13.1	89.912	88.951	0.923	63.7	150	1.25	3.044	0.961	105.169	16.218	3.662
13.1	13.2	88.951	88.911	0.248	142.99	150	1.25	0.103	0.04	104.566	15.655	0.966
13.1	13.3	88.951	87.217	0.586	120	150	1.25	2.335	1.734	102.834	15.617	2.253
13.3	13.4	87.217	86.422	0.213	200.99	150	1.25	0.637	0.795	102.197	15.775	0.845
13.3	13.5	86.422	85.687	0.248	127.99	150	1.25	0.540	1.53	102.294	16.607	0.966
13.5	13.6	85.687	86.092	0.106	112.6	150	1	0.294	-0.405	102.001	15.909	0.660
13.5	15	85.687	84.53	0.106	156.44	150	1	0.408	1.157	101.886	17.356	0.660
10	11	94.154	93.736	1.207	255.99	150	3	0.283	0.418	111.673	17.937	0.831
11	44	93.736	87.296	0.674	436.87	150	1.5	4.808	6.44	106.865	19.569	1.858
44	46	87.296	80.81	0.319	305.91	150	1	6.087	6.486	100.777	19.967	1.981
11	17	93.736	99.078	0.532	293.52	150	3	0.071	-5.342	111.601	12.523	0.367
17	19	99.078	101.504	0.035	162.98	150	1	0.056	-2.426	111.546	10.042	0.220
0	19	100	101.504	2.307	116.98	150	4	0.106	-1.504	115.506	14.002	0.894
19	20	101.504	101.348	2.094	109.99	150	4	0.083	0.156	115.423	14.075	0.811
20	20.1	101.348	102.137	0.142	111.4	150	0.75	2.007	-0.789	113.416	11.279	1.565
20	22	101.348	105.755	1.846	207.24	150	4	0.124	-4.407	115.299	9.544	0.715
22	23	105.755	103.698	1.633	113.75	150	4	0.054	2.057	115.245	11.547	0.633
23	24	103.698	105.467	1.562	116.15	150	4	0.051	-1.769	115.194	9.727	0.605
24	25	105.467	103.891	1.455	91.95	150	4	0.035	1.576	115.159	11.268	0.564
25	26	103.891	103.877	1.384	102.79	150	4	0.036	0.014	115.123	11.246	0.536
26	28	103.877	106.2	0.248	58.14	150	2.5	0.008	-2.323	115.114	8.914	0.246
28	30	106.2	102.94	0.213	154.86	150	1	1.456	3.26	113.659	10.719	1.320
30	31	102.94	103.631	0.035	75.09	150	1	0.026	-0.691	113.633	10.002	0.220
26	27	103.877	102.986	0.958	106.38	150	2	0.553	0.891	114.570	11.584	1.485
27	32	102.986	104.576	0.426	101.98	150	2	0.118	-1.59	114.452	9.876	0.680
32	38.1	104.576	98.821	0.284	184.89	150	1.5	0.410	5.755	114.042	15.221	0.782
38.1	41	98.821	102.719	0.035	132.64	150	1	0.045	-3.898	113.996	11.277	0.220
27	33	102.986	101.366	0.532	64.93	150	1.5	0.461	1.62	114.109	12.743	1.467
33	35	101.366	102.567	0.213	141.4	150	1	1.329	-1.201	112.780	10.213	1.320
33	34	101.366	98.839	0.248	79.69	150	1	0.996	2.527	113.113	14.274	1.540
34	37	98.839	92.523	0.248	216.36	150	0.75	10.979	6.316	102.134	9.611	2.738

Fuente: elaboración propia.

5.3. Aforos

Análisis hidrogeológicos

Después de haber efectuado la perforación del pozo, se realiza un análisis del acuífero que se explotará para satisfacer la demanda del proyecto.

Este estudio se realiza con la información recabada durante la perforación del pozo y principalmente la prueba de bombeo realizada.

Pruebas de bombeo

Los ensayos de bombeo en sus múltiples variantes, son la principal herramienta que dispone para el estudio del comportamiento de pozos, predicción de caudales, descensos futuros y obtención de valores representativos de las características de los acuíferos, tales que tengan el carácter local y la dudosa validez de los ensayos en laboratorio o en sondeos .

En general, los ensayos de bombeo son caros y por lo tanto precisan de una correcta planificación para no cometer errores lamentables que después impidan una adecuada interpretación.

Tipos de ensayos de bombeo y de aforos de pozos

Los bombeos para estudiar las características de los pozos suelen designarse con el nombre de aforos o ensayos de descenso, y en general no conforman la observación de los niveles de agua en pozos o piezómetros próximos.

Los bombeos en los que se observan los descensos producidos en los pozos o en piezómetros próximos (el pozo de bombeo se suele medir también) se llaman ensayos de bombeo y también específicamente ensayos de interferencia.

La medición de los niveles del agua, después del cese de bombeo en el propio pozo de bombeo, se llama ensayo de recuperación. Todos esos bombeos se realizan en condiciones controladas, a fin de que después de conocida la variación de una magnitud y sus efectos, se puedan determinar las características del acuífero o del pozo de bombeo.

Se pueden considerar ensayos de bombeo, en sentido amplio, de muy diversas categorías, desde el simple aforo para hallar el caudal de explotación, hasta ensayos de bombeo para el estudio de las características de sistemas de acuíferos.

Al realizar un estudio sobre el aforo del pozo, se obtienen las siguientes informaciones de sumo interés que son:

- Caudal óptimo o aconsejable de explotación del pozo.
- Una estimación de la transmisividad del acuífero.
- Una estimación del coeficiente del almacenamiento del acuífero.

Con un ensayo de bombeo de interferencia se puede obtener:

- Transmisividad de acuífero.
- Coeficiente de almacenamiento del acuífero.
- Características del acuífero propias o en relación con su contorno
- (Semiconfinamiento, recarga, drenaje diferido).

- Datos par extrapolar razonablemente los descensos del pozo sometido a una larga explotación.
- Eficiencia del pozo.

5.4. Calidad del agua

Agua subterránea: al agua que se encuentra bajo la superficie terrestre se le denomina agua subterránea. Se encuentra en el interior de poros entre las partículas sedimentarias y en las fisuras de las rocas más sólidas. En general mantiene una temperatura muy similar al promedio anual de la zona.

El agua subterránea más profunda puede permanecer oculta durante miles y millones de años. No obstante la mayor parte de los yacimientos están a poca profundidad y desempeñan un papel discreto pero constante dentro del ciclo hidrológico. A escala global, el agua subterránea representa cerca de un tercio de un 1 por ciento del agua de la tierra, es decir unas 20 veces más que el total de las aguas superficiales.

El agua subterránea es de esencial importancia para la civilización, porque supone la mayor reserva de agua potable en las regiones habitadas por los seres humanos. El agua subterránea puede aparecer en la superficie en forma de manantiales, o puede ser extraída mediante pozos. En tiempos de sequía puede servir para mantener el flujo de agua superficial, pero incluso cuando hay escasez, el agua subterránea es preferible porque no tiende a estar contaminada por residuos o microorganismos.

La movilidad del agua subterránea depende del tipo de rocas subterráneas en cada lugar dado. Las capas permeables saturadas capaces de aportar un suministro útil de agua son conocidas como acuíferos.

Aunque el agua subterránea está menos contaminada que la superficial, la contaminación de este recurso también se ha convertido en una preocupación en los países industrializados.

Por lo expuesto anteriormente se evidencia que por la cantidad y calidad del agua subterránea, en comparación con el agua superficial, hay razones justas para la explotación de la primera.

Para un mejor aprovechamiento, el agua subterránea debe encontrarse en grandes cantidades, ser capaz de fluir sin interrupción hacia los pozos durante períodos largos de tiempo a velocidades razonables y ser de buena calidad.

El término calidad del agua, está estrechamente relacionado con aquellas características físicas, químicas, bacteriológicas y biológicas por medio de las cuales puede evaluarse si el agua es o no apta para el uso que se destine. Idealmente, el agua de consumo no debe contener microorganismos patógenos.

Debe también estar libre de bacterias indicadoras de polución para excretas. Para asegurar que una fuente de abastecimiento de agua potable que posteriormente servirá para un sistema, es importante que se tomen muestras para detectar esos indicadores de polución fecal. El indicador bacteriano primario, es el grupo de organismos coliformes, estas bacterias están universalmente presentes en gran número en las heces del hombre y de otros animales, permitiendo su detección en disoluciones considerables.

Criterios y normas sobre la calidad del agua de consumo

- Criterio: se basa esencialmente en investigaciones científicas y es el conjunto de conocimientos utilizados para la formulación de un juicio o bien todos aquellos principios evaluados y de los cuales se derivan recomendaciones para las características del agua en relación al uso que se le destine.
- Normas: éstas generalmente representan límites que establecen valores para cuantificar los efectos de la exposición a contaminantes que pueden afectar la salud y que son fijadas por gobiernos y entidades componentes, y por lo tanto tienen fuerza de ley.

Para formular las normas para el agua potable, es decir la calidad segura, se ha tenido presente el principio universalmente admitido que en el agua de consumo no ha de haber sustancias químicas ni microorganismos peligrosos para la salud; el agua que se suministra para beber ha de ser agradable como las circunstancias lo permitan. En el agua que se destina al consumo humano, es importante su transparencia, la carencia de color y cualquier sabor u olor desagradable.

La localización, construcción, funcionamiento y la inspección de los sistemas de abastecimiento de agua (lugares de captación, depósitos, instalaciones de depuración y red de distribución), deben excluir cualquier posibilidad de contaminación.

Toma de muestra de agua y requerimientos básicos

Uno de los pilares en el control de la calidad del agua de bebida, es el examen microbiológico del agua. Éste se lleva a cabo por medio de la recolección de las muestras, del sistema en provisión.

Requerimientos que debe cumplir el muestreo:

- Debe ser adecuadamente planificado e idealmente efectuado con la frecuencia suficiente para detectar las variaciones de la calidad del agua que pudieran ocurrir en el transcurso del tiempo.
- Las muestras deben ser tomadas, conservadas y enviadas en frascos adecuados, perfectamente esterilizados.
- El volumen tomado debe ser suficiente para poder desarrollar un correcto análisis.
- Las muestras deberán ser tomadas en puntos del sistema tal que sean lo más representativas posibles.
- Se debe de utilizar una metodología que impida la contaminación en el acto de extracción de la muestra.
- Debe ser enviada al laboratorio, en tal forma que no permitan modificaciones en sus características originales.
- Los detalles del muestreo deben ser adecuadamente descritos en etiquetas apropiadas, para evitar confusiones.

Tabla XVII. **Frecuencias mínimas de la toma de muestras**

Población abastecida	Número de muestras mensuales
Menor de 5 000	1 muestra
5000 – 100 000	1 muestra por 5 000 usuarios
Más de 100 000	1 muestra por 10 000 usuarios, más 10 muestras adicionales
<p>Las frecuencias recomendadas son las mínimas necesarias para exámenes microbiológicos</p> <p>Rutinarios. Es necesaria la obtención de exámenes microbiológicos más frecuentes en</p> <p>Circunstancias desfavorables o en inmediato peligro de contaminación.</p>	

Fuente: elaboración propia.

5.5. **Recuperación del pozo**

Dos propósitos son los fundamentales para hacer pruebas de bombeo: el primero es la medición de la capacidad productora del pozo terminado y permite tener una base para la selección del equipo de bombeo.

El segundo propósito es obtener datos y con base en ellos se calculan otros factores para determinar el comportamiento de los acuíferos. Una prueba de este tipo consiste en bombear un pozo y registrar, tanto el abatimiento en éste, como el producido por el bombeo en otros pozos vecinos de observación. Si las pruebas se realizan correctamente, los datos que se obtengan pueden analizarse para secundar las características hidráulicas del acuífero.

Para lograr cualquiera de los propósitos anteriores, las mediciones que se deben realizar incluyen los niveles estático antes de empezar el bombeo, descarga del pozo de bombeo, niveles del bombeo o niveles dinámicos durante

varios intervalos de tiempo largo de todo el período de bombeo, tiempo en que la bomba arranca, tiempo en que se ha observado cualquier cambio de descarga, y el tiempo al cual se detuvo el bombeo. Las mediciones de los niveles dinámicos, después de cesar el bombeo, son también de utilidad para el estudio de la recuperación.

5.6. Sistema de tratamiento del agua

La razón fundamental de la desinfección del agua, es disminuir el riesgo de infección de las enfermedades transmitidas por el agua, mediante la destrucción o inactivación de los diversos organismos patógenos que están o pueden estar presentes en las fuentes de agua que las personas utilizan para satisfacer sus necesidades básicas.

5.7. Obras hidráulicas

Es toda obra civil que permite la captación, almacenamiento, purificación y distribución del agua, pueden mencionarse también acueductos y pasos aéreos, surtiendo a las comunidades.

Tanque de distribución

El tanque para el almacenamiento de agua se ha diseñado para que supla las demandas máximas horarias esperadas en la red de distribución, de esta forma se mantiene una reserva adecuada para el caso en el que se interrumpa la distribución de las líneas o fuente de abastecimiento, y para casos de incendio. El volumen del tanque debe ser igual a la suma de los requerimientos anteriores.

El caudal de agua que llega a los tanques, es prácticamente constante, por lo que puede almacenarse agua en los períodos en que el consumo es menor para cubrir los de mayor consumo. Para cubrir la demanda de agua en las horas de mayor consumo, siendo su volumen igual a 25 al 40 por ciento del caudal medio diario.

Diseño del tanque elevado metálico

Diseño del cuerpo del tanque metálico

Tipos de juntas

El empalme o unión de placas del tanque y partes o conexiones, se hará por medio de soldadura. Pueden usarse tornillos para uniones secundarias y para empalmes de columnas que resistan principalmente cargas de compresión. Pernos tratados o laminados en frío pueden ser usados para conexiones de barras a tracción que tengan sus extremos previstos para estos accesorios.

Las roscas de los tornillos serán pulidas para evitar la rebaba exterior y prevenir una fácil remoción de las tuercas. Las uniones entre juntas traslapadas de placas del fondo, se encuentran soportadas directamente en una plataforma de cimentación, serán soldadas continuamente en el lado superior únicamente, todas las demás juntas traslapadas de placas en contacto con el líquido, serán soldadas continuamente en ambos lados.

Cargas de diseño

- Carga muerta: será el peso estimado de todas las construcciones permanentes y accesorios. El peso unitario del acero se considerará como 490 libras por pie cúbico (7 850 kilogramos por metro cúbico), y el del concreto entre los límites de 144 a 150 libras por pie cúbico (2 400 kilogramos por metro cúbico).
- Carga viva: será el peso estimado de todo el líquido cuando el tanque está lleno, hasta el rebosadero y todas las demás cargas vivas que correspondan. El peso unitario del agua se considerará 62,4 libras por pie cúbico (1 000 kilogramos por metro cúbico). El peso de un cilindro de agua de diámetro igual al diámetro interior del tubo de admisión, si se encuentra soportado directamente sobre su cimentación, no será considerado como una carga viva vertical sobre dicho tubo.
- Carga por nieve: en los lugares que haya de considerarse esta carga, se asignarán 25 libras por pie cuadrado (120 kilogramos por metro cuadrado). La carga mínima viva para el diseño de un techo será de 15 libras por pie cuadrado (75 kilogramos por metro cuadrado). Las placas del techo pueden sufrir una deflexión entre soportes estructurales para resistir la carga anterior.
- Carga de viento: se asumirá que es de 30 libras por pie cuadrado (150 kilogramos por metro cuadrado), en superficies planas verticales y de 18 a 20 libras por pie cuadrado (90 – 100 kilogramos por metro cuadrado), en proyecciones de áreas de superficies cilíndricas y 15 libras por pie cuadrado (75 kilogramos por metro cuadrado), en proyecciones de áreas de doble curvatura (placas) y superficies cónicas. En estructuras

diseñadas para velocidades de viento mayores de 100 millas por hora (160 kilómetro por hora), todas las presiones unitarias anteriores serán ajustadas en proporción del cuadrado de la velocidad, asumiendo que las presiones de arriba son para una velocidad de 100 millas por hora.

- Cargas de sismo: se asumirá que la carga completa lateral sobre la estructura (techo, paredes, fondo y la proyección adecuada de los miembros de la torre para cargas de viento, incluyendo la proyección del tubo de admisión), actúa sobre la estructura, en el centro de gravedad de estas cargas.

Esfuerzos unitarios

Excepto para soportes de techo, todos los miembros de acero serán diseñados y proporcionados para que durante la aplicación de cualquiera de las cargas previamente mencionadas, o cualquier combinación de ellas, el máximo esfuerzo no exceda los valores especificados

Esfuerzos unitarios – tracción:

Tipo	Esfuerzo unitario máximo (libras/pulg ²)
Acero estructural en sección neta	15 000
Pernos y otras partes roscadas	15 000
Acero de fundición	11 250
Placas de acero en paredes del tanque	15 000

Todos los esfuerzos unitarios dados serán reducidos multiplicándolos por la eficiencia aplicable a la junta que se conecta.

Esfuerzos unitarios – compresión:

Tipo	Esfuerzo unitario máximo (libras/pulg ²)
Placas de paredes	15 000
Acero estructural y metal de soldadura	15 000
Rigidizadores de vigas de alma llena, almas de secciones laminadas al pie del filete	18 000
Acero de fundición	15 000

Esfuerzo unitario – flexión:

Tipo	Esfuerzo unitario máximo (libras/pulg ²)
Tensión en las fibras extremas excepto	
Placas para base de columnas	15 000
Placas para base de columnas	20 000
Compresión en las fibras extremas de Secciones laminadas y vigas de alma llena, Miembros compuestos para valores de LD/BT, Menores o iguales de 600	15 000
LD/BT, mayor de 600	$9\,000\,000 / (LD/BT)$
L = longitud no soportada, D = peralte del miembro, B = ancho del miembro, T = espesor de su patín en Compresión.	
Pines en fibra extrema	22 500
Acero de fundición	11 250

Esfuerzo unitario – corte

Tipo	Esfuerzo unitario máximo (libras/pulg ²)
Pines y pernos tratados, en agujeros	

Rimados o barrenados	11 250
Pernos corrientes	7 500
Almas de vigas y vigas de alma llena, Sección total	9 750
Acero de fundición	7 325
Placas del tanque y uniones estructurales de material de acero	11 250

Esfuerzo unitario – aplastamiento

Tipo	Esfuerzo unitario máximo (libras/pulg ²)	
Pines		24 000
Áreas en contacto con superficies laminadas		22 500
Áreas en contacto de materiales similares		20 250
Expansión de rodillos y arcos de diámetro (d)		600d
Concreto:		
2 500 libras/pulgada cuadrada		625
3 000 libras/pulgada cuadrada		750
4 000 libras/pulgada cuadrada		1 000
5 000 libras/pulgada cuadrada		1 250
	Corte doble	Corte simple
Pernos tratados, en agujeros rimados o barrenados	30 000	24 000
Pernos corrientes	18 750	15 000

Esfuerzos combinados

Esfuerzos axiales y de flexión: todos aquellos miembros diferentes de las columnas, sujetos tanto a esfuerzos axiales y de flexión, serán proporcionados

para que la cantidad $(f_a/F_a + f_b/F_b)$ no exceda la unidad. Las columnas, sujetas tanto a esfuerzos axiales y de flexión, serán proporcionadas para que el término $(f_a + f_b)$, no exceda del valor de P/A , tal como se describe más adelante.

- F_a : esfuerzo unitario que se permitiría, si únicamente existiera el esfuerzo axial.
- F_b : esfuerzo unitario que se permitiría, si únicamente existiera el esfuerzo de flexión.
- f_a : esfuerzo unitario axial real, igual a la fuerza axial dividida por el área del miembro.
- f_b : esfuerzo unitario de flexión real, igual a dividir el momento de flexión por el módulo de sección del miembro.

Pernos: los pernos sujetos a corte y fuerzas de tensión, serán proporcionados, para que los esfuerzos unitarios combinados no excedan el esfuerzo unitario permisible para pernos en tensión únicamente. Los pernos en tensión tendrán sus cabezas en formas especiales para proveer una adecuada resistencia al corte a través de ella.

Viento y otras fuerzas: los miembros sujetos a esfuerzos producidos por la combinación de viento con cargas muerta y viva o únicamente por viento, serán proporcionados para esfuerzos unitarios, incrementándolos en un 25 por ciento. Siempre previendo que las secciones requeridas no sean menores que las solicitadas para combinación de cargas muerta y viva.

En el diseño de cimentaciones de concreto, el incremento en los esfuerzos cuando se incluye viento y cargas muerta y viva pueden ser 33,33 por ciento, para esfuerzos permisibles en el concreto, como en el acero de refuerzo,

permitidos por la última revisión del Instituto Americano del Concreto (ACI) comite 318, previendo que las cimentaciones en su diseño, no sean menores que las requeridas por la combinación de cargas muerta y viva.

Espesores mínimos:

Espesores mínimos para cualquier parte de la estructura de un tanque metálico elevado.

Tanques no mayores de 120 pies de diámetro	1/4"
Tanques mayores de 120 pies y menores de 200	5/16"
Tanques mayores de 200 pies de diámetro	3/8"

Valores de diseño de soldaduras:

Soldaduras acanaladas	
Tensión	85%
Compresión	100%
Corte	75%
Soldaduras de filete	
Corte transversal	65%
Corte longitudinal	50%

Los esfuerzos en una soldadura de filete serán considerados como corte en la garganta, para cualquier dirección de aplicación de la carga. La garganta de una soldadura de filete se asumirá que es 0,707 veces la longitud del lado más corto del filete de soldadura.

Diseño de la torre:

Cargas laterales

Para las columnas y riostres horizontales (puntales), de forma estructural, la carga de viento actuando sobre estos miembros se encontrará multiplicando el área proyectada por los miembros con la carga distribuida asumida. La presión del viento en cualquier dirección sobre una columna estructural, no de forma tubular, se tomará como 30 libras por pie cuadrado (150 kilogramos por metro cuadrado), de la más grande de las 2 áreas proyectadas; la primera, sobre el plano vertical, el que contiene el eje longitudinal de la columna y el eje vertical del tanque y de la torre, la segunda, en un plano vertical perpendicular al anterior.

Columnas y puntales

Secciones estructurales: el esfuerzo unitario máximo permisible para las columnas estructurales o puntales, será determinado por la siguiente fórmula

$$P/A = XY$$

$$X = 18\,000 / (1 + (L^2 / (1\,800 * r^2))) \text{ o}$$

1 500 libras/pulgada cuadrada, escogiendo la menor, y

$$Y = 0,67 * (100 * t / r) (2 - 0,67 * (100 * t / R))$$

Para valores de t/R menores que 0,015 y $Y = 1,00$

Para valores de t/R igual o excediendo 0,015

P = Carga total axial (libras)

A = Sección del área transversal (pulgadas cuadradas)

L = Longitud efectiva de la columna (pulgadas)

r = Radio de giro mínimo (pulgadas)

R = Radio del miembro tubular a la superficie exterior (pulgadas)

t = Espesor del miembro tubular (pulgadas), mínimo ¼”.

Todas las juntas circunferenciales en columnas y puntales tubulares, serán juntas soldadas para juntas completas de penetración. Las juntas longitudinales serán juntas a tope soldadas como mínimo del lado exterior, pero no necesitan tener junta completa de penetración, previendo que la profundidad total de la soldadura, sin incluir la soldadura de refuerzo (1/16”), será como mínimo igual al espesor de la placa. Sí las columnas tubulares se usan como tubos de admisión, ellos también serán diseñados y soldados para resistir los esfuerzos de suncho.

Tolerancia en columnas

El eje de las columnas no se desviará de una línea recta por más de 0,10 por ciento, de la longitud lateral no soportada. En ninguna sección transversal, la diferencia entre el máximo y mínimo diámetro exterior de una columna tubular, excederá 2 por ciento del diámetro nominal exterior. Abolladuras en las columnas tubulares no serán mayores que el espesor de la pared de las columnas.

Esbeltez

Máxima relación de esbeltez	L/r
Miembros a compresión transportando peso o presión del contenido del tanque	120
Miembros a compresión transportando cargas laterales de viento o sismo, o ambas	175
Miembros transportando cargas únicamente del techo	175

Espesor mínimo

El espesor mínimo para columnas y puntales tubulares, será de $\frac{1}{4}$ pulgadas; barras redondas o cuadradas de sección sólida, pueden usarse para arriostamiento diagonal contra cargas laterales y tendrán un diámetro mínimo de $\frac{3}{4}$ pulgadas, o ancho de un lado si son cuadradas, las barras de otras formas si se usan tendrán un área total neta como mínimo igual a $\frac{3}{4}$ partes de una barra redonda.

Pernos de anclaje

Estos pernos se diseñarán para el máximo esfuerzo posible a que puedan estar sometidos, usando el área en la raíz de la rosca o la más pequeña que exista. Los pernos de anclaje pueden extenderse hasta un máximo de 3 pulgadas del fondo de la cimentación, pero no necesariamente más allá de lo suficiente para desarrollar la máxima fuerza de levantamiento, y terminarán en ángulo recto, gancho, doblez, o en una placa con forma de arandela. La fuerza a desarrollar por los pernos de anclaje para barras simples usadas como pernos de anclaje, será calculada por medio de la siguiente fórmula:

$$U=1.5 \cdot F'c^{1/2} \quad \text{Menor o igual a 160}$$

U = esfuerzo unitario de anclaje (libras/pulgada cuadrada)

F'c = esfuerzo de compresión del concreto (libras/pulgada cuadrada)

Los extremos roscados de los pernos de anclaje en la parte superior de la cimentación, serán proyectados 2 pulgadas arriba del nivel nominal de la cimentación, deberán proveerse tuercas y contra tuercas para los extremos de los tornillos en la parte superior, los extremos de los tornillos en su parte

superior si no se usan contratueras se aplanarán con un martillo a efecto de prevenir que no se aflojen las tuercas.

Cimentaciones

Las cimentaciones para estructuras de tanques elevados, podrán ser zapatas aisladas de sección constante o variable y losas continuas, la alternativa se escogerá con base en diversos factores, tomando en cuenta principalmente; el valor soporte del suelo, magnitud de las cargas que actúan en la estructura, etc.

Para brindar economía y seguridad una estructura, debe prever lo siguiente:

Costo inicial

- Costos de fabricación y montaje costo de mantenimiento

Seguridad

- Tipo de especificaciones a usar. Resistencia de los materiales empleados
- Detalles de construcción. Durabilidad
- Tipo de supervisión

Los tanques elevados de metal tienen en comparación a uno de concreto menor costo inicial, menor durabilidad, un mayor mantenimiento, un menor tiempo en su construcción y dependiendo del uso así será su funcionalidad.

Diseño y cálculo del cuerpo del tanque metálico Monterrey I

Datos:

Capacidad	62 metros cúbicos
Altura de la torre	12 metros

Techo:

Forma	Cónica
Altura	0,45 metros
Diámetro	3,90 metros
Inclinación	1/8

Cuerpo:

Forma	Cilíndrica
Altura	5,00 metros
Diámetro	3,90 metros.

Fondo:

Forma	Cónica
Altura	0,60 metros
Diámetro	3,90 metros
Inclinación	1/4

Torre:

Columnas inclinadas:	4
Altura de la torre:	12,00 metros.
Separación de las columnas adyacentes:	4,50 metros.
Separación de las columnas de dirección diagonal:	6,37 metros.
Longitud de las riostras horizontales:	variable
Longitud de los arriostres diagonales:	variable

Cimentación:

Losa continúa con un agujero en el centro.	
Profundidad de cimentación:	1,40 metros.

Materiales:

Acero estructural:	$F_y = 36 \text{ ksi.}$
Acero de refuerzo:	$f_y = 2,810 \text{ kg/cm}^2.$
Concreto:	$f'_c = 281 \text{ kg/cm}^2.$

Cargas:

Acero	490 libras/pie cúbico.
Concreto	150 libras/pie cúbico.
Suelo	100 libras/pie cúbico.
Agua	62.4 libras/pie cúbico.

Valor soporte del suelo:

12 T/metro cuadrado (asumido).

SISMOW

V	=	ZIKCSW
Z	=	1,00
I	=	1,00
K	=	2,50 (Tanque lleno)
C	=	0,076
S	=	1,50
CS	=	0,11

$$T \pm 0,05 * 18 * 3,28 / (4,5 * 3,28)^{1/2} = 0,768$$

$$C \pm 1/15 * 0,768^{1/2} = 0,076$$

$$CS = 0,076 * 1,5 = 0,114 \leq 0,14$$

$$KC = 2,50 * 0,076 = 0,190 \leq 0,25 \geq 0,12$$

$$V = 1 * 1 * 2,5 * 0,114 * W = 0,285 * W$$

Volumen:

$$\text{Volumen} = 3,14 * 3,9^2 / 4 * 5 + 3,14 * 3,9^2 / 4 * 1/3 = 63,70 \text{m}^3$$

Peso (asumiendo un espesor de 1/4", para todo el depósito):

$$W_{\text{agua}} = 62 * 3,28^3 * 62,4 \quad 136\ 521$$

$$W_{\text{tapa}} = (\pi * 3,9^2 / 4) (3,28^2) (490) / (4) (12) \quad 1\ 312$$

$$W_{\text{cuerpo}} = (\pi * 3,9) (4) (3,28^2) (490) / (4) (12) \quad 5\ 382$$

$W_{\text{fondo}} = (\pi * 3,9^2 / 4)(3,28^2)(490) / (4)(12)$	1 312
$W_{\text{accesorios}} = (\text{asumido})$	<u>1 000</u>
	145 527
$W_{\text{columnas}} = 4 * 12 * 3,28 * 28,55$	4 495
$W_{\text{breizas}} = 40 * 3,2 * 3,28 * 3,65 / 0,625$	2 450
$W_{\text{miembros}} = 12 * 3,66 * 3,28 * 3,65$	<u>525</u>
	7 470

Análisis:

El viento no es crítico, analizamos únicamente por sismo:

$$W_{\text{total}} = 145\,527 \text{ libras} + 7\,470 \text{ libras} = 152\,997 \text{ libras}$$

$$W_{\text{columna}} = 152\,997 / 4 = 38\,249,25 \text{ libras} \pm 38,25 \text{ Kips}$$

$$V'_{\text{sismo}} = 0,285 * 145\,527 / 1000 = 41,48 \text{ Kips} * 1,25 = 51,84 \text{ Kips}$$

$$V''_{\text{sismo}} = 0,205 * 7\,470 / 1000 = 2,13 \text{ Kips} * 1,25 = 2,66 \text{ Kips}$$

$$\text{Total} = 43,61 \text{ Kips} * 1,25 = 54,51 \text{ Kips}$$

$$M'_{\text{sismo}} = 34,31 * 14 * 3,28 = 1,576 \text{ Kip-pie}$$

$$M''_{\text{sismo}} = 2,66 * 8 * 3,28 = 70 \text{ Kip-pie}$$

$$= 1,646 \text{ kip-pie}$$

Separación a ejes columnas adyacentes = $4,5 * 3,28 = 14,76$ pies

Separación columnas en dirección diagonal = $14,76 / 0,707 = 20,88$ pies

Analizando en dirección XX y YY:

$$V_{\text{marco}} = 54,51/2 = 27,25 \text{ Kip}$$

$$M_{\text{marco}} = 1646/2 = 823 \text{ kip-pie}$$

$$\text{Reacción en la base} = R = 823/14,76 = 55,76 \text{ kip}$$

$$T \pm C \pm 55,76 \text{ kips (en columnas)}$$

$$T \pm 20,61 \text{ kips (en diagonales)}$$

$$C \pm 18,49 \text{ kips (en horizontales)}$$

$$V_{\text{pernos}} \pm 18,49 \text{ kips}$$

Analizando en dirección xy (diagonal):

$$V_1 = 36,98/2 = 18,49 \text{ kips}$$

$$V_{\text{marco}} = 0,707 * 18,49 = 13,07 \text{ kips}$$

$$M_{\text{marco}} = (1646/2) * 0,707 = 582 \text{ kips-pie}$$

$$T \pm C \pm 2 * 50,07 * 100,14 \text{ kips (en columnas)}$$

$$T \pm 14,16 \text{ kips (en diagonales)}$$

$$C \pm 13,16 \text{ kips (en horizontales)}$$

$$V_{\text{pernos}} \pm 18,49 \text{ kips}$$

Diseño de las columnas:

Es crítica la compresión

$$C \pm 100,14 \pm 25,94 = 126,08 \text{ kips}$$

$$L \pm 3,20 \text{ metros} * 10,50 \text{ pies} \pm 125,96 \text{ pulgadas}$$

Ensayando con tubo de $\varnothing = 8''$ estándar

$$A = 8,40 \text{ pulgadas}^2 \quad r = 2,25 \text{ pulgadas}$$

K menor o igual $1,0 \cdot k/l/r \pm 1 \cdot 125,98/2,94 = 42,84 \pm 43$

$F_a = 18,95 \cdot 1,33 = 23,69$ ksi

$f_a = 126,27/5,58 = 22,63 \leq F_a = 23,69$

Usar tubo de 6" en columnas

Diseño de miembros diagonales:

$T \pm 20,61$ kips $T \pm 20,61$ kips

$L \pm 5,52$ metros $\pm 217,34" = 18,11$ pies

L/r menor o igual 240 aproximadamente $r \geq 217,34/240 = 0,91"$

$F_t = 0,60 \cdot 36 = 22 \cdot 1,33 = 29,35$ ksi

$A_t = 20,61/29,33 = 0,70$ pulgada²

Usando tubo de $\varnothing 2"$ estándar

$A = 1,07$ pulgadas² $r = 0,787$ pulgadas

$F_t = 20,61/1,07 = 19,26 \leq F_t = 29,35$

$L/r = 217,34/0,787$ o 276 y $240 < L/r < 3000$ se acepta para rigidizar la torre

Con tubo de $\varnothing 2"$ en tirantes

Diseño de miembros horizontales:

$C = 18,49$ kips

$L \pm 4,30$ metros $\pm 14,10$ pies $\pm 169,25$ pulgadas

$K/l/r \leq 200$

$K \pm 1,00$ $r \geq 1,00 \cdot 169,25/200 = 0,85$

Usando tubería de $\varnothing 3"$ en riostras horizontales

Diseño de los pernos de anclaje:

$T \pm 100,14 - 25,94 = 74,20$ kips

$$T/\text{perno} \pm 74,20/8 = 9,275 \text{ kips}$$

$$V \pm 18,49 \text{ kips}$$

$$V/\text{perno} = 18,49/8 = 2,31 \text{ kips}$$

Usando 8 pernos de $\varnothing = 1''$ (A307)

$$A_t = 0,606$$

$$A_v = 0,785$$

$$f_y = 2,31/0,785 = 2,94 \leq F_v = 10,00$$

$$f_t = 9,275/0,606 = 15,31 \leq F_t = 20,00$$

$$F_{tv} = 28 - 1,6 * 2,92 = 23,33 \leq F_t = 20,00$$

Se emplean 8 pernos $\varnothing 1''$ A307 en la base $T_w = 5/16''$, se utiliza una placa de $12'' * 12'' * 1''$

$$T_w = ((0,707 * 5/16)(14)(3,14)(6,625)) = 64,34 < 74,20 \rightarrow t_w = 1/4''$$

$$M_{pl} = ((40\% * 74,20)(3,00)70\%) = 62,33 \text{ Kip-pulgada}$$

$$T \pm (6 * 62,33 / 27 * 12)^{1/2} = 1,07 \pm 1''$$

$$F_p = 126,27 / 12^2 = 0,88 \leq F_p = 0,25 * 4000 = 1,00 \text{ Ksi}$$

Cimiento:

$$P = 104,54 \text{ kips} \pm 47,52 \text{ toneladas}$$

$$M = 1646 / 1,25 = 1317 \text{ kip-pie} \pm 231,85 \text{ t-m}$$

$$M_{ad} = 29,94 * 1,4 / 2,2 = 19,05 \text{ t-m}$$

$$M_{total} = 231,85 + 19,05 = 250,90 \text{ t-m}$$

$$A = 36 \text{ m}^2$$

$$I = 145,50 \text{ m}^4$$

$$S = 44,77 \text{ m}^3$$

$$ME = (97,92 + 47,52)(6,5/2) = 472,68 \text{ t-m}$$

$$P_{stc} = (1,6 * 0,8 + 2,4 * 0,6)(36) = 97,92 \text{ t}$$

$$FS_v = 472,68 / 250,90 = 1,88 > 1,50$$

$$FS_d = ((0,04)(97,92 + 47,52)) / 13,54 = 4,30 > 1,50$$

Cimentación de 6,50*6,50*0,60 (con agujero de 2,50*2,50)

Losa:

$$P \pm 1,7 * (9,75 - 2,4 * 6,5 - 1,6 * 0,80) = 11,95 \text{ t/m}^2$$

$$M_{vol} \pm 11,95 * 1^2 / 2 = 5,98 \text{ t-m/m}$$

$$M_{lc} \pm 11,95 * 4,50^2 / 8 - 5,98 = 24,27 \text{ t-m/m}$$

En 2 metros, b = 2 y d \pm 0,5 metros

$$A_s = 19,38$$

$$A_s(\text{min}) = 24$$

Colocar varillas número 6 a 0,25 en 2/camas

En pedestales:

$$M_u \pm 1,7(29,31 / 2,2)(0,80) = 18,12$$

$$A_s = 14,26 \text{ cm}^2 * 4 = 57,06 \text{ utilizar 12 varillas número 8}$$

$$V_u = (1,7 * 29,94 / 2,2)(1000) / 0,85 * 60 * 52,46 = 8,52 < 8,83 \text{ utilizar varillas}$$

número 3 a 0,15

$$B = 60, \quad d \pm 60 - (5 + 1,27 + 2,54 / 2) = 52,46 \text{ cm}$$

Sección de 0,60 * 0,60 * 0,60 utilizar 12 varillas número 8 y estribos número 3 a 0,15

5.8. Lista de materiales y presupuesto

Una vez se ha concluido el diseño, en el que se han definido los componentes del sistema de agua, el siguiente paso consiste en la definición del presupuesto, el cual es parte fundamental de la planificación de los proyectos.

La elaboración del presupuesto debe cumplir con los siguientes objetivos:

- Obtener la lista de materiales e insumos necesarios para la ejecución del proyecto.
- Contemplar todos los gastos que se necesitarán para cubrir todos los rubros del proyecto.
- Definir los costos unitarios de los componentes de un presupuesto.
- Definir un presupuesto por componentes y por renglones, así como la propuesta de financiamiento.

El presupuesto general de los proyectos se realizó de la siguiente manera:

- Materiales
- Mano de obra
- Costo directo
 - Materiales
 - Mano de obra
 - Transporte y fletes
 - Imprevistos

- Costo indirecto
 - Administración y dirección
 - Supervisión

- Costo total

Los precios para las tuberías y los accesorios fueron escogidos dentro de varias cotizaciones realizadas en algunas empresas distribuidoras de materiales para construcción; dichos precios están sujetos a cambios sin previo aviso por parte de los distribuidores.

Tabla XVIII. Presupuesto línea conducción y distribución Monterrey I

PROYECTO: INTRODUCCION DE AGUA POTABLE POR BOMBEO					
UBICACIÓN: ALDEA MONTERREY 1, COATEPEQUE, QUETZALTENANGO.					
PRESUPUESTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA					
LINEA DE DISTRIBUCION					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.		P.T.
Tubería PVC 3" 160 PSI	Tubos	246	Q	103.42	Q 25,441.32
Tubería PVC 2 1/2" 160 PSI	Tubos	93	Q	69.87	Q 6,497.91
Tubería PVC 2" 160 PSI	Tubos	5	Q	47.67	Q 238.35
Tubería PVC 1 1/2" 160 PSI	Tubos	20	Q	30.64	Q 612.80
Tubería PVC 1" 160 PSI	Tubos	40	Q	17.30	Q 692.00
Tubería PVC 1 1/4" 160 PSI	Tubos	263	Q	23.97	Q 6,304.11
Tubería PVC 3/4" 160 PSI	Tubos	11	Q	13.67	Q 150.37
Tubería PVC 1/2" 315 PSI	Tubos	354	Q	10.74	Q 3,801.96
Codos de 3" pvc	U	2	Q	39.83	Q 79.66
Tees de 3" pvc	U	54	Q	66.14	Q 3,571.56
Tees de 2 1/2"	U	33	Q	51.98	Q 1,715.34
Tees de 1 1/2"	U	8	Q	9.74	Q 77.92
Tees de 1 1/4"	U	82	Q	8.26	Q 677.32
Tee de 2"	U	1	Q	13.32	Q 13.32
Tee de 1"	U	1	Q	5.05	Q 5.05
Codos de 1 1/4"	U	1	Q	6.65	Q 6.65
Codos de 1/2"	U	125	Q	2.00	Q 250.00
Reductor Bushing de 3 a 2 1/2"	U	1	Q	40.19	Q 40.19
Reductor Bushing 3" a 2"	U	1	Q	40.19	Q 40.19
Reductor Bushing 3" a 1/2"	U	45	Q	21.50	Q 967.50
Reductor Bushing de 2 1/2" a 1/2"	U	33	Q	21.50	Q 709.50
Reductor Bushing 1 1/2" a 1/2"	U	8	Q	5.05	Q 40.40
Reductor Bushing 2 1/2" a 1 1/4"	U	1	Q	21.50	Q 21.50
Reductor Bushing 1 1/4" a 1/2"	U	81	Q	4.93	Q 399.33
Reductor Bushing 2" a 1 1/4"	U	4	Q	8.50	Q 34.00
Reductor Bushing 1 1/4" a 1"	U	2	Q	4.93	Q 9.86
Reductor Bushing 1" a 1/2"	U	11	Q	3.00	Q 33.00
Reductor Bushing 3/4" a 1/2"	U	7	Q	3.00	Q 21.00
Valvula de compuerta de 3"	U	1	Q	350.00	Q 350.00
Valvula de compuerta de 2 1/2"	U	1	Q	234.00	Q 234.00
Valvula de compuerta de 2"	U	1	Q	85.00	Q 85.00
Valvula de compuerta de 1 1/4"	U	5	Q	75.00	Q 375.00
Valvula de compuerta de 1"	U	1	Q	65.00	Q 65.00
Valvula de compuerta de 1/2"	U	177	Q	21.00	Q 3,717.00
Valvula de Globo de 1/2"	U	177	Q	25.00	Q 4,425.00
Valvula de Cheque de 1/2"	U	177	Q	15.00	Q 2,655.00
Grifos de bronce + accesorios	U	177	Q	19.00	Q 3,363.00
Contadores	U	177	Q	175.00	Q 30,975.00
Solvente PVC	Gal	7	Q	422.00	Q 2,954.00
Thinner	Gal	15	Q	40.00	Q 600.00
Wipe	LBS	50	Q	7.00	Q 350.00
	Total				Q 102,600.11

Continuación de la tabla XVIII.

M. O. LINEA DE DISTRIBUCION				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	P.T.
Tubería PVC 3" 160 PSI	M.L.	1476	Q 3.00	Q 4,428.00
Tubería PVC 2 1/2" 160 PSI	M.L.	558	Q 2.50	Q 1,395.00
Tubería PVC 2" 160 PSI	M.L.	30	Q 2.00	Q 60.00
Tubería PVC 1 1/2" 160 PSI	M.L.	120	Q 1.75	Q 210.00
Tubería PVC 1" 160 PSI	M.L.	240	Q 1.50	Q 360.00
Tubería PVC 1 1/4" 160 PSI	M.L.	1578	Q 1.25	Q 1,972.50
Tubería PVC 3/4" 250 PSI	M.L.	66	Q 0.75	Q 49.50
Tubería PVC 1/2" 315 PSI	M.L.	2124	Q 0.75	Q 1,593.00
	Total			Q 10,068.00
TANQUE ELEVADO + BOMBA + LINEA DE CONDUCCION				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	P.T.
Bomba sumergible	Unidad	1	Q 65,000.00	Q 65,000.00
Construcción tanque elevado metálico	Unidad	1	Q 225,000.00	Q 225,000.00
	Total			Q 290,000.00
M. O. TANQUE ELEVADO + BOMBA				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	P.T.
Bomba sumergible	Unidad	1	Q 10,850.00	Q 10,850.00
Construcción tanque elevado metálico	Unidad	1	Q 35,000.00	Q 35,000.00
	Total			Q 45,850.00
La altura del tanque elevado es con respecto al nivel del suelo de 12 metros de altura.				
PERFORACION DE POZO MECANICO				
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.	P.T.
Perforación de pozo + accesorios	Unidad	1	Q 273,000.00	Q 273,000.00
	Total			Q 273,000.00
En la perforación del pozo mecánico se incluye la tubería de HG de 4", que se encuentra en la línea de conducción. También la profundidad del pozo oscila entre 300 a 350 pies, según observaciones a pozos existentes en un radio de 1 km a la redonda.				
SUB-TOTAL				Q 721,518.11
SUPERVISION 10 %				Q 72,151.81
IMPREVISTOS 05 %				Q 36,075.91
TOTAL DEL PROYECTO				Q 829,745.83

Fuente: elaboración propia.

El costo total de la construcción de la introducción de agua potable por bombeo para la aldea Monterrey I, se estima en la cantidad de ochocientos veintinueve mil, setecientos cuarenta y cinco quetzales con ochenta y tres centavos.

Tabla XIX. **Presupuesto línea conducción y distribución La Esperanza**

PROYECTO: INTRODUCCION DE AGUA POTABLE POR BOMBEO					
UBICACIÓN: ALDEA LA ESPERANZA, COATEPEQUE, QUETZALTENANGO.					
PRESUPUESTO DE MATERIALES Y MANO DE OBRA					
LINEA DE DISTRIBUCION					
Descripción	Unidad	Cantidad	P.U.		P.T.
Tubería PVC 4" 160 PSI	Tubos	372	Q 171.42	Q	63,768.24
Tubería PVC 3" 160 PSI	Tubos	107	Q 103.42	Q	11,065.94
Tubería PVC 2 1/2" 160 PSI	Tubos	10	Q 69.87	Q	698.70
Tubería PVC 2" 160 PSI	Tubos	56	Q 47.67	Q	2,669.52
Tubería PVC 1 1/2" 160 PSI	Tubos	128	Q 30.64	Q	3,921.92
Tubería PVC 1 1/4" 160 PSI	Tubos	110	Q 23.97	Q	2,636.70
Tubería PVC 1" 160 PSI	Tubos	325	Q 17.30	Q	5,622.50
Tubería PVC 3/4" 160 PSI	Tubos	92	Q 13.67	Q	1,257.64
Tubería PVC 1/2" 160 PSI	Tubos	426	Q 10.74	Q	4,575.24
Codos de 1/2"	U	213	Q 3.20	Q	681.60
Grifo de bronce	U	213	Q 16.00	Q	3,408.00
Cruz de 4"	U	1	Q 420.00	Q	420.00
Reducidor Bushing de 4 a 1"	U	1	Q 95.00	Q	95.00
Reducidor Bushing 4" a 3/4"	U	2	Q 78.00	Q	156.00
Reducidor Bushing 4" a 3"	U	1	Q 75.00	Q	75.00
Reducidor Bushing 4" a 2 1/2"	U	1	Q 68.00	Q	68.00
Reducidor Bushing 4" a 2"	U	1	Q 59.50	Q	59.50
Reducidor Bushing 3" a 2"	U	1	Q 42.00	Q	42.00
Reducidor Bushing 3" a 1"	U	1	Q 36.00	Q	36.00
Reducidor Bushing 2 1/2" a 1"	U	1	Q 32.00	Q	32.00
Reducidor Bushing 2" a 1 1/2"	U	2	Q 28.00	Q	56.00
Reducidor Bushing 1 1/2" a 1"	U	4	Q 23.00	Q	92.00
Reducidor Bushing 1 1/2" a 1 1/4"	U	1	Q 26.00	Q	26.00
Reducidor Bushing 1" a 3/4"	U	1	Q 16.00	Q	16.00
Tee reductora de 4" x 1/2"	U	62	Q 110.00	Q	6,820.00
Tee reductora de 3" x 1/2"	U	19	Q 102.00	Q	1,938.00
Tee reductora de 2 1/2" a 1/2"	U	12	Q 92.00	Q	1,104.00
Tee reductora de 2" a 1/2"	U	12	Q 85.00	Q	1,020.00
Tee reductora de 1 1/2" a 1/2"	U	12	Q 72.00	Q	864.00
Tee reductora de 1 1/4" a 1/2"	U	40	Q 69.00	Q	2,760.00
Tee reductora de 1" a 1/2"	U	56	Q 25.00	Q	1,400.00
Codo de 4"	U	4	Q 95.00	Q	380.00
Codo de 2"	U	1	Q 36.00	Q	36.00
Codo de 1"	U	1	Q 19.00	Q	19.00
Valvula de compuerta de 4"	U	1	Q 660.00	Q	660.00
Valvula de compuerta de 3"	U	1	Q 265.00	Q	265.00
Valvula de compuerta de 2 1/2"	U	1	Q 245.00	Q	245.00
Valvula de compuerta de 2"	U	1	Q 225.00	Q	225.00
Valvula de compuerta de 1 1/2"	U	1	Q 176.00	Q	176.00
Valvula de compuerta de 1 1/4"	U	1	Q 125.00	Q	125.00
Valvula de compuerta de 1"	U	1	Q 65.00	Q	65.00
Valvula de compuerta de 1/2"	U	213	Q 35.00	Q	7,455.00
Adaptador Hembra de 1/2"	U	426	Q 1.92	Q	817.92
Adaptador Macho de 4"	U	2	Q 65.00	Q	130.00
Adaptador Macho de 3"	U	2	Q 55.00	Q	110.00
Adaptador Macho de 2 1/2"	U	2	Q 41.93	Q	83.86
Adaptador Macho de 2"	U	2	Q 29.69	Q	59.38

Continuación Tabla XIX.

Adaptador Macho de 1 1/2"	U	2	Q	20.76	Q	41.52
Adaptador Macho de 1 1/4"	U	2	Q	7.87	Q	15.74
Adaptador Macho de 1"	U	2	Q	4.05	Q	8.10
Adaptador Macho de 1/2"	U	426	Q	3.20	Q	1,363.20
Tee de 1 1/4"	U	3	Q	51.98	Q	155.94
Tee de 1 1/2"	U	2	Q	9.74	Q	19.48
Tee de 1"	U	1	Q	5.05	Q	5.05
Tee de 2"	U	1	Q	13.32	Q	13.32
Tee de 3"	U	2	Q	66.14	Q	132.28
Tee de 3/4"	U	2	Q	2.56	Q	5.12
Tee de 4"	U	2	Q	110.11	Q	220.22
Thinner	U	10	Q	25.00	Q	250.00
Solvente PVC	Gal	8	Q	422.00	Q	3,376.00
Thinner	Gal	4	Q	40.00	Q	160.00
Wipe	LBS	22	Q	7.00	Q	154.00
		Total			Q	134,157.63
M. O. LINEA DE DISTRIBUCION						
Descripción	Unidad	Cantidad		P.U.		P.T.
Tubería PVC 4" 160 PSI	M.L.	2232	Q	2.00	Q	4,464.00
Tubería PVC 3" 160 PSI	M.L.	642	Q	1.75	Q	1,123.50
Tubería PVC 2 1/2" 160 PSI	M.L.	60	Q	1.50	Q	90.00
Tubería PVC 2" 160 PSI	M.L.	3141	Q	1.25	Q	3,926.25
Tubería PVC 1 1/2" 160 PSI	M.L.	768	Q	1.00	Q	768.00
Tubería PVC 1" 160 PSI	M.L.	3143	Q	1.00	Q	3,143.00
Tubería PVC 3/4" 160 PSI	M.L.	552	Q	0.75	Q	414.00
Tubería PVC 1/2" 160 PSI	M.L.	2556	Q	0.75	Q	1,917.00
		Total			Q	15,845.75
TANQUE ELEVADO + BOMBA + LINEA DE CONDUCCION						
Descripción	Unidad	Cantidad		P.U.		P.T.
Bomba sumergible	Unidad	1	Q	65,000.00	Q	65,000.00
Construcción tanque elevado metalico	Unidad	1	Q	225,000.00	Q	225,000.00
		Total			Q	290,000.00
M. O. TANQUE ELEVADO + BOMBA						
Descripción	Unidad	Cantidad		P.U.		P.T.
Bomba sumergible	Unidad	1	Q	10,850.00	Q	10,850.00
Construcción tanque elevado metalico	Unidad	1	Q	50,000.00	Q	50,000.00
		Total			Q	60,850.00
PERFORACION DE POZO MECANICO						
Descripción	Unidad	Cantidad		P.U.		P.T.
Perforación de pozo + accesorios	Unidad	1	Q	305,000.00	Q	305,000.00
		Total			Q	305,000.00
SUB-TOTAL					Q	805,853.38
SUPERVISION 10 %					Q	80,585.34
IMPREVISTOS 05 %					Q	40,292.67
TOTAL DEL PROYECTO					Q	926,731.39

Fuente: elaboración propia.

El costo total de la construcción de la Introducción de agua potable por bombeo para la Aldea La Esperanza, se estima en la cantidad de novecientos veintiséis mil, setecientos treinta y un quetzales con treinta y nueve centavos.

5.9. Administración operación y mantenimiento

Organización para la ejecución del proyecto

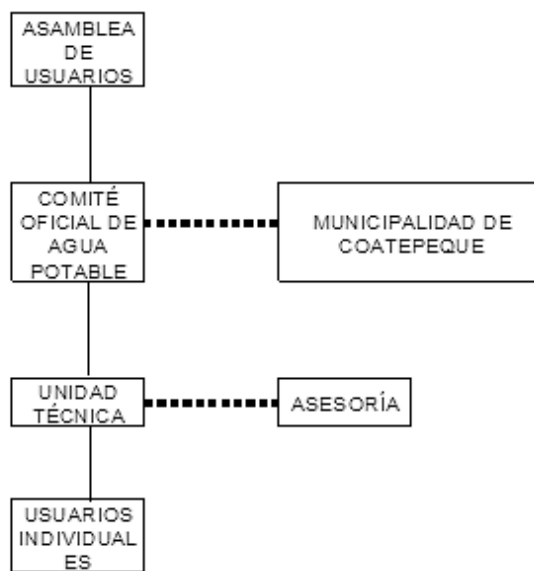
Para la ejecución del proyecto, se hará necesario que el los comités de agua potable de la aldea Monterrey I y La Esperanza, cumpla con las funciones siguientes:

- Organizar a la comunidad en grupos de trabajo, para desarrollar las distintas tareas, con el auxilio del ejecutor.
- Llevar el control de la participación de las familias beneficiarias, en cuanto a jornales y contribuciones extraordinarias. Estas últimas deben estar registradas en libros contables.
- Disponer de las bodegas necesarias para el almacenamiento de los materiales que suministrará el ejecutor.
- Nombrar a los encargados y guardianes de las bodegas.
- Hacer las gestiones necesarias, de manera que el ejecutor pueda extraer los materiales de construcción: arena, pedrín de las áreas cercanas.
- Controlar el avance de las obras, según el cronograma presentado por el ejecutor.

Organización para la administración del sistema de abastecimiento de agua potable

La cobertura del proyecto (181 servicios en la aldea Monterrey I y 213 en la aldea La Esperanza) y la complejidad en el manejo de los equipos del sistema de agua, obligan a que se conforme una unidad técnica que se encargue directamente de su operación y mantenimiento. Dicha unidad estará adscrita al comité oficial de agua potable, que para todos los efectos, será la entidad responsable del proyecto y de la administración general. Lo anterior es ilustrado en el organigrama siguiente.

Figura 2. **Organigrama para la administración del proyecto**



Fuente: elaboración propia.

El Comité Oficial de Agua Potable velará por la administración general del sistema y estará integrado por miembros, que son electos por votación en asamblea general de usuarios: presidente, secretario, tesorero, y vocales. La

durabilidad de cada uno de los cargos será de 2 años. Se reunirán periódicamente (una vez al mes), para tratar asuntos relacionados con el proyecto.

El comité será el órgano administrativo de decisión y tendrá como función principal, someter a consideración de la comunidad o asamblea de usuarios, todas aquellas propuestas relevantes tales como: modificaciones de tarifas, contribuciones extraordinarias, modificaciones al reglamento, la situación financiera, la aprobación de presupuestos y demás situaciones, que impliquen un acto trascendental en cuanto a la prestación del servicio. Presentará a las autoridades municipales informes ordinarios anuales que reflejen claramente la situación financiera, y ejercerá la auditoria ordinaria, por lo menos cada 2 años. Y convocará a asamblea, cuando la situación así lo amerite.

También deberá tener a su cargo la contratación del personal, que a su criterio sea necesario para cumplir las funciones y tareas que exige el buen funcionamiento del servicio. En tal sentido y dada la magnitud de la cobertura, se propone la siguiente matriz de puestos y funciones:

Tabla XX. **Perfil de puestos, para la administración del sistema de agua**

Puesto	Tarea	Actividades
DIRECTOR ADMINISTRADOR	<p>Ejecutar y velar porque se efectúen las decisiones del comité.</p> <p>Velar por el cumplimiento de reglamentos, proyectos tarifarios y demás disposiciones, y proponer al comité aquellas que a su juicio considere convenientes para la buena marcha del proyecto.</p> <p>Velar porque se preste un buen servicio y se cumplan las leyes nacionales y municipales.</p> <p>Mantener al día la contabilidad. presentar al comité los informes anuales, y financieros.</p> <p>Contratar, coordinar y supervisar el personal que está a su cargo.</p> <p>Además, deberá desarrollar las siguientes funciones de secretaría: llevar un archivo, atender a los usuarios, así mismo las cuentas de usuarios</p>	<p>Ejercer las decisiones operativas del proyecto.</p> <p>Elaborar la contabilidad: libros de caja y bancos, compras y controles.</p> <p>Elaborar informes financieros.</p> <p>Tramitar las solicitudes de instalación de agua.</p> <p>Dictaminar sobre los contratos de servicio, órdenes de corte e instalación.</p> <p>Aprobar compras del proyecto menores. Para compras mayores, se requerirá la autorización del tesorero del comité.</p> <p>Desarrollar las siguientes tareas de secretaría: elaborar y emitir órdenes de instalación, órdenes de corte, etc.; efectuar cualquier tipo de compras autorizadas, llevar registros de inventarios de bodega, entradas y salidas, mantener el inventario de proveedores, manejar un fondo de caja chica; emitir los recibos de cobros y resolver dudas sobre reclamos, así como llevar el control individual de consumos y cobros de los usuarios</p>

Continuación de la tabla XX.

FONTANERO Y AUXILIAR DE DIRECCIÓN	Efectuar la operación y dar el mantenimiento necesario a la infraestructura del sistema, y auxiliar al director en las tareas de secretaría.	Efectuar la limpieza y protección de las estructuras. Instalar servicios nuevos. Operar y mantener los equipos de cloración. Cortar y reconectar aquellos servicios que han sido sancionados. Calibrar medidores Solicitar compra y salida de materiales de bodega. Atender reparaciones emergentes. Efectuar la lectura mensual de los medidores. Entregar a domicilio recibos de cobro.
---	--	---

Fuente: elaboración propia.

Además, el director administrativo podrá contratar los servicios de consultorías específicas de técnicos profesionales, según la necesidad.

Manejo de fondos: el correcto manejo de fondos, es la clave principal del éxito de la organización para la administración y mantenimiento del sistema de agua. Los fondos provenientes de las tarifas, se deben distribuir en partidas, según planes presupuestarios y de trabajo, sobre el sistema de porcentajes.

Con base en la integración de la tarifa, se deberán tomar en cuenta los siguientes:

- 38 por ciento para operación
- 27 por ciento para el mantenimiento
- 26 por ciento para la administración
- 9 por ciento para la capitalización o recuperación de la infraestructura

Actividades básicas de operación y mantenimiento

Se detallan las actividades básicas de operación y mantenimiento del proyecto.

Operación y mantenimiento: el mantenimiento preventivo que se debe proporcionar al acueducto, es la acción de proteger las partes del sistema de agua potable, con la finalidad de evitar daños, disminuir los efectos dañinos, asegurar la continuidad del servicio de agua potable y así obtener un proyecto eficiente y auto sostenible, es necesario que se contemple la capacitación y adiestramiento de las personas que integran el comité de agua de la comunidad, para que funcionen como fontaneros.

En el presente documento se mencionan las actividades mínimas que debe de realizar el fontanero o persona contratada para dar el mantenimiento al proyecto.

Tabla XXI. **Detalle del programa de operación y mantenimiento**

Estructura	Trabajo a realizar	Tiempo	Responsable
BOMBEO	1. Limpia y chapeo de áreas adyacentes a estructuras hidráulicas.	c/3 meses	Fontanero
	2. Inspección de área adyacente para determinar posible contaminación de fuente.	c/4 meses	Fontanero
	3. Inspección ocular de actividades de deforestación cercanas a la fuente.	c/4 meses	Fontanero
	4. Revisión de estructuras para determinar fisuras y filtraciones.	c/4 meses	Fontanero
	5. Revisión de equipo de bombeo y válvulas para determinar posibles fugas.	c/4 meses	Fontanero
	6. Toma de muestras para análisis de laboratorio.	c/mes	Técnico
	7. Reparar posibles averías menores en el sistema de bombeo.	c/6 meses	Fontanero
	8. Contactar a persona especializada para darle mantenimiento constante al equipo de bombeo.	Cada vez que sea necesario	Técnico en bombas
LÍNEA CONDUCCIÓN	1. Limpia y chapeo e inspección de línea para determinar fugas	c/mes	Fontanero
	2. Revisión de válvulas de compuerta para determinar funcionamiento y fugas.	c/mes	Fontanero

Continuación de la tabla XXI.

LÍNEA Y RED DISTRIBUCIÓN	1. Revisión de cajas de válvulas para detectar fugas y daños.	c/mes	fontanero
	2. Recorrido de calles para determinar fugas.	c/mes	fontanero
	3. Verificar cloro residual en los puntos más lejanos de la red.	c/semana	fontanero
	4. Toma de muestras de agua para análisis de laboratorio.	c/mes	técnico
	5. Verificar caja de válvula de aire para determinar daños y fugas	c/6 meses	fontanero
	6. Verificar caja rompe presión con flotes para determinar daños y fugas	c/6 meses	fontanero
CONEXIONES PREDIALES	1. Revisar llaves de paso y chorro, para determinar posibles fugas.	c/mes	fontanero
	2. Revisar la base de concreto y determinar que el chorro se encuentre firme	c/mes	fontanero
	3. Revisar que la caja de la llave de chorro no esté dañada	c/mes	fontanero
	4. Eliminar cualquier estancamiento de agua.	c/mes	fontanero
TANQUE DE DISTRIBUCIÓN	1. Verificar cajas de válvulas de compuerta, tubería y accesorios para determinar posibles fugas.	c/mes	fontanero
	2. Limpia y chapeo de área adyacente, para evitar crecimiento de maleza	c/3 mes	fontanero
	3. Limpieza y lavado de tanques eliminando material sedimentado.	c/4 meses	fontanero cuadrilla
	4. Revisión del tanque para determinar fisuras	c/6 meses	fontanero
	5. Aforo para determinar producción de fuente.	c/mes	fontanero

Fuente: elaboración propia.

Recomendaciones:

Para evitar o eliminar los criaderos de zancudos y mosquitos, debe de evitarse que el agua sobrante de los chorros y pilas, corra sobre la tierra. Esto se logra canalizando adecuadamente las aguas servidas hacia pozos de absorción de profundidad variable, dependiendo de la capacidad de infiltración del suelo.

Para lograr el saneamiento total del medio ambiente, es necesario la adecuada disposición y evacuación de excretas o desechos humanos. Una buena solución se obtiene con la construcción de letrinas sanitarias, éstas, constan de las siguientes partes:

Foso, brocal, losa o plancha, tasa, asiento y tapadera, caseta.

Para construir una letrina sanitaria deben de tomarse en cuenta, algunas de las recomendaciones siguientes:

- La orientación de la vivienda con relación a vientos predominantes.
- Distancia mínima con respecto a la vivienda deberá de ser 5 metros.
- Distancia horizontal mínima, con respecto a un pozo artesanal 15 metros.
- Distancia vertical mínima, con respecto al nivel freático 1,5 metros.

Procedimiento para la reparación de daños en tubos pvc

Para reparar daños en la tubería pvc es necesario contar con la siguiente herramienta: sierra, niple de pvc, brocha, solvente o pegamento, y lija. El procedimiento es el siguiente:

- Desenterrar el tubo 1 ó 2 metros a ambos lados de la fuga, luego cortar un pedazo de 30 centímetros.
- Preparar el niple de unos 38 centímetros, preparar fuego y calentar cada extremo del niple sobre el calor del carbón (no en la llama). Cuando el tubo se encuentre blando meterlo en el extremo de otro tubo para hacerle la campana, hacer lo mismo en el otro extremo.
- Empalme de tubería, habiendo preparado el niple con las campanas, se procede de la siguiente forma: limpiar los extremos con un trapo, aplicar solvente alrededor de los extremos de la tubería, introducir el tubo dentro de la campana, luego mantener la presión y dejar secar.

5.10. Tarifa del servicio

Para proyectos de agua con sistema por bombeo, se ha determinado que la tarifa máxima no exceda el de un jornal por familia promedio mensual. Para el caso de las aldeas Monterrey I y La Esperanza, según lo investigado en la visita de campo sobre la condición económica de la población, se obtuvo la información que el ingreso promedio mensual es de Q. 600,00 a Q. 850,00 , por lo que la tarifa máxima sería de Q 30,00 al mes, considerando lo anteriormente establecido.

Sin embargo, después del análisis y sobre la base del cálculo de la tarifa se determinó que la misma deberá ser de Q. 6 000,00 mensual por servicio domiciliar, la cual cubrirá:

- Los costos de repuestos y herramientas
- El consumo de hipoclorito de calcio para desinfectar el agua

- El salario del fontanero, dicho valor es menor al dato máximo sugerido, por lo que la comunidad si tiene capacidad de pagar esta tarifa.

Tomando en cuenta los beneficios que se obtienen con la construcción de este tipo de proyectos, el costo actual de la adquisición del agua, principalmente en lo que respecta al tiempo invertido en su acarreo, la cantidad y calidad de la misma; se hace la recomendación de efectuar una reunión con la comunidad en donde se indique si están dispuestos a aceptar la tarifa y que al mismo tiempo se comprometan a operar y mantener el proyecto.

6. VULNERABILIDAD EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE

6.1. Concepto de riesgo, amenaza y vulnerabilidad

Riesgo: grado de pérdidas esperadas y efectos provocados debido a la ocurrencia de un evento particular, en función de la amenaza y la vulnerabilidad.

Amenaza: probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período, en un sitio dado.

Vulnerabilidad: grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos que corren riesgo, como resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresado en una escala desde 0, o sin daño hasta 1, o pérdida total.

RIESGO =	AMENAZA	X	VULNERABILIDAD
Colapso del sistema	variable en la que no se puede intervenir		variable en la que se puede intervenir Con medidas de mitigación y prevención

La vulnerabilidad está asociada a la peligrosidad e intensidad de los eventos y a las características de un determinado componente. Si bien no se puede modificar la amenaza, se puede reducir la vulnerabilidad para minimizar los daños y mejorar la respuesta durante la emergencia.

Para reducir los daños, es necesaria la gestión del riesgo; se considera que el riesgo mantiene una relación directamente proporcional con la amenaza y la vulnerabilidad del componente analizado. Por ende, para reducir el riesgo necesariamente hay que disminuir la amenaza o la vulnerabilidad.

Cuando las amenazas naturales afectan los sistemas de agua, sean existentes o por construir, se busca reducir los efectos mediante la ejecución de medidas de prevención o mitigación. Dichas medidas se determinan a partir de un análisis de vulnerabilidad de los distintos componentes frente a las amenazas a las cuales se encuentran expuestos.

Fundamentos para el análisis

Guatemala es una región expuesta a todo tipo de amenazas naturales: sismos, erupciones volcánicas, inundaciones, deslizamientos, entre otros; las cuales se presentan con cierta frecuencia en nuestro territorio y dejan a su paso pobreza y destrucción.

Los resultados de los últimos desastres han demostrado el incremento de la vulnerabilidad provocada por la acción del hombre, aumentando la frecuencia y el impacto de los mismos. Entre otras consecuencias, los servicios de agua se ven seriamente afectados, lo que influye de manera negativa sobre la salud y el bienestar de la población.

Las razones para proteger los sistemas de agua frente a desastres naturales, van desde la protección de la salud, asegurar el desarrollo y actividades económicas y proteger la inversión en la infraestructura de agua.

La interacción entre las amenazas naturales y los sistemas de agua ha dejado en evidencia cuán expuestos se encuentran éstos a ser dañados.

Además, generalmente en los procesos de desarrollo no se ha considerado el efecto de los desastres sobre estos sistemas, lo que se ha traducido en:

- Pérdidas económicas para las empresas de agua por los cuantiosos daños directos e indirectos que generan los desastres en los sistemas. Los daños directos están asociados a los daños físicos en la infraestructura. En cambio, los daños indirectos están asociados al costo adicional que incurre la empresa para atender la emergencia y a la falta de recaudación debido a la interrupción de sus servicios, entre otros.
- Alteraciones
- Alteraciones en la calidad de los servicios y exposición a riesgos para la salud debido al deterioro de la calidad de los mismos, pues ante la necesidad de agua, la población recurre a fuentes que pueden estar contaminadas provocando efectos nocivos para su salud, tales como, el incremento de enfermedades diarreicas agudas y otras enfermedades de origen hídrico.

A continuación se enumeran algunas de las razones por las cuales los sistemas de agua potable son especialmente vulnerables a amenazas naturales.

- Su gran extensión hace que los distintos componentes estén expuestos a diferentes amenazas.

- La dificultad de acceso a algunos de sus componentes hace difícil su inspección antes y después del desastre.
- Infraestructura en constante crecimiento.
- Poseen uso continuo y su interrupción o falla puede maximizar el impacto del evento.
- Su operación es indispensable durante la emergencia y para la recuperación.

La única manera que esta infraestructura se encuentre preparada para situaciones de desastres, es mediante la aplicación de medidas de prevención y mitigación, las que permiten reducir la vulnerabilidad de los sistemas. Muchas veces, la vulnerabilidad comienza con la inadecuada ubicación de los componentes.

Cuando un determinado componente no puede ser ubicado en zonas seguras, su diseño y construcción debe exigir la implementación de obras de prevención a fin de asegurar su funcionamiento en condiciones extremas.

Si por alguna razón no se pudieran implementar medidas de mitigación, es necesario conocer la vulnerabilidad de los sistemas y sus componentes frente a las distintas amenazas a fin de realizar los preparativos para responder en situaciones de emergencia. La disponibilidad de compuestos químicos y una bodega mínima de repuestos clave previamente identificados, serán de gran utilidad para responder de manera efectiva y eficaz ante la emergencia.

Con el fin de no repetir los mismos niveles de vulnerabilidad que quedan en evidencia luego de un desastre, es importante establecer las medidas de prevención en las diferentes etapas de rehabilitación y reconstrucción.

En las tareas de rehabilitación y reconstrucción, se deben incorporar medidas de prevención vitales, como cambios de material, de ubicación o de trazado, a fin de reducir la vulnerabilidad del componente y de no repetir o incrementar las vulnerabilidades que dejó en evidencia el desastre. Una de las peculiaridades de estos sistemas es que cada componente podría estar expuesto a diferentes amenazas. Por esa razón, se deben realizar acciones para atender cada una de las vulnerabilidades identificadas.

Quando debe hacerse una análisis de vulnerabilidad

El impacto de las amenazas naturales sobre los sistemas, depende del grado de exposición a la amenaza, de las características técnicas del componente y de la estructura del sistema. Por lo anterior, es primordial primero que nada identificar a que amenazas están expuestos los sistemas sanitarios, los cuales debido a su extensión pueden tener componentes ubicados en áreas expuestos a distintos tipos de amenazas.

La superposición del mapa de amenazas con el del sistema, permite elaborar los mapas de riesgo, en los que se distinguen los componentes expuestos a las amenazas a fin de obtener los datos necesarios para el análisis de vulnerabilidad.

Los sistemas de información geográfica constituyen un instrumento muy eficiente para la preparación de mapas de riesgo porque analizan gráficamente

la información, generan mapas de zonificación del peligro e identifican los componentes más expuestos a diferentes amenazas.

Análisis de vulnerabilidad: la vulnerabilidad es la susceptibilidad de que un elemento o conjunto de elementos sea dañado o afectado por la ocurrencia de un desastre. Cuando se tiende una tubería en un margen de un río o se aprovecha el trazado de una carretera, se expone a que el sistema se vea afectado cuando el caudal se incremente. Para evitar lo anterior se debe analizar su vulnerabilidad previamente.

En relación con lo anterior, algunos profesionales recomiendan que si se usa la estructura de un puente para el tendido de una línea de conducción, este se debe hacer en el costado aguas abajo de la estructura, de manera que las vigas del puente protejan la tubería en caso de crecidas.

Una vez que se identifican las amenazas propias de la zona y sus posibles efectos, el análisis de vulnerabilidad permite determinar las debilidades físicas de los componentes del sistema. Solo mediante la determinación de esas debilidades se podrán establecer las medidas correctivas.

El desarrollo de los criterios para reducir el riesgo de los sistemas de agua potable frente a desastres naturales, es responsabilidad compartida entre las empresas prestadoras de los servicios y los entes reguladores o instituciones rectoras del sector. Cuando la ubicación de los componentes no es la correcta, la infraestructura colapsará aún sin grandes desastres.

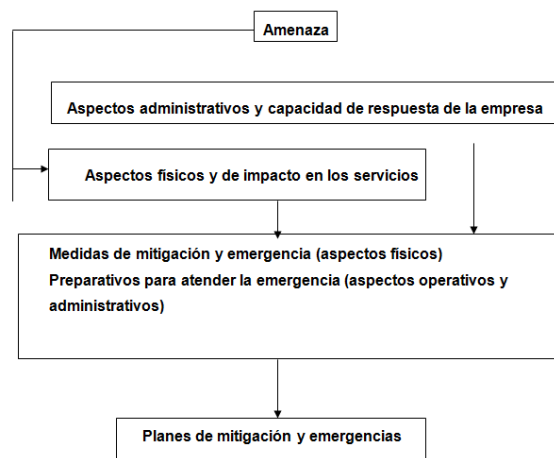
Las vulnerabilidades detectadas en el sistema podrán identificarse de manera cuantitativa o cualitativa, para conocer las situaciones de mayor riesgo y establecer prioridades.

En cada componente vulnerable se deberá estimar el nivel de daños que podría experimentar frente a un desastre, desde la ausencia de daños hasta la ruina del componente.

Al realizar el análisis de vulnerabilidad, es necesario identificar la organización local y nacional para situaciones de emergencia y desastres, sus normas de funcionamiento y recursos disponibles. También es importante caracterizar la zona donde se ubica y a la cual sirve el sistema (distancia a otros centros poblados, estructura urbana, salud pública, desarrollo socioeconómico, servicios, accesos, entre otros).

En el siguiente esquema se muestra un resumen de cómo interactúan las distintas actividades de la gestión del riesgo en sistemas de agua y se destaca que para la elaboración de planes de respuesta en situaciones de emergencia y desastres, es necesario conocer las amenazas y el impacto de las mismas en los componentes del sistema y su repercusión en el servicio.

Figura 3. **Gestión del riesgo**



Fuente: elaboración propia.

Planes de mitigación y emergencias

El análisis de vulnerabilidad requiere evaluar al menos los siguientes aspectos:

- Aspectos administrativos y capacidad de respuesta

Se identificarán las normas de funcionamiento y recursos disponibles, tanto en situaciones normales como durante emergencias y desastres. La capacidad de respuesta de la empresa, en parte queda establecida por sus medidas de prevención, mitigación y preparativos frente a desastres, por su organización en las tareas de operación y mantenimiento del sistema y por el apoyo administrativo que tenga.

En emergencias, será necesario tomar decisiones y emprender acciones que no podrán seguir los trámites y procedimientos regulares, como pueden ser procesos de licitación pública, facturas, etc. Por lo tanto, se deben considerar procesos administrativos especiales, ya sea que la situación de emergencia sea declarada por la misma empresa o por el gobierno local y nacional.

- Aspectos físicos e impacto en el servicio

Una vez identificadas las amenazas naturales a las cuales está expuesto cada uno de los componentes del sistema, mediante estudios técnicos (estudios de vulnerabilidad) se estiman los daños en cada uno de ellos. Al conocer los posibles daños, recién se está en condiciones de establecer el nivel de servicio que la empresa podría prestar durante la emergencia.

Ello se podrá estimar en relación con la capacidad remanente y calidad del servicio, dependerá además del tiempo que se tarde en restablecer el servicio, ya sea de manera gradual o total.

- Medidas de mitigación y emergencia

Sólo una vez que se tengan caracterizadas las amenazas y los posibles daños en los sistemas, se podrá diseñar e implementar las medidas de mitigación y preparativos para la respuesta frente a la emergencia. Como es económica y técnicamente difícil contar con sistemas que no sufran ningún tipo de daño, será necesario priorizar las medidas de mitigación.

Los resultados de un estudio de vulnerabilidad pueden tener diferentes usos, según los recursos de la empresa o los criterios de sus gerentes. A continuación se muestran alternativas de uso de los resultados de estos estudios. Se debe evitar que dichos estudios queden como ejercicios académicos y que las autoridades de la empresa ignoren completamente sus resultados.

Usos de los resultados de un estudio de vulnerabilidad:

- Reducir la vulnerabilidad
 - Diseño e implementación de medidas de mitigación en el sistema.
 - Elaboración de criterios de diseño para futuras obras.
- Preparativos para atender la emergencia

Conocer con anterioridad los componentes y lugares donde se dañará el sistema durante emergencias y desastres. Contar con recursos humanos y

materiales para rehabilitar el sistema en sus puntos críticos, cuando ocurra el desastre.

6.2. Descripción de las amenazas naturales y de sus efectos en los sistemas de agua potable

Las amenazas naturales que con mayor frecuencia se presentan son: sismos, inundaciones, deslizamientos.

A continuación se describe cada uno de los fenómenos mencionados, los factores que influyen para que se transformen en desastres naturales, cómo afectan a los sistemas de agua potable y saneamiento, y algunas medidas de mitigación y prevención específicas.

Sismos: los procesos de generación de sismos pueden ser de diversa índole, sin embargo su poder destructivo dependerá, entre otras cosas, de las características que se mencionan a continuación:

- Magnitud máxima probable, que corresponde a la cantidad de energía liberada por el movimiento sísmico.
- Intensidad, medida en la escala de *Mercalli*, que toma en consideración los efectos sentidos por el hombre, los daños en las construcciones y los cambios en las condiciones naturales del terreno.
- Probabilidad de ocurrencia.
- Antecedentes de sismos en la región, incluidas las fallas activas. El historial de sismos es una fuente de datos que debe ser revisada.

- Calidad y tipos de suelo y su potencial de licuefacción.
- Condiciones del agua subterránea, su nivel y variaciones.

Es importante conocer las áreas potencialmente inestables: suelos licuables o saturados, que pueden sufrir desplazamientos, etc.

La mayor peligrosidad se asocia a las áreas de fractura, fallas sísmicas y epicentros de terremotos destructivos.

Los sismos pueden producir fallas en el subsuelo, hundimiento del terreno, derrumbes, deslizamiento de tierra y avalancha de lodo. Así mismo, puede reblandecer suelos saturados, lo que ocasionaría daños en cualquier parte de los sistemas ubicados dentro del área afectada.

Los daños que pueden causar en los sistemas de saneamiento son:

- Destrucción total o parcial de la estructura de captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y distribución.
- Rotura de las tuberías y daños en las uniones, con la consiguiente pérdida de agua potable y alteración de la calidad.
- Variación del caudal en captaciones subterráneas o superficiales. Cambio de la salida del agua en manantiales.

Daños puntuales, pueden llegar a inutilizar todo el sistema, cuando se trata de componentes clave para su funcionamiento.

Inundaciones: son fenómenos naturales que pueden deberse a procesos como las lluvias y huracanes, o una combinación de los mismos.

Es importante conocer los factores que modifican la esorrentía de una cuenca: climáticos (variación y patrones de precipitación, evaporación, transpiración) y fisiográficos (características de la cuenca, condiciones geológicas, topografía, el cauce y capacidad de almacenamiento, tipo y uso del suelo)

El manejo de datos históricos (nivel de lluvias, caudal de los ríos, etc.) y de estadísticas constituye una fuente importante para obtener los factores de diseño. Se debe tener especial cuidado en no descuidar los períodos de recurrencia ni las variaciones de los niveles de agua en la cuenca.

Las áreas de inundación y los cauces afectados, constituyen las áreas de mayor peligro; al elegir el sitio de las obras, se debe verificar la calidad del terreno y su área adyacente.

Las inundaciones ocasionan daños por la presencia de corrientes de agua, escombros flotantes, deslizamiento de terrenos saturados, derrumbes, etc. Estos dependen del nivel que alcancen las aguas, la violencia y rapidez con que se desplacen y el área geográfica que cubra.

Entre los daños que ocasionan las inundaciones a los sistemas de saneamiento destacan:

- Destrucción total o parcial de captaciones localizadas en ríos o quebradas.

- Colmatación de componentes por arrastre de sedimentos.
- Pérdida de captación por cambio del cauce del río.
- Rotura de tuberías expuestas en pasos de ríos o quebradas.
- Contaminación del agua en las cuencas.

En general, la escasez o exceso de agua resulta ser un problema para los sistemas de abastecimiento de agua. En caso de inundaciones, los componentes expuestos son los que se encuentran en los lugares de paso o de acumulación del agua.

Deslizamientos: este fenómeno no se presenta necesariamente de manera aislada; se puede generar por sismos, o lluvias intensas. Generalmente ocurre en lugares puntuales, por lo tanto, el primer trabajo será identificar los puntos del sistema donde se podrían presentar estos problemas.

Para caracterizar los deslizamientos, es importante conocer la geología de la región en cuanto a relieves con taludes escarpados, acantilados, áreas de concentración de drenaje y filtración, topografía y estabilidad de taludes, zonas de concentración de fracturas; licuefacción debido a sismos y precipitaciones.

La exposición de los servicios de agua es alta, sobre todo en regiones en las que las tomas se encuentran en áreas montañosas y las aducciones se instalan en laderas de las montañas hasta llegar a las zonas servidas. En estas zonas, los deslizamientos pueden ocasionar:

- Destrucción total o parcial de todas las obras, en especial de la captación y conducción, ubicadas sobre o en la trayectoria de deslizamientos activos, en terrenos montañosos inestables con fuerte pendiente o en taludes muy inclinados.
- Contaminación del agua en las áreas de captación superficial en zonas montañosas.

En muchos casos, la inadecuada ubicación o las filtraciones propias de los componentes de los sistemas de agua provocan deslizamientos que dañan un determinado componente o inutilizan todo un sistema.

El hecho de que generalmente los deslizamientos se presenten de manera paulatina, permite que las empresas tengan el tiempo necesario para tomar las medidas de precaución que evitarían daños en los sistemas. Sin embargo, los deslizamientos activados por fenómenos naturales imprevisibles, tales como sismos, lluvias intensas, etc. No permiten tomar las acciones preventivas del caso, si es que no son consideradas desde su diseño.

Existen medidas para reducir la vulnerabilidad ante deslizamientos, las que varían de acuerdo con las necesidades del caso. Entre ellas se puede destacar:

- Trabajos de reforestación
- Construcción o reforzamiento de muros de contención
- Estabilización de taludes
- Uso de materiales que se adapten a las deformaciones del terreno cuando se hagan instalaciones en laderas.

6.3. Mitigación de desastres

Prevención y mitigación de desastres: la reducción de la vulnerabilidad se puede lograr a través de medidas de prevención y mitigación, las que ayudan a corregir debilidades ante la eventual ocurrencia de un desastre y además minimizan el riesgo a fallas en condiciones normales.

La mitigación y prevención, es producto de un trabajo multidisciplinario y debe ser realizado por profesionales con amplia experiencia en el diseño, operación, mantenimiento y reparación de los componentes del sistema, por lo tanto no se trata de un trabajo aislado sino que debe formar parte de las decisiones de planificación y desarrollo de estos sistemas.

La mitigación y prevención se aplica:

- En obras nuevas mediante la aplicación de criterios de prevención en el diseño, ubicación, selección de materiales, trazado y redundancia.
- En obras existentes mediante la implementación de tareas de conservación y mantenimiento, reparación, reemplazo, reubicación y redundancia.

El objetivo de la estrategia de prevención y mitigación, es subsanar las debilidades de acuerdo con la frecuencia e intensidad de los fenómenos que se puedan presentar.

En la mayoría de los casos, los problemas que provocan los daños en los sistemas de agua no están relacionados con el desastre mismo, sino más bien con el hecho de no tomar en cuenta los fenómenos naturales como una variable

de la planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento de los mismos.

Ante la mayoría de las amenazas, es necesario prever la descentralización de los sistemas mediante el establecimiento de fuentes alternas a fin de no interrumpir el servicio. Una forma de obtener lo anterior es dotando de redundancia a los sistemas.

De este modo, sí se presentarán daños de un componente o sistema, se pueda contar con otra conexión que podrá ser maniobrada en un tiempo breve para restablecer los servicios. Cabe destacar la utilidad de contar con válvulas de control en lugares estratégicos.

El hecho de tener sistemas interconectados o componentes redundantes, aumenta el nivel de confiabilidad del sistema y le da mayor flexibilidad y maniobrabilidad para las tareas rutinarias, como las de limpieza o reparaciones, sin necesidad de interrumpir el suministro de agua.

Las actividades de operación y mantenimiento representan una oportunidad ideal para trabajar en la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas. Sin embargo, algunas situaciones requerirán la ejecución de obras y proyectos especiales orientados exclusivamente a reducir la vulnerabilidad del sistema.

Las medidas de mitigación se consideran como las opciones técnicas más adecuadas y de menor costo, de acuerdo a la naturaleza del medio. Estas medidas se implementarán:

- durante la ejecución; se proporcionará al ejecutor especificaciones ambientales, normas de seguridad y medidas de conservación del medio ambiente.
- durante la operación; se capacitará a la comunidad, a través del comité, que se beneficiará con el proyecto para la correcta operación, administración y mantenimiento del acueducto, garantizando con ello, la conservación del medio ambiente y sostenibilidad del proyecto.

Especificaciones ambientales durante la ejecución

La empresa ejecutora tendrá que conocer las disposiciones sanitarias elementales, evitando un riesgo para la salud de los trabajadores.

La empresa ejecutora tendrá la obligación de mantener el área de trabajo en condiciones sanitarias aceptables.

La empresa ejecutora tiene la obligación de proveer los medios para dotar a su personal de: acceso a un servicio de agua potable como también del uso de instalaciones sanitarias temporales.

La empresa ejecutora deberá velar porque su personal siga las medidas de higiene antes del consumo de alimentos, para evitar riesgo de enfermedades estomacales.

La empresa ejecutora dotará de mascarillas o pañuelos al personal, para evitar riesgos de enfermedades respiratorias por la presencia de polvo originado por cal, cemento, tierra, ripio o inhalantes como thinner o solventes para pegar tubería pvc.

Es responsabilidad de la empresa ejecutora, velar por el manejo adecuado de los materiales, que se utilizaran en la construcción.

Normas de seguridad

La empresa ejecutora deberá contar entre su personal con un profesional para la dirección técnica, quien velará por el buen mantenimiento y ejecución de la obra y deberá instruir adecuadamente al personal encargado de manipular los materiales y herramientas peligrosas (piedra, block, cemento, cal, varillas o herramienta punzocortantes), señalar las áreas de peligro, coordinado con los miembros de comité, para evitar riesgo de accidentes graves.

La empresa ejecutora deberá contar con un botiquín de primeros auxilios, provisto de todos los elementos indispensables para atender casos de emergencia.

La empresa ejecutora deberá asegurar todos los restos de materiales (alambres, clavos, estacas, ripio, maderas, etc.), para que sean retirados al concluir la obra y evitar interferencias con las actividades de la población.

La empresa ejecutora deberá contar con una bodega para almacenar los materiales y los restos de materiales que puedan ser reutilizados por la comunidad para la operación y mantenimiento del sistema.

Medidas de conservación del medio ambiente

Tratar en la medida de no utilizar maquinaria pesada y evitar excavaciones en períodos secos y con vientos fuertes. Nivelar áreas removidas y restaurar la vegetación afectada.

En terrenos inclinados, considerar el establecimiento de obras de conservación de suelos.

Disponer en forma adecuada las bolsas de cal y cemento, recipientes de vidrio y plásticos, así como desechos peligrosos, para evitar la contaminación por desechos de la construcción.

Durante la operación

Para evitar la erosión causada por la limpia y chapeo de los lugares por donde se construirán las obras de arte, se instalará la tubería, se propone reforestar estas áreas como las adyacentes.

Para evitar la contaminación de las áreas adyacentes a las viviendas por la mala disposición de las aguas servidas, se propone la construcción de pozos de absorción para las aguas grises, y así evitar el estancamiento de las aguas y por ende la reproducción de zancudos, contaminación de fuentes superficiales, etc.

Impactos ambientales positivos

- Genera un crecimiento económico, pues se contratará mano de obra local y permanente.
- Se mejora la calidad de vida de la población.
- Mejoran las condiciones de salud, pues con la construcción de este proyecto, se distribuirá agua de mejor calidad, lo cual disminuirá las enfermedades de origen hídrico.

7. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

7.1. Definición de impacto ambiental y evaluación de impacto ambiental

Impacto ambiental, es cualquier alteración a las condiciones ambientales o creación de un nuevo conjunto de condiciones ambientales, adverso o benéfico, provocada por la acción humana o fuerzas naturales.

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) instrumento de política, gestión ambiental y toma de decisiones formado por un conjunto de procedimientos capaces de garantizar, desde el inicio de la planificación, que se efectúe un examen sistemático de los estudios ambientales de un proyecto, así como las medidas de mitigación o protección ambiental que sean necesarias para la opción a desarrollar. Los resultados deberán ser presentados a los tomadores de decisión para su consideración.

7.2. Leyes para la aplicación de la evaluación de impacto ambiental

El marco jurídico que norma, asesora, coordina y aplica todo lo concerniente al tema de mejoramiento del medio ambiente, vigente al mes de septiembre de 2005 son las leyes y reglamentos siguientes:

Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente. Decreto No. 68-86 y sus reformas: decretos No. 75-91, 1-93 y 90-2000 del Congreso de la República de Guatemala.

Ley de creación del ministerio de ambiente y recursos naturales. Decreto No. 90-200 y su reforma: Decreto No. 91-2000 del Congreso de la República de Guatemala.

Reglamento orgánico interno del ministerio de ambiente y recursos naturales. Acuerdo Gubernativo No. 186-2001.

Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental. Acuerdo Gubernativo No. 023-2003, Guatemala, 27 de enero de 2003.

7.3. Descripción y procedimiento que debe cumplir la evaluación de impacto ambiental

La base legal para realizar los EIA, devienen de la ordenanza contenida en el artículo 8 de la Ley de Protección y Mejoramiento del medio Ambiente, el que a la letra indica:

“Para todo proyecto, obra industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a, los recursos naturales, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos naturales, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo una evaluación de impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión Nacional de Medio Ambiente. El funcionario que omitiere exigir el estudio de evaluación de impacto ambiental, será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de impacto ambiental, será sancionado con una multa de Q. 5 000,00 a 100 000,00. En caso de no cumplir

con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla.”

En el medio ambiente natural se incluyen los siguientes aspectos:

- Suelo: erosión, deposición, sedimentación, contaminación por residuos, alteración vegetal de la cubierta vegetal, empobrecimiento del suelo, áreas de inundación.
- Aguas: superficiales y subterráneas.
- Aire: contaminación, efectos de la contaminación sobre la vegetación, el patrimonio histórico y artístico y los diferentes materiales; alteración del microclima.
- Contaminación térmica
- Ruido
- Olores molestos o pestilencias
- Radiaciones ionizantes
- Productos químicos tóxicos
- Protección de la naturaleza: áreas protegidas (parques, reservas, áreas de interés especial, otras); fauna y flora especies en peligro de extinción o escasa; incendios forestales; repoblaciones forestales, otros aspectos de la conservación de la naturaleza.

7.4. Evaluación de impacto ambiental del sistema de abastecimiento de agua potable por bombeo para las aldeas Monterrey I y La Esperanza, municipio de Coatepeque, Quetzaltenango

Un tipo de proyecto, como el presente, causa mayores impactos ambientales positivos que negativos. Para el análisis de las consecuencias de la ejecución del proyecto, se utilizó la matriz de identificación de impactos ambientales tanto positivos como negativos; la cual se incluye en el anexo 2 y expresa las características propias de los impactos considerados del proyecto.

Tabla XXII. **Matriz de identificación de impactos ambientales**

MATRIZ PARA LA IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES																
COMUNIDAD: ALDEA MONTERREY 1 Y LA ESPERANZA						MUNICIPIO: CORTEPEQUE						DEPARTAMENTO: QUETZALTENANGO				
MEDIO ABIOTICO		MEDIO BIOTICO		MEDIO CULTURAL		MEDIO SOCIOECONOMICO										
SUELO		AGUA		SUBTERRANEA		ATMOSFERA		RUIDO		FAUNA		MACRO				
MORFOLOGIA		SUPERFICIAL				AIRE				MICRO						
USO POTENCIAL		COMPACTACION														
Localización y análisis del sitio																
Limpieza y desmonte												SITIOS ARQUEOLOGICOS	BELLEZA ESCENICA	MANO DE OBRA	INFRAESTRUCTURA	+B.TD
Acarreo de materiales																+B.TD
Cortes y rellenos																+B.TD
Explotación de bancos de materiales	-B.TD,Rc															
Alteración al drenaje natural	-B.TD,Rc															
Estructuras metálicas	-B.TD,Rc															+B.TD
Remoción de derrumbes	-B.TD,Rc															
Uso de maquinaria																
Disposición final de desechos																
Enchutado																
Suministro de agua																+A.TD
Sistema de Almacenaje																+A.TD
Transporte de materiales																
Aprovechamiento de la flora																
Aprovechamiento de la fauna																
Preparación y mezcla de materiales																
Acabados																

SIMBOLOGIA A UTILIZAR			
CARACTERISTICA	SIMBOLO	SIGNIFICADO	
Naturaleza del impacto	(+),(-)	POSITIVO, NEGATIVO	
Indicador	(B),(M),(A)	BAJO, MEDIO, ALTO	
Duración	(T),(P)	TEMPORAL, PERMANENTE	
Tipo de impacto	(D),(I)	DIRECTO, INDIRECTO	
Recuperador de impacto	(R),(Ic)	RECUPERABLE, IRRECUPERABLE	

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Un sistema de distribución de agua potable para las aldeas, con cantidades y calidades adecuadas, provocará: disminución en gastos por posibles enfermedades de origen hídrico, y al mismo tiempo se genera un incremento en el valor de la tierra para las personas que son propietarias, debido a la implementación del servicio del agua potable.
2. Con respecto a la relación de costo del proyecto de acuerdo con el número de usuarios para la aldea Monterrey I es la siguiente: Q.1 020,60 por cada usuario. Con respecto a la aldea La Esperanza es de Q.760,24 por cada usuario. Se ve que la diferencia costo-habitante se refleja con mayor peso en la población de Monterrey I, con respecto a la población de la aldea La Esperanza, ya que su población es mayor en su número de habitantes, lo cual hace que se genere un menor costo de inversión por habitante.
3. El mejor funcionamiento del proyecto se basa en efectuar un mantenimiento continuo como se detalla en el programa de operación y mantenimiento, del presente trabajo y el cual debe seguirse al pie de la letra, ya que cada actividad debe realizarse en el tiempo indicado y por la persona responsable. Teniendo sumo cuidado con el equipo de bombeo que es el elemento vital para poder prestar el mejor servicio.

4. Para la elaboración de este trabajo se hicieron investigaciones de campo, y con los métodos utilizados en gabinete para el cálculo del proyecto, se presentó el más factible, ya que existen varios criterios y parámetros que determinan el diseño de los diferentes componentes del sistema. Es difícil decir en forma general que materiales deben usarse en los diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua potable, por tanto se recomienda tomar en cuenta todos los factores para obtener resultados satisfactorios para la población y el servicio que este proyecto presta para crear un acceso económico-social de las aldeas Monterrey I y La Esperanza.

RECOMENDACIONES

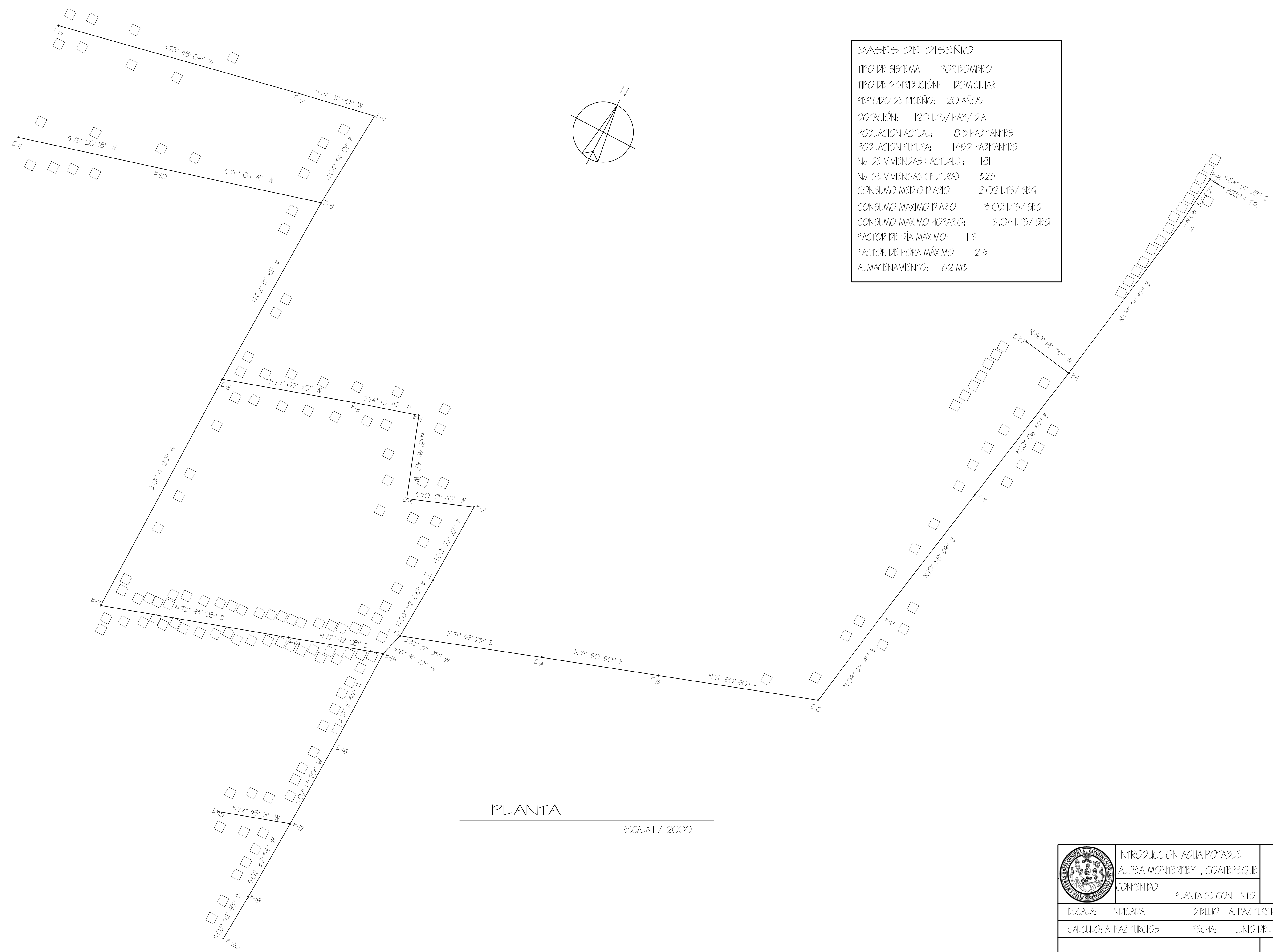
A los miembros de los comités de las comunidades beneficiadas con este estudio:

1. Darle seguimiento al trámite del financiamiento y ejecución de los proyectos en la Unidad Técnica Municipal de Coatepeque, ya que será la encargada de dirigir el presente diseño a instituciones gubernamentales para su futura ejecución.
2. Posteriormente a la ejecución del proyecto, deberán seguir la guía de operación y mantenimiento descrita en el presente trabajo.
3. Que el comité de agua desarrolle las siguientes actividades:
 - Llevar un registro en el cual todos los usuarios del servicio aprueben el uso del terreno donde se ubiquen las obras del sistema para así evitar daños ocasionados involuntariamente.
 - Velar porque los equipos y las instalaciones del sistema de agua funcionen correctamente y por la calidad del servicio que se presta dosificando correctamente el hipoclorito de calcio para evitar algún tipo de intoxicación.

BIBLIOGRAFÍA

1. COBURN, A.W. *Mitigación de desastres*. Reino Unido: s.e., 1991. 65 p.
2. GELLERT, Gisela. *Algunas lecturas de riesgo y vulnerabilidad en Guatemala, utilizando la herramienta DesInventar*. Guatemala: s.e., 1999. 29 p.
3. Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimientos de agua potable y saneamiento. Tesis. Guatemala, ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 1991. 159 p.
4. MARTÍ ZAPATA, Ricardo; CABALLEROS Rómulo. *Un tema del desarrollo: La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres*. México: s.e., 2000. 45 pp.
5. Mitigación de desastres en sistemas de agua y saneamiento. Noviembre, 2002.
6. SANDOVAL, Juan José. *Estudio sobre el análisis y diseño de tanques rectangulares enterrados y superficiales de concreto reforzado*. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1981. 83 pp

7. TRIGUEROS LÓPEZ, José Alfredo. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable de los barrios La Esperanza, El Palmo y Los Angeles, Puerto de Champerico y Centro Urbano II del Parcelamiento La Máquina, departamento de Retalhuleu.* Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998. 49 pp.
8. VELÁSQUEZ DÍAZ, José Alfonso. *Criterios de Diseño para pozos de agua.* Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998. 64 pp.
9. VÉLEZ MATHURIN, Juan Carlos. *Óptimo equipamiento de pozos mecánicos par a la explotación de agua subterránea de acuerdo a su requerimiento.* Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 126 pp.




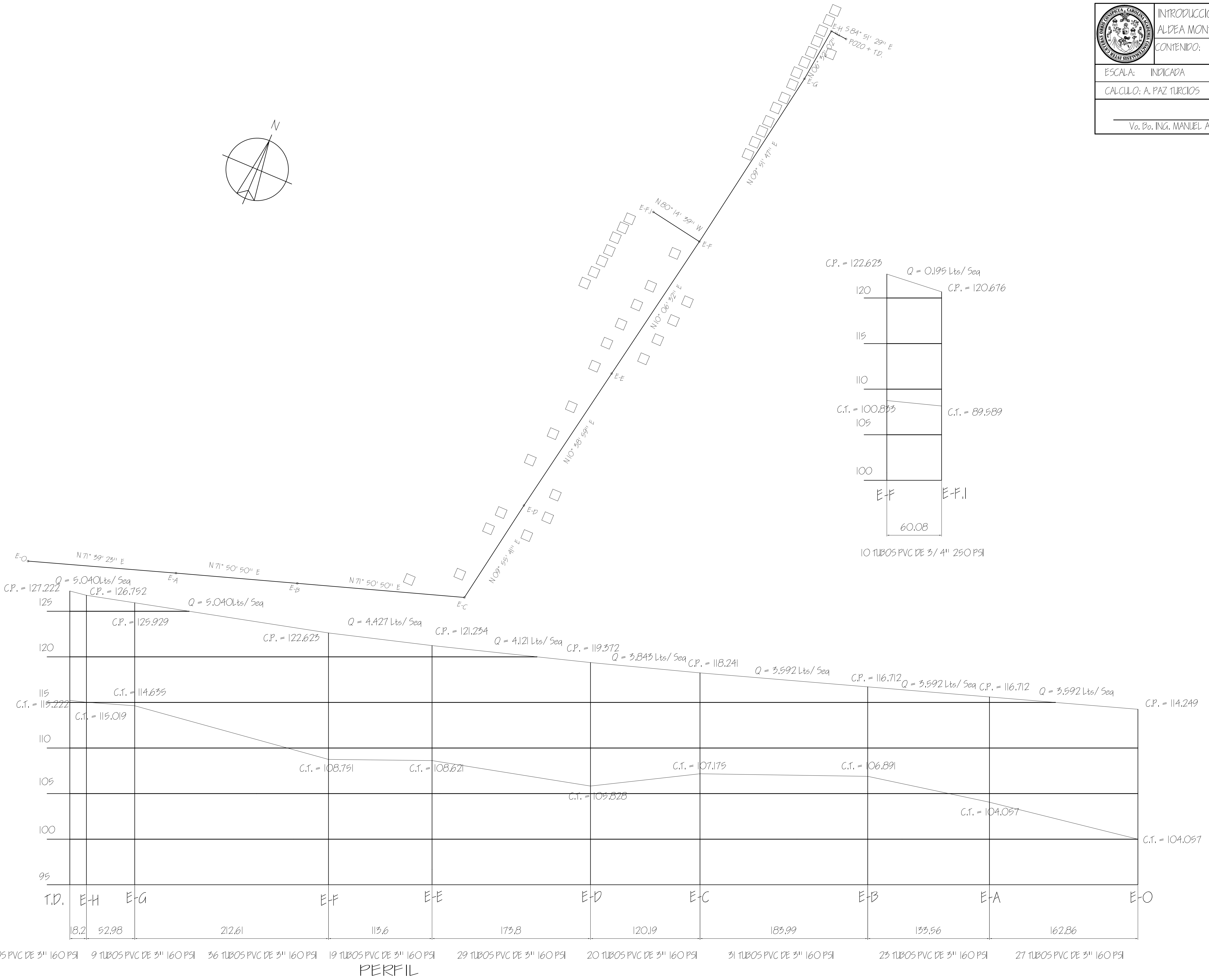
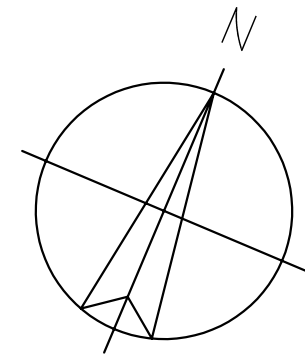
BASES DE DISEÑO

TIPO DE SISTEMA: POR BOMBEO
 TIPO DE DISTRIBUCIÓN: DOMICILIAR
 PERIODO DE DISEÑO: 20 AÑOS
 DOTACIÓN: 120 LTS/HAB/DÍA
 POBLACION ACTUAL: 813 HABITANTES
 POBLACION FUTURA: 1452 HABITANTES
 No. DE VIVENDAS (ACTUAL): 181
 No. DE VIVENDAS (FUTURA): 323
 CONSUMO MEDIO DIARIO: 2.02 LTS/SEG
 CONSUMO MAXIMO DIARIO: 3.02 LTS/SEG
 CONSUMO MAXIMO HORARIO: 5.04 LTS/SEG
 FACTOR DE DÍA MÁXIMO: 1.5
 FACTOR DE HORA MÁXIMO: 2.5
 ALMACENAMIENTO: 62 M3

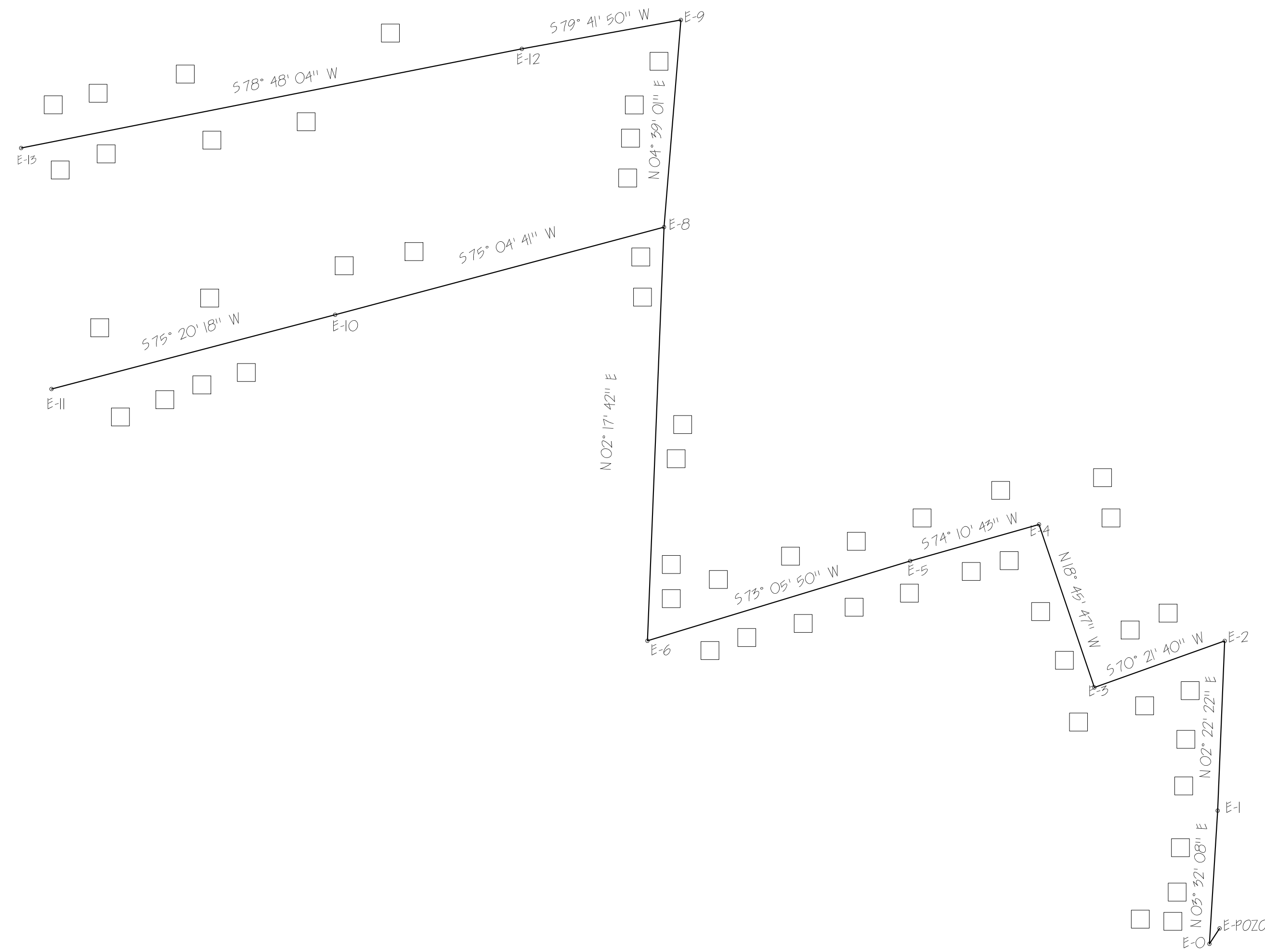
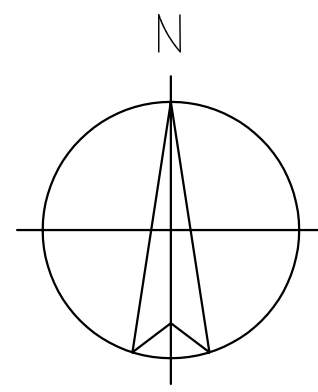
PLANTA
 ESCALA 1 / 2000

	INTRODUCCION AGUA POTABLE ALDEA MONTERREY I, COATEPEQUE	EPS ING. CIVIL FACULTAD DE INGENIERIA
	CONTENIDO: PLANTA DE CONJUNTO	
ESCALA: INDICADA	DIBUJO: A. PAZ TURCIOS	1 / 5
CALCULO: A. PAZ TURCIOS	FECHA: JUNIO DEL 2003	
Vo. Bo. ING. MANUEL A. ARRIVILLAGA		

	INTRODUCCION AGUA POTABLE ALDEA MONTERREY I, COATEPEQUE	EPS ING. CIVIL FACULTAD DE INGENIERIA
	CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL	
ESCALA: INDICADA	DIBUJO: A. PAZ TURCIOS	
CALCULO: A. PAZ TURCIOS	FECHA: JUNIO DEL 2003	
_____ Va. Bn. ING. MANUEL A. ARRIVILLAGA		2 / 5

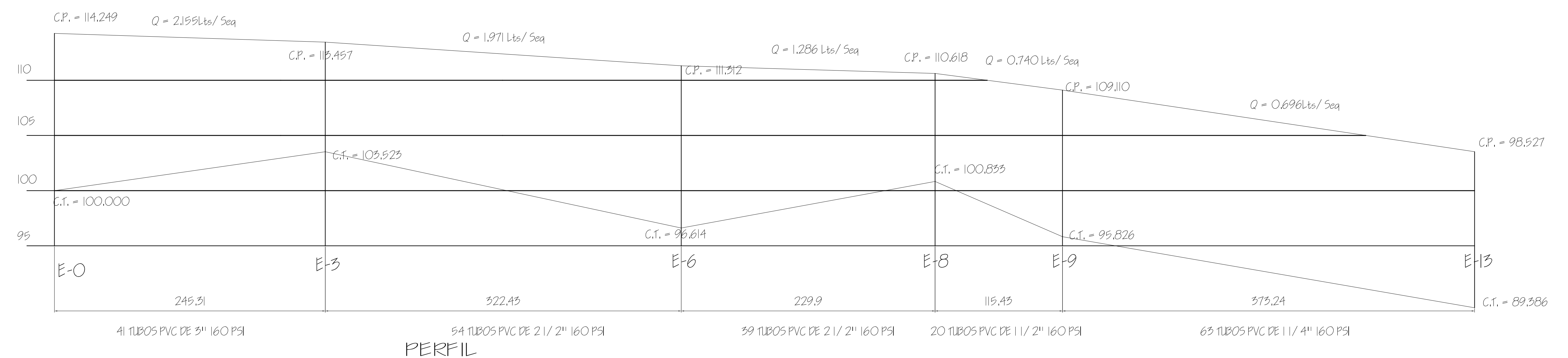
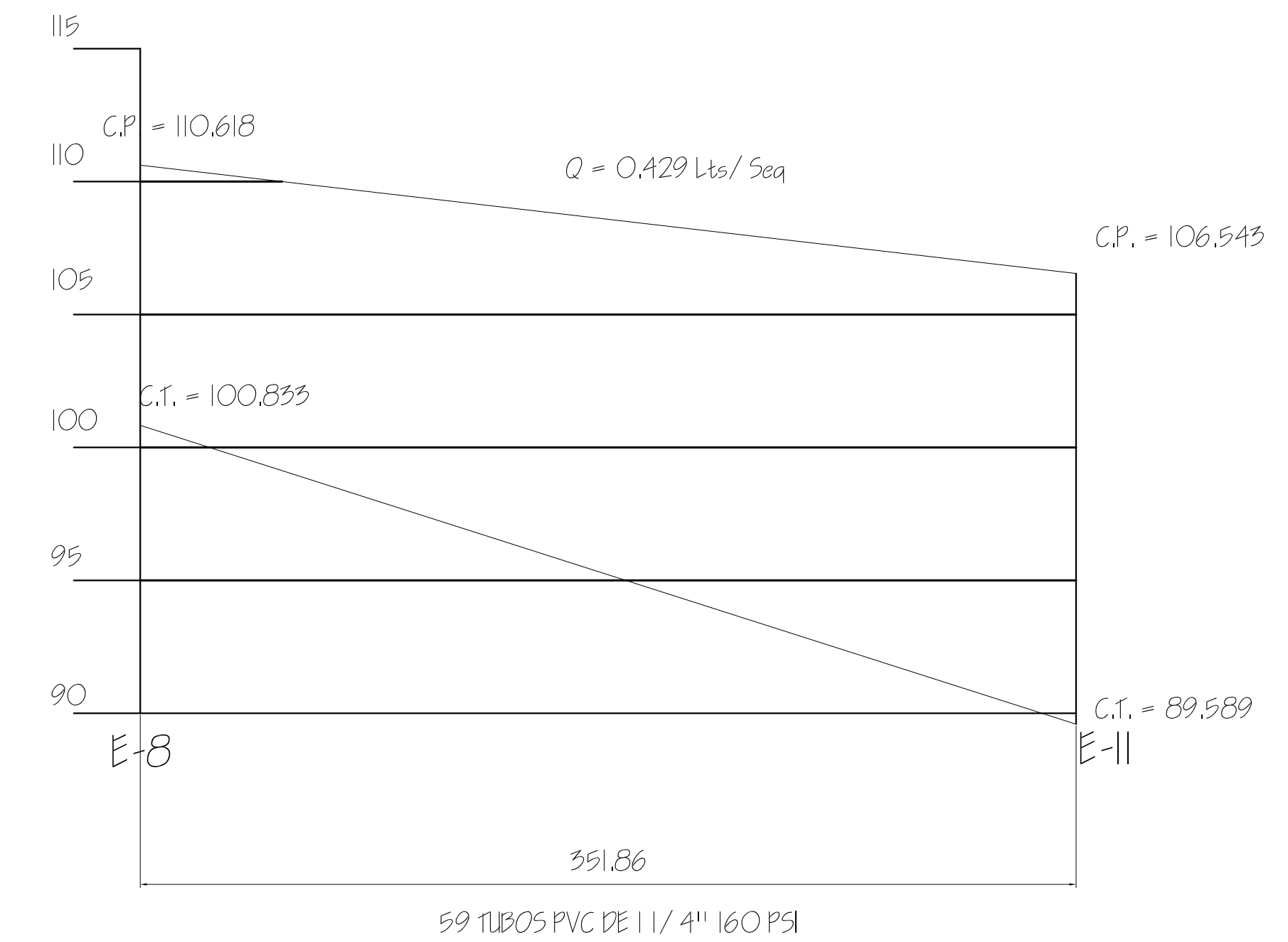


ESCALA HORIZONTAL 1 / 2000
 ESCALA VERTICAL 1 / 200

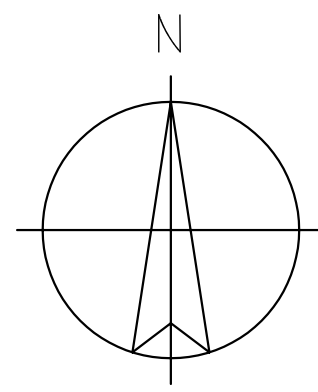



PLANTA
ESCALA 1 / 2000

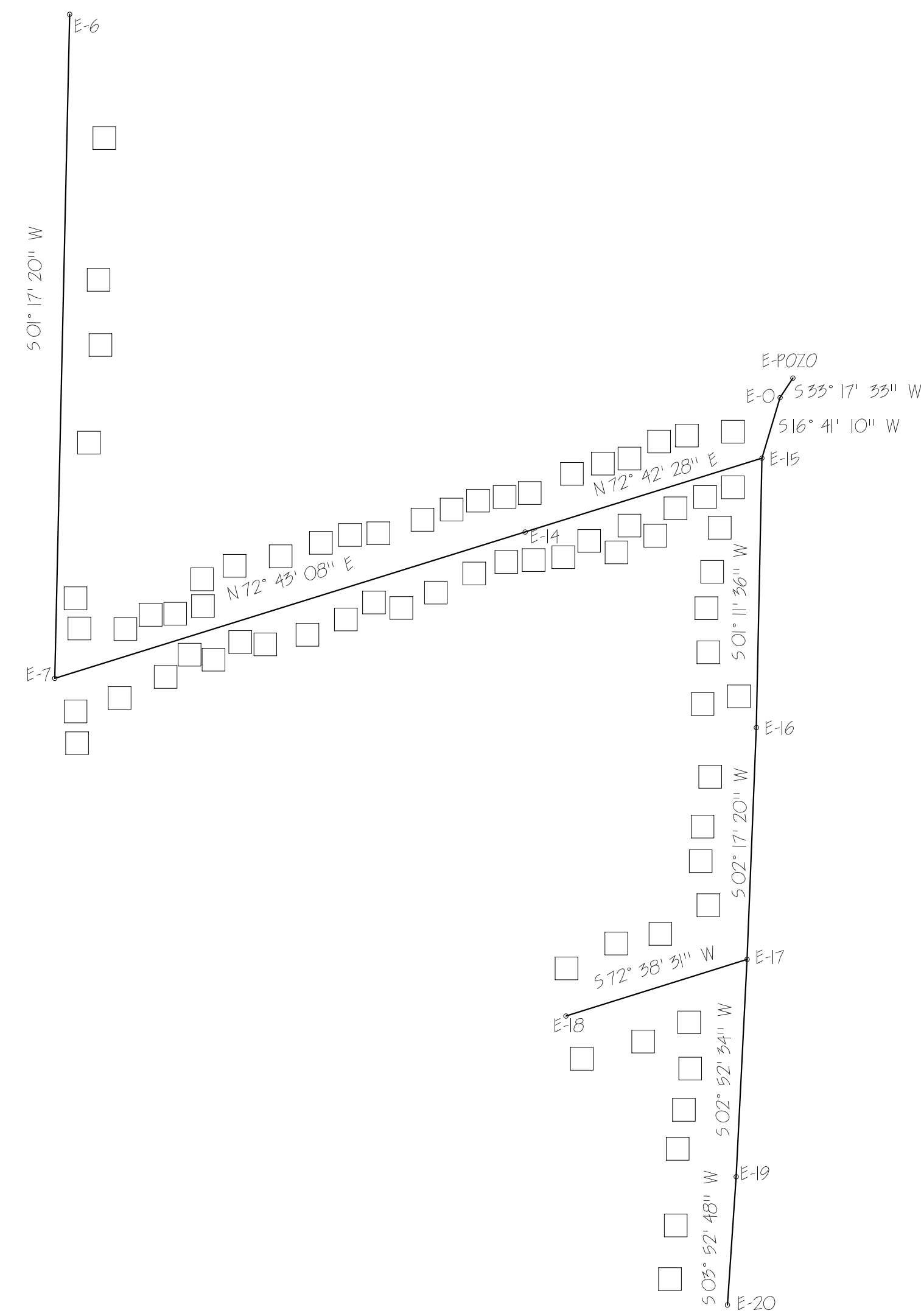
	INTRODUCCION AGUA POTABLE ALDEA MONTERREY I, COATEPEQUE		EPS ING. CIVIL FACULTAD DE INGENIERIA
	CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL		
ESCALA: INDICADA	DIBUJO: A. PAZ TURCIOS		
CALCULO: A. PAZ TURCIOS	FECHA: JUNIO DEL 2003		
_____ Va. Bn. ING. MANUEL A. ARRIVILLAGA		3 / 5	



PERFIL
ESCALA HORIZONTAL 1 / 2000
ESCALA VERTICAL 1 / 200

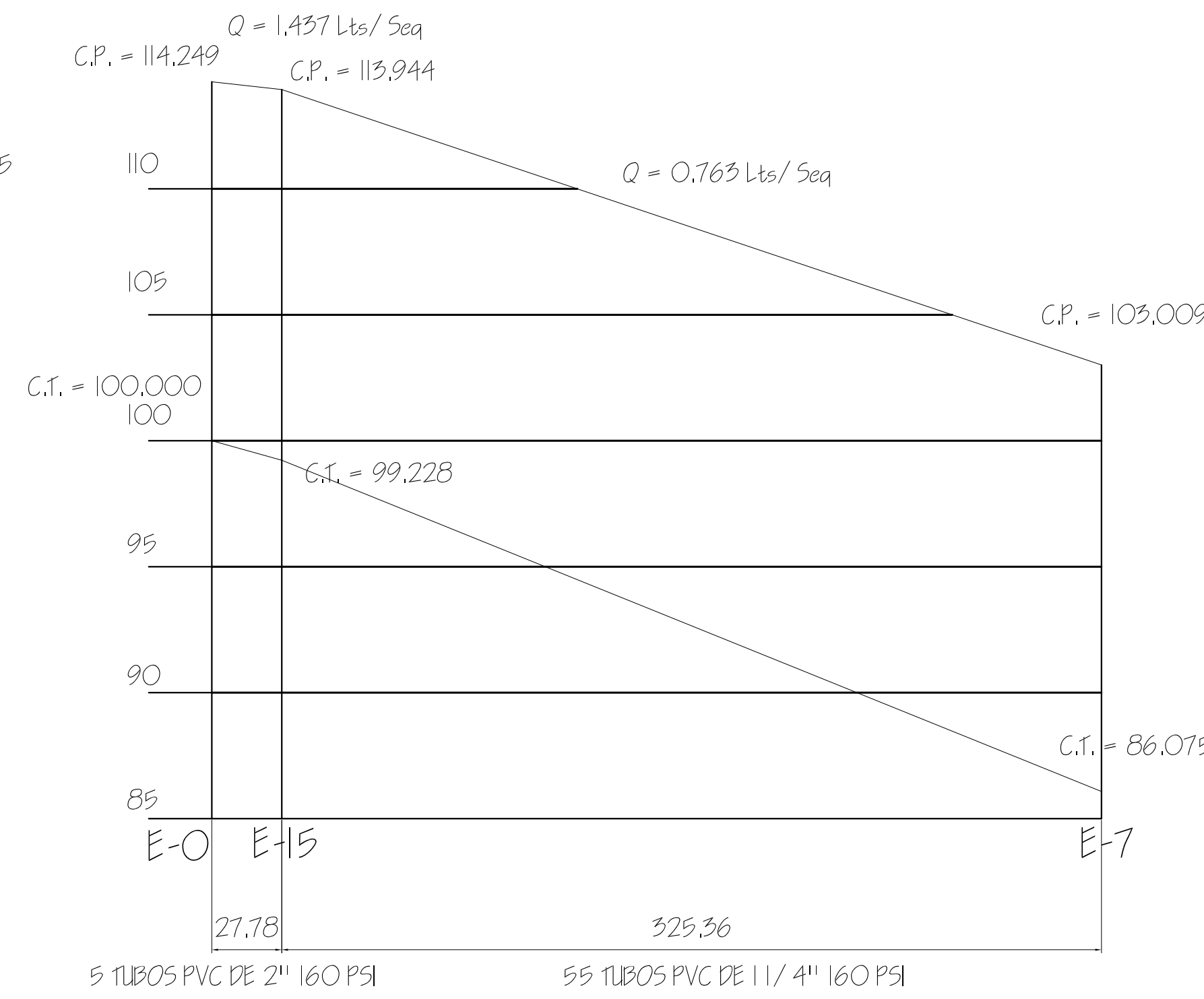
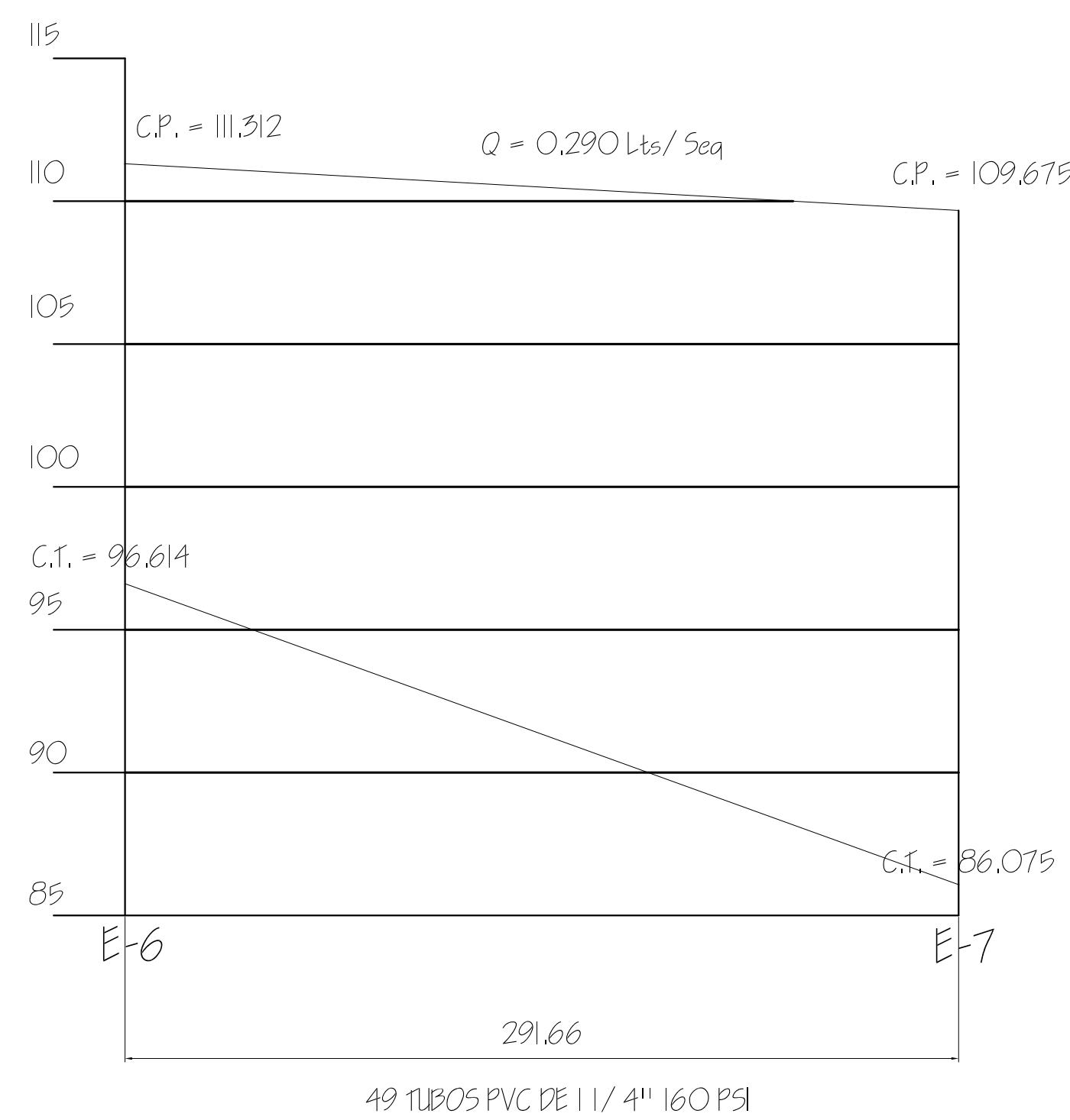
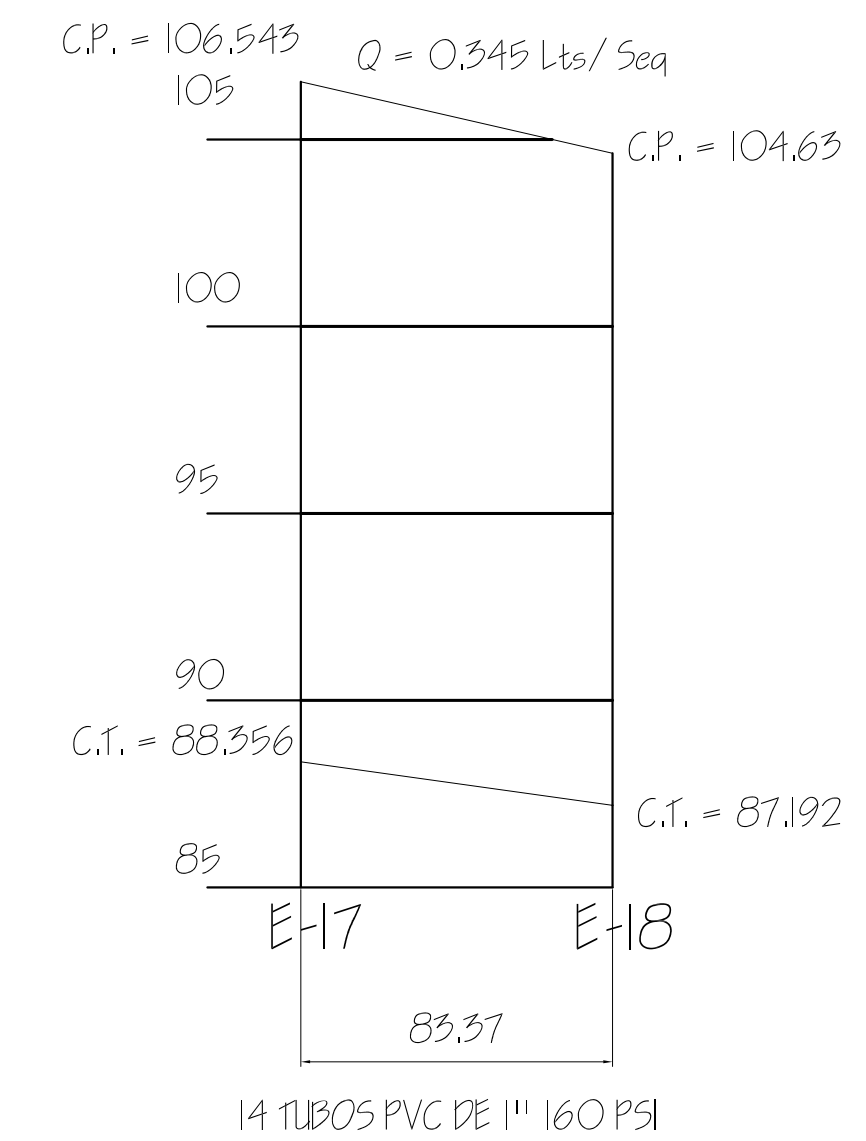


	INTRODUCCION AGUA POTABLE ALDEA MONTERREY I, COATEPEQUE	EPS ING. CIVIL FACULTAD DE INGENIERIA
	CONTENIDO: PLANTA Y PERFIL	
ESCALA: INDICADA	DIBUJO: A. PAZ TURCIOS	
CALCULO: A. PAZ TURCIOS	FECHA: JUNIO DEL 2003	
Va. Bn. ING. MANUEL A. ARRIVILLAGA		4 / 5



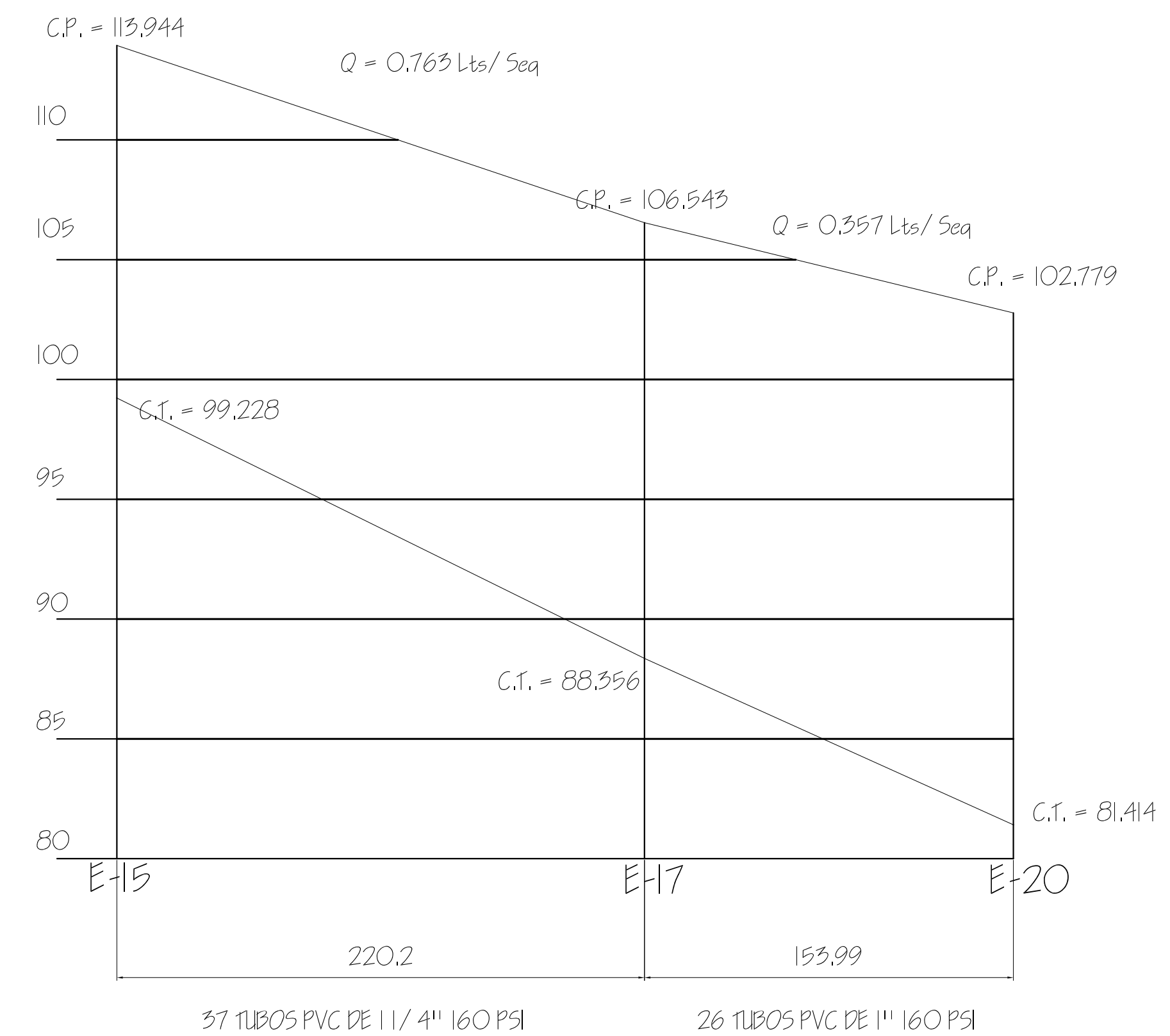
PLANTA

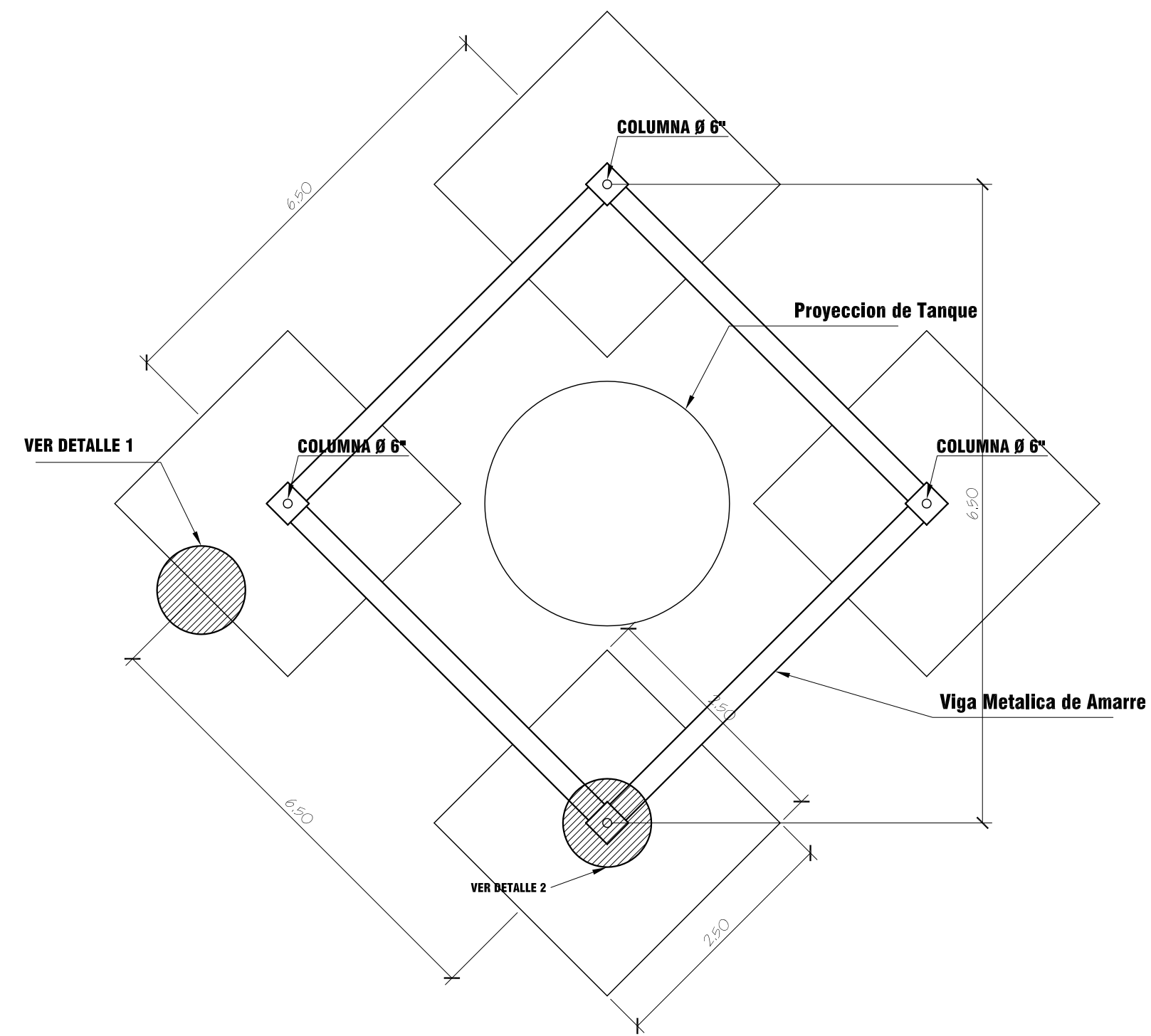
ESCALA 1 / 2000



PERFIL

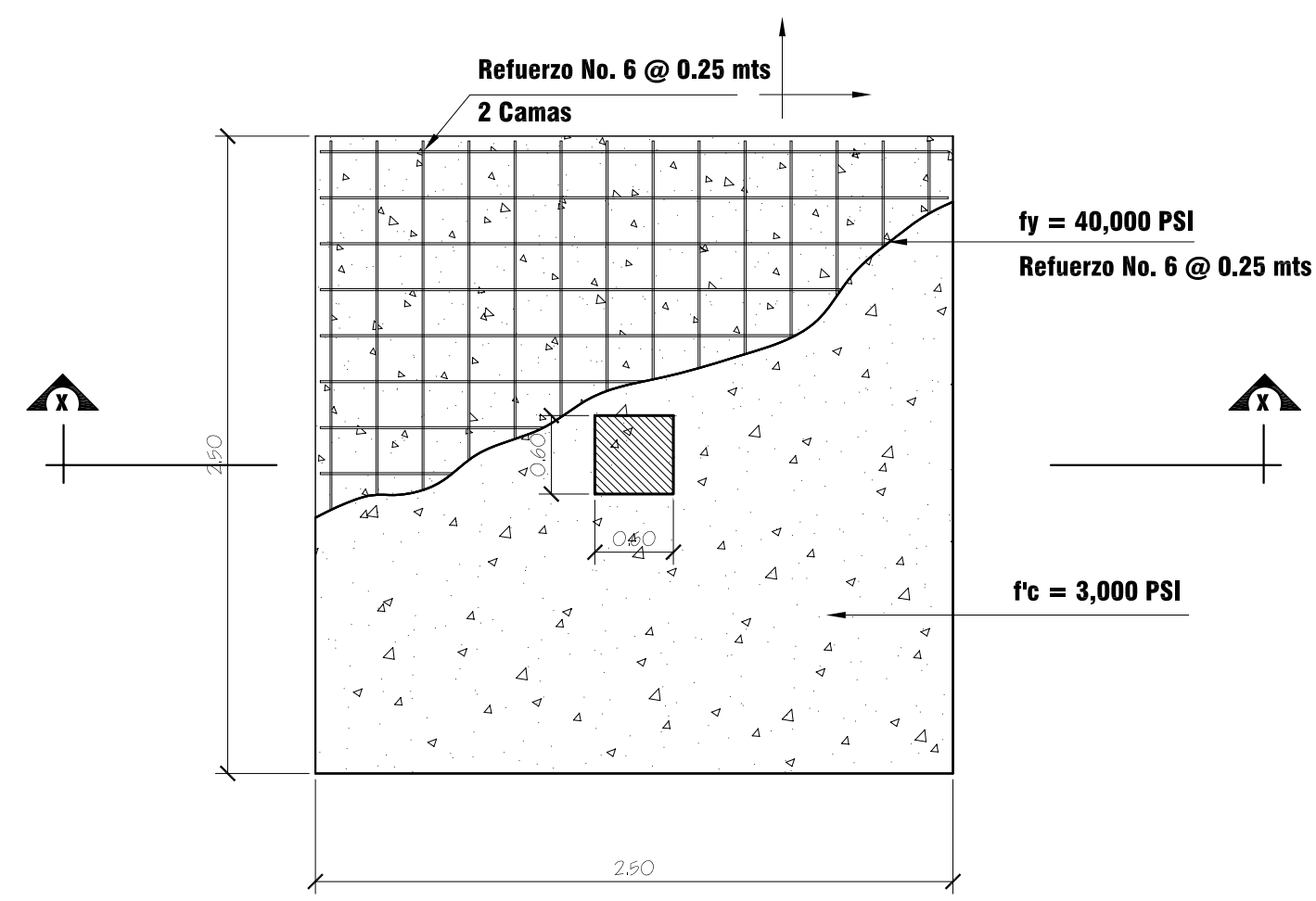
ESCALA HORIZONTAL 1 / 2000
ESCALA VERTICAL 1 / 200





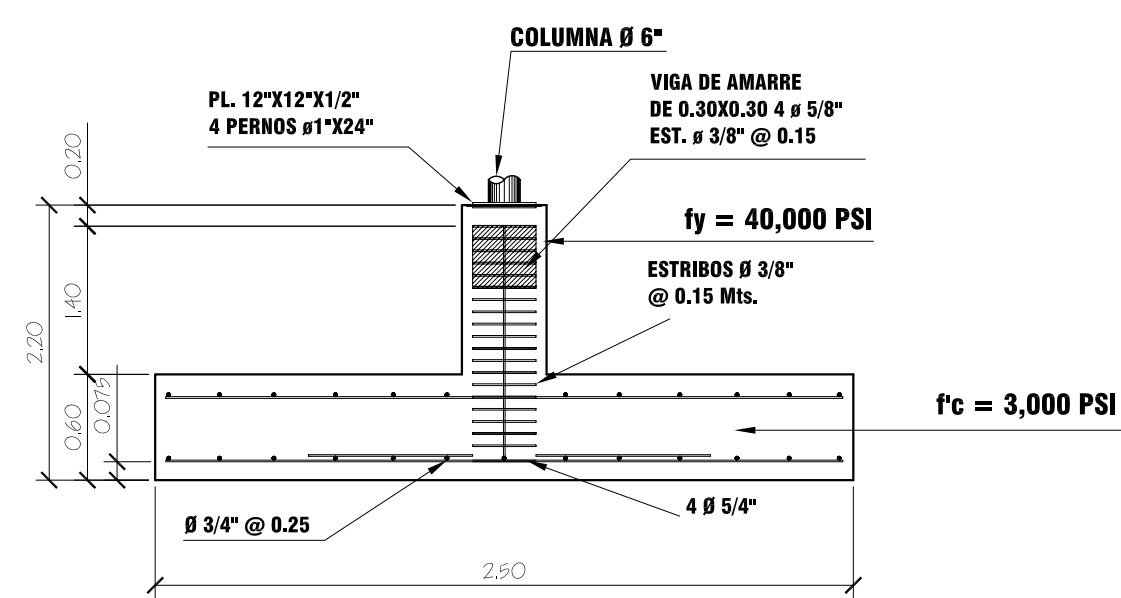
PLANTA DE CIMENTOS INDIVIDUALES

ESCALA 1:1000



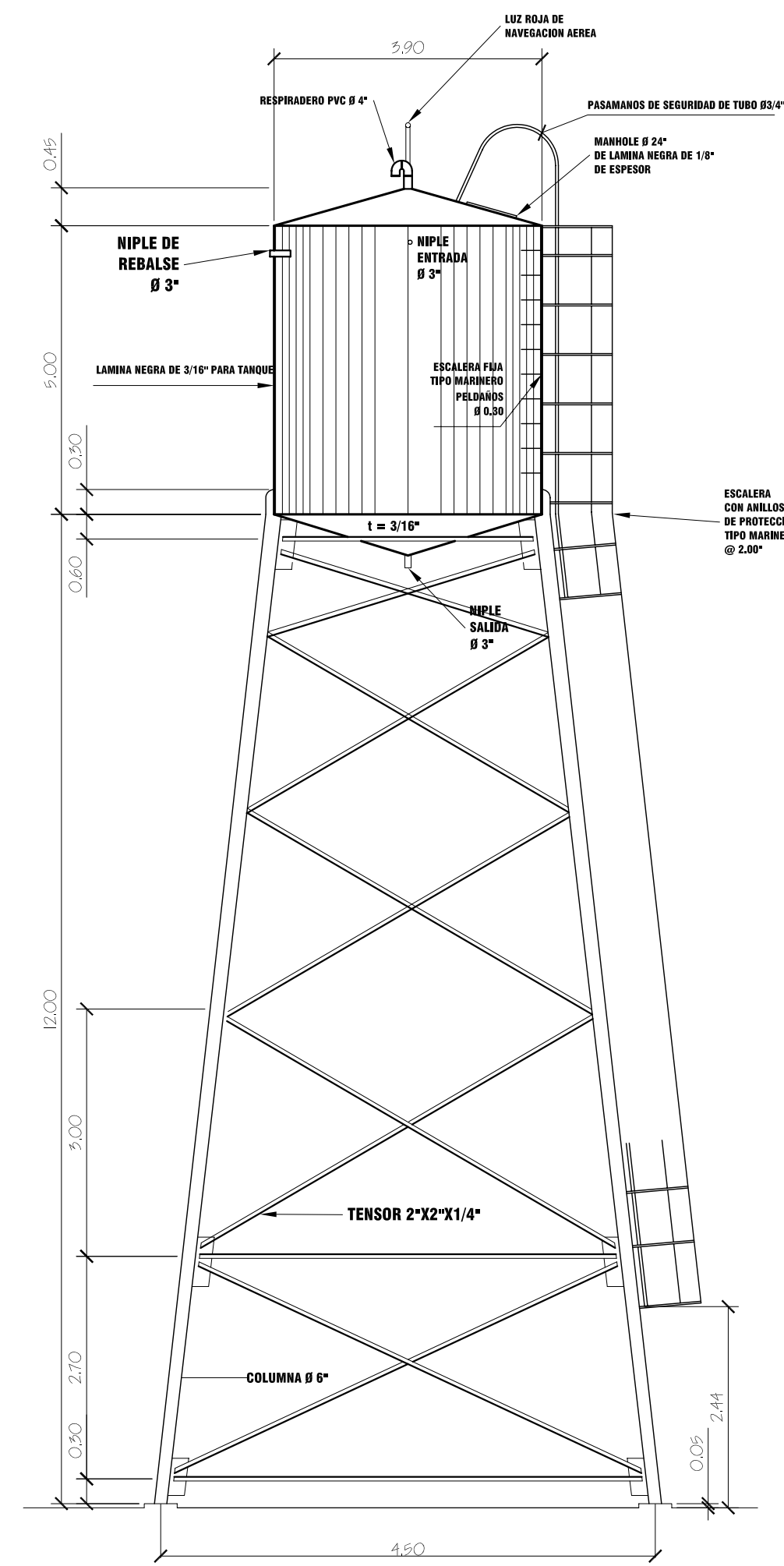
PLANTA DE DETALLE DE ZAPATA

ESCALA 1:25



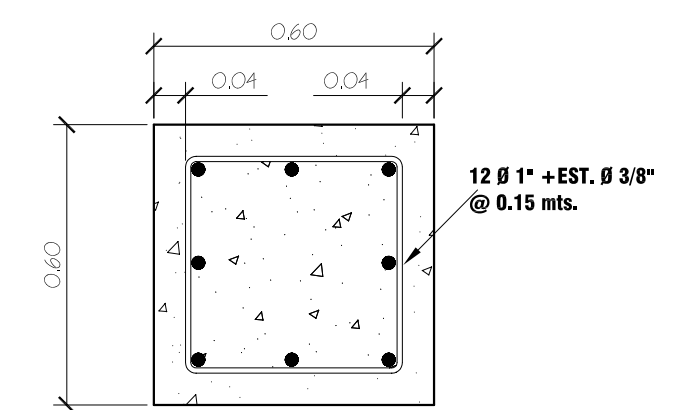
SECCION X-X' DE ZAPATA PARA TANQUE

ESCALA 1:25



ELEVACION TANQUE Y TORRE 10.00 m.

ESCALA 1:50

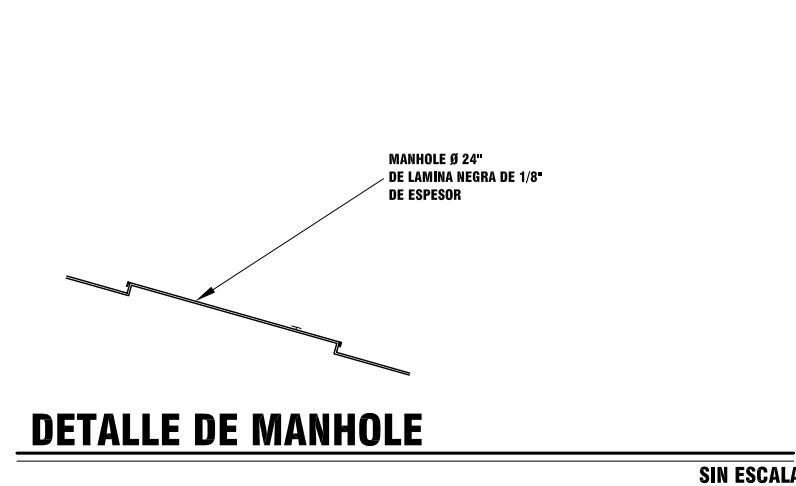


DETALLE DE PEDESTAL

ESCALA 1:7.5

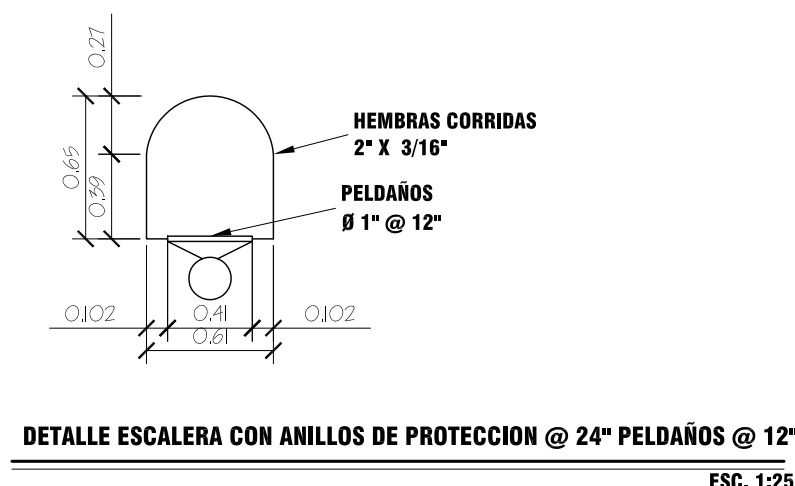
ESPECIFICACIONES TECNICAS

El tanque elevado estara protegido con muro perimetral segun diseño en pliego de especificaciones



DETALLE DE MANHOLE

SIN ESCALA



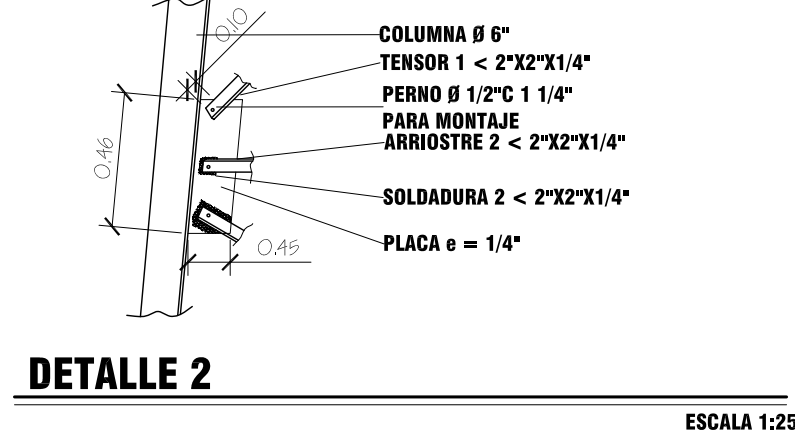
DETALLE ESCALERA CON ANILLOS DE PROTECCION @ 24" Peldaños @ 12"

ESC. 1:25



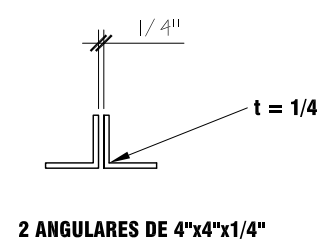
DETALLE DE JUNTA CON TANQUE

SIN ESCALA



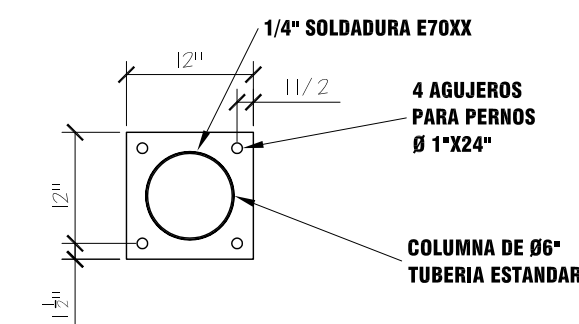
DETALLE 2

ESCALA 1:25



DETALLE DE ARRIOSTRES

ESCALA 1:50



DETALLE DE PLATINO DE APOYO

ESCALA 1:25

INTRODUCCION AGUA POTABLE ALDEA MONTERREY I, COATEPEQUE.		EPS ING. CIVIL FACULTAD DE INGENIERIA
CONTENIDO: TANQUE 62 M3		
ESCALA: INDICADA	DIBUJO: A. PAZ TURCIOS	
CALCULO: A. PAZ TURCIOS	FECHA: JUNIO DEL 2003	
Vo. Bo. ING. MANUEL A. ARRIVILLAGA		5 / 5



Bases de Diseño

Tipo de Sistema:	Por bombeo
Tipo de Distribución:	Domiciliar
Período de Diseño	20 años
Dotación:	120 Lts/hab/día
Población Actual:	1219
Población Futura:	2177
No. De Viviendas (actual)	213
No. De Viviendas (futura)	380
Consumo Medio Diario	3.02 Lts/seg
Consumo Máximo diario	4.54 Lts/seg
Consumo Máximo Horario	7.56 Lts/seg
Factor de día máximo:	1.5
Factor de hora máximo:	2.5
Almacenamiento	105 M3

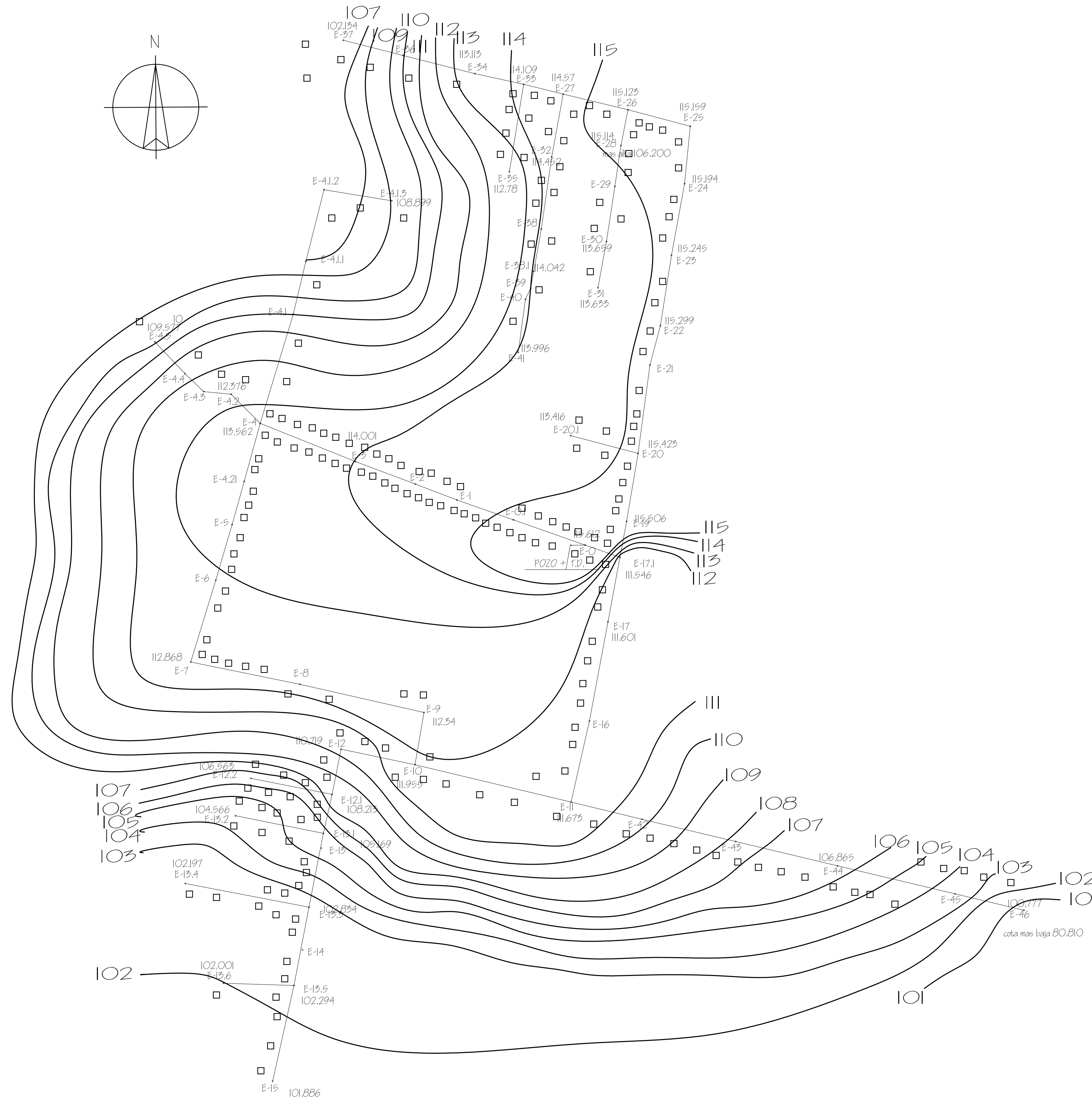
PLANTA DE CONJUNTO

ESCALA 1 / 3000

	INTRODUCCION AGUA POTABLE	EPS ING. CIVIL FACULTAD DE INGENIERIA
	ALDEA LA ESPERANZA, COATEPEQUE	
CONTENIDO:		
PLANTA CURVAS DE PRESION		
ESCALA: INDICADA	DIBUJO: A. PAZ TURCIOS	
CALCULO: A. PAZ TURCIOS	FECHA: JUNIO DEL 2003	
Vo. Bo. ING. MANUEL A. ARRIVILLAGA		1 / 3

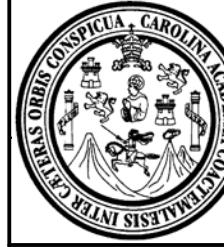
PLANILLA TUBERIA

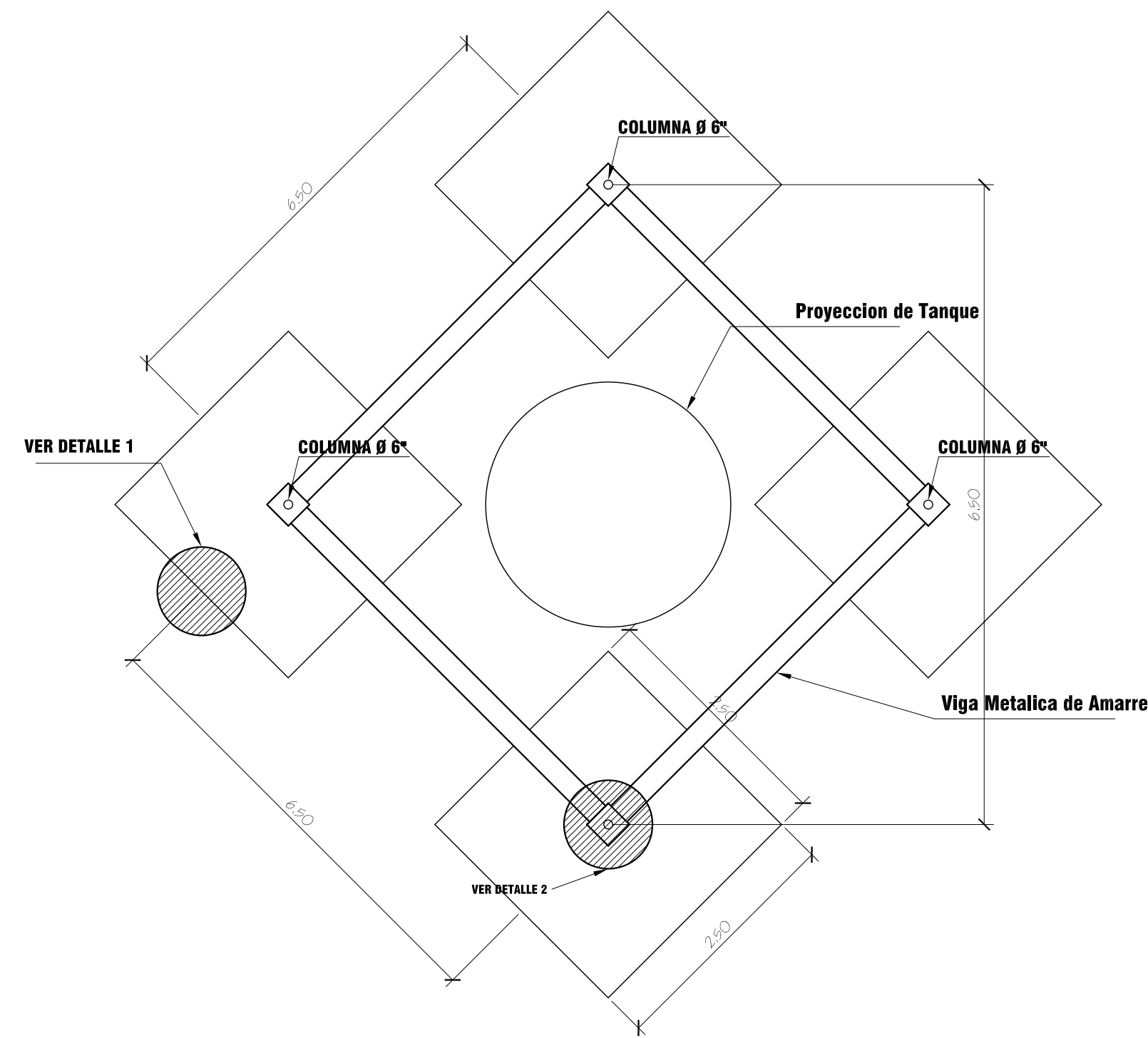
Est.	P.O.	Longitud (metros)	Diametro (Pigs)
T.D.	0	41	4
0	3	389.62	4
3	4	164	4
4	4.1.3	496.05	1
4	4.2	65.78	1/4
4.2	4.5	155.32	1/4
4	7	396.5	4
7	9	380.73	4
9	10	84.59	3
10	12	120.55	2
12	12.1	73.55	1 1/2
12.1	12.2	131.99	1
12.1	13.1	63.7	1 1/4
13.1	13.2	142.99	1 1/4
13.1	13.3	120	1 1/4
13.3	13.4	200.99	1 1/4
13.3	13.5	127.99	1 1/4
13.5	13.6	112.6	1
13.5	15	156.44	1
10	11	255.99	3
11	44	436.87	1 1/2
44	46	305.91	1
11	17	293.52	3
17	19	162.98	1
0	19	116.98	4
19	20	109.99	4
20	20.1	111.4	1/4
20	22	207.24	4
22	23	113.75	4
23	24	116.15	4
24	25	91.95	4
25	26	102.79	4
26	28	58.14	2 1/2
28	30	154.86	1
30	31	75.09	1
26	27	106.38	2
27	32	101.98	2
32	38.1	184.69	1 1/2
38.1	41	132.64	1
27	33	64.93	1 1/2
33	35	141.4	1
33	34	79.69	1
34	37	216.36	1/4



PLANTA CURVAS ISOPRESION

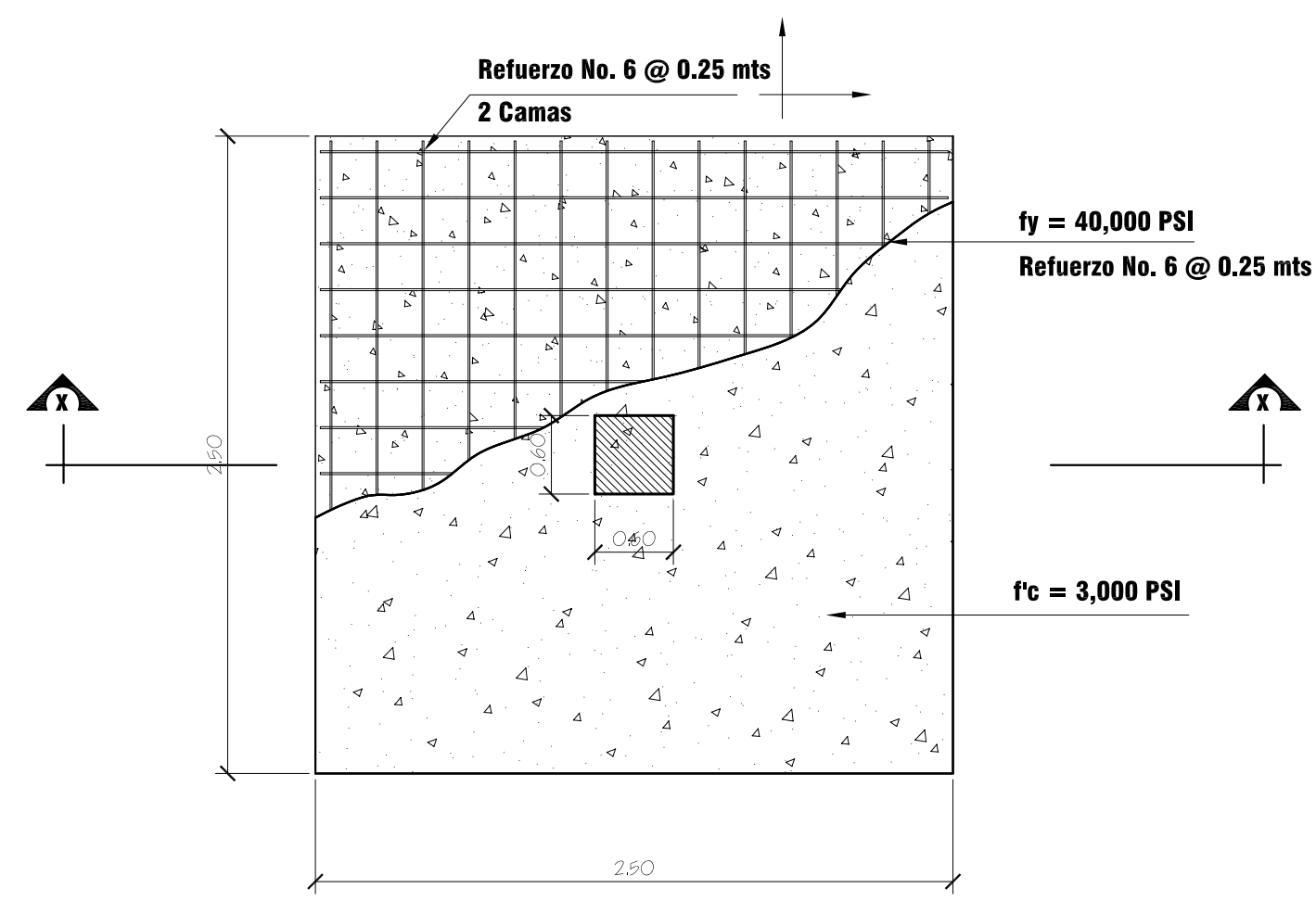
ESCALA 1 / 5000

	INTRODUCCION AGUA POTABLE	EPS ING. CIVIL FACULTAD DE INGENIERIA
	ALDEA LA ESPERANZA, COATEPEQUE	
CONTENIDO:		
PLANTA CURVAS DE PRESION		
ESCALA: INDICADA	DIBUJO: A. PAZ TURCIOS	
CALCULO: A. PAZ TURCIOS	FECHA: JUNIO DEL 2003	
Vo. Bo. ING. MANUEL A. ARRIVILLAGA		2 / 3



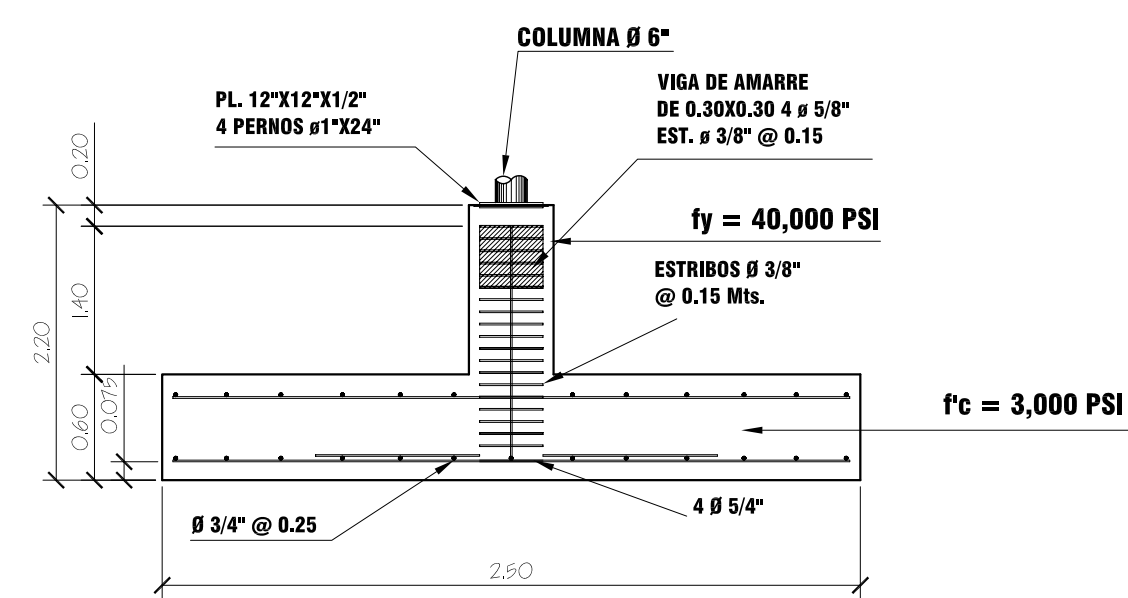
PLANTA DE CIMENTOS INDIVIDUALES

ESCALA 1:1000



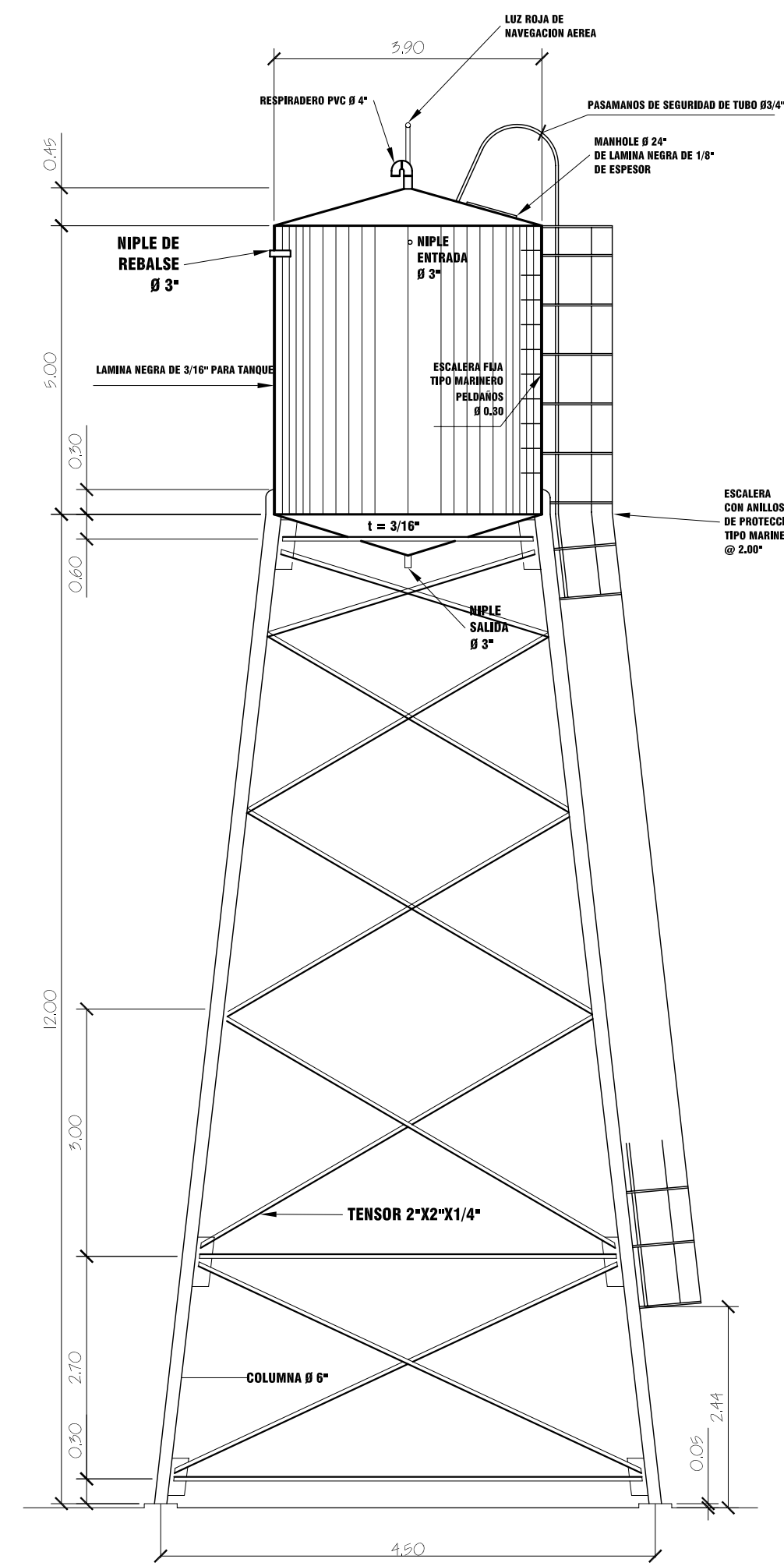
PLANTA DE DETALLE DE ZAPATA

ESCALA 1:25



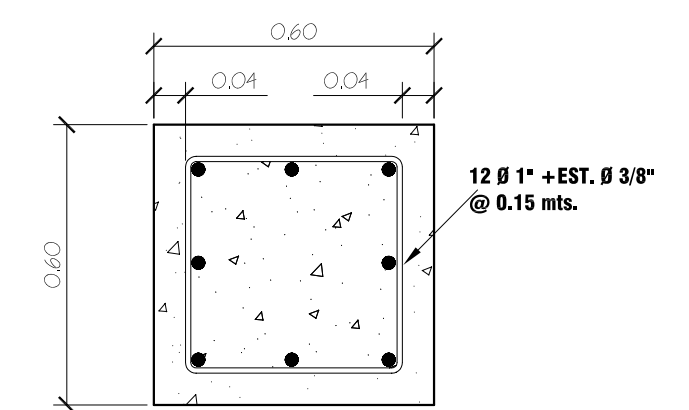
SECCION X-X' DE ZAPATA PARA TANQUE

ESCALA 1:25



ELEVACION TANQUE Y TORRE 10.00 m.

ESCALA 1:50

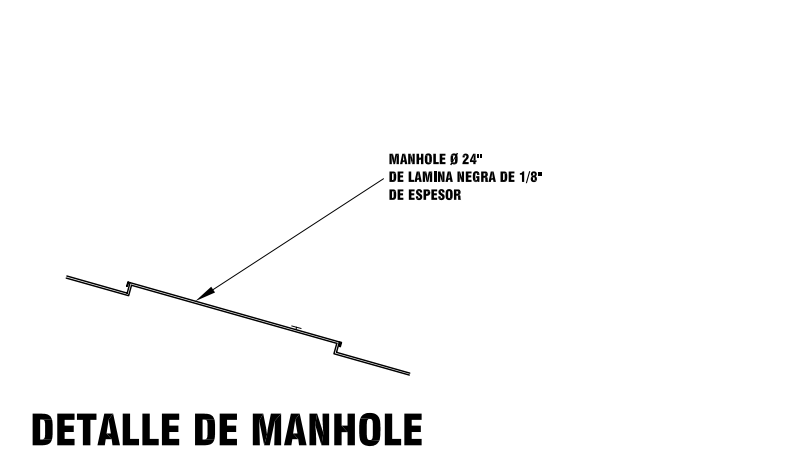


DETALLE DE PEDESTAL

ESCALA 1:7.5

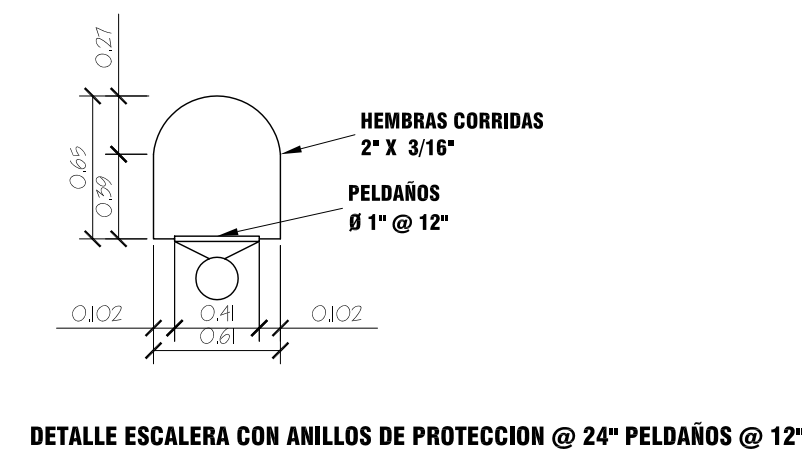
ESPECIFICACIONES TECNICAS

El tanque elevado estara protegido con muro perimetral segun diseño en pliego de especificaciones



DETALLE DE MANHOLE

SIN ESCALA



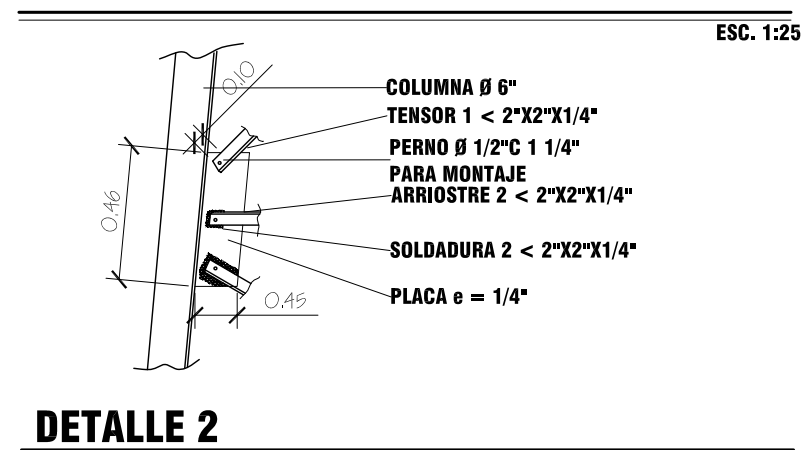
DETALLE ESCALERA CON ANILLOS DE PROTECCION @ 24\"/>

ESC. 1:25



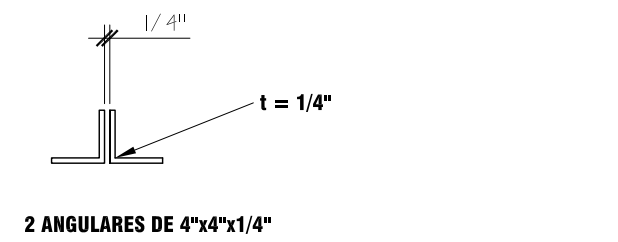
DETALLE DE JUNTA CON TANQUE

SIN ESCALA



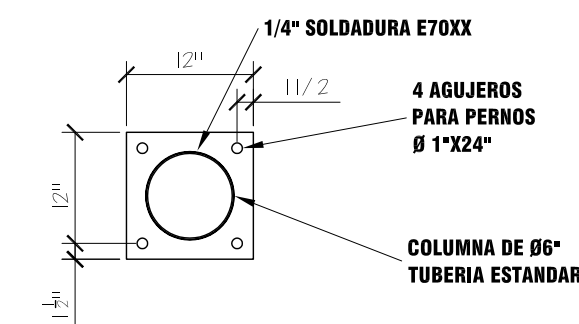
DETALLE 2

ESCALA 1:25



DETALLE DE ARRIOSTRES

ESCALA 1:50



DETALLE DE PLATINO DE APOYO

ESCALA 1:25

INTRODUCCION AGUA POTABLE ALDEA LA ESPERANZA, COATEPEQUE.		EPS ING. CIVIL FACULTAD DE INGENIERIA
CONTENIDO: TANQUE 92 M3		
ESCALA: INDICADA	DIBUJO: A. PAZ TURCIOS	
CALCULO: A. PAZ TURCIOS	FECHA: JUNIO DEL 2003	
Vo. Bo. ING. MANUEL A. ARRIVILLAGA		3 / 3