



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL
CASERÍO SAN CRISTÓBAL BUENA VISTA, ALDEA SANTA ROSITA, MUNICIPIO
DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

Walter Arnoldo González Portillo

Asesorado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Guatemala, noviembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL CASERÍO SAN
CRISTÓBAL BUENA VISTA, ALDEA SANTA ROSITA, MUNICIPIO DE VILLA CANALES,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

WALTER ARNOLDO GONZÁLEZ PORTILLO

ASESORADO POR LA INGA. MAYRA REBECA GARCÍA SORIA DE SIERRA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszuesck
EXAMINADOR	Ing. Gabriel de Jesús Ramírez Saravia
EXAMINADOR	Ing. Miguel Ángel Guzmán Mérida
EXAMINADOR	Ing. Mario Rodolfo Corzo Ávila
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL CASERÍO SAN CRISTÓBAL BUENA VISTA, ALDEA SANTA ROSITA, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha el 4 de octubre de 2010.



Walter Arnaldo González Portillo



Guatemala, 16 de mayo de 2011.
Ref.EPS.D.387.05.11

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 DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO SAN CRISTOBAL BUENA VISTA, ALDEA SANTA ROSITA, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA"** que fue desarrollado por el estudiante universitario **Walter Arnoldo González Portillo**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
"Id y Enseñad a Todos"


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

NISZ/ra





Guatemala 16 de mayo de 2011.
Ref.EPS.DOC.643.05.11.

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

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Walter Arnoldo González Portillo** de la Carrera de Ingeniería Civil, con carné No. **8012143**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO SAN CRISTOBAL BUENA VISTA, ALDEA SANTA ROSITA, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**.

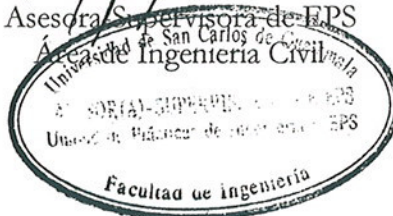
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Ing. Mayra Rebeca García Soria de Sierra
Asesora-Supervisora de EPS
Facultad de Ingeniería Civil
Universidad de San Carlos de Guatemala



c.c. Archivo
MRGSds/ra



Guatemala,
28 de julio de 2011

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

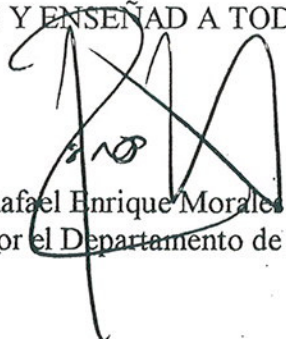
Estimado Ingeniero Montenegro.

Le informo que he revisado el trabajo de graduación **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO SAN CRISTOBAL BUENA VISTA, ALDEA SANTA ROSITA, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, desarrollado por el estudiante de Ingeniería Civil Walter Arnoldo González Portillo, quien contó con la asesoría de la Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra.

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

/bbdeb.



El director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen de la Asesora Inga. Mayra Rebeca García Soria de Sierra y de la Coordinadora de E.P.S. Inga. Norma Ileana Sarmientos Zeceña, al trabajo de graduación del estudiante Walter Arnoldo González Portillo, titulado DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO SAN CRISTOBAL BUENA VISTA, ALDEA SANTA ROSITA, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Ing. Hugo Leonel Montenegro Franco



Guatemala, noviembre de 2011

/bbdeb.



DTG. 524.2011

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL CASERÍO SAN CRISTÓBAL BUENA VISTA, ALDEA SANTA ROSITA, MUNICIPIO DE VILLA CANALES, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Walter Arnoldo González Portillo**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 23 de noviembre de 2011

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Ser supremo, padre de la creación, guía y dador de sabiduría en mi vida, quién permitió que culminara con éxito mi carrera profesional.
Mis padres	Vitalino González (q.e.p.d.), Lidia Del Carmen Portillo Maldonado; gracias madre por tu amor sacrificio, comprensión y apoyo sin tu ayuda hubiera sido imposible alcanzar esta meta.
Mi esposa	Onelia Galdámez Flores agradeciendo su comprensión y paciencia.
Mis hijos	Walter Arnoldo, Jonathan Estuardo, Ricardo Alejandro, Pablo Renato y José Eduardo Con inmenso amor, que este éxito logrado sirva de ejemplo para que luchen por alcanzar sus sueños.
Mis hermanas	Vilma Estela de Flores y Aura Leticia de Soto; con amor y admiración.
Mis sobrinos	Yesenia, Heidy, Paola, Jackeline, Melany, Raquel, Víctor, y Luis Con especial cariño, bendiciendo sus vidas.
A mis amigos	Ing. Ricardo Castillo, Ing. Elder Rivera, Ing. Walter Corzo, Ing. Mauricio Contreras, Sr Anibal de Leon, Arq. Hugo Escobar, por su amistad y apoyo.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala

Especialmente a la Facultad de Ingeniería por haberme formado como profesional.

Los ingenieros docentes de la Escuela de Ingeniería Civil

Por compartir sus experiencias y conocimientos.

Los ingenieros

Héctor Carranza y Mario Meléndez su amistad y ayuda incondicional, fueron determinantes para poder culminar con éxito mi carrera profesional, Dios les bendiga.

Ingeniera Mayra Rebeca García Soria de Sierra

Por la asesoría prestada en realización mi ejercicio profesional supervisado y el presente trabajo de graduación.

Ingeniero Giovanni Daniel Tavico Estrada

Por la asesoría, revisión y corrección prestada en la realización del presente trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	I
LISTA DE SÍMBOLOS	III
GLOSARIO	VII
RESUMEN	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. MONOGRAFÍA DE LA COMUNIDAD DEL CASERÍO SAN CRISTÓBAL BUENA VISTA, DE LA ALDEA SANTA ROSITA, VILLA CANALES, GUATEMALA	1
1.1. Aspectos físicos	1
1.1.1. Localización	1
1.1.2. Clima	2
1.1.3. Actividades productivas.....	2
1.1.4. División político-administrativa	3
1.1.5. Ubicación y forma del lugar.....	3
1.1.6. Recursos hídricos y naturales disponibles	5
1.1.7. Religión y costumbres	6
1.1.8. Índices de mortalidad y morbilidad	7
1.2. Aspectos de infraestructura	7
1.2.1. Servicios existentes.....	7
1.2.2. Rutas de acceso.....	8
1.2.3. Organización de la comunidad	8

2.	DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO SAN CRISTÓBAL BUENA VISTA	9
2.1.	Definición y conceptos.....	9
2.1.1.	Agua potable.....	9
2.1.2.	Determinación de la calidad del agua	10
2.1.2.1.	Muestras de agua	11
2.1.2.2.	Examen bacteriológico	12
2.1.2.3.	Análisis físico-químico.....	12
2.1.3.	Componentes del sistema de agua.....	12
2.1.4.	Fórmulas hidráulicas usadas en el diseño	13
2.1.5.	Normas para el sistema de abastecimiento de agua	15
2.2.	Fuente de agua	15
2.2.1.	Aforo	15
2.3.	Parámetro de diseño	16
2.3.1.	Levantamiento topográfico.....	16
2.3.1.1.	Planimetría.....	17
2.3.1.2.	Altimetría.....	18
2.3.2.	Período de diseño.....	19
2.3.3.	Estimación de población futura.....	19
2.3.4.	Factores de consumo	20
2.3.5.	Caudales de diseño	21
2.3.6.	Presiones máximas y mínimas	24
2.4.	Diseño hidráulico	24
2.4.1.	Tipos de tuberías	27
2.4.2.	Accesorios	30
2.5.	Línea de conducción	30
2.6.	Tanque de almacenamiento	41
2.7.	Sistema de desinfección.....	85
2.8.	Red de distribución.....	89

2.9.	Válvulas	93
2.10.	Evaluación de impacto ambiental	94
2.11.	Evaluación socio-económica	98
2.11.1.	Valor presente neto	98
2.11.2.	Tasa interna de retorno	101
3.	PRESUPUESTO	103
3.1.	Sistema de abastecimiento de agua potable en el caserío San Cristóbal Buena Vista	104
4.	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN	121
5.	PROGRAMA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	123
5.1.	Importancia de la operación del sistema.....	123
5.2.	Importancia del mantenimiento	124
6.	PROPUESTA DE TARIFA.....	127
6.1.	Costos de mantenimiento	128
	CONCLUSIONES	133
	RECOMENDACIONES	135
	BIBLIOGRAFÍA.....	137
	APÉNDICES	139
	ANEXOS	151

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Localización.....	1
2. Ubicación.....	4
3. Detalles sistema de bombeo	36
4. Partes del tanque y sus dimensiones	45
5. Carga ejercida sobre la pared del tanque.....	46
6. Ángulo de inclinación.....	52
7. Fuerzas de sismo	53
8. Carga de sismo	53
9. Sumatoria de cargas	55
10. Carga final	55
11. Tensor	59
12. Placa de base.....	69
13. Detalle de columna pedestal	73
14. Zapata cuadrada	84
15. Viga de amarre.....	85
16. Clorinador modelo 3015	86
17. Diagrama de flujo	100
18. Cronograma de ejecución	121

TABLAS

I. Calculo de peralte	80
II. Chequeo de corte por tanteo.....	81

III.	Cuadro de integración de costos desglosados	104
IV.	Suministro e instalación de equipo de bombeo sumergible	105
V.	Suministro e instalación de planta de generación eléctrica.....	106
VI.	Trabajos preliminares.....	107
VII.	Cimentación	108
VIII.	Construcción de torre.....	109
IX.	Construcción cuerpo de tanque de 100 m ³	110
X.	Instalación de escaleras.....	111
XI.	Suministro e instalación de tubería 4" HG TM	112
XII.	Suministro e instalación de tubería 2" y 2 ½" PVC.....	113
XIII.	Suministro e instalación de tubería PVC de 2" 160 psi	114
XIV.	Suministro e instalación de tubería PVC de 1 ½" 160 psi	115
XV.	Suministro e instalación de tubería PVC de 1" 160 psi	116
XVI.	Suministro e instalación de tubería PVC de ¾" 250 psi	117
XVII.	Suministro e instalación de tubería PVC de ½" 315 psi	118
XVIII.	Construcción de pasos aéreos.....	119
XIX.	Instalación de conexiones domiciliarias	120

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
@	A cada
h	Altura
A	Área
As máx	Área de acero máxima
As mín	Área de acero mínima
Ast	Área de acero por temperatura
T	Carga ejercida
CM	Carga Muerta
CU	Carga última
W	Carga uniformemente distribuida
CV	Carga Viva
Q	Caudal
Qb	Caudal de bombeo
Qc	Caudal de conducción
Qdm	Caudal de día máximo
Qd	Caudal de distribución
Qhm	Caudal de hora máximo
Qm	Caudal medio
PVC	Cloruro de polivinilo
Ka	Coefficiente de empuje activo
Kp	Coefficiente de empuje pasivo
CE	Coefficiente de estabilidad
C	Coefficiente de fricción

Cosβ	Coseno del ángulo
Ø	Diámetro
F_s	Esfuerzo de trabajo a tensión
t	Espesor de un elemento
Est.	Estación
φ	Factor de compresión
F_a	Fuerza activa
F_f	Fuerza de fricción
HG	Hierro Galvanizado
kg	Kilogramo
kg/m²	Kilogramo por metro cuadrado
psi	Libra por pulgada cuadrada
lts	Litros
lts/hab/día	Litros por habitante por día
lts/seg	Litros por segundo
L	Longitud
m.c.a.	Metros columna de agua
M_a	Momento actuante
M_v	Momento de volteo
M_e	Momento estabilizante
d	Peralte
H_f	Pérdida de carga
N	Período de diseño
γ	Peso específico del agua
γ_c	Peso específico del concreto
γ_s	Peso específico del suelo
π	Pi
pie²	Pie cuadrado

Pa	Población actual
Pf	Población futura
P.U.	Precio unitario
P	Presión
PDT	Presión dinámica total
plg	Pulgada
plg²	Pulgada cuadrada
plg³	Pulgada cúbica
r	Radio
B/C	Relación beneficio/costo
Fy	Resistencia del acero a tensión
F'c	Resistencia del concreto con presión
S	Separación
Σ	Sumatoria
Tc	Tasa de crecimiento de la población
TIR	Tasa interna de retorno
V	Velocidad
VPN	Valor presente neto
Vs	Valor soporte del suelo
K'	Valores para pérdida de carga, según el diámetro interior real de cada tubo

GLOSARIO

Accesorios	Elementos secundarios en las líneas de las tuberías, tales como codos, <i>nipples</i> , <i>tees</i> , coplas, etc.
ACI	<i>American Concrete Institute</i> (Instituto Americano del Concreto).
Acueducto	Conducto artificial destinado al transporte de agua de un lugar a otro.
Acuífero	Son formaciones geológicas capaces de contener y permitir el movimiento del agua a través de sus poros. Manto formación o estructura geológica de rocas, grava y arena situada encima de una capa impermeable, que posee la capacidad de agua que fluye en su interior. Este flujo se produce entre los poros que se intercomunican, es de velocidad variable y obedece a las condiciones específicas de permeabilidad de cada tipo de formación. Los términos manto acuífero y depósito manto acuífero, estrato acuífero y acuífero son sinónimos.

Altimetría	Parte de la topografía, que enseña a medir las alturas, sirve para la representación de secciones o perfiles de una sección de terreno, cuyas alturas están referidas al eje llamado horizonte.
AISC	<i>American Institute of Steel Construction.</i>
COCODE	Consejo Comunitario de Desarrollo.
COGUANOR	Comisión Guatemalteca de Normas.
Contaminación del agua	Se considera como la introducción o emisión en las aguas, de organismos patógenos o sustancias tóxicas que la hacen inapropiada para el consumo humano o el uso doméstico, comercial o industrial.
Densidad de vivienda	Relación que existe entre el número de viviendas por unidad de área.
Dotación	Estimación de la cantidad de agua que en promedio consume cada habitante por día.
EPS	Ejercicio Profesional Supervisado.

Factor de caudal medio	Relación entre la suma de los caudales y los habitantes a servir.
Factor de rugosidad	Factor que expresa qué tan lisa es una superficie.
Factor de retorno	Porcentaje de agua potable que después de utilizada va al sistema de drenaje.
INFOM	Instituto Nacional de Fomento Municipal.
Período de diseño	Período durante el cual un sistema de agua potable, drenaje o cualquier infraestructura, prestará un servicio eficiente.
Planimetría	Parte de la topografía que describe una sección de terreno en dos dimensiones sobre el horizonte, es decir largo y ancho.
Topografía	Ciencia y arte de determinar posiciones relativas de puntos situados encima de la superficie terrestre, sobre dicha superficie y debajo de la misma.
UNEPAR	Unidad ejecutora del programa de acueductos rurales.

RESUMEN

La planificación de proyectos de sistemas de abastecimientos de agua potable en el área rural; se utilizan métodos propios de la rama de Ingeniería Civil; ayudando así al planteamiento de soluciones a problemas de infraestructura que padece el caserío San Cristóbal Buena Vista, de la aldea Santa Rosita, Villa Canales, Guatemala.

Se presenta información general de los lugares en donde se realizaron los estudios, contiene la monografía y un diagnóstico de las necesidades de servicios básicos e infraestructura de los lugares. La necesidad de un proyecto de agua potable para el caserío San Cristóbal Buena Vista, es de suma urgencia, para lo cual ya se cuenta con una fuente que proporciona un caudal suficiente para cubrir la demanda de la población actual y la población futura, para un período de vida útil del proyecto de 25 años.

El proyecto consiste en el equipamiento del pozo existente mediante una bomba sumergible de 50 caballos de fuerza, será necesaria la compra de una planta generadora de energía para cubrir la necesidad de la bomba, así también se construirá un tanque elevado de distribución de 100 metros cúbicos, éste será de estructura metálica de 15 metros de altura, la red de distribución tendrá una longitud a lo largo de todo el caserío, cubriendo todas las viviendas de ésta, con tuberías de 4", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", y ½" la resistencia de la tubería será dependiendo de la ubicación y, del terreno donde se localiza cada vivienda.

Se tienen dos pasos aéreos que se anclaran en los puentes donde se conducirá la red de distribución con tubería HG. Esta distribución poblacional, se encontrará esquematizada en el plano de densidad de vivienda. Se conducirá un caudal total que cubrirá la demanda de todas las viviendas de la comunidad. Se construirán 310 conexiones domiciliarias, para la cual se colocará una línea domiciliar con tubo pvc de 1/2" con válvula de cheque y de compuerta de bronce de 1/2" con un máximo de 2 tubos por cada domicilio.

OBJETIVOS

General

Diseñar el sistema de distribución de agua potable para el caserío San Cristóbal Buena Vista de la aldea Santa Rosita, del municipio de Villa Canales.

Específicos

1. Colaborar en el desarrollo de las poblaciones más necesitadas del área rural de Guatemala, al poner al servicio de una de éstas, los conocimientos técnicos adquiridos en la carrera de Ingeniería Civil.
2. Contribuir al desarrollo de caserío San Cristóbal Buena Vista de la aldea Santa Rosita , del municipio de Villa Canales, con la implementación de un sistema de abastecimiento de agua potable adecuado a las necesidades de crecimiento y salubridad de los habitantes, para mejorar su calidad de vida.
3. Hacer un estudio específico de las necesidades relacionadas con agua potable del caserío San Cristóbal Buena Vista de la aldea Santa Rosita y así poder generar un diseño adecuado de la distribución.
4. Fijar bases en la población, a fin de que esté preparada para la ejecución del proyecto de agua potable y para darle una adecuada administración, operación y mantenimiento a largo plazo al sistema.

5. Proyectar los servicios de investigación y apoyo de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Facultad de Ingeniería por medio del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS).

6. Contribuir con el desarrollo de la población de San Cristóbal Buena Vista de la aldea Santa Rosita, del municipio de Villa Canales, solucionando los problemas que provoca la carencia de agua potable en la comunidad.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de apoyo a la comunidad rural, es el resultado del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizado en la Municipalidad de Villa Canales.

Se efectuó un proceso de investigación diagnóstica del municipio, demostrando que la falta del vital líquido, es la necesidad más urgente a cubrir. Con el fin de dar respuesta a la misma, se detalla el proceso del diseño del proyecto: “Abastecimiento de agua potable para el caserío San Cristóbal Buena Vista aldea Santa Rosita del municipio de Villa Canales”.

El caserío San Cristóbal tiene una población de 1 426 habitantes; con un incremento a 3 059 habitantes en 25 años. Se encuentra ubicado a 12 km, del municipio, el tipo de distribución a utilizar es de redes abiertas; debido a lo disperso de las viviendas, el sistema es por gravedad, La fuente de abastecimiento se dará por medio de un pozo mecánico, además tendrá las obras hidráulicas necesarias para que funcione adecuadamente y así no interrumpir la continuidad del servicio, contribuyendo al saneamiento de la población que podrá contar con su conexión domiciliar.

En el presente proyecto, se presentan las conclusiones, recomendaciones, planos y presupuestos, correspondientes a cada diseño, lo cual permite y facilita la ejecución del mismo.

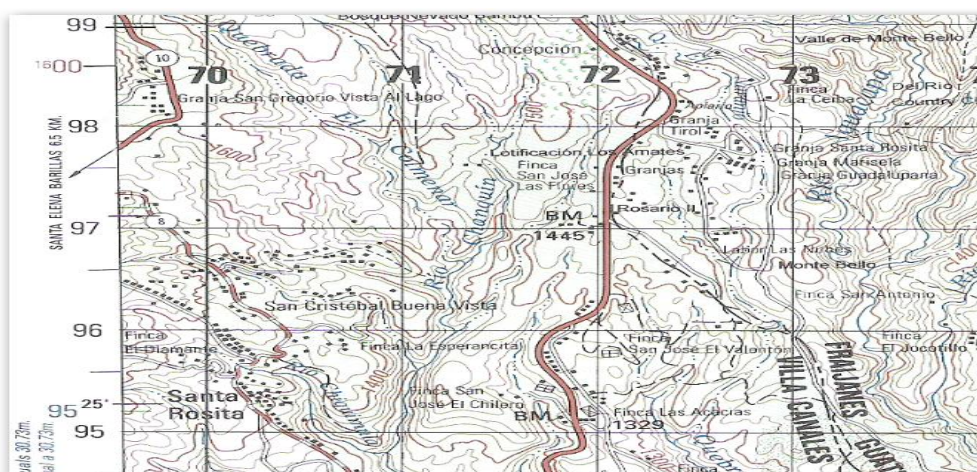
1. MONOGRAFÍA DE LA COMUNIDAD DEL CASERÍO SAN CRISTÓBAL BUENA VISTA, DE LA ALDEA SANTA ROSITA, VILLA CANALES, GUATEMALA

1.1. Aspectos físicos

1.1.1. Localización

El caserío San Cristóbal Buena Vista, aldea Santa Rosita municipio de Villa Canales del departamento de Guatemala, tiene la localización geográfica, con las coordenadas latitud norte $14^{\circ} 25' 30''$, longitud oeste $90^{\circ} 29' 40''$, está situado a una altitud de 1 470,00 metros sobre el nivel del mar.

Figura 1. Mapa 1:50 000



Fuente: Instituto Geográfico Militar I.G.M. 1998.

1.1.2. Clima

Posee un clima templado propio del municipio de Villa Canales, con vientos de norte a sur moderados. El clima del caserío varía entre 15 °C a 28 °C en condiciones atmosféricas normales, presentándose la menor temperatura en horas de la noche y la madrugada y la máxima temperatura al medio día. La precipitación media anual varía entre el rango de 650 mm y 1500 mm al año.

La época más lluviosa es en los meses de junio a septiembre la dirección del viento generalmente es de noreste a suroeste con una velocidad considerable debido a la altura en la que se encuentra el caserío, estos datos fueron obtenidos en el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH).

1.1.3. Actividades productivas

Sus actividades económicas principales son los cultivos de café, caña y piña. El cuidado y crianza de aves de corral y otros animales de patio como cerdos se realizan para el consumo familiar y para la venta ocasional. Esta es regularmente una responsabilidad de las mujeres. Según lo encuestado, se pudo observar que un pequeño porcentaje de la población se traslada a su trabajo fuera del caserío, hacia la ciudad capital o a la cabecera municipal y el resto de la población, forma parte de las actividades económicas del caserío.

1.1.4. División político-administrativa

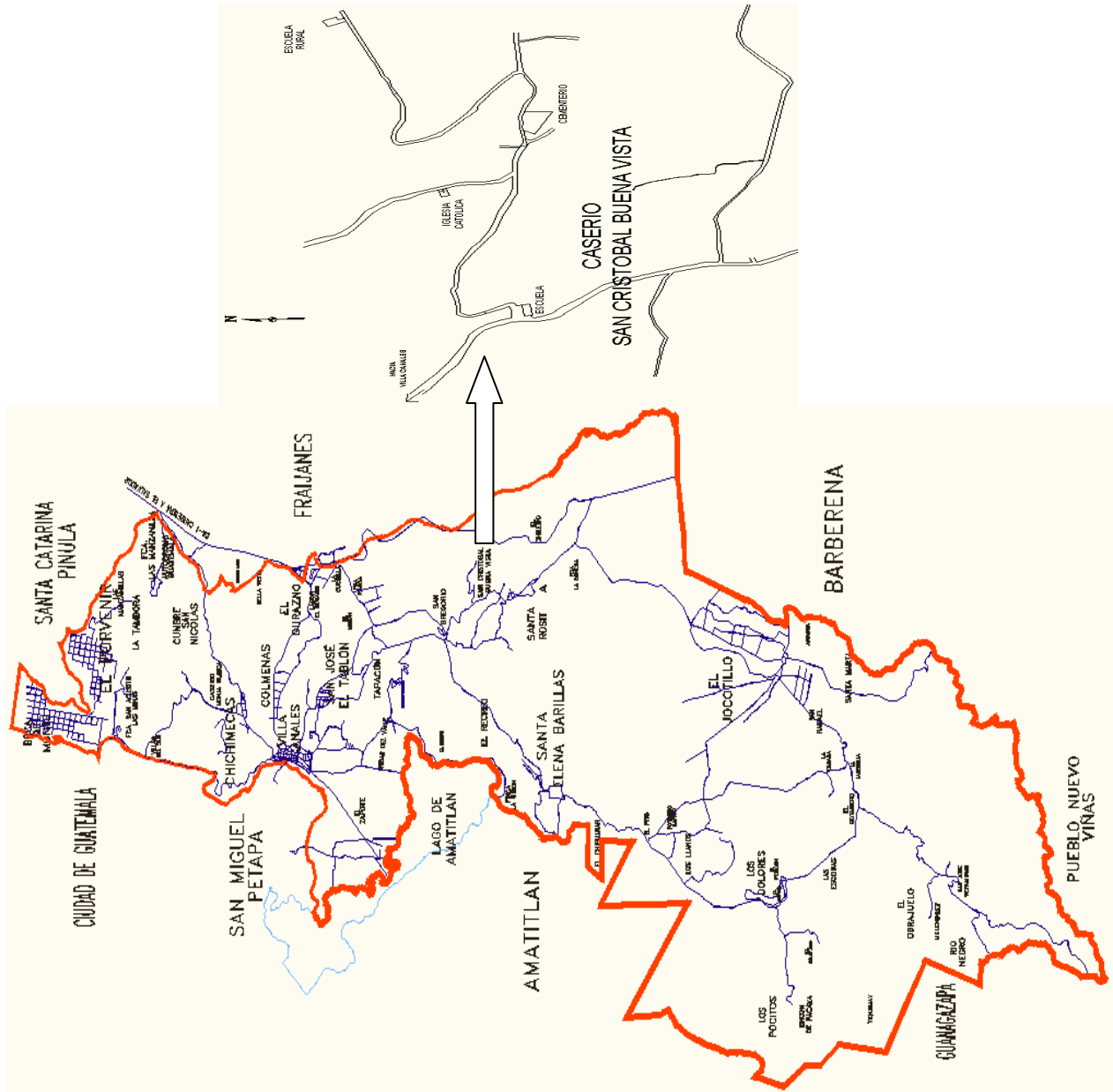
Anteriormente finca La Gloria, sus primeros dueños fueron los señores Antonio Zamora Padilla y Liandra Monterroso Valenzuela. Pero la mitad de la finca fue embargada por motivos que se desconocen. El señor Zamora Padilla heredó la mitad de la propiedad a sus hijos, éstos fueron cambiando tierras por productos de primera necesidad, ello sucedió aproximadamente en el año de 1958. El señor Maximiliano Rosales en el año de 1959 tuvo la idea de nombrar al caserío San Cristóbal Buena Vista. Actualmente ocupa el número 43 de los caseríos en lista, tiene una extensión territorial de 8 kilómetros cuadrados. Datos proporcionados por la dirección municipal de planificación DMP.

1.1.5. Ubicación y forma del lugar

El caserío San Cristóbal Buena Vista, pertenece a la aldea Santa Rosita del municipio de Villa Canales, colinda al norte con el municipio de Guatemala, al este con los municipios de Santa Catarina Pínula, Fraijanes del departamento de Guatemala, y Barberena del departamento de Santa Rosa, al sur con el municipio de San Vicente Pacaya del departamento de Escuintla y Barberena del departamento de Santa Rosa, al oeste con el municipio de Guatemala, San Miguel Petapa y Amatitlán del departamento de Guatemala y San Vicente Pacaya del departamento de Escuintla.

La topografía del lugar se caracteriza por relieves muy fuertes y sub suelo muy suelto (suelto y permeable) que al final forman un terreno de relieve moderado. Quebrado en su mayoría (aproximadamente 55%). Se encuentra en el cerro alto situado dentro del sistema montañoso formado por la faja volcánica del pacífico que se compone de rocas terciarias y cuaternarias.

Figura. 2 Ubicación



Fuente: Departamento de planificación, Municipalidad de Villa Canales.

1.1.6. Recursos hídricos y naturales disponibles

Tomando en consideración la localización del terreno y de su área de influencia de acuerdo con la clasificación de zonas de vida, pertenece a la región I o región metropolitana, la cual forma la cuenca del lago de Amatitlán, ubicándose dentro del graben de Guatemala que define la depresión del valle epónimo (sistema de tres fallas que conforman la cuenca) que inicia en la divisoria continental de aguas, formando un área que tiene influencia en la mencionada cuenca, a nivel de reconocimiento, se encuentra dentro de los siguientes contextos:

- El suelo es de origen volcánico de diferentes épocas (consolidado hasta hacerse roca), aluvión y del lado norte sedimentos eólicos, flujos de ceniza, sedimentos fluviales y lacustres.
- Según la clasificación taxonómica de suelos de *Simmos*, corresponde a las categorías taxonómicas III, V, VII de vocación forestal.
- Presenta dos zonas de vida: bosque húmedo sub-tropical templado, con vegetación: *pinus Ocarpa* (pino colorado), *ciuratella americana* (lengua de vaca), *Querius* (roble), *Byrsoninia Crassifolia* (nance). Bosque húmedo Montano bajo sub-tropical, con vegetación: *pinus Pseudostrobus* (pino triste), *Pinus Montezumae* (pino ocote), *Almos Jorullensis* (aliso), *Juniperus Comitania* (ciprés), *Ostrya* (duraznillo), Arbustos *Xalapensis* (madron de la tierra fría).
- Sobre la vegetación acuática se encuentran géneros predominantes: *Eicchornia* y *Egeria*.

- Fauna caracterizada por mamíferos pequeños como: la ardilla, conejos, serpientes, ratones, búhos y aves.
- Estratigrafía del suelo: lavas y cenizas volcánicas cuaternarias, con algunas intercalaciones locales relativamente delgadas de sedimentos fluviales, lacustres y paleo suelos, forman una cubierta casi continua sobre las rocas terciarias, cretáceas y paleozoicas. Se le conoce como Suelo Pacaya.
- Entiéndase por hidrografía la topografía marítima, es decir, el conjunto de aguas o corrientes de un territorio. Entre dichos elementos geográficos se tienen un lago, 34 ríos y 4 riachuelos y está compuesta por 10 montañas, 19 cerros (todos cultivables).

Según esta descripción en esta área se encuentran acuíferos muy productivos como lo demuestra el pozo actualmente perforado por la Empresa Equivalsa. Por medio de fondos del consejo departamental de desarrollo.

1.1.7. Religión y costumbres

Los habitantes del lugar son personas muy religiosas, y profesan en su mayoría la religión católica. En gran parte de viviendas se puede encontrar, por muy pequeña que sea ésta, un altar con numerosos santos, en los cuales confían su fe y a quienes respetan. Una parte de la población profesa la religión evangélica.

Generalmente estas celebraciones significan el encuentro de dos culturas la pre-colombina y la hispánica conllevan actividades de carácter cívico-social en la aldea Santa Rosita y el caserío San Cristóbal Buena Vista celebran su feria y día religioso como sigue: feria de la aldea Santa Rosita fecha movable Virgen de Santa Rosa y Virgen del Rosario.

Feria de San Cristóbal Buena Vista es el 31 de diciembre con la celebración del niño Jesús.

1.1.8. Índices de mortalidad y morbilidad

La tasa de mortalidad es de 1,6 casos por cada mil habitantes y la tasa de morbilidad es de 4,7 casos por cada mil habitantes en el caserío de San Cristóbal Buena Vista. Datos proporcionados por el centro de salud del municipio de Villa Canales.

1.2. Aspectos de infraestructura

1.2.1. Servicios existentes

El caserío San Cristóbal Buena Vista cuenta con servicio de telefonía domiciliar inalámbrica y celular, un puesto de salud (en la aldea Santa Rosita), cuenta también con el servicio de energía eléctrica, no cuenta con drenajes de aguas servidas, calle real con pavimento de concreto, la escuela primaria actualmente no tienen un edificio apto para recibir esta educación y lo hacen dentro de un salón abandonado de la alcaldía auxiliar, la educación básica y a nivel de diversificado, la población debe recurrir a la cabecera central del municipio o comunidades aledañas como Santa Elena Barrillas.

1.2.2. Rutas de acceso

Tiene dos accesos para llegar al caserío utilizando la ruta Interamericana CA1, desviándose a la altura del kilómetro 34 e ingresando a ruta departamental 10 de acceso municipal completamente asfaltada hasta el desvío a la carretera de terracería que conduce a unos 12 kilómetros al caserío que se encuentra a una distancia de 46 kilómetros de la capital. El otro acceso es por la carretera 01 para desviarse desde el municipio de Villa Canales, hacia Santa Elena Barrillas a 12 kilómetros en ruta pavimentada hasta el cruce donde se conduce por terracería aproximadamente 2 kilómetros hasta llegar al caserío que se encuentra a unos 36 kilómetros de la ciudad capital.

1.2.3. Organización de la comunidad

Para cada aldea existe un Consejo Comunitario de Desarrollo, encargado de promover la planificación y ejecución de proyectos de beneficio para la comunidad.

Dichos comités han participado en muchos proyectos que han venido ayudando de forma directa a la población. Estos comités como todos los vecinos de estas aldeas se encuentran en la mejor de las disposiciones para participar directamente en la ejecución de proyectos de agua y saneamiento así como en proyectos de infraestructura, estos comités cuentan actualmente con un total de 9 a 11 miembros, conformados por un presidente comunitario, secretario, tesorero y el resto de vocales.

2. DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO SAN CRISTÓBAL BUENA VISTA

2.1. Definición y conceptos

Para el consumo humano existen dos tipos de fuentes de agua son las fuentes superficiales, tales como los lagos, ríos, agua de lluvia, otro tipo de fuente son las subterráneas entre las cuales se pueden mencionar los pozos, manantiales de brotes definidos y laderas concentradas.

Esta región carece de fuentes de abastecimiento de agua cercanas, por lo que la comunidad San Cristóbal Buena Vista por medio del comité y la municipalidad gestionaron un pozo mecánico al consejo departamental de desarrollo, fueron los que proporcionaron el dinero para su ejecución.

2.1.1. Agua potable

Se entiende la que es apta para la alimentación y uso doméstico, no deberá tener sustancias o cuerpos extraños de origen biológico, orgánico e inorgánico, que la hagan peligrosa para la salud. Deberá presentar sabor agradable y ser prácticamente incolora, inolora, limpia y transparente.

El agua de uso domiciliar es el agua proveniente de un suministro público de un pozo de otra fuente, ubicada en los reservorios o depósitos domiciliarios.

2.1.2. Determinación de la calidad del agua

Gracias a la colaboración del laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria del Centro de Investigaciones de Ingeniería CII, se determinaron las características del agua obtenida en la fuente existente, las características físicas del agua fueron, el olor, el color, el sabor, pH, turbidez, y dureza, mediante este análisis se logró determinar la presencia de las sustancias químicas siguientes; amoníaco, nitratos, manganeso, cloruros, fluoruros, sulfatos, hierros, y sólidos en general, tomando en cuenta los resultados previstos en el anexo, se concluye que desde el punto de vista químico sanitario el agua sobrepasa el límite mínimo de nitritos, se combate con un sistema de aireación o desinfección con cloro, la aireación se da cuando la bomba funciona y produce burbujas de oxígeno, y a la vez cuando se trabaja con un pozo éste se mantiene aireado.

A la vez en el laboratorio se practicó el examen bacteriológico para determinar la probabilidad de contaminación de organismos patógenos que podrían causar enfermedades gastrointestinales.

Este ensayo es el más importante en sistemas de agua potable, ya que brinda información para determinar el tipo de tratamiento que se le dará al agua para que sea potable y apta para el consumo humano. De acuerdo con el examen realizado, se concluye que bacteriológicamente el agua no exige más que un simple tratamiento de desinfección. El tipo de tratamiento a realizar se detallará en la sección 2.7.

El estudio de la calidad del agua tiene una relación estrecha con las características físicas, químicas y bacteriológicas, por medio de las cuales se puede evaluar si es una sustancia sanitariamente segura y aceptable a los sentidos, es decir, se establece su potabilidad y grado de pureza; indicando si es apta o no para el consumo humano. Se realizaron dos análisis los cuales son:

- Análisis bacteriológico
- Análisis físico-químico

2.1.2.1. Muestras de agua

Con el fin de conocer las condiciones de las características físicas, químicas y bacteriológicas de la fuente de agua a una población, deben tomar muestras, en un mínimo de dos, una en época seca y otra en la lluviosa para realizar los ensayos respectivos. En todo caso, a criterio de la entidad responsable. Las muestras para exámenes físico-químicos se tomarán en recipientes perfectamente limpios y adecuados preferiblemente de plástico cuya capacidad mínima debe ser de 4 litros. Las muestras para análisis bacteriológico se tomaran en envases adecuados, esterilizados, de boca ancha y tapón hermético, cuya capacidad mínima debe ser de 100 milímetros. Las muestras de agua deben ser entregadas dentro de las 36 horas que hayan sido tomadas.

El transporte de los envases de las muestras para análisis bacteriológico debe hacerse en condiciones de baja temperatura (con hielo). Si los resultados de laboratorio determinan que el agua no cumple con los requisitos establecidos en las normas, deberá tomarse inmediatamente otra muestra de comprobación o la requerida para un análisis especial.

2.1.2.2. Examen bacteriológico

Los resultados del análisis bacteriológico, indican que el agua no presenta signos de contaminación, siendo apta para el consumo humano.

2.1.2.3. Análisis físico-químico

Según el análisis correspondiente, el agua presenta aspecto, color y turbiedad en límites máximos permisibles, los otros valores indicados se encuentran dentro de los límites máximos aceptables de normalidad.

2.1.3. Componentes del sistema de agua

La necesidad de un proyecto de agua potable para el caserío San Cristóbal Buena Vista, es de suma urgencia, para lo cual ya se cuenta con un fuente que proporciona un caudal suficiente para cubrir la demanda de la población actual y la población futura, para un período de vida útil del proyecto de 25 años.

El proyecto consiste en el equipamiento del pozo existente mediante una bomba sumergible de 50 caballos de fuerza, será necesaria la compra de una planta generadora de energía para cubrir la necesidad de la bomba, así también se construirá un tanque elevado de distribución, éste será de estructura metálica de 15 metros de altura, la red de distribución tendrá una longitud a lo largo de todo el caserío, cubriendo todas las viviendas de ésta, con tuberías de 4", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", y ½", la resistencia de la tubería será dependiendo de la ubicación y, del terreno donde se localiza cada vivienda.

Se tienen dos pasos aéreos que se anclaran en los puentes donde se conducirá la red de distribución con tubería HG. Esta distribución poblacional, se encontrará esquematizada en el plano de densidad de vivienda. Se conducirá un caudal total que cubrirá la demanda de todas las viviendas de la comunidad. Se construirán 310 conexiones domiciliarias, para la cual se colocará una línea domiciliar con tubo pvc de 1/2" con válvula de cheque y de compuerta de bronce de 1/2" con un máximo de 2 tubos por cada domicilio.

2.1.4. Fórmulas hidráulicas usadas en el diseño

Para el cálculo de la línea de conducción y red de distribución se utilizaron las ecuaciones de conservación de energía, de continuidad, y la fórmula empírica para fluidos de agua de *Hazen Williams*, con la que se determinan de las pérdidas de carga en tuberías cerradas a presión, la cual es:

Ecuación llamada teorema de *Bernoulli*:

Energía en la Sección 1 + Energía añadida – Energía pérdida – Energía extraída = Energía en la Sección 2

$$\left(\frac{P_1}{w} + \frac{V^2_1}{2g} + Z_1\right) + HA + HL + HE = \left(\frac{P_2}{w} + \frac{V^2_2}{2g} + Z_2\right)$$

Fórmula *Hazen Williams*:

Calcula pérdidas reales:

$$H_f = \frac{1\,743,811141 * L * Q^{1,852}}{\emptyset^{4,87} * C^{1,852}}$$

Donde:

Hf = Pérdida de carga por fricción en metros

L = Longitud del tramo en metros

Q = Caudal conducido en litros / segundo

C = Coeficiente de fricción interna, que depende de la rugosidad del material

Para tubería PVC se adoptará 150 y para HG 100, que según fabricantes y experiencia estos son conservadores, (este valor es a dimensional).

Ø = Diámetro de la tubería en pulgadas, se trabaja con diámetros internos reales y no los comerciales.

Luego de haber conocido la energía disponible para mover el agua de un punto (A) a un punto (B) o diferencia de cotas, se asume como Hf disponible, con lo cual es posible encontrar el diámetro teórico. Al despejar la fórmula de *Hazen Williams*, queda la siguiente expresión:

$$\varnothing = \sqrt[4.87]{\frac{1\,743,811\,141 * Q^{1,852} * L}{C^{1,852} * H_f}}$$

Con el diámetro teórico, se aproxima a un diámetro comercial superior e inferior, calculando para cada diámetro la pérdida de carga, seleccionando el que de un mejor resultado al diseño hidráulico.

2.1.5. Normas para el sistema de abastecimiento de agua

Además de apegarse a las normas de la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales (UNEPAR), este estudio se diseña tomando en cuenta los siguientes criterios:

2.2. Fuente de agua

La fuente del agua se encuentra en la entrada de la comunidad, fue perforado un pozo mecánico, con una profundidad de 1 200,00 pies, debidamente entubado y preparación sanitaria como se indica en el informe de la empresa que realizó los trabajos de perforación. Se muestra en anexo No. 1.

2.2.1. Aforo

Este pozo fue perforado en el 2010 por la empresa Equipos y Válvulas, S.A. (EQUIVAL, S.A.), durante la prueba de bombeo del pozo se obtuvo un aforo de 150 galones por minuto, lo cual se considera un caudal suficiente para surtir de agua a la población en estudio y estratigrafía del pozo perfil estratigráfico del pozo. Los datos generales que se obtienen del pozo son los siguientes:

- Nivel estático del pozo = 400 pies = 121,92 metros
- Nivel Dinámico del pozo = 675 pies = 205,74 metros
- Abatimiento del pozo = 275 pies = 83,82 metros
- Profundidad del pozo = 1 200 pies = 365,76 metros

2.3. Parámetro de diseño

Fuente	Pozo
Sistema	Bombeo gravedad
Aforo	11,37 lts/seg
Período de diseño	25 años
Tipo de distribución domiciliares	Conexiones
Dotación	90 lts/hab/día
Población actual	1 426 habitantes
Población futura	3 059 habitantes
Viviendas actuales	310 viviendas
Vivienda futura	665 viviendas
Habitantes por vivienda	4,6 = 5 habitantes
Tasa de crecimiento	3,10 %
Caudal medio diario	3,18 lts/seg
Caudal día máximo	3,83 lts/seg
Caudal hora máximo	6,37 lts/seg
Factor de día máximo	1,20
Factor de hora máximo	2,00
Caudal de gasto por vivienda	0,020558112 lts/seg

2.3.1. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es la descripción y delineación detallada de la superficie de un terreno de la línea preliminar seleccionada, siguiendo las señales indicadas en el reconocimiento; el levantamiento consiste en una poligonal abierta, formada por ángulos y tangentes, donde se deberá establecer lo siguiente:

- Punto de partida
- Azimut o rumbo de salida
- Kilometraje de salida
- Cota de salida del terreno

Para el levantamiento, se calcularon en el campo, los siguientes aspectos: nivel, pendiente, posición y distancia de la línea preliminar del terreno, como también la ubicación de las viviendas y el número de habitantes por vivienda, escuela, iglesia puesto de salud, como las obras de arte, etc.

El levantamiento topográfico cumple con todos los requerimientos que necesita un constructor para ubicar un proyecto y materializar una obra en el terreno, ya que éste da una representación completa tanto del terreno en su relieve, como en las obras existentes. De esta manera, el constructor tiene en sus manos una importante herramienta que le será útil para buscar la forma más funcional y económica de ubicar el proyecto.

El levantamiento topográfico se realiza previo a un estudio de proyecto de una infra-estructura básica, el cual conlleva dos actividades: el trazo planimétrico y el trazo altimétrico, utilizando en este caso estación total con un aparato PENTAX serie CST – 225 N.

2.3.1.1. Planimetría

La planimetría sólo tiene en cuenta la proyección del terreno sobre un plano horizontal imaginario (vista en planta) que se supone es la superficie media de la tierra; esta proyección se denomina base productiva y es la que se considera cuando se miden distancias horizontales. La ubicación de éstos sobre

la superficie de la tierra, se hace mediante la medición de ángulos y distancias a partir de puntos y líneas de referencia proyectadas sobre un plano horizontal.

El conjunto de líneas que unen los puntos observados se denomina poligonal base y es la que conforma la red fundamental o esqueleto del levantamiento, a partir de la cual se referencia la posición de todos los detalles o accidentes naturales y/o artificiales de interés. La poligonal base puede ser abierta o cerrada según los requerimientos del levantamiento topográfico. Como resultado de los trabajos de planimetría se obtiene un esquema horizontal.

Para realizar el levantamiento planimétrico, se utilizó el teodolito, la cinta métrica, plomada, machete y clavos. El método utilizado fue mediante la poligonal abierta que es aquella que parte de un punto de coordenadas (X,Y), y de azimut conocido, el cual recorre el objeto del levantamiento, hasta terminar en un punto final de coordenadas (X,Y). Las distancias horizontales de las alineaciones (con la cinta métrica), y los ángulos fueron medidos directamente.

2.3.1.2. Altimetría

La altimetría se encarga de la medición de las diferencias de nivel o de elevación entre los diferentes puntos del terreno, las cuales representan las distancias verticales medidas a partir de un plano horizontal de referencia. La determinación de las alturas o distancias verticales también se puede hacer a partir de las mediciones de las pendientes o grado de inclinación del terreno y de la distancia inclinada entre cada dos puntos. Como resultado, se obtiene el esquema vertical.

Los resultados de los trabajos de altimetría y planimetría, se encuentran representados en los planos planta-perfil, adjuntos en el presente trabajo.

2.3.2. Período de diseño

Para un sistema de abastecimiento de agua o sus componentes, el período de diseño es el tiempo durante el cual la obra construida dará un servicio satisfactorio a la población que la utiliza. Para determinar el período de diseño se debe de tomar en cuenta la vida útil de los materiales, los costos de los mismos, costo de mantenimiento, la población de diseño. Las normas de la Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales UNEPAR recomiendan los siguientes períodos de diseño:

- Para obra civil se toma un periodo de 20 años
- Para equipo mecánico se toma un periodo de 5 a 10 años

El período de diseño adoptado para este proyecto es de 20 años que es el más recomendable para acueductos rurales, se tomó en cuenta tiempo de 5 años para trámites o gestiones administrativas.

2.3.3. Estimación de población futura

Por medio del levantamiento topográfico se tomó el censo poblacional y la cantidad de viviendas confirmadas que existen 310 viviendas beneficiadas del proyecto y un promedio de 4,6 habitantes por vivienda teniendo así un total de 1426 habitantes en el caserío, la tasa de crecimiento poblacional proporcionada por la municipalidad y puesto de salud del municipio de Villa Canales es de 3,10%.

Para calcular el crecimiento de una población y estimarla con cierto grado de exactitud se utilizará el método geométrico por ser el que se adapta al crecimiento de países en vías de desarrollo, y es calculado según la fórmula siguiente:

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

Donde:

Pf = Población futura (habitantes)

Pa= Población actual (habitantes)

r= Tasa de crecimiento poblacional (%)

n= Período de diseño (años)

Sustituyendo datos en la fórmula se tiene:

$$Pf = 1\ 426 \text{ hab} * (1 + 0,0310)^{25}$$

$$Pf= 3\ 059 \text{ habitantes}$$

2.3.4. Factores de consumo

Son parámetros de variación que determinan el grado de seguridad para todo diseño, como se sabe el consumo de agua no es uniforme en todas las horas del día, se puede citar como ejemplo que en las noches es casi nulo y al transcurrir de las horas se va modificando el valor de consumo. En las poblaciones pequeñas es más frecuente esta variación. Es decir que a mayor población, corresponde un factor de hora máximo de menor valor y viceversa, entre estos factores están los siguientes:

- Factor de hora máximo (FHM):

Es el número de veces que se incrementa el caudal medio diario para satisfacer la demanda en las horas de mayor consumo. Según la Unidad Ejecutora de Programas de Acueductos Rurales (UNEPAR), y el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), se tienen los siguientes parámetros: para poblaciones mayores de 1000 habitantes $FHM = 2,0$ para poblaciones menores de 1000 habitantes $FHM = (2,0 \text{ a } 3,0)$ para el presente caso en estudio se utilizará un factor de hora máximo de 2,0.

- Factor de día máximo (FDM):

Este se define como la relación que existe entre el valor de consumo máximo diario registrado en un año y el consumo medio diario relativo a ese año. Según las instituciones mencionadas anteriormente, se tienen los siguientes parámetros: para poblaciones mayores de 1000 habitantes $FDM = 1,2$ para poblaciones menores de 1000 habitantes $FDM = 1,5$ para el presente caso en estudio se utilizará un factor de día máximo de 1,2.

2.3.5. Caudales de diseño

- Caudal medio diario (Q_m):

Se refiere a la cantidad de agua que requiere una población durante un día, la cual se obtiene como el promedio de los consumos diarios en el período de un año. Cuando no se conocen registros, el caudal medio diario se logra del producto de la dotación adoptada por el número de habitantes: es la estimación del consumo de agua en un día para que una persona cubra sus necesidades personales, se expresa en litros por habitante por día, (L/hab/día).

Para poder establecer una dotación se deben de tomar en cuenta factores como: clima, tipo de abastecimiento y actividad productiva. De acuerdo con especificaciones de la Unidad Ejecutora de Programas de Acueductos Rurales (UNEPAR), y el Instituto de Fomento Municipal (INFOM), establece que los servicios de conexiones domiciliar con opción a varias unidades o grifos por vivienda, se les calcule la dotación dentro de un parámetro de 90 a 170 litros por habitante por día. Para el presente proyecto en estudio y tomando todos estos factores, parámetros y siendo el clima templado con un caudal por bombeo alto se asume una dotación de 90 litros/ habitante/ día.

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

Donde:

Q_m = Caudal medio diario (L/s)

Dot = Dotación (L/hab/d)

P_f = Población futura (hab.)

$$Q_m = \frac{90 \text{ lts/hab/d} * 3\ 059 \text{ hab}}{86\ 400 \text{ seg/d}}$$

$$Q_m = 3,19 \text{ lts/seg}$$

- Caudal máximo diario (Q_{md})

El caudal máximo diario se utiliza para diseñar la línea de conducción del proyecto. Es el máximo consumo de agua durante las 24 horas observado en el período de un año. Para compensar la variación de consumo existe un porcentaje de incremento, se le denomina factor de día máximo, y su valor está en función del tamaño de la población, clima y sus costumbres.

El factor de día máximo que se utiliza en el área rural y con una población mayor de 1000 habitantes es de 1,2 tomando como referenciales normas de UNEPAR-INFOM. En este proyecto que es un clima templado se utilizó 1,2.

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

Donde:

Q_{md} = Caudal máximo diario o caudal de conducción

FDM = Factor de día máximo

Q_m = Caudal medio diario

$Q_{md} = 1,2 * 3,19 \text{ lts/seg}$

$Q_{md} = 3,83 \text{ lts/seg}$

El caudal de aforo 11,37 lts/s es mayor que el caudal de día máximo 3,83 L/s esto indica que es suficiente para la demanda proyectada a 25 años con una dotación de 90 lts/hab/d.

- Caudal máximo horario (Q_{mh})

El caudal máximo horario se utiliza para el diseño hidráulico de la red de distribución del proyecto. Es el máximo consumo observado durante una hora del día en el período de un año. Para compensar la variación de consumo existe un porcentaje de incremento, se le denomina Factor de hora máximo, y su valor está en función del tamaño de la población, clima y sus costumbres. El factor de hora máximo que se utiliza en el área rural y con una población mayor de 1000 habitantes es de 2 a 3, tomando como referencia las normas de UNEPAR-INFOM. En este proyecto que es un clima templado se utilizó 2.

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

Donde:

Qmh = Caudal máximo horario o caudal de distribución

FHM = Factor de hora máximo

Qm = Caudal medio diario

$Qmh = 2,00 * 3,19 \text{ lts/seg}$

$Qmh = 6,38 \text{ lts/seg}$

2.3.6. Presiones máximas y mínimas

Las presiones en la línea de conducción no deben exceder el 80% de la presión de trabajo de las tuberías; en las redes de distribución la presión deservicio debe estar en el rango de 10 a 60 metros columna de agua (m.c.a), la presión mínima de llegada a cualquier obra de arte y en cualquier línea será de 6 m.c.a., como también la presión hidrostática máxima será de 90 m.c.a.

- Velocidades mínimas y máximas

De conformidad con las normas de UNEPAR, se adoptarán las siguientes velocidades de diseño: línea de conducción velocidad mínima 0,30 m/seg, velocidad máxima 3,00 m/seg, línea de distribución velocidad mínima 0,60 m/seg, velocidad máxima 2,00 m/seg.

2.4. Diseño hidráulico

Población y demanda para un período de 10 años que es lo que se estima la vida útil de todo equipo mecánico, como se indica en la sección 2.3.2.

Utilizando la fórmula de incremento geométrico para el cálculo de la población futura.

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

$$Pf = 1\,426 * (1+3,1/100)^{10}$$

$$Pf = 1\,935 \text{ habitantes}$$

Donde:

Pf = Población futura (hab)

Pa = Población actual (hab)

r = Tasa de crecimiento (%)

n = Período de diseño (años)

Considerando que el caserío tiene clima templado y es semi urbana. Por lo anterior se toma una dotación de 90 lts/hab/d. Determinación de caudales demandados.

- Caudal medio diario (Qm):

$$Qm = \frac{\text{Dot} * Pf}{86\,400}$$

$$Qm = \frac{90 \text{ ltd/hab/d} * 1\,935 \text{ hab}}{86\,400 \text{ seg/d}}$$

Donde:

Dot = dotación 90 lts/hab/d

Pf = población futura 1 935 hab

Qm = 2,02 ltd/seg

- Caudal máximo diario (Qmd):

El caudal máximo diario se utiliza para el cálculo de la línea de conducción.

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

FDM = factor de día máximo = basado en criterios básicos de diseño para poblaciones futuras mayores de 1000 habitantes se usa un factor de 1.2.

Q_m = caudal medio diario = 2,02 lts/seg.

$$Q_{md} = 1,2 * 2,02 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{md} = 2,42 \text{ lts/seg}$$

- Caudal máximo horario (Q_{mh})

El caudal máximo horario se utiliza para el cálculo de la línea de distribución.

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

FHM = factor de hora máxima = basado en criterios básicos de diseño para poblaciones futuras mayores de 1 000 habitantes se usa un factor de 2,0.

Q_m = caudal medio diario = 2,02 lts/seg

$$Q_{mh} = 2,0 * 2,02 \text{ lts/seg}$$

$$Q_{mh} = 4,04 \text{ lts/seg}$$

- Resumen bases de diseño para el equipo de bombeo:

Viviendas actuales (año 2010)

310

Población actual (año 2010)	1426 hab
Densidad de población (año 2010)	46hab/viv
Tasa de crecimiento	3,10 %
Viviendas de diseño (año 2020)	421 viv
Población de diseño (año 2020)	1 935 hab
Población de diseño (año 2035)	3 059 hab
Dotación	90 lts/hab/d
Consumo medio diario (cmd)	2,02 lts/seg
Consumo máximo diario (CMD)	2,42 lts/seg
Caudal de bombeo (Qb)	5,28 lts/seg
Consumo máximo horario (CMH)	4,04 lts/seg
Producción mínima del pozo	150 gpm = 11,37 lts/seg
Altura total de bombeo (pozo-T.D.)	45,05 m

Potencia estimada del equipo de bombeo 50 HP Factor de día máximo.

1,2 factor de hora máxima

2,0 horas de bombeo (año 2010)

8,11 horas de bombeo (año 2020)

11 horas de bombeo (año 2035)

17,5 hora Almacenamiento 100 m³

2.4.1. Tipos de tuberías

En los acueductos intervienen las tuberías como elementos principales del sistema. Por ello la selección del material a emplear debe hacerse atendiendo a diversos factores que permitirán lograr el mejor diseño. De acuerdo al material de fabricación, las tuberías más frecuentemente utilizadas son:

- Tuberías de hierro fundido (HF)

La tubería de hierro fundido es fabricada mediante la fundición de lingotes de hierro, carbón, cobre y piedra caliza. Sus características son:

- Es un material muy durable
- Material más pesado
- Frágil
- De fácil incrustación
- Material caro
- Accesorios muy especiales
- Los diámetros son de 2" a 4"
- El coeficiente de rugosidad para *Hazen Williams* es de:

Nuevo.....	130
Con 20 años.....	100
Con 20 años y agua incrustante.....	90

- Tuberías de hierro galvanizado (HG)

Llamado también de Acero Galvanizado, HG 700 PSI., pues su fabricación se hace mediante e proceso de templado de acero.

Sus características son:

- Material muy tenaz
 - Clase peso *stándard* (Cédula 40)
 - Clase extra-fuerte (Cédula 80)
 - Clase doble extra-fuerte

- Fabricado sin costura
- Extremos roscados o lisos
- Accesorios de hierro maleable galvanizado
- De fácil incrustación
- Atacado por la acidez de los suelos
- Tuberías de hierro fundido dúctil (HFD)

Es más homogéneo que el hierro fundido y posee las siguientes características:

- Es durable
- Material pesado
- Presiones de trabajo parecidas a las del acero
- Puede obtenerse con recubrimiento interno de cemento (*Cement Lined*)
- No se incrusta
- Coeficiente de rugosidad de 140
- Es costosa
- Diámetros de 2" a 24" o más
- Tuberías de material plástico (PVC)

Se fabrican mediante la plastificación de polímeros, siendo el más usado el policloruro de vinilo (PVC) en forma granular. Sus características son:

- Es durable
- Liviano
- Presiones de trabajo según clase:

315 lbs/plg ² (psi)	221,83 m.RD-13,5
250 lbs/plg ² (psi)	176,18 m.RD-17

160 lbs/plg ² (psi)	112,26 m.RD-26
125 lbs/plg ² (psi)	88,09 m.RD-32,5
100 lbs/plg ² (psi)	70,42 m.RD-41
75 lbs/plg ² (psi)	52,82 m.RD-61

- Módulo de elasticidad 3×10^4 Kg/cm²
- No se incrusta
- No puede estar expuesta al sol
- Muchas facilidades de empalme a accesorios
- Costo razonable
- Diámetros de 1/2" a 12"

2.4.2. Accesorios

Se construirán 310 conexiones domiciliarias, para la cual se colocará una llave de cheque, con una válvula de compuerta de bronce 1/2" y línea domiciliar con tubo pvc de 1/2", máximo de 2 tubos por cada domicilio.

2.5. Línea de conducción

- Caudal de bombeo (Qb)

El valor de Qb se utiliza para el cálculo de la línea de bombeo y se determina multiplicando el caudal máximo diario por 24 horas del día, dividido por el número de horas de bombeo diario final, el cual puede variar entre 8 y 12 horas por día, para motores diesel, lo cual deberá hacerse un balance entre lo técnico y lo económico, y determinar el número de horas de bombeo óptimo. Para este caso ya se cuenta con un pozo que provee un caudal de 11,37 lts/seg. Se tomará un tiempo de bombeo de 11 horas.

$$Q_b = Q_{md} * \frac{24 \text{ horas}}{H_{bf}}$$

Q_{md} = caudal máximo diario = 2,42 L/s

Q_b = caudal de bombeo

$$Q_b = 2,42 * \frac{24 \text{ horas}}{11}$$

$Q_b = 5,28$ lts/seg

Donde

Q_{md} = Caudal máximo diario = 2,42 lts/seg

H_{bf} = Horas de bombeo diario final = 11 horas

Horas de bombeo diario actual = H_{ba}

P_a = población actual = 1 426 hab

P_f = población futura = 1 935 hab

$$H_{ba} = P_a * H_{bf} / P_f$$

$$H_{ba} = 1\,426 * 11 / 1\,935$$

$H_{ba} = 8,11$ horas = 8 horas 6 minutos

Conforme el crecimiento poblacional calculado, la necesidad de bombeo varía entre 8,11 horas diarias actualmente y 11 horas diarias dentro de 10 años, es decir en el 2020.

- Diámetro de tubería de impulsión

Se determinará el diámetro económico de tubería que se utilizará para conducir el agua del pozo al tanque de almacenamiento, se calcula con la siguiente fórmula:

$$\varnothing = 1,8675 * \sqrt{Qb} \text{ (pulgadas)}$$

\varnothing = diámetro de tubería

Qb = caudal de bombeo = 5,28 lts/seg

$$\varnothing = 1,8675 * \sqrt{5,28}$$

\varnothing = 4,29 plg

\varnothing = 4 plg

- Velocidad del fluido

En todo diseño hidráulico, es necesario revisar la velocidad de líquido para poder determinar si ésta se encuentra en los límites permisibles. Es importante porque de ésta depende que no se formen sedimentos y no existan desgastes. Según INFOM, la velocidad del líquido en condiciones forzadas, para que no existan sedimentación o desgastes, está entre 0,3 m/seg., como mínimo y 3,0 m/seg., como máximo y se calcula con la siguiente fórmula:

$$V = 1,974 \frac{Qb}{\varnothing^2} \text{ (m/seg)}$$

V = velocidad (m/s)

Qb = caudal de bombeo = 5,28 lts/seg

\varnothing = 4 pulgadas

$$V = 1,974 \frac{5,28}{4^2}$$

V = 0,65 m/seg

Nota: para efectos de diseño se adoptará el diámetro de fábrica de 4 pulgadas, permanecerá en la superficie se tomará el tipo HG 700 psi.

Según datos proporcionados por el estudio hidrogeológico. La bomba se instaló a una profundidad de 807 pies con 16 etapas con una bomba de potencia de 50 caballos de fuerza (HP). Perdida de altura dentro de la profundidad del pozo y de donde se coloca el sello sanitario, en nuestro caso es de 160 pies. Profundidad de pozo = 1200 pies = 365,76 m. Nivel Estático: (NE). Distancia desde la superficie al nivel del espejo del agua en metros.

Nivel estático = 400 pies = 121,92 m

Nivel dinámico:(ND)

Es la distancia de la superficie del agua al nivel que adquiere el espejo del agua durante el proceso de bombeo en metros.

Nivel de bombeo o dinámico = 675 pies = 205,74 m

Abatimiento: (A)

Es la diferencia de alturas entre el nivel estático y el nivel dinámico en metros. Abatimiento = 205,74 m – 121,92 m = 83,82 m

Altura de descarga: (AD)

Es la distancia vertical a la que hay que subir el agua, mediante el nivel del suelo hasta el borde superior del tanque de almacenamiento.

Altura del pozo al tanque = 30,05 m

Altura de la torre al tanque = 15,00 m

Altura bomba sobre la superficie = 45,05 m

Altura de descarga = 160 pies = 48,77 m + 45,05 m = 93,82 m

Línea de tubería de impulsión = 298,43 m

Pérdidas por fricción en tubería de succión:

$$H_f = \frac{1\,743,811141 * L * Q^{1,852}}{\emptyset^{4,87} * C^{1,852}}$$

$$H_{fs} = \frac{1\,743,811141 * 245,97 * 5,28^{1,852}}{4^{4,87} * 100^{1,852}}$$

H_{fs} = 2,16 m

Donde

H_{fs} = Pérdida de carga por fricción en m.c.a.

L = Longitud del tramo = 245,97 m

Q = Caudal de bombeo = 5,28 lts/seg

∅ = Diámetro de la tubería = 4 plg

C = Coeficiente de rugosidad HG = 100

Pérdidas por fricción en tubería de impulsión:

$$H_f = \frac{1\,743,811141 * L * Q^{1,852}}{\emptyset^{4,87} * C^{1,852}}$$

$$H_{fi} = \frac{1\,743,811141 * 313,43 * 5,28^{1,852}}{4^{4,87} * 100^{1,852}}$$

$$H_{fi} = 2,75 \text{ m}$$

Donde

H_{fi} = Pérdida de carga por fricción en m.c.a.

L = Longitud del tramo = 313,43 m

Q = Caudal de bombeo = 5,28 lts/seg

\varnothing = Diámetro de la tubería = 4 plg

C = Coeficiente de rugosidad HG = 100

Pérdidas por velocidad.

$$H_{f \text{ vel.}} = \frac{V^2}{2 * g}$$

$$H_{f \text{ vel.}} = \frac{0,65^2}{2 * 9,8}$$

$$H_{f \text{ vel.}} = 0,022 \text{ m}$$

Donde

V^2 = Velocidad al cuadrado = $(0,65 \text{ m/seg})^2$

g = Constante gravitacional = $9,8 \text{ m/seg}^2$

Pérdidas por accesorios y menores

$$H_{f \text{ menores}} = K * \left(\frac{V^2}{2 * g} \right)$$

V^2 = Velocidad al cuadrado = $(0,65 \text{ m/seg})^2$

g = Constante gravitacional = $9,8 \text{ m/seg}^2$

K constante a 8,2

$$H_f \text{ menores} = 8,2 * \left(\frac{0,65^2}{2 * 9,8} \right)$$

$$H_f \text{ menores} = 0,18 \text{ m}$$

Carga dinámica total CDT.

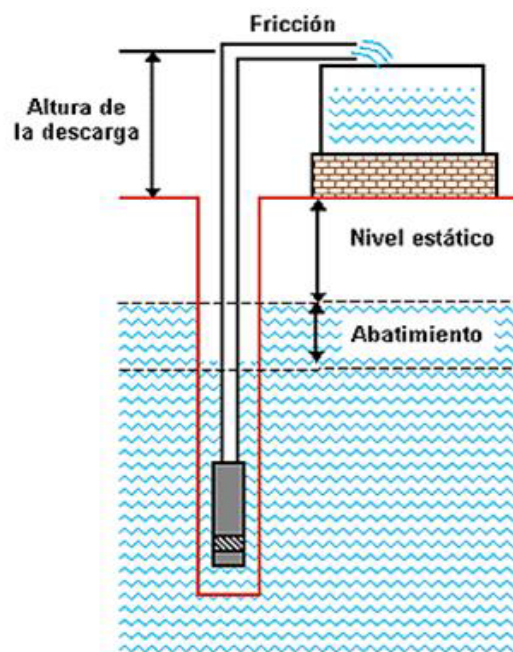
$$CDT = NE + ND$$

$$CDT = NE + A + AD + Hfs + Hfi + Hfvel + Hfmenores$$

$$CDT = 121,92 + 83,82 + 93,82 + 2,16 + 2,75 + 0,022 + 0,18$$

$$CDT = 304,67 \text{ m.c.a.}$$

Figura 3. **Detalles sistema de bombeo**



Fuente: sitio web http://solar.nmsu.edu/wp_guide/hidráulica.html, 08 de marzo de 2011

- Potencia de la bomba: la potencia de la bomba, garantiza el buen funcionamiento y rendimiento del sistema y se obtiene de la siguiente manera:

Fórmula utilizada:

$$P = R \frac{CDT * Q_b}{76 * e}$$

$$P = 1,2 * \frac{304,67 * 5,28}{76 * 0,70}$$

$$P = 36,29 \text{ kw}$$

Donde

P = Potencia de conjunto motor-bomba en kilovatios 36,29 KW * 1,341

P = 48,66 HP

R = reserva de energía del motor = 20%

CDT = Altura manométrica = 304,67 m.c.a.

e = eficiencia de la bomba = 0,70

Se adoptó una bomba trifásica de 50 H. P.

- Golpe de ariete

El golpe de ariete es una sobre presión que existe en la bomba debido a una onda expansiva que se crea en un instante determinado, en el cual la bomba deja de bombear agua y crea espacios con aire y cierta cantidad de agua se precipita por efecto de la gravedad y llega a la bomba con una gran cantidad de energía que daña la bomba y se calcula por medio de la siguiente

fórmula: con el objeto de limitar el golpe de ariete en las instalaciones de bombeo, pueden ser tomadas las siguientes medidas de protección.

- Instalaciones de válvulas de retención o válvulas check, para cierre, de buena calidad.
- Empleo de tubos capaces de resistir la presión máxima prevista (generalmente dos veces la presión estática).
- Adopción de aparatos que limiten el golpe, tales como válvulas de alivio Limitación de la velocidad en las tuberías.
- Cierre lento de válvulas o registros, construcción de piezas que no permitan la obstrucción muy rápida.
- Empleo de válvulas o dispositivos mecánicos especiales, válvulas de alivio cuyas descargas impiden valores excesivos de presión.
- Datos para el cálculo del golpe de ariete para el sistema propuesto.

Longitud (L) = 298,43 metros

Diámetro (D) = 4" = 0,1143 metros

Espesor (e) = 0,00602 metros

Carga (H) = 304,67 metros

Tiempo de cierre de la válvula de retención (ζ) = 8 segundos

Velocidad media (V) = 0,65 metros/segundo

- Cálculo de la celeridad

$$C = 9900 / (48,3 + k (D/e))$$

Donde el valor de k se encuentra en función de los módulos de elasticidad del agua y la tubería, para el caso de la tubería de

HG, el valor de k = 1

$$C = 9900 / (48,3 + 1 * (0,1143 / 0,00602))$$

Diámetro (D) = 4" = 0,1143 metros

Espesor (e) = 0,00602 metros

$$C = 146,99 \text{ m/seg}$$

Entonces se calcula el tiempo de cierre de la válvula con esta celeridad:

$$T = 2 * L / C$$

$$C = 146,99 \text{ m/seg}$$

L = longitud de línea de impulsión = 298,43 metros

$$T = 2(298,43 / 146,99)$$

$$T = 4,06 \text{ segundos}$$

$$4,06 \text{ segundos} < (\zeta) = 8 \text{ segundos}$$

Por lo tanto el tiempo de cierre es mayor al tiempo calculado con esta celeridad, con lo que la maniobra se considera lenta y el golpe de ariete no afecta nuestro sistema.

Ahora la sobrepresión será de:

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

Donde

G.A. = golpe de ariete en metros (m)

v = Velocidad del agua en la tubería (m/s)

∅ = Diámetro interno de la tubería (cm)

e = Espesor de la tubería (cm)

Et = Módulo de elasticidad del material (kg/cm²)

Ea = Módulo de elasticidad del agua (kg/cm²)

Sustituyendo valores en la ecuación anterior se tiene que:

$$G.A. = \frac{145 * 0,65 \text{ m/seg}}{\sqrt{1 + \frac{20670 \text{ kg/cm}^2 * 11,43 \text{ cm}}{2100000 \text{ kg/cm}^2 * 0,602 \text{ cm}}}}$$

G.A. = 86,51 m.c.a.

En caso extremo:

$$\text{Presión} = \text{CDT} + \text{G.A.}$$

Presión = 304,67 m.c.a. + 86,51 m.c.a.

Presión = 391,18 m.c.a.

Nota: por lo tanto se concluye que la tubería para la línea de carga de este sistema se utilizará de tubería de hierro galvanizado (HG) de 700 PSI. Para este caso se requiere de una válvula de alivio de 4" de una capacidad de 700 PSI, para una presión de 400 m.c.a.

2.6. Tanque de almacenamiento

Diseño del tanque elevado: el tanque elevado de distribución tiene 3 funciones principales que son:

- Cubrir la demanda de agua en horas de mayor consumo.
- Regular las presiones en la red de distribución, evitando el bombeo directo de la misma.
- Atender emergencias.

Dentro del presente estudio la altura del tanque será de 15 metros, dentro de esto se tiene previsto cubrir las normas de presiones mínimas de 10 metros columnas de agua, para el caso más desfavorable dentro del sistema, y de 40 metros columna de agua, para el caso que se tenga la presión máxima.

- Volumen de almacenamiento: el volumen de este tanque de distribución deberá ser de por lo menos un 25%, 30%, 35%, del caudal medio diario, esto en función del clima del lugar y al margen de eventualidades.

Fórmula General:

$$\text{vol} = \frac{(\% Q_m 86\ 400)}{1\ 000}$$

$$\text{vol} = \frac{(0,35 \times 3,19 \times 86\ 400)}{1\ 000}$$

Volumen tanque = 96,47 metros cúbicos

Volumen tanque aproximado= 100 metros cúbicos

- Partes de un tanque elevado: los tanques elevados son por lo regular de forma cilíndrica, por trabajar de mejor forma, apoyándose del terreno por medio de una torre de soporte de una altura previamente establecida, la cual descansará a la vez en sus cimientos.
- Cubierta del tanque: puede diseñarse plana o de forma cónica, su función es cubrir el tanque de la intemperie, en esta se encuentra el acceso al interior del tanque y tiene además un área de ventilación.

Para este caso se diseñará una cubierta cónica la cual tendrá una altura de 0,60 metros de alto.

- Cuerpo del tanque

Las paredes del cilindro y el fondo soportarán la presión ejercida por el agua y se construirá utilizando lamina negra Norma A-36. Para este caso se tomó como base un diámetro de 4,85 metros, determinando la altura del cilindro de la siguiente forma:

Diámetro = 4,85 m

Radio = 2,425 m

$$V_{\text{cil}} = \pi * r^2 * h$$

$$h = \frac{V_{\text{cil}}}{\pi * r^2}$$

$$h = \frac{100}{\pi * (2,425)^2}$$

Altura cuerpo de tanque = 5,41 metros

Entonces si tomamos $h = 5,20$ en la fórmula se tendrá un volumen de:

$$\text{Vol} = \pi * r^2 * h$$

$$\text{Vol} = \pi * (2,425)^2 * 5,2$$

$$\text{Vol} = 96,06 \text{ metros cúbicos}$$

- Fondo del tanque

El fondo tendrá forma de cono invertido para soportar mayores presiones. La altura del cono será la mitad del diámetro del tanque, pudiendo variar este valor.

$$\text{vol:} = \pi * r^2 * \frac{h}{3}$$

$$\text{vol:} = 3,141516 * 2,425^2 * \frac{1}{3} = 6,16 \text{ mts}^3$$

Volumen del cono 6,16 metros cúbicos.

- Volumen total

Sumando el volumen del cilindro y el fondo cónico se obtiene el volumen total de almacenamiento del tanque.

$$V \text{ total} = V_{\text{cil}} + V_{\text{cono}}$$

$$V \text{ total} = 96,0 + 6,16 = 102,23$$

$$\text{Volumen Total} = 102,23 \text{ metros cúbicos}$$

Por lo tanto el dimensionamiento del tanque sí cumple con la demanda exigida por el volumen necesario del tanque de distribución, la cual es de 100 metros cúbicos.

- Torre de soporte

Los tanques elevados se apoyan sobre el terreno por medio de una torre, la cual está constituida generalmente por 4 columnas con una ligera inclinación y una serie de elementos diseñados a compresión y tensión (*breysas*). Las columnas tendrán una inclinación sobre el eje vertical del 25% de la altura del tanque, como se indica a continuación:

$$L = H * 25 \%$$

Donde

L = Distancia de inclinación con respecto al eje horizontal

H = Altura del tanque en metros

% = Porcentaje de inclinación de las columnas de la torre

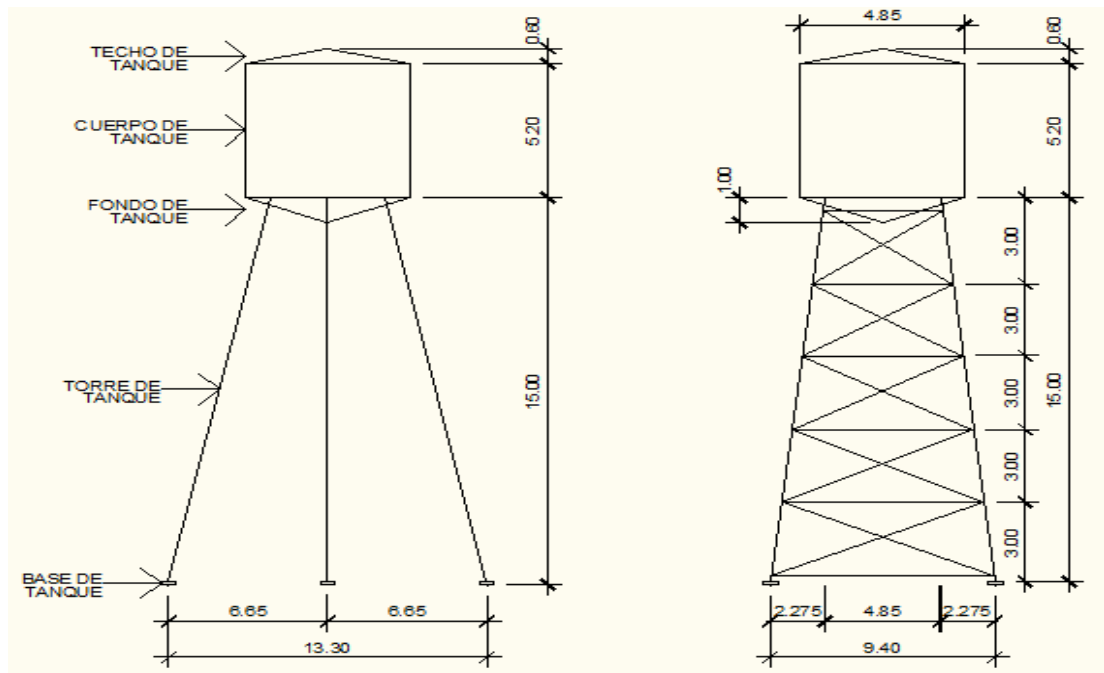
$$L = 15,00 * 25\% = 3,75 \text{ metros}$$

Entonces por medio del teorema de Pitágoras, se tiene que la base del tanque será de 8,77 metros. Para la separación entre arriostres debe considerarse que el primero debe encontrarse a una altura sobre el nivel del suelo de 0,3 a 1,00 metros, dividiendo posteriormente el resto de la altura para obtener la distancia entre arriostres, según especificaciones de AISC.

Para un tanque elevado entre 14 a 18 metros de altura se determina una distancia de 3,25 a 4,50 metros entre arriostres. Para el presente diseño se

tomará la primera ubicación del arriostre a 0,30 metros y luego se colocarán a 3,00 metros cada arriostre.

Figura 4. Partes del tanque y sus dimensiones



Fuente: elaboración propia.

- Cimentación del tanque

Está constituida por zapatas aisladas cuadradas y reforzadas en ambos sentidos y un cimiento corrido. La columna metálica se colocará sobre un pedestal de concreto, el cual será apoyado a su vez sobre la zapata aislada.

La construcción de la cimentación se hallará sometida a la acción de las siguientes fuerzas:

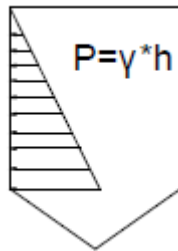
- Peso propio de la estructura
- Peso del agua
- Fuerza de viento o de sismo

Para tener una idea más clara del sistema ver plano de dimensiones del tanque.

- Diseño de las paredes del tanque

La carga ejercida sobre las paredes del tanque se puede definir por la fórmula que se describe a continuación:

Figura 5. **Carga ejercida sobre la pared del tanque**



Fuente: elaboración propia.

$$T = (P * r) \quad T = \gamma * h * r$$

T = Carga ejercida sobre la pared

P = Carga ejercida por el agua en kg/m

r = Radio del tanque en metros

h = Altura del tanque en metros

γ = Peso específico del agua 1000 kg/m³

Entonces de esta fórmula se obtiene la carga ejercida en el cono inferior y el primer anillo que es donde actúa la mayor presión, la cual es igual a:

$$P = \gamma * h * r$$

$$P = 1\,000 \text{ kg/m}^3 * 5,20 \text{ m} * 2,425 \text{ m} = 12\,610 \text{ kg/m}$$

Tomando una franja unitaria de 1 metro en el perímetro del tanque:

$$P = 12\,610 \text{ Kg/m} * 1 \text{ m} = 12\,610 \text{ kg}$$

Para el cálculo del espesor de la lámina a utilizar, se toma un resistencia de acero F_y :

$$F_y = 36\,000 \text{ lbs/pulg}^2 = 2\,536,37 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el esfuerzo de trabajo de tensión F_s :

$$F_s = 0,45 F_y = 0,45 * 2\,536,37 = 1\,141,37 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el área de acero (A_s):

$$A_s = \frac{P}{F_s}$$

$$A_s = \frac{12\,610}{1\,141,37}$$

$$A_s = 11,05 \text{ cm}^2$$

Se tomará una franja unitaria de 1 metro de altura, se obtiene el espesor (t) del tanque:

$$\text{Área} = 1 \text{ metro} * t$$

$$t = \frac{11,05}{100} = 0,11 \text{ cm}$$

Analizando: 0,11 cm < 0,635 cm. Para lámina 1/4"

Para analizar los siguientes anillos y la cubierta se hace el mismo análisis solo que a un tercio de la altura del cuerpo del tanque, como sigue:

$$P = \gamma * h * r$$

$$P = 1\,000 \text{ kg/m}^3 * 5,20/3 \text{ m} * 2,425 \text{ m} = 4\,203,33 \text{ kg/m}$$

Tomando una franja unitaria de 1 metro en el perímetro del tanque:

$$P = 4\,203,33 \text{ kg/m} * 1 \text{ m} = 4203,33 \text{ kg}$$

Para el cálculo del espesor de la lámina a utilizar, se toma una resistencia de acero F_y de:

$$F_y = 36\,000 \text{ Lb/pulg}^2 = 2536,37 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el esfuerzo de trabajo de tensión (F_s):

$$F_s = 0,45 F_y = 0,45 * 2536,37 = 1141,37 \text{ kg/cm}^2$$

Calculando el área de acero (A_s):

$$A_s = \frac{P}{F_s}$$

$$A_s = \frac{4203,33}{1141,37}$$

$$A_s = 3,68 \text{ cm}^2$$

Se tomará una franja unitaria de 1 metro de altura, se obtiene el espesor (t) del tanque:

$$\text{Area} = 1 \text{ metro} * t$$

$$t = \frac{3,68}{100} = 0,0368 \text{ cm}$$

Analizando 0,368 cm. < 0,476 cm. Para lámina de 3/16"

Por análisis se toman los espesores mínimos de lámina negra Norma Ha-36 de 1/4 de pulgada, en el cono inferior y el primer anillo, los anillos superiores y la cubierta se propone un espesor de 3/16 de pulgada.

- Diseño de la torre de soporte

Las cargas ejercidas sobre las torres de soporte serán las siguientes:

$$P_w := [(\pi * r^2 * h) * \gamma] + \left[\left(\pi * r^2 * \frac{h}{3} \right) * \gamma \right]$$

Donde:

P_w = carga ejercida por el agua a todo el tanque

P_i = constante para el cálculo del área de un círculo

r = radio del tanque en metros

h = altura del tanque en metros

H = altura del cono en metros

γ = peso específico del agua

De esta fórmula se obtiene la carga ejercida:

$$P_w := [(3,141592 * 2,425^2 * 5,2) * 1000] + \left[\left(3,141592 * 2,425^2 * \frac{1}{3} \right) * 1000 \right]$$

$$P_w = 102\,225,72 \text{ kg}$$

La carga para soldadura (f) se encuentra en función del peso total del agua dividido entre el perímetro del cilindro dando un valor de:

$$f = \frac{P_w}{2 * \pi * r}$$

$$f = \frac{102,225.72 \text{ kg}}{2 * 3,141592 * 2,425 \text{ m}}$$

$$f = 6\,709\,17 \text{ Kg/m}$$

$$f = 374\,91 \text{ lbs/plg}^2$$

Según la *American Institute of Steel Construction* (AISC) este valor comparado con la resistencia aproximada que resiste la soldadura es de 2000 lbs/pulg² encontrándose dentro de los límites aceptables del diseño de soldaduras.

Peso del acero: referencias, abreviaturas y constantes

Peso específico del acero P. E. = 490 lbs/ pie³ = 7,800 kg / m³

t = espesor lámina de acero = 0,00635 metros (1/4 plg)

Pi = constante para el cálculo del área de un círculo

d = diámetro del cilindro en metros

h = altura del cilindro en metros

Ac = área del cilindro en metros cuadrados

As = área del cono superior en metros cuadrados

hs = altura del cono superior en metros

hi = altura del cono inferior en metros

r = radio del cilindro y de los conos en metros

$$Ac = \pi * \emptyset * h = 3,141592 * 4,85 * 5,20 = 79,23 \text{ m}^2$$

$$As = \pi * r * (r^2 + hs^2)^{\frac{1}{2}} = 3,141592 * 2,425 (2,425^2 + 0,60^2)^{\frac{1}{2}} = 19,03 \text{ m}^2$$

$$Ai = \pi * r * (r^2 + hi^2)^{\frac{1}{2}} = 3,141592 * 2,425 (2,425^2 + 1^2)^{\frac{1}{2}} = 19,98 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso Acero} = (Ac + As + Ai) * t * PE$$

$$\text{Peso del acero} = (79,23 + 19,03 + 19,98) * 0,0635 * 7\ 800 = 5\ 856,43 \text{ Kg}$$

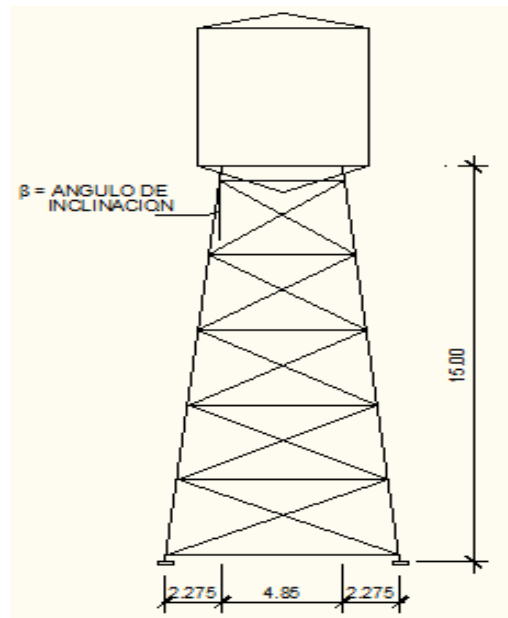
Peso Total = peso del agua + peso del acero

$$\text{Peso total} = 102\ 225,72 + 5\ 856,43 = 108\ 082,15 \text{ Kg}$$

Carga exacta para cada columna: por aproximación 110 000 kg. Carga exacta por columna = 27 500 Kg ó 27,5 toneladas Por estar las columnas inclinadas, estarán en función de una carga resultante la cual se calcula encontrando el ángulo de inclinación de las columnas de la torre (figura N 6.)

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{2,275}{15,00} \right) = 8,62^\circ$$

Figura 6. **Ángulo de inclinación**



Fuente: elaboración propia.

La carga Resultante:

$$Cr = \frac{T}{\cos \beta}$$

$$Cr = \frac{27,5 \text{ ton}}{\cos 8,62}$$

$$Cr = 27,81 \text{ toneladas}$$

- Fuerza de sismo

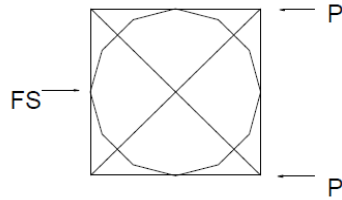
Es aconsejable para el cálculo de la fuerza de sismo tomar un valor del 20% de la carga total, aplicable sobre el tanque.

$$Fs = 0,20 * 110 \text{ ton} = 22 \text{ ton}$$

Las fuerzas de sismo actuarán en dos sentidos.

Suma de fuerzas en sentido horizontal:

Figura 7. **Fuerzas de sismo**



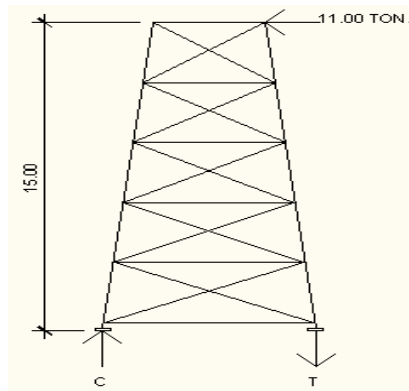
Fuente: elaboración propia.

$$F_s = 2P$$

Despejando: P

$$P = F_s/2 = 22/2 = 11 \text{ ton}$$

Figura 8. **Carga de sismo**



Fuente: elaboración propia.

Momento de sismo (MS)

$$MS = \text{Carga } P * \text{Altura del tanque}$$

Sumatoria de momentos en el punto C será igual a cero y positivos en el sentido de las agujas del reloj.

$$MS = 11 \text{ ton} * 15,00 \text{ m} = 165 \text{ ton} - \text{m}$$

$$\Sigma MC = 0 + \uparrow$$

$$F_s * H - T * L$$

$$11 \text{ ton} * (15,00 \text{ m}) - T * (8,77 \text{ m}) = 0$$

$$T = 18,81 \text{ ton}$$

Sumatoria de fuerzas:

$$\Sigma M F_y C = 0 + \uparrow$$

$$C_r + T = F_y C$$

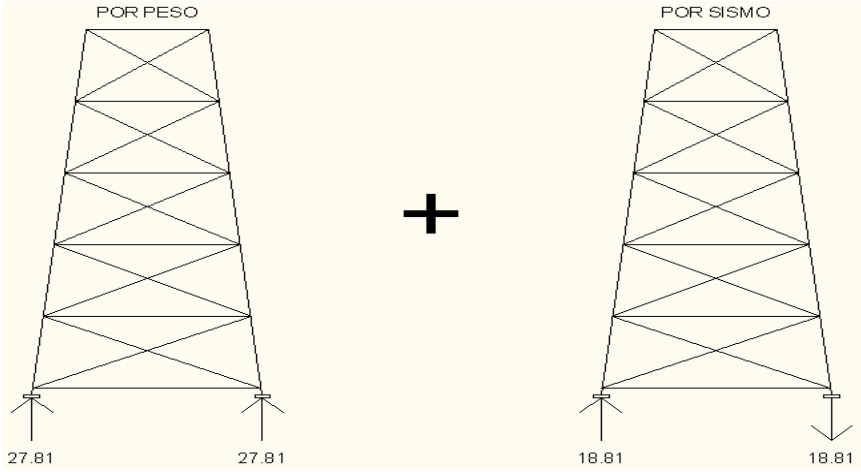
$$27,81 \text{ ton} + 18,81 \text{ ton} = 46,62 \text{ ton}$$

$$\Sigma M F_x T = 0 + \uparrow$$

$$C_r - T = F_y T$$

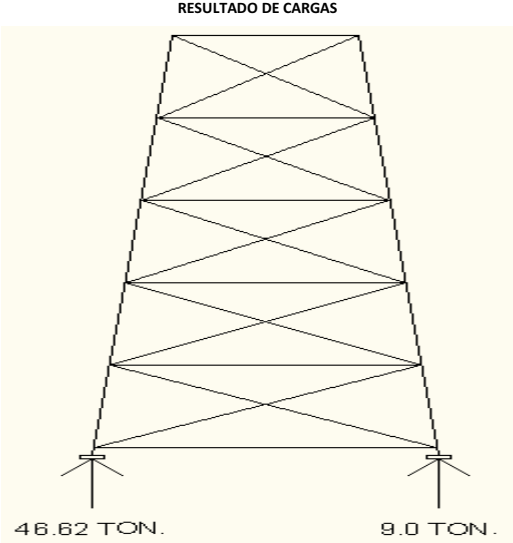
$$27,81 \text{ ton} - 18,81 \text{ ton} = 9 \text{ ton}$$

Figura 9. Sumatoria de cargas



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. Carga final



Fuente: elaboración propia.

- Diseño de columnas

Entre las ventajas más importantes de las columnas de tubo redondo se pueden mencionar: la excelente resistencia a la torsión, misma rigidez en todas direcciones y costo; por lo que hace a la sección la más usada en este tipo de estructuras. El manual de AISC contiene las dimensiones de estas secciones y las clasifica en estándar, extra fuerte y doble extra fuerte. Definida la carga de diseño y la longitud, se diseña la columna según el siguiente orden:

Paso 1. Suponer una sección tentativa, anotar los datos de su área y su radio de giro mínimo consultando las tablas del Manual AISC.

Paso 2. Calcular la relación de esbeltez KL/r ; siendo L la longitud de la columna. Para el valor de K se supone un valor igual a uno.

Paso 3. Calcular F_a , para el esfuerzo unitario permisible, mediante las tablas del manual AISC.

Paso 4. Multiplicar el F_a encontrado en el paso 3, por el área de la sección transversal; este producto dará las cargas permisibles sobre la sección de la columna.

Paso 5. Comparar la carga permisible encontrada en el paso 4, con la carga de diseño; si la carga permisible en la sección propuesta es menor que la de diseño, probar una sección mayor y seguir el mismo procedimiento.

Datos:

Tubo redondo de 8 plg, cedula 40.

Carga de diseño = 46,62 ton = 102,75 Kips

Área = 8 399 plg²

Radio de giro = 2,94 plg

Longitud = 2,87 m = 112,99 plg

Solución

Calculando relación de esbeltez Kl/r , donde $K= 1$

$$esbeltez = 1 * \frac{112,99}{2,94} = 38,43 \text{ aproximado a } 39,00$$

Según el manual de AISC cuando se tiene una relación de esbeltez igual a la encontrada anteriormente se obtiene un valor de:

$$F_a = 19\,272,43 \text{ lbs/plg}^2$$

Calculando la carga permisible P, se obtiene:

$$P = F_a * \text{Area}$$

$$P = 19,27 \text{ Kips / plg}^2 * 8,399 \text{ plg}^2 = 162 \text{ Kips}$$

Comparación de cargas:

$$162 \text{ Kips} > 102.75 \text{ Kips} \quad \text{Si chequea}$$

Entonces se usarán columnas de sección circular de 8 plg, cédula 40.

- Diseño de tensores

La sección de la pieza que se va a utilizar a tensión, es un problema sencillo del diseño, como no existe peligro de pandeo, los cálculos se reducen a la simple división de la carga entre el esfuerzo de trabajo a tensión del acero, lo que da el área neta necesaria de la sección transversal ($A_{req} = t / FS$), de aquí la selección de la sección que tenga dicha área.

El tipo de pieza a usar puede depender más del tipo de su conexión en el extremo que de cualquier otro factor, pudiéndose utilizar cualquier tipo de perfil.

Para el diseño de los tensores se seleccionó un perfil L extrayendo las siguientes propiedades de diseño del manual AISC:

Datos generales para el diseño:

Carga de diseño 11 toneladas

Dimensiones = 4 * 4 plg

Espesor = 3 / 4 plg

Área = 5,44 plg² = 35,10 cm²

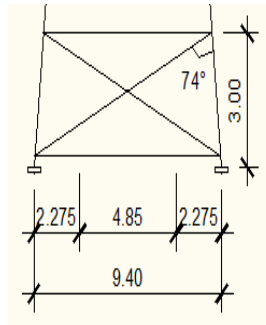
Peso por pie lineal = 38,65 lbs.

Radio de giro en "X" y "Y" = 1,27 plg

Fs = esfuerzo de trabajo a tensión = 1,14136 ton/cm²

Solución:

Figura 11. **Tensor**



Fuente: elaboración propia.

$$T = \frac{p}{\cos \theta}$$

$$T = \frac{11}{\cos 74}$$

$$T = 39.90 \text{ ton}$$

$$\text{Área} = \frac{T}{Fs}$$

$$\text{Área} = \frac{39,90}{1,14136}$$

$$\text{Área} = 34,96 \text{ cm}^2$$

Comparación de áreas:

$$35,10 \text{ c m}^2 > 34,96 \text{ cm}^2$$

Entonces se puede utilizar tensores de perfil L de 4" x 4" de espesor 3/16", para todas las piezas inclinadas, ya que se calculó con la carga más crítica, para obtener un promedio.

- Diseño de pieza horizontal

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

Para el diseño de este elemento se deberán seguir los pasos que a continuación se indican:

Paso 1. Suponer una sección tentativa, anotar los datos de su área y su radio de giro mínimo consultando las tablas del Manual AISC.

Paso 2. Calcular la relación de esbeltez KL/r ; siendo L la longitud del elemento. Para el valor de K se supone un valor igual a uno.

Paso 3. Calcular F_a , para el esfuerzo unitario permisible, mediante las tablas del manual AISC.

Paso 4. Multiplicar el F_a encontrado en el paso 3, por el área de la sección transversal; este producto dará la carga permisible sobre la sección del elemento.

Paso 5. Comparar la carga permisible encontrada en el paso 4. Con la carga de diseño; si la carga permisible en la sección propuesta es

menos que la de diseño, probar una sección mayor y seguir el mismo procedimiento.

Paso 6. Aplicar la fórmula de combinación de esfuerzos axiales para un valor máximo o igual a uno; de lo contrario probar una sección mayor y volver a aplicar la fórmula:

- Datos generales para el diseño

Tubo redondo de 6 plg, cedula 40

Carga de diseño = 11 ton = 24,24 Kips

Área = 5,58 plg²

Carga puntual (peso aproximado de una persona) = 200 lbs

Peso por pie lineal = 20 lbs

Radio de giro = 2,25 plg

Centroide Diámetro externo = 3,3125 plg

Longitud (1er. Arriostre) = 8,77 m = 345,27 plg

Momento de inercia I = 28,14 plg⁴

Fb = esfuerzo de trabajo a flexión = 0,5 * Fy según AISC

Entonces Fb = 0,5 * 36 000 lbs/plg² = 18 000 lbs/plg²

Fa = 6 200 lbs/plg²

Solución:

Calculando relación de esbeltez

Kl / r , donde $K = 1$

$$\text{Relación de esbeltez} = \frac{345,27}{2,25} = 153,46$$

Según el manual AISC para una relación de esbeltez de 153,46 se tiene un:

$$F_a = 6,22 \text{ Kips} = 6\,200 \text{ lbs/plg}^2$$

Calculando la carga permisible P, se obtiene;

$$P = F_a * \text{Area} = 6,22 \text{ Kips/plg}^2 * 5,581 \text{ plg}^2 = 34,71 \text{ Kips}$$

Comparación de cargas:

$$34,71 \text{ Kips} > 24,24 \text{ Kips} \quad \text{chequean por compresión}$$

Momento Actuante

Momento actuante = M carga puntual + M carga distribuida

$$M_a = \left(\frac{p * l}{4} \right) + \left(\frac{w * l^2}{8} \right)$$

$$M_a = \left(\frac{200 * 28,77}{4} \right) + \left(\frac{20 * 28,77^2}{8} \right)$$

$$M_a = 3\,507,78 \text{ lbs-pie}$$

$$M_a = 3,51 \text{ Kips-pie}$$

$$M_a = 42,12 \text{ Kips - plg}$$

Fórmula de esfuerzos combinados

Donde:

P = Carga de diseño o de sismo

A = Área del la sección

F_a = Esfuerzo unitario permisible

M = Momento actuante

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

I = Momento de inercia

Fb = Esfuerzo de trabajo en flexión

$$- \frac{\frac{P}{A} + \frac{Ma * C}{I}}{Fa - Fb} \leq 1$$

$$- \frac{\left(\frac{24,24}{5,58}\right) + \left(\frac{42,12 * 3,3125}{28,14}\right)}{6,22 - 18,00} \leq 1$$

$$0,70 \pm 0,28 \leq 1$$

- 0,98

≤ 1 chequea por flexión

- 0,42

Entonces se puede utilizar tubo de 6 pulgadas de diámetro, para todas las piezas horizontales, ya que se calculó con la carga más crítica, para obtener un promedio.

- Información para soldadura y colocación de pernos

La soldadura resiste aproximadamente 2000 lbs/plg, para calcular la longitud de soldadura de un miembro, se debe relacionar esta resistencia con la carga actuante en el miembro y la longitud total del mismo disponible para soldadura. La resistencia del acero en corte es de 10 000 lbs/plg² aproximadamente; para calcular la cantidad de pernos de determinado diámetro

en una unión, los cálculos se reducen a la simple división de la carga actuante en el miembro y la resistencia máxima del acero en cortante. Se propondrá un detalle de unión para tensores, usando la carga más crítica:

Carga Crítica = T = 32 ton

Carga actuante T = 32 ton = 70,53 Kips

Fórmula:

$$T = \frac{P}{\cos\theta}$$

$$T = \frac{11}{\cos 70}$$

T = 32,16 Kg

Carga Crítica = T = 32,16 ton = 70,88 kips

Resistencia de soldadura = Rs = 2 000 lb/plg = 2 kips /plg

Longitud de Soldadura = L

$$L = \frac{T}{R_s}$$

$$L = \frac{70,88}{2,00}$$

L = 35,44 plg

- Dimensiones de pernos

A = Área neta necesaria

Fc = Esfuerzo de corte = 10 000 lbs/plg² = 10 kips/plg²

$$\text{Área} = \frac{T}{F_c}$$

$$\text{Área} = \frac{70,88}{10}$$

$$\text{Área} = 7,088 \text{ Plg}^2$$

Según tablas del manual AISC, un perno de 1½ plg., le corresponde un área de 1,77 plg² por lo tanto se utilizarán 4 pernos en cada unión, para cubrir un área de acero de 7,088 plg².

- Diseño de la placa de base para las columnas

Se hace necesario que la base de la columna y la placa estén en contacto total, para prevenir la falla por punzonamiento en el concreto. Por soldadura se deberá fijar la columna a la placa y éstas a su vez se fijan a la cimentación utilizando tornillos de anclaje. La carga de la comuna está dividida por el área de la placa base, entre el esfuerzo unitario de compresión permisible del concreto, que puede ser de 0,25 f'c, estando toda el área cubierta por la placa, e igual a 0,375 f'c, cuando el área de la placa es un tercio del área del concreto. Normalmente en concreto de f'c = 4000 lbs/plg² (281 kg/cm²) el esfuerzo permisible (Fp), puede ser de concreto de 1000 ó 1500 lbs/plg², según sea el área a cubrir de la placa.

El espesor de la placa se analizará pensando que se comportará como un voladizo invertido, cuyo momento máximo se ubica en el borde de la columna.

Para determinar la sección y espesor de la placa base, se encuentra como se indica:

Paso No. 1

Encontrar lo siguiente:

Pt = Carga total de la columna en libras

Fp = Esfuerzo permisible de compresión en el pedestal de concreto en lbs/plg²

Se usará Fp como 0,25 f'c

A req = Área requerida de la placa en plg²

Carga total = Peso del tanque lleno + Peso total de la torre de soporte

El manual AISC contiene los pesos por pie lineal para cada uno de los elementos usados para la construcción de la torre.

Solución:

Peso total columna = Longitud total * Peso por pie línea

Peso total de columnas = 205 pies * 28,55 lbs / pie = 5 852,75 lbs

Peso total pieza horizontal = 380 * 20,00 lbs / pie = 7 600 lbs

Peso total de tensores = 725 * 12,80 lbs / pie = 9 280 lbs

Peso total de la torre de soporte = Peso total columna + Peso total piezas horizontal + peso total tensores

Peso total de la torre de soporte = 5 852,75 lbs. + 7 600 lbs + 9 280 lbs

Peso total de la torre de soporte = 22 732,75 lbs = 22,7 Kips

Carga total (Pt) = peso del tanque lleno o carga resultante (C.R.) + Carga total de la torre de soporte.

$$Pt = 61,29 + \left(\frac{22,7}{4}\right) = 66,965 \text{ kips} = 66\,965 \text{ lbs}$$

Esfuerzo permisible del concreto:

$$F_p = 0,25 * 4\,000 \text{ lbs/plg}^2 = 1\,000 \text{ lbs/plg}^2$$

Área requerida de la placa:

Sustituir:

$$A_{req} = \frac{Pt}{F_p}$$

$$A_{req} = \frac{66\,965 \text{ lbs.}}{1\,000 \text{ lbs/pulg}^2} = 66,97 \text{ plg}^2$$

$$\text{Lado} = \sqrt{66,97 \text{ plg}^2} = 8,18 \text{ plg}$$

Pero como el tubo es de 8 plg, un lado de 8,18 plg. Entonces el espacio es muy reducido para la colocación de los tornillos de anclaje, por lo que se usará una placa de 12 plg.

Paso No. 2

Determinar el espesor requerido de la placa, como se indica a continuación:

$$t = \sqrt{\frac{3 * p * m^2}{F_b}}$$

Donde:

t = espesor de la placa en plg

P = presión real sobre el pedestal de concreto = 465,03 lbs/plg²

m = proyección de la placa por fuera de la columna en 2 plg

F_b = Esfuerzo permisible en la fibra extrema de la placa de apoyo = 27 000 lbs/plg²

Las especificaciones del manual AISC señalan el valor de F_b como $0,75F_y$; para acero A-36.

$$F_b = 0,75 * 36\ 000 \text{ L/plg}^2 = 27\ 000 \text{ L/plg}^2$$

Solución:

Se encuentra la carga sobre la placa por la formula siguiente:

$$P = \frac{Pt}{(B * C)}$$

$$P = \frac{66\ 965 \text{ lbs}}{(12 \text{ plg} * 12 \text{ plg})} = 465,03 \text{ lbs/plg}^2$$

Calculando el espesor t

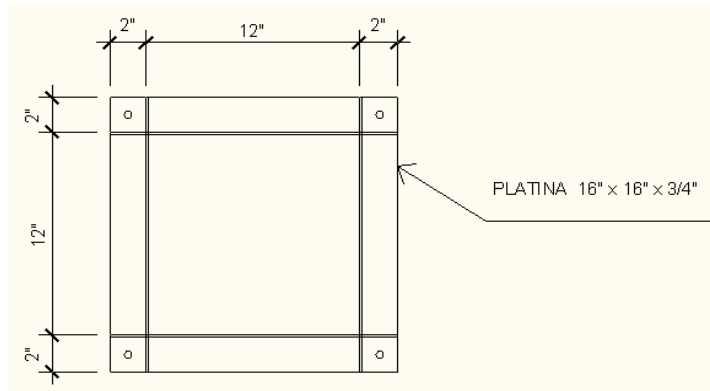
$$t = \sqrt{\frac{3 * p * m^2}{F_b}}$$

$$t = \sqrt{\frac{3 * 465,03 * 2^2}{27\ 000}}$$

$$t = 0,455 \text{ plg}$$

Se obtuvo un espesor de 0,46 plg, entonces se propone una placa 12 por 12 pulgadas cuadradas más 2 pulgadas para la sujeción de los pernos, con un espesor comercial de (0,50 plg) igual a 1/2 plg.

Figura 12. **Placa de base**



Fuente: elaboración propia.

- Diseño de la cimentación del tanque
 - Diseño del pedestal

Frecuencia se utilizan los pedestales como elementos de transición entre las columnas metálicas y las zapatas.

Se justifica el uso de pedestales, principalmente por:

- Distribuir la carga en la parte superior de la zapata; esto puede aliviar la intensidad de la presión de apoyo directa en la zapata, o simplemente puede permitir una zapata más delgada con menos refuerzo.
 - Permitir que la columna termine en una elevación más alta y no permitir el contacto de esta con el suelo y evitar la corrosión, además en casos donde se tienen que colocar zapatas a profundidades considerables.
- Pasos para el diseño de los pedestales.

Paso No. 1.

Dimensionamiento del pedestal

Se tomará un ancho de 0,45m, para una altura $h = 3 * a$

Donde:

h = altura del pedestal

a = ancho del pedestal

Entonces $h = 3 * 0,45 = 1,35$ m

$h = 1,40$ m.

Paso No. 2.

Refuerzo del pedestal

Relación de esbeltez:

Permite determinar con certeza si se trata de una columna corta, intermedio o larga. El manual ACI señala los siguientes parámetros. Entonces

Esbeltez columna corta 21

$21 \leq$ Esbeltez Columna intermedia

Esbeltez de columna larga 100

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

$$\text{Esbeltez} = K \frac{Lu}{r}$$

Donde:

K = Factor de pandeo, se tomará $K = 1$

Lu = Longitud libre entre apoyos

r = Radio de giro de la sección

El manual ACI especifica

$r = 0,3 * b$ para columnas cuadradas o rectangulares ($b < h$)

$r = 0,25 * d$ para columnas circulares ($d =$ diámetro)

Calculando la relación de esbeltez así:

$$\frac{1 * 1,35}{0,3 * 0,45} = 10$$

Donde:

10 < 21 es columna Corta

- Carga axial

Se considerará despreciable el momento causado por la componente horizontal de la carga total de la columna, debido a que el ángulo de inclinación de la columna metálica transmisora de la fuerza es muy pequeño. El manual ACI propone la siguiente fórmula para el cálculo de la resistencia última a compresión pura en una columna corta.

$$P_u = \phi [0.85 * f'_c * (A_g - A_{st}) + (F_y * A_{st})]$$

Donde:

P_u = Resistencia última de la columna

ϕ = Factor de compresión igual a 0,75 según ACI 10.3.3

A_g = Área de la sección de la columna en cm^2

A_s = Área de acero en cm^2

f'_c = Resistencia nominal del concreto en kg/cm^2

f_y = Resistencia a fluencia del acero

Se tomará un $f'c$ de 281 kg/cm^2 y se usarán varillas de acero grado 40.

Calculando la resistencia última.

Se probará con el A_s mínimo para el cual el manual ACI especifica el 1% del área de la sección.

$$P_u = 0,75 [0,85 * 281 * (2\ 025 - 20) + (2\ 800 * 20)]$$

$$P_u = 401\ 170,69 \text{ Kg} = 884\ 180,20 \text{ L}$$

Donde se compara:

P_u columna propuesta > P_u total de cada columna

884,18 kips > 66,965 kips Usar A_s mínimo

Usar 8 varillas No. 6, que cubre un área = $22,80 \text{ cm}^2$

$$A_{s \text{ min}} = 0,01 * (45^2) = 20,25 \text{ cm}^2$$

- Armado propuesto

Para el refuerzo por corte, el manual ACI señala un espaciamiento mínimo igual o menor que la mitad del diámetro efectivo y un recubrimiento mínimo de 2,5 cm, en cada lado. Para este caso se tomara un recubrimiento de 7,5 cm.

Espaciamiento por corte:

$$S \leq \frac{d}{2}$$

d = lado de la sección – 2 veces el recubrimiento

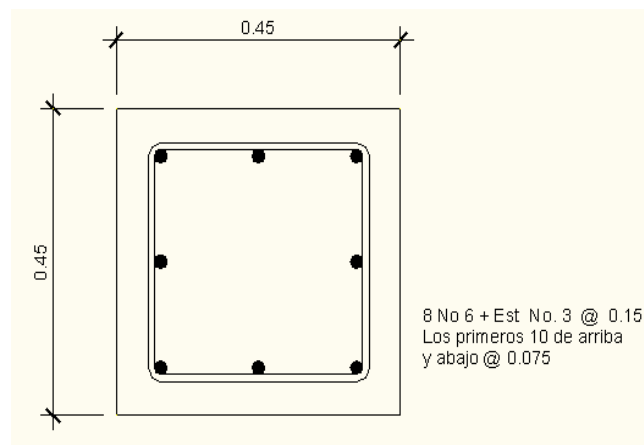
$$d = 45 - (2 * 7,5) = 30 \text{ cm}$$

Sustituyendo en fórmula tenemos:

$$S \leq \frac{30}{2} = 15 \text{ cm}$$

El armado propuesto será de 8 varillas No. 6. y estribos No. 3. a una separación de 15 centímetros, para confinar, en cada extremo se colocaran los primeros 10 estribos de 7,5 centímetros.

Figura 13. **Detalle de columna pedestal**



Fuente: elaboración propia.

- Diseño de zapata

El diseño de una zapata se basa generalmente en las siguientes consideraciones.

- Las fuerzas laterales siguiendo un criterio conservador en el diseño, podrán reducirse a una fuerza concentrada FS aplicada una altura H, esta fuerza concentrada dará lugar a un momento flector respecto de la base, que se considere que actué la fuerza lateral y a compresión sobre las columnas apuestas. Para el cálculo de la estabilidad, se obtendrá primero el momento de volteo respecto a la base de apoyo.

$$M V = F S * H$$

$$M e = P T * L$$

Donde

M V = Momento de volteo (ton-m)

M e = Momento estabilizante (ton-m)

F S = Fuerza de sismo (ton)

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

P T = Peso total de la estructura.

L = Separación entre dos columnas consecutivas.

Fuerzas laterales actúan alternamente, dan origen al momento de volteo, este momento provoca el desplazamiento del peso de la estructura del eje de soporte una distancia Xu.

$$X u = \frac{M V}{P T}$$

La estabilidad del conjunto estará asegurada, cuando se cumpla la siguiente:

$$X_u < L \frac{1}{6}$$

Donde L es la longitud a centro de columnas, y también cuando la relación entre el momento estabilizante y el de volteo sea mayor igual que 1,50.

$$C E = \frac{M e}{M V}$$

Donde:

C E = Coeficiente de estabilidad > 1,5

- a) Presión máxima de apoyo. La suma de la carga impuesta sobre la zapata y el peso de la misma no debe exceder el límite para la presión de apoyo sobre el material sustentante. El área total requerida en planta de la zapata se determina sobre esta base.
- b) Control del asentamiento. Cuando las zapatas descansan sobre un suelo altamente compresible, puede ser necesario seleccionar las áreas de zapatas que garanticen un asentamiento uniforme de todas las columnas.
- c) Tamaño de la columna. Cuando más grande sea la columna, tanto menores serán los esfuerzos cortantes, de flexión y de adherencia en la zapata.
- d) Límite de los esfuerzos cortantes para el concreto. Para zapatas de planta cuadrada, esto constituye la única condición crítica de esfuerzo para el concreto. Para reducir la cantidad requerida de esfuerzo, el peralte de la zapata se establece generalmente muy arriba del que se requiere por flexión para el concreto.

- e) Esfuerzo de flexión y límites de las longitudes de desarrollo para las varillas. Esto se considera con base en el momento desarrollado en la parte volada de la zapata en la cara de la columna.

Paso 1.

Determinar el peso total de la estructura.

Peso del pedestal = Volumen * Peso del concreto

Volumen = $0,45 \text{ m} * 0,45 \text{ m} * 1,35 \text{ m} = 0,27 \text{ m}^3$

Peso del concreto = $2\,400 \text{ kg/m}^3$, entonces:

Peso del pedestal = $0,27 \text{ m}^3 * 2\,400 \text{ kg/m}^3 = 648 \text{ kg} = 0,648 \text{ ton}$

P T = Peso del depósito + Peso de la torre + Peso de pedestales

P T = $110 \text{ ton} + 10,3 \text{ ton} + (4 * 0,65 \text{ ton})$

PT = $122,9 \text{ ton} = 123 \text{ ton}$.

Paso 2.

Chequeando el volteo

La carga de sismo último se tomará como $FS = 10\% * PT$

$$FS = 10 \% * PT$$

$$FS = 10 \% * 123 = 12,30 \text{ ton}$$

$$M V = FS * H$$

H = altura de torre + altura de pedestal + altura a la mitad del tanque

$$H = 15,00 \text{ m} + 1,35 \text{ m} + 2,60 \text{ m} = 18,95 \text{ m}$$

$$M V = 12,30 \text{ ton} * 18,95 \text{ m} = 233,09 \text{ ton} - \text{m}$$

$$M e = 123 \text{ ton} * 8,77 \text{ m} = 1\,078,71 \text{ ton} - \text{m}$$

Luego:

$$C E = \frac{1\,078,71}{233,09} = 4,63 > 1,5$$

$$X u = \frac{233,09}{123} = 1,9 \text{ m}$$

$$X u < \frac{12,4}{6} = 2,07 \text{ m}$$

$$1,9 < 2,07 \quad \text{si chequea}$$

Paso 3.

Cálculo de cargas para la zapata

Datos a utilizar

$$F_c = 281 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_y = 2\,820 \text{ kg/cm}^2$$

Valor soporte del suelo $V_s = 14 \text{ ton/m}^2$

Columna = $0,45 \text{ m} * 0,45 \text{ m}$

La carga viva CV será el peso del contenido del tanque lleno, el cual es de 27,79 ton, y la carga muerta CM, la constituye el peso del acero del depósito, el peso de las columnas, el peso de los tensores, el peso de los elementos horizontales y el peso de los pedestales, como se indica a continuación:

Peso del acero del tanque = 5856,43 Kg. = 5,86 ton

Peso total de columnas = 5852,75 lbs = 2,65 ton

Peso total pieza horizontal = 7600 lbs = 3,45 ton

Peso total de tensores = 9280 lbs = 4,21 ton

Peso de los pedestales = 648 kg = 0,648 ton

Peso total = 16,82 ton

$$\text{Carga Muerta CM} = \frac{16,82 \text{ ton}}{4}$$

Carga Muerta CM = 4,21 ton

Paso 4.

Dimensionamiento de la zapata

Donde:

A zap' = Área de la zapata pre dimensionada

A zap = Área de la zapata a dimensionar

Entonces:

PT = Carga de trabajo

$$A \text{ zap}' = \frac{(CM+CV) \text{ ton}}{15 \text{ ton/m}^2}$$

$$A \text{ zap}' = \frac{4,21 \text{ ton} + 27,79 \text{ ton}}{15 \text{ ton/m}^2}$$

$$A \text{ zap}' = 2,13 \text{ m}^2$$

Factor = 1,20 es un porcentaje de incremento

$$A \text{ zap} = 1,20 * 2,13 \text{ m}^2 = 2,56 \text{ m}^2$$

Entonces:

$A_{zap} = L^2$, donde;

$$L = \sqrt{2,56 \text{ m}^2} = 1,60, \text{ se tomará } L = 1,70 \text{ m}$$

$L = 2,15 \text{ m}$. Se amplio para dar recubrimiento al acero.

Paso 5.

P_d = Carga de diseño

$$P_d = \frac{P_u}{A_{zap}}$$

$$P_d = \frac{53,14 \text{ ton}}{1,70 \text{ m}^2}$$

$$P_d = 31,26 \text{ ton/m}^2$$

Donde:

P_u = Carga última

$$P_u = 1,4 (C_M) + 1,7 (C_V)$$

Luego:

$$P_u = 1,4 (4,21 \text{ ton}) + 1,7 (27,79 \text{ ton})$$

$$P_u = 53,14 \text{ ton}$$

Paso 6.

Verificando el corte por flexión

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{f'_c} * b * d$$

$$V_u = P_d * \text{Área}$$

Donde:

V_c = Resistencia última del concreto a corte

V_u = Esfuerzo de corte actuante

Chequear que $V_c > V_u$

$$V_c = 0,85 * 0,53 * \sqrt{281} * 1,70 * d / 1000$$

$$V_u = 31,26 * 1,70 * \left[\left(\frac{1,70 - 0,45}{2} \right) - \left(\frac{d}{1000} \right) \right]$$

Tabla I. **Cálculo del peralte**

d (centímetros)	V_c	V_u
20	25,68	32,15
30	38,51	31,62
40	51,35	31,09

Fuente: elaboración propia.

$$51,35 > 31,09$$

Se utilizara un peralte de: $d = 40$ cm

Paso 7.

Chequeo de corte por punzonamiento

$$V_c = 0,85 * 1,06 * \sqrt{f'c} * b_o * d$$

$$V_u = P_d * (A_{zapata} - A_{punzonamiento})$$

Donde:

b_o = perímetro punzonante

$$b_o = 4 * (\text{Lado de la columna} + d)$$

A_{pz} = Área punzonante

$$A_{pz} = (\text{Lado de la columna} + d)^2$$

Entonces de las fórmulas se obtiene:

$$V_c = 0,85 * 1,06 * \sqrt{281} * 4 * (45 + d) * \left(\frac{d}{1000}\right)$$

$$V_u = 31,26 * \left((1,70)^2 - \left(\frac{45+d}{1000}\right)^2 \right)$$

Tabla II. **Chequeo de corte por tanteo**

d (centímetros)	V _c	V _u
30	135,93	90,17

Fuente: elaboración propia.

Como $V_c > V_u$

Entonces se utilizará:

$$d = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Área punzonamiento} = \left(\text{lado columna} + \frac{d}{2}\right)^2$$

$$\text{Área punzonamiento} = \left(0,45 + \frac{0,40}{2}\right)^2$$

$$\text{Área punzonamiento} = 0,42$$

Luego:

$$t = d + \frac{\emptyset}{2} + r$$

Donde:

t = Altura de la zapata

\emptyset = Diámetro de la varilla a proponer

r = recubrimiento

Entonces:

$$t = 40 \text{ cm} + \frac{1,59 \text{ cm}}{2} + 7,5 \text{ cm.} = 48,30 \text{ cm}$$

Se tomara t = 40 cm

Corrección de d:

$$t = 40 \text{ cm} - \frac{1,59 \text{ cm}}{2} - 7,5 \text{ cm} = 31,71 \text{ cm}$$

Paso 8.

Diseño con Pd

Tomada a rostro para diseñar el refuerzo

$$M = Pd * \frac{L^2}{2}$$

Donde:

Pd = la carga de diseño.

L = distancia desde el extremo de la zapata hasta el rostro de la columna

Sustituyendo:

$$Pd = 31,26 \text{ ton}$$

$$L = 0,625 \text{ m}$$

$$M = 31,26 * \frac{62,5^2}{2} = 6,11 \text{ ton}$$

Entonces:

$$M = 6,11 \text{ ton} = 6\ 105 \text{ kg-m}$$

Con este momento se obtiene el área de acero (A_s), de la fórmula siguiente:

$$\left[(b * d) - \sqrt{(b * d) - \frac{Mu * b}{0,003825 * F'c}} \right] * \left(\frac{0,85 f'c}{F_y} \right)$$

Tomando el acero mínimo:

d = altura de zapata

b = largo de zapata

F_y = esfuerzo del acero

$$A_s \text{ min} = 14,01 * \frac{b * d}{F_y}$$

$$A_s \text{ min} = 14,01 * \frac{1,70 * 40}{2\ 818,19}$$

$$A_s \text{ min} = 33,80 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ temperatura} = 0,002 b * t = 0,002 * 170 * 48,30$$

$$A_s \text{ temperatura} = 16,42 \text{ cm}^2$$

$$A_s \text{ max} = p_{\text{max}} * b * d$$

$$p_{\text{max.}} = \text{se encuentra en tablas} = 0,01858$$

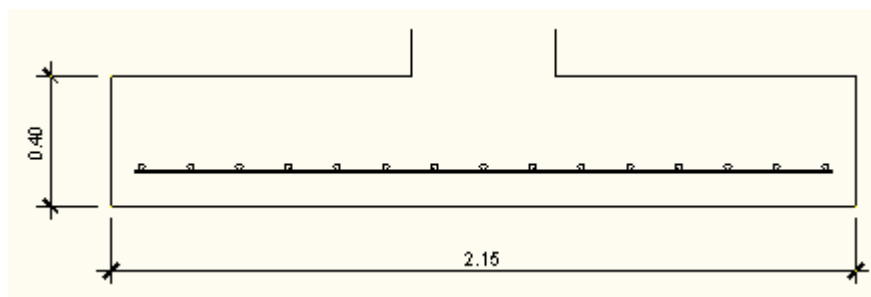
$$A_s \text{ max} = 0,01858 * (170 \text{ cm}) * (31,71) = 100,16 \text{ cm}^2$$

$$As_{max} = 100,16 \text{ cm}^2$$

Entonces el área de acero a utilizar será el As_{min} , por ser el As requerido, lo anterior se propone en el armado. As de varilla No. 6. Tiene un área de acero de $2,85 \text{ cm}^2$ Entonces proponemos 15 varillas por $2,85 \text{ cm}^2$, se obtiene $42,75 \text{ cm}^2$ que es mayor que el acero mínimo por tanto cumple con el área de acero requerido para el diseño de la zapata.

Entonces se usaran un armado de 15 varillas No. 6 @ 13 cm en ambos sentidos.

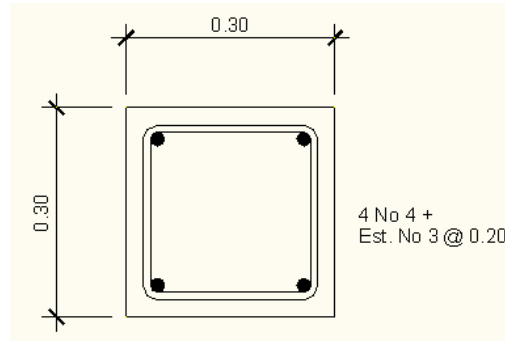
Figura 14. **Zapata cuadrada**



Fuente: elaboración propia.

Para evitar un corrimiento entre la zapata se hace necesario la colocación de una viga de amarre, con un armado de 4 varillas No. 4 y estribos No.3 @ 20 centímetros fundido con concreto 2500 psi con proporción de mezcla 1:2:3 para obtener una resistencia adecuada. Ver planos.

Figura 15. **Viga de amarre**



Fuente: elaboración propia.

Refuerzo a corte

$d = \text{lado de la sección} - (2 * 2,50)$

$d = 30 - 5 = 25$

$$s = \frac{d}{2}$$

$s = 25/2 = 12,5$

$s = 0,20 \text{ cm}$

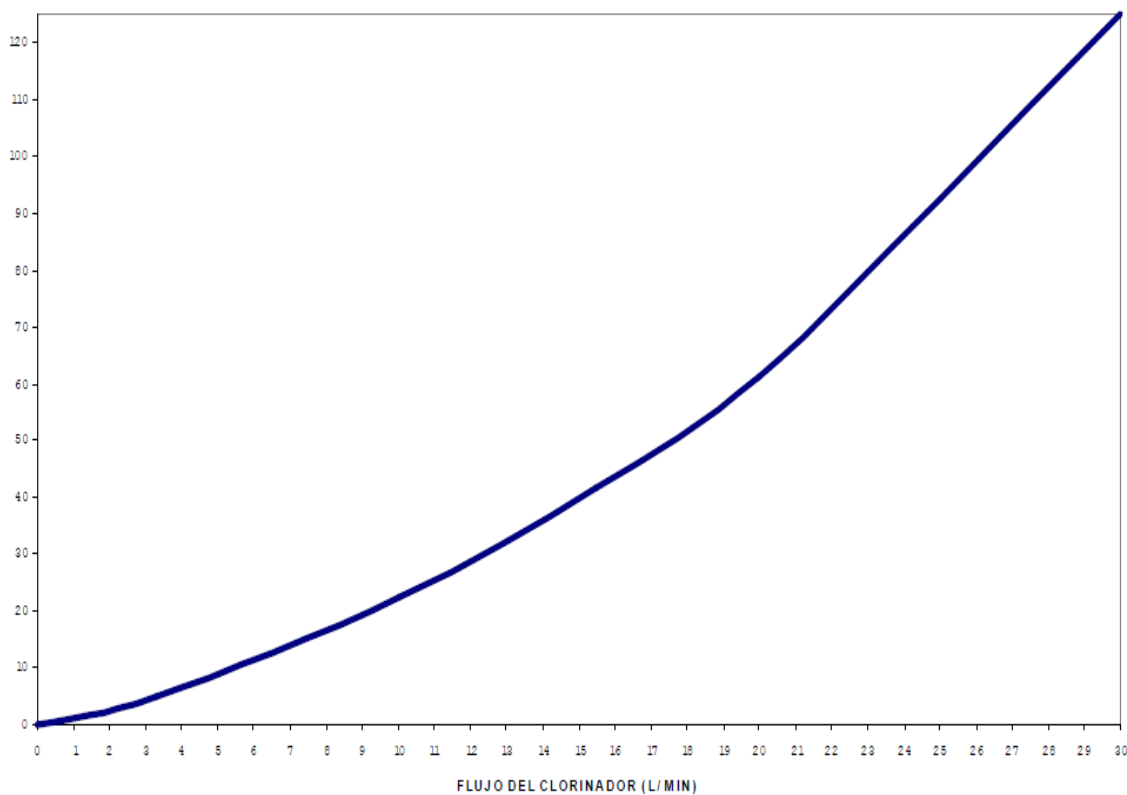
2.7. Sistema de desinfección

El fin primordial de un sistema de desinfección es la eliminación total de bacterias, amebas y virus, brindando a los habitantes de la comunidad un sistema de agua potable apto para el consumo humano, como herramienta principal en la desinfección del agua se utilizará el cloro, en forma de tabletas.

- Acción del cloro en el agua
 - Hipoclorador

Para desinfectar el sistema se utilizará un Hipoclorador, en éste se dosificarán las tabletas de cloro, el cual será diluido en agua en pequeñas dosis, directamente en el tanque de distribución.

Figura 16. **Clorinador modelo 3015**



Fuente: QUEVEDO Emilio. Tesis, Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el Caserío Llano de la Puerta, San Pedro Pinula, Jalapa, Guatemala, p. 55.

- Flujo del clorinador (lts/min)

Tomando en cuenta el caudal que entrará al tanque de distribución (5,28 lts/s), se deberá observar cuidadosamente que este caudal únicamente

ingresará al tanque durante las 11 horas de bombeo diarias), para el desarrollo de este proyecto se recomienda el uso de un hipoclorado tipo PPG 3015.

Éste es usado para tratar agua en comunidades de dimensiones similares a la del diseño de este sistema, y en sistemas de bombeo y gravedad.

El mantenimiento del Hipoclorador es muy sencillo, y lo puede realizar el fontanero o la persona encargada del funcionamiento del sistema.

- Dosis para la demanda de cloro

Ya que como se observó en los resultados de laboratorio el agua no es potable, para poder tratarla se hace necesario inyectar una demanda de 0,40 mg/L de cloro. El flujo del cloro (FC) en gramos/hora está determinado por esta fórmula:

$$FC = Q * Dc * 0,06$$

Donde

Q = Caudal de agua conducida en litros/minuto

Dc = Demanda de cloro en mg/litro ó PPM

Normalmente este flujo es muy pequeño y se obtendrá mediante la calibración de la válvula de compuerta que se colocará al ingreso de clorinador, por tanto, es necesario calcular el tiempo en segundos que tarda en llenarse un recipiente de un litro. Este cálculo vendrá dado por la fórmula siguiente:

$$t = 60 / Sc$$

Donde

t = tiempo en segundos de llenado del recipiente de un litro.

Sc = Flujo de solución de cloro en litros/minuto.

Ejemplo básico del cálculo de la demanda del cloro: sistema de agua potable en el caserío San Cristóbal Buena Vista se recomienda que coloquen un hipoclorador modelo PPG 3015.

$$Q = 5,28 \text{ lts/s} = 316,8 \text{ lts/min}$$

Ya que el pozo provee agua clara se estima una demanda de cloro de 0,40 mg/lit.

$$\text{Entonces: } FC = Q * Dc * 0,06$$

$FC = 316,8 \text{ m/s} * 4 \text{ grs} * 0,06 = 76,03 \text{ gramos/hora}$. Al plotear el FC de 76,03 gramos/hora en la gráfica del clorinador modelo 3015, nos resulta un flujo $Sc = 23 \text{ lts/min}$.

$t = 60/23 = 2,61$ segundos, que es el tiempo en que un recipiente de un litro debe llenarse por completo, según este sistema.

El flujo de cloro del hipoclorador es de 76,03 gramos/hora, entonces la cantidad de tabletas de 3" de diámetro y 1" de espesor que consumirán cada hora será de: $76,03 \text{ gr/hora} * 1 \text{ tableta} / 300 \text{ gr} = 0,2534 \text{ tabletas/hora}$ por 11 horas/día. 1/4 de tableta / hora, 83 tabletas al mes la instalación típica de un clorinador, esta colocación se tendrá que adaptar a éste sistema de agua potable.

2.8. Red de distribución

El diseño de la red de distribución se efectuará mediante ramales abiertos, debido a lo disperso de las casas y a las condiciones topográficas del lugar, la red se diseñará con el caudal máximo horario o caudal de distribución de 6,38 lts/seg, siguiendo los criterios o especificaciones de velocidades, presiones máximas y mínimas.

Para el diseño se determinará el caudal de vivienda o de consumo, por medio de la fórmula siguiente:

$$Q_v = Q_d / \# \text{ viviendas}$$

Donde:

Q_v = Caudal de vivienda en litros / segundo

Q_d = Caudal de distribución o caudal hora máxima en litros/segundo (ver sección 2.3)

Viviendas = Viviendas totales actuales (ver sección 2.3)

$$Q_v = (6,37 \text{ lts/seg}) / (310 \text{ viviendas}) = 0,020548 \text{ lts/seg}$$

Para determinar el caudal de diseño de un tramo de la red, se multiplica el caudal de vivienda por el número de viviendas existentes, si otro ramal se une a él, se suman los caudales existentes. Es necesario chequear también el caudal instantáneo que se define como:

$$Q_i = k * \sqrt{n - 1}$$

Donde

$k = 0,15$ para menos de 55 viviendas

$k = 0,20$ para más de 55 viviendas

$n =$ número de viviendas del ramal

Se verifican los dos valores, tanto el caudal de consumo como el caudal instantáneo, el mayor se utiliza para el diseño de la tubería. Para una mejor ilustración se diseñará el tramo de la E-10 a la E- 04, que se podrá apreciar en los planos respectivos.

$Q_v = Q_v \cdot \text{No. Vivienda en ramal}$

$Q_v = (0,020548 \text{ lts/s}) \cdot (161 \text{ viviendas})$

$Q_v = 3,31 \text{ lts /seg /viv}$

$$Q_i = k \cdot \sqrt{n - 1}$$

$Q_i = 0,20 \cdot \sqrt{161 - 1}$

$Q_i = 2,53 \text{ lts /seg}$

Se toma solamente el mayor para el diseño del diámetro, en este caso el caudal vivienda es el mayor, por lo que es el que se usa.

Datos

$L = 153,48$ metros más un 5%

$Q_d = 6,37 \text{ L /s}$

Coefficiente pvc = 150

$n =$ número de viviendas

Cota E-10 = 1 544,45 metros

Cota E- 04 = 1 494,38 metros

Cálculo de la carga disponible o diferencia del nivel entre las estaciones:

$$H_f \text{ disp.} = \text{Cota E-10} - \text{Cota E-4} = 1\,544,45 - 1\,494,38 = 50,07 \text{ m.c.a.}$$

Cálculo del diámetro teórico con la carga disponible, despejando de la fórmula *Hazen Williams*, y sustituyendo los datos se obtiene lo siguiente:

$$\varnothing = \sqrt[4,87]{\frac{1\,743,811141 * Q^{1,852} * L}{C^{1,852} * H_f}}$$

$$\varnothing = \sqrt[4,87]{\frac{1\,811,141 * 153,48 * 1,05 * 6,38^{1,852}}{50,07 * 150^{1,852}}}$$

$$\varnothing = 1,38 \text{ pulgadas}$$

Este resultado se aproxima a un diámetro comercial superior e inferior, se verifican las pérdidas para cada diámetro seleccionado.

Diámetro menor = 1,50"

Diámetro teórico = 1,38"

Diámetro mayor = 2,00"

Verificando las pérdidas de los diámetros comerciales:

$$H_f = \frac{1\,743,811141 * L * Q_v^{1,852}}{\varnothing^{4,87} * C^{1,852}}$$

$$Hf_{\emptyset 1,5"} = \frac{1\,743,811141 * 153,48 * 1,05 * 3,31^{1,852}}{1,5^{4,87} * 150^{1,852}}$$

$$Hf_{\emptyset 1,5"} = 33,40 \text{ m.c.a.}$$

$$Hf_{\emptyset 2"} = \frac{1\,743,811141 * 153,48 * 1,05 * 3,31^{1,852}}{2^{4,87} * 150^{1,852}}$$

$$Hf_{\emptyset 2"} = 8,23 \text{ m.c.a.}$$

En el cálculo anterior se observa que la pérdida de carga con el diámetro mayor es menor, lo que indica que 2" es el diámetro adecuado.

Cálculo de la velocidad por medio de la fórmula siguiente:

$$V_{\emptyset 2"} = \frac{1,974 * Q_v}{\emptyset^2}$$

$$V_{\emptyset 2"} = \frac{1,974 * 3,31}{2^2}$$

$$V_{\emptyset 2"} = 1,63 \text{ m/seg}$$

La velocidad se encuentra dentro del rango de diseño.

Cálculo de cota piezométrica

$$CP\ E-04 = CP\ E-10 - Hf\ encontrada$$

$$CP\ E-04 = 1\,544,45 - 8,23 = 1\,536,22 \text{ m.c.a}$$

Cálculo de la presión dinámica

$$PD E- 04 = CP E- 04 - CT E- 04$$

$$PD E- 04 = 1\ 536,22 - 1\ 494,38 = 41,84 \text{ m.c.a.}$$

2.9. Válvulas

Son obras que sirven para proteger cualquier válvula que sea necesario instalar en el sistema, tales como:

- Válvulas de compuerta: funcionan mediante el descenso progresivo de una compuerta que regula el paso del agua.
- Válvulas de paso: funcionan mediante un cono horadado que al girar permite o cierra el paso del agua; se instalan al inicio de cada conexión predial o llena cántaros o en el lugar que se indique en los planos.
- Válvulas de aire: el transporte de agua por la tubería, en las partes altas, puede ir acompañado de formaciones o bolsas de aire, por lo que es necesario colocar este tipo de válvulas para poder eliminar el aire que se acumula, para que agua pueda pasar libremente, ya que de lo contrario podría provocar presione dentro de la tubería a causa del aire acumulado, que evitarán el flujo del agua. Se colocarán en las partes altas de la tubería.
- Válvulas de limpieza: son dispositivos que permiten la descarga de los sedimentos acumulados en el sistema, se colocan en los puntos bajos de la línea de conducción o distribución. Consiste en una derivación de la tubería provista de válvulas de compuerta.

2.10. Evaluación de impacto ambiental

Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), es el proceso formal empleado para predecir las consecuencias ambientales de una propuesta o decisión legislativa a la implantación de políticas y programas, o la puesta en marcha de proyectos de desarrollo.

- Impactos negativos potenciales

Si bien un sistema de abastecimiento de agua potable tiene sin lugar a dudas un impacto sumamente positivo que negativo en la salud y el bienestar de muchas personas, sin embargo la construcción de sus diversos componentes y la mala operación del sistema pueden generar impactos negativos, entre los cuales están:

La erosión de los terrenos por donde se instalará la tubería y se construirán los distintos componentes del sistema.

Un desmedido incremento de enfermedades de origen hídrico, debido a la mala operación y mantenimiento de las estructuras y por falta de desinfección del agua.

En áreas adyacentes contaminación por la inadecuada disposición de los desechos líquidos, debido al aumento del caudal servido por la construcción del proyecto.

- Medidas de mitigación

Toda medida de mitigación se considera como la opción técnica más adecuada y de menor costo de acuerdo con la magnitud del proyecto.

Tales medidas se pondrán en marcha durante la ejecución:

- Se hará de su conocimiento al ente responsable de la ejecución de normas de seguridad y de medidas de conservación del medio ambiente ya establecidas.
- Durante el funcionamiento la Dirección Municipal de Planificación (DMP) capacitará al COCODE de la comunidad que se beneficiará con el proyecto para el correcto funcionamiento, administración y mantenimiento del sistema garantizando la conservación del medio ambiente y vida del proyecto.
- Durante el desarrollo del proyecto

La entidad responsable de la construcción, tendrá que conocer las normativas sanitarias necesarias para evitar todo tipo de riesgo para la salud de los trabajadores. La entidad responsable de la construcción tiene la obligación de proveer a sus trabajadores de los servicios de agua potable y de instalaciones sanitarias temporales durante la construcción del proyecto.

La entidad responsable de la construcción velará porque su personal siga las medidas de higiene antes del consumo de alimentos en cada tiempo de comida para prevenir riesgos de enfermedades de origen estomacal, así mismo tendrá la responsabilidad de proporcionar mascarías al personal para evitar enfermedades respiratorias por la presencia de polvo originado por la cal,

cemento, tierra, ripio o inhalaciones como *thinner*, o solventes para pegar tubería PVC.

La entidad responsable de la empresa ejecutora, velar por el manejo adecuado de los materiales, que se utilizarán en la construcción.

- Normas de seguridad

La entidad responsables de la construcción tendrá que contar con un profesional para la dirección técnica, que velará por el buen mantenimiento y ejecución de la obra y deberá instruir adecuadamente al personal encargado de manipular los materiales y herramientas peligrosas; piedras, blocks, cemento, cal, varillas o herramientas punzo cortantes, señalar las áreas de peligro, coordinando con los miembros del COCODE, para evitar riesgos de accidentes graves. La entidad responsable de la construcción se asegurará que todos los restos de materiales utilizados en la obra: alambres, clavos, estacas, ripio, maderas, etc., sean retirados al finalizar la construcción y evitar molestias con la actividad de la población.

- Medidas de conservación del medio ambiente

En la medida posible tratar de no utilizar maquinaria pesada para evitar excavaciones en períodos de vientos fuertes. Rellenar y nivelar áreas removidas y restaurar vegetación afectada ya que el terreno plano se presta para ello. Manejar adecuadamente los desechos sólidos como; bolsas de cal y cemento, recipientes de vidrio y plásticos, para evitar la contaminación por sobrantes de la construcción.

Permitir la supervisión de INFOM-UNEPAR y la información requerida para el buen funcionamiento de sus funciones.

- Durante el desarrollo del proyecto

Con el fin de evitar erosionar lugares por donde se construirán los diferentes componentes del sistema debido al chapeo y destronque se propone reforestar estas áreas como las adyacentes. Para tratar de evitar el incremento de enfermedades de origen hídrico por el mal funcionamiento, administrativo y mantenimiento de los componentes del sistema, la DMP deberá lograr comunicación con las entidades de INFOM-UNEPAR y con la empresa ejecutora del proyecto para capacitar a los operadores del sistema y a la comunidad por medio del COCODE, y de esta manera poder cumplir con el programa de operación y mantenimiento preventivo.

- Impactos ambientales positivos

Se da un incremento económico debido a que se genera empleo para la localidad de manera permanente.

Mejoramiento de la calidad de vida como las condiciones de salud y bienestar de la población, porque con la construcción de este sistema, se distribuirá agua de mejor manera y de buena calidad, que repercute en la disminución de enfermedades de origen hídrico.

2.11. Evaluación socio-económica

La principal función de una evaluación económica es aquella que identifica los méritos propios del proyecto, independientemente de la manera como se obtengan y se paguen los recursos financieros que necesite y de cómo se distribuyan los excedentes o utilidades que genera.

Si bien el objetivo de cualquier ente responsable ejecutor es encontrar una ganancia real que supere los costos de inversión total para llevar a cabo un proyecto, antes que el ente responsable tome la decisión de llevar a cabo la ejecución debe de evaluar si realmente generará ganancias para la misma.

Los métodos que se utilizan para realizar una evaluación económica son el Valor Presente Neto que toma como base la inversión reconoce que la moneda tiende a devaluarse con el paso del tiempo, es decir, que una inversión actual valdría más que una futura de esta manera cualquiera que no tome en cuenta lo anterior no puede evaluar correctamente un proyecto. El otro método es la Tasa Interna de Retorno y se describe como un descuento al método de valor presente neto.

2.11.1. Valor presente neto

Es el valor actual de la inversión total de un proyecto VPN como se le conoce, depende de los flujos procedentes del proyecto y del costo de oportunidad del capital, el valor presente neto de una inversión se puede determinar cuando todos los ingresos y egresos a lo largo de un período analizado se trasladan a la actualidad o a un punto en común.

El correspondiente análisis se realizará de diversas maneras para poder obtener la mayor certeza de que la inversión a realizar es la correcta o la más adecuada y se hará de la siguiente forma. La herramienta a utilizar para este análisis será la fórmula matemática de valor presente neto, la cual es la siguiente:

$$F = P * (1 + i)^N$$

Donde:

F = Valor futuro de la inversión a realizarse en la actualidad

P = Valor presente de la inversión a realizarse en la actualidad

i = Taza de interés ponderado

N = Número de períodos a evaluar en el proyecto

Esta fórmula para realizar su aplicación directamente en nuestro análisis es necesario simplificarla quedando de la siguiente manera:

$$P = F * \left(\frac{1}{(1+i)^N} \right)$$

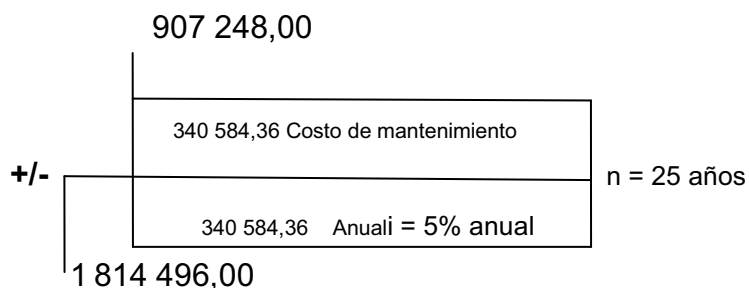
$$P = \frac{907\,248}{(1+0,05)^1}$$

$$P = 864\,045,71$$

En lo referente a la tasa de interés que se utilizará en este análisis se consideró que como en nuestro país esta tasa es variable se realizará una ponderación de la misma por lo que se utilizará la siguiente tasa de interés: para analizar el proyecto se propone una tasa del 5% anual debido a que el proyecto es de carácter social y no lucrativo. La cantidad del costo del proyecto es de Q. 1 814 496,00 pero como todo proyecto de desarrollo social debe de

contar con cierto aporte por parte de los beneficiados, en este caso se propone que la municipalidad cobre una cuota simbólica a los pobladores por motivo de conexión domiciliar la cual se propone sea el 50% de monto total del proyecto: Q. 1 814 496,00/2 = Q. 907 248,00 para el total de vivienda pagados a un año.

Figura 17. **Diagrama de flujo**



Fuente: elaboración propia.

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

$$P = 340\,584,36 * \left[\frac{(1+0,05)^{25} - 1}{0,05 * (1+0,05)^{25}} \right]$$

$$P = Q. 4\,800\,177,09$$

A = Costo de mantenimiento anual del proyecto

Este valor presente es el mismo para los ingresos como para los egresos por lo cual al realizar la sumatoria algebraica se elimina mutuamente.

$$V.P.N. = -1\,814\,496,00 + 864\,045,71 = -950\,450,29$$

El V.P.N. es negativo al futuro dado, esto nos indica que el proyecto no es rentable.

2.11.2. Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno (TIR), es la tasa de descuento que hace que el valor presente neto sea cero, es decir que es la tasa que iguala la suma de los descontados a la inversión inicial. El valor presente neto se puede expresar en términos de tasa interna de retorno debido a la relación que tiene entre sí.

Tenemos un V.P.N. = -1 814 96,00 y necesitamos otro V.P.N. positivo el cual se obtiene de la siguiente manera.

Usamos una tasa de $i = 60\%$

$$P = \frac{907\,248,00}{(1-0,60)^1} = 2\,268\,120,00$$

$$\text{V.P.N.} = -1\,814\,96,00 + 2\,268\,120,00 = +453\,624,00$$

Encontrando los dos V.P.N. positivo y negativo procedemos a encontrar la TIR de la siguiente manera.

$$5\% \text{ VPN} = -950\,450,29$$

$$\text{TIR VPN} = 0$$

$$-60\% \text{ VPN} = +453\,624,00$$

$$\text{TIR} = \left[\frac{(5 - (-60)) * (0 - (453\ 624,00))}{(-950\ 450,29 - 453\ 624,00)} \right] + (-60)$$

$$\text{TIR} = -39,00$$

La tasa interna de retorno del proyecto es $-39,00$ lo que indica que no es rentable y no existe tiempo de recuperación, debido a que la tasa es negativa.

No obstante el proyecto es rentable desde el punto de vista social, ya que elevará el nivel de vida de los pobladores de la comunidad.

3. PRESUPUESTO

El presupuesto es un documento que debe incluirse en el diseño de todo proyecto de ingeniería, ya que da a conocer al propietario si el mismo es rentable, posible y conveniente en su ejecución. En este caso se integró por precios unitarios cada renglón de trabajo, aplicando el criterio de precios de materiales que se cotizan en la región, los costos de la mano de obra están referidos a los del municipio, e indirectos.

3.1. Sistema de abastecimiento de agua potable en el caserío San Cristóbal Buena Vista

Tabla III. Cuadro de integración de costos desglosados

No.	RENLÓN	Cant.	Unidad de Medida	Precio Unitario	TOTAL
1.-	Equipamiento de pozo de 1200 pies				
1.1	Suministro é instalación de equipo de bombeo sumergible de 50 HP	1	Unidad	Q. 224 919,00	Q. 224 919,00
1.2	Suministro é instalación de planta de generación eléctrica de 76 KVA	1	Unidad	Q. 158 178,00	Q. 158 178,00
	Subtotal				Q. 383 087,00
2.-	Construcción de tanque de 100 M3				
2.1	Trabajos preliminares	1	Global	Q. 25 445,00	Q. 25 445,00
2.2	Cimentación	13	M3	Q. 6 661,00	Q. 86 593,00
2.3	Construcción torre de 15 ML	1	Unidad	Q. 297 035,00	Q. 297 035,00
2.4	Construcción cuerpo de Tanque de 100 M3	1	Unidad	Q. 274 648,00	Q. 274 648,00
2.5	Instalación de escaleras	1	Global	Q. 22 455,00	Q. 22 455,00
	Subtotal				Q. 706 176,00
3.-	Construcción de línea de impulsión y descarga				
3.1	Suministro é instalación de tubería 4" HG TM	312	ML	Q. 600,00	Q. 187 200,00
3.2	Suministro é instalación de tubería 2" Y 2 1/2" PVC	310	ML	Q. 135,00	Q. 41 850,00
	Subtotal				Q. 229 050,00
4.-	Construcción red de distribución de agua potable				
4.1	Suministro é instalación de tubería PVC de 2" 160 psi	846	ML	Q. 114,00	Q. 96 444,00
4.2	Suministro é instalación de tubería PVC de 1 1/2" 160 psi	498	ML	Q. 93,00	Q. 46 314,00
4.3	Suministro é instalación de tubería PVC de 1" 160 psi	1230	ML	Q. 76,00	Q. 93 480,00
4.4	Suministro é instalación de tubería PVC de 3/4" 250 psi	924	ML	Q. 68,00	Q. 62 832,00
4.5	Suministro é instalación de tubería PVC de 1/2" 315 psi	1278	ML	Q. 65,00	Q. 83 070,00
4.6	Construcción pasos aéreos	1	Unidad	Q. 17 013,00	Q. 17 013,00
4.7	Instalación de conexiones domiciliarias	310	Unidad	Q. 313,00	Q. 97 030,00
	Subtotal				Q. 496 183,00
				TOTAL	Q. 1 814 496,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. Suministro e instalación de equipo de bombeo sumergible

NOMBRE DEL RENGLÓN		1,1	Suministro e instalación de equipo de bombeo sumergible		
Unidad de medida	Unidad	Cantidad	1	Precio unitario	Q. 224 919,00
MATERIAL					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL
Bomba acero inoxidable	Unidad	1	Q. 26 170,00		Q. 26 170,00
Motor eléctrico 50 HP	Unidad	1	Q. 28 144,00		Q. 28 144,00
Gabinete con tableros	Unidad	1	Q. 8 000,00		Q. 8 000,00
Accesorios eléctricos	Global	1	Q. 2 400,00		Q. 2 400,00
Cable	Pie	850	Q. 22,00		Q. 18 700,00
Accesorios HG	Global	1	Q. 2 200,00		Q. 2 200,00
Tubería HG 4"	Pie	800	Q. 65,00		Q. 52 000,00
TOTAL DE MATERIALES				Q. -	Q. 137 614,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL(Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL
Operador	Unidad	1	Q. 2 200,00		Q. 2 200,00
Ayudante	Unidad	1	Q. 700,00		Q. 700,00
Electromecánico	Unidad	1	Q. 2 630,00		Q. 2 630,00
Ayudante electromecánico.	Unidad	1	Q. 80,00		Q. 80,00
SUB-TOTAL					Q. 6 330,00
% PRESTACIONES			43%		Q. 2 721,90
TOTAL MANO DE OBRA					Q. 9 051,90
OTROS					
HERRAMIENTA (5%DE LA MANO DE OBRA)					Q. 452,60
MAQUINARIA Y EQUIPO					Q. 8 000,00
TOTAL OTROS					Q. 8 452,60
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL					
COSTO DE MATERIALES, HERRAMIENTA, MAQUINARIA Y EQUIPO					Q. 146 066,60
MANO DE OBRA					Q. 9 051,90
GASTOS INDIRECTOS					Q. 69,800,50
PRECIO TOTAL					Q. 224 919,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. Suministro e instalación de planta de generación eléctrica

Unidad de medida	Unidad	Cantidad	1	Precio unitario	Q. 158 178,00
MATERIAL Y EQUIPO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL
Planta de generación eléctrica de 75 KVA	Unidad	1	Q. 98 000,00		Q. 98 000,00
Accesorios eléctricos	Global	1	Q. 803,00		Q. 803,00
TOTAL DE MATERIALES Y EQUIPO				Q. -	Q. 98 803,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL
Electromecánico Ayudante electromecánico.	Unidad	1	Q. 4 850,00		Q. 4 850,00
	Unidad	1	Q. 2 000,00		Q. 2 000,00
	SUB-TOTAL				Q. 6 850,00
	% PRESTACIONES		43%		Q. 2 945,50
TOTAL MANO DE OBRA					Q. 9 795,50
HERRAMIENTA (5% DE MANO DE OBRA)					Q. 489,78
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL					
COSTO DE MATERIALES Y EQUIPO					Q. 99 292,78
MANO DE OBRA					Q. 9 795,50
GASTOS INDIRECTOS					Q. 49 089,72
PRECIO TOTAL					Q. 158 178,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. Trabajos preliminares

Unidad de medida	Global	Cantidad	1	Precio Unitario	Q. 25 445,00
MATERIAL Y HERRAMIENTA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL
Materiales Bodega	Global	1	Q. 8 222,00		Q. 8 222,00
Cal	Bolsas	5	Q. 22,00		Q. 110,00
Machetes	Unidad	3	Q. 110,00		Q. 330,00
Palas	Unidad	3	Q. 95,00		Q. 285,00
Azadones	Unidad	3	Q. 95,00		Q. 285,00
Piochas	Unidad	3	Q. 90,00		Q. 270,00
Carretilas de mano	Unidad	5	Q. 150,00		Q. 750,00
TOTAL DE MATERIALES Y EQUIPO				Q. -	Q. 10252,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL
Albañil	Unidad	1	Q. 2 500,00		Q. 2 500,00
Ayudante albañil	Unidad	2	Q. 1 300,00		Q. 2 600,00
SUB-TOTAL					Q. 5 100,00
PRESTACIONES				43%	Q. 2 193,00
TOTAL MANO DE OBRA					Q. 7 293,00
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL					
COSTO DE MATERIALES Y EQUIPO					Q. 10 252,00
MANO DE OBRA					Q. 7 293,00
GASTOS INDIRECTOS					Q. 7 900,00
PRECIO TOTAL					Q. 25 445,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. Cimentación

Unidad de medida	m ³	Cantidad	13	Precio Unitario	Q.	86 593,00
MATERIAL						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL	
Cemento	Sacos	130	Q. 65,00		Q. 8 450,00	
Arena de rio	m ³	8	Q. 150,00		Q. 1 200,00	
Piedrin	m ³	8	Q. 180,00		Q. 1 440,00	
Acero No.3	qq	5	Q. 325,00		Q. 1 625,00	
Acero No.4	qq	3.5	Q. 325,00		Q. 1 137,50	
Acero No.6	qq	10	Q. 345,00		Q. 3 450,00	
Acero No.7	qq	15	Q. 345,00		Q. 5 175,00	
varilla N0.7	U.	16	Q. 125,00		Q. 2 000,00	
Alambre de Amarre	Lb.	50	Q. 7,00		Q. 350,00	
Tablas P/formaleta	Pt.	225	Q. 7,00		Q. 1 575,00	
Agua	Lt.	1700	Q. 1,00		Q. 1 700,00	
Clavos de 3"	Lb.	5	Q. 7,00		Q. 35,00	
Clavos de 4"	Lb.	3	Q. 7,00		Q. 21,00	
Clavos de 2"	Lb.	2	Q. 7,00		Q. 14,00	
TOTAL DE MATERIALES				Q. -	Q. 26 402,50	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL	
Encargado	Unidad	1	Q. 2 500,00		Q. 2 500,00	
Albañil	Unidad	2	Q. 5 000,00		Q. 10 000,00	
Ayudante albañil	Unidad	6	Q. 1 800,00		Q. 10 800,00	
SUB-TOTAL					Q. 23 300,00	
PRESTACIONES					Q. 10 019,00	
TOTAL MANO DE OBRA					Q. 33 319,00	
HERRAMIENTA (5% DE MANO DE OBRA)					Q. 1 665,95	
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL						
COSTO DE MATERIALES + HERRAMIENTA					Q. 26 402,50	
MANO DE OBRA					Q. 33 319,00	
GASTOS INDIRECTOS					Q. 26 871,50	
PRECIO TOTAL					Q. 86 593,00	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. Construcción de torre

Unidad de medida	Unidad	Cantidad	1	Precio Unitario	Q. 297 035,00
MATERIALES					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO(Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL(Q.) NACIONAL
Tubos de 15 ML Ø 8"	Unidad	9	Q. 3 500,00		Q. 31 500,00
Tubo proceso Ø4"	Unidad	24	Q. 1 350,00		Q. 32 400,00
Tubo proceso 3/4"	Unidad	8	Q. 180,00		Q. 1 440,00
Lamina 4*8*3/8"	Unidad	3	Q. 2 200,00		Q. 6 600,00
Angulares 4*4*3/4"	Unidad	40	Q. 900,00		Q. 36 000,00
Hembra plana 2**1/4"	Unidad	8	Q. 300,00		Q. 2 400,00
Tornillos 1 x 1 1/2"	Unidad	96	Q. 8,00		Q. 768,00
Disco de pulir de 9"	Unidad	4	Q. 60,00		Q. 240,00
Disco de cortar de 9"	Unidad	9	Q. 35,00		Q. 315,00
Acetileno y oxigeno	Carga	2	Q. 1 460,00		Q. 2 920,00
Electrodo 70-18	Lbs	120	Q. 32,00		Q. 3 840,00
Corrostop	Galones	5	Q. 174,00		Q. 870,00
Pintura anticorrosiva	Galones	10	Q. 105,00		Q. 1 550,00
Pintura esmalte para acabado intemperie	Galones	10	Q. 155,00		Q. 1 550,00
TOTAL DE MATERIAL				Q. -	Q. 119 293,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO(Q.) UNITARIO	TOTAL(Q.) IMPORTADO	TOTAL(Q.) NACIONAL
Encargado	Unidad	1	Q. 12 000,00		Q. 12 000,00
Soldadores	Unidad	4	Q. 8 200,00		Q. 32 800,00
Ayudantes	Unidad	4	Q. 4 000,00		Q. 16 000,00
SUB-TOTAL					Q. 60 800,00
PRESTACIONES					Q. 26 144,00
TOTAL MANO DE OBRA					Q. 86 944,00
HERRAMIENTA (5%DE MANO DE OBRA)					Q. 4 347,20
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL					
COSTO DE MATERIALES Y EQUIPO					Q. 119 293,00
MANO DE OBRA					Q. 86 944,00
GASTOS INDIRECTOS					Q. 90 798,00
PRECIO TOTAL					Q. 297 035,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. Construcción cuerpo de tanque de 100 m³

Unidad de medida	Unidad	Cantidad	1	Precio Unitario	Q. 274 648,00
MATERIAL Y EQUIPO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL
Soldadoras	Unidad	2	Q. 1 990,00		Q. 3 980,00
Roladoras	Unidad	1	Q. 2 000,00		Q. 2 000,00
Lamina 1/2" 4*8 Pies	Unidad	1	Q. 2 885,00		Q. 2 885,00
Lamina 1/4" 4*8 Pies	Unidad	27	Q. 1 550,00		Q. 41 850,00
Lamina 3/16 4*8 Pie	Unidad	6	Q. 1 100,00		Q. 6 600,00
Lamina 1/8" 4*8 Pie	Unidad	1	Q. 1 100,00		Q. 1 100,00
Niple de entra. De 4"	Unidad	1	Q. 45,00		Q. 45,00
Respiradero Ø 8" * 2'	Unidad	1	Q. 700,00		Q. 700,00
Disco de pulir 9"	Unidad	7	Q. 60,00		Q. 420,00
Disco de cortar 9"	Unidad	11	Q. 35,00		Q. 385,00
Acetileno y oxigeno	Cargas	2	Q. 1 461,00		Q. 2 922,00
Corrostop	Galones	7	Q. 175,00		Q. 1 225,00
Pintura anticorrosiva	Galones	11	Q. 105,00		Q. 1 155,00
Pintura esmalte para	Galones	11	Q. 419,00		Q. 4 609,00
Acabado intemperie					
Pintura especial con- Hongos y algas	Galones	7	Q. 1 073,00		Q. 7 511,00
TOTAL DE MATERIAL, Y HERRAMIENTA, Y EQUIPO				Q. -	Q. 103 527,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL
Encargado	Unidad	1	Q. 7 900,00		Q. 7 900,00
Soldadores	Unidad	5	Q. 7 300,00		Q. 36 500,00
Ayudantes	Unidad	4	Q. 3 200,00		Q. 12 800,00
SUB-TOTAL					Q. 57 200,00
PRESTACIONES					Q. 24 596,00
TOTAL MANO DE OBRA					Q. 81 796,00
HERRAMIENTA (5% DE MANO DE OBRA					Q. 4 089,80
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL					
COSTO DE MATERIALES Y EQUIPO					Q. 107 616,80
MANO DE OBRA					Q. 81 796,00
GASTOS INDIRECTOS					Q. 85 235,20
PRECIO TOTAL					Q. 274 648,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. Instalación de escaleras

Unidad de medida	Global	Cantidad	1	Precio Unitario	Q.	22 455,00
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL	
Escalera externa con anillos de seguridad	Unidad	1	Q. 3 680,00		Q.	3 680,00
Escalera interna sin Protexión	Unidad	1	Q. 1 160,00		Q.	1 160,00
Pintura anticorrosiva	Galón	2	Q. 105,00		Q.	210,00
Pintura esmalte	Galón	2	Q. 155,00		Q.	310,00
Corrostop	Galón	2	Q. 175,00		Q.	350,00
Pintura contra hongos y algas	Galón	1	Q. 1 070,00		Q.	1 070,00
Electrodo 70-18	Libra	20	Q. 32,00		Q.	640,00
Acetileno y oxigeno	Carga	1	Q. 1 460,00		Q.	1 460,00
TOTAL DE MATERIAL.				Q.	-	Q. 8 880,00
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL	
Encargado	Unidad	1	Q. 1 300,00		Q.	1 300,00
Soldadores	Unidad	2	Q. 1 150,00		Q.	2 300,00
Ayudantes	Unidad	2	Q. 400,00		Q.	800,00
SUB-TOTAL					Q.	4 400,00
PRESTACIONES				43%	Q.	1 892,00
TOTAL MANO DE OBRA					Q.	6 292,00
HERRAMIENTA (5% DE MANO DE OBRA)					Q.	314,60
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL						
COSTO DE MATERIALES Y EQUIPO					Q.	9 194,60
MANO DE OBRA					Q.	6 292,00
GASTOS INDIRECTOS					Q.	6 968,40
PRECIO TOTAL					Q.	22 455,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Suministro e instalación de tubería 4" HG TM**

Unidad de medida	ML	Cantidad	312	Precio Unitario	Q.	600,00
MATERIAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO(Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL(Q.) NACIONAL	
Tubería HG 6" TM	Tubos	52	Q. 1 300,00		Q. 67 600,00	
Accesorios HG	Global	1	Q. 1 000,00		Q. 1 000,00	
TOTAL DE MATERIAL. Y HERRAMIENTA Y EQUIPO				Q.	-	Q. 68 600,00
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO(Q.) UNITARIO	TOTAL(Q.) IMPORTADO	TOTAL(Q.) NACIONAL	
Excavación	m ³	78	Q. 50,00		Q. 3 900,00	
instalador	Unidad	312	Q. 30,00		Q. 9 360,00	
Relleno	m ³	78	Q. 35,00		Q. 2 730,00	
						Q. -
SUB-TOTAL						Q. 15 990,00
PRESTACIONES				43%		Q. 6 875,70
TOTAL MANO DE OBRA						Q. 22 865,70
HERRAMIENTA (5% DE MANO DE OBRA)						Q. 1 143,29
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL						
COSTO DE MATERIALES Y EQUIPO						Q. 69 743,29
MANO DE OBRA						Q. 22 865,70
GASTOS INDIRECTOS						Q. 94 591,01
PRECIO TOTAL						Q. 187 200,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Suministro e instalación de tubería 2" y 2 ½" PVC**

Unidad de medida	ML	Cantidad	310	Precio Unitario	Q.	135,00
MATERIAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL	
Tubería PVC 2 1/2 160 PSI	Tubos	49	Q. 320,00		Q. 15 680,00	
Tubería PVC 2" 160 PSI	Tubos	5	Q. 220,00		Q. 1 100,00	
Accesorios pvc	Global	1	Q. 1 000,00		Q. 1 000,00	
Válvula de limpieza 2"	unidad	1	Q. 350,00		Q. 350,00	
TOTAL DE MATERIAL. Y HERRAMIENTA Y EQUIPO				Q.	-	Q. 18 130,00
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL	
Encargado	Unidad	1	Q. 1 500,00		Q. 1 500,00	
Fontanero	Unidad	54	Q. 75,00		Q. 4 050,00	
Ayudantes	Unidad	2	Q. 1 000,00		Q. 2 000,00	
SUB-TOTAL					Q.	7 550,00
PRESTACIONES				43%	Q.	3 246,50
TOTAL MANO DE OBRA					Q.	10 796,50
HERRAMIENTA (5% DE MANO DE OBRA)					Q.	539,83
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL						
COSTO DE MATERIALES Y EQUIPO					Q.	18 130,00
MANO DE OBRA					Q.	10 796,50
GASTOS INDIRECTOS					Q.	12 923,50
PRECIO TOTAL					Q.	41 850,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Suministro e instalación de tubería PVC de 2" 160 psi**

Unidad de medida	ML	Cantidad	846	Precio Unitario	Q. 114,00
MATERIAL HERRAMIENTA Y EQUIPO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL
Tubería PVC 2	Tubos	141	Q. 219,00		Q. 30 879,00
Accesorios PVC	Global	1	Q. 950,00		Q. 950,00
TOTAL DE MATERIAL.				Q. -	Q. 31 829,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL
Excavación	m ³	212	Q. 40,00		Q. 8 480,00
Fontanero	Unidad	846	Q. 10,00		Q. 8 460,00
Relleno	m ³	212	Q. 30,00		Q. 6 360,00
SUB-TOTAL					Q. 23 300,00
PRESTACIONES				43%	Q. 10 019,00
TOTAL MANO DE OBRA					Q. 33 319,00
HERRAMIENTA (5% DE MANO DE OBRA)					Q. 1 665,95
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL					
COSTO DE MATERIALES Y EQUIPO					Q. 33 494,95
MANO DE OBRA					Q. 33 319,00
GASTOS INDIRECTOS					Q. 29 630,05
PRECIO TOTAL					Q. 96 444,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Suministro e instalación de tubería PVC de 1 ½” 160 psi**

Unidad de medida	ML	Cantidad	498	Precio Unitario	Q.	93,00
MATERIAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL	
Tubería PVC 1 ½”	Tubos	83	Q. 141,00		Q. 11 703,00	
Accesorios PVC	Global	1	Q. 500,00		Q. 500,00	
TOTAL DE MATERIAL.				Q.	-	Q. 12 203,00
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL	
Excavación	m ³	125	Q. 40,00		Q. 5 000,00	
Fontanero	Unidad	498	Q. 9,00		Q. 4 482,00	
Relleno	m ³	125	Q. 30,00		Q. 3 750,00	
SUB-TOTAL					Q. 13 232,00	
PRESTACIONES				43%	Q. 5 689,76	
TOTAL MANO DE OBRA					Q. 18 921,76	
HERRAMIENTA (5% DE MANO DE OBRA)					Q. 946,09	
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL						
COSTO DE MATERIALES Y EQUIPO					Q. 13 149,09	
MANO DE OBRA					Q. 18 921,76	
GASTOS INDIRECTOS					Q. 14 243,15	
PRECIO TOTAL					Q. 46 314,00	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Suministro e instalación de tubería PVC de 1" 160 psi**

Unidad de medida	ML	Cantidad	1230	Precio Unitario	Q.	76,00
MATERIAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL	
Tubería PVC 1 "	Tubos	205	Q. 80,00		Q. 16 400,00	
Accesorios PVC	Global	1	Q. 1 000,00		Q. 1 000,00	
TOTAL DE MATERIAL. Y HERRAMIENTA Y EQUIPO				Q.	-	Q. 17 400,00
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL	
Excavación	m ³	308	Q. 40,00		Q. 12 320,00	
Fontanero	Unidad	1230	Q. 8,00		Q. 9 840,00	
Relleno	m ³	308	Q. 30,00		Q. 9 240,00	
SUB-TOTAL					Q. 31 400,00	
PRESTACIONES				43%	Q. 13 502,00	
TOTAL MANO DE OBRA					Q. 44 902,00	
HERRAMIENTA (5% DE MANO DE OBRA)					Q.	2 245,10
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL						
COSTO DE MATERIALES Y EQUIPO					Q.	19 645,10
MANO DE OBRA					Q.	44 902,00
GASTOS INDIRECTOS					Q.	28 932,90
PRECIO TOTAL					Q.	93 480,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Suministro e instalación de tubería PVC de 3/4" 250 psi**

Unidad de medida	ML	Cantidad	924	Precio Unitario	Q.	68,00	
MATERIAL HERRAMIENTA Y EQUIPO							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL		
Tubería PVC 3/4"	Tubos	154	Q. 60,00		Q.	9 240,00	
Accesorios PVC	Global	1	Q. 500,00		Q.	500,00	
TOTAL DE MATERIAL. Y HERRAMIENTA Y EQUIPO				Q.	-	Q. 9 740,00	
MANO DE OBRA							
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL		
Excavación	m ³	231	Q. 40,00		Q.	9 240,00	
Fontanero	Unidad	924	Q. 7,00		Q.	6 468,00	
Relleno	m ³	231	Q. 30,00		Q.	6 930,00	
						Q.	-
SUB-TOTAL					Q.	22 638,00	
PRESTACIONES				43%	Q.	9 734,34	
TOTAL MANO DE OBRA					Q.	32 372,34	
HERRAMIENTA (5%DE MANO DE OBRA)					Q.	1 618,62	
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL							
COSTO DE MATERIALES Y EQUIPO					Q.	11 358,62	
MANO DE OBRA					Q.	32 372,34	
GASTOS INDIRECTOS					Q.	19 101,04	
PRECIO TOTAL					Q.	62 832,00	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Suministro e instalación de tubería PVC de ½” 315 psi**

Unidad de medida	ML	Cantidad	1278	Precio Unitario	Q.	65,00
MATERIAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL	
Tubería PVC 1/2"	Tubos	213	Q. 51,00		Q. 10 863,00	
Accesorios PVC	Global	1	Q. 1 500,00		Q. 500,00	
TOTAL DE MATERIAL. Y HERRAMIENTA Y EQUIPO					Q.	12363,00
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL	
Excavación	m ³	320	Q. 40,00		Q. 12 800,00	
Fontanero	Unidad	1278	Q. 6,00		Q. 7 668,00	
Relleno	m ³	320	Q. 30,00		Q. 9 600,00	
SUB-TOTAL					Q.	30 068,00
PRESTACIONES				43%	Q.	12 929,24
TOTAL MANO DE OBRA					Q.	42 997,24
HERRAMIENTA (5% DE MANO DE OBRA)						Q. 2 149,86
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL						
COSTO DE MATERIALES Y EQUIPO					Q.	14 512,86
MANO DE OBRA					Q.	42 997,24
GASTOS INDIRECTOS					Q.	25 559,90
PRECIO TOTAL					Q.	83 070,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Construcción de pasos aéreos**

Unidad de medida	Unidad	Cantidad	1	Precio Unitario	Q. 17 013,00
MATERIAL HERRAMIENTA Y EQUIPO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL
Tubería de 2" TM	Tubos	6	Q. 150,00		Q. 900,00
Tubería de 1 1/2" TM	Tubos	9	Q. 100,00		Q. 900,00
Accesorios HG	Global	1	Q. 1 200,00		Q. 1 200,00
Permatex	Pomo	4	Q. 26,00		Q. 104,00
Teflón	Rollo	4	Q. 5,00		Q. 20,00
Anclajes	Global	1	Q. 500,00		Q. 500,00
TOTAL DE MATERIAL. Y HERRAMIENTA Y EQUIPO					Q. 3 624,00
MANO DE OBRA					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL
Fontanero	Unidad	90	Q. 50,00		Q. 4 500,00
Ayudante	Unidad	90	Q. 10,00		Q. 900,00
					Q. -
SUB-TOTAL					Q. 5 400,00
PRESTACIONES				43%	Q. 2 322,00
TOTAL MANO DE OBRA					Q. 7 722,00
HERRAMIENTA (5%DE MANO DE OBRA)					Q. 386,10
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL					
COSTO DE MATERIALES Y EQUIPO					Q. 4 010,10
MANO DE OBRA					Q. 7 722,00
GASTOS INDIRECTOS					Q. 5 280,90
PRECIO TOTAL					Q. 17 013,00

Fuente: elaboración propia.

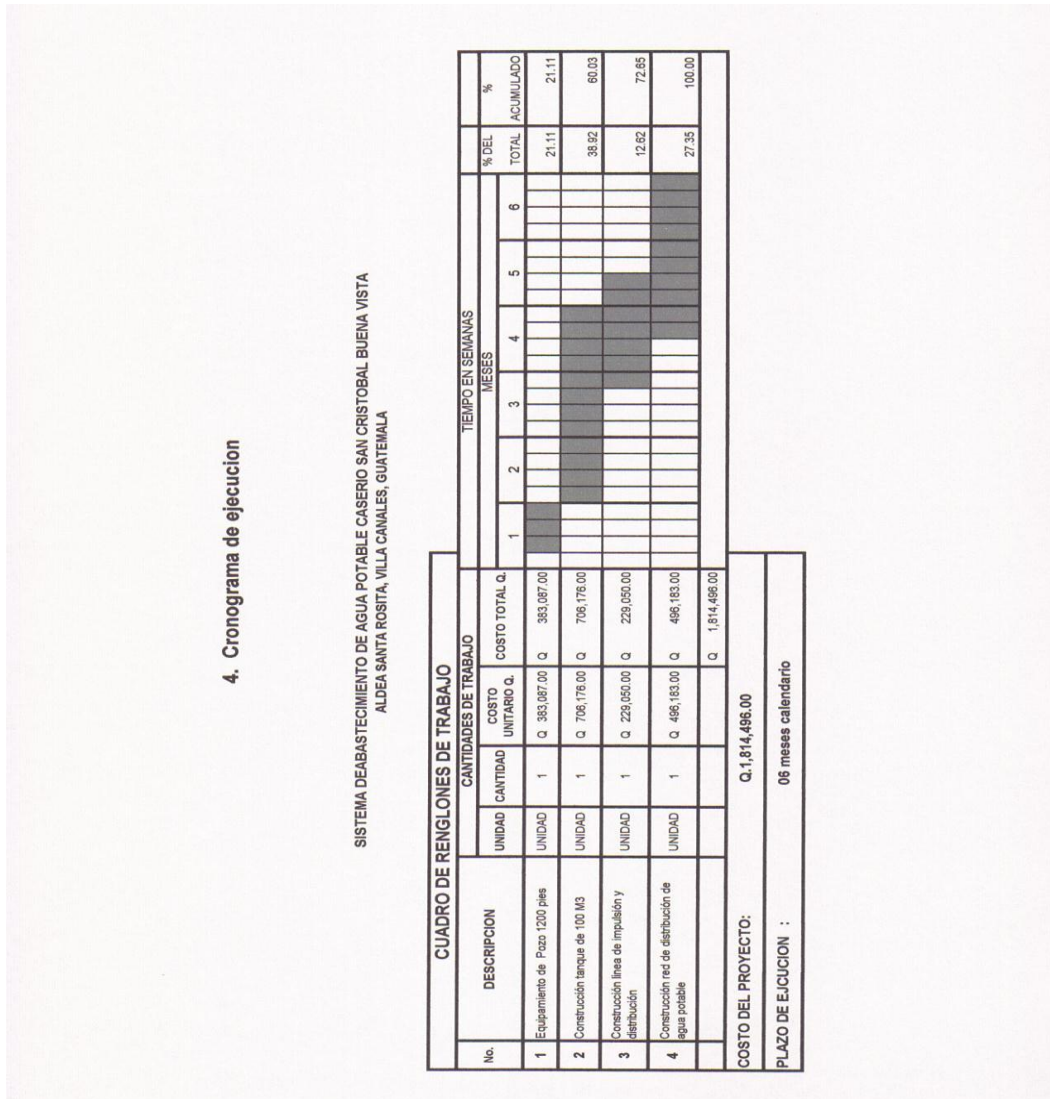
Tabla XIX. **Instalación de conexiones domiciliare**s

Unidad de medida	Unidad	Cantidad	310	Precio Unitario	Q.	313,00
MATERIAL HERRAMIENTA Y EQUIPO						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL	
Tubería PVC 1/2"	Tubos	610	Q. 51,00		Q. 31 110,00	
Accesorios PVC	Global	1	Q. 1 500,00		Q. 1 500,00	
TOTAL DE MATERIAL. Y HERRAMIENTA. Y EQUIPO				Q.	-	Q. 32 610,00
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Q.) UNITARIO	TOTAL (Q.) IMPORTADO	TOTAL (Q.) NACIONAL	
Excavación	m3	153	Q. 40,00		Q. 6 120,00	
Fontanero	Unidad	610	Q. 20,00		Q. 12 200,00	
Relleno	m3	153	Q. 30,00		Q. 4 590,00	
SUB-TOTAL					Q.	22 910,00
PRESTACIONES				43%	Q.	9 851,30
TOTAL MANO DE OBRA					Q.	32 761,30
HERRAMIENTA (5% DE MANO DE OBRA)					Q.	1 638,07
INTEGRACIÓN DEL PRECIO UNITARIO TOTAL						
COSTO DE MATERIALES Y EQUIPO					Q.	34 248,07
MANO DE OBRA					Q.	32 761,30
GASTOS INDIRECTOS					Q.	30 020,63
PRECIO TOTAL					Q.	97 030,00

Fuente: elaboración propia.

4. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Figura 17. Cronograma de ejecucion



Fuente: elaboración propia.

5. PROGRAMA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

5.1. Importancia de la operación del sistema

El sistema de abastecimiento de agua, se puede comparar con una máquina en la que el buen funcionamiento depende de que cada una de sus piezas o partes, funcione al cien por ciento.

No es solo un sistema de tubería por donde entra, pasa y sale el agua en las conexiones domiciliarias. Existen tres razones importantes para efectuar la operación del sistema:

- La cantidad y calidad del agua de la fuente constituye el primer factor para el buen funcionamiento del sistema. Cuidar la fuente y captar el agua de la mejor forma, constituye la base fundamental del sistema.
- Mantener el tanque lleno es la primera condición para que llegue el agua hasta los lugares más altos y apartados de la comunidad.
- La presión del agua se logra con el manejo de las válvulas. El abrir o cerrar las válvulas, permite que se acumulen presiones suficientes en la tubería para que el agua llegue a todas las conexiones del sistema, tanto en los lugares bajos como en los lugares altos.

5.2. Importancia del mantenimiento

En un sistema de abastecimiento de agua, existen dos tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento preventivo

Se entiende por mantenimiento preventivo todas las acciones y actividades que se planifiquen y se realicen para que no aparezcan daños en el equipo e instalaciones del sistema de agua, éste tipo de mantenimiento se realiza para disminuir la gravedad de las fallas que puedan presentarse.

- Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo son todas las actividades que se realizan para reparar daños en el equipo e instalaciones, ya sean por deterioro a causa del uso, o por accidentes.

- Mantenimiento preventivo de algunas partes del sistema captación

Durante el invierno, se debe visitar la fuente, por lo menos una vez al mes, para detectar desperfectos y el estado de limpieza de la misma, para observar que no corre peligro de contaminación.

Los muros de concreto de la captación, deberán revisarse, teniendo cuidado que no existan rajaduras, filtraciones y que las tapaderas de visita estén en su respectivo lugar y en buen estado.

- Línea de conducción

Se debe realizar una revisión en toda la línea de conducción, observando si hay deslizamientos o hundimientos de tierra. Si existieran áreas húmedas anormales sobre la línea, se debe explorar la tubería enterrada para controlar posibles fugas. Se deben abrir constantemente las válvulas de limpieza, para eliminar sedimentos existentes.

- Válvulas

Cada tres meses, se debe realizar una revisión de las válvulas, observando que no tengan fuga, ruptura o falta de limpieza, si existieran, deben de separarse o de cambiarse. Las válvulas deben abrirse y cerrarse lentamente para evitar daño a la tubería debido a las presiones.

- Tanque de distribución

Es importante revisar el tanque de distribución por lo menos cada tres meses y observar que no tenga filtraciones. Debe revisarse que la escalera de ingreso al tanque y la tapadera que permite el acceso, se encuentren en buenas condiciones. Verificar que el tanque se encuentre limpio y con suficiente agua. Vigilar que las válvulas de limpieza, tubos de salida y distribución se encuentren en buen estado.

- Mantenimiento correctivo de algunas partes del sistema reparaciones de tubería

Si en la tubería de PVC existieran fugas, hay que excavar 2 metros a la izquierda y 2 metros a la derecha; luego hacer un nicle con un traslape de 2 pulgadas y eliminar el agua de la zanja y tubería (trabajar en seco), esperar media hora para hacer fluir el agua y probar la presión en las uniones.

- Otras reparaciones

Cuando sea necesario efectuar reparaciones complejas o más difíciles de realizar, es necesario contar con fontaneros de experiencia, por lo que se recomienda coordinar con la Municipalidad.

6. PROPUESTA DE TARIFA

Su función principal es obtener los recursos económicos necesarios para poder cubrir el mantenimiento sostenible del mismo y de esta manera poder brindar un servicio de calidad. Este recurso puede adquirirse a través del pago de una tarifa mensual por el usuario, el cual se calcula para el presente proyecto analizando los costos siguientes:

- Costo de operación

Este costo de operación (Co), contempla un pago mensual a un fontanero para que realice revisiones constantes al sistema y operar el sistema de cloración. Este cálculo se efectúa tomando en cuenta que un fontanero revisa periódicamente más de 30 conexiones domiciliarias:

$$Co = \left(\frac{L}{3} + \frac{Nc}{25} \right) * (Pj) * (1,43)$$

Donde:

L = Longitud de la tubería en Km

Nc = Número de conexiones

Pj = Pago de jornalero por día

1,43 = Factor que representa (aguinaldo, bono 14, indemnización)

$$Co = \left(\frac{5,37}{3} + \frac{665}{25} \right) * (65) * (1,43)$$

$$Co = Q. 2\,638,85/\text{mes}$$

6.1. Costo de mantenimiento

El costo de mantenimiento (Cm), se estima el cuatro por millar, del monto total del proyecto presupuestado para el período de diseño, y este servirá para la compra de materiales cuando haya necesidad de mejorar o cambiar los existentes. Y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Cm = 0,004 * \left(\frac{M}{P} \right)$$

Donde

M = Monto total del proyecto

P = Período de diseño

0,004 = Corresponde al cuatro por millar

$$Cm = 0,004 * \left(\frac{1\,814\,496,00}{25} \right)$$

$$Cm = Q. 290,32/\text{mes}$$

- Costo de tratamiento

Este costo (Ct), es específicamente la compra de hipoclorito de calcio y se determina de la siguiente manera:

$$Ct = \left(\frac{30 * Chc * Qdm * Rac * 86\,400}{45,400 * Cc} \right)$$

Donde

Chc = Costo de 83 tabletas de hipoclorito de calcio

Qdm = Caudal día máximo

Rac = Relación agua cloro en una parte por millar

Cc = Concentración de cloro al 65%

30 = Días al mes

86 400 = Segundos de un día

$$Ct = \left(\frac{30 * 2\,767 * 3,83 * 0,0004 * 86\,400}{45\,400 * 0,65} \right)$$

$$Ct = Q\,372,33 / \text{mes}$$

- Costo de administración

El costo administrativo (Ca), representa el fondo que servirá para gastos de papelería, sellos, viáticos, etc. Se estima que es el 20% de la suma de los tres anteriores:

$$Ca = 20\% * (Co + Cm + Ct)$$

$$Ca = 0,20 * (Q\,2\,638,85 + Q\,290,32 + Q\,372,33)$$

$$Ca = Q.\,660,30 / \text{mes}$$

- Costo de reserva

Costo de reserva se le denomina a una reserva de dinero para cualquier imprevisto que afecte al proyecto, el cual será del 15% de la suma de los costos de operación, mantenimiento y tratamiento.

$$Cr = 15\% * (Co + Cm + Ct)$$

$$Cr = 0,15 * (Q 2 638,85 + Q 290,32 + Q 372,33)$$

$$Cr = Q. 495,23 / mes$$

- Costo de funcionamiento del equipo

Este costo se analiza para una planta eléctrica de 75 kva con un funcionamiento del 50% de su capacidad, se tiene un gasto de 2,5 galones por hora.

$$Cf = 30 * Gd * P$$

$$Cf = 30 * 27,5 * 29$$

$$Cf = Q. 23 925,00 / mes$$

$$Gd = 11 \text{ horas de funcionamiento al día}$$

$$P = \text{precio del galón de diesel}$$

$$30 = \text{Días al mes}$$

La tarifa calculada es la suma de los costos anteriores, dividido el número de viviendas.

$$\text{Tarifa} = \text{Co} + \text{Cm} + \text{Ct} + \text{Ca} + \text{Cr} + \text{Cf}$$

$$\text{Tarifa} = \text{Q. } 2638,85 + \text{Q. } 290,32 + \text{Q. } 372,33 + \text{Q. } 660,30 + \text{Q. } 495,23 + \text{Q. } 23\,925,00$$

$$\text{Tarifa} = \text{Q. } 28\,382,03 / \text{mes}$$

$$\text{Tarifa} = \text{Q. } 340\,584,36 / \text{anual}$$

$$\text{Tarifa} = \frac{\text{Q. } 28\,382,03}{665}$$

$$\text{Tarifa} = \text{Q. } 42,68 / \text{mes} / \text{vivienda}$$

Nota: la tarifa deberá ajustarse por medio de un subsidio municipal de Q. 12,68 por vivienda, como colaboración para la comunidad, y de esta manera proveer de agua potable a la población, satisfaciendo una de las necesidades básicas del caserío San Cristóbal Buena Vista.

$$\text{Tarifa subsidiada} = \text{Q. } 30,00$$

CONCLUSIONES

1. El sistema de abastecimiento de agua, consiste en una longitud de 5 385 metros lineales, de línea de conducción y distribución, con un diámetro predominante de 4 pulgadas con una resistencia de 700 libras por pulgada cuadrada (psi).
2. La conducción del proyecto de agua potable para el Caserío San Cristóbal Buena Vista, aldea Santa Rosita, beneficia a 1 426 habitantes actualmente y a futuro 3 059 habitantes, con el vital líquido en cantidad suficiente y de mejor calidad, elevando la calidad de vida de los residentes de este caserío durante los próximos 20 años.
3. El costo total directo del proyecto es de Q. 1 824 496,00, sin embargo es innegable su importancia y rentabilidad social, por lo que es viable su ejecución.
4. Los factores que afectan el medio ambiente tales como el chapeo, tala de árboles, uso de maquinaria, erosión de suelos, fueron tomados en cuenta, siguiendo normativas sanitarias y procesos seguros, implementando medidas de mitigación como hacer del conocimiento del ente responsable de la ejecución de normas de seguridad y de medidas de conservación del medio ambiente ya establecidas.

5. La realización del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) además de brindar servicio técnico profesional como proyección de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a las comunidades rurales del país, proporciona a los estudiantes la oportunidad invaluable de adquirir experiencia y madurez en la realización de proyectos reales, complementando así su formación académica y su sensibilidad a las necesidades de la población más vulnerable.

RECOMENDACIONES

1. Debido a que en ningún lugar, ajeno a la cabecera Municipal de Villa Canales, se cuenta con medidores del consumo de agua, se sugiere establecer la tarifa fija mensual por servicio, para contar con fondos que se utilizarán en el mantenimiento y las reparaciones necesarias.
2. Verificar los precios unitarios al momento de la ejecución, para evitar que los costos de materiales y mano de obra, y por ende el presupuesto general del proyecto, sea mayor.
3. Es aconsejable que en la ejecución del proyecto, se contrate personal de la comunidad y que uno de ellos sea capacitado y nombrado posteriormente como fontanero, para que conozca plenamente la ubicación y funcionamiento del equipo.
4. Asegurar la implementación de la operación y mantenimiento preventivo y correctivo del proyecto, ya que este incide en la duración y buen funcionamiento para el período que fue diseñado.
5. De acuerdo al resultado del análisis físico-químico y bacteriológico efectuado a la muestra de agua, en el Centro de Investigación (CII), debe de asegurarse la potabilidad del agua aplicándole el tratamiento de cloración respectivo.

6. Por la variación que pueda sufrir la tasa de inflación en el país, pueden rebasarse los límites permitidos en la tarifa, por lo que es aconsejable reevaluar periódicamente los costos de la misma, para adecuarlos a la realidad económica que permita el funcionamiento óptimo del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Institute of Steel Construction. *Manual para arquitectos, ingenieros y constructores de edificios y otras estructuras de acero* USA: AISC, 1994. 26 p.
2. FREDERICK S., Merritt; LOFTIN, M. Kent; RICKETTS, Jonathan T. *Manual del Ingeniero Civil*. 4a ed. USA: McGraw-Hill, 2004. Tomos I y II. Capítulo 21. 30 p.
3. MÉRIDA MORALES, Geler Kennyn. *Diseño de introducción de agua potable al caserío El Limonar y centro recreativo de la cabecera municipal de Aguacatán, Huehuetenango*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2004. 45 p.
4. QUEVEDO MONTERROSO, Emilio Alberto. *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Llano de la Puerta, San Pedro Pínula, Jalapa*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2002. 106 p.
5. *Reglamento del Instituto Americano del Concreto (ACI 318-83) y comentarios*. 2a ed. México: LIMUSA, 1989. 18 p.
6. Unidad Ejecutora de Programa de Acueductos Rurales. *Abastecimiento de agua potable para zonas rurales*. Guatemala: UNEPAR, 2002. 42 p.

APÉNDICES

Diseño hidráulico

Memoria de cálculo:

P diseño	25.00
Viviendas	310.00
Población actual	1426.00
T crecimiento	3.10
Población Futura	3059.00
Dotación	90.00
Qm	3.19
FDM	1.20
QDM	3.82
FHM	2.00
QHM	6.37
Vol Tanque	137.66
Qv	0.020558112

De Est	A Est	CT ent	Ct salida	Dif Niv	Long	vtra	vser	Q	Ø real	Ø prop	Hf	Pz Ent	Pz Sal	Pre CH	Vel Tubos	Obs.
E10	E4	1544.45	1494.38	50.07	153.48	0	161	3.31	1.38	2.50	2.80	1544.45	1541.65	47.28	1.05	25.58 LD
E4	0+280.70	1494.38	1495.41	1.03	127.22	18	143	2.94	2.82	2.50	1.86	1541.65	1539.79	44.38	0.93	21.20 LD
0+280.70	0+298.42	1495.41	1499.40	3.99	17.73	10	133	2.73	1.39	2.00	0.67	1539.79	1539.12	39.72	1.35	2.95 LD
0+298.42	E0	1499.40	1500.00	0.60	10.72	8	125	2.57	1.80	2.00	0.36	1539.12	1538.76	38.76	1.27	1.79 LD
E0	E42	1500.00	1494.43	5.58	157.41	0	125	2.57	1.98	2.00	5.32	1538.76	1533.43	39.01	1.27	26.23 RM_10
E42	E43	1494.43	1490.23	4.19	57.56	26	99	2.04	1.56	1.50	5.13	1533.43	1528.30	38.07	1.79	9.59 RM_10
E43	0+639.62	1490.23	1484.03	6.20	115.52	22	77	1.58	1.51	1.50	6.47	1528.30	1521.83	37.80	1.39	19.25 RM_10
0+639.62	0+990.90	1484.03	1466.86	17.17	351.27	28	49	1.01	1.30	1.50	8.53	1521.83	1513.30	46.44	0.88	58.55 RM_10
0+990.90	1+016.56	1466.86	1465.54	1.33	25.67	35	14	0.29	0.80	0.50	12.93	1513.30	1500.37	34.83	2.27	4.28 RM_10
1+016.56	1+081.88	1465.54	1453.08	12.45	65.31	7	7	0.14	0.47	0.50	9.13	1500.37	1491.24	38.16	1.14	10.89 RM_10

Continuación

0+176.58	E17.3	1516.34	1516.22	0.12	105.83	0	4	0.08	1.08	0.50	5.25	1536.18	1530.93	14.71	0.65	17.64	RM_3.1
0+176.58	E17B	1516.34	1507.84	8.50	31.66	0	4	0.08	0.35	0.50	1.57	1536.18	1534.61	26.78	0.65	5.28	RM_3.2
E19	0+078.16	1508.40	1500.37	8.03	78.16	0	1	0.02	0.25	0.50	0.30	1534.19	1533.89	33.52	0.16	13.03	RM_3.3
0+279.76	0+171.26	1510.37	1486.50	23.87	171.26	0	10	0.21	0.57	0.75	6.43	1532.80	1526.37	39.87	0.72	28.54	RM_4
0+687.11	0+075.69	1478.39	1495.27	16.88	75.69	0	4	0.08	0.37	0.50	3.76	1522.29	1518.53	23.26	0.65	12.61	RM_5
0+791.00	E31.4	1481.27	1486.69	15.41	111.73	0	13	0.27	0.63	0.75	6.81	1516.47	1509.65	12.97	0.94	18.62	RM_6
0+881.54	0+068.61	1486.25	1471.25	14.99	68.61	0	4	0.08	0.37	0.50	3.41	1513.27	1509.86	38.61	0.65	11.44	RM_6.1
E34	E34.1	1485.13	1481.74	3.39	53.23	0	4	0.08	0.47	0.50	2.64	1500.83	1498.19	16.45	0.65	8.87	RM_7
1+008.33	E36A	1476.84	1477.27	0.42	39.95	0	9	0.19	0.93	0.75	1.23	1491.17	1489.94	12.67	0.65	6.66	RM_8
1+008.33	E36.4	1476.84	1478.48	1.63	124.81	0	9	0.19	0.89	0.75	3.85	1491.17	1487.32	8.84	0.65	20.80	RM_9
1+025.74	0+229.49	1477.157	1460.989	16.17	229.49	0	5	0.10	0.51	0.50	17.21	1489.96	1472.74	11.75	0.81	38.25	RM_3.4

Fuente: elaboración propia.

Diseño de bomba sumergible

Bombeo y conducción:

P diseño	10.00
Viviendas	310.00
Población actual	1426.00
T crecimiento	3.10
Población Futura	1935.00
Dotación	90.00
Q _m	2.016.00
FDM	1.20
FHM	2.00
QDM	2.419
Q _b	5.278
Ø	4 ^p
Potencia bomba hp	50

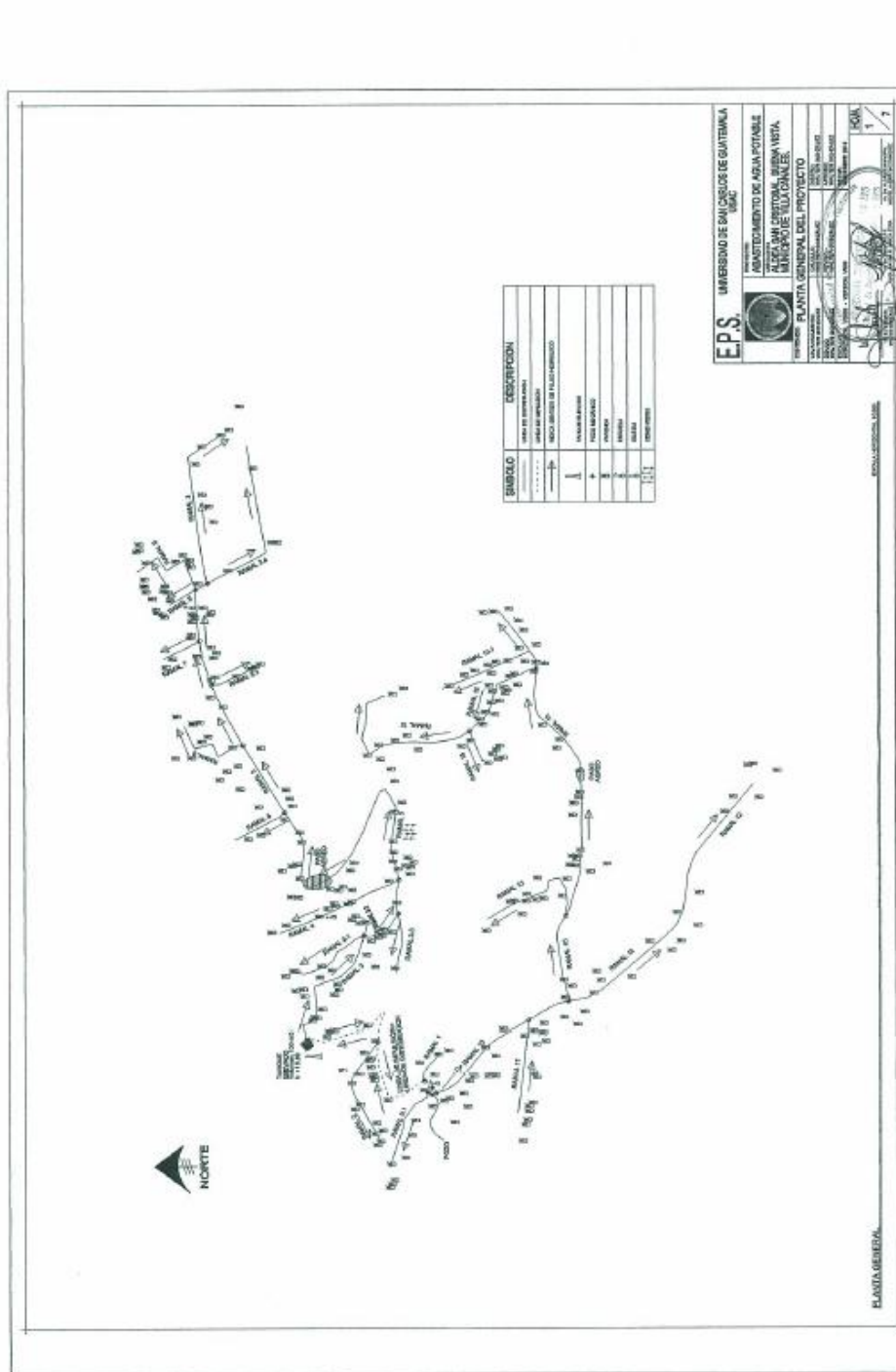
HG 700 PSI	4 ^p
------------	----------------

	NE	AB	Hd	Hss	Ht	Hfa
V1	0.651	205.74	83.82	30.05	5.00	15

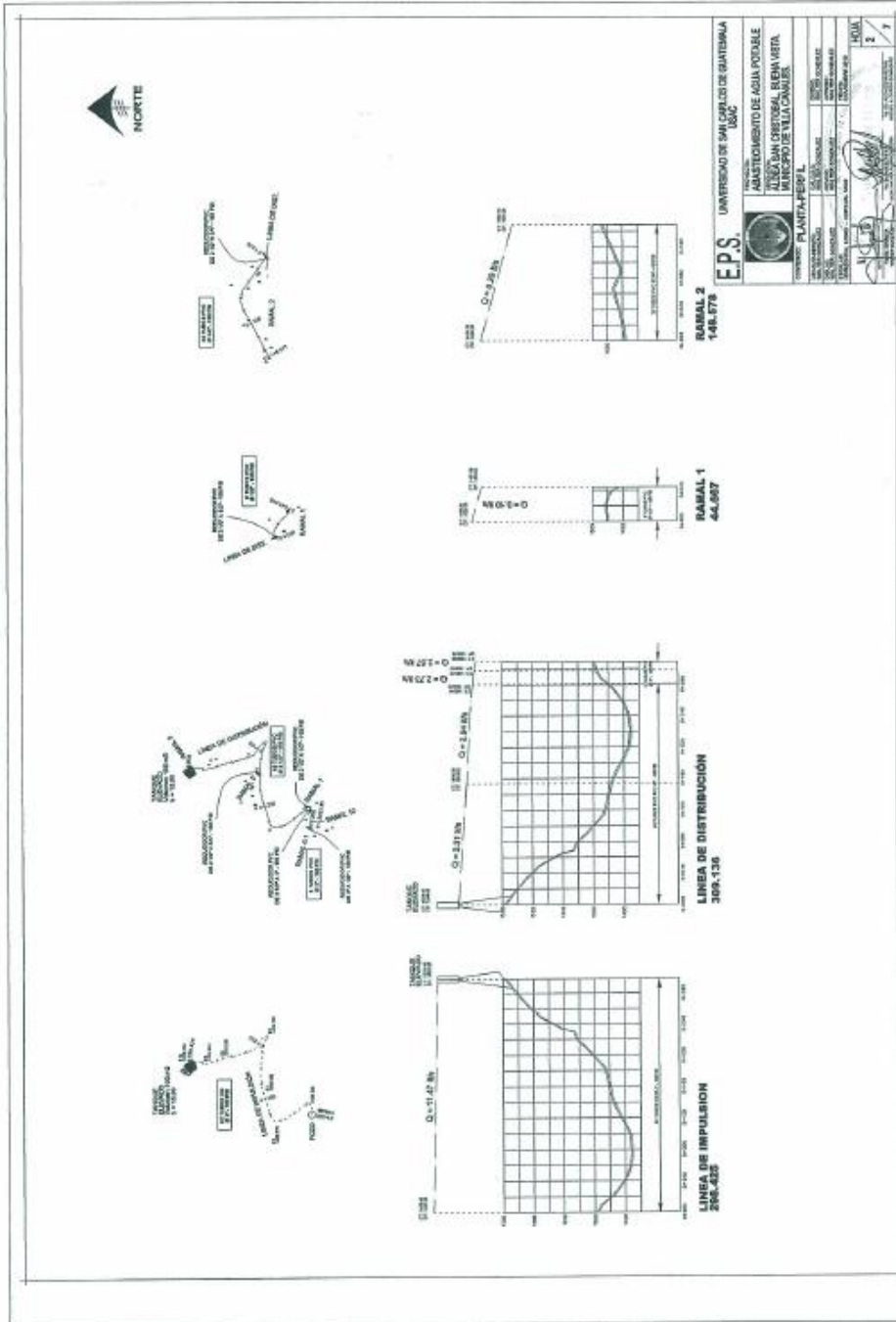
CDT	P	Factor	Pot
352.37	36.46	1.341	48.90

Fuente: elaboración propia.

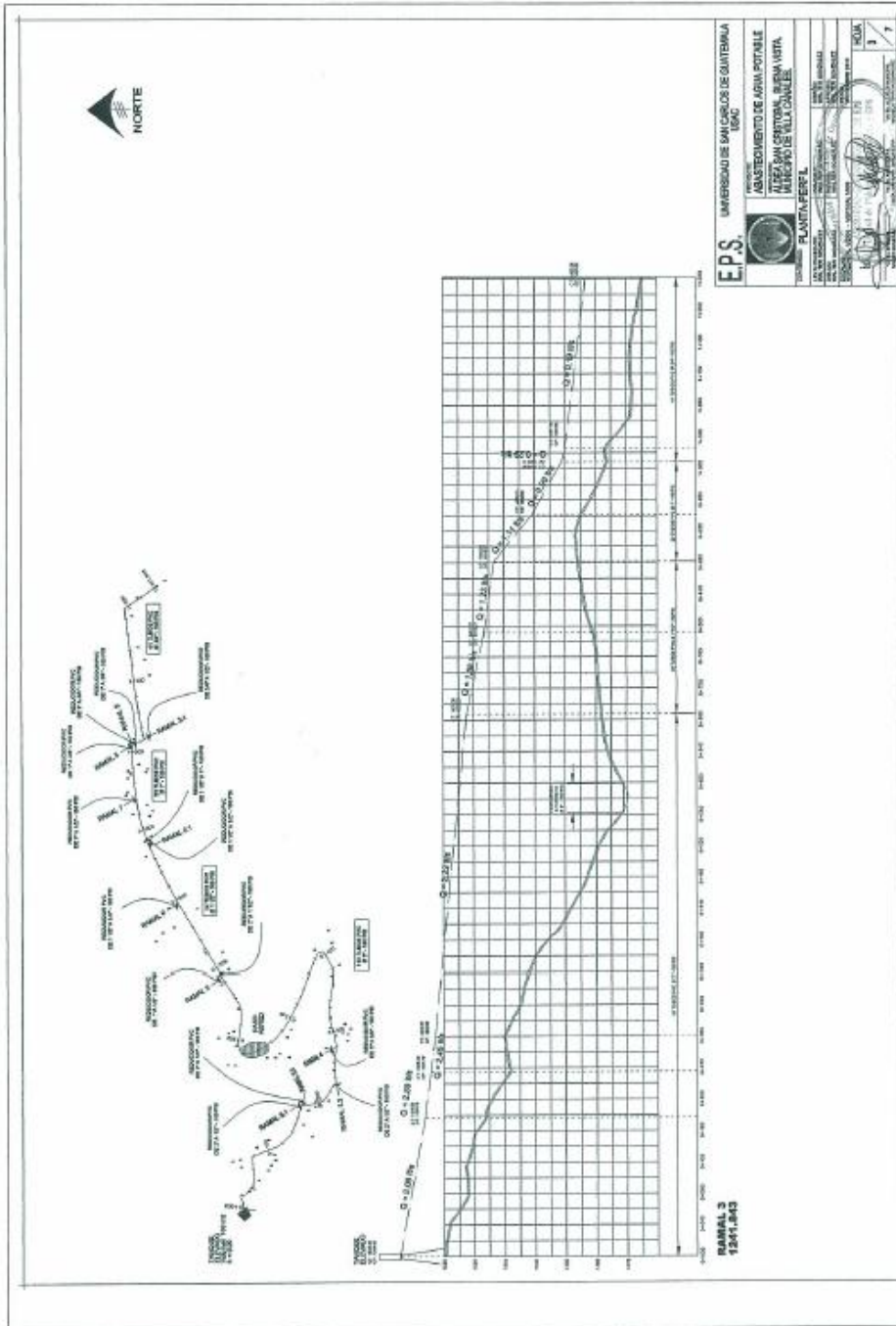
Plano planta general



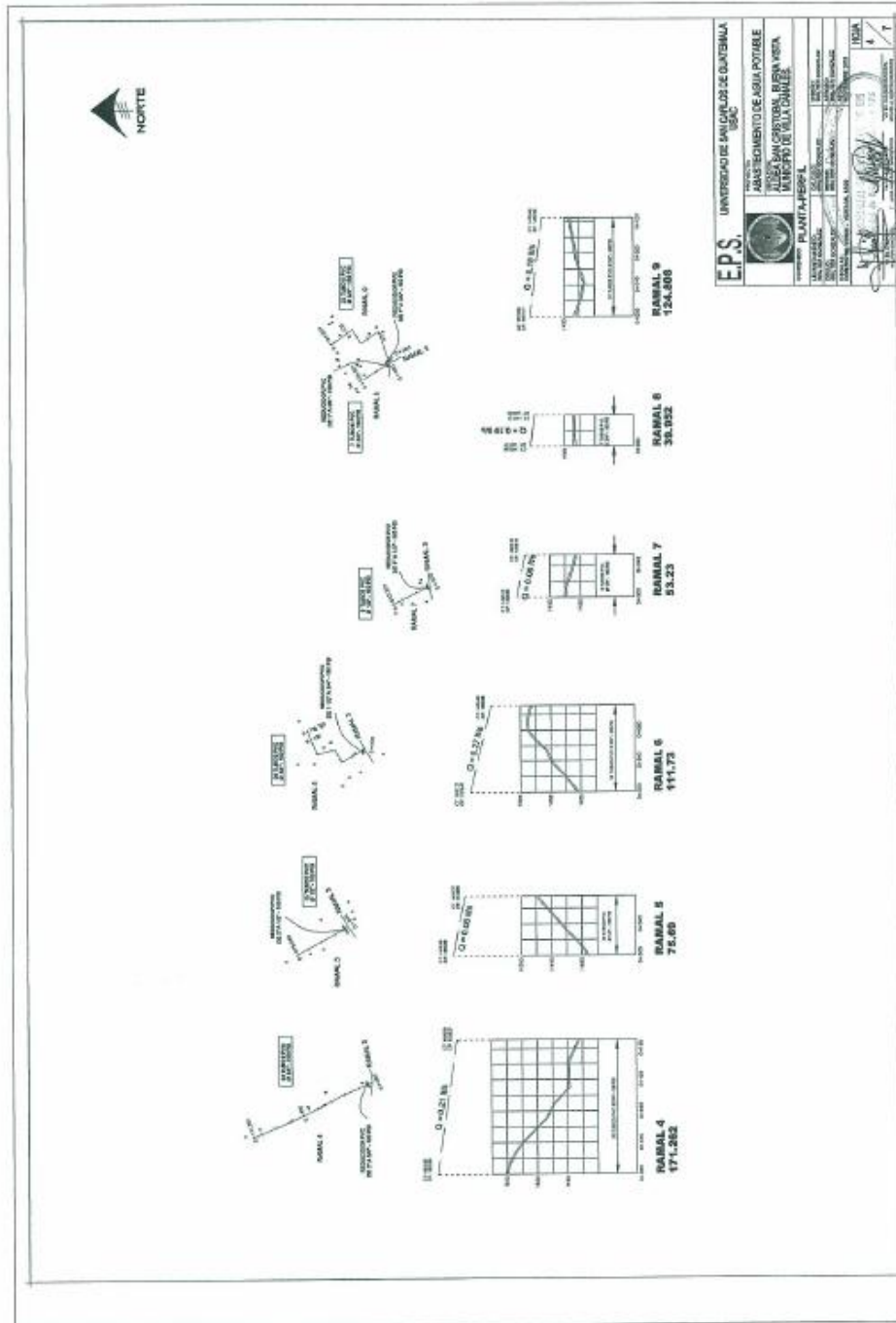
Planos planta perfil



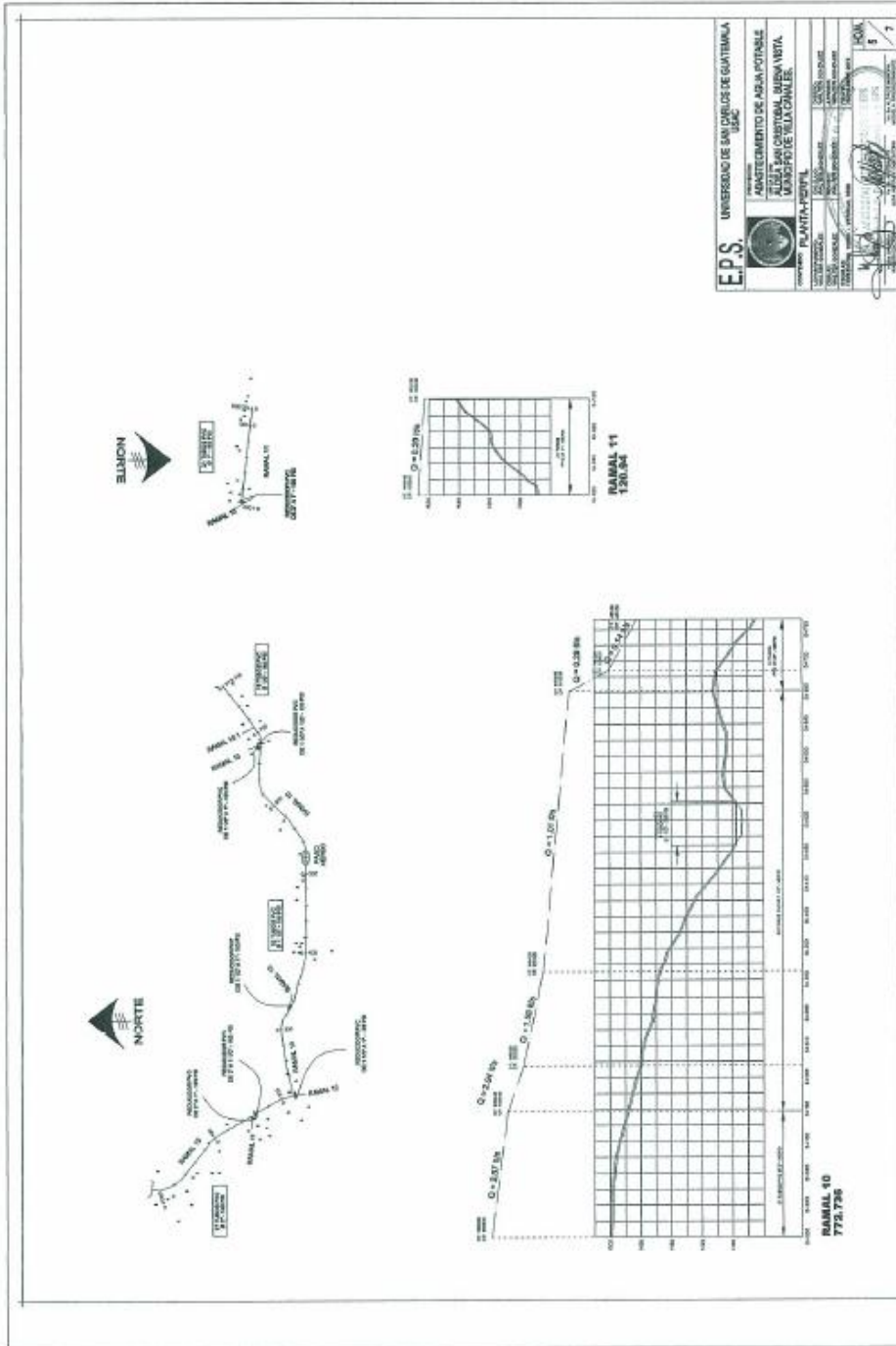
Continuación



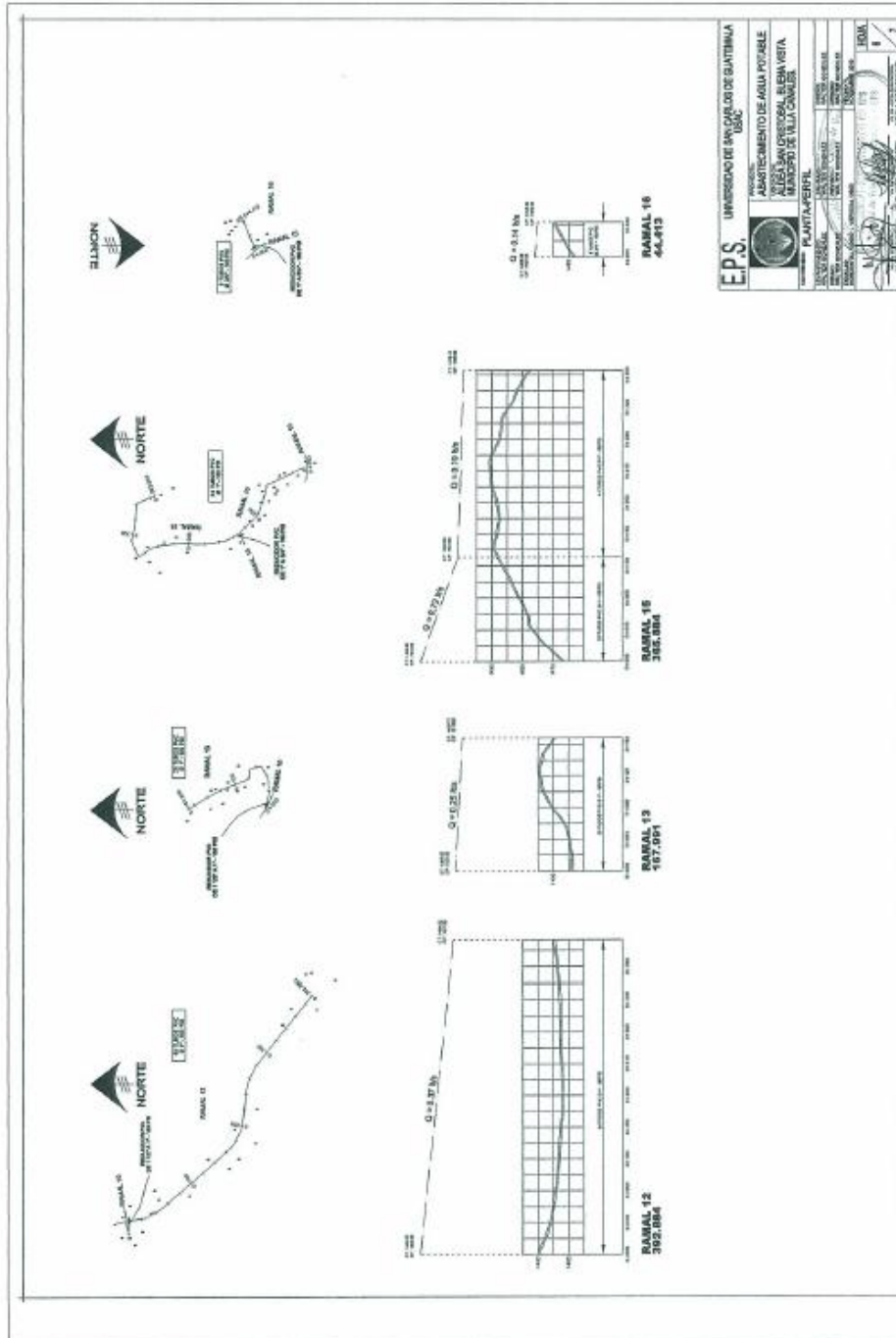
Continuación



Continuación



Continuación



EPS UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
USAC

PROYECTO:
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
A LA ZONA URBANA DE LA VISTA
MUNICIPIO DE LA CAMELIA

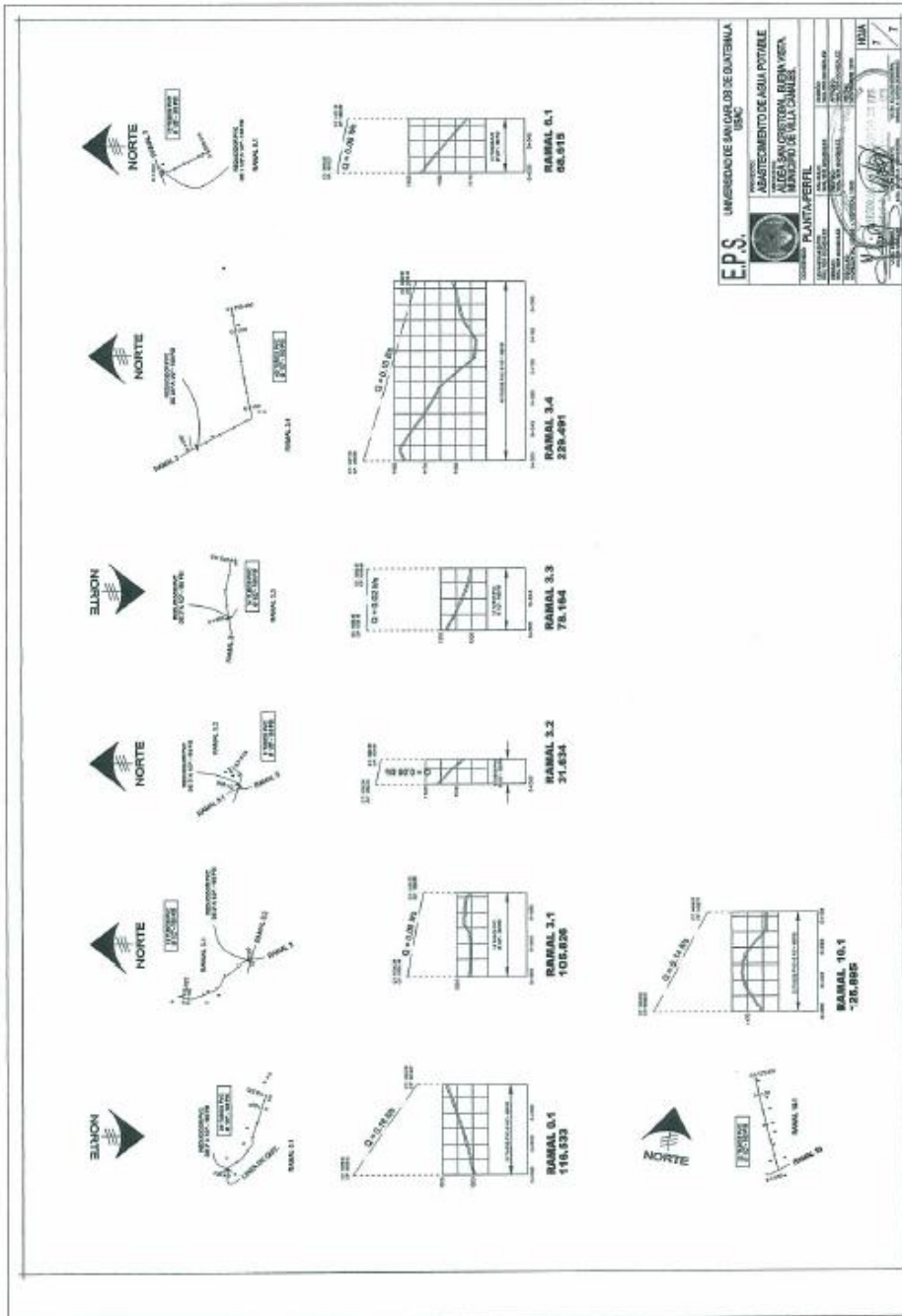
PLANTA: RAMAL 16

INSTRUMENTACIÓN:
Escala: 1:2000
Escala: 1:2000
Escala: 1:2000

FECHA: 15/07/2015

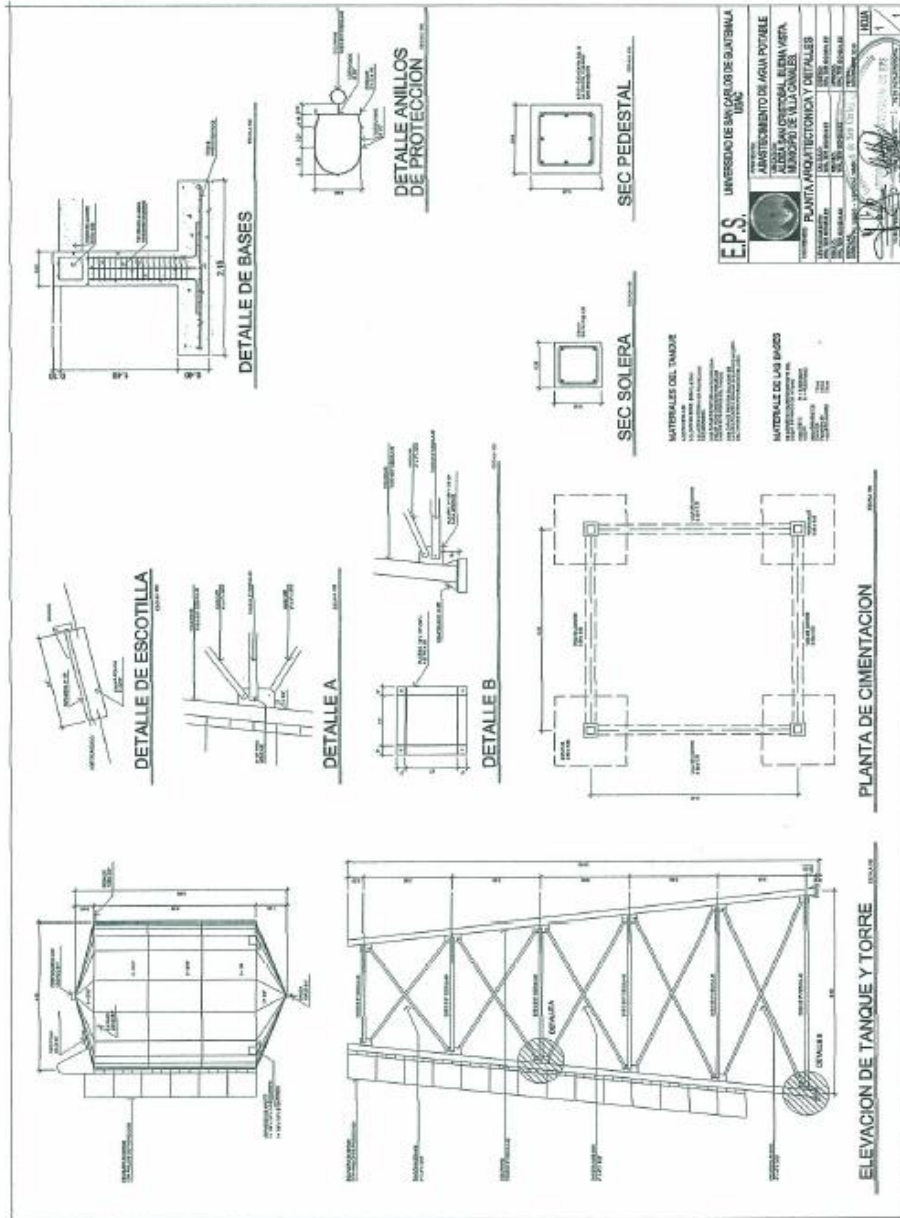
HOJA: 16

Continuación



Fuente: elaboración propia.

Plano tanque elevado



Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Equipos.



EQUIPOS Y VALVULAS, S.A.

Oficinas Centrales: 14 Avenida 26-05, Zona 12

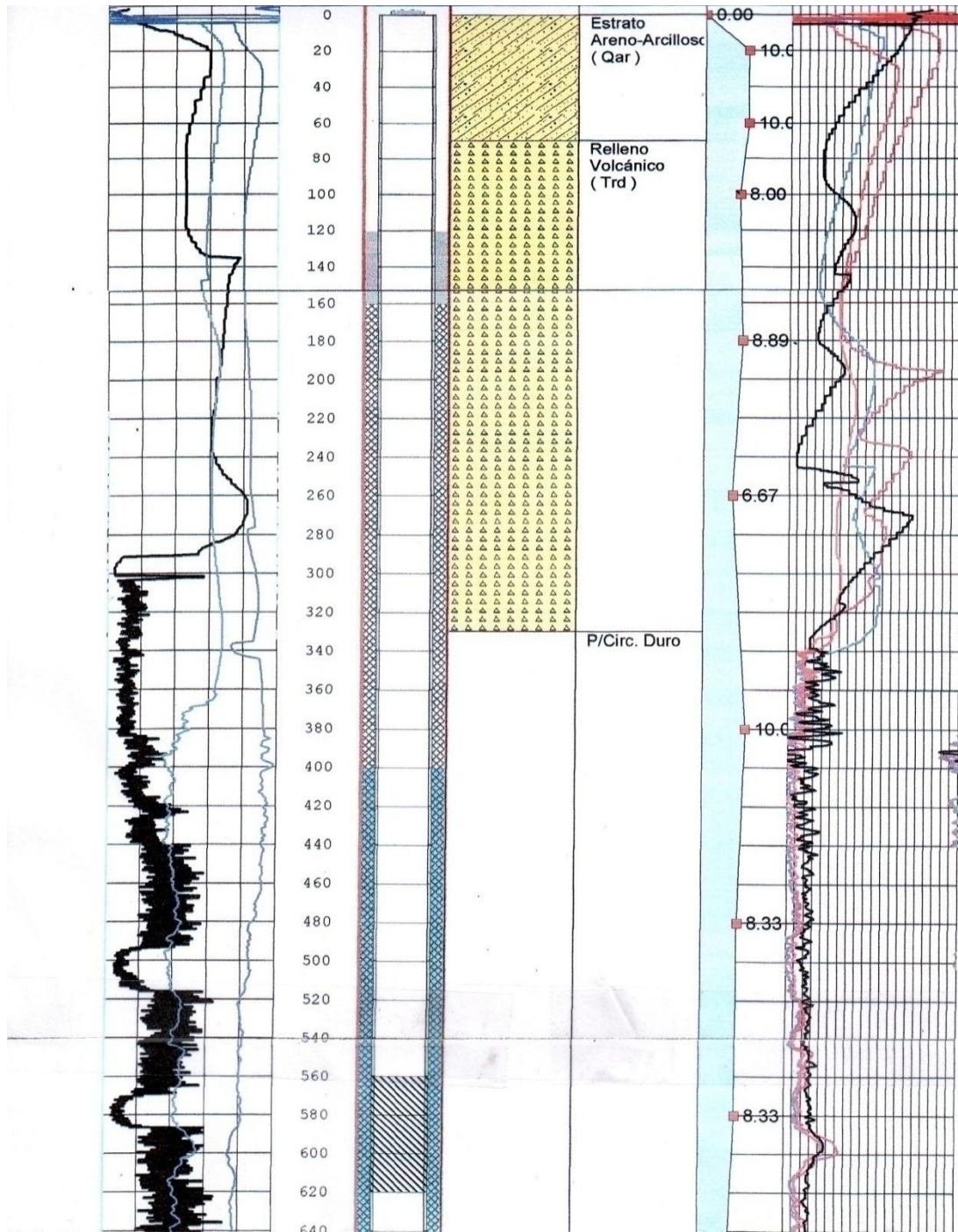
Teléfonos: 2442-3534 •

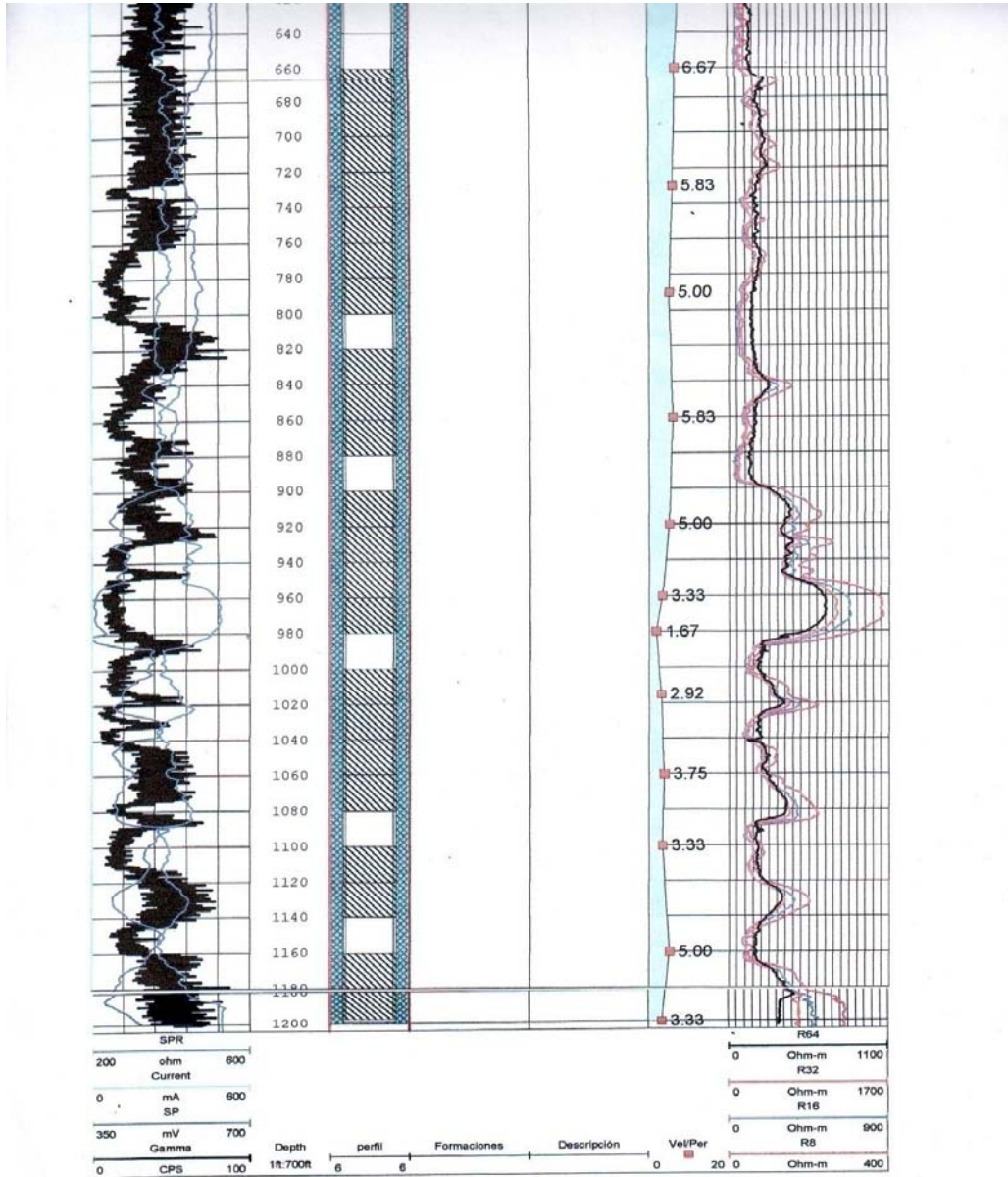
Telefax: 2476-7128 • 2476-7129

Ubicación Pozo: ALDEA SAN CRISTOBAL, BUENA VISTA, VILLA CANALES	
Fecha de inicio: 09-06-2010	Fecha finalización: 30-07-2010
Perforadora: T4W-4	Metodo: ROTOPERCUCION
Perforador: RAMIRO HERNANDEZ	
Diámetro: 8 PULGADAS	Profundidad pozo: 1200 PIES
Nivel Estático: 400 PIES	Nivel de bombeo: 675 PIES
Producción : 150 G.P.M.	Duración bombeo: 24:00 HORAS
Profundidad de la bomba: Instalada a 807' con 16 etapas, 40HP. Rejilla de Fabrica: 500'	
Observaciones: Sello sanitario de cemento de 120' a 160', Filtro de grava de 160' a 1200'.	
: Diseñado Por: ALEX GUTIERREZ Tipo de Nariz del Pozo : De Abierta	

Gamma	Depth	perfil	Formaciones	Descripción	Vel/Per	R8
0 CPS SP	100 1ft:700ft	6 6			0 20	0 Ohm-m 400 R16
350 mV Current	700					0 Ohm-m 900 R32
0 mA SPR	600					0 Ohm-m 1700 R64
200 ohm	600					0 Ohm-m 1100

Perfil Estratigráfico.





Bombas sumergibles, Turbinas, Centrífugas y Cloradores

Exámenes de Laboratorio.

66



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



Nº 19508

EXAMEN BACTERIOLOGICO		INF. No.A-309 311
O.T. No. 27 390		
INTERESADO: <u>WALTER ARNOLDO GONZÁLEZ PORTILLO (carné 8012143)</u>	PROYECTO: <u>EPS "Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en el caserío San Cristobal Buena Vista, Aldea Santa Rosita, Municipio de Villa Canales, Depto. Guatemala"</u>	
MUESTRA RECOLECTADA POR: <u>Interesado</u>	DEPENDENCIA: <u>FACULTAD DE INGENIERÍA/USAC</u>	
LUGAR DE RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA: <u>Caserío San Cristobal Buena Vista Aldea Santa Rosita</u>	FECHA DE RECOLECCIÓN: <u>2010-08-05; 09 h00 min.</u>	
FUENTE: <u>Pozo</u>	FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LABORATORIO: <u>2010-08-05; 09 h 20 Min</u>	
MUNICIPIO: <u>Villa Canalaes</u>	CONDICIONES DE TRANSPORTE: <u>Con refrigeración</u>	
DEPARTAMENTO: <u>Guatemala</u>	SABOR: <u>-----</u>	SUSTANCIAS EN SUSPENSIÓN: <u>Lig. cantidad</u>
ASPECTO: <u>Claro</u>	CLORO RESIDUAL: <u>-----</u>	
OLOR: <u>Lig. materia orgánica</u>		

INVESTIGACION DE COLIFORMES (GRUPO COLI - AEROGENES)

PRUEBAS NORMALES	PRUEBA PRESUNTIVA	PRUEBA CONFIRMATIVA	
		FORMACION DE GAS	
CANTIDAD SEMBRADA	FORMACIÓN DE GAS - 35°C	TOTAL	FECAL 44.5 °C
10,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
01,00 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria
00,10 cm ³	-----	Innecesaria	Innecesaria

RESULTADO: NÚMERO MAS PROBABLE DE GÉRMESES COLIFORMES/100cm³ <2 <2

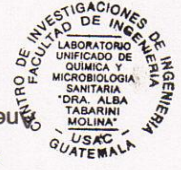
TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - W.E.F. 21TH NORMA COGUANOR NGO 4 010. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI), GUATEMALA.

OBSERVACIONES: Bacteriológicamente el agua es potable. Pero por sus características organolépticas es rechazada por el usuario. Según norma COGUANOR NGO 29 001.

Guatemala, 2010 -10-22

Vo.Bo.
Inga. Telma Maricela Caño Morales
 DIRECTORA CII/USAC

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



FACULTAD DE INGENIERIA -USAC-
 Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
 Página web: <http://cii.usac.edu.gt>



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



Nº 19506

O.T. No. 27 390		ANALISIS FISICO QUIMICO SANITARIO		INF. No. 24 153	
INTERESADO:		WALTER ARNOLDO GONZÁLEZ PORTILLO (carné 8012143)		PROYECTO: EPS " Diseño del sistema de abastecimiento de Agua Potable en el caserío San Cristobal Buena Vista, Aldea Santa Rosita, Municipio de Villa Canales, Depto. Guatemala"	
RECOLECTADA POR:		Interesado		DEPENDENCIA: FACULTAD DE INGENIERÍA-USAC	
LUGAR DE RECOLECCIÓN:		Caserío San Cristobal Buena Vista Aldea Santa Rosita		FECHA Y HORA DE RECOLECCIÓN: 2010-08-05; 09 h 00 min.	
FUENTE:		Pozo		FECHA Y HORA DE LLEGADA AL LAB.: 2010-08-05; 09 h 20 min.	
MUNICIPIO:		Villa Canales		CONDICIÓN DEL TRANSPORTE: Sin refrigeración	
DEPARTAMENTO:		Guatemala			

RESULTADOS					
1. ASPECTO:	Claro	4. OLOR:	Lig. mat. Orgánica	7. TEMPERATURA:	(En el momento de recolección) - °C
2. COLOR:	04,00 Unidades	5. SABOR:	-----	8 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	1 148,00 µmhos/cm
3. TURBIEDAD:	00,56 UNT	6.potencial de Hidrógeno (pH):	07,30 unidades		
SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L	SUSTANCIAS	mg/L
1. AMONIACO (NH ₃)	00,24	6. CLORUROS (Cl)	45,00	11. SOLIDOS TOTALES	620,00
2. NITRITOS (NO ₂)	00,030	7. FLUORUROS (F)	00,17	12. SOLIDOS VOLÁTILES	05,00
3. NITRATOS (NO ₃)	22,44	8. SULFATOS (SO ₄)	135,00	13. SOLIDOS FIJOS	615,00
4. CLORO RESIDUAL	--	9. HIERRO TOTAL (Fe)	00,02	14. SOLIDOS EN SUSPENSIÓN	02,00
5. MANGANESO (Mn)	00,089	10. DUREZA TOTAL	424,00	15. SOLIDOS DISUELTOS	609,00
ALCALINIDAD (CLASIFICACIÓN)					
HIDROXIDOS mg/L	CARBONATOS mg/L	BICARBONATOS mg/L	ALCALINIDAD TOTAL mg/L		
00,00	00,00	480,00	480,00		

OTRAS DETERMINACIONES _____

OBSERVACIONES: Desde el punto de vista físico químico sanitario: NITRITOS altos. DUREZA, MANGANESO SULFATOS, SOLIDOS DISUELTOS en Límites Máximos Permisibles. OLOR ligero a materia orgánica. Las demás determinaciones se encuentran dentro de los límites máximos aceptables de normalidad. Según Norma COGUANOR NGO 29 001.

TÉCNICA "STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER" DE LA A.P.H.A. - A.W.W.A. - W.E.F. 21TH EDITION 2005, NORMA COGUANOR NGO 4 010 (SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES) Y 29001 (AGUA POTABLE Y SUS DERIVADAS), GUATEMALA

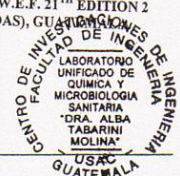
Guatemala, 2010-10-22

Vo.Bo.

Inga. Telma Marcela Cano Morales
DIRECTORA CII/USAC



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



FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC- Jefe Técnico Laboratorio
Edificio T-5, Ciudad Universitaria zona 12
Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-8000 Exts. 86209 y 86221 Fax: 2418-9121
Página web: <http://cii.usac.edu.gt>

