



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
PARA EL PARAJE CHONIMACANAC, MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN**

**Ricardo Alexander Pérez García**  
Asesorado por el Ing. Juan Merck Cos

Guatemala, noviembre de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
PARA EL PARAJE CHONIMACANAC, MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**RICARDO ALEXANDER PÉREZ GARCÍA**  
ASESORADO POR EL ING. JUAN MERCK COS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdoba
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magali Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**


DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Juan Carlos Linares Cruz
EXAMINADOR	Ing. Walter Rolando Salazar González
EXAMINADOR	Ing. Luis Estuardo Saravia Ramírez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pèrez

## **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 UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL PARAJE CHONIMACANAC, MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil,  
con fecha 25 de febrero de 2016.



**Ricardo Alexander Pérez García**



Guatemala, 25 de agosto de 2016  
REF.EPS.DOC.574.08.16

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

Estimada Ingeniera Classon de Pinto.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Ricardo Alexander Pérez García** con carné No. **200010801**, de la Carrera de Ingeniería Civil, procedí a revisar el informe final, cuyo título es: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL PARAJE CHONIMACANAC, MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN.**

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

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



c.c. Archivo  
JMC/ra



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



Guatemala,  
 05 de septiembre de 2016

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

Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL PARAJE CHONIMACANAC, MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN** desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Ricardo Alexander Pérez García, con Carnet No.200010801 , quien contó con la asesoría del Ing. Juan Merck Cos.

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

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

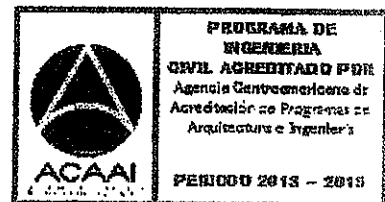
Ing. Rafael Enrique Morales Ochoa  
 Revisor por el Departamento de Hidráulica



FACULTAD DE INGENIERIA/  
 DEPARTAMENTO  
 DE  
 HIDRAULICA  
 USAC

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 07 de septiembre de 2016  
REF.EPS.D.637.09.16

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

Estimado Ingeniero Montenegro Franco:

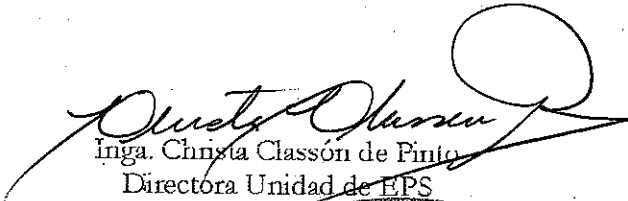
Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL PARAJE CHONIMACANAC, MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN**, que fue desarrollado por el estudiante universitario **Ricardo Alexander Pérez García, carné 200010801**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Juan Merck Cos

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

  
Inga. Christa Classón de Pinto  
Directora Unidad de EPS

CCdP/ra





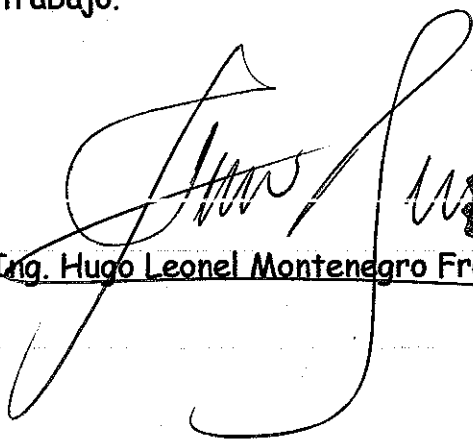
**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

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



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor Ing. Juan Merck Cos y Coordinadora de E.P.S. Inga. Christa del Rosario Classon de Pinto, al trabajo de graduación del estudiante Ricardo Alexander Pérez García, titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL PARAJE CHONIMACANAC, MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN** da por este medio su aprobación a dicho trabajo.

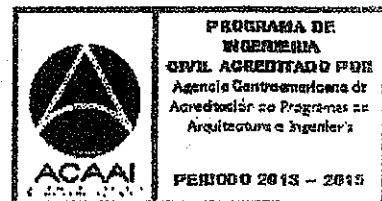
  
Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre 2016.

/mrrm.

Mas de 134 años de Trabajo Académico y Mejora Continua





Universidad de San Carlos  
de Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato

DTG. 542.2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL PARAJE CHONIMACANAC, MOMOSTENANGO, TOTONICAPÁN**, presentado por el estudiante universitario: **Ricardo Alexander Pérez García**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano

Guatemala, noviembre de 2016

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme su bendición y sabiduría para poder concluir mi carrera.
<b>Mis padres</b>	Jorge Ricardo Pérez Cano y Marta Julia García Ortiz (+). Con cariño y admiración por su esfuerzo a lo largo de mi vida, sin ellos no hubiera sido posible alcanzar este triunfo.
<b>Mi esposa</b>	Gladys Janet Cifuentes Barrios de Pérez. Por su amor incondicional.
<b>Mi hijo</b>	Alexander Isaac. Por ser mi motivación diaria.
<b>Mis hermanos</b>	Nelson Mauricio, Verónica Noemí, Celeste Mariela, Jessica Gabriela. Por su apoyo.
<b>Mis sobrinos</b>	Melanie, Nicole, Dylan, Lourdes y Julián. Sus ocurrencias alegran mi vida.
<b>Mis tías</b>	María Pérez (Luya), Lucrecia García y María García. Con cariño para ellas.
<b>La Facultad de Ingeniería</b>	Con gratitud por su formación profesional.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

<b>Dios</b>	Por haberme dado la vida y su bendición, permite alcanzar este triunfo.
<b>La Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por darme la oportunidad de llegar a ser un profesional.
<b>La Facultad de Ingeniería</b>	Por permitirme forjar en sus aulas un gran sueño.
<b>Mis padres</b>	Jorge Ricardo Pérez Cano y Marta Julia García Ortiz (+), por su esmero y apoyo incondicional.
<b>Mi familia</b>	Por su apoyo y cariño que me lo han manifestado siempre.
<b>Mis amigos de la Facultad</b>	Por compartir con todos ellos el anhelo de ser un profesional exitoso.
<b>Ing. Juan Merck</b>	Por brindarme su apoyo y asesoría en este proyecto.
<b>Programa de Pre inversión INFOM-UNEPAR</b>	Por brindarme su apoyo incondicional para la realización de este proyecto.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Monografía del paraje Chonimacnac, aldea Tierra Blanca, Momostenango, Totonicapán.....	1
1.1.1. Características físicas. ....	1
1.1.1.1 Ubicación y localización .....	1
1.1.2. Colindancias.....	2
1.1.3. Topografía.....	3
1.1.4. Clima .....	3
1.1.5. Tipo de vivienda .....	3
1.1.6. Población y demografía.....	4
1.2. Características de infraestructura .....	5
1.2.1. Servicios públicos.....	5
1.2.2. Energía eléctrica .....	5
1.2.3. Alumbrado público.....	5
1.2.4. Correo .....	6
1.2.5. Educación .....	6
1.2.6. Salud.....	8
1.3. Características socioeconómicas.....	8
1.3.1. Origen de la comunidad .....	8
1.3.2. Actividad económica .....	8

1.3.3.	Religión .....	9
1.3.4.	Cultura .....	9
1.3.5.	Comercio .....	9
1.4.	Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del Paraje Chonimacnac.....	9
1.4.1.	Descripción de las necesidades.....	10
1.4.2.	Análisis y priorización de las necesidades.....	10
2.	FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL .....	11
2.1.	Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para el paraje Chonimacnac.....	11
2.1.1.	Descripción del proyecto.....	11
2.2.	Calidad del agua.....	12
2.2.1.	Análisis físico-químico .....	12
2.2.2.	Análisis bacteriológico .....	13
2.3.	Levantamiento topográfico .....	14
2.3.1.	Planimetría.....	14
2.3.2.	Altimetría.....	14
2.4.	Criterios y parámetros de diseño.....	15
2.4.1.	Periodo de diseño .....	15
2.4.2.	Tasa de crecimiento poblacional.....	15
2.4.3.	Población actual.....	16
2.4.4.	Estimación de población futura .....	17
2.4.5.	Dotación.....	17
2.4.6.	Caudal de diseño .....	18
2.5.	Datos para diseño .....	18
2.5.1.	Caudal medio diario .....	18
2.5.2.	Caudal máximo diario .....	18
2.5.3.	Caudal máximo horario.....	19
2.5.4.	Caudal de uso simultáneo (instantáneo).....	20

2.6.	Diseño hidráulico .....	20
2.6.1.	Captación .....	20
2.6.2.	Línea de conducción .....	21
2.6.3.	Tanque de almacenamiento .....	23
2.6.4.	Sistema de desinfección .....	29
2.6.5.	Red de distribución.....	29
2.6.6.	Conexiones domiciliarias .....	31
2.7.	Obras hidráulicas .....	31
2.7.1.	Caja unificadora de caudales .....	31
2.7.2.	Pasos de zanjón.....	31
2.7.3.	Paso aéreo.....	32
2.8.	Válvulas .....	42
2.8.1.	Válvulas de limpieza.....	42
2.8.2.	Válvulas de aire.....	42
2.8.3.	Válvulas de compuerta.....	42
2.8.4.	Cajas rompe-presión .....	43
2.9.	Programa de operación y mantenimiento .....	43
2.9.1.	Administración.....	43
2.9.2.	Operación y mantenimiento .....	44
2.10.	Propuesta de tarifa.....	45
2.10.1.	Costo de administración.....	45
2.10.2.	Costo de operación .....	45
2.10.3.	Costo de mantenimiento .....	45
2.11.	Elaboración de planos .....	47
2.12.	Integración de presupuesto .....	47
2.13.	Cronograma de ejecución .....	49
2.14.	Evaluación socioeconómica.....	50
2.14.1.	Valor presente neto.....	50
2.14.2.	Tasa interna de retorno .....	50

2.15. Evaluación de impacto ambiental inicial.....	53
CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES .....	69
BIBLIOGRAFÍA.....	71
APÉNDICES .....	73
ANEXOS .....	107

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Macro-localización del proyecto .....	1
2.	Micro-localización del proyecto .....	2
3.	Estación meteorológica .....	3
4.	Cargas actuantes en el tanque.....	25

### TABLAS

I.	Tipo de viviendas .....	4
II.	Población de 7 años y más de edad alfabetada.....	7
III.	Población de 7 años y más de edad según nivel de escolaridad .....	7
IV.	Parámetros de diseño empleados en este proyecto .....	15
V.	Tasas de crecimiento poblacional .....	16
VI.	Edad de población.....	16
VII.	Tarifa propuesta .....	46
VIII.	Presupuesto .....	48
IX.	Cronograma físico-financiero .....	49
X.	Tasa interna de retorno .....	52





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>H</b>	Altura
<b>A</b>	Área
<b>As</b>	Área de acero
<b>Av</b>	Área de varilla
<b>Cm</b>	carga muerta
<b>W</b>	Carga
<b>CA</b>	Carretera centro americana
<b>CU</b>	Carga última
<b>Cv</b>	Carga viva
<b>Q</b>	Caudal
<b>Qm</b>	Caudal medio
<b>cm<sup>2</sup></b>	Centímetros cuadrados
<b>Comité</b>	Grupo de personas que trabajan bajo reglas de una organización, las cuales tienen funciones determinadas
<b>Fy, fy</b>	Esfuerzo de fluencia del acero
<b>Fdm</b>	Factor de día máximo
<b>Fhm</b>	Factor horario máximo
<b>Fv</b>	Fuerza vertical
<b>INE</b>	Instituto nacional de estadística
<b>INSIVUMEH</b>	Instituto nacional de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>Kg–m</b>	Kilogramo – metro

<b>Lb</b>	Libras
<b>Psi</b>	Libras sobre pulgada cuadrada
<b>lt</b>	Litro
<b>lt/hab/día</b>	Litros por habitante por día
<b>l/s</b>	Litros por segundo
<b>l</b>	Longitud
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>m.c.a.</b>	Metros columna de agua
<b>M</b>	Momento
<b>M.T</b>	Momento total
<b>Wcm</b>	Peso carga muerta
<b>Wcv</b>	Peso carga viva
<b>Wc</b>	Peso del concreto
<b>Ws</b>	Peso del suelo
<b>Pa</b>	Población actual
<b>Pf</b>	Población futura
<b>F'c, f'c</b>	Resistencia del concreto

## GLOSARIO

<b>Aforo</b>	Acción de medir el caudal de una fuente.
<b>Agua potable</b>	Agua apta para el consumo humano y agradable a los sentidos.
<b>Altimetría</b>	Parte de la topografía que enseña a medir alturas.
<b>Anclaje</b>	Conjunto de elementos destinados a mantener fijos, cualquier elemento al suelo.
<b>Articulación</b>	Unión de dos piezas rígidas que permite el movimiento relativo entre ellas.
<b>Cable</b>	Elemento estructural de escasa sección transversal y flexible de acero, formado por alambres retorcidos en espiral para darle mayor resistencia a tensión.
<b>Carga muerta</b>	Peso propio de una estructura y de todas las cargas inmóviles constantes en magnitud y asignadas, permanentemente a la misma.
<b>Carga viva</b>	Cargas no permanentes y que varían durante el emplazamiento de la estructura.
<b>Caudal</b>	Es la cantidad de agua en unidades de volumen por unidad de tiempo, que pasa en un punto determinado donde circula un líquido.

<b>Concreto</b>	Es un material pétreo, artificial, obtenido de la mezcla, en proporciones determinadas, de cemento, arena, pedrín y agua.
<b>Concreto ciclópeo</b>	Material de construcción obtenido de una mezcla proporcionada de cemento, arena, piedra y agua; a diferencia del concreto reforzado, los áridos son mucho más gruesos.
<b>Concreto reforzado</b>	Material de construcción obtenido de una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, arena, grava y agua; todo esto combinado con el acero, que es un elemento homogéneo, usualmente reticular, cuyas características atómicas lo hacen extremadamente resistente a esfuerzos de tensión.
<b>Conexión domiciliar</b>	La componen las tuberías y accesorios destinados a llevar el servicio de agua, de la red de distribución al interior de la vivienda.
<b>Consumo</b>	Cantidad de agua usada por una persona.
<b>Cota de terreno</b>	Indica la altura de un punto sobre un plano de referencia.
<b>Deflexión</b>	Desplazamiento vertical del eje axial de la viga.
<b>Demanda</b>	Cantidad de agua deseada por el usuario.

<b>Desinfección</b>	Es la destrucción de casi todas las bacterias patógenas que existen en el agua por medio de sustancias químicas, calor, luz ultravioleta.
<b>Diseño</b>	Proceso previo de configuración mental prefiguración en la búsqueda de una solución en cualquier campo.
<b>Dotación</b>	Estimación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.
<b>Estación</b>	Cada uno de los puntos en el que se coloca el instrumento topográfico en cualquier operación de levantamiento planimétrico o de nivelación.
<b>Flecha</b>	Distancia vertical de la diferencia de alturas entre el amarre del cable y la parte más baja de la curva que adopte el cable.
<b>Flexible</b>	Que tiene disposición para doblarse fácilmente.
<b>INFOM</b>	Instituto del Fomento Municipal
<b>Cota piezométrica</b>	Es la altura de presión y potencial de un líquido.
<b>Silvicultura</b>	Conjunto de actividades relacionadas con el cultivo, el cuidado y la explotación de los bosques y montes.

<b>Tensor</b>	Origina tensión o está dispuesto a producirla. Tirante Pieza de hierro o de acero, destinada a soportar un esfuerzo de tensión.
<b>Topografía</b>	Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima y debajo de la superficie.
<b>UNEPAR</b>	Unidad ejecutora del programa de acueductos rurales.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de graduación es el resultado de la colaboración del Ejercicio Profesional Supervisado y de la Unidad de Preinversión de INFOM-UNEPAR, que se desarrolló en el municipio de Momostenango, departamento de Totonicapán, específicamente en el paraje Chonimacanac.

En esta comunidad se realizó la investigación diagnóstica, utilizando las técnicas de observación y entrevista, para recopilar y obtener información de las necesidades y priorizar una solución a la carencia de un sistema de agua, la que perjudica la salud y el desarrollo de sus habitantes.

Por tal razón, se decidió realizar el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable con el propósito de brindar un servicio adecuado a los usuarios. Entre las actividades necesarias que se desarrollaron para el diseño: visita preliminar de campo, levantamiento topográfico, determinación de aforo de fuentes, análisis de laboratorio de agua. Por las características del terreno el sistema de agua potable será diseñado por gravedad.





## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un sistema de agua potable por gravedad para el Paraje Chonimacnac, aldea Tierra Blanca, municipio de Momostenango, departamento de Totonicapán.

### **Específicos**

1. Realizar investigación monográfica sobre las necesidades de servicios básicos y de infraestructuras del paraje Chonimacnac.
2. Capacitar a los miembros del Comité del paraje Chonimacnac sobre aspectos de operación y mantenimiento al sistema de agua potable.



## INTRODUCCIÓN

En lo referente a infraestructura en los municipios del departamento de Totonicapán se observa que ha tenido un avance considerable en algunas comunidades, sin embargo, en el área de servicios básicos y saneamiento, como en el caso de sistemas agua potable es casi nulo, a tal grado que muchas de las comunidades padecen serios problemas en cuanto a salud se refiere, por lo que se considera que es una necesidad prioritaria que demanda atención inmediata. En este EPS se desarrollará el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, para que tanto autoridades municipales como comité tengan los documentos necesarios para gestionar el financiamiento correspondiente y pueda realizarse la construcción del mismo.

En la primera parte de este trabajo se presenta la información referente a la investigación monográfica y diagnóstica de servicios básicos y de infraestructura del paraje Chonimacanac.

La segunda parte contiene el desarrollo del diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, en el que se detallan las actividades.

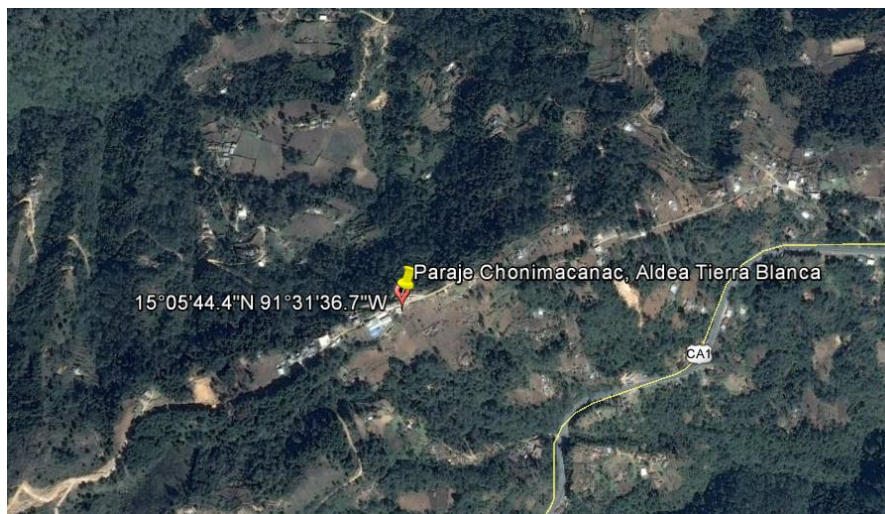




### **Micro localización (comunidad beneficiada)**

El paraje Chonimacanac, pertenece a la aldea Tierra Blanca, la cual se encuentra ubicada en el municipio de Momostenango, Totonicapán. La topografía del lugar tiene pendientes hasta 15 %, la distancia del paraje Chonimacanac hacia la cabecera municipal es de 2,0 kilómetros. Para georeferenciar el centro de la comunidad se tomó la escuela con una altitud de 2 710 msnm, latitud 15°05'44.4" N y longitud 91°31'36.7"O.

Figura 2. **Micro-localización del proyecto**



Fuente: Google Earth.

#### **1.1.1.1. Colindancias**

Con relación a las colindancias del paraje Chonimacanac al norte la cabecera municipal de Momostenango, al sur Chipanictacaj, al este Paquiekekisis, y al oeste Santa Ana y Chuisibal.

### 1.1.1.2. Topografía

Su topografía se encuentra dentro de una superficie semiplana en su mayoría con pendientes consideradas de hasta el 15 %.

### 1.1.1.3. Clima

Dadas sus condiciones topográficas el clima es frío con variaciones climáticas de la época, las temperaturas oscilan entre 08 y 18 grados centígrados en promedio. Datos obtenidos de estación Totonicapán.

Figura 3. **Estación Totonicapán**

Dirección del Viento	72.97126	°
Evaporación	Inc -0.07811737	mm
Humedad Relativa	Med 52.20212	%
Lluvia	Acu 0	mm
Nivel de Batería	Med 13.62857	V
Punto de Rocío	Med 10.2922	°C
Radiación Global 1	Med 896.8797	W/m2
Temperatura del Aire	Med 20.59779	°C
Velocidad del Viento	Med 6.585028	Km/h

Fuente: *Estación Totonicapán*. <http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia.html>.

### 1.1.1.4. Tipo de vivienda

La división en el tipo de local utilizado por las comunidades es de casa formal, apartamento, cuarto en casa de vecinos (palomar), rancho, casa improvisada.



Tabla I. **Tipo de viviendas**

TIPO DE LOCAL	Totonicapán	Momostenango
Casa formal	98.55%	97.62%
Apartamento	0.13%	0.07%
Cuarto en casa de vecinos (palomar)	0.06%	0.04%
Rancho	0.62%	1.13%
Casa Improvisada	0.40%	0.77%
Otro tipo	0.24%	0.35%

Fuente: Guatemala, INE, Censos 2002: XI de Población y VI de Habitación.

Las viviendas están dispuestas de manera dispersa en cuanto a su ubicación y en su construcción se han empleado materiales diversos dependiendo de las posibilidades del vecino en su mayoría tienen paredes de mampostería de adobe (barro secado al sol) o block de pómez. Los techos son de lámina de zinc, teja de barro o concreto. La mayor parte de las viviendas tienen pisos de tierra y en menor proporción existente casas con pisos de cemento, granito y cerámico, estos últimos se han incrementado debido al envío de remesas que ha existido en los últimos años de familiares que quieren mejorar sus hogares.

#### **1.1.1.5. Población y demografía**

La población total del departamento de Totonicapán según las características de la población, censo 2002, es de 339 254 habitantes de los cuales 159 979 son hombres y 179 275 son mujeres. Específicamente el municipio de Momostenango tiene una población total de 87 340, siendo 41 576 hombres y 45 764 mujeres. Aproximadamente la población total y de referencia es de 35 067 habitantes de la aldea Tierra Blanca, donde el porcentaje

promedio de población entre hombres y mujeres da como resultado en un 47,45 % y 52,55 % respectivamente, según datos del INE.

## **1.2. Características de infraestructura**

### **1.2.1.1. Servicios públicos**

Los servicios básicos o esenciales según el Código Municipal, tienen el fin de satisfacer necesidades colectivas, tales como: educación, salud, agua, drenajes, letrinas, energía eléctrica, limpieza de calles y extracción de basura, entre otras, de las cuales se describen adelante para el paraje Chonimacanac.

### **1.2.1.2. Energía eléctrica**

El servicio de energía eléctrica es a través de la Empresa Distribuidora de Energía de Occidente, S.A. –DEOCSA-, el 98 % de la población cuenta con fluido eléctrico.

Para el censo de 1994 un total de 18 hogares contaban con servicio de energía eléctrica, lo que representa un 47 % para el año de 2015 ha llegado a más hogares, según investigación de campo se determinó que 67 hogares cuentan con éste servicio, por lo que se observa una mejor distribución, lo que significa que cada vez más hogares cuentan con el servicio de energía eléctrica.

### **1.2.1.3. Alumbrado público**

El área urbana del municipio cuenta con éste servicio desde el año de 1978 logrando auge la introducción del mismo diez años después, únicamente los caseríos Yulá y Yulhuitz ubicados en la Micro región II; caseríos Checán y

Mujer ubicados en la Micro región III; carecen del servicio, ya que estos son los que se encuentran más distantes de la cabecera municipal.

#### **1.2.1.4. Correo**

El servicio de correo lo presta la empresa El Correo, S.A., cuyas oficinas están ubicadas en la cabecera municipal, desde el año de 1994; presta los servicios de cartas, paquetes y encomiendas a nivel nacional e internacional, para las áreas alejadas del municipio este servicio se presta a través de las alcaldías auxiliares.

#### **1.2.1.5. Educación**

Dentro de las características generales de la población según censo 2002 el 61,01 % de la población del municipio de Momostenango es alfabeta y 38,99 % es analfabeta. De la población infantil del paraje Chonimacanac, aldea Tierra Blanca, la asistencia es regular y solo faltan a la escuela cuando están enfermos. La comunidad cuenta con una escuela (2 módulos). Si los padres quieren que sus hijos continúen estudiando los envían a la cabecera del departamento de Totonicapán donde pueden seguir el nivel básico y diversificado.

Según estadísticas del INE 1 % de niños logran terminar el nivel primario. En ésta situación se debe considerar que cuando se habla de alfabetización es, por lo general en español. De la población analfabeta adulta el 34,40 % son hombres y el 65,60 % son mujeres.

De acuerdo al dato censal de 1994, el analfabetismo era de 52,40 % por lo que se puede determinar que no hay una variación significativa a pesar de campañas de alfabetización por parte de CONALFA y el incremento de

escuelas rurales en las diferentes aldeas y caseríos, ya que se logró establecer que la cobertura de la educación primaria oficial se encuentra alrededor del 80%, pero de los niños en edad escolar solo asiste el 52 %.

Tabla II. **Población de 7 años y más de edad alfabeta**

ALFABETA	Totonicapán	Momostenango
Hombres	53.45%	54.68%
Mujeres	46.55%	45.32%

Fuente: Guatemala, INE, Censos 2002: XI de Población y VI de Habitación.

Tabla III. **Población de 7 años y más de edad según nivel de escolaridad**

NIVEL DE ESCOLARIDAD	Totonicapán	Momostenango
Ninguno	36.26%	37.36%
Pre Primaria	1.84%	1.60%
Primaria 1-3 grado	30.36%	33.19%
Primaria 4-6 grado	22.48%	22.29%
Media 1-3 grado	4.56%	3.15%
Media 4-6 grado	3.60%	2.08%
Superior	0.90%	0.34%

Fuente: Guatemala, INE, Censos 2002: XI de Población y VI de Habitación.

La mayoría de los estudiantes asisten a los establecimientos de educación pública. La causa de inasistencia escolar en su mayoría es por falta de recursos económicos, porque ayudan a trabajar a sus padres o también puede ser que no les guste o no quieran ir.

#### **1.2.1.6. Salud**

El centro de salud está ubicado en el centro de la aldea, lo cual hace que la población del paraje tenga que trasladarse unos 2 Km, dentro de los programas prioritarios se encuentran: inmunización, atención a niños, niñas y adolescentes, atención al adulto y personas con discapacidad y en general todas aquellas enfermedades de carácter ambulatorio. Es importante mencionar que la población recibe los servicios en forma gratuita.

### **1.3. Características socioeconómicas**

#### **1.3.1.1. Origen de la comunidad**

En el lugar se da un árbol llamado Chonac, que es utilizado para hacer tamalitos de masa. De ahí el nombre Chonimacnac, que significa lugar donde crece el árbol Chonac.

#### **1.3.1.2. Actividad económica**

La población del paraje, económicamente activa de 7 años y más edad, en la parte económica se dedica a la agricultura, caza, silvicultura. Por otro lado, la población económicamente activa por ocupación, en su mayoría se dedica a los trabajos no calificados. El promedio de la población activa e inactiva de la población es de 34,46 % y 65,54 % respectivamente, de los cuales en su mayoría trabajan por cuenta propia.

### **1.3.1.3. Religión**

El paraje no posee iglesia católica, aunque de las 69 familias, hay 41 familias católicas (59,42 %), algunas viajan a la cabecera de la aldea para participar en las actividades católicas de la aldea. Entre las conexiones de este proyecto se encuentra la única iglesia evangélica del paraje, la cual ha visto el aumento de su población cada año.

### **1.3.1.4. Cultura**

Se habla el español y el quiché.

### **1.3.1.5. Comercio**

Su economía se basa en diversas actividades productivas, las que están influenciadas por las condiciones del terreno, sobre todo en la rama agrícola, pues existen cultivos de acuerdo al clima variado por la topografía del terreno, entre éstos tenemos la producción de maíz, frijol, café, caña de azúcar. En cuanto a las actividades pecuarias, se tiene la crianza de ganado porcino; también se destaca la actividad artesanal, que se distingue con la producción de tejidos de algodón.

## **1.4. Investigación diagnóstica sobre necesidades de servicios básicos e infraestructura del Paraje Chonimacanac.**

### **1.4.1.1. Descripción de las necesidades**

Las necesidades que se presentan son distintas dependiendo de cada comunidad o población, siendo las más comunes en los municipios, las vías de

acceso hacia los caseríos o aldeas. Las necesidades principales que surgen en el área rural son la falta o mal funcionamiento de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. Así como la falta de edificios escolares y de puestos de salud en las aldeas y caseríos del municipio.

- Agua potable: el paraje carece de un sistema de abastecimiento, ya que actualmente lo hacen de fuentes inadecuadas, lo que provoca la proliferación de enfermedades gastrointestinales.
- Alcantarillado sanitario: no se cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario en el paraje, las aguas negras corren a flor de tierra contaminando con malos olores y enfermedades gastrointestinales el ambiente, así como un manejo inadecuado de los desechos sólidos.
- Infraestructura para el área de salud: en el paraje Chonimacanac es necesario la construcción de un puesto de salud, para proveer a la población los diferentes servicios, sin tener que está viajando a la cabecera de la aldea o del municipio.

#### **1.4.1.2. Análisis y priorización de las necesidades.**

De acuerdo a la evaluación anterior y los criterios que tanto comité como EPS, se llegó a la conclusión de priorizar las necesidades de la siguiente forma:

- a) Agua potable
- b) Alcantarillado Sanitario
- c) Edificación para área de salud

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

### **2.1. Diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable para el paraje Chonimacanac.**

#### **2.1.1.1. Descripción del proyecto.**

El proyecto consiste en diseñar un sistema de abastecimiento de agua potable, que funcionará por gravedad, debido a que la fuente propuesta tiene altura positiva con relación al punto del tanque y de la comunidad. La fuente es de tipo brote definido, y la cantidad de usuarios a atender es de 345 habitantes.

Localización de las fuentes de abastecimiento

El punto exacto de la ubicación de las fuentes propuestas que se utilizará se encuentra en el municipio de Momostenango, departamento de Totonicapán:

Las coordenadas geográficas de la fuente son:

Latitud:	15° 04'38.8" N
Longitud:	91°33'19" O
Altura:	2,710 msnm

Aforo de las fuentes de abastecimiento.

Las fuentes propuestas para este caso son denominadas Paquiekakasis 1 y 2.

El volumen de agua o caudal que aportan las fuentes fue determinado utilizando el método volumétrico.

- **Fuente Paquiekakasis 1**

- Primer aforo de verano fue el 12 de marzo de 2015, el resultado fue 0,22 l/s.



- segundo aforo fue el 3 de octubre de 2015, el resultado fue 0,387 l/s.
  - El valor promedio de la fuente Paquiekakasis 1 es igual a 0,304 l/s.
- **Fuente Paquiekakasis 2**
    - Primer aforo fue el 12 de marzo de 2015, el resultado fue 0,40 l/s.
    - Segundo aforo fue el 3 de octubre de 2015, el resultado fue 0,193 l/s.
    - El valor promedio de la fuente Paquiekakasis 2 es igual a 0,30 l/s.
    - La suma de ambas fuentes es igual a 0,604 l/s, caudal que se considera suficiente para abastecer el sistema propuesto.

## 2.2. Calidad del agua

El agua es un elemento indispensable para la vida, por lo que, la calidad de ésta debe ser sanitariamente segura para el consumo humano. Para determinar la calidad sanitaria del agua es necesario efectuar dos exámenes:

- físico- químico
- bacteriológico

Los cuales deben cumplir las normas COGUANOR NGO 29001 (ver anexo 1).

### 2.2.1.1. Análisis físico-químico

El análisis físico determina:

- aspecto,
- color
- turbiedad
- olor
- sabor
- pH
- temperatura
- conductividad eléctrica

Y el análisis químico mide las cantidades de minerales y materia orgánica existentes en el agua que afectan su calidad. Son:

- amoníaco.
- nitritos
- nitratos
- cloro residual
- manganeso
- cloruros
- fluoruros
- sulfatos
- hierro total
- dureza total
- sólidos totales
- sólidos volátiles
- sólidos fijos
- sólidos en suspensión
- sólidos disueltos
- alcalinidad

El resultado que se obtuvo del examen físico-químico sanitario indica desde el punto de vista de la calidad química el agua cumple con la Norma COGUANOR NGO 29001. Todas las determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos aceptables.

#### **2.2.1.2. Análisis bacteriológico**

El objetivo principal del análisis bacteriológico es proporcionar el grado de contaminación bacteriana y con materia fecal encontrada en la muestra, para lo cual se busca la presencia del grupo coliforme. Los resultados del examen bacteriológico indican que el agua no es potable, según norma COGUANOR NGO 29001. Por lo tanto, con base a los datos anteriores, se debe incorporar un sistema de desinfección utilizando hipoclorito de calcio, antes de ser consumida, aspecto que se describe en el anexo 1.

## **2.3. Levantamiento topográfico**

Es un elemento básico para la elaboración del diseño, permite representar gráficamente los posibles puntos de ubicación de la obra en estudio. El equipo utilizado fue el siguiente:

- Teodolito marca WILD T-1
- estadal
- Cinta métrica de 50 m
- Plomadas
- Estacas de madera
- Pintura en aerosol roja
- Clavos
- Martillo
- GPS Garmin última generación

### **2.3.1.1. Planimetría**

El levantamiento planimétrico se ejecutó como una poligonal abierta. Utilizando para ello, el método de conservación de coordenadas y distancia. El cual automáticamente conserva el azimut en este tipo de equipo.

### **2.3.1.2. Altimetría**

En esta fase, se obtienen los datos para identificar los diferentes niveles del terreno con la ayuda del equipo de topografía antes descrito. El método de levantamiento fue el taquimétrico.

## 2.4. Criterios y parámetros de diseño

Tabla IV. Datos de diseño empleados en este proyecto

Viviendas actuales (viv)	69	No. de comercios	0
Densidad de vivienda (hab/viv)	5	No. de escuelas	1
Población actual (hab)	345	No. de iglesias	1
Tasa de crecimiento (%)	2,56	Viviendas futuras (viv)	120
Periodo de diseño (años)	22	Población futura (hab)	602
Aforo en conjunto (L/s)	0,604	Caudal medio Qm (L/s)	0,48
Dotación (L/hab/día)	65	Caudal máximo diario - CMD (L/s)	0,57
		Caudal máximo horario - CMH (L/s)	1,05

Fuente: elaboración propia

### 2.4.1.1. Período de diseño

Será el tiempo de capacidad del sistema para atender la demanda de la población o el período eficiente en un 100 %. Aunque el sistema podría variar, de acuerdo a la capacidad de administración del Comité que es en este caso, en aspectos de operación y mantenimiento. Comprende desde el momento del diseño y gestión de financiamiento e inicio de funcionamiento del sistema, hasta el momento que sobrepasa las condiciones de diseño, que en este caso se adoptó un período de diseño de 22 años.

### 2.4.1.2. Tasa de crecimiento poblacional

El valor de la tasa de crecimiento poblacional considerado para el departamento de Totonicapán es 2,56 % según censo 2002. Instituto Nacional de Estadística (INE).

Tabla V. **Tasas de crecimiento poblacional**

	POBLACION CENSADA AL 24 Nov. 2002			TASA DE CRECIMIENTO INTERCENSAL		
	TOTAL	HOMBRES	MUJERES	TOTAL	HOMBRES	MUJERES
TOTAL REPÚBLICA	11.237.196	5.369.842	5.866.149	3,47	3,12	3,80
SACATEPEQUEZ	248.019	122.092	125.927	3,68	3,62	3,74
GUATEMALA	2.541.581	1.187.099	1.354.482	3,92	3,67	4,14
CHIMALTENANGO	446.133	218.178	227.955	4,05	3,94	4,15
SOLOLA	307.661	146.882	160.779	3,78	3,29	4,25
TOTONICAPÁN	339.254	159.725	179.529	2,56	2,15	2,94
QUETZALTENANGO	524.716	290.420	334.296	2,50	1,83	3,11
SAN MARCOS	794.951	387.091	407.860	2,42	2,09	2,74
RETALHULEU	241.411	119.416	121.995	2,86	2,72	2,99
SUCHITEPEQUEZ	403.945	192.779	211.166	3,18	2,69	3,64
ESCUINTLA	538.746	264.384	274.362	3,86	3,54	4,17
SANTA ROSA	301.370	147.713	153.657	2,32	2,00	2,54
JUTIAPA	389.085	186.438	202.647	2,73	2,37	3,08
JALAPA	242.926	115.332	127.594	2,44	2,06	2,79
CHIQUIMULA	302.485	145.649	156.836	3,14	2,92	3,35
ZACAPA	200.167	98.654	101.513	2,82	2,80	2,84
EL PROGRESO	139.490	68.664	69.621	2,93	2,92	2,73
BAJA VERAPAZ	215.915	102.091	113.824	3,81	3,37	4,23
QUICHE	655.510	305.999	349.511	4,69	4,14	5,20
HUEHUETENANGO	846.544	402.150	444.394	3,35	2,90	3,77
ALTA VERAPAZ	776.246	383.357	392.889	4,13	4,05	4,22
IZABAL	314.306	143.718	170.588	2,51	1,33	3,61
PETEN	366.735	182.011	184.724	5,68	5,19	6,19

Fuente: Guatemala, INE, Censos 2002: XI de Población y VI de Habitación

### 2.4.1.3. Población actual

La población conformada por 69 familias que no cuentan con el servicio de agua, con una densidad de habitantes por vivienda de 5; lo que da un total de 345.

Tabla VI. **Edad de población**

DESCRIPCIÓN	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
Mayores de 50 años	36	34	70
Entre 16 a 49 años	47	57	104
Entre 0 a 15 años	81	90	171
TOTAL	164	181	345

Fuente: elaboración propia

La población indirecta a ser beneficiaria son todas las personas que viven en sus alrededores, debido a la cercanía y facilidad para obtener el servicio.

#### 2.4.1.4. Estimación de población futura

Para la estimación de la población futura existen varios métodos, en este caso se consideró el método de incremento geométrico; el cual consiste en el cálculo de la población con base a la tasa de crecimiento poblacional que se tiene registrado de los censos de la población, debe proyectarse en el tiempo según el período de diseño que se estime.

$$Pf = Pa * (1 + r)^n \quad \text{Donde:}$$

Pf = Población futura

Pa = Población actual = 345 habitantes

r = Tasa de crecimiento = 2.56 %

n = Período de diseño en años = 22 años

$$Pf = 345 \text{ hab} * (1 + 0,0256)^{22} = 602 \text{ habitantes}$$

#### 2.4.1.5. Dotación

Es la cantidad de agua asignada a una persona en litros/habitante/día; para la adopción de una dotación adecuada se debe tomar en cuenta el clima y la ubicación de la población, es decir, si es área urbana o rural y sus distintas actividades comerciales. Para proyectos de abastecimiento de agua potable a comunidades del área rural de clima frío se recomienda que la dotación esté entre 60 l/h/d a 90 l/h/d. En el presente proyecto se tomó una dotación de 65 l/h/d.

#### 2.4.1.6. Caudal de diseño

El caudal de aforo es 0,604 l/s.

### 2.5. Datos para diseño

#### 2.5.1.1. Caudal medio diario

El caudal medio diario es el producto de multiplicar la dotación adoptada por el número de habitantes que se estimaron hasta el final del período de diseño, dividido entre el número de segundos que tiene un día.

$$Q_{md} = \frac{(\text{dotaci\`on} \times \text{poblaci\`on futura}) + (\text{dotaci\`on escuela} + \text{dotaci\`on iglesia})}{86,400}$$

$$Q_{md} = \frac{(65 \text{ lt} * \text{hab} * \text{dia} \times 602 \text{ hab}) + (1500 \text{ lt} + 500 \text{ lt})}{86,400} = 0.48$$

En este proyecto se tiene previsto el proporcionarle agua a una escuela y a una iglesia con las siguientes dotaciones:

- Escuela = 1500 litros
- Iglesia = 500 litros

#### 2.5.1.2. Caudal máximo diario

Es conocido como caudal de conducción, es el consumo máximo de agua que puede haber en 24 horas, observado durante un año regularmente sucede cuando se desarrollan actividades en las cuales participa la mayor parte

de la población, el cual no incluye gastos causados por incendios. Cuando no se cuenta con información de consumo diario, éste se puede calcular aplicando el factor de día máximo (Fdm).

Este factor en área rural está comprendido dentro los valores siguientes: 1,2 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, y de 1,2 a 1,5 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes. Tomando en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes, se determina que el factor de día máximo es de 1,2.

$$\text{factor} = 1,2 \text{ a } 1,5$$

$$Q_{md} = 1,2 * 0,48 = 0,57$$

### **2.5.1.3. Caudal máximo horario**

Conocido también como caudal de distribución, es el consumo máximo en una hora del día, el cual se obtiene de la observación del consumo durante un período equivalente a un año. Si no se tienen registros, se puede obtener multiplicando el caudal medio diario por el factor de hora máxima.

El factor de hora máxima (Fhm) está comprendido para el área rural entre los valores siguientes: 2,0 para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes, y de 2 a 3,0 para poblaciones futuras menores de 1 000 habitantes. Tomando en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes, se determina que el factor de hora máxima es de 2,2.

$$\text{Factor} = 2,2$$

$$Q_{mh} = 2,2 * 0,48 = 1,05$$



#### **2.5.1.4. Caudal de uso simultáneo (instantáneo)**

Para el diseño de los ramales de distribución deberá hacerse una comparación entre los cálculos del caudal obtenidos con el FMH y el criterio de uso simultáneo. Deberá utilizarse el resultado que sea mayor de ambos.

$$q = k (n - 1)^{0,5}$$

Donde:

q: caudal de uso simultáneo no menor de 0,20 l/s.

k: coeficiente; 0,20 predial; 0,15 llenacántaros

n: número de conexiones o llenacántaros futuros.

$$q = 20*(120 - 1)^{0,5}$$

$$q = 2,187 \text{ l/s}$$

Este caudal es con el que se estará trabajando la red de distribución.

## **2.6. Diseño hidráulico**

### **2.6.1.1. Captación**

El comité de introducción de agua potable del paraje Chonimacanac, posee en una propiedad dos fuentes superficiales de agua o nacimientos de brote definido superficial que son propuestas como las fuentes que abastecerán el proyecto. Cada captación tendrá su muro de contención de mampostería de piedra, un manto de piedra bola de 6"-10", manto de grava de 3" y manto de

graba de ½”, los cuales servirán de filtro para dejar las impurezas que tenga el agua. Ver detalles en Apéndice 4 (plano 16).

### 2.6.1.2. Línea de conducción

Esta es la tubería que se instalará desde la captación hasta el tanque de distribución se tiene considerados 5 111 ml de tubería. La línea de conducción tendrá tubería de PVC y HG del tipo liviano.

En el diseño de la línea de conducción se deben de tener en cuenta los principios de hidráulica como la carga disponible, piezométrica, pérdidas y otras herramientas. A continuación, se presenta la ecuación de Hazen-Williams:

$$H_f = \frac{1743.811 * L * Q^{1.85}}{C^{1.85} \times \emptyset^{4.87}}$$

Donde:

H<sub>f</sub> = Pérdidas por fricción en la tubería (pérdidas de carga) en m.

L = Longitud del tramo en m.

Q = Caudal en l/s

∅ = Diámetro interno de la tubería en pulgadas.

C = Coeficiente que depende del material de la tubería

PVC; C = 150

Ejemplo de diseño: Tramo 1, (conducción)

Datos:

Cota inicial del tramo E-1: 996,59 m

Cota final del tramo E-122: 964,54 m

Longitud: 3 418 m

Caudal medio diario: 0,57 l/s

Coeficiente "c" PVC: 150

$$\phi = \left( \frac{1743.811 * 3418 * 0.57^{1.85}}{150^{1.85} \times 32.05} \right)^{\frac{1}{4.87}} = 1.45 \approx 1.50$$

Se tomó un diámetro comercial de 1 ½", con diámetro interno de 1,754

Cálculo de pérdida:

$$H_f = \frac{1743.811 * 3418 * 0.57^{1.85}}{150^{1.85} \times 1.754^{4.87}} = 12.866$$

Cálculo de velocidad:

$$V = \frac{1.9735 \times Q_d}{\phi^2} = \frac{1.9735 \times 0.57}{1.754^2} = 0.366 \frac{m}{s}$$

Cota piezométrica:

CP = Cota inicial – Hf

CP = 996.59 – 12.866 = 983.724

Tabla VII. **Diseño de línea de conducción**

EST.	P.O.	DIST. ACUMU. (m)	COTA (m)	DIAMETRO NOM. "	DIAMETRO INT. "	CLASE TUBERIA	PRESION TRABAJO	C	Q (l/s)	V (m/s)	HF (m)	PIEZOMETRICA CA (m)	DINAMICA (m)	ESTATICA (m)
<b>LINEA DE CONDUCCION</b>												996,59		
1	122	3418,00	994,54	1 1/2	1,734	PVC	160	150	0,57	0,37	13,61	983,25	18,71	32,05
122	148	4491,40	962,44	1 1/4	1,532	PVC	160	150	0,57	0,48	33,66	975,07	12,63	34,15
148	163	4969,60	948,78	1	1,195	PVC	160	150	0,57	0,79	124,88	962,20	14,23	47,81

Fuente: elaboración propia.

### **2.6.1.3. Tanque de almacenamiento**

A la altura de la estación E-163 del levantamiento topográfico se ubicará el tanque de distribución, que será de concreto armado y tendrá un volumen útil de 15 metros cúbicos. El tanque debe de ser construido de forma técnica y para esto se debe de observar todos los detalles técnicos en los planos 20 y 21 apéndice 4.

De lo contrario, el volumen de compensación en sistemas por gravedad se adoptará del 25 % al 35 % del consumo medio diario. Cuando el suministro de agua, puede considerarse seguro y continuo, en la cantidad prevista en el proyecto, se puede prescindir del volumen de reservas para contingencias, a fin de mantener bajo el costo inicial del sistema.

#### **Cálculo del volumen**

En los sistemas por gravedad se debe considerar un volumen de distribución o almacenamiento de 25 % al 35 % del caudal medio diario o el 25 % del caudal máximo diario, según normas de diseño.

$$\text{Vol} (\text{Qmd} * \% \text{almacenamiento} * 1\text{m} * 86\ 400 \text{ s/día}) / 1\ 000$$

Donde:

- Vol. = volumen del tanque
- Qmd = caudal medio diario

En este proyecto se tomó un almacenamiento del 35 % del caudal máximo diario.

$$\text{Vol} = \frac{(0,48 * 35 \% * 86\ 400 \text{ s} * 1)}{1\ 000} = 14,515 \approx 15 \text{ m}^3$$

El tanque de distribución cuenta con las siguientes dimensiones 3,50 m de largo, por 3,50 m de ancho la capacidad real = 15 m<sup>3</sup> (Ver detalle de tanque en planos en apéndice 4) se tomó dicha capacidad, ya que en la comunidad cuenta con un terreno de 10m x 10m para su construcción.

## **Diseño**

Para el diseño estructural de tanques de pequeñas y medianas capacidades se recomienda utilizar el método de la Asociación de Cemento Portland, que determina momentos y fuerzas cortantes como resultado de experiencias sobre modelos de tanques basados en la teoría de Placas y Cascarones, volumen 2, capítulo IV de Timoshenko, donde se consideran las paredes empotradas entre sí o una sección de cajón de forma cuadrada, en que todas las planchas tengan el mismo espesor, la tendencia a pandear es la misma para todas y cada cara puede considerarse como una placa rectangular comprimida con los cuatro bordes simplemente apoyados.

De acuerdo a las condiciones de borde que se fijen existen tres condiciones, que son:

- Tapa articulada y fondo articulado
- Tapa libre y fondo articulado
- Tapa libre y fondo empotrado

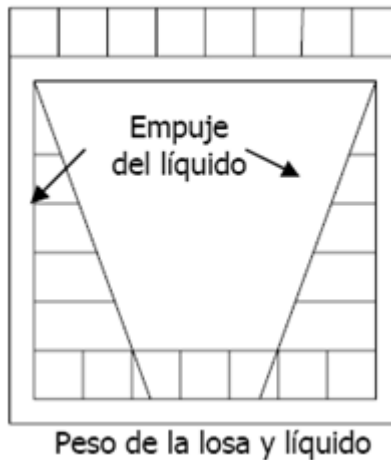
En los tanques apoyados o superficiales, típicos para poblaciones de áreas rurales, se utiliza preferentemente la condición que considera la tapa libre

y el fondo empotrado. Para este caso y cuando actúa solo el empuje del agua, la presión en el borde es cero y la presión máxima (P), ocurre en la base.

$P = \delta a * h =$  presión del agua hacia la pared.

$$P = 1\,000 \text{ kg/m}^3 * 1,50 \text{ m} = 1500 \text{ kg/m}^2$$

Figura 4. **Cargas actuantes en el tanque**  
Peso del tapón



Fuente: PORTILLO ORELLANA, Elman José. *guías para el diseño de reservorios elevados de agua potable*, 2009, pag 79.

Volumen asumido para el diseño  $14,515 \text{ m}^3$ .

Con el valor del volumen (Vol) se define un tanque de sección cuadrada cuyas dimensiones son:

$$\text{Vol} = x^2 * h \Rightarrow h = 14,515/10,24 = 1,465 = 1.50 \text{ m}$$

Ancho de la pared (b) = 3,20 m.

Altura de agua (h) = 1,50 m.

Borde libre (B.L.) = 0,30 m.

Altura total (H) = 1,80 m.

Según Parker-Ambrose, en los muros estructurales la relación de esbeltez (altura sin apoyo dividida entre el espesor) no deber ser mayor que 25.

En este caso:

$$e = \frac{1,8}{25} \quad \text{de donde } e = 0,072$$

Por lo tanto, en principio se decide construir muros de 10 centímetros de espesor, pero como estará en contacto con el suelo, ya que estará semienterrado se tiene que recubrir por lo menos 0,075 metros y por tal motivo se propone paredes de 0,15 metros.

### **Espesor de losa**

$$t = \frac{\text{perímetro}}{180} = \frac{14}{180} = 0,078 \approx 0,10 \text{ m} \quad \text{tabla 9.5. (C) ACI 318S-08}$$

### **Peso propio de Losa**

$$W_m = t * \delta_{\text{concreto}} + \text{sobrecarga}$$

$$W_m = 0,10\text{m} * 2400\text{Kg/m}^3 + (89 \text{ Kg/m}^2) = 329 \text{ Kg/m}^2$$

### **Carga última**

$$C_U = 1,7 \text{ CV} + 1,4 \text{ CM}$$

$$C_U = 1,7 (200) + 1,4 (329) = 800,60 \text{ Kg/m}^2$$

## **Momentos flexionantes**

### **Momento negativo:**

$$M = C_a \cdot C_U \cdot l^2$$

$$M = 0,045 \cdot 800,60 \cdot 3,50^2 = 441,33 \text{ Kg}$$

### **Momento positivo:**

$$M = C_a \cdot C_U \cdot l^2 + C_a \cdot C_U \cdot l^2$$

$$M = 0,018 \cdot 340 \cdot 3,50^2 + 0,018 \cdot 460 \cdot 3,50^2 = 176 \text{ Kg}$$

Si se supone que se utilizarán varillas número 3 y dado que la superficie de la losa quedará expuesta a la intemperie, se utilizará un recubrimiento de 2,5 cms., por lo que el peralte efectivo será:

$$d = t - \text{Rec}_{\min} - \varnothing/2 = 10 - 2,5 - 0,475 = 7,03 \text{ cms}$$

### **El área de acero mínimo por cada metro de longitud es:**

$$A_{s_{\min}} = (14/f_y) \cdot b \cdot d$$

$$A_{s_{\min}} = (14 / 2810) \cdot 100 \cdot 7,03 = 3,50 \text{ cm}^2/\text{mt}$$

Equivale a 1 # 3 @ 0.20 m de espaciamiento

### **Peso propio de cada muro**

$$W = \text{Vol} \cdot \delta_{\text{concreto}}$$

$$W = 1,80 \cdot 0,15 \cdot 3,50 \cdot 2400 = 2268 \text{ kg}$$



### **Peso propio de Losa de fondo**

$$W_m = Vol * \delta_{concreto}$$

$$W_m = 0,15m * 3,50m * 3,50m * 2400Kg/m^3 = 4410 Kg$$

### **Peso de agua**

$$W_m = Vol * \delta_{agua}$$

$$W_m = 1,50m * 3,20m * 3,20m * 1000Kg/m^3 = 15360 Kg$$

### **Presión sobre el suelo:**

$$P = \frac{4030,25 + (4 * 2268) + 4410 + 15360}{3,50 * 3,50} = 2683,45 Kg/m^2$$

### **Selección del refuerzo en muros**

**El área de acero vertical se determina así:**

$$A_s = 0,0015 * 320 * 15$$

$$A_s = 7,2 cm^2$$

equivalente a No. 3 @ 30 cms

**El área de acero horizontal se calcula así:**

$$A_s = 0,0025 * 180 * 15$$

$$A_s = 6,75 cm^2$$

equivalente a No. 3 @ 18 cms.

La separación máxima del refuerzo en muros según la sección 7.6.5 del código ACI 318-08S es tres veces el espesor del muro, para este caso en

particular, para que sea fácil de armar las parrillas se utilizará una separación de 18 cms en ambos sentidos.

#### **2.6.1.4. Sistema de desinfección**

Se incorporará un dispositivo de cloración de agua, ubicado sobre la losa del tanque de distribución, su volumen será de un metro cúbico y será de concreto armado, tendrá todas las instalaciones necesarias para su correcto funcionamiento (válvula de entrada de agua, drenaje, tapadera para su limpieza, Para un caudal de 0,60 l/s se requieren 51,84 litros de solución por día con una concentración de 65 %, ver apéndice 4 (plano 22).

#### **2.6.1.5. Red de distribución**

Está conformada por 6 956 ml de tubería, los diámetros varían entre de 3/4" hasta 1 1/2" con tubería de PVC con presiones de trabajo de 250 PSI y 160 PSI, lo que permitirá llegar con el servicio de agua a todas las viviendas a través de conexiones domiciliarias.

Ejemplo de diseño: Tramo 1, (distribución)

Datos:

Cota inicial del tramo E-163: 947.00 m

Cota final del tramo E-174: 939.12 m

Longitud: 138.70 m

Caudal de uso simultaneo (instantáneo): 2.19 l/s

Coeficiente "c" PVC: 150

$$\emptyset = \left( \frac{1743.811 * 138.70 * 2.19^{1.85}}{150^{1.85} \times 7.88} \right)^{\frac{1}{4.87}} = 1.675 \approx 1.50$$

Se tomó un diámetro comercial de 1 ½”, con diámetro interno de 1.754

Cálculo de pérdida:

$$H_f = \frac{1743.811 * 138.70 * 2.19^{1.85}}{150^{1.85} \times 1.754^{4.87}} = 6.298$$

Cálculo de velocidad:

$$V = \frac{1.9735 \times Q_d}{\phi^2} = \frac{1.9735 \times 2.19}{1.754^2} = 1.405 \frac{m}{s}$$

Cota piezométrica:

CP = Cota inicial – Hf

CP = 947 – 6,298 = 940,702 m

Tabla VIII. Diseño de red de distribución

RED DE DISTRIBUCION														
EST.	P.O.	DIST. ACUMU. (m)	COTA (m)	DIAMETRO NOM. "	DIAMETRO INT. "	CLASE TUBERIA	PRESION TRABAJO	C	Q (l/s)	V (m/s)	HF (m)	PIEZOMETRI CA (m)	DINAMICA (m)	ESTATICA (m)
163 TD	174	5108,30	935,01	1 1/2	1,754	PVC	160	150	2,19	1,41	1,66	940,51	5,50	7,88
174	176 CRP	5247,70	911,77	1 1/4	1,532	PVC	160	150	2,16	1,82	6,66	928,19	16,42	35,23
176 CRP	194	5970,30	882,81	1 1/2	1,754	PVC	160	150	1,88	1,27	1,04	879,24	5,57	37,10
194	196 CRP	6025,79	860,13	3/4	0,926	PVC	250	150	0,20	0,46	0,18	878,54	18,41	61,64
196 CRP	201	6210,38	789,13	3/4	0,926	PVC	250	150	0,20	0,46	0,54	821,57	32,44	33,67
185	188	5847,70	830,72	3/4	0,926	PVC	250	150	0,35	0,81	0,91	836,81	6,09	7,00
174	167 CRP	5105,30	939,11	1	1,195	PVC	160	150	0,35	0,48	0,33	936,67	2,44	7,89
167	173	5098,90	840,94	3/4	0,926	PVC	250	150	0,35	0,81	0,92	889,50	48,56	52,73
194	207 CRP	6080,10	868,36	1 1/2	1,754	PVC	160	150	1,88	1,21	2,45	875,31	6,95	42,41
207 CRP	265	6746,71	819,04	1 1/4	1,532	PVC	160	150	1,54	1,29	3,06	831,56	12,53	48,32
265	285 CRP	6779,61	818,56	1 1/4	1,532	PVC	160	150	0,94	0,79	0,62	830,94	12,38	48,80
285 CRP	316	7245,41	752,09	3/4	0,926	PVC	250	150	0,57	1,31	2,61	777,03	24,95	65,47
285 CRP	304	7390,11	728,11	3/4	0,926	PVC	250	150	0,20	0,46	0,62	751,85	23,75	55,75
207 CRP	255 CRP	6330,80	833,17	3/4	0,926	PVC	250	150	0,21	0,48	0,53	863,92	30,75	34,19
255 CRP	262	6514,00	792,49	3/4	0,926	PVC	250	150	0,20	0,46	0,42	829,87	37,38	39,68
202	206	6099,30	844,40	3/4	0,926	PVC	250	150	0,45	1,03	1,41	872,82	28,42	66,37
265	278 CRP	7055,11	728,54	3/4	0,926	PVC	250	150	0,77	1,77	7,21	757,70	29,17	18,56
278 CRP	284	7409,21	681,20	3/4	0,926	PVC	250	150	0,35	0,81	1,75	755,95	74,75	65,90
270 CRP	274	7114,31	738,27	3/4	0,926	PVC	250	150	0,20	0,46	1,08	778,59	40,32	42,79
297	301	7311,01	720,70	3/4	0,926	PVC	250	150	0,20	0,46	0,38	752,85	32,15	63,16
207 CRP	217 CRP	6489,10	787,67	1	1,195	PVC	160	150	0,79	1,09	1,18	818,19	30,52	41,74
217 CRP	221	6640,60	754,38	3/4	0,926	PVC	250	150	0,26	0,60	1,17	783,58	29,21	32,29
217 CRP	232	6912,40	726,30	3/4	0,926	PVC	250	150	0,63	1,46	1,60	731,73	5,43	35,70
226	244	7154,50	645,99	3/4	0,926	PVC	250	150	0,35	0,80	1,93	685,84	39,85	56,65
242	246	7223,30	648,57	3/4	0,926	PVC	250	150	0,20	0,46	0,86	687,15	38,58	54,07

Fuente: elaboración propia

### **2.6.1.6. Conexiones domiciliarias**

Se instalarán en total setenta y una (71) conexiones domiciliarias, de las cuales sesenta y nueve (69) corresponde a viviendas y dos (02) a edificios públicos (01 escuela y 01 iglesia), los componentes son: tubería de ½", válvula de compuerta de ½" de bronce, contador de ½" resguardados en una caja, una base de concreto de 0,30 x 0,30 metros de sección x 0,40 m de altura, niple HG ½" y chorro de ½".

## **2.7. Obras hidráulicas**

### **2.7.1.1. Caja unificadora de caudales**

También se conoce como caja reunidora de caudales, en este caso será de mampostería de piedra y tendrá capacidad de 1 m<sup>3</sup>, que sirve para reunir el caudal de las dos fuentes, se ubicará en la estación 01 según planos, ver plano 17 en apéndice 4.

### **2.7.1.2. Pasos de zanjón**

Para librar las irregularidades del terreno o atravesar arroyos, ríos o depresiones pronunciadas, se considera la construcción de pasos de zanjón los cuales utilizan tubería HG de diámetro constante, según se indica en planos constructivos. Se ubican entre las estaciones 15-16; 46-47; 121-122; 144-145. Ver plano 18 en apéndice 4.

### 2.7.1.3. Paso aéreo

En donde no se considere como solución la construcción de paso de zanjón, por longitud y altura, se deberá realizar la construcción del paso aéreo el cual utiliza tubería de HG de diámetro constante indicado en planos. El detalle de construcción del paso aéreo, está indicado en plano constructivo 19.

El paso aéreo del proyecto es de 20 metros de longitud y está compuesto principalmente por los elementos de tensión (cables con alma de acero mejorado, varillas de acero y mordazas, entre otros elementos), cojinetes, columnas y zapatas en concreto armado.

Los elementos hechos en concreto armado (columnas, zapatas) se realizarán con concreto con resistencia mínima a la compresión igual a 210 kg/cm<sup>2</sup> y varilla con fluencia de acero mínima de 2810 kg/cm<sup>2</sup>(G40). Varilla corrugada diámetro 3/8".

A continuación, se presenta el diseño de un paso aéreo de 20 metros de longitud ubicado en las estaciones 34 y 35, utilizando los siguientes datos.

Longitud del claro: 20 m

Tubería: 1 1/2 pulgadas de HG tipo liviano

Peso del tubo: 24,364 kg/6 m = 4,06 Kg/m

Peso específico del agua: 1 000 Kg/m<sup>3</sup>

#### Cargas verticales:

$$\begin{aligned} \text{Carga muerta:} \quad C_m &= \text{Peso}_{\text{tubo}} + \text{Peso}_{\text{agua}} \\ C_m &= 4,06 \text{ Kg/m} + 1,14 \text{ Kg/m} \\ C_m &= 5,20 \text{ Kg/m} \end{aligned}$$

Carga viva: Se asumirá que una persona podría cruzar apoyándose en la tubería.

$$C_v = \frac{85 \text{ Kg}}{20 \text{ m}} = 4,25 \text{ Kg/m}$$

### **Cargas horizontales:**

En este caso solamente se tendrá la acción del viento. Se asumirá una velocidad del viento de 70 km/h que desarrolla una presión de 97,80 Kg/m<sup>2</sup>.

$$W = \emptyset * \text{Presión} = 0,0381 \text{ m} * 97,80 \text{ Kg/m}^2.$$

$$W = 3,73 \text{ kg/m}$$

### **Integración de cargas:**

Para calcular la carga última (U), según el reglamento ACI 318-08S se utiliza la siguiente fórmula:

$$U = 0,75 (1,4C_m + 1,7C_v + 1,7W)$$

$$U = 0,75(1,4*5,20 + 1,7*4,25 + 1,7*3,73) = 15,63 \text{ Kg/m}$$

$$U \text{ no debe ser menor a } (1,4 C_m + 1,7 C_v) = 1,4*5,20 + 1,7*4,25 = 14,51 \text{ Kg/m}$$

Por lo que se tomará como carga última 15,63 Kg/m

Tensión del cable

La tensión del cable se calculará utilizando la siguiente fórmula:

$$T_H = \frac{U * l^2}{8 * d} \quad T = T_H * \left(1 + \frac{16 * d^2}{l^2}\right)^{\frac{1}{2}} \quad T_V = (T^2 - T_H^2)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

U = Carga última  
 $T_H$  = Tensión horizontal  
T = Tensión máxima  
 $T_V$  = Tensión vertical  
l = Luz  
d = Flecha

Para determinar la flecha se propondrá la relación l/12; teniendo entonces

$$d = l / 12 = 20 / 12 = 1,67$$

Donde:

d = Flecha  
l = Luz del paso aéreo

Se propondrá utilizar cable de 3/8" de diámetro con un esfuerzo de ruptura de 5 736,36 Kg y un peso de 0,328 Kg/m; que sumado a la carga muerta calculada anteriormente se tendrá:

$$C_m = C_{m \text{ inicial}} + \text{Peso}_{\text{ cable}} = 5,20 \text{ Kg/m} + 0,328 \text{ Kg/m} = 5,528 \text{ Kg/m}$$

por lo que la nueva carga última será:

$$U = 0,75(1,4 * 5,528 + 1,7 * 4,25 + 1,7 * 3,73) = 15,979 \text{ Kg/m}$$

Teniendo también las tensiones del cable así:

$$T_H = \frac{15,979 * 20^2}{8 * 1,67} = 478,41 \text{ Kg}$$

$$T = 478,41 \text{ Kg} \sqrt{\left(1 + \frac{16 * 1,67^2}{400}\right)} = 504,39 \text{ Kg}$$

$$T_v = \sqrt{504.39^2 - 478.41^2} = 159,79 \text{ Kg}$$

Dado lo anterior se tendrá que el cable de Ø 3/8" con un esfuerzo de ruptura de 5 736,36 Kg. si soportará la tensión máxima de 504,39 Kg.

### **Péndolas o tirantes:**

Las péndolas tendrán una separación entre ellas de 2 m y la carga que soportarán se calcula con la siguiente fórmula.

$$Q_p = U * \text{Separación péndolas} = 15,979 \text{ Kg/m} * 2,00 \text{ m} \quad Q = 31,958 \text{ kg.}$$

Para construir las péndolas se utilizará cable de Ø 1/4" con una resistencia a la ruptura de 1 636,364 Kg. La longitud de las péndolas se calculará con base a la siguiente ecuación.

$$Y = U * X \frac{(L - X)}{2 * T_H}$$

Donde:

- Y = Variación de la flecha
- U = Carga última (kg/m)
- X = Separación de la péndola respecto torre mas cerca (mts)
- L = Luz del paso aéreo (mts)
- T<sub>H</sub> = Tensión horizontal

### **Columnas de soporte:**

Para el diseño de las columnas se deberá determinar primero su valor de esbeltez utilizando la ecuación.



$$E = \frac{2 * lu}{r} \quad r = \left( \frac{I}{A} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

E = Esbeltez  
 lu = Longitud libre de la columna  
 r = Radio de giro  
 I = Inercia  
 A = Área

Si  $E < 21$ , se diseña como columna corta y se utilizan los datos originales del análisis estructural. Si  $21 \leq E \leq 100$ , se diseña como columna intermedia y se deberá magnificar los momentos actuantes. Si  $E > 100$  será una columna larga y por lo tanto no se construye.

Para calcular la esbeltez se tendrán los siguientes datos:

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

$$f'y = 2810 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = bh^3 / 12$$

Longitud total = 3,40 m

Sección: 0,25 x 0,25 m

$$r = \sqrt{\frac{0,25^4 / 12}{0,25^2}} = 0,072$$

$$E = \frac{2 * 2,2}{0,072} = 61,11$$

Como  $E > 21$  tenemos una columna intermedia, por lo que los momentos actuantes se deben magnificar; pero para este caso en particular no existen momentos actuantes por lo que la columna trabaja únicamente bajo carga axial.

Continuando con el diseño de la columna se deberá hallar la carga crítica (Pcr); para este caso se tendrá un extremo libre y otro empotrado; y se utilizará la fórmula de Euler con un factor de pandeo igual a 2.

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(k * lu)^2}$$

Donde:

Pcr = Carga crítica

E = Módulo de Young (15100 f'c<sup>1/2</sup>)

I = Inercia

K = Factor de pandeo (2)

Lu = Longitud libre de la columna

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 * 15100 * \sqrt{210} * 25^4 / 12}{(2 * 220)^2} * (1/1000) = 363,128 \text{ toneladas}$$

### Refuerzo en la columna:

En la columna actuará solamente una carga axial de 159,79 Kg. (T v), haciéndola trabajar únicamente a compresión; dicha carga es mucho menor de la que realmente puede soportar (Pcr), por lo que el diseño se basará en la sección 10.9.1 del código ACI 318-08S, donde se indica que para la condición de carga requerida de un elemento a compresión, si este tiene una sección transversal mayor de la requerida se podrá utilizar el área efectiva reducida, Ag, no menor que el 1 % Ag ni mayor que 0,08 Ag. donde.

$$A_{s_{min}} = 0,01 * (25^2 / 2) = 3,125 \text{ cm}^2$$

Repartiendo el área de acero en 4 varillas número 3 se tendrá un área de acero de:

$$\text{Número 3} = 8 * 0,71 \text{ cm}^2 = 5,68 \text{ cm}^2$$

Teniendo una carga última para esta área de acero de:

$$P_u = \phi (0.85 f'_c (A_g - A_s) + A_s * F_y)$$

$$P_u = 0,70 * ( 0,85 * 210 * ( 625 - 5,68 ) + 5,68 * 2 810 ) = 178,47 \text{ ton}$$

Por lo que se tiene que  $P_u < P_{cr}$  y será suficiente para soportar la carga axial a la que estará sometida la columna.

Para el refuerzo transversal se tendrá acero grado 40 número 2 @ 15 cm.

### Zapatas:

Se asumirá un peralte de 25 cm y un recubrimiento de 7,5 cm con una dimensión de zapata de 1,20 x 1,20 x 0,25 m.

Calculando el factor de carga última ( $F_{cu}$ ):

$$F_{cu} = \frac{U}{C_m + C_v}$$

$$F_{cu} = 15,979 / (5,528 + 4,25) = 1,63$$

### Integración de cargas que soportará la zapata:

Tensión vertical	0,16 Ton.
Peso de la columna	0,51 Ton.
Peso del suelo	1,024 Ton.
Peso propio	0,69 Ton.
	$\Sigma = 2,384 \text{ Ton.}$

Se deberá cumplir que el  $P_z/A_z < \text{Valor soporte del suelo (8 ton/m)}$

$$Pz/ Az = 2,384 / 1,20^2 = 1.66 \text{ Ton/m} < 8\text{Ton/m}$$

**La carga última soportada por las zapatas será:**

$$Cu = 1,66 \text{ Ton/m} * 1,63 = 2,706$$

**Verificación del corte simple:**

$$\text{Peralte}(d) = 25 - 7,50 = 17,50 \text{ cm.}$$

$$e = 120 - 17,50 = 102,5 \text{ cm}$$

**Corte actuante**

$$Va = Cu * \text{ancho}_{\text{zapata}} * e$$

$$Va = 2,706 * 1,20 * 1,025 = 3,33 \text{ Ton}$$

**Corte resistente**

$$Vc = 0,85 * 0,53 * f' c^{1/2} * b * d$$

$$Vc = 0,85 * 0,53 * 210^{1/2} * 120 * 17,5 * (1/1000) = 13,71 \text{ ton}$$

Por lo que si se cumple que  $Va < Vc$

**Verificación del corte punzonante:**

**Corte punzonante actuante**

$$Va = Cu (Az - Apz)$$

$$Va = 2,706 * (1,20^2 - (0,25 + 0,175)^2) = 3,41 \text{ Ton}$$

### Corte punzonante resistente

$$V_c = 0.85 * Per_{punz} * d * 1.07 * \sqrt{f'c}$$

$$V_c = 0,85 * 4 * 37,5 * 12,5 * 1,07 * 210^{0.5} * (1/1000) = 24,71 \text{ ton}$$

Si se cumple que  $V_a < V_c$

### Cálculo del acero:

$$M_u = \frac{C_u * l^2}{2}$$

$$M_u = (2,706 * ((1,20 - 0,25)/2)^2) / 2 * 1000 = 305,27 \text{ kg-m}$$

$$A_s = \left[ bd - \sqrt{(bd)^2 - \frac{M_u * b}{0.003825 f'c}} \right] * \frac{0.85 f'c}{f_y}$$

$$A_s = \left[ 120 * 17.5 - \sqrt{(120 * 17.5)^2 - \frac{305.27 * 120}{0.003825 * 210}} \right] * \frac{0.85 * 210}{2810} = 0.006 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{\min}} = 14/2810 * b * d = 0,002 * 120 * 17,5 = 10,46 \text{ cm}^2$$

Dado lo anterior se utilizará el acero mínimo  $\emptyset$  número 4 @ 14 cm en ambos sentidos.

### Anclajes:

Estos serán de concreto ciclópeo con unas dimensiones propuestas de 1,30 x 1,30 x 1,30 m.

Tensiones del cable principal:

$$T_H = 478,41 \text{ Kg}$$

$$T = 504,39 \text{ Kg}$$

$$T_v = 159,79 \text{ Kg}$$

Cálculo del empuje:

$$E = 1/2 * W h^2 * \frac{1 + \text{sen } \theta}{1 - \text{sen } \theta} * a$$

$$E = 0,5 * 1\,600 * 1,30^2 * \frac{1 + \text{sen } 30}{1 - \text{sen } 30} * 1,3 = 5\,272,80$$

**Cálculo de la fuerza para mantener fijo el anclaje**

$$F = 0,5 * (Wc_{\text{ciclópeo}} - T_v)$$

Donde:

Wc = Peso concreto ciclópeo

T<sub>v</sub> = Tensión vertical

$$Wc_{\text{ciclópeo}} = \text{Volúmen} * \text{Peso esp. Cc.}$$

$$F = 0,5 * (5\,492,5 - 159,79) = 2\,666,355 \text{ Kg}$$

**Chequeo por deslizamiento:**

$$\frac{E + F}{F_H} \geq 1,5$$

$$\frac{5\,272,80 + 2\,666,355}{478,41} = 16,6 \geq 1,5 \rightarrow \text{Ok}$$

$$478,41 \text{ Kg}$$

**Chequeo por volteo:**

$$\frac{\Sigma \text{ Momentos Resistentes}}{\Sigma \text{ Momentos Actuales}} \geq 1,5$$

$$\frac{E(h/3) + W(h/2)}{T_v(h/2) + T_h * h} = \frac{2666,355 * 0,433 + 2500 * 0,65}{159,79 * 0,65 + 478,41 * 1,30} = 3,83$$

$$\frac{\sum MR}{\sum MA} = 3.83 > 1.5 \rightarrow Ok$$

Por lo que las dimensiones de los anclajes propuestos son los adecuados.

## **2.8. Válvulas**

### **2.8.1.1. Válvulas de limpieza**

Con la finalidad de poder evacuar sedimentos que pudiesen acumularse dentro de la tubería se ha considerado la instalación de válvulas de limpieza, la cual será de bronce, protegida con caja de concreto, el candado de la tapadera será para intemperie. Se instalarán 2 unidades, en las estaciones 35 y 86 ver detalle en apéndice 4.

### **2.8.1.2. Válvulas de aire**

Se utilizarán válvulas de doble propósito para expulsar el aire que se pudiera acumular en la línea de impulsión, con la finalidad de tener un buen funcionamiento hidráulico; estas estarán protegidas a través de cajas de concreto. Las unidades serán de bronce. Se instalarán 4 unidades en las siguientes estaciones 12; 62; 127; 137.

### **2.8.1.3. Válvulas de compuerta**

En la red de distribución se tiene previsto instalar diecinueve (19), con la finalidad de regular la red de distribución. Ver plano 6 en apéndice 4.

#### **2.8.1.4. Cajas rompe-presión**

Se ha considerado la construcción de cajas con válvulas de compuerta para control de flujos, la caja será de mampostería de piedra. Se instalará 19 unidades, la ubicación de las mismas están indicada en plano 6 apéndice 4.

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

Esta etapa es vital, ya que ningún sistema de agua potable puede funcionar por sí solo, ni funcionar de manera correcta si se opera inadecuadamente; por otra parte, su mantenimiento es indispensable. Por tal razón el comité será el encargado de resolver de manera inmediata la mayoría de los problemas técnicos, operativos y administrativos que se presenten durante la vida útil del sistema.

#### **2.9.1.1. Administración**

El comité de vecinos, será el encargado de velar el uso adecuado del sistema y de racionar equitativamente el suministro en caso de emergencia. Así mismo, debe dirigir al encargado del mantenimiento preventivo y correctivo del sistema e implementar los mecanismos de seguridad adecuados, que estén a su alcance para evitar actos de vandalismo contra el sistema y perjuicio de los usuarios. Puesto que el comité tiene la administración del sistema, debe efectuar el cobro de la tarifa previamente determinada, en la fecha estipulada; dicha tarifa incluye ingresos para cubrir gastos:

- Administrativo
- Reparaciones
- Cambios
- Mejoras en el sistema



Además, tiene a su cargo llevar el registro de los usuarios que están conectados al sistema y otorgar nuevos derechos de conexión, sin sobrepasar la capacidad del sistema, para ello se debe elaborar un reglamento interno de la comunidad, esta actividad se recomienda que sea supervisada por la comunidad.

Para que la administración sea funcional, la comunidad tiene que estar en completo acuerdo con los diferentes elementos que intervienen o que componen la misma, por lo que el comité, la tarifa y los reglamentos sobre el uso del agua deben ser autorizados en una asamblea.

#### **2.9.1.2. Operación y mantenimiento**

El encargado del funcionamiento debe ser preferiblemente un fontanero asalariado, que realizará inspecciones periódicas a todos los componentes físicos del sistema para garantizar su adecuado funcionamiento.

Entre las actividades a cargo bajo la responsabilidad del fontanero están:

- Detectar posibles fugas cuando se registra continuamente insuficiente
- Efectuar reparaciones necesarias
- Alimentación y limpieza del sistema de desinfección
- Mantener limpia las unidades
- Velar por el buen funcionamiento de todas las obras complementarias

Si no se cuenta con un fontanero, entonces, el comité de vecinos será el encargado de realizar dichas actividades. Es importante enfatizar que ningún sistema de agua funciona adecuadamente sin la supervisión del elemento humano; de lo contrario, el sistema tarde o temprano colapsará y dejará de prestar el servicio.

## **2.10. Propuesta de tarifa**

A un sistema de agua potable se le debe asignar una operación y un mantenimiento adecuado, para garantizar la sostenibilidad del mismo durante el período para el que ha sido diseñado. Esto implica que es necesario contar con recursos suficientes para operar el sistema, darle mantenimiento preventivo cada tres meses y cuando así lo amerita también correctivo; dichos recursos sólo pueden obtenerse a través del pago mensual de una tarifa que cada una de las viviendas deberá cancelar, para este proyecto será de Q. 21,00. La cual fue aceptada por el comité.

### **2.10.1.1. Costo de administración**

Representa el fondo que servirá para gastos de papelería, viáticos, etc. Tendrá un costo de Q 420,04 mensual.

### **2.10.1.2. Costo de operación**

Representa el pago mensual al fontanero por revisión de tuberías, conexiones domiciliarias, mantenimiento y operación de los sistemas de desinfección. Tendrá un costo de Q 852,69 mensuales.

### **2.10.1.3. Costo de mantenimiento**

Este costo se utilizará para la compra de materiales del proyecto, cuando sea necesario mejorar o sustituir los que estén instalados. Se estima como el 2 por millar del costo total del proyecto presupuestado para el período de diseño. Y tendrá un costo mensual de Q 187,94

Tabla VII. Tarifa propuesta

DATOS ECONÓMICOS			
l. Incremento de costos (Inflación anual)	%	6	
m. Salario mínimo día	Q/día	78,72	Fuente: Acuerdo Gubernativo No. 470-2014
n. Costo del hipoclorito de calcio (65%)	Q/Kg	21,83	Fuente: Precio al 02/01/15: Q990.00/qq
p. Costo combustible	q/gal	25,00	
q. Viáticos	Q/día	100,00	
<b>1 ADMINISTRACION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO</b>			
<b>Operación</b>			
Salario del Fontanero	No días	10	787,20
Salario operador (mantenimiento de Equipo)	No. Días	0,00	0,00
Hipoclorito de Calcio	Kg	3	65,49 (dosificación al 1mg Cl / l ; Hipoclorito al 65%)
	<b>Sub-total</b>		<b>852,69</b>
<b>Mantenimiento</b>			
Mantenimiento del sistema	0,002	188,91	(20 por millar del costo del proyecto/ 12 meses )
Reserva por reposición equipo de bombeo	0,1	0,00	(10% anual del costo del equipo de bombeo/12 meses)
	<b>Sub-total</b>		<b>188,91</b>
<b>Administración</b>			
Análisis Físico-Químico y Bacteriológico del agua	Q	1000	7,04 Se debe realizar cada 2 meses según acuerdo Gubernativo No. 178-2009
Papelería	Q	1	71,00 (Q0.50 / conexión) estimado
Administrador	Q	20	142,00 (10% de la tarifa)
Viáticos	Q	2	200,00 (No días de viáticos por trámites administrativos * Q 100.00 /día)
	<b>Sub-total</b>		<b>420,04</b>
<b>TOTAL COSTOS</b>			<b>1.461,64</b>
<b>2 ESTIMACION TARIFA FINANCIERA</b>			
Tarifa Básica Calculada	Q/mes	20,59	Total costos / No. Conexiones
<b>3 Consumo normal mensual/vivienda</b>			
		10	m3/mes
<b>4 Tarifa Adoptada por Conexión Actual</b>			
	Q	21,00	al mes
<b>5 Tarifa Básica Unitaria</b>			
	Q	2,12	Q/m3
Total costos / Consumo total m3 por conexión (hasta 16 m3 consumo)			
<b>6 Costo unitario m3 adicional</b>			
	Q	2,55	Q/m3 (Incremento del 20% del costo unitario del m3)

Fuente: elaboración propia.

## **2.11. Elaboración de planos**

Los planos constructivos para el sistema de abastecimiento de agua potable se presentan en el apéndice 3; están conformados por:

- Plano de macro y micro localización
- Planta general
- Planta de densidad de vivienda
- Plantas y perfiles de red de conducción
- Plantas y perfiles de red de distribución
- Tanque de distribución
- Detalles generales de circulación de predios
- Detalles estructurales de tanque de distribución
- Detalle de hipoclorador
- Detalle de cajas
- Detalle de conexiones prediales
- Detalle de sumidero
- Detalle de paso de zanjón
- Detalle de paso aéreo

## **2.12. Integración de presupuesto**

Para elaborar el presupuesto se realizó una cuantificación y cotización de materiales según planos finales. Los precios de mano de obra y materiales fueron basados en el catálogo de precios de INFOM-UNEPAR de la Unidad de Desarrollo y Ejecución, y la mano de obra según los salarios que la municipalidad asigna para estos casos, en cuanto a costos indirectos se aplicó el 25 %.



**EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
 FACULTAD DE INGENIERIA**



**U N E P A R**

CONSTRUCCION SISTEMA DE AGUA POTABLE PARAJE CHONIMACANAC, ALDEA TIERRA BLANCA, MUNICIPIO DE MOMOSTENANGO, TONICAPÁN

**AGUA POTABLE**

**PRESUPUESTO POR RENGLON Y FUENTE DE FINANCIAMIENTO**

FECHA: ENERO 2015

No.	RENGLON	CANTIDAD	UNIDAD	COMUNIDAD	MUNICIPALIDAD	INFOM-UNEPAR	TOTAL
1	ROTULO	1	U	Q	1.121,88	Q 1.950,00	Q 3.104,69
2	REPLANTEO TOPOGRAFICO	1	U	Q	361,11	Q 10.800,00	Q 17.536,11
3	ANALISIS DE AGUA	2	U	Q	2.412,50	Q 925,00	Q 3.337,50
4	CAPTACION BROTE DEFINIDO	2	U	Q	398,88	Q 16.872,49	Q 27.199,49
5	CAJA REUNIDORA DE CAUDALES	1	U	Q	57,13	Q 18.630,31	Q 22.833,10
6	LINEA DE CONDUCCION	5.110	ML	Q	162.120,71	Q 143.671,51	Q 316.183,60
6.01	TUBERIA HG Ø 1½" TIPO LIVIANO	7,23	TUBO				
6.02	TUBERIA HG Ø 1 ½" TIPO LIVIANO	3,35	TUBO				
6.03	TUBERIA PVC Ø 1 ½" 160 PSI	370,95	TUBO				
6.04	TUBERIA PVC Ø 1 ½" 160 PSI	388,12	TUBO				
6.05	TUBERIA PVC Ø 1" 160 PSI	32,09	TUBO				
7	PASO DE ZANJON	4	U	Q	508,00	Q 2.794,50	Q 9.577,05
8	PASO DE AEREO	1	U	Q	170,63	Q 6.273,44	Q 18.918,84
9	VALVULAS DE AIRE	14	M²	Q	96,48	Q 3.006,25	Q 8.616,39
10	VALVULAS DE LIMPIEZA	4	U	Q	24,13	Q 751,56	Q 1.823,73
11	TANQUE DE DISTRIBUCION	1	U	Q	1.901,44	Q 30.324,60	Q 41.823,56
12	RED DE DISTRIBUCION	6.956	ML	Q	138.358,56	Q 9.794,75	Q 257.084,05
12.01	TUBERIA PVC Ø ¾" 250 PSI	704,88	TUBO				
12.02	TUBERIA PVC Ø 1" 160 PSI	127,15	TUBO				
12.03	TUBERIA PVC Ø 1 ½" 160 PSI	148,48	TUBO				
12.04	TUBERIA PVC Ø 1 ½" 160 PSI	178,79	TUBO				
13	CAJA ROMPEPRESION	19	U	Q	1.028,25	Q 67.223,13	Q 115.846,40
14	CONEXIONES DOMICILIARES	71	U	Q	38.508,75	Q 7.153,25	Q 119.267,73
15	SUMIDEROS PARA CONECCIONS	71	U	Q	2.241,83	Q 62.717,41	Q 119.385,83
16	HIPOCLORADOR	1	U	Q	25,00	Q 1.934,38	Q 4.414,01
17	HERRAMIENTA	1	global	Q	-	Q 18.872,33	Q 18.872,33
18	MEDIDAS DE MITGACION	1	global	Q	1.200,00	Q 44.920,14	Q 57.965,73
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>							<b>Q 1.196.016,14</b>

Fuente: elaboración propia.

## 2.13. Cronograma de ejecución

Tabla IX. Cronograma físico-financiero



**EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
INFOM - U N E P A R**

CONSTRUCCION SISTEMA DE AGUA POTABLE PARAJE CHONJIMACAMAC, ALDEA TIERRA BLANCA, MUNICIPIO DE MOMOSTEMANGO, TOTONICAPAN



**AGUA POTABLE  
CRONOGRAMA DE EJECUCION FISICO Y FINANCIERO**

No.	DESCRIPCION	MESES/semanas						FECHA: 201	TOTALES	FP.
		1	2	3	4	5	6			
1	ROTULO									
1	U									
		Q	3.104,69						Q	3.104,69
2	REPLANTEO TOPOGRAFICO									
1	0									
		Q	17.536,11						Q	17.536,11
3	MUESTREO Y CALIDAD DEL AGUA									
2	U									
		Q	1.688,75					Q	1.688,75	0,28%
4	CAPTACION									
2	U									
		Q	20.399,82	Q	6.739,87				Q	27.139,69
5	CAJA REINIDORA DE CAUDALES									
1	U									
		Q	22.833,10						Q	22.833,10
6	LINEA DE CONDUCCION									
5.111	ML.									
		Q	105.394,53	Q	105.394,53				Q	316.183,60
7	PASO DE ZANON									
4	U									
		Q	3.192,35	Q	3.192,35				Q	9.577,05
8	PASO AEREO DE 20 mts.									
1	U									
		Q	18.918,84						Q	18.918,84
9	VALVULAS DE AIRE									
4	U									
		Q	4.308,19	Q	4.308,19				Q	8.616,39
10	VALVULAS DE LIMPIEZA									
2	U									
		Q	1.367,79	Q	455,93				Q	1.823,73
11	TANQUE DE DISTRIBUCION									
1	U									
		Q	36.449,86						Q	72.899,73
12	RED DE DISTRIBUCION									
6.956	ML									
		Q	85.694,68	Q	85.694,68				Q	257.084,05
13	CAJA COMPRESION DE 1"1/2 CON VALVU									
19	U									
		Q	38.615,47	Q	38.615,47				Q	115.946,40
14	CONEXIONES DOMICILIARES									
71	U									
		Q	39.755,91	Q	39.755,91				Q	119.267,73
15	SUMIDROS PARA CONEXIONES									
71	U									
		Q	39.795,28	Q	39.795,28				Q	119.385,83
16	IMPULSORADOR									
1	U									
		Q	4.414,01						Q	4.414,01
17	HERRAMIENTA									
1	global									
		Q	3.145,39	Q	3.145,39				Q	18.872,33
18	MEDIDAS DE MITIGACION AMBIENTAL									
1	U									
		Q	9.660,95	Q	9.660,95				Q	57.965,73
		Q	186.935,48	Q	189.237,78	Q	221.081,69	Q	216.667,88	100,00%
		Q	186.935,48	Q	189.237,78	Q	221.081,69	Q	216.667,88	100,00%
		Q	186.935,48	Q	266.917,36	Q	271.081,69	Q	216.667,88	100,00%

Fuente: elaboración propia.

## **2.14. Evaluación socioeconómica**

### **2.14.1.1. Valor presente neto**

El valor presente neto (VPN) se utiliza para comparar alternativas de inversión. Consiste en transformar la inversión inicial, los ingresos y egresos anuales, así como valores de rescate futuros de un proyecto a un valor presente, a manera de determinar si éste es rentable al término del período de funcionamiento. Para el presente proyecto se determinó el VPN con una tasa de interés igual a la tasa de rendimiento mínima atractiva, que en el mercado actual es del 12 %.

El procedimiento a realizar será: Costo de ejecución = Q1 196 016,14 debido a la característica del proyecto, esta inversión no es recuperable y deberá ser proporcionada por alguna institución, sea o no gubernamental. Para el análisis de VPN, este rubro no se considerará debido a que se analiza si el proyecto es auto sostenible.

### **2.14.1.2. Tasa interna de retorno**

Para la tasa interna de retorno se debe considerar el concepto de ésta. La tasa interna de retorno trata de considerar un número en particular que resuma los méritos de un proyecto. Dicho número no depende de la tasa de interés que rige el mercado de capitales. Por eso es que se llama tasa interna de rentabilidad; el número es interno o inherente al proyecto y no depende de nada excepto de los flujos de caja del proyecto (18 %).

Una inversión es aceptable si su tasa interna de retorno excede al rendimiento requerido. De lo contrario, la inversión no es provechosa. Cuando se desconoce el valor de la tasa de descuento, se establece que el valor

presente neto, es igual a cero, ya que cuando ocurre, es indiferente aceptar o no la inversión.

La tasa interna de retorno de una inversión es la tasa de rendimiento requerida, que produce como resultado un valor presente neto de cero, cuando se le utiliza como tasa de descuento.

Debido a que el presente proyecto es de carácter social, es imposible obtener una tasa interna de retorno TIR atractiva; por lo que el análisis socioeconómico que se realiza a nivel municipal para este tipo de inversión es de costo/beneficio, éste se determina de la siguiente manera.





EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO  
FACULTAD DE INGENIERIA

# I N F O R M - U N I O N E P A R

DISEÑO DE UN SISTEMA DE AGUA POTABLE

**PARAJE CHONIMACANAC, ALDEA TIERRA BLANCA, MOMOSTENANGO, TONONICAPÁN**

EVALUACIÓN FINANCIERA SIN RECUPERACIÓN COSTOS INVERSIÓN



**BASES DE CALCULO**

Porcentaje de incremento anual a la tarifa	6%
Tasa de crecimiento	2.56%
Tasa de descuento	12%
Número Actual de Conexiones	No
Tarifa costos operación, admón y mantenimiento	Q. 71,00
Tarifa sobre amortización costos inversión inicial	Q. 21,00
Tarifa total	Q. 0
	Q. 21

Tabla X. **Tasa interna de retorno**

Año	Factor de descuento	No. CONEXIÓN	TARIFA MENSUAL	INGRESO TOTAL POR COBROS	INGRESO ACTUALIZADO	INVERSIÓN	OPERACIÓN	MANTEENIMIENTO	ADMINISTRACIÓN	COSTO TOTAL DE INVERSIÓN	COSTO ACTUALIZADO	INGRESO - COSTO (FLUJO NETO)	FLUJO FONDO ACTUALIZADO	
0	1,000	71		Q. -	Q. -	Q. 1,127,659.92	Q. -	Q. -	Q. -	Q. 1,127,659.92	Q. 1,127,659.92	Q. -	Q. (1,127,659.92)	
0	1,000	71		Q. -	Q. -	Q. -	Q. -	Q. -	Q. -	Q. -	Q. -	Q. -	Q. -	
1	0.893	73	Q. 21,00	Q. 18,350.04	Q. 16,383.96	Q. 10,232.26	Q. 2,255.32	Q. 5,040.61	Q. 5,040.61	Q. 17,528.09	Q. 15,650.08	Q. 821.95	Q. 733.88	
2	0.797	75	Q. 22,26	Q. 19,948.98	Q. 15,903.21	Q. 10,846.20	Q. 2,390.64	Q. 5,342.94	Q. 5,342.94	Q. 18,579.77	Q. 14,811.68	Q. 1,369.21	Q. 1,091.53	
3	0.712	77	Q. 23,60	Q. 21,687.26	Q. 15,436.56	Q. 11,486.97	Q. 2,534.08	Q. 5,663.51	Q. 5,663.51	Q. 19,684.56	Q. 14,019.20	Q. 1,992.70	Q. 1,418.36	
4	0.636	79	Q. 25,01	Q. 23,577.00	Q. 14,983.61	Q. 12,186.79	Q. 2,686.12	Q. 6,003.32	Q. 6,003.32	Q. 20,876.23	Q. 13,267.22	Q. 2,700.77	Q. 1,716.39	
5	0.567	81	Q. 26,51	Q. 25,631.40	Q. 14,543.95	Q. 12,918.00	Q. 2,847.29	Q. 6,363.52	Q. 6,363.52	Q. 22,128.81	Q. 12,556.48	Q. 3,502.60	Q. 1,987.47	
6	0.507	83	Q. 28,10	Q. 27,864.82	Q. 14,117.19	Q. 13,693.07	Q. 3,018.13	Q. 6,745.34	Q. 6,745.34	Q. 23,456.54	Q. 11,883.81	Q. 4,408.29	Q. 2,233.37	
7	0.452	85	Q. 29,79	Q. 30,292.86	Q. 13,702.95	Q. 14,514.66	Q. 3,199.21	Q. 7,160.06	Q. 7,160.06	Q. 24,863.93	Q. 11,247.18	Q. 5,428.92	Q. 2,455.77	
8	0.404	87	Q. 31,58	Q. 32,932.45	Q. 13,300.86	Q. 15,385.54	Q. 3,391.17	Q. 7,579.06	Q. 7,579.06	Q. 26,365.76	Q. 10,644.65	Q. 6,576.69	Q. 2,656.21	
9	0.361	89	Q. 33,47	Q. 35,802.05	Q. 12,910.58	Q. 16,308.67	Q. 3,594.64	Q. 8,033.80	Q. 8,033.80	Q. 27,937.11	Q. 10,074.40	Q. 7,864.94	Q. 2,836.18	
10	0.322	91	Q. 35,48	Q. 38,921.70	Q. 12,531.75	Q. 17,287.19	Q. 3,810.32	Q. 8,515.83	Q. 8,515.83	Q. 29,613.34	Q. 9,534.70	Q. 9,308.36	Q. 2,997.04	
11	0.287	94	Q. 37,61	Q. 42,313.18	Q. 12,164.03	Q. 18,324.42	Q. 4,039.93	Q. 9,025.78	Q. 9,025.78	Q. 31,390.14	Q. 9,023.91	Q. 10,923.04	Q. 3,140.11	
12	0.257	96	Q. 39,86	Q. 46,000.18	Q. 11,807.10	Q. 19,423.89	Q. 4,281.27	Q. 9,566.39	Q. 9,566.39	Q. 33,273.55	Q. 8,540.49	Q. 12,726.64	Q. 3,286.61	
13	0.229	99	Q. 42,26	Q. 50,008.45	Q. 11,460.65	Q. 20,589.32	Q. 4,538.15	Q. 10,142.49	Q. 10,142.49	Q. 35,269.96	Q. 8,082.96	Q. 14,738.50	Q. 3,377.68	
14	0.205	101	Q. 44,79	Q. 54,365.99	Q. 11,124.36	Q. 21,824.68	Q. 4,810.44	Q. 10,751.04	Q. 10,751.04	Q. 37,366.16	Q. 7,649.95	Q. 16,979.83	Q. 3,474.41	
15	0.183	104	Q. 47,48	Q. 59,103.23	Q. 10,797.94	Q. 23,134.16	Q. 5,099.06	Q. 11,396.10	Q. 11,396.10	Q. 39,629.33	Q. 7,240.13	Q. 19,473.90	Q. 3,567.81	
16	0.163	106	Q. 50,33	Q. 64,253.24	Q. 10,481.10	Q. 24,522.21	Q. 5,405.01	Q. 12,079.87	Q. 12,079.87	Q. 42,007.09	Q. 6,852.27	Q. 22,246.16	Q. 3,628.83	
17	0.146	109	Q. 53,35	Q. 69,852.02	Q. 10,173.55	Q. 25,993.54	Q. 5,729.31	Q. 12,804.66	Q. 12,804.66	Q. 44,527.51	Q. 6,485.18	Q. 25,324.51	Q. 3,688.37	
18	0.130	112	Q. 56,55	Q. 75,938.64	Q. 9,875.03	Q. 27,563.16	Q. 6,073.06	Q. 13,572.94	Q. 13,572.94	Q. 47,199.16	Q. 6,137.76	Q. 28,739.48	Q. 3,737.27	
19	0.116	115	Q. 59,94	Q. 82,555.63	Q. 9,585.27	Q. 29,206.35	Q. 6,437.45	Q. 14,387.32	Q. 14,387.32	Q. 50,031.11	Q. 5,808.95	Q. 32,524.52	Q. 3,776.32	
20	0.104	118	Q. 63,54	Q. 89,749.20	Q. 9,304.01	Q. 30,958.73	Q. 6,823.69	Q. 15,250.56	Q. 15,250.56	Q. 53,032.98	Q. 5,497.76	Q. 36,716.22	Q. 3,806.25	
<b>C=</b>											<b>Q. 1,322,667.69</b>	<b>TIR -18%</b>		
<b>B=</b>											<b>Q. 250,587.64</b>	<b>Valor Actual Neto (VAN) Q. (1,072,080.05)</b>	<b>BIC 0,19</b>	

Fuente: elaboración propia.

## 2.15. Evaluación de impacto ambiental inicial

No.	Aspecto Ambiental	impacto ambiental	Tipo de impacto ambiental (de acuerdo con la descripción del cuadro anterior)	Indicar los lugares de donde se espera se generen los impactos ambientales	Manejo ambiental Indicar qué se hará para evitar el impacto al ambiente, trabajadores y/o vecindario.
	Aire	Gases o partículas (polvo, vapores, humo, hollín, monóxido de carbono, óxidos de azufre, etc.)	<p>En la etapa de Construcción se generan emanaciones de polvo por el movimiento de tierras.</p> <p>Humo y monóxido de carbono por los vehículos que eventualmente arriben al área del proyecto.</p> <p>Estos vehículos pertenecen al supervisor y/o al ejecutor del proyecto; así como los camiones que abastecen al proyecto.</p> <p><b>En la etapa de Operación no se produce ningún impacto</b></p>	<p>Sobre el camino principal y las demás arterias de la comunidad, también en los predios familiares y demás áreas donde se realicen los trabajos de construcción.</p> <p>Emanaciones de humo y polvo sobre el camino de acceso a la comunidad por la circulación de los vehículos ligados al proyecto.</p>	<p>Se deberá programar la llegada de camiones proveedores de materiales de construcción al área, para minimizar las emanaciones producidas por la circulación de los mismos en la comunidad.</p> <p>Se deberá programar que las obras del proyecto sean sectorizadas, para evitar que el supervisor tenga que desplazarse de un sitio a otro en vehículo.</p> <p>Deberá dársele mantenimiento oportuno a los vehículos para garantizar el buen</p>

			<p><b>de este tipo.</b></p>	<p>funcionamiento y con ello la reducción de emanaciones de humos, CO2, y otros, provenientes de los motores.</p> <p>En caso de generación de polvo excesivo los empleados deben utilizar equipo de protección como mascarillas. De ser necesario se deberá humedecer las áreas de trabajo.</p>
	Ruido	<p>En la etapa de Construcción se generará ruido leve por el proceso de construcción.</p> <p>También por el tránsito de camiones proveedores de materiales y vehículo del ejecutor.</p> <p>En la etapa de operación: No se produce impactos.</p>	<p>El ruido por construcción se genera en los sitios donde se esté trabajando (líneas de conducción, distribución, tanque, etc.), según el avance del proyecto.</p> <p>En los caminos de acceso y arterias de circulación dentro del Paraje y donde se ubican las obras.</p>	<p>Concientizar a los trabajadores del proyecto para que no sean ellos fuente de ruido excesivo, especialmente en las obras que se ubican dentro de los predios familiares (acometidas).</p> <p>Programar el abastecimiento de materiales para minimizar la presencia de camiones.</p>

			Se deberá usar mofles o silenciadores en los motores de los vehículos, especialmente en camiones para minimizar la emanación del ruido.
Vibraciones	<p>En la etapa de construcción sólo se utilizarán herramientas pequeñas de albañilería y fontanería, por lo que no se presentan impactos de este tipo.</p> <p>Eventualmente pudiera presentarse alguna vibración al momento que circulen camiones cargados con materiales de construcción por la comunidad, sin embargo, esto será solo durante el periodo de construcción.</p>	Eventualmente sobre el camino que conduce al proyecto o a la bodega de materiales del proyecto.	Al estar programadas las entregas de materiales para el proyecto, se minimizarán las posibles vibraciones durante la fase de construcción.

		Olores	<p>Las actividades de la construcción del proyecto, no generan impactos por olores al ambiente.</p> <p>En la operación se pueden generar malos olores derivados de un mal manejo de los desechos sólidos de la población.</p>	En los predios familiares donde no se les dé adecuado manejo a los desechos sólidos.	<p>Se deberá incentivar a los usuarios a través de campañas de capacitación que pongan en práctica las recomendaciones para el mantenimiento de los desechos sólidos, algunas de estas son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hacer las deposiciones en el hoyo.</li> <li>• Arrojar basura en las calles o predios.</li> </ul>
2	Agua	Abastecimiento de agua	<p>En la etapa de Construcción La reducción de caudales no es significativa debido a que el agua usada es para la realización de los trabajos de las fundiciones y limpieza de enseres y equipos de construcción.</p> <p>En la fase de operación por el tipo de proyecto, que es de uso doméstico, se</p>	En la micro cuenca.	<p>No se permitirá a los trabajadores que depositen desechos sólidos directamente en el suelo, dentro del área de construcción del proyecto, especialmente en el área de la fuente.</p> <p>Utilizar de forma racional el agua y evitar desperdicios, para ello se considera la instalación de medidores en cada acometida</p>

			<p>tendrá una disminución en el caudal de la micro cuenca por la captación de las fuentes para abastecer a los habitantes del Paraje.</p> <p>Dicha fuente se ubica en la zona de la Sierra Madre, en la parte baja de la micro cuenca por lo que la recarga hídrica es buena.</p>		<p>domiciliar.</p> <p>Deberá mantenerse los niveles adecuados de cloración que permitan la desinfección, sin causar rechazo al uso del recurso en la población.</p> <p>Mantener reforestada el área cercana a la fuente, y en la parte alta de la micro cuenta para asegurar la recarga hídrica de la fuente.</p> <p>Se deberá dejar el caudal ecológico en la captación de la fuente para mantener las relaciones ambientales.</p>
		<p>Aguas residuales Ordinarias (aguas residuales generadas por las actividades domésticas)</p>	<p>Cantidad:</p> <p>En la fase de Construcción no se generarán aguas residuales.</p> <p>En la fase de Operación derivado del uso</p>	<p>En los 71 predios familiares beneficiados con el proyecto dentro de la población.</p>	<p>Por el tipo de proyecto se prevé la construcción del sumidero como unidad de tratamiento primario, antes de descargar las aguas grises al suelo.</p>

			del sistema de agua potable se generarán aguas residuales domésticas (aguas grises), distribuidas en el Paraje, que serán evacuadas al suelo por medio de una unidad de tratamiento primario como lo es el sumidero ubicado en cada vivienda.		Se deberá darles mantenimiento periódico a los sumideros a construir por parte de cada usuario, para asegurar su buen funcionamiento y con ello la mitigación efectiva en la descarga de agua gris en cada uno de los predios familiares de la comunidad.  Esto mejorará la situación actual, donde depositan directamente al suelo sin previo tratamiento este tipo de aguas.
		Aguas residuales Especiales (aguas residuales generadas por servicios públicos municipales, actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias)	Cantidad: No se produce este tipo de aguas como resultado del presente proyecto.	Descarga: No aplica.	No aplica.
		Mezcla de las aguas residuales anteriores	Cantidad: No aplica	Descarga: No aplica.	No aplica.
		Agua de lluvia	Captación	Descarga:	No aplica.
	Suelo	Desechos sólidos	Cantidad:	La generación	El ejecutor del

		(basura común)	<p>En etapa de construcción se generará basura común, derivada de la presencia de trabajadores en el área (envolturas de comida, envases plásticos, papel y otros).</p> <p>Se estiman 15.20 Kg/día. Generados diariamente por los trabajadores.</p> <p>También se generan desechos sólidos por la construcción tales como; ripio, tierra, arena y otros.</p> <p>En la etapa de Operación no se generará basura, ya que no se tiene aglomeración de trabajadores diariamente.</p>	<p>será en el área del proyecto, en los sitios donde se construyan las obras:</p> <p>Captación , línea de conducción, línea de distribución, conexiones prediales, etc.</p>	<p>proyecto está obligado a realizar la limpieza y el tratamiento adecuado que debe darse a la basura generada durante la construcción. Se deberá de hacer reúso de materiales para disminuir la generación de desechos.</p> <p>El ejecutor deberá proveer de dos recipientes debidamente identificados para depositar basura, uno será exclusivo para desechos orgánicos y otro para los inorgánicos, estarán ubicados en un punto accesible a todos los trabajadores dentro del sitio o punto de construcción.</p> <p>Los recipientes una vez llenos, serán retirados y</p>
--	--	----------------	--	---	---



				<p>llevados a un predio destinado para ello. En dicho predio se hará una segregación de materiales como metales, cartón, PETs y otros para reciclarlos dentro de la ladea o bien venderlos a un reciclador que opere en esta área.</p>
--	--	--	--	--

Luego de separar lo materiales reciclables se depositarán los desechos no reciclables en dos fosas de 1.00 x 1.00 x 1.50, una será para desperdicios orgánicos y la otra para inorgánicos.

Se colocarán los desechos en una capa de 0.55 m, luego una capa de basura de 0.10 m, seguido por otra capa de basura de 0.55 m y finalmente una capa de tierra de

					<p>0.30 m. Todas las capas bien compactadas.</p> <p>De la fosa de orgánicos se podrá obtener compost, el cual podrá ser usado para abono.</p>
		<p>Desechos Peligrosos (con una o más de las siguientes características: corrosivos, reactivos, explosivos, tóxicos, inflamables y bioinfecciosos)</p>	<p>Cantidad: No se produce ningún tipo de desecho peligroso en el proyecto.</p>	<p>Disposición No aplica.</p>	<p>No aplica.</p>
		<p>Descarga de aguas residuales (si van directo al suelo)</p>	<p>En la etapa de funcionamiento, como ya se indicó anteriormente en cada predio familiar se hará una descarga de agua gris al suelo.</p>	<p>En cada predio familiar beneficiado con el proyecto de agua.</p>	<p>Darle mantenimiento periódico por parte de cada usuario al sumidero que es la unidad de tratamiento primario antes de descargar al suelo.</p> <p>Capacitar a los usuarios para que den el mantenimiento correcto y de forma periódica al sumidero para garantizar su buen funcionamiento.</p>

		Modificación del relieve o topografía del área	No se modificará el relieve debido a que la obra es pequeña y no se harán movimientos grandes de tierra. Solamente se harán las excavaciones necesarias para introducir las tuberías y para hacer las obras hidráulicas del sistema de agua.	En el área del proyecto.	Se deberá implementar barreras a orillas de los promontorios de tierra, especialmente aquellos que se coloquen en áreas inclinadas. Estos para evitar la dispersión de tierra.  No permitir que permanezcan zanjas abiertas, sino que se deberán cerrar las zanjas inmediatamente que se haya terminado los trabajos de introducción de la tubería.
4	Biodiversidad	Flora (árboles, plantas)	Se afectará la flora especialmente en el área de la fuente y línea de conducción. Aunque esta área ya fue intervenida al momento que se empezó a poblar.	En el área de la fuente.  En la parte de la línea de conducción que baja de la montaña.  En el área de la comunidad no se afectará la flora,	Instruir a los trabajadores para que no amplíen el área de trabajo en la fuente y línea de conducción, para minimizar el impacto.  Reforestar el área cercana a la fuente, donde sea

			<p>La mayor parte del proyecto se desarrollará en las calles de la comunidad, en áreas ya intervenidas ambientalmente, lo que implica que no afectará la flora en esta área.</p>	<p>ya que es un área previamente intervenida ambientalmente.</p>	<p>posible en el trayecto de la línea de conducción y en la parte alta de la micro cuenca para restaurar la flora.</p> <p>Prohibir a los trabajadores la extracción de cualquier tipo de flora ubicada cercana al área de trabajo.</p> <p>Se deberá dejar el caudal ecológico en la captación de la fuente para mantener las relaciones ambientales.</p>
		Fauna (animales)	<p>La mayor parte del proyecto se desarrollará en calles y avenidas de la comunidad, en áreas ya intervenidas, donde no hay existencia de fauna.</p> <p>El mayor impacto a la fauna se causará en el</p>	<p>En el área de la fuente.</p> <p>En la parte de la línea de conducción que baja de la montaña.</p> <p>En el área de la comunidad no se afectará la fauna, ya que es un área previamente intervenida ambientalmente.</p>	<p>Instruir a los trabajadores para que no amplíen el área de trabajo en la fuente y línea de conducción, para minimizar el impacto.</p> <p>Reforestar el área cercana a la fuente y en la parte alta de la micro cuenca lo que favorece a la recarga hídrica y a</p>

			<p>área de la fuente y parte de la línea de conducción del proyecto, ya que esta área tiene mayor cobertura vegetal. El impacto será temporal, solo durante la construcción.</p>		<p>la fauna.</p> <p>Prohibir a los trabajadores la caza y pesca de cualquier tipo de fauna que se ubique cercana el área del proyecto.</p>
		Ecosistema	<p>Se afectarán las relaciones ecológicas en el punto de la fuente de agua y en parte de la línea de conducción, al momento de los trabajos de construcción.</p> <p>La mayor parte del proyecto se desarrollará en las calles de la comunidad, en áreas ya intervenidas ambientalmente, lo que implica que el impacto en esa área será imperceptible.</p>	<p>En el área de la fuente.</p> <p>En la línea de conducción.</p> <p>En el área de la comunidad no se afectará la biodiversidad, ya que es un área previamente intervenida ambientalmente.</p>	<p>Instruir a los trabajadores para que no amplíen el área de trabajo en la fuente y línea de conducción, para minimizar el impacto.</p> <p>Reforestar el área cercana a la fuente y en la parte alta de la micro cuenca para fomentar la recarga hídrica y mantener las relaciones ecológicas en el área.</p> <p>Se deberá dejar el caudal ecológico en la captación de la fuente para mantener las relaciones</p>

					ambientales.
	Visual	Modificación del paisaje	<p>Durante la etapa de construcción, se afectará el paisaje por la limpieza de sitios y excavación de zanjas (para tuberías, y obras hidráulicas), lo que causará promontorios de tierra. Este será un impacto temporal.</p> <p>El cambio de paisaje permanente se dará donde queden las obras visibles como captación, tanque de distribución, paso aéreo.</p>	<p>El cambio del paisaje, se dará en toda el área de la comunidad, pero será temporal.</p> <p>En el terreno del tanque de distribución, terreno de la captación y en las quebradas donde se construya el paso aéreo, el impacto será permanente.</p>	<p>No extender los tiempos de ejecución del proyecto para cerrar lo más pronto posible las zanjas abiertas y de esta manera eliminar los promontorios de tierra en el área.</p> <p>Integrar en la medida de lo posible las obras visibles al medio natural, usando para ello materiales de la región y logrando buenos acabados para integrar las obras lo mejor posible al paisaje urbano de la comunidad.</p> <p>Donde sea posible pintar las obras con pintura de color verde.</p>
	Social	Cambio o modificaciones sociales, económicas y culturales, incluyendo monumentos arqueológicos	Se tendrá un impacto positivo de magnitud alta sobre lo socioeconómico y cultural, ya que se mejorará la calidad de	El impacto se espera que se presente en toda el área de la comunidad.	Se deberá implementar mantenimiento preventivo oportuno a los diferentes elementos del proyecto, para

			<p>vida de los pobladores, disminuyendo los riesgos de enfermedades y aumentando la expectativa de vida de los habitantes de la comunidad.</p>		<p>asegurar su duración y buen funcionamiento a través del tiempo, con ello se conservarán los beneficios obtenidos a la salud humana y la higiene por la implementación del proyecto.</p>
--	--	--	--	--	--

## CONCLUSIONES

1. Se diseñó la red de distribución por medio de un sistema de ramales abiertos, es recomendado para acueductos rurales debido a que en estas comunidades las viviendas se encuentran ubicadas de una manera dispersa.
2. Se ejecutó el diseño hidráulico del proyecto conforme a la guía de diseño de INFOM-UNEPAR, respetando los rangos establecidos para las presiones dinámicas y estáticas.
3. Se capacitó a los miembros del comité del paraje para el uso y el manejo del sistema de agua potable para garantizar la vida útil del proyecto.





## RECOMENDACIONES

1. El comité del paraje Chonimacanac, será el encargado de aplicar la cloración propuesta en el diseño del proyecto, para prevenir enfermedades gastrointestinales y de la piel, de esta comunidad.
2. El comité debe preparar una solución de hipoclorito al 0.1 % con una concentración de cloro del 65 %. Para esto se requerirán 1 538 gramos de hipoclorito por cada 1 000 litros de agua.
3. La municipalidad de Momostenango será la encargada de desarrollar un programa de educación sobre el uso y racionalización de agua.
4. Actualizar los precios de los materiales y la mano de obra, en el momento de que el proyecto sea cotizado o licitado, en el mercado actual estos cambian constantemente.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica. AGIES. *Normas de seguridad estructural de edificios y obras de infraestructura para la República de Guatemala*. Guatemala. 2010. 679 p.
2. Coordinadora nacional contra la reducción de desastres. CONRED. *Norma NRD-1 y norma NRD-3*. Guatemala, 2010. 54p.
3. Instituto del fomento municipal. INFOM. *Guía de normas sanitarias para el diseño de sistemas rurales de abastecimiento de agua para el consumo humano*. Guatemala: Noviembre, 2011. 52p.
4. Ministerio de Salud Pública, *Código de salud*, Guatemala, 2010. 55p.
5. Nimatuj Gómez, Edy Wilfrido. *Proceso metodológico para la construcción de cajas de captación y tanques de distribución de sistemas de agua potable rural*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2012. 74p.



## APÉNDICES

### Apéndice 1. Parámetros de diseño

		<b>EJERCICIO PROFESIONAL SUPERVISADO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> <b>INFOM - UNEPAR</b> <b>DISEÑO SISTEMA DE AGUA POTABLE</b> <i>Paraje Chonimacnac, Aldea Tierra Blanca,</i> <i>Momostenango, Totonicapán</i> <b>BASES DE DISEÑO</b>			
Diseño: Ricardo Pérez García					
<b>TIPO DE ABASTECIMIENTO</b>		<b>GRAVEDAD</b>		<b>8 de agosto de 2016</b>	
Viviendas Actuales (viv)	<b>69</b>	No. de Comercios	<b>0</b>		
Densidad de Vivienda (hab/viv)	<b>5</b>	No. de Escuelas	<b>1</b>		
Población Actual (hab)	<b>345</b>	No. de Iglesias	<b>1</b>		
Tasa de Crecimiento (%)	<b>2,56</b>	Viviendas Futuras (viv)	<b>120</b>		
Periodo de diseño (años)	<b>22</b>	Población Futura (hab)	<b>602</b>		
Aforo en conjunto (L/s)	<b>0,6</b>	Caudal Medio Qm (L/s)	<b>0,48</b>		
Dotación (L/hab/día)	<b>65</b>	Caudal Máximo Diario - CMD (L/s)	<b>0,57</b>		
		Caudal Máximo Horario - CMH (L/s)	<b>1,05</b>		
		Tanque Distribucion Calculado (m <sup>3</sup> )	<b>14,40</b>		
		Tanque Distribución Recomendado(m <sup>3</sup> )	<b>15</b>		
% para calcular Vol. en T.D.	<b>35</b>				

Página 1

**PERIODO DE DISEÑO**  
 Se considera el tiempo satisfactorio que la obra dará servicio para la población diseño recomendable es de 20 años más 2 años que se tardan para darle trámite a cada uno de los aspectos a considerarse para operar el proyecto.

**TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL**  
 El valor de la tasa de crecimiento poblacional considerado es según CENSO 2002. Instituto Nacional de Estadística (INE).

**DOTACIÓN**  
 La cantidad de agua asignada en un día a cada usuario se considera entre 60 - 120 L/hab/día para el servicio exclusivo de conexiones prediales.  
GUIA PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE INFOM-UNEPAR. Guatemala, Junio 1,997.

**CAUDAL MÁXIMO DIARIO (CMD)**  
 El factor utilizado para calcular este parametro depende de la población futura del proyecto. Para una población menor de 1,000 habitantes el factor oscila entre 1.2 y 1.5. Para una población mayor de 1,000 habitantes el factor es de 1.2.  
GUIA PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE INFOM-UNEPAR. Guatemala, Junio 1,997.

**CAUDAL MÁXIMO HORARIO (CMH)**  
 El factor utilizado para calcular este parametro depende de la población futura del proyecto. Para una población menor de 1,000 habitantes el factor oscila entre 2 y 3. Para una población mayor de 1,000 habitantes el factor es de 2.  
GUIA PARA EL DISEÑO DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE INFOM-UNEPAR. Guatemala, Junio 1,997.

**TANQUE DE DISTRIBUCIÓN O ALMACENAMIENTO**  
 El volumen calculado se calcula adpotando del 25 - 40 porciento del Consumo Medio Diario (CMD) en sistemas por gravedad. En sistemas por bombeo se adoptará del 40 - 65 porciento.  
 Acuerdo Ministerial No. 572-2011, "GUIA DE NORMAS SANITARIAS PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS RURALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO" INFOM-UNEPAR, MSPAS. Guatemala, Noviembre 2,011.

Fuente: elaboración propia

Apéndice 2. **Distribución de caudales**

De Est	A Est	Conexiones Actuales	Habitantes Actuales	Conexiones Futuras	Habitantes Futuros	QHM Tramo	Conec Act Acumuladas	QHM Acumuladas	Conec Futura Acumuladas	Q Instantaneo	Caudal Q Diseño
163	174	0	0	0	0	0,00	71	1,05	121	2,19	2,19
167	173	2	10	3	17	0,03	2	0,03	4	0,35	0,35
174	185	9	45	15	77	0,13	69	1,02	118	2,16	2,16
185	188	2	10	3	17	0,03	2	0,03	4	0,35	0,35
185	194	3	15	5	26	0,04	58	0,86	99	1,98	1,98
194	201	1	5	2	9	0,01	1	0,01	2	0,20	0,20
194	202	0	0	0	0	0,00	55	0,81	94	1,93	1,93
202	206	3	15	5	26	0,04	3	0,04	6	0,45	0,45
202	207	0	0	0	0	0,00	52	0,77	89	1,88	1,88
207	217	7	35	12	60	0,10	2	0,03	4	0,35	0,35
217	226	1	5	2	9	0,01	8	0,12	14	0,72	0,72
217	221	2	10	3	17	0,03	2	0,03	4	0,35	0,35
226	235	1	5	2	9	0,01	5	0,07	9	0,57	0,57
226	232	1	5	2	9	0,01	6	0,09	11	0,63	0,63
235	236	1	5	2	9	0,01	6	0,09	11	0,63	0,63
235	242	2	10	3	17	0,03	5	0,07	9	0,57	0,57
242	244	1	5	2	9	0,01	2	0,03	4	0,35	0,35
242	246	1	5	2	9	0,01	1	0,01	2	0,20	0,20
207	265	11	55	19	94	0,16	35	0,52	60	1,54	1,54
265	270	0	0	0	0	0,00	11	0,16	19	0,85	0,85
270	274	1	5	2	9	0,01	1	0,01	2	0,20	0,20
270	284	9	45	15	77	0,13	9	0,13	16	0,77	0,77
265	285	0	0	0	0	0,00	13	0,19	23	0,94	0,94
285	316	5	25	9	43	0,07	5	0,07	9	0,57	0,57
285	297	6	30	10	51	0,09	8	0,12	14	0,72	0,72
297	301	1	5	2	9	0,01	1	0,01	2	0,20	0,20
297	304	1	5	2	9	0,01	1	0,01	2	0,20	0,20
		<b>71</b>	<b>355</b>	<b>121</b>	<b>604</b>	<b>1,05</b>	<b>434,00</b>				

Fuente: elaboración propia

### Apéndice 3. **Propuesta de tratamiento**

#### Desinfección:

Proceso de purificación de agua para consumo humano, que reduce la concentración de microorganismos patógenos (dañinos) hasta dejarlos a un nivel de concentración que no provoquen enfermedades.

En este caso para el tratamiento de desinfección del agua se utilizará hipoclorito de calcio, que es el método de desinfección más utilizado porque para su uso no se requiere energía eléctrica, el hipoclorito de calcio, se encuentra comercialmente en concentraciones variables desde 65, 66, 67, 68, 69 y 70 %.

Cuando el cloro se aplica deja un efecto residual, eliminando microorganismo aún después de su aplicación en el agua, esto lo hace más efectivo.

Para esto se usan varios conceptos:

#### Demanda de cloro:

La cantidad de cloro que se necesita para la desinfección.

#### Dosis de cloro:

La cantidad de cloro que se agrega al agua, un poco mayor que la demanda.

#### Residual de cloro:

La cantidad de cloro que queda como residuo después de la desinfección.

**DEMANDA = DOSIS – CANTIDAD RESIDUAL**



### Continuación del apéndice 3

#### Límite máximo aceptable (LMA)

Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, sensorialmente no implica daño a la salud.

#### Límite máximo permisible (LMP)

Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para el consumo humano.

La cantidad residual de cloro es lo que se encuentra en las normas de agua potable como límites de concentración en miligramos por cada litro de agua (mg/L), para asegurar la calidad del agua.

- NORMA COGUANOR 29 001:
- LÍMITES MÁXIMOS ACEPTABLES PERMISIBLES DE CLORO RESIDUAL.

#### **Cloro residual libre: LMA 0.5 mg/L, LMP 1.0 mg/L.**

El límite máximo aceptable, en los puntos más alejados de la red en un sistema de agua será de 0,5 mg/L, después de 30 minutos de contacto, con el propósito de reducir en 99 % la concentración de bacterias Escherichia Coli y otras materias inorgánicas. Cuando existen emergencias por catástrofes, el cloro residual puede mantenerse en un límite máximo permisible de 2,0 mg/L, como por ejemplo: epidemias de cólera y epidemias por emergencias.

## Continuación del apéndice 3

### **MÉTODO PROPUESTO**

#### Hipoclorador:

Es un dispositivo que se ubica en la parte superior de la losa de un tanque de distribución, es donde se vierte la solución madre de cloro y a través de un dispositivo de goteo constante dosifica la cantidad adecuada de solución madre de cloro al tanque de distribución para potabilizar el agua. En cualquier caso, todas las formas de hipoclorito de calcio contienen residuos insolubles de material inerte que forman sedimentos en la solución, por lo que la solución de cloro debe ser vertida diariamente para que la cloración sea efectiva.

#### **Solución madre de cloro:**

Se le llama así a la solución que se prepara con hipoclorito de calcio, solo entonces debe ser vertida en el hipoclorador, la solubilidad de hipoclorito de calcio es relativamente baja, por lo que se disuelve mejor en agua suave. La forma de preparación de la solución madre de cloro para nuestro caso será de la siguiente manera, se tiene un caudal de día máximo que ingresa al tanque de distribución de 0,52 litros/segundo, este caudal es pequeño, por lo que se utilizará hipoclorito de calcio al 65 %.

Para un caudal de 0,50 lts/seg se requieren 43,20 litros de solución por día entonces como el caudal que ingresa es 0,60 lts/seg, entonces se requieren 51,84 litros de solución. Como se indicó que se utilizará una concentración de 65 %. Seguidamente nos auxiliamos de la tabla del plano 22.

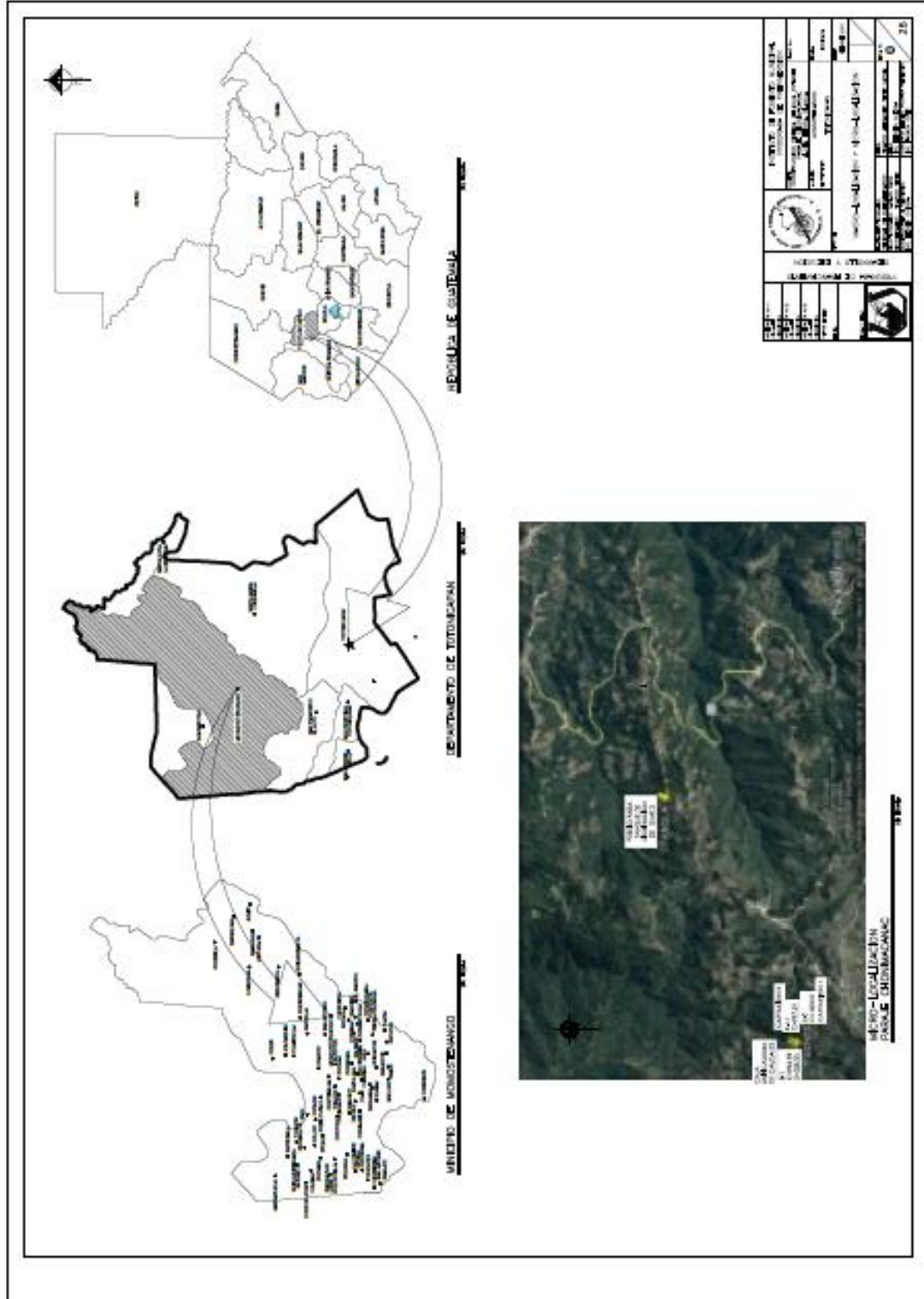
### Continuación del apéndice 3

Y vemos que para 25 litros necesitamos 38,46 gramos de cloro al 65 % de concentración, entonces para 51,84 litros, necesitaremos 79,75 gramos de hipoclorito de calcio al día. Y para un mes completo necesitaremos 30 x 79,75 gramos, esto resulta en 2392,5 gramos, lo que equivale a 2,392 kilogramos de hipoclorito de calcio para un mes de tratamiento de desinfección. Esto implica que la solución madre de cloro debe de ser preparada cada día y luego ser vertida en el hipoclorador, este trabajo debe de realizarlo el fontanero, previa capacitación, se recomienda que tenga todo su equipo: lentes protectores, mascarilla, guantes, bata, paleta, balanza, recipientes adecuados y que el cloro sea guardado en lugar seguro fuera del alcance de personas ajenas a esta tarea.

Como puede apreciarse en el plano 22 existe una tubería de PVC de ½” que ingresa esto es para su llenado y una válvula de compuerta, esto sirve para vaciar el hipoclorador y para su limpieza. El funcionamiento del hipoclorador propuesto es el siguiente: Se utiliza un flotador plástico que sostiene en forma vertical un tubo de PVC de 20 cms de largo, con una serie de agujeros en la parte inferior que es por donde entra la solución madre de cloro por la pequeña presión que genera la profundidad entre la superficie del agua y el punto donde se encuentran los agujeros y el resto del trabajo es por efecto de la gravedad, la solución es transportada por medio de una manguera de ¼” hacia el tanque de distribución. La posición correcta para la ubicación del hipoclorador es cercano al tubo de la línea de conducción y por el efecto del ingreso del agua en el tanque contribuye a que la solución madre de cloro sea disuelta y tenga un máximo efecto durante el periodo de retención que el agua tarda en el tanque almacenada previo a que salga por las tuberías de la red de distribución.

Fuente: elaboración propia con base en el código de salud, Guatemala, 2010. 52p

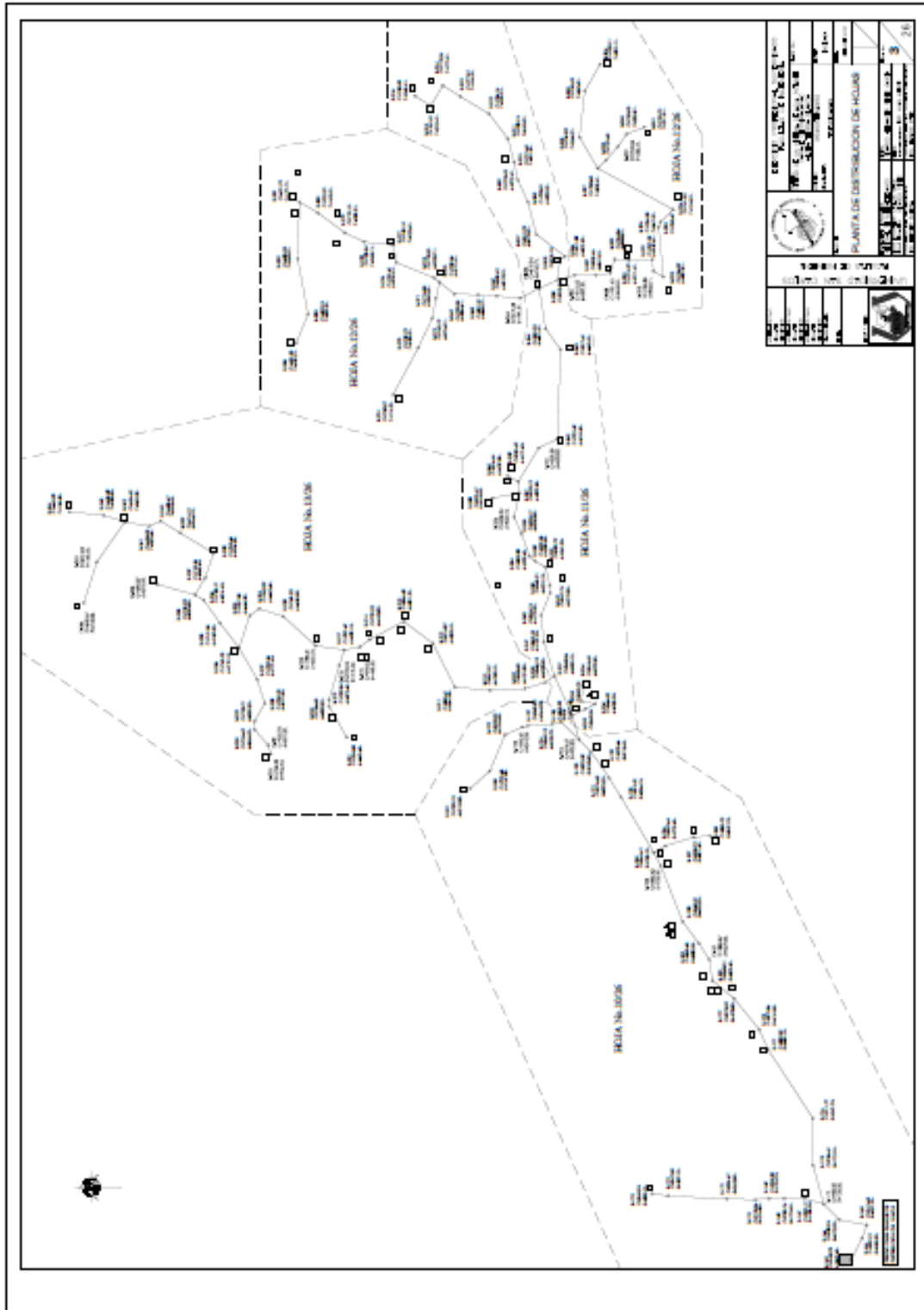
Apéndice 4. Planos



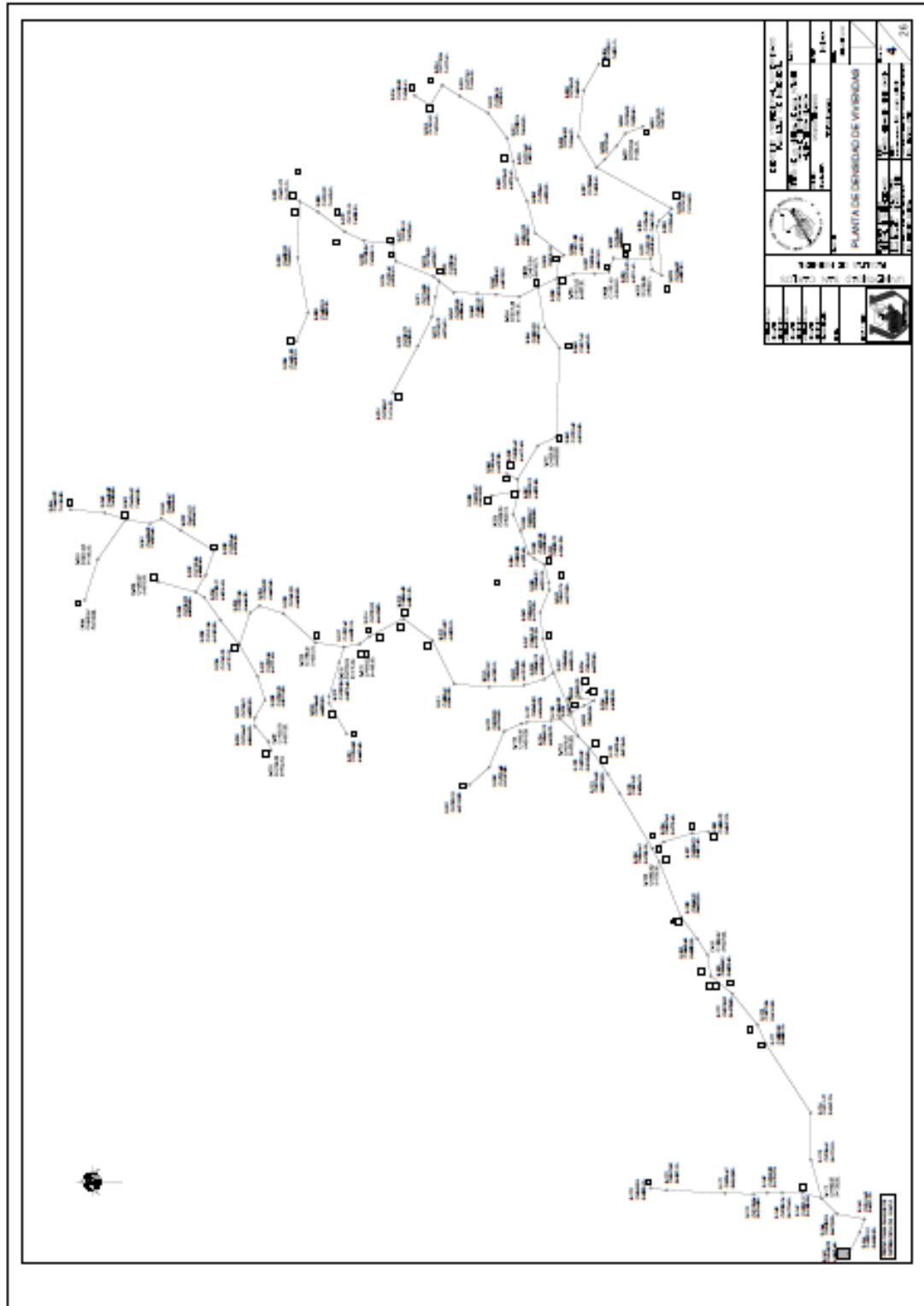




Continuación del apéndice 4

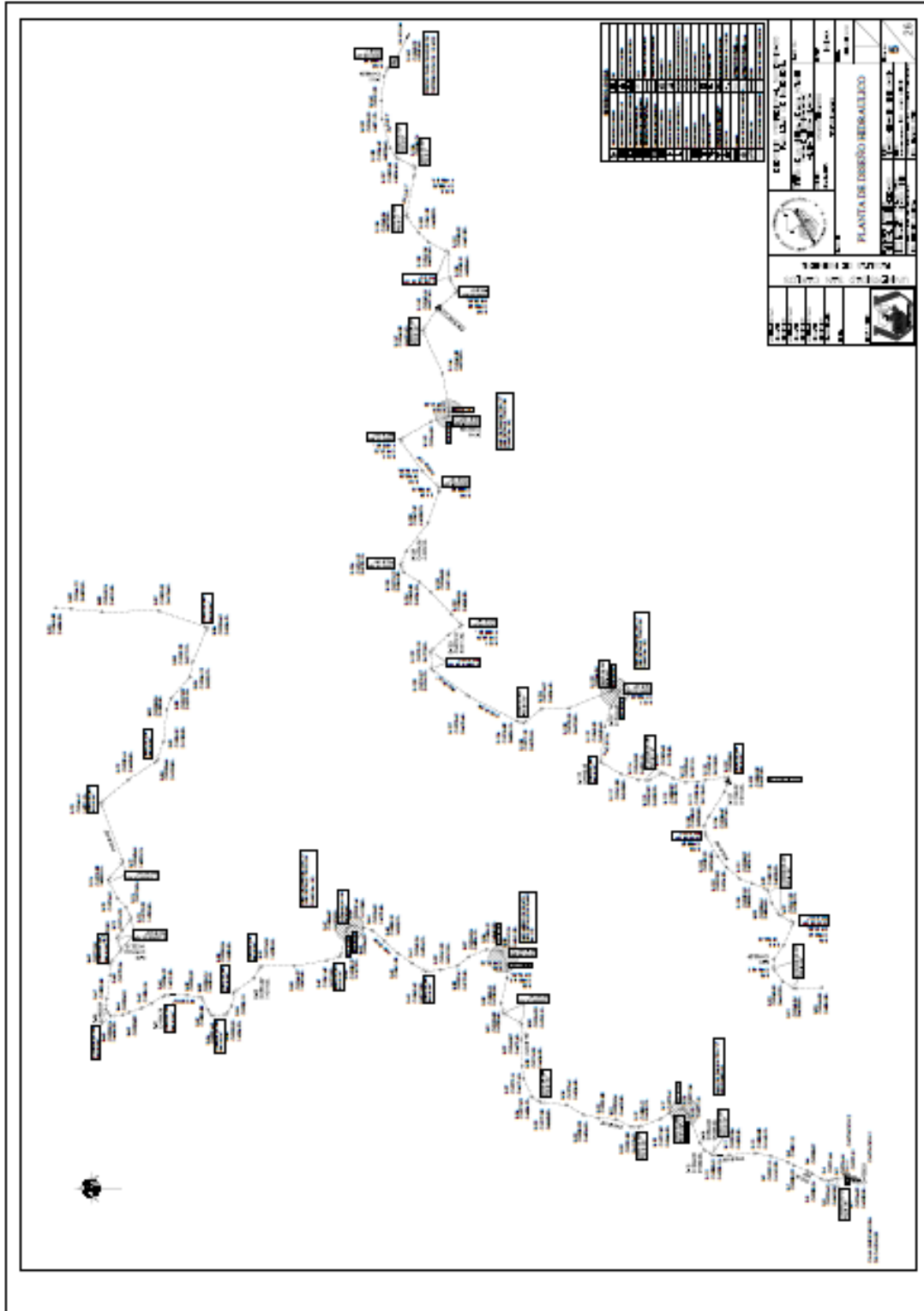


Continuación del apéndice 4

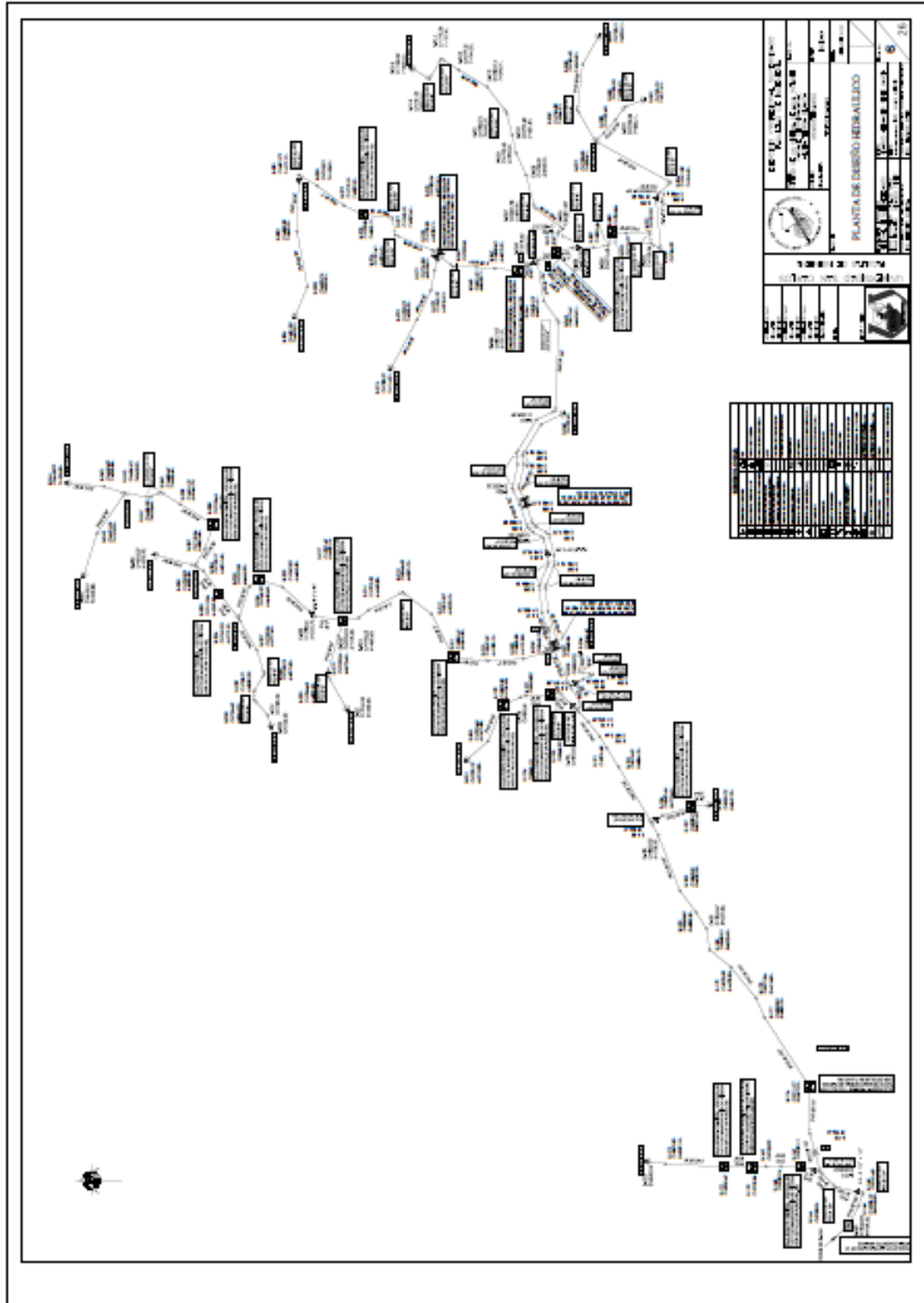




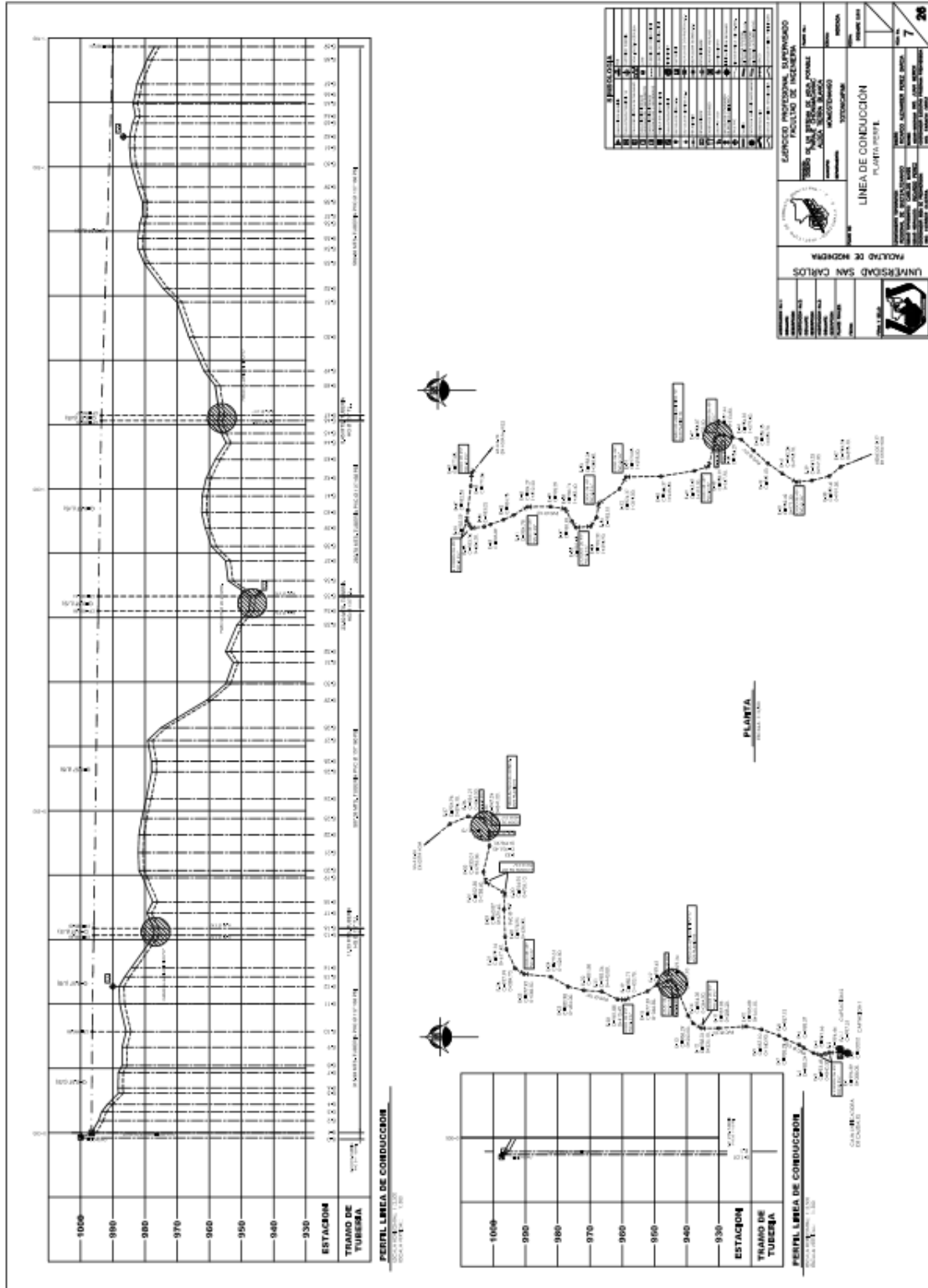
Continuación del apéndice 4



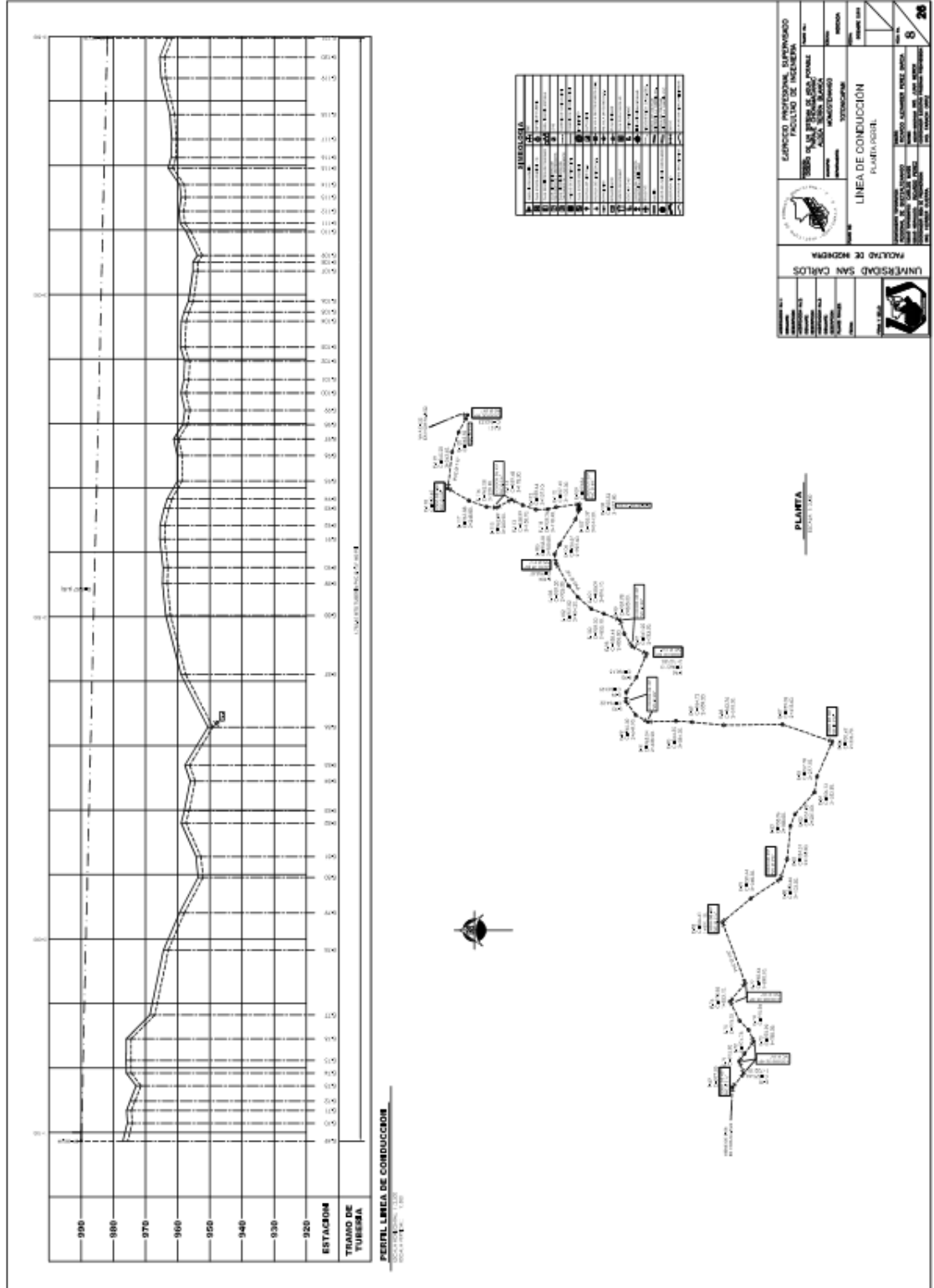
Continuación del apéndice 4



Continuación del apéndice 4

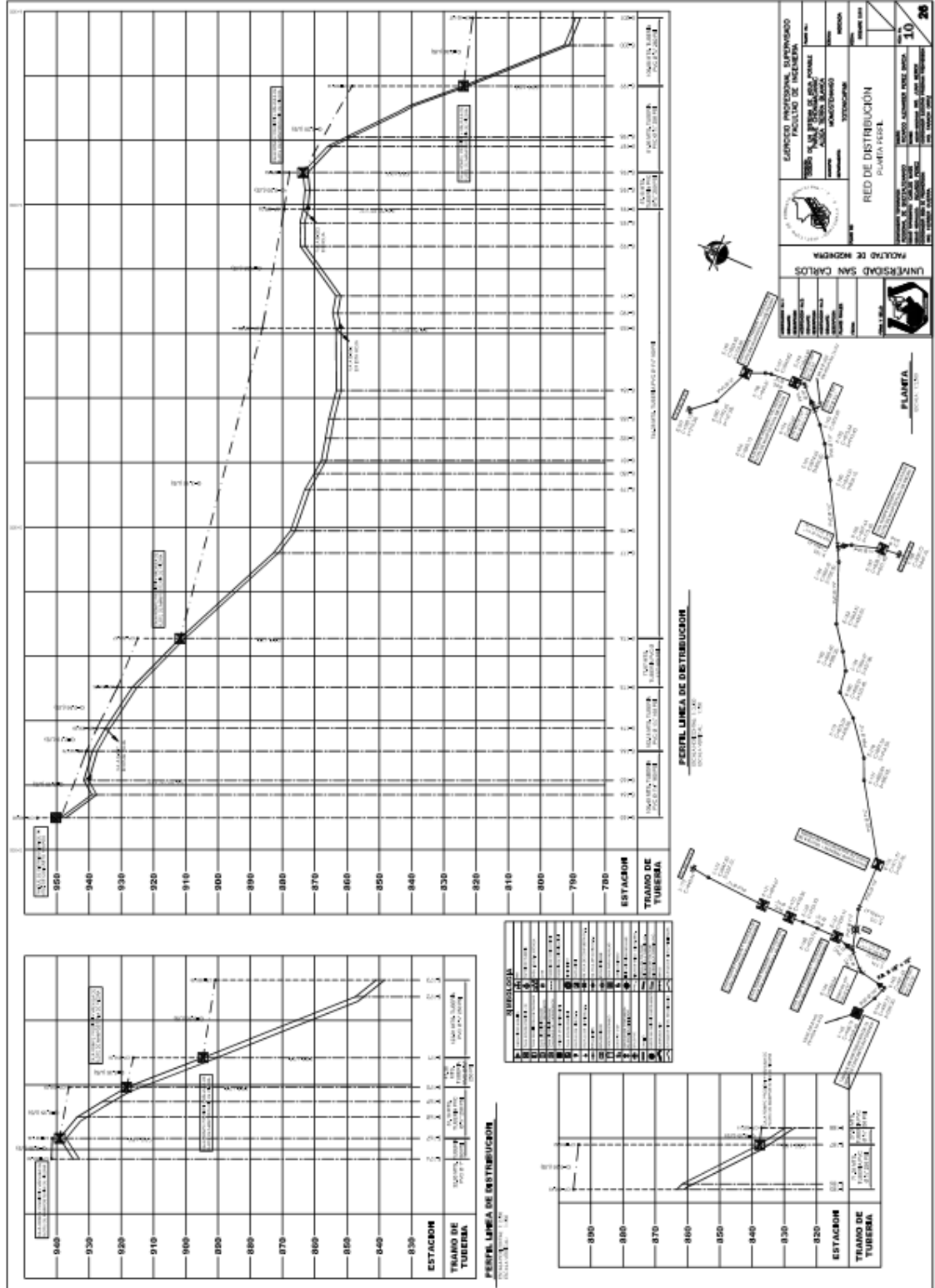


Continuación del apéndice 4

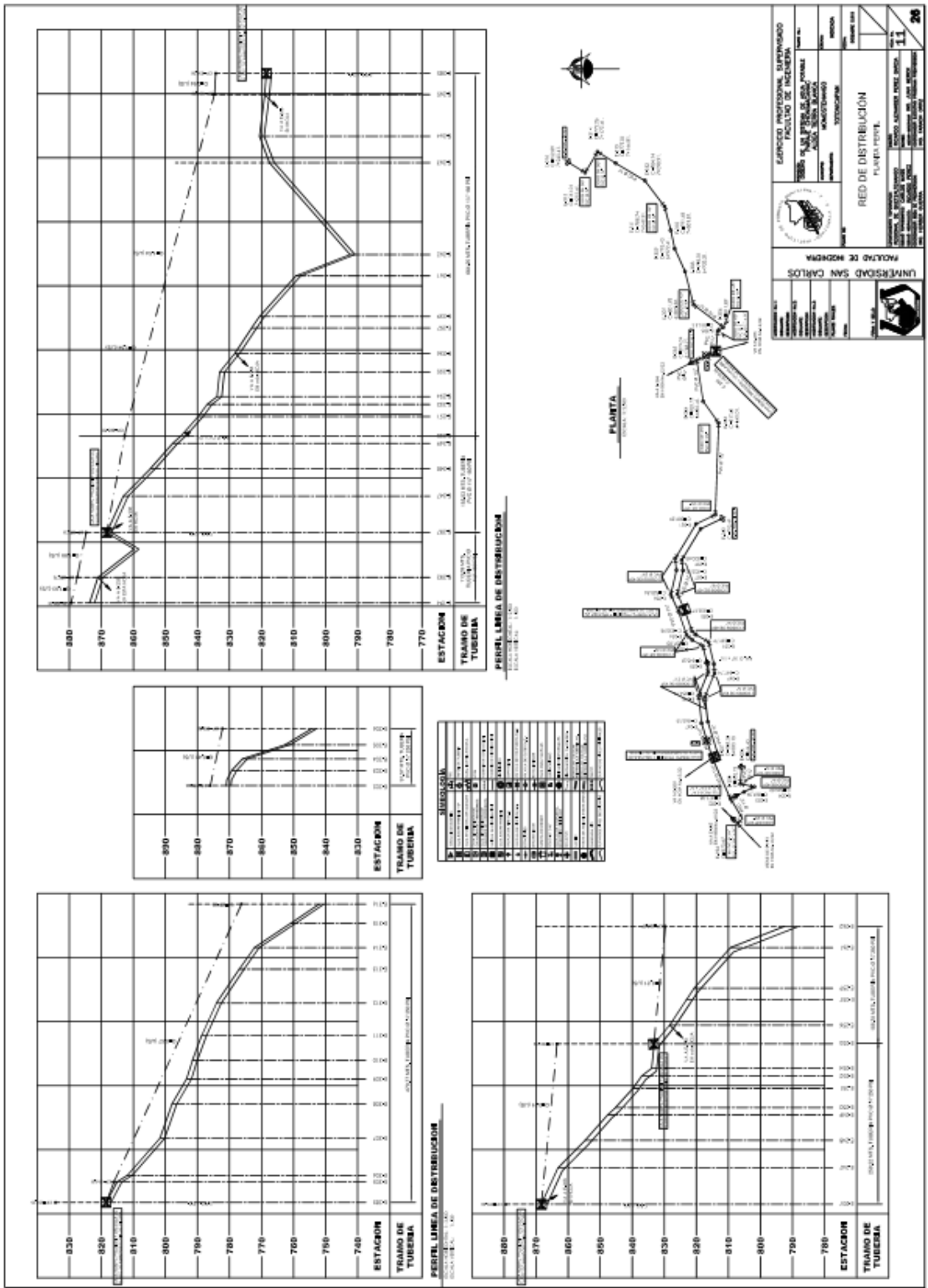




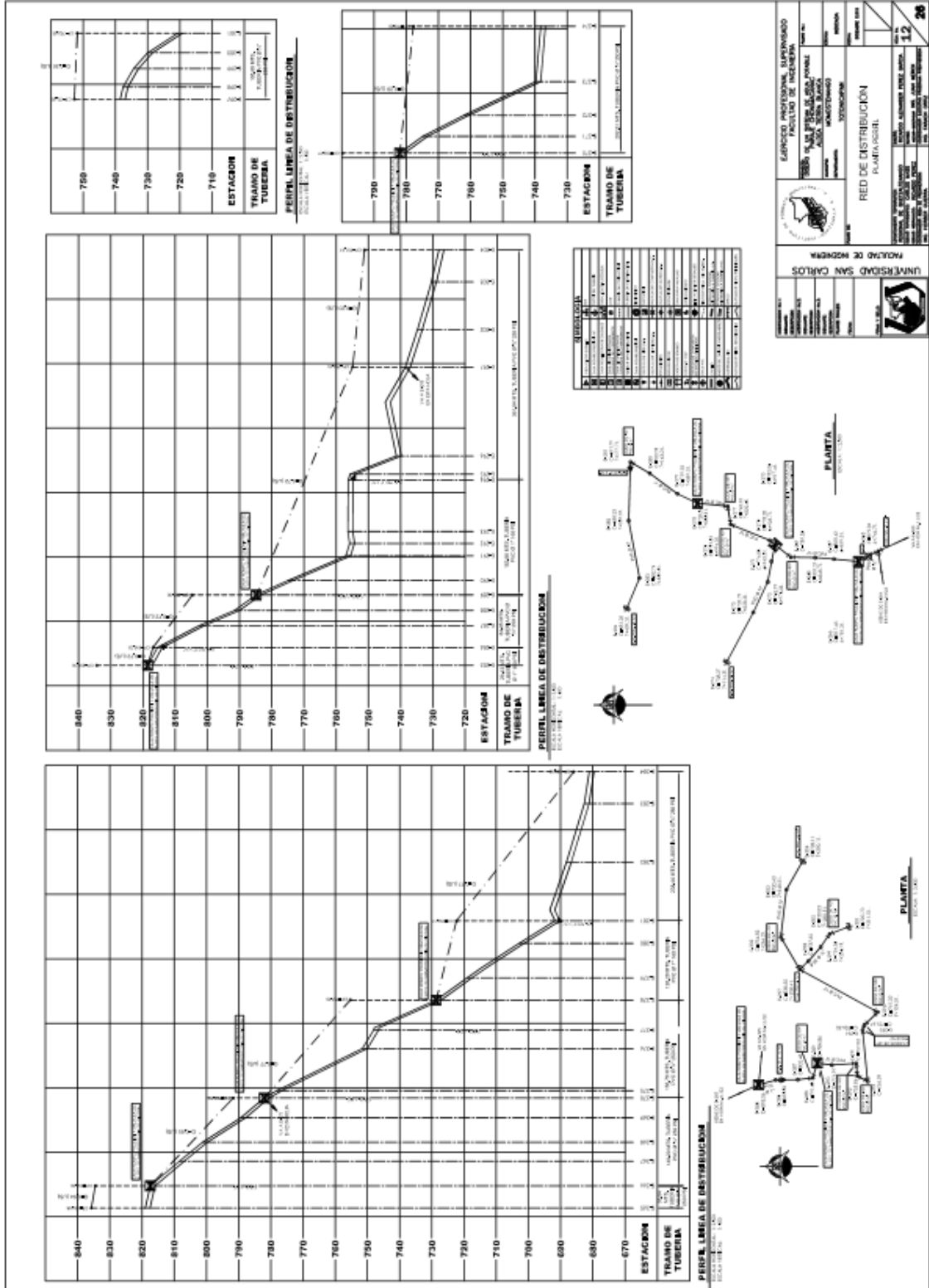
Continuación del apéndice 4



Continuación del apéndice 4



Continuación del apéndice 4



UNIVERSIDAD SAN CARLOS  
FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA EN SISTEMAS DE AGUAS  
CATEDRA DE SISTEMAS DE AGUAS  
PROYECTO DE SISTEMAS DE AGUAS  
RED DE DISTRIBUCION PLANTA ADEL  
Escala: 1:100  
12

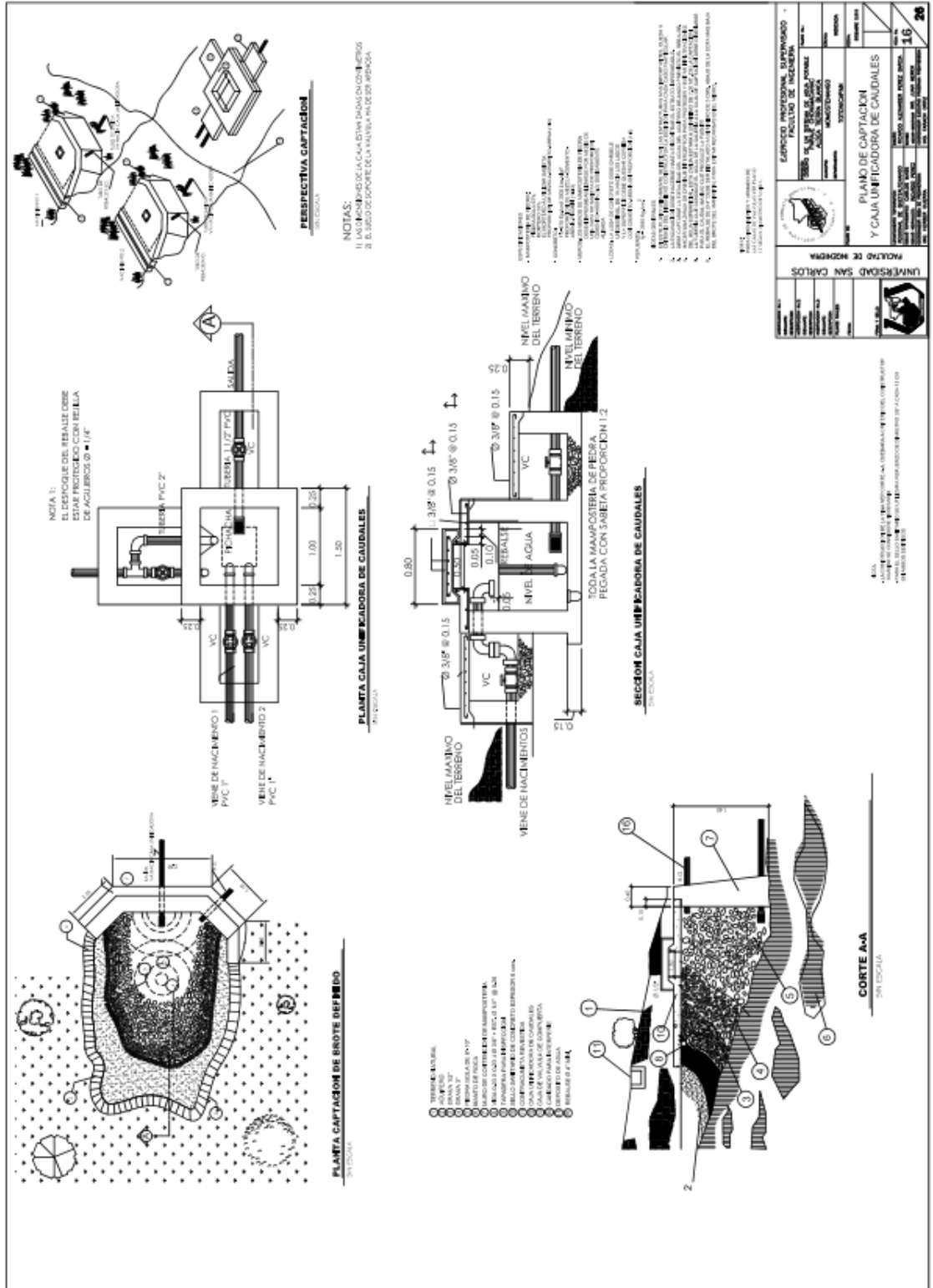








Continuación del apéndice 4







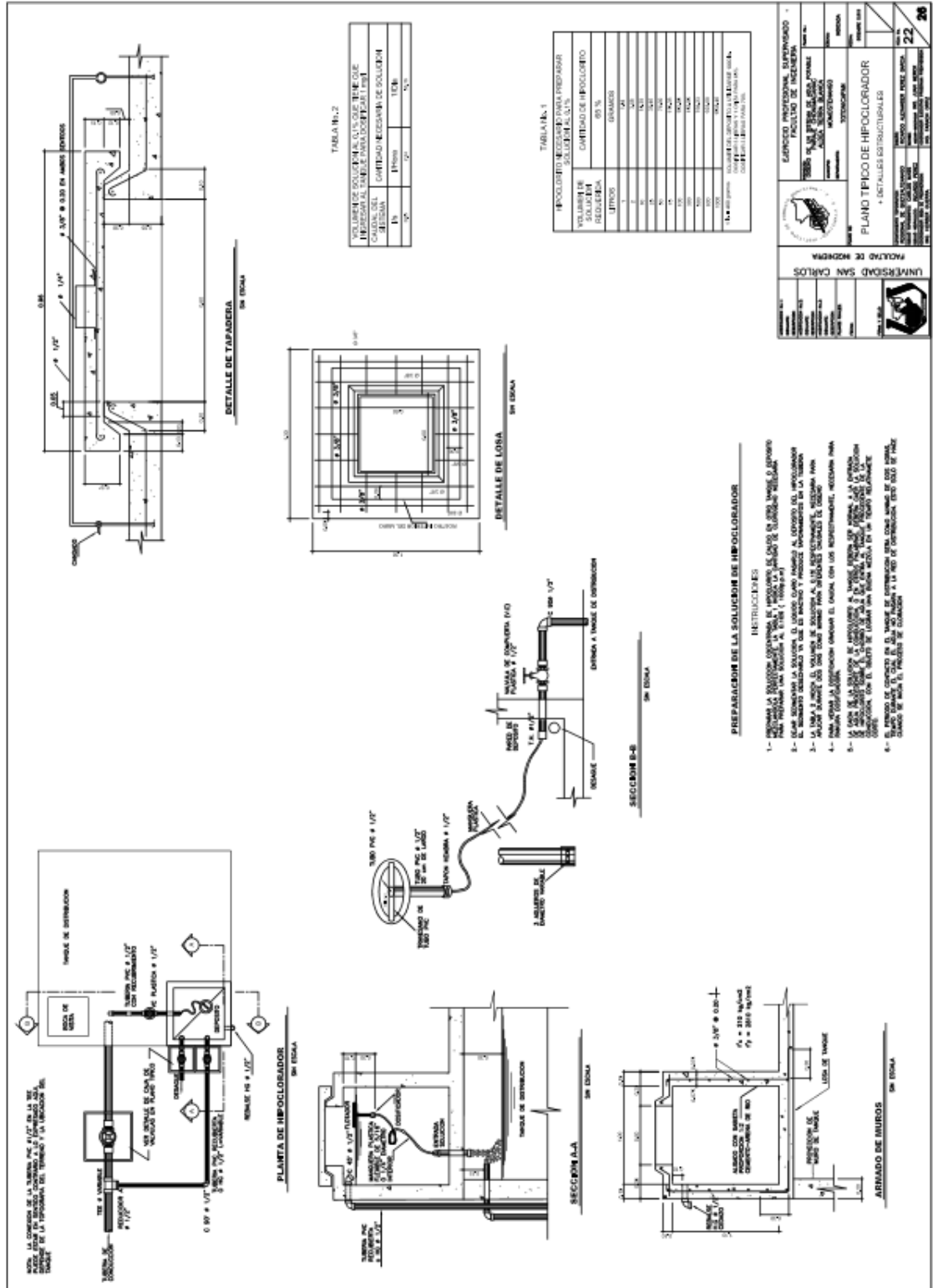






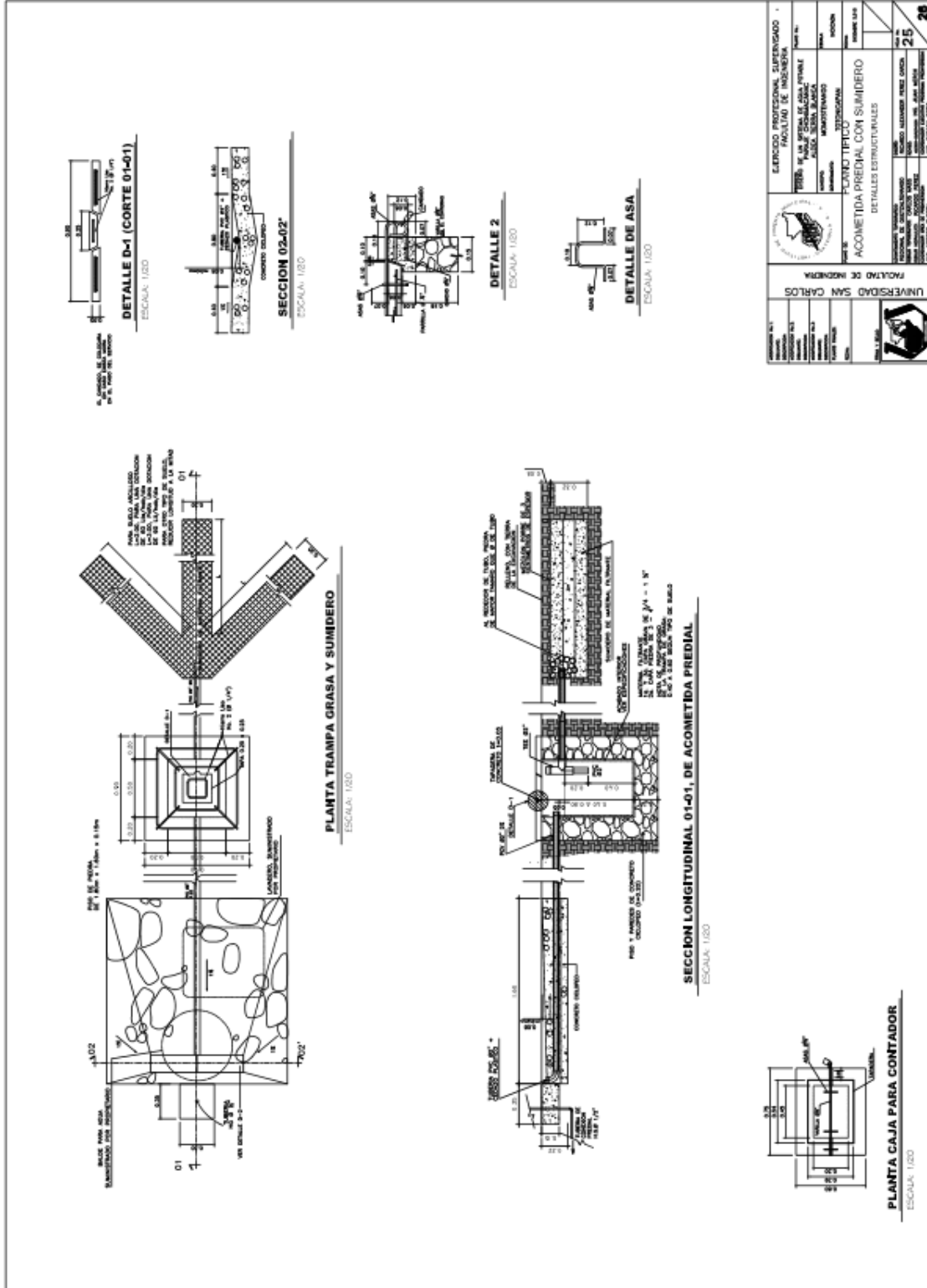


Continuación del apéndice 4













## ANEXOS

### Anexo 1. Análisis bacteriológico



**INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM-**  
**LABORATORIO DE AGUA**  
 11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Ferberia, Guatemala  
 Teléfono/Fax: 2472-3499  
 laboratorio@infom.gt      www.infom.gt/gt



### INFORME DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO DE AGUA MUESTRA No. 599-14

#### INFORMACION DE LA MUESTRA <sup>(1)</sup>

Intervenc:	PROGRAMA PREVENCIÓN - COMITÉ DE AGUA PARA LA COMUNICACIÓN	Clase muestra (en ml) (mg/L)	----
Punto de muestreo:	Boca en Fuente 1	pH en 20°C (UNIDADES)	----
Fuente:	Nacimiento de agua artificial "Piquisabiles"	Temperatura en 20°C (°C)	----
Municipio:	Munizón de Paz	Tiempo de preservación	Refrigeración
Departamento:	Quiché	Fecha de muestreo:	15-08-2014
Fecha de muestreo:	15-08-2014	Hora de muestreo:	12:00
Hora de recepción:	08:20		
Responsable de muestreo:	Ing. Byron Quiroz (Personal ajeno al Laboratorio INFOM)		

(1) Los datos fueron copiados exclusivamente de la hoja de identificación de la muestra.

#### RESULTADOS

Nº	PARÁMETRO BACTERIOLÓGICO	LMP <sup>(2)</sup>	RESULTADO	UNIDADES
1	Grupo Coliformo Total	No Detectable en 100 ml. de agua	0	NMP/100 ml. H <sub>2</sub> O
2	Escherichia coli	No Detectable en 100 ml. de agua	No Detectado	NMP/100 ml. H <sub>2</sub> O

(2) Los límites máximos permisibles de los parámetros microbiológicos corresponden a los establecidos en la Norma Técnica Guatemalteca (Agua para consumo humano - Especificaciones) (COGUMOR NTG 20001 (Acuerdo Gubernativo 53-2013) publicada en el Diario de Centro América el 2 de abril de 2013, numeral 8.1. Los parámetros microbiológicos analizados corresponden a los establecidos en el numeral 4.8 Programa de Análisis Mínimo de dicha norma.

#### CONCLUSIÓN

- De acuerdo a los resultados observados, la muestra de agua **NO CUMPLE** con los requerimientos microbiológicos según los Límites Máximos Permisibles establecidos en la Norma COGUMOR NTG 20001, "Agua para consumo humano - Especificaciones".

#### OBSERVACIONES

- Los límites máximos permisibles de los parámetros microbiológicos corresponden a los establecidos en la Norma Técnica Guatemalteca (Agua para consumo humano - Especificaciones) (COGUMOR NTG 20001 (Acuerdo Gubernativo 53-2013) publicada en el Diario de Centro América el 2 de abril de 2013, numeral 8.1. Los parámetros microbiológicos analizados corresponden a los establecidos en el numeral 4.8 Programa de Análisis Mínimo de dicha norma.
- El examen del grupo Coliformo Total y Escherichia coli se realizó a través de la Prueba de Sustrato Enzimático en tubos múltiples, según lo establece la Norma Guatemalteca (COGUMOR NTG 20010 h21, en el numeral 7.1, publicada por Acuerdo Gubernativo 510-2005, publicado en el Diario de Centro América el 14 de octubre de 2005. El límite de detección para esta prueba alcanzando cinco porciones de 10 mL, cinco porciones de 1.8 mL, y cinco porciones de 0.1 mL es NMP/100 mL <2.

**Wilmar Estrada Vargas**  
 Quiché, El Estero, Cédula 2247  
 Supervisor Microbiología

**Jorge Mario Carrillo Asturias**  
 Apertura Quiché, Campesino 585  
 Director del Laboratorio

Fuente: Instituto del Fomento Municipal





## Anexo 2. Fisicoquímico



### INSTITUTO DE FOMENTO MUNICIPAL -INFOM- LABORATORIO DE AGUA

11 Avenida "A" 11-67, zona 7, La Verbena, Guatemala  
Teléfono/fax: 2472-3499  
laboratorio@infom.gt www.infom.gob.gt



### INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUA MUESTRA No. 600-14

#### INFORMACIÓN DE LA MUESTRA <sup>(1)</sup>

Interesado:	PROGRAMA PREINVERSIÓN / COMITÉ DE AGUA PARAJE CHONIMACANAC	Cloro Residual in situ (mg/l):	----
Punto de muestreo:	Boca de fuente 2	pH in situ (unidades):	----
Fuente:	Nacimiento de brote definido "Paguekakis"	Temperatura in situ (°C):	----
Municipio:	Momostenango	Técnica de preservación:	Refrigeración
Departamento:	Totonicapán	Fecha de recepción:	12-Marzo-2014
Fecha de captación:	12-Marzo-2014	Hora de recepción:	15:00
Hora de captación:	08:45		
Responsable de captación:	Ing. Byron Quixan (Personal ajeno al Laboratorio INFOM)		

(1) Los datos fueron copiados textualmente de la tarjeta de identificación de la muestra.

#### RESULTADOS

ITEM	PARÁMETRO	UNIDADES	LMA <sup>(2)</sup>	LMP <sup>(3)</sup>	RESULTADO
1	Color	Unidades Pt-Co	5.0	35.0	3.1
2	Hierro total	mg/L Fe	0.3	Nsc <sup>(4)</sup>	0.1
3	Manganeso total	mg/L Mn	0.1	0.4	<0.05
4	Nitrato	mg/L NO <sub>3</sub>	Nsc <sup>(4)</sup>	50	<4.0
5	Nitró	mg/L NO <sub>2</sub>	Nsc <sup>(4)</sup>	3.0	<0.01
6	Sulfato	mg/L SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	100.000	250.000	<5.0
7	Turbiedad	UNT	5.0	15.0	2.6
8	Cloruro	mg/L Cl <sup>-</sup>	100.000	250.000	<10
9	Dureza total	mg/L CaCO <sub>3</sub>	100.000	500.000	24
10	Calcio	mg/L Ca	75.000	150.000	6.4
11	Magnesio	mg/L Mg	50.000	100.000	1.9
12	Conductividad	µS/cm	750	1500	60
13	pH	Unidades pH	7.0 - 7.5	6.5 - 8.5	7.0

(2) LMA = límite máximo aceptable (3) LMP = límite máximo permisible (4) Nsc = no se contempla en la norma

#### CONCLUSIÓN

- De acuerdo con los resultados obtenidos, la muestra de agua **CUMPLE** con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en la Norma COGUANOR NTG 29001.

#### OBSERVACIONES

- Los límites máximos aceptables y permisibles corresponden a la Norma Técnica Guatemalteca (Agua para consumo Humano. Especificaciones) COGUANOR NTG 29001 (Acuerdo Gubernativo 83-2013) publicada en el Diario de Centro América el 2 de abril de 2013. Los parámetros fisicoquímicos analizados corresponden a los establecidos en el numeral 4.8 Programa de Análisis Mínimo de dicha norma.
- El responsable de la captación no proporcionó dato de pH in situ, por lo tanto, el resultado de dicho parámetro corresponde al medido en el Laboratorio.

  
**Jorge Mario Estrada Asturias**  
 Ingeniero Químico, Colegado 685  
 Director del Laboratorio



Fuente: Instituto del Fomento Municipal

