



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

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR  
BOMBEO DEL CASERÍO LAS MORITAS, ALDEA LOS PLANES, MUNICIPIO  
SAN ANTONIO LA PAZ, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO**

**Walter Roderico Pérez Arriaga  
Asesorado por el Ing. Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta**

**Guatemala, marzo de 2006**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR  
BOMBEO DEL CASERÍO LAS MORITAS, ALDEA LOS PLANES, MUNICIPIO  
DE SAN ANTONIO LA PAZ, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**WALTER RODERICO PÉREZ ARRIAGA**

ASESORADO POR EL ING. MANUEL ALFREDO ARRIVILLAGA OCHAETA  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO CIVIL**

GUATEMALA, MARZO DE 2006

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Veliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
EXAMINADOR	Ing. Lionel Alfonso Barillas Romillo
EXAMINADOR	Ing. José Eduardo Ramírez Saravia
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

**DESEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR  
BOMBEO DEL CASERÍO LAS MORITAS, ALDEA LOS PLANES, MUNICIPIO  
SAN ANTONIO LA PAZ, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 23 de febrero de 2004.

---

Walter Roderico Pérez Arriaga.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

### **DIOS**

por darme una nueva oportunidad de vivir, por mostrarme el camino correcto de cómo conducirme por la vida y, sobre todo, por darme la fortaleza para luchar, por alcanzar todas las metas que he trazado en mi vida.

### **MI PADRE**

por todos los sacrificios que hizo en su vida para poder darme la oportunidad de superarme como persona.

### **MI MADRE**

quien ha sido el medio más importante de inspiración que he tenido par salir adelante en mi vida.

### **MIS HERMANOS**

Luís Fernando y Manuel Antonio, por ser el mejor y más sólido apoyo que he tenido, por sus atenciones y sobre todo por el cariño que siempre me han tenido.

**MIS SOBRINOS**

Anthony y Manuel de Jesús por ser fuente de inspiración que he tenido en los momentos difíciles.

**COMUNIDAD  
MONTE HOREB**

porque a través de ella, conocí el verdadero sentido de vivir, creyendo y confiando en que por medio de DIOS todo lo puedo porque Él me fortalece.

**AMIGOS**

Mirna Ramírez, Luz Angélica Betancourt, Ricardo Ruiz Paz (Q.E.P.D); Edwin Castillo(Q.E.P.D), Luís López, Henry López, Marleny de López, Luís Zacarías, Mynor Pérez, Víctor Velásquez, Lucia Godinez, Edgar Maldonado, Ronald Barrios, Marco Castillo, Carlos Garrido, Julio Rodas, Edgar Arrivillaga, Aníbal Lanuza, Edwin Ixcot, Mayra Obando, Mario Velásquez, Ángel Morales, Alexander Paz, José Moran, Job Arriola, José Oliva, Mynor Tzicap, Luís Santisteban, Karin Estrada, Lourdes Castro, Enrique Peláez, Jessica Peláez por su amistad; pero en especial a Mayra Obando, Diana Montes, Aldo Marroquin, Juan Carlos Ramírez y José Oliva por todo el apoyo que me brindaron a lo largo de mis estudios.

**MI ASESOR**

Ingeniero Manuel Alfredo Arrivillaga Ochaeta por darme la oportunidad de realizar el presente trabajo.

**JUAN ALBERTO  
RODRIGUEZ**

especialmente por su amistad, compartir sus conocimientos y apoyarme en los momentos difíciles de mi carrera.

**TRICENTENARIA**

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

## **DEDICATORIA A:**

### **MIS PADRES**

Manuel de Jesús Pérez García.  
Marta D. Arriaga Díaz de Pérez.

### **MIS HERMANOS**

Luis Fernando Pérez Arriaga.  
Manuel Antonio Pérez Arriaga.

### **MI ABUELOS (Q.E.P.D)**

Librado Elías Arriaga Díaz.  
Julia Lucía Díaz González.  
Juan de Dios Pérez Cano.  
Paula Concepción García García.

### **MIS PADRINOS**

Carlos Emilio Grajeda Cobar (Q.E.P.D).  
Delia Bran Vda. de Grajeda.

### **MIS AMIGOS**

Mayra Obando, Diana Montes, Mirna  
Ramírez, Luz Angélica Betancourt, Juan  
Carlos Ramírez y Mynor Pérez.

### **A MIS PADRINOS**

Ing. Diana Larissa Montes Lemus.  
Ing. Aldo Miguel Marroquín Martínez.



# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	V
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	IX
<b>GLOSARIO</b>	XI
<b>RESUMEN</b>	XV
<b>OBJETIVOS</b>	XVII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XIX
<b>1. INFORMACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO</b>	1
1.1 Actividad económica	1
1.2 Vías de acceso	1
1.3 Localización geográfica	2
1.4 Orografía	3
1.5 Aspectos climatológicos e hidrológicos	4
1.6 Datos socioeconómicos	6
1.7 Autoridades y servicios públicos	6
<b>2. ESTUDIOS DE POBLACIÓN</b>	9
2.1 Encuesta sanitaria	9
2.2 Proyección de población	11
2.3 Determinación de población de diseño	13

<b>3. FUENTES DE AGUA</b>	17
3.1 Abastecimiento actual de la población	17
3.2 Estudio sobre demanda de agua potable	17
3.3 Dotación	18
3.4 Determinación del consumo de agua	19
3.5 Tipo de fuente para abastecer de agua a la población	19
3.6 Estudio de la calidad del agua	20
3.7 Aforo de la fuente	24
3.8 Factibilidad técnica	27
<b>4. DISEÑO DEL SISTEMA POR BOMBEO</b>	29
4.1 Diseño de la tubería de impulsión	29
4.2 Altura neta de succión	33
4.3 Carga dinámica	36
4.4 Sobre presión por golpe de ariete	38
4.5 Potencia de la bomba	40
4.6 Equipo de bombeo	40
<b>5. DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	47
5.1 Bases de diseño	47
5.2 Diseño hidráulico	49
5.3 Aforos	54
5.4 Calidad del agua	56
5.5 Recuperación del pozo	60
5.6 Sistema de tratamiento del agua	61
5.7 Obras hidráulicas	62
5.8 Lista de materiales y presupuesto	69
5.9 Administración, operación y mantenimiento	84
5.10 Propuesta de tarifa	96

<b>6. VULNERABILIDAD EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE</b>	97
6.1 Fundamentos para el análisis	97
6.2 Descripción de las amenazas naturales y de sus efectos en los sistemas de agua potable	107
6.3 Mitigación de desastres	112
<b>7. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL</b>	119
7.1 Definición de impacto ambiental y evaluación de impacto ambiental.	119
7.2 Leyes para la aplicación de la evaluación de impacto ambiental.	119
7.3 Descripción y procedimiento que debe cumplir la Evaluación de impacto ambiental	120
7.4 Evaluación de impacto ambiental del sistema de abasteci- miento de agua potable para el caserío Las Moritas, aldea Los Planes, municipio San Antonio La Paz, El Progreso	122
<b>CONCLUSIONES</b>	125
<b>RECOMENDACIONES</b>	127
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	129
<b>ANEXOS</b>	130



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Límites de la comunidad	3
2. Hipoclorador de pastillas	61
3. Esquema de la fuerza hidrostática	62
4. Dimensiones del tanque	65
5. Esquema para el cálculo de la base x	65
7. Organigrama para la administración del proyecto	86
8. Gestión del riesgo	104
9. Planta general topográfica	130
10. Planta- perfil conducción	131
11. Planta - perfil ramal 1 y 2	132
12. Planta –perfil ramal 3,4 y 5	133
13. Planta – perfil continua ramal 5	134
14. Planta – perfil continua ramal 5	135
15. Planta –perfil continua ramal 5	136
16. Planta –perfil continua ramal 5	137
17. Planta –perfil ramal 6 y 7	138
18. Planta –perfil ramal 8,9 y 10	139
19. Planta –perfil ramal 11, 12,13 y 14	140
20. Planta –perfil ramal 15,16,17 y 18	141
21. Caseta de bombeo	142
22. Caja rompe presión + flote	143
23. Tanque de distribución de 30 m3	144

24. Detalle de zanjón	145
25. Conexión predial	145
26. Perfil estratigráfico de la perforación de pozo	146

## TABLAS

I. Datos de la estación hidrométrica Morazán	5
II. Distribución de población por género	9
III. Distribución de población por edad	9
IV. Distribución de población por grupo étnico	10
V. Distribución de población analfabetismo	10
VI. Distribución de población grado de escolaridad	10
VII. Proyección de la población	13
VIII. Cálculo de la tasa de crecimiento	15
XIX. Cálculo de población de diseño	15
X. Características físicas. Límite máximo aceptable y límite máximo permisible que debe tener el agua potable	21
XI. Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles	22
XII. Caudales y diámetros	24
XIII. Diseño hidráulico	44
XIV. Diseño hidráulico	45
XV. Frecuencias mínimas en la toma de muestras	59
XVI. Datos para asumir capacidad soporte, peso específico del suelo y ángulo de fricción interna	64
XVII. Datos para el cálculo de verificaciones	67
XVIII. Presupuesto línea de conducción y distribución	70
XIX. Presupuesto equipo de bombeo	72

XX. Presupuesto caseta de bombeo	74
XXI. Presupuesto cajas rompe presión + flote	75
XXII. Presupuesto tanque de distribución	77
XXIII. Presupuesto clorador	79
XXIV. Presupuesto pasos de zanjón	81
XXV. Presupuesto conexión predial	82
XXVI. Presupuesto general	83
XXVII. Programa físico financiero	85
XXVIII. Perfil de definición de puestos, para la administración del sistema de agua	88
XXIX. Detalle del programa de operación y mantenimiento	91
XXX. Tarifa del servicio	96
XXXI. Matriz de identificación	123





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>P.V.C.</b>	Cloruro de polivinilo
<b>P.S.I.</b>	Libras por pulgada cuadrada
<b>Ea</b>	Módulo de elasticidad del agua, en kg/cm <sup>2</sup>
<b>Qm</b>	Caudal medio
<b>QMD</b>	Caudal máximo diario
<b>QMH</b>	Caudal máximo horario
<b>D.H.</b>	Distancia horizontal
$\alpha$	Ángulo horizontal
$\Delta h$	Diferencia en metros de lectura de hilo superior con hilo inferior.
<b>Pn</b>	Población futura en un tiempo $t_n$
<b>I</b>	Tasa de crecimiento en la población

<b>L/S</b>	Litros por segundo
<b>Hf</b>	Pérdidas por fricción en la tubería
<b>Hs</b>	Pérdidas menores en la tubería
<b>C</b>	Coefficiente de fricción
<b>Q</b>	Caudal en litros por segundo
<b>m.c.a.</b>	Metros columna de agua
<b>V<sup>2</sup> / 2g</b>	Carga de velocidad, en metros
<b>l / hab. / día</b>	Litros por habitante por día

## **GLOSARIO**

<b>Acero</b>	Varilla de hierro corrugado utilizadas en el concreto reforzado.
<b>Aforo</b>	Es la acción de medir la cantidad de un fluido en función del tiempo; en el caso de agua podría ser la producción de una fuente, o bien la cantidad de agua que pasa por una tubería en un período de tiempo.
<b>Amenaza</b>	Probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período, en un sitio dado.
<b>Captación</b>	Estructura por medio de la cual se colecta el agua de una fuente.
<b>Caudal</b>	Es la cantidad de agua que circula por un conducto en unidad de tiempo.

<b>Concreto reforzado</b>	Material de construcción con aspecto de piedra, obtenido de una mezcla cuidadosamente proporcionada de cemento, grava, arena y agua, que se endurece dentro de moldes, rodeando el acero dentro de armaduras antes de endurecerse, tomando así la forma y dimensiones de la estructura deseada.
<b>Conducción</b>	Es la infraestructura que sirve para llevar el agua, desde la captación al tanque de almacenamiento.
<b>Consumo</b>	Es la cantidad de agua, que consume el ser humano por día.
<b>Cota del terreno</b>	Elevación del terreno sobre un nivel de referencia.
<b>Cota piezométrica</b>	Es la máxima presión dinámica en cualquier punto de la línea.
<b>Demanda de agua</b>	Es la cantidad de agua que requiere una población.

<b>Diseño</b>	Es la fase de trabajo de gabinete, en la que se elabora el proyecto sobre los datos obtenidos en la fase anterior del campo y en la preliminar.
<b>Distribución</b>	Es la infraestructura que se utiliza para llevar el agua almacenada en el tanque hacia las viviendas beneficiadas.
<b>Excavación</b>	Conjunto de operaciones necesarias para remover parte del terreno.
<b>Fuente</b>	Es el manantial o agua que brota de la tierra.
<b>Pendiente</b>	Inclinación con respecto a una línea horizontal.
<b>Punto de rocío</b>	Es la temperatura hasta la cual es necesario enfriar el aire a presión constante para que se sature.
<b>Riesgo</b>	Grado de pérdidas esperadas y efectos provocados debido a la ocurrencia de un evento particular en función de la amenaza y la vulnerabilidad.

<b>Tubería</b>	Es el conducto formado por tubos, en los cuales se desplazará el fluido.
<b>Vertedero</b>	Es la abertura, sobre la cual un líquido fluye.
<b>Vulnerabilidad</b>	Grado de daño de un elemento o grupo de elementos que corren riesgo, como resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso, expresada en una escala desde 0, o sin daño, hasta 1, o pérdida total.

## RESUMEN

El presente trabajo de graduación, consiste en el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Las moritas, aldea Los Planes, ubicada en el municipio de San Antonio La Paz, El Progreso.

El acueducto, es un sistema que funcionará por bombeo, para el mismo, se ha considerado el pozo perforado para el suministro del servicio, dicho acueducto tiene una longitud de 8,088.10 metros, tomando en cuenta la línea de conducción y la de distribución.

Dentro del diseño se elaboraron la monografía del lugar, diagnósticos respecto de las necesidades más inmediatas en cuanto a la falta de servicios y se plantearon manuales de operación y administración del sistema, así como el cálculo de la tarifa y un programa físico financiero para la ejecución del proyecto.

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





## OBJETIVOS

- **General**

El desarrollo de la planificación y diseño de la red de agua potable para el caserío Las Moritas, aldea los Planes, municipio San Antonio La Paz, departamento El Progreso.

- **Específicos**

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



## INTRODUCCIÓN

El caserío las Moritas, Aldea los Planes, ubicado en el municipio de San Antonio la Paz, El Progreso, al igual que otras localidades de este municipio, forma parte de las comunidades que actualmente no cuentan con los servicios básicos vitales para su desarrollo.

La falta de aprovisionamiento de agua, sanitariamente, segura para el consumo humano, enmarca aspectos, tales como: condiciones de vida insalubres, extrema pobreza y poco desarrollo dentro de la comunidad que carece del servicio, entre otros. En la actualidad, el Comité Pro-introducción de agua potable de la aldea, realiza gestiones de apoyo para la construcción del sistema de abastecimiento de agua potable ante varias instituciones del lugar las cuales son:

- La municipalidad de San Antonio la Paz, como institución local;
- Unidad Ejecutora del Programa de Acueductos Rurales UNEPAR Y Desarrollo Integral de Comunidades Rurales DICOR, como instituciones gubernamentales

Debido a lo anterior, y, para dar respuesta a una parte de la problemática planteada que se manifiesta en la falta de infraestructura básica, se presenta el siguiente proyecto, el cual, a través del Ejercicio Práctico Supervisado (E.P.S.), presentará el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable. Para que este trabajo técnico sea una contribución al desarrollo y mejoramiento de la salubridad en el área rural y especialmente que la mencionada

comunidad logre, en un corto plazo, gestionar ante las autoridades correspondientes la ejecución del mismo.

# **1. ÁREA DE ESTUDIO**

## **1.1. Actividad económica**

En la población la mayoría son agricultores, y los principales productos que cosechan son: maíz, frijol, caña de azúcar y café.

En cuanto a la producción artesanal, las actividades se concentran en la elaboración de objetos de cerámica, muebles de madera, teja, ladrillo de barro, y la imaginería.

Los agricultores trabajan por sus propios medios, es decir, que no obtienen crédito de alguna institución, aunque reciben cierta clase de asesoría sobre el manejo y uso adecuado del suelo, por parte de representantes de Proyecto DICOR, cuyo gerente es el Ing. Avelino Peña.

## **1.2. Vías de acceso**

La cabecera municipal se encuentra a unos 4 Km. por medio de revestimiento suelto al sur del entronque con la carretera Interoceánica CA-9, asfaltada, que da acceso tanto a los respectivos lugares del departamento de El Progreso como de Guatemala y demás lugares. Cuenta también con un camino de terracería que del caserío conduce a la cabecera municipal, con una longitud aproximada de 5 Km.

### **1.3. Localización geográfica**

San Antonio La Paz es municipio del departamento de El Progreso, cuenta con una municipalidad de tercera categoría. Área aproximada, con la salvedad que se indica más adelante, 209 km<sup>2</sup>. Nombre geográfico oficial: San Antonio La Paz. Si bien el área aproximada indicada corresponde, como ya indicado a la que ha proporcionado Estadística, debe hacerse hincapié en que por ahora no puede proporcionarse el área municipal, debido a que el límite fue alterado al tenor del decreto 23-74 del Congreso de la Republica del 3 de abril de 1974 como se desprende de su artículo 2º. Según datos proporcionados por el instituto de Transformación Agraria, el lindero departamental entre El Progreso y Jalapa, en la zona afectada, parte de la cima del cerro Almolonga que constituye el límite departamental, en una poligonal hacia el este a la cima del cerro Montepeque; de allí al paraje el Terrero hasta el Paraje Portezuelo del Incienso, al lado sur del cerro el Incienso y, de ese punto, la poligonal que en dirección suroeste va al a cima del cerro Alto, que ha pertenecido a Jalapa.

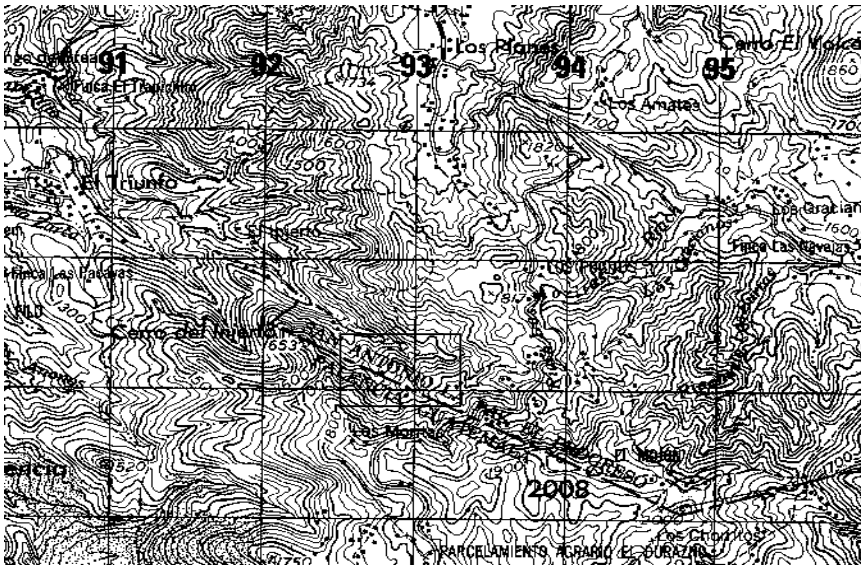
El municipio cuenta con 1 pueblo, 13 Aldeas y 28 caseríos, entre los cuales de encuentra el caserío las Moritas de la aldea Los Planes.

Se ubica en la latitud 14° 45' 22" y longitud 90° 17' 08", cuenta con 209 kilómetros cuadrados de extensión territorial, y una altura de 1240 metros sobre el nivel del mar, tomando como referencia la Iglesia Católica.

Limita al Norte con Sanarate (El Progreso); al Sur con Palencia (Guatemala); al Este con Sanarate (El Progreso); y al Oeste con Palencia y San José el Golfo (Guatemala).

En la siguiente figura se puede apreciar gráficamente los límites de la comunidad.

**Figura 1. Límites de la comunidad**



**Fuente: Fracción de la hoja cartográfica San Pedro Ayampuc. 2160 III E754 EDICION 2-NIMA**

#### **1.4. Orografía**

De acuerdo a la orografía, la topografía del municipio resulta bastante particular: dos serranías, casi paralelas, se desprenden de la sierra de Palencia situada hacia el sur y se orientan hacia el noroeste, determinando las del oeste los cerros de Los Planes, del Corcovado, las montañas de Los Ocotes y las hondonadas de Agua Zarca, así como de Las Minas y la del este por el cerro del Pimiento, Los Palatinos y del Tambor Grande.

## 1.5. Aspectos climatológicos e hidrológicos

Fisiografía y clima: el clima está caracterizado por dos estaciones: severamente seca y muy húmeda, de casi igual duración. La época de sequía se extiende desde noviembre hasta abril, pero por lo general hay suficiente lluvia entre los meses de junio a octubre. La precipitación pluvial es variable, caracterizándose por ser lluvias de media intensidad y su promedio anual es de 708.5 mm.

Las temperaturas son moderadas, con días cálidos y noches agradables. Las variaciones diarias son mayores que las estacionales promedio, pues las variaciones diarias pueden ser de hasta 10 grados, siendo las estacionales promedio de solamente unos dos grados.

Humedad relativa media	82 %
Humedad relativa máxima	91 %
Humedad relativa mínima	71 %
Tensión de vapor	23 mmHg
Temperatura punto de rocío	26 °C

### **Hidrología:**

Las principales fuentes de agua en el área, son: la micro cuenca compuesta por las márgenes del río Agua Caliente, que tiene un curso más o menos apacible, pero en la época de lluvia crece su cauce, precipitándose turbulento y peligroso. Otro de los ríos que atraviesa el municipio es el Plátanos, que aguas abajo descarga en el río grande o Motagua.



**Tabla I. Datos de la estación hidrométrica Morazán**

Clave	Estación	Latitud	Longitud	Altura	AÑO			
120301	MORAZÁN	14°55'49"	90°08'31"	370msnm	2003			
<b>Variable</b>	<b>Dimensional</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	
Temperatura media	°C	26.1	26.2	25.2	26.0	25.0	24.2	
Temperatura máxima promedio	°C	31.2	31.9	31.2	31.2	29.6	28.2	
Temperatura mínima promedio	°C	19.9	17.9	18.5	19.4	19.9	19.4	
Temperatura máxima absoluta	°C	33.5	34.0	33.5	33.6	31.7	30	
Temperatura mínima absoluta	°C	14.0	14.6	15.1	13.6	17.3	16.8	
Humedad relativa media	%	76	71	77	80	89	84	
Nubosidad	OCTAS	4	5	5	6	7	7	
Velocidad del viento	KM/HRA	2.2	****		2.7	1.1	3.3	
Lluvia	MM	2.5	0.9	15.4	77.8	367.6	576.3	
Lluvia	DIAS	1	1	6	6	22	25	
<b>Variable</b>	<b>Dimensional</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>ANUAL</b>
Temperatura media	°C	25	24.9	24.3	23.9	24.5	24.7	25.5
Temperatura máxima promedio	°C	29.8	29.7	29	29	29.8	30.7	30.6
Temperatura mínima promedio	°C	19.9	20	19.4	18.3	18.9	18.1	19.1
Temperatura máxima absoluta	°C	31.6	30.7	30.5	31.4	32	32.1	32.7
Temperatura mínima absoluta	°C	16.1	18.3	17.6	17	16.1	13.1	15.2
Humedad relativa media	%	90	92	91	91	89	86	80
Nubosidad	OCTAS	6	6	6	6	6	4	6
Velocidad del viento	KM/HRA	2.2	5.3	2.5		4.9	5.3	2.3
Lluvia	MM	405.9	387.6	549.8	625.5	145.3	0.2	1070.5
Lluvia	DIAS	12	21	25	18	14	1	61

## **1.6. Datos socioeconómicos**

Las actividades productivas principales son:

Agricultura, dedicándose a la siembra de : maíz, frijol, caña de azúcar y café.

Producción artesanal, la cual comercializan en el municipio y en la ciudad.

## **1.7 Autoridades y servicios públicos**

En el municipio cuentan con una subestación de la Policía Nacional Civil, la cual presta el servicio de seguridad a todos los pobladores de las distintas comunidades, en cuanto al caserío Las Moritas, éste cuenta con un alcalde auxiliar, el cual es nombrado por la municipalidad.

A nivel comunitario están organizados por medio del Comité Pro-Introducción de agua potable, el cual es el encargado de gestionar ante diferentes instituciones, la construcción del sistema de abastecimiento de agua; este comité tiene funciones de comité de desarrollo local.

**Centros educativos:** en la comunidad existe atención para educación pública a nivel primario, aunque en la actualidad cuentan con un edificio escolar, se está construyendo otro que reúne mejores condiciones para albergar a la comunidad escolar.

**Servicios de salud:** en el caserío no cuentan con ningún centro de salud, y no existe farmacia en la comunidad. En casos de emergencia, los habitantes necesariamente tienen que ir al Centro de Salud de la aldea Los Planes.

**Servicio de agua potable:** actualmente la comunidad cuenta con un sistema de abastecimiento de agua potable por llenacantaros, el que no cubre la demanda del vital líquido para surtir a toda la comunidad.

**Servicio de energía eléctrica y vivienda:** la comunidad cuenta con energía eléctrica; en el caso de las viviendas, los habitantes del lugar son propietarios de sus respectivos inmuebles, los cuales guardan una tipología de estructuras construidas con mampostería de block y unidades de adobe.

**Disposición de basuras:** al carecer de los servicios básicos de infraestructura, tiran la basura en áreas cercanas a sus viviendas, además no cuentan con un sistema de evacuación de excretas, por lo que tienen que hacer sus necesidades fisiológicas a campo abierto.

**Medios de comunicación:** dentro de la comunidad existe recepción de telefonía celular, además algunos vecinos poseen un aparato propio.

**Medios de transporte:** los habitantes de la comunidad y comunidades aledañas ingresan por un camino de terracería existente, regularmente a pie o en pick up de personas que transportan su mercadería a la cabecera municipal. El transporte extraurbano únicamente llega a la cabecera municipal, faltando una distancia más o menos de cinco kilómetros para llegar a la comunidad.



## 2. ESTUDIOS DE POBLACIÓN

### 2.1 Encuesta sanitaria

Se realizó una encuesta con el señor Jony Sánchez encargado de la Unidad Técnica Municipal.

Luego de realizar un censo al 100% de la población de la comunidad, la investigación proporcionó la siguiente información.

**Tabla II. Distribución de población por género**

<b>Genero</b>	<b>Cantidad (hab.)</b>
Femenino	238
Masculino	232
<b>Total</b>	<b>470</b>

Tal como puede apreciarse es la tabla anterior, en la distribución por género predominan las mujeres, sin embargo, no es muy grande la diferencia.

**Tabla III. Distribución de población por edad**

<b>Rango de edad (años)</b>	<b>Cantidad (hab.)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
0 a 1 año	134	28,51%
7 a 14 años	113	24,04%
15 a 64 años	215	45,74%
más de 65 años	8	1,70%
<b>Total</b>	<b>470</b>	<b>100,00%</b>

**Tabla IV. Distribución de población según grupo étnico**

<b>Grupo Étnico</b>	<b>No. de Personas</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Ladinos	460	97,87%
Indígenas	10	2,13%
<b>Total</b>	<b>470</b>	<b>100,00%</b>

**Tabla V. Distribución de población por analfabetismo**

<b>Educación</b>	<b>No. De personas</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Alfabeta	102	45,74%
Analfabeta	121	54,26%
<b>Total</b>	<b>223</b>	<b>100,00%</b>

**Tabla VI. Distribución de población por grado de escolaridad**

<b>Nivel de escolaridad</b>	<b>No. De personas</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
ninguno	198	58,93%
Pre-primaria	1	0,30%
Primaria	132	39,29%
Media	5	1,49%
Superior	0	0,00%
<b>Total</b>	<b>336</b>	<b>100,00%</b>

Dentro de los aspectos poblacionales, el proyecto tendrá un área de influencia que toma en cuenta únicamente la totalidad de familias que se ubican en la comunidad, las cuales suman un total de 102 en la actualidad.

El total de pobladores de la comunidad son ladinos, se practican ambas religiones, la católica y la evangélica.

De acuerdo a las estadísticas presentadas se observa que la población predominante es la adulta con un 45 % sobre el total de habitantes.

## **2.2 Proyecciones de población**

Para el diseño del proyecto de abastecimiento de agua potable es de mucha importancia conocer la población a servir en la vida del proyecto, así como el dato que arroje la demanda futura, ambos son parámetros de diseño que se deben considerar para el cálculo hidráulico.

Estos valores se fijan muchas veces por criterios de ingeniería o salud, dejando atrás el aspecto económico, por lo que se recomienda hacer un análisis de costos y beneficios para cada factor de diseño, con el objetivo de tener claras las diversas implicaciones económicas. Una forma lógica de conocer los beneficios económicos es utilizando el criterio “Con y Sin proyecto”, por ejemplo, si no se hace un proyecto de introducción de agua potable aumentarían las enfermedades gastro-intestinales y para curarlas se necesita de la hospitalización, con su consiguiente costo, el desarrollo regional se entramparía, estos perjuicios pueden cuantificarse en términos monetarios y su medida dará una idea de los beneficios del proyecto, en consecuencia una estimación de lo más acertado ayudará a diseñar un proyecto eficiente y económico que garantice la vida útil en el periodo de diseño establecido.

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

Para el manejo y diseño de obras hidráulicas se requieren dos tipos de estimaciones de población:

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

Las fuentes de información incluyen:

- a) censos efectuados por el Instituto Nacional de Estadística.
- b) encuestas sanitarias.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE) se calculó una tasa de crecimiento poblacional de 2.00 %, la cual fue tomada para el cálculo de población.



Con esta tasa la población de la comunidad para el año 2024 será de 712 habitantes. La proyección de la demanda durante el periodo de diseño se presenta en la tabla siguiente:

**Tabla VII. Proyección de la población**

<b>Año</b>	<b>Periodo</b>	<b>Población (hab.)</b>	<b>Año</b>	<b>Periodo</b>	<b>Población (hab.)</b>
2003	0	600	2014	11	746
2004	1	612	2015	12	761
2005	2	624	2016	13	776
2006	3	637	2017	14	792
2007	4	649	2018	15	808
2008	5	662	2019	16	824
2009	6	676	2020	17	840
2010	7	689	2021	18	857
2011	8	703	2022	19	874
2012	9	717	2023	20	892
2013	10	731	2024	21	909

### **2.3 Determinación de población de diseño**

La población de diseño depende del comportamiento del crecimiento de la población y puede ser lineal o exponencial, para el presente caso los cálculos utilizan el crecimiento geométrico, por ser el que más se acerca a los datos reales de la población estudiada según los expertos en estadística.

Método de crecimiento geométrico: consiste en calcular el cambio promedio de la tasa de población para el área en estudio o por cada década en el pasado y, así proyectar su tasa promedio o porcentaje de cambio hacia el futuro.

La fórmula empleada para este método es:

$$P_n = P_2 * (1 + i)^n$$
$$i = (P_2 / P_1)^{1/(t_2 - t_1)} - 1$$

de donde:  
P<sub>n</sub> = población futura en un tiempo  
P<sub>2</sub> = población del último censo  
P<sub>1</sub> = población del censo anterior al último censo  
t<sub>n</sub> = fecha a la que deseamos la población futura  
t<sub>1</sub> = fecha del último censo realizado  
i = tasa de incremento geométrico  
n = período de diseño

La tasa de crecimiento se obtiene de los censos de población.

El período de diseño para un sistema de abastecimiento de agua o sus componentes, es el tiempo comprendido entre la puesta en servicio y el momento en que su uso sobrepasa las condiciones establecidas en el diseño, por falta de capacidad para prestar un buen servicio.

Por consiguiente, los dos aspectos principales que intervienen en el período de diseño son: la durabilidad de las instalaciones y su capacidad para prestar buen servicio para las condiciones previstas.

El período de diseño que se adopta es normalmente de 20 años más el tiempo que se estima para la gestión y construcción.

**Tabla VIII. Cálculo de la tasa de crecimiento**

<b>Población</b>		
Censo 1981	334,666.00	hab
Censo 1994	486,534.00	hab
Censo 2002	538,746.00	hab
<b>Cálculo de la tasa de crecimiento</b>		
Fórmula:		
i =	$((P_{2002}/P_{1994})^{1/n}) - 1$	
Datos:		
P <sub>2002</sub> =	538,746.00	hab
P <sub>1994</sub> =	386,534.00	hab
n =	8	años
i =	0.0128237	
<b>i =</b>	<b>1.28237</b>	<b>%</b>

Sin embargo, la población de esta comunidad ha crecido a causa de un factor externo, en este caso, una migración, por tal situación se adopta como tasa de crecimiento el dato que se registra en el INE, y no el que se calculó en el esquema que antecede a este párrafo.

**Tabla IX. Cálculo de población de diseño**

<b>Cálculo de población</b>		
Fórmula:		
P <sub>n</sub> =	$P_2 (1 + i)^n$	
Datos:		
P <sub>2</sub> =	600	hab
i =	0.02	
n =	21	años
<b>P<sub>n</sub> =</b>	<b>909</b>	<b>hab</b>



### **3. FUENTES DE AGUA**

#### **3.1 Abastecimiento actual de la población**

Actualmente la comunidad cuenta con sistema de abastecimiento de agua potable por llenacántaros, el que no se da abasto para surtir a toda la comunidad, debido a que existen varios problemas como: conexiones ilícitas, inadecuada ubicación de los llenacántaros, escasez de agua en los nacimientos o fuentes de agua en el lugar.

#### **3.2 Estudios sobre demanda de agua potable**

Cuando se habla de demanda de agua se sabe que ésta no es constante, varía según hora, día o estación del tiempo y está relacionada con el tipo de comunidad, clima, costo, calidad y presión del servicio.

De acuerdo a las características sociales, se observa que la comunidad de Las Moritas es rural.

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

Con la dotación considerada que es 100 l/h/día, y tomando en cuenta la población total de 909 habitantes conformada en 102 familias, se determinó que el consumo promedio aproximado por familia puede ser de hasta 3.00 toneles

(de 54 galones) al día, y se asume que cada grupo familiar se compone de 6 integrantes.

La totalidad de la fuente que servirá para el abastecimiento es un pozo perforado, que es parte del terreno comprado por los beneficiarios, por lo que se dispone de un caudal de 2.631 L/S en época de verano durante el estiaje.

Si con el tiempo las fuentes no disminuyen su caudal, se lograrían cubrir las 102 conexiones prediales. Conservando la misma tasa de crecimiento (2.00%), dicha cobertura la alcanzará la comunidad 45 años después del 2003.

### **3.3 Dotación**

Es la cantidad de agua asignada en un día a cada usuario. Se expresa en litros por habitante por día (lt/hab/día). La dotación debe satisfacer las necesidades de consumo de los habitantes para que estos desarrollen sus actividades de la mejor forma posible.

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

Generalmente para asignar las dotaciones se utilizan los siguientes valores:

- Servicios a base de llenacántaros 30 a 60 litros.
- Servicios de conexiones prediales 60 a 120 litros.
- Servicios mixtos llenacántaros y conexiones 60 a 90 litros.
- Servicios de conexiones intradomiciliares 90 a 170 litros.

- Servicios de pozo, con bomba manual min. 15 litros.

Para el proyecto formulado se tomó en consideración que se brindará un servicio de conexiones prediales, y por ser un clima cálido, se tomó como base una dotación de 100 lt/hab./día.

### **3.4 Determinación del consumo de agua**

**Consumo medio diario (Cmd):** es el consumo durante 24 horas, obtenido como promedio de los consumos diarios en el período de un año. Cuando no se conocen registros, podrá asumirse como el producto de la dotación por el número de posibles usuarios. En los proyectos por bombeo cuando la fuente o las fuentes produzcan un caudal inferior al cmd, se podrá rebajar la dotación hasta el mínimo de 40 lt/hab./día.

**Consumo máximo diario (CMD):** es el consumo durante 24 horas observado en el período de un año, sin tener en cuenta los gastos causados por incendio. Se determina multiplicando el consumo diario por el coeficiente 1.2 que es el factor de día máximo utilizado en áreas rurales tomando en cuenta el clima, el nivel socioeconómico y la cantidad de habitantes.

**Consumo máximo horario (CMH):** es el consumo máximo en una hora, observado en un período de un año, sin tener en cuenta los gastos causados por incendios. Se determina multiplicando el consumo máximo diario por el coeficiente 1.5 que es el factor de hora máximo utilizado en áreas rurales y está en función inversa al tamaño de la población.

### **3.5 Tipo de fuente para abastecer de agua a la población**

Una fuente de agua es un manantial o agua que brota de la tierra capaz de suministrar, en cualquier época del año, un caudal. Es adecuada para el consumo humano, cuando es de una calidad aceptable y en las cantidades requeridas.

De acuerdo a su clasificación la fuente considerada para el presente diseño es subterránea, debido a que es un pozo perforado.

Se localiza dentro de la aldea y cuenta con las siguientes ventajas: buena cantidad y calidad de agua, según información proporcionada por la municipalidad cuenta con un producción de 13.797 lts/seg. caudal que es mayor que el medio y se encuentra dentro de los límites permisibles de normalidad según examen físico-químico y bacteriológico realizado por la empresa que lo perforo, del cual no se obtuvo ningún dato en la municipalidad por no contar con éstos.

### **3.6 Estudio de la calidad del agua**

La calidad natural del agua varía de un lugar a otro, con la estación del año, uso de la tierra, el clima y con las clases de rocas del suelo que el agua remueve. Tiene una relación estrecha con las características físicas, químicas y bacteriológicas, por medio de las cuales se puede evaluar si el agua es apta o no para el consumo humano, es decir, que sea potable, libre de concentraciones excesivas de sustancias minerales y orgánicas; libre de tóxicos, que no transmita enfermedades y que sea agradable a los sentidos



## **Análisis físico químico sanitario**

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

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

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

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

Características	LMA	LPM
Color	5.0 u	35.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Potencial de hidrógeno	7.0 – 7.5 (2)	6.5 – 8.5 (2)
Sólidos totales	500.0 mg/L	1000.00 mg/L
Temperatura	15.0 – 25.0 °C	34.0 °C
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT o UJT	15.0 UNT o UJT
(1)	unidades de color en la escala de Platino – Cobalto	
(2)	en unidades de Ph	
(3)	Unidades de turbiedad, sea en unidades Jackson (UJT) o unidades nefelométricas (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.	

Conductividad eléctrica: el agua deberá tener una conductividad de 100 a 750 mho/cm a 25 °C.

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

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

Características	LMA en miligramos/litro	LMP en miligramos/litro
Detergentes aniónicos	0.2000	1.000
Aluminio (Al)	0.050	0.100
Amoníaco	---	1.500
Bario (Ba)	---	1.000
Calcio	75.000	150.000
Cinc (Zn)	3.000	7.000
Cloruro (Cl)	10.000	250.000
Cobre (Cu)	0.050	1.500
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	100.000	500.000
Hierro total (Fe)	0.100	1.000
Magnesio (Mg)	50.000	100.000
Manganeso (Mn)	0.050	0.500
Niquel (Ni)	0.010	0.020
Nitrato	---	45.000
Nitrito	---	0.010
Substancias fenólicas	0.001	0.002
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	100.000	250.000

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

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

**Método de los tubos múltiples de fermentación:** para nuevas introducciones de agua potable, se aplica la prueba de 15 tubos, se examinan 5 tubos con porciones de 10 cm<sup>3</sup>, 5 tubos con porciones de 1 cm<sup>3</sup>, y 5 tubos con porciones de 0.1 cm<sup>3</sup>, la ausencia de gas en todos los tubos se expresa como número más probable menor de 2.0 coliformes en 100 cm<sup>3</sup> de agua, lo que se interpreta como que esa muestra aislada satisface la norma de calidad y el agua es adecuada para el consumo humano.

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

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

### 3.7 Aforo de la fuente

Los pozos perforados deberán, como los excavados

- Ubicarse en zonas no inundables y de fácil acceso para el agua superficial.
- Perforarse aguas arriba de cualquier fuente real o potencial de contaminación.
- Protegerse contra riesgos de contaminación.
- No deberán localizarse a menos de 20 metros de los tanques sépticos, letrinas, sumideros, campos de infiltración o cualquier otra fuente de contaminación similar.
- El diámetro de la tubería de revestimiento del pozo deberá seleccionarse de acuerdo con las características del acuífero y del consumo querido.

**Tabla XII. Caudales y diámetros**

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

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

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

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

Antes de entubar el pozo, deberá correrse un registro eléctrico para establecer el diseño que tendrá la rejilla y su ubicación respecto a los acuíferos a explotar.

En las zonas adyacentes al acuífero se colocarán rejillas previamente diseñadas de acuerdo a la granulometría del mismo, de tal manera que impidan el paso de arenas que puedan dañar los equipos de bombeo y obstruir el pozo. La velocidad del agua de entrada por los orificios o ranuras de la rejilla o en el filtro, no debe exceder de 0.03 metros/segundo. Podrá utilizarse tubo ranurado con soplete de acetileno.

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

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

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

Los materiales de la tubería de revestimiento, rejilla, columna de las bombas y demás elementos en contacto con el agua, deberán ser resistentes a la acción corrosiva de ésta y soportar los esfuerzos máximos a que puedan estar sometidos.

#### Datos de perforación del pozo

- Método de perforación por percusión con perforadora 60-l.
- Diámetro de la tubería 8".
- Temperatura del agua 20°.
- Profundidad del pozo 400'.
- Total de tubería ranurada 200'.
- Nivel estático 90'.
- Nivel dinámico 137'.
- Producción 219 GPM (galones por minuto).

Producción = 219 galones/minuto\*3.78 litros\*1 minuto/60 segundos

Producción = 13.797 litros/segundo.

### **3.8 Factibilidad Técnica**

La factibilidad técnica de un proyecto se basa principalmente en la obra física, por lo que la facilidad y accesibilidad de la construcción, las operaciones y mantenimiento del mismo es parte importante para los criterios de selección que se adoptan.

Refiriéndose exclusivamente a un proyecto de abastecimiento de agua, se tiene que los recursos naturales que conforman la obra física de este son principalmente: la fuente de agua, el caudal y los accidentes topográficos de la región. Otro factor muy importante que se debe considerar como parte de la factibilidad técnica es el recurso humano con que se cuenta.

Para lograr la realización de un proyecto de introducción de agua potable a una población, se cuenta con varios sistemas de conducción de agua: sistema por gravedad, sistema por bombeo y sistema combinado.

Básicamente un sistema de abastecimiento de agua está formado por los siguientes elementos:

- Fuentes de abastecimiento
- Línea de conducción
- Sistema de tratamiento
- Tanques de Distribución
- Redes de distribución

Cada uno de los sistemas de conducción antes mencionados trabajan con estos elementos, la diferencia la proporciona la forma de trabajar de cada uno de ellos, dependiendo de las condiciones topográficas del terreno y del recurso hídrico de las fuentes.

Para el diseño de este proyecto se optó por el sistema combinado porque se podrán aprovechar al máximo los recursos disponibles a un menor costo.

Esto se puede hacer utilizando el bombeo solo para la extracción del agua y su conducción hasta el tanque de distribución, y posteriormente podría correr simplemente por gravedad hacia toda la red de distribución.



## 4. DISEÑO DEL SISTEMA POR BOMBEO

### 4.1. Diseño de la tubería de impulsión

La tubería de impulsión se compone de tubería de succión y tubería de descarga, las cuales se estudiarán detenidamente a continuación:

**Tubería de succión:** se llama así a la tubería que va conectada directamente a la entrada de la bomba, uniéndola a la misma con el volumen de agua a elevarse.

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

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

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

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

**Tubería de descarga:** La tubería de descarga es la que se coloca inmediatamente después de la bomba. Esta tubería descarga el líquido a un tanque de almacenamiento, aunque se podría conectar directamente a la tubería de distribución.

La velocidad del caudal requerido en la tubería de descarga debe ser como máximo de 2.4 m/seg.

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

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

- Cuando se usen vueltas o dobleces, su tipo deben ser de radio grande; lo que mantendrá al mínimo la resistencia al paso del agua.
- El número de cambios de dirección, válvulas y accesorios deben ser los mínimos necesarios, sin embargo, en lugares bajos deben instalarse válvulas de limpieza y si es requerido en los picos de la línea deberá colocarse válvulas de aire.
- Cuando se contemple la conexión de más de una bomba a una misma tubería de descarga, se recomienda el uso de accesorios que conduzcan el fluido por la ruta más directa; usando, por ejemplo, yee o codos de mínimo ángulo. En este mismo caso, conforme se vaya sumando caudales, el diámetro de la tubería debe ser el inmediato superior. El tipo de la tubería de descarga está íntimamente ligado a la máxima presión que se presenta en ésta, pudiendo ser clasificada según su presión de trabajo en ligera, mediana o de alta presión para tubería de hierro galvanizado.

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

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

$$Q_B = \frac{24h \times 1.295 \text{ lts / seg}}{8h}$$

$$Q_B = 3.89 \text{ lts / seg}$$

Donde:

$Q_B$  = caudal de bombeo

$Q_C$  = caudal de conducción

$H_B$  = horas de bombeo

Luego de haberse determinado el caudal de bombeo, se puede diseñar la tubería de descarga con la siguiente fórmula:

$$\phi_{EC} = 1.8675 \times (Qb)^{1/2}$$

$$\phi_{EC} = 1.8675 \times (3.89 \text{ l / s})^{1/2}$$

$$\phi_{EC} = 3.68 \text{ pulg.} = 3 \text{ pulg.}$$

Donde:

$\phi_{EC}$  = Diámetro económico en pulgadas.

$Qb$  = Caudal de bombeo en l/seg.

1.8675 = Factor de conversión de metros a pulgadas, que contempla, además, una velocidad mínima de flujo en tubería de descarga.

Como este diámetro no existe comercialmente, entonces se procede a verificar la velocidad y la pérdida de carga con los diámetros comerciales inmediatos inferior y superior:

$$V = 1.974 \times (Qb / \phi_{EC}^2)$$

Donde.  $0.55 \leq V \leq 2.4$  m/seg.

$V$  = Velocidad de flujo de la tubería.

$Qb$  = Caudal de bombeo

$\phi_{EC}$  = Diámetro económico.

1.974 = Factor de conversión de l/pulg<sup>2</sup> a m<sup>3</sup>/seg<sup>2</sup>.

$$V (3") = 1.974 \times 3.89 / (3)^2 = 0.85 \text{ m/seg.} \quad \text{Sí cumple.}$$

$$V (4") = 1.974 \times 3.89 / (4)^2 = 0.64 \text{ m/seg.} \quad \text{Si cumple.}$$

Verificación de pérdidas de cargas de la ecuación de Hazen y Williams

L = 578.00 m.

Qb = 3.89 l/seg.

C = 100

Para diámetro 3" Hf = 6.74 mca

Para el proyecto en estudio se utilizó tubería diámetro de 3 pulg. debido a que las pérdidas no presentan mucha diferencia y no hace variar de gran manera la potencia de la bomba, y el precio de la tubería entre un diámetro y otro varía en 30%, por esto se seleccionó la de menor diámetro por menor costo.

#### 4.2. Altura neta de succión

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

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

Cuando existe presión atmosférica actuando en la superficie del agua que será succionada y la presión disminuye en el ojo del impulsor de una bomba centrífuga hasta ser menor que la atmosférica, entonces inicia la elevación del agua por la tubería de succión; pero si la presión disminuye hasta corresponder

con la presión de vapor de agua, entonces se origina el fenómeno de capitación, lo cual se puede evitar disminuyendo la altura del ojo del impulsor sobre el nivel de succión. Si de esta manera persiste aun debajo de la presión de vapor de agua, entonces el nivel de la superficie de succión debe diseñarse a la misma altura del ojo del impulsor y si fuese necesario, arriba de éste.

**Altura neta de succión positiva disponible en bombeo horizontal:**

cuando se emplea una bomba centrífuga de eje horizontal, ésta se divide en tres casos diferentes los cuales se mencionarán pero que no son aplicables en este estudio.

Caso I

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

$$\text{NPSH1} = h_a - (h_s + h_{fs} + h_v + h_{fm})$$

Caso II

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

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

Caso III

En este se presentan los dos casos anteriores, con la diferencia que en la succión existe una presión diferente a la atmosférica; por lo que la presión atmosférica **ha** se sustituye por

**hdas**, por consiguiente, las nuevas expresiones para los casos I y II respectivamente, serán:

$$\text{a) } \text{NPSH}_{3a} = \text{hdas} - (\text{hs} + \text{hfs} + \text{hv} + \text{hfm})$$

$$\text{b) } \text{NPSH}_{3b} = \text{hdas} + \text{hs} - (\text{hfs} + \text{hv} + \text{hfm})$$

Donde:

ha = presión atmosférica correspondiente a la altitud de operación de la bomba, en m.c.a

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

hfs= pérdida de carga por fricción en la succión, m.c.a

hv = presión de vapor del agua, en m.c.a

hfm= pérdidas menores de carga producida por accesorios, en m.c.a

hdas= presión diferente a la atmosférica existente en la succión, en m.c.a

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

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

$$\text{NPSHd} = \text{ha} + \text{S} - \text{hv} - \text{hm}$$

### 4.3. Carga dinámica

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

**Carga dinámica total en bombeo horizontal:** se llama así porque el eje de rotación de la bomba es horizontal. Ésta se puede presentar en tres formas, y como se describen a continuación:

#### Caso I

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

$$CDTI = h_s + h_{fs} + h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_m$$

#### Caso II

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

$$CDT2 = h_s + h_{fs} + h_d + h_{fd} + h_{fv} + h_{fm}$$

#### Caso III

En éste se presentan los dos casos antes descritos, con la diferencia que en la succión y descarga existen presiones, diferentes a la atmosférica, cuyos valores se pueden representar en la descarga como  $H_{dad}$  y en la succión  $H_{das}$ ;



de tal manera, las expresiones de la carga dinámica total quedan de la siguiente manera:

a) si el ojo del impulsor está arriba del nivel de succión, entonces:

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

b) si el ojo del impulsor está debajo del nivel de succión, entonces:

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

Donde:

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

$h_{fs}$ = pérdida de carga por fricción en la tubería de succión, en m.c.a.

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

$h_{fd}$ = pérdida de carga por fricción en la tubería de descarga en m.c.a.

$h_{fv}$ = pérdida de carga por velocidad en la descarga, en m.c.a

$h_{fm}$ = pérdidas menores de carga producidas por accesorios en m.c.a

$h_{das}$ = presión diferente a la atmósfera existente en la succión en m.c.a

$H_{dad}$ = presión diferente a la atmósfera existente en la descarga en m.c.a

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

a) las bombas verticales de turbina:

$$CDTva = hd + hfd + hfv + hfs + hfm$$

b) para bombas sumergibles:

$$CDTvb = hd + hfd + hfv + hfm$$

En este caso se utilizará la de bomba sumergible la cual viene dada de la siguiente forma:

$$CDTvb = 145.91 + 70.423 + .037 + 0.30$$

$$CDTvb = 216.66 \text{ m.c.a.}$$

#### **4.4. Sobrepresión por golpe de ariete**

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

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

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

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

Donde:

$a$  = celeridad de onda (m/seg.)

$K$  = módulo de elasticidad volumétrica del agua ( $2.07 \cdot 10^4$  Kg/cm<sup>2</sup>)

$E$  = módulo de elasticidad del materia de la tubería ( $3 \cdot 10^4$  Kg/cm<sup>2</sup>)

$D_i$  = diámetro interno del tubo en (mm)

$e$  = espesor de las paredes del tubo (mm)

La sobrepresión expresada en metros columna de agua (m.c.a.), se determinará con la siguiente expresión:

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

Donde:

$a$  = celeridad de la onda en (m/seg)

$V$  = velocidad del flujo en la tubería

$g$  = aceleración de la gravedad (9.81m/seg.<sup>2</sup>)

$$a = 1420 / (1 + 2.07 \cdot 10^4 / 3 \cdot 10^4 \times 78.44 / 5.23)^{1/2}$$

$$a = 347.60 \text{ m/seg}$$

$$Dp = 347.60 \times 0.85 / 9.81$$

$$Dp = 30.11 \text{ m.c.a.}$$

#### 4.5. Potencia de la bomba

Para conocer la potencia de la bomba se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = (Q_b \times H_m) / (76 \times e)$$

$$P = (3.89 \times 216.66) / (76 \times 0.7)$$

$$P = 15.84 \text{ Hp}$$

De donde:

$Q_b$  = Caudal de bombeo = 3.49 L/seg.

$H_m$  = Carga dinámica total = 216.66 m.c.a.

$e$  = 70% = eficiencia de la bomba

#### 4.6. Equipo de bombeo

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

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

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

La carga de presión generada por la bomba es llamada carga dinámica total o carga manométrica” e indica siempre la energía dada al agua a su paso por la bomba; está dada por la expresión:

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

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

De donde:

$H_m$  = carga dinámica total, en m

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

$v$  = velocidad media del agua, en m/seg.

$h_f$  = pérdidas por fricción en la tubería en m.

$h_s$  = pérdidas secundarias, en m

$h_i$  = altura de impulsión, en m

$h_a$  = altura de aspiración, en m

Pérdidas mayores ( $h_f$ )

$h_f =$  pérdidas por fricción en la tubería

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

De donde:

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

$D$  = diámetro interior real en pulgadas.

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

$Q$  = caudal, en l/seg

$L$  = longitud de diseño en metros

$h_f$  = pérdida por fricción en la tubería en metros

#### Pérdidas menores

No existen válvulas ni codos que hagan significativas las pérdidas menores, por lo que se asume un valor conservador de 1.00 metro.

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

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

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

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

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

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

En el sistema de bombeo se utiliza energía potencial del agua con la diferencia que para llevarla a ese nivel de energía se utiliza un equipo de bombeo que proporcione la energía necesaria (energía mecánica) para elevar el nivel natural de la fuente a un nivel aprovechable.

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

**Especificaciones del equipo:** Para el presente proyecto, después de ver lo que ofrece el mercado, se propuso una bomba sumergible 150S300 marca GRUNDFOS de acero inoxidable de 15 HP acoplada a un motor FRANKLIN de 15 HP con capacidad de bombeo de 210 galones por minuto a una CDT de 562 pies, y produce un gasto de energía de 29.6 kwh.

**Fuente de energía.** para el presente proyecto y según las especificaciones de la bomba es necesario contar con una fuente de energía de 460 voltios trifásico, para el buen funcionamiento de todo el sistema, con el cual se cuenta en la comunidad, teniendo que construir únicamente la acometida que tiene una longitud de 5 metros.

**Tabla XIII. Diseño hidráulico**

EST	P.O.	DISTANCIA		COTA DE TERRENO		COTA DE ROMPE PRESIÓN	COTA PEZOMETRICA INICIAL	CALDAL LS	MATERIAL DEL TUBO	VALOR DE C	Ø DE LA TUBERIA PLG	# DE TUBOS	CAPACIDAD DE LOS TUBOS		VELOCIDAD		COTA PEZOMETRICA		PRESION ESTATICA		PRESION DINAMICA	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL								MS.	PSI	0.30 - 3.00	HF	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
<b>CONDUCCION</b>																						
0.00	3.00	0.00	195.45	923.80	1030.27		1179.93	3.880	HG	100.00	3.068	34	700	0.82	3.65	1176.18	244.19	137.72	256.03	145.91		
3.00	8.00	195.45	470.45	1030.27	1108.20		1176.18	3.880	PVC	150.00	3.068	47	250	0.81	2.35	1173.94	137.72	59.79	145.91	65.64		
8.00	11.00	470.45	578.00	1108.20	1167.99		1173.94	3.880	PVC	150.00	3.230	19	160	0.74	0.74	1173.10	59.79	0.00	65.64	5.11		
<b>DISTRIBUCION</b>																						
11.00	11.24g	578.00	647.80	1167.99	1130.79	1166.99	1166.99	1.032	PVC	150.00	0.926	12	250	2.38	18.55	1148.44	-1.00	36.20	-1.00	17.65		
11.24g	11.03	647.80	671.07	1130.79	1120.91	1166.99	1166.99	1.032	PVC	150.00	0.716	4	315	3.97	21.65	1126.79	36.20	46.08	17.65	5.88		
11.03	11.07	671.07	661.70	1120.91	1084.10	1120.31	1120.31	0.335	PVC	150.00	0.716	31	250	1.29	20.96	1099.35	-0.60	36.21	-0.60	15.25		
11.07	11.08	661.70	732.77	1120.91	1113.50	1120.31	1120.31	0.903	PVC	150.00	1.195	11	160	1.25	3.70	1116.61	-0.60	6.81	-0.60	3.11		
11.08	11.13	732.77	913.25	1113.50	1066.37	1120.31	1116.61	0.903	PVC	150.00	0.926	31	250	2.08	37.47	1079.14	6.81	53.94	3.11	12.77		
11.13	11.14	913.25	945.94	1066.37	1067.16	1065.77	1065.77	0.794	PVC	150.00	1.754	6	160	0.51	0.24	1065.53	-0.60	8.61	-0.60	8.37		
11.14	11.17	945.94	1066.02	1067.16	1013.19	1066.56	1066.56	0.212	PVC	150.00	0.716	24	315	0.82	6.97	1068.56	-0.60	43.37	8.37	45.37		
11.17	11.18	1066.02	980.55	1067.16	1049.21	1066.56	1066.56	0.750	PVC	150.00	1.195	6	160	1.04	1.47	1064.06	-0.60	7.35	8.37	14.85		
11.18	11.20	980.55	1037.03	1049.21	1035.07	1066.56	1064.06	0.300	PVC	150.00	0.716	10	250	1.16	5.34	1068.72	7.35	21.49	14.85	23.65		
11.20	11.18	1037.03	980.55	1049.21	1041.77	1066.56	1064.06	0.654	PVC	150.00	1.195	36	160	0.90	6.95	1067.11	7.35	14.79	14.85	15.34		
11.18	13.00	980.55	623.35	1167.99	1149.48	1166.99	1166.99	2.880	PVC	150.00	1.754	8	160	1.85	3.61	1163.38	-1.00	17.51	-1.00	13.90		
13.00	17.00	623.35	820.45	1149.48	1133.56	1166.99	1163.38	2.761	PVC	150.00	1.754	34	160	1.77	14.42	1148.96	17.51	33.43	13.90	15.40		
17.00	18.00	820.45	853.60	1133.56	1122.80	1166.99	1148.96	2.761	PVC	150.00	1.195	6	160	3.82	15.72	1133.24	33.43	44.19	15.40	10.44		
18.00	28.00	853.60	1165.98	1122.80	1087.59	1122.20	1122.20	2.761	PVC	150.00	2.193	54	160	1.13	7.70	1114.50	-0.60	24.61	-0.60	16.91		
28.00	32.00	1165.98	1249.66	1087.59	1086.74	1122.20	1114.50	2.761	PVC	150.00	2.193	15	160	1.13	2.06	1112.44	24.61	35.46	16.91	25.70		
32.00	34.00	1249.66	1352.82	1086.74	1088.51	1122.20	1112.44	1.341	PVC	150.00	1.195	18	161	1.85	12.86	1099.58	35.46	53.69	25.70	31.07		
34.00	35.00	1352.82	1392.99	1088.51	1089.64	1122.20	1099.58	1.238	PVC	150.00	0.926	7	160	2.85	14.95	1084.63	53.69	52.56	31.07	14.99		
35.00	36.00	1392.99	1504.89	1089.64	1080.44	1069.04	1069.04	1.187	PVC	150.00	2.193	20	160	0.49	0.58	1068.46	-0.60	8.60	-0.60	8.02		
36.00	39.00	1504.89	1546.35	1080.44	1046.64	1069.04	1068.46	1.032	PVC	150.00	1.195	8	160	1.43	3.18	1065.28	8.60	22.40	8.02	18.64		
39.00	42.00	1546.35	1659.17	1046.64	1022.44	1069.04	1065.28	0.903	PVC	150.00	1.195	20	160	1.25	6.77	1058.51	22.40	46.60	18.64	36.07		
42.00	45.00	1659.17	1819.93	1022.44	1018.19	1069.04	1058.51	0.822	PVC	150.00	0.926	28	160	1.89	28.05	1030.46	46.60	50.85	36.07	12.27		
45.00	61.00	1819.93	2344.88	1018.19	973.49	1017.59	1017.59	0.735	PVC	150.00	2.655	90	160	0.21	0.44	1017.15	-0.60	44.10	-0.60	43.66		
61.00	70.00	2344.88	2546.64	973.49	970.69	1017.59	1017.15	0.636	PVC	150.00	2.193	35	160	0.26	0.33	1016.82	44.10	46.90	43.66	46.13		
70.00	77.00	2546.64	2738.94	970.69	987.78	1017.59	1016.82	0.541	PVC	150.00	1.195	33	160	0.75	4.47	1012.35	46.90	29.81	46.13	24.57		



**Tabla XIV. Diseño hidráulico**

EST	P.O.	DISTANCIA ACUMULADA		COTA DE TERRENO		COTA DE ROMPE PRESION		COTA PEZOMETRICA		CAUDAL LIS	MATERIAL DEL TUBO	VALOR DE C	Ø DE LA TUBERIA PLUG	# DE TUBOS	CAPACIDAD DE LOS TUBOS PSI	VELOCIDAD MS. 0.30-3.00	COTA PEZOMETRICA		PRESION ESTADISTICA		PRESION DINAMICA	
		INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL								INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL		
	35.00	70.00	1392.99	2546.64	1089.64	970.69	1089.04	1089.04	1089.04	0.474	PVC	60.00	2.193	197	180	0.19	1.09	1087.95	-0.60	98.35	-0.60	97.26
	70.00	79.00	2546.64	2881.83	970.69	1005.73	1089.04	1067.95	1067.95	0.300	PVC	60.00	0.926	57	180	0.69	9.06	1069.89	98.35	63.31	97.26	63.16
	79.00	92.00	2881.83	3345.85	1005.73	1006.63	1089.04	1068.89	1068.89	0.200	PVC	60.00	0.716	79	315	0.77	20.73	1038.15	63.31	62.41	63.16	31.52
	RAMAL 6																					
	32.00	32.10	1249.66	1666.65	1086.74	1086.70	1122.20	1112.44	1112.44	1.419	PVC	60.00	1.754	58	180	0.91	7.20	1105.24	35.46	33.50	25.70	16.54
	32.10	32.11	1666.65	1609.26	1086.70	1065.69	1122.20	1105.24	1105.24	0.600	PVC	60.00	0.926	4	250	1.38	2.20	1103.04	33.50	36.51	16.54	17.35
	32.11	32.13	1609.26	1642.89	1065.69	1079.74	1122.20	1103.04	1103.04	0.335	PVC	60.00	0.926	6	250	0.77	1.12	1101.92	36.51	42.46	17.35	22.18
	RAMAL 7																					
	32.11	32.16	1609.26	1661.29	1086.69	1072.64	1122.20	1103.04	1103.04	0.424	PVC	60.00	0.716	9	315	1.63	9.34	1093.70	36.51	49.56	17.35	21.06
	RAMAL 8																					
	32.10	32.18	1666.65	1644.06	1086.70	1062.14	1122.20	1105.24	1105.24	0.808	PVC	60.00	0.926	10	250	1.86	9.70	1095.54	33.50	60.06	16.54	33.40
	32.18	32.19	1644.06	1675.05	1062.14	1062.62	1122.20	1095.54	1095.54	0.300	PVC	60.00	0.716	6	315	1.16	2.93	1092.61	60.06	59.58	33.40	29.99
	RAMAL 9																					
	32.18	32.22	1644.06	1702.12	1062.14	1051.18	1122.20	1095.54	1095.54	0.719	PVC	60.00	0.926	10	250	1.66	7.91	1087.63	60.06	71.02	33.40	36.45
	32.22	32.25	1702.12	1779.82	1051.18	1041.00	1122.20	1087.63	1087.63	0.300	PVC	60.00	0.716	14	315	1.16	7.35	1080.28	71.02	81.20	36.45	39.28
	RAMAL 10																					
	32.22	32.26	1702.12	1716.08	1051.18	1051.66	1122.20	1087.63	1087.63	0.541	PVC	60.00	0.926	3	250	1.25	1.12	1086.51	71.02	70.34	36.45	34.65
	32.26	32.28	1716.08	1793.14	1051.66	1061.66	1122.20	1086.51	1086.51	0.424	PVC	60.00	0.926	14	250	0.98	3.95	1082.55	70.34	60.35	34.65	20.70
	32.28	32.30	1793.14	1842.03	1061.66	1088.06	1122.20	1082.55	1082.55	0.300	PVC	60.00	0.926	9	250	0.69	1.32	1081.23	60.35	54.14	20.70	13.17
	RAMAL 11																					
	32.26	32.33'	1716.08	1832.24	1051.66	1038.00	1122.20	1086.51	1086.51	0.300	PVC	60.00	0.716	20	315	1.16	10.99	1075.52	70.34	84.20	34.65	37.52
	32.33'	32.37	1832.24	2044.77	1038.00	973.29	1037.40	1037.40	1037.40	0.200	PVC	60.00	0.716	37	315	0.77	9.50	1027.90	-0.60	64.11	-0.60	54.61
	RAMAL 12																					
	37.00	37.02	1471.46	1532.25	1086.26	1050.63	1089.04	1088.81	1088.81	0.200	PVC	60.00	0.716	11	315	0.77	2.72	1086.09	2.78	18.21	2.55	15.26
	RAMAL 13																					
	38.00	38.01	1504.89	1532.31	1060.44	1068.16	1089.04	1088.46	1088.46	0.212	PVC	60.00	0.716	5	315	0.82	1.36	1087.10	8.60	10.88	8.02	8.94
	RAMAL 14																					
	39.00	39.03	1546.35	1695.63	1046.64	1050.12	1089.04	1086.28	1086.28	0.335	PVC	60.00	0.716	9	315	1.29	5.72	1089.56	22.40	18.92	18.64	9.44
	RAMAL 15																					
	44.00	44.01	1778.99	1820.13	1019.87	1024.17	1089.04	1037.60	1037.60	0.212	PVC	60.00	0.716	7	315	0.82	2.05	1035.55	49.17	44.87	17.73	11.38
	RAMAL 16																					
	61.00	61.02	2344.88	2404.29	973.49	985.76	1017.59	1017.15	1017.15	0.335	PVC	60.00	0.716	11	315	1.29	6.89	1010.26	44.10	31.83	43.66	24.50
	RAMAL 17																					
	70.00	70.06	2546.64	2861.00	970.69	1057.75	1089.04	1067.95	1067.95	0.335	PVC	60.00	1.754	54	180	0.21	0.46	1067.46	98.35	11.29	97.26	9.73
	70.06	70.07	2861.00	2933.33	1057.75	1046.03	1089.04	1067.46	1067.46	0.200	PVC	60.00	0.716	13	315	0.77	3.23	1064.25	11.29	23.01	9.73	18.22
	RAMAL 18																					
	70.06	70.09	2861.00	2861.13	1057.75	1048.28	1089.04	1067.46	1067.46	0.212	PVC	60.00	0.716	18	315	0.82	4.98	1062.50	11.29	20.76	9.73	14.22



## 5. DESARROLLO DEL PROYECTO

### 5.1. Bases de diseño

Para el diseño del proyecto de agua potable se tomará en cuenta lo siguiente:

- Población actual, 612 habitantes
- Población futura, 909 habitantes
- 102 servicios domiciliarios
- Línea de conducción o descarga por bombeo
- Período de diseño 20 años.
- Dotación de 100 litros por habitante por día, debido que al existir un sistema de agua potable, el consumo se incrementará.
- Presión mínima de 14 metros columna de agua
- Presión máxima de 40 metros columna de agua
- Período de diseño para la bomba, 10 años
- Período de diseño para el tanque de distribución, 20 años
- Velocidad mínima del agua dentro de la tubería, 0.30 m/s
- Velocidad máxima del agua dentro de la tubería, 3.00 m/s

Las presiones deben estar dentro de los límites permisibles para que llegue agua por lo menos a una casa que tenga dos niveles (5 metros de alto) y que la tubería pueda resistir las presiones del sistema. El inciso 4.8.3 de las normas de la Guía para el Diseño de Abastecimiento de Agua Potable a Zonas Rurales Instituto de fomento municipal INFOM: dice en consideración a la

menor altura de las edificaciones en medios rurales, las presiones tendrán los siguientes valores:

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

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

### **Período de diseño**

Deben considerarse los siguientes factores:

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

- Obras civiles = 20 años

- Equipos mecánicos = 5 a 10 años

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

## **Cálculo de población**

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

La fórmula empleada para este método es:

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

$$Pf = 612 \times (1 + 0.02)^{20}$$

$$Pf = 909 \text{ hab}$$

De donde:

Pf = Población futura en un tiempo, n = 20 años

Pa = Población actual 612 habitantes. Según boleta censal.

i = tasa de crecimiento en porcentaje/100 = 2%

n = período de diseño en años = 20 años.

## **5.2. Diseño hidráulico**

### **Diseño y tipo de tuberías**

Para garantizar que el sistema preste un servicio eficiente y continuo durante el período de vida útil, se debe determinar la clase de tubería y los diámetros adecuados a través del cálculo hidráulico, con fórmulas como la de

Darcy-Weibach o Hazen Williams. Para este estudio se ha utilizado la segunda mencionada, debido a que proporciona resultados más conservadores.

$$H_f = \frac{1743 \cdot 811141 \times L \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}}$$

Donde:

Hf = Pérdida de carga (m)

Q = Caudal en la tubería (l/seg.)

L = Longitud de tubería (m)

D = Diámetro en pulg.

C = Coeficiente de rugosidad de la tubería

Para optimizar diámetros mayores en tramos de tubería en función a la carga disponible, se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$L_{\phi 2} = \frac{L \times (H_f - H_{f_{\phi 1}})}{(H_{f_{\phi 2}} - H_{f_{\phi 1}})}$$

$$L_{\phi 1} = L - L_{\phi 2}$$

Donde:

Hf = pérdida de carga permisible

Hf<sub>Ø1</sub> = pérdida de carga provocada por el diámetro mayor

Hf<sub>Ø2</sub> = pérdida de carga provocada por el diámetro menor

L<sub>Ø1</sub> = longitud de tubería de diámetro mayor

L<sub>Ø2</sub> = longitud de tubería de diámetro menor.

En sistemas de acueductos se utiliza generalmente tubería de cloruro de polivinilo rígido (PVC) y de hierro galvanizado (HG).

La tubería PVC es plástica, económica, fácil de transportar y de trabajar, pero es necesario protegerla de la intemperie. La tubería de HG es de acero, recubierta tanto en su interior como en su exterior de zinc, es usada en lugares donde la tubería no se puede enterrar, donde se requiera una presión mayor de 175 m.c.a, en pasos de zanjón o aéreos.

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

En este proyecto solamente en la línea de conducción se utilizará tubería HG y en todo lo demás tubería de PVC.

### **Diseño de la línea de conducción**

De acuerdo con la ubicación y naturaleza de la fuente de abastecimiento, así como la topografía de la región, la línea de conducción puede considerarse de dos tipos:

- Línea de conducción por gravedad
- Línea de conducción por bombeo

Para el presente proyecto, debido a la topografía de la región, se utilizará una línea de conducción por bombeo o también denominada línea de impulsión.



## **Caudal de diseño**

Para determinar el caudal de diseño se consideran los siguientes factores:

- El tipo de comunidad: se tiene una densidad de vivienda de 6.00 habitantes por casa; construcciones de block y madera; los habitantes se dedican a la agricultura.
- Consumo doméstico: durante el censo se midieron los utensilios que utilizan para almacenar el agua que consumen durante el día y se calculó que en promedio actualmente utilizan 3 toneles de (54 galones) por familia y cada grupo consta de 6 integrantes aproximadamente.
- El clima: debe tomarse en cuenta la temperatura promedio del lugar para determinar la dotación de la población, el clima es cálido.
- Capacidad de la fuente: contiene un aforo de 219 galones por minuto.

## **Tanque de distribución**

Los tanques de distribución tienen como fin principal cubrir las variaciones horarias de consumo, almacenando agua durante las horas de bajo consumo y proporcionando el abastecimiento requerido a lo largo del día.

Además, pueden proporcionar agua durante algunas horas en caso de una emergencia, como una rotura o suspensión del flujo del agua en una línea de conducción.

La capacidad de los tanques se calcula de acuerdo a la demanda real de las comunidades; en el caso de no contarse con datos propios de una población, se puede adoptar la demanda de otra con características semejantes.

Ante la falta de cualquier información, se suele calcular la capacidad de un tanque de distribución como un porcentaje del consumo de día máximo; en el caso de sistemas por gravedad el porcentaje se toma entre el 30 y 35%; en el caso de sistemas por bombeo, este porcentaje se incrementa; de acuerdo al número de horas de operación del sistema, se estimará entre 40 a 65%.

Los tanques deben ser diseñados de tal manera que conserven la potabilidad del agua que llega a ellos por la tubería de conducción, por lo que deben estar cubiertos con losa de concreto reforzado, en la cual se deja una abertura para permitir el acceso del tanque en caso necesario. Esta abertura debe tener una cubierta que impida la entrada del agua de lluvia y del polvo. Es indispensable colocar un cincho de acero con candado para evitar que la tapadera sea removida por cualquier persona.

Debe dejarse un rebalse para que siempre exista un colchón de aire bajo la cubierta del tanque. Para que la presión en esta zona sea la atmosférica, el tanque debe estar provisto de ventilación cerrada con malla fina para impedir la entrada de insectos.

### **Capacidad del tanque**

Como se indicó anteriormente, para conocer la capacidad necesaria del tanque se hace de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} V &= 0.30 \times QDM \\ V &= 0.30 \times (0.909 / s \times 86.4) \\ V &= 27.28 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Donde:

V	=	Capacidad volumétrica del tanque
QDM	=	Caudal de día máximo
0.3	=	porcentaje según horas de bombeo.

### **5.3 Aforos**

#### **Análisis hidrogeológicos**

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

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

#### **Pruebas de bombeo**

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

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

#### **Tipos de ensayos de bombeo y de aforos de pozos**

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

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

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

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

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

- a) Caudal optimo o aconsejable de explotación del pozo.
- b) Una estimación de la transmisividad del acuífero.
- c) Una estimación del coeficiente del almacenamiento del acuífero.

Con un ensayo de bombeo de interferencia se puede obtener:

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

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

#### **5.4. Calidad del agua**

**Agua subterránea:**el agua que se encuentra bajo la superficie terrestre se le denomina Agua Subterránea. Se encuentra en el interior de poros entre las partículas sedimentarias y en las fisuras de las rocas mas sólidas. En las regiones árticas el agua subterránea puede helarse. En general mantiene una temperatura muy similar al promedio anual de la zona. El agua subterránea mas profunda puede permanecer oculta durante miles y millones de años. No obstante la mayor parte de los yacimientos están a poca profundidad y desempeñan un papel discreto pero constante dentro del ciclo hidrológico. A escala global el agua subterránea representa cerca de un tercio de un uno por ciento del agua de la tierra , es decir una s 20 veces mas que el total de las aguas superficiales.

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

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

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

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

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

El término calidad del agua está estrechamente relacionado con aquellas características físicas, químicas, bacteriológicas y biológicas por medio de las cuales puede evaluarse si el agua es o no apta para el uso que se destine. Idealmente, el agua de consumo no debe contener microorganismos patógenos. Debe también estar libre de bacterias indicadoras de polución para excretas. Para asegurar que una fuente de abastecimiento de agua potable que posteriormente servirá para un sistema, es importante que se tomen muestras para detectar esos indicadores de polución fecal. El indicador bacteriano primario es el grupo de organismos coliformes, estas bacterias están universalmente presentes en gran número en las heces del hombre y de otros animales, permitiendo su detección en disoluciones considerables.

### **Criterios y normas sobre la calidad del agua de consumo**

Criterio: se basa esencialmente en investigaciones científicas y es el conjunto de conocimientos utilizados para la formulación de un juicio o bien todos aquellos principios evaluados y de los cuales se derivan

recomendaciones para las características del agua en relación al uso que se le destine.

Normas: éstas generalmente representan límites que establecen valores para cuantificar los efectos de la exposición a contaminantes que pueden afectar la salud y que son fijadas por gobiernos y entidades componentes y por lo tanto tienen fuerza de ley.

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

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

### **Toma de muestra de agua y requerimientos básicos**

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

Requerimientos que debe cumplir el muestreo

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

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

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



## **5.5. Recuperación del pozo**

Dos propósitos son los fundamentales para hacer pruebas de bombeo: el primero es la medición de la capacidad productora del pozo terminado y permite tener una base para la selección del equipo de bombeo. El segundo propósito es obtener datos y con base en ellos se calculan otros factores para determinar el comportamiento de los acuíferos. Una prueba de este tipo consiste en bombear un pozo y registrar, tanto el abatimiento en éste, como el producido por el bombeo en otros pozos vecinos de observación. Si las pruebas se realizan correctamente, los datos que se obtengan pueden analizarse para secundar las características hidráulicas del acuífero.

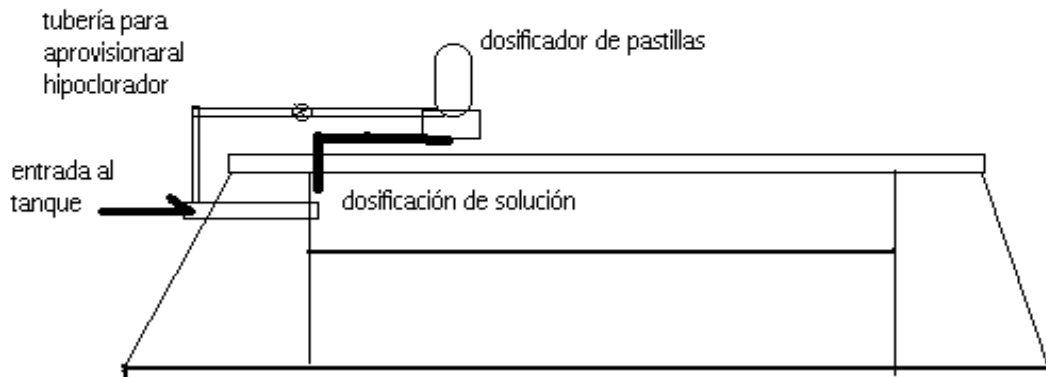
Par lograr cualquiera de los propósitos anteriores, las mediciones que se deben realizar incluyen los niveles estático antes de empezar el bombeo, descarga del pozo de bombeo, niveles del bombeo o niveles dinámicos durante varios intervalos de tiempo largo de todo el periodo de bombeo, tiempo en que la bomba arranca, tiempo en que se hay observado cualquier cambio de descarga, y el tiempo al cual se detuvo el bombeo. Las mediciones de los niveles dinámicos después de cesar el bombeo, son también de utilidad para el estudio de la recuperación.

## 5.6 Sistema de Tratamiento del agua

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

Para garantizar la potabilidad del agua, se instalará un (1) hipoclorador, la desinfección se hará a través de una solución de hipoclorito de calcio al 0.01%, el cual se utiliza principalmente en sistemas por gravedad ya que la inversión inicial es baja; la misma se preparara en un tanque de concreto reforzado cuyas dimensiones son 1.00 x 1.00 x 1.10 m, con su respectiva tapadera de concreto reforzado y candado, ver Anexos.

**Figura 2. Hipoclorador de pastillas**



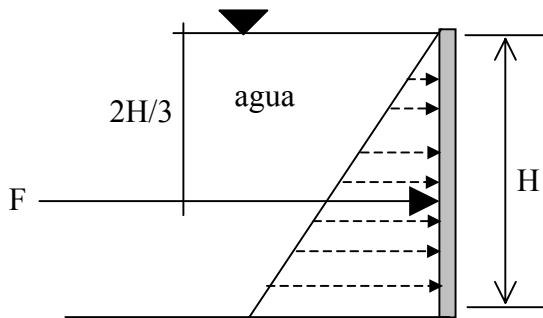
Fuente: Ing.Gonzalo Aquino. Curso sistemas de abastecimiento de agua potable. Pág. 26

## 5.7. Obras hidráulicas

### Fuerzas aplicadas en el análisis

Fuerzas Hidrostáticas: el empuje que produce el líquido a almacenar, estará dado por el triángulo de presiones que se muestra en la siguiente figura:

**Figura 3. Esquema de la fuerza hidrostática**



La presión a una altura  $H$  está dada por la siguiente fórmula:

$W = (\gamma_{agua} * H^2 * Kp) / 2$ , Donde  $\gamma_{agua}$  es el peso específico del líquido almacenado, y el empuje  $F$ , el cual actúa a  $2H/3$  del borde superior por la fórmula  $F = (\gamma_{agua} * H^2 * Kp) / 2$ .

Fuerzas debidas al suelo: el cálculo de estas presiones o fuerzas, está basada fundamentalmente en las dimensiones del tanque y en las características del suelo.

Los factores del suelo tomados en cuenta dependen del método a usar, siendo los más usuales en la actualidad los siguientes:

- a) *Rankine*
- b) *Coulumb*
- c) Método Gráfico de *Engesser*
- d) Método Gráfico de *Cullman*

Entre éstos el que más se usa, por su simplicidad, es el método de *Rankine*, cuya expresión responde a la siguiente fórmula:

$$P_a = W = (K_a * \gamma_s * H^2) / 2$$

Donde

W = Presión del suelo a una profundidad H

Ka = Coeficiente o constante de *Rankine* para determinar la presión horizontal según el tipo de suelo.

H = Profundidad a la cual se determina la presión.

$\gamma_s$  = Peso específico del suelo.

El valor de Ka a su vez está determinado por la siguiente fórmula:

$$K_a = \cos \beta * \frac{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \theta}}{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \theta}}$$

en donde

$\beta$  = inclinación del terreno con relación a la horizontal.

$\theta$  = ángulo de fricción interna.

Además si  $\beta = 0$

Entonces

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

Nota: la fórmula anterior para determinar la constante de *Rankine* que nos da la presión horizontal según el tipo de suelo corresponde a la constante para el empuje activo.

A continuación se muestra la siguiente tabla que nos da los valores del ángulo de fricción interna, el valor soporte (V.S.) y el peso específico para cada tipo de suelo.

**Tabla XVI. Datos para asumir capacidad soporte, peso específico del suelo y ángulo de fricción interna**

Tipo de suelo	Peso Kg/m <sup>3</sup>	$\theta^\circ$	VS Ton/m <sup>2</sup>
Arcilla dura	1600 – 1900	25 – 35	40
Arcilla suave	1500 – 1600	20 – 25	10
<b>Arena y arcilla mezcladas</b>	<b>1500 – 1900</b>	<b>23 – 30</b>	<b>20</b>
Arena fina	1900 – 2100	25 – 35	30
Arena gruesa	1500 – 1900	33 – 40	40
Grava	1900 - 2100	33 - 40	60

Como datos para el cálculo se utilizaron:

$$\gamma_{\text{agua}} = 1000 \text{ Kg/m}^3$$

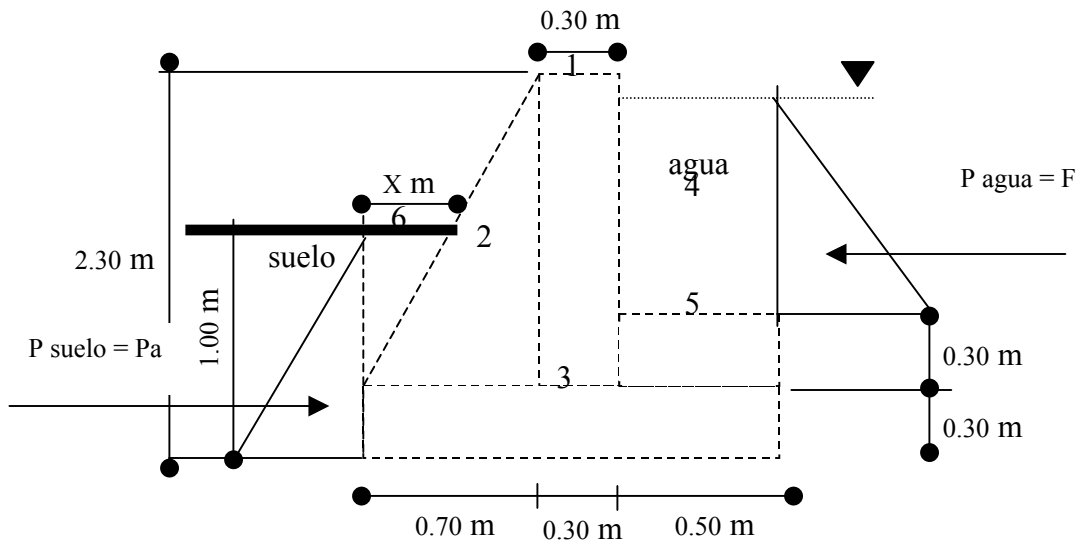
$$\gamma_{\text{suelo}} = 1800 \text{ Kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{concretociclópeo}} = 2250 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{VS} = 15 \text{ Ton/m}^3$$

$$\theta = 28 \text{ grados}$$

**Figura 4. Dimensiones del tanque**



Predimensionamiento del elemento:

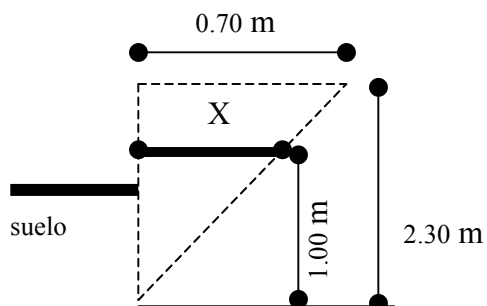
$$H = 2.30 \text{ mts.}$$

$$B = 0.5 \text{ a } 0.7 H \quad \text{para nuestro caso tomare } B = 0.65H$$

$$B = 0.65 \cdot (2.30 \text{ mts.})$$

$$B = 1.495 \text{ mts.} = 1.50 \text{ mts.}$$

**Figura 5. Esquema para el cálculo de la base x**



Cálculo de X:

$$0.70 / 2 = X/0.70$$

$$X = (0.70*0.70)/2$$

$$X = 0.245 \text{ mts.}$$

Cálculo de volumen:

$$V = \text{base} * \text{alto} * \text{ancho} = 3.50 \text{ mts} * 1.50 \text{ mts} * 5.5 \text{ mts} = 30 \text{ m}^3$$

Cálculo de fuerzas :

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

$$K_a = 1 - \text{sen } 28^\circ / 1 + \text{sen } 28^\circ = 0.361$$

$$K_p = 1/K_a = 1/0.361 = 2.77$$

Cálculo de Pa = Psuelo:

$$P_a = W = (K_a * \gamma_s * H^2) / 2$$

$$P_a = (1800 \text{ Kg/m}^3 * (2.30 \text{ mts})^2 * 0.361) / 2$$

$$P_a = 1,718.72 \text{ Kg/m}$$

Cálculo de F = Pagua:

$$F = (\gamma_{\text{agua}} * H^2 * K_p) / 2$$

$$F = (1000 \text{ kg/m}^3 * (1.50 \text{ mts})^2 * 2.77) / 2$$

$$F = 3,116.25 \text{ Kg/m}$$

**Tabla XVII. Datos para el cálculo de verificaciones**

Figura	Carga	Kg	Brazo	Momento
1	0.30*2.00*2250	1350.00	0.85	1147.50
2	0.5*0.70*2.00*2250	1575.00	0.23	362.25
3	0.30*1.50*2250	1012.50	0.75	759.38
4	0.50*0.30*2250	337.50	1.25	421.88
5	0.50*1.50*1000	750.00	1.25	937.50
6	0.5*0.245*1.00*1800	220.50	0.77	169.79
	F = 3,116.25		0.33	1028.36
	Pa = 1,718.72		1.10	1890.60
	R=	5245.50	MR=	3717.24

**Verificaciones:**

Contra volteo:

$$Mv = Pa * \frac{H}{3}$$

$$\frac{MR}{MV} = FS \geq 1.5$$

R = 5245.50 Kgs

Mv = Pa \* Ya = 1718.72 \* 2.30/3 = 1317.69 Kg-m donde Ya = H/3

FS = 3717.24/1317.69 = 2.82 > 1.5 si chequea

Contra deslizamiento:

$$R = \Sigma FV$$

Ff = R \* C donde C = coeficiente de fricción = (1 a 1.5) tg θ

Ff = 5245.50 \* (0.8 tg 28°) = 2229.34 Kg

$$FS = \frac{Ff + F}{Pa} \geq 1.50$$



$$FS = 2229.34 + 3116.25 / 1718.72 = 3.11 > 1.5 \text{ si chequea}$$

Contra capacidad soporte:

Se chequea la presión de diseño en la base y se compara con la capacidad soporte que se asumió.

$$VS = 15 \text{ Ton/m}^3$$

$$\theta = 28 \text{ grados}$$

$$X = \frac{Mr - Mv}{R}$$

$$X = (3717.24 - 1317.69) / 5245.50$$

$$X = 0.46$$

$$e = L / 6 - X$$

$$e = 1.5 / 6 - 0.46 = -0.21$$

$$Ps = \frac{R}{L} \pm \frac{6Re}{L^2} \leq VS$$

$$Ps = (5245.50 / 1.5) \pm ((6 * (5245.5 * -0.21)) / (1.5)^2)$$

$$Ps = 559.52 < 15000 \text{ si chequea.}$$

## **5.8 Listado de materiales y presupuesto**

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

La elaboración del presupuesto debe cumplir con los siguientes objetivos:

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

**Tabla XVIII. Presupuesto línea de conducción y distribución**

PRESUPUESTO DEL DISEÑO FINAL Del SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CASERIO LAS MORITAS, ALDEA LOS PLANES, SAN ANTONIO LA PAZ				
FECHA:	AGOSTO DE 2005			
<b>LINEA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN</b>				
DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
<b>MATERIALES LOCALES</b>				
<b>TOTAL REGION</b>				<b>0</b>
<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
Tuberia Ø 3 H.G.	Tuberia	34.00	Q550.00	Q18,700.00
Tuberia Ø 2 H.G.	Tuberia	5.00	Q490.00	Q2,450.00
Tuberia Ø 3 pvc 250 psi	Tuberia	47.00	Q419.00	Q19,693.00
Tuberia Ø 3 pvc 160 psi	Tuberia	19.00	Q281.00	Q5,339.00
Tuberia Ø 2 1/2 pvc	Tuberia	90.00	Q188.24	Q16,941.60
Tuberia Ø 2 pvc	Tuberia	321.00	Q128.44	Q41,229.24
Tuberia Ø 1 1/2 pvc	Tuberia	154.00	Q82.43	Q12,694.22
Tuberia Ø 1 1/4 pvc	Tuberia	29.00	Q63.10	Q1,829.90
Tuberia Ø 1 pvc	Tuberia	179.00	Q95.00	Q17,005.00
Tuberia Ø 3/4" PVC	Tuberia	189.00	Q40.00	Q7,560.00
Tuberia Ø 1/2" PVC	Tuberia	190.00	Q30.00	Q5,700.00
Codos Ø 2 1/2"x45º PVC	U	10.00	Q60.00	Q600.00
Codos Ø 1"x90º PVC	U	6.00	Q50.00	Q300.00
Codos Ø 1/2"x90º PVC	U	3.00	Q25.00	Q75.00
Codos Ø 1"x45º	U	3.00	Q40.00	Q120.00
Codos Ø 3/4"x45º	U	4.00	Q30.00	Q120.00
Codos Ø 1/2"x45º	U	24.00	Q25.00	Q600.00
Valvulas de Globo Ø 2	U	2.00	Q275.00	Q550.00
Valvulas de Globo Ø 1 1/2	U	3.00	Q250.00	Q750.00
Valvulas de Globo Ø 1	U	1.00	Q240.00	Q240.00
Valvulas de Globo Ø 3/4	U	3.00	Q180.00	Q540.00
Valvula de cheque Ø 3/4"	U	1.00	Q200.00	Q200.00
Valvula de Aire	U	1.00	Q180.00	Q180.00

## Continuación

Tee Ø 1/2" pvc	U	23.00	Q10.00	Q230.00
Tee Ø 3/4" pvc	U	2.00	Q15.00	Q30.00
Tee Ø 1 1/2" pvc	U	10.00	Q20.00	Q200.00
Tee Ø 2" pvc	U	1.00	Q25.00	Q25.00
Tee Ø 2 1/2" pvc	U	1.00	Q25.00	Q25.00
Tee red Ø 2"X 1/2	U	2.00	Q30.00	Q60.00
Tee red Ø 1 1/2"X 1/2	U	12.00	Q100.00	Q1,200.00
Tee red Ø 3/4"X 1/2	U	26.00	Q25.00	Q650.00
Tee red Ø 1"X 3/4	U	1.00	Q50.00	Q50.00
Tee red Ø 1"X 1/2	U	28.00	Q45.00	Q1,260.00
Red Bush Ø 2 1/2 X 2	U	2.00	Q120.00	Q240.00
Red Bush Ø 2 1/2 X 1/2	U	1.00	Q90.00	Q90.00
Red Bush Ø 2X 1	U	4.00	Q75.00	Q300.00
Red Bush Ø 2X3/4	U	1.00	Q80.00	Q80.00
Red Bush Ø 1 1/2 X 3/4	U	1.00	Q80.00	Q80.00
Red Bush Ø 1X 3/4	U	2.00	Q75.00	Q150.00
Red Bush Ø 1X 1/2	U	2.00	Q60.00	Q120.00
Red Bush Ø 3/4x1/2	U	7.00	Q25.00	Q175.00
Adap hembra Ø 3"	U	2.00	Q150.00	Q300.00
Adap hembra Ø 2"	U	2.00	Q45.00	Q90.00
THINNER	Galón	6.00	Q65.00	Q390.00
SOLVENTE PVC	Galón	8.00	Q345.00	Q2,760.00
WIPE	LIBRA	22.00	Q5.00	Q110.00
<b>TOTAL REGION</b>				<b>Q162,031.96</b>
<b>COSTO DE MATERIALES</b>				<b>Q162,031.96</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Mano de obra calificada	Día hombre	95	Q186.95	Q17,760.25
Mano de obra no calificada	Día hombre	1328	Q35.00	Q46,480.00
<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>				<b>Q64,240.25</b>
<b>TRANSPORTE Y HERRAMIENTAS</b>				
Transporte	Global	1	Q16,203.20	Q16,203.20
Equipo y herramienta	Global	1	Q4,860.96	Q4,860.96
<b>COSTO DE TRANSPORTE Y HERRAMIENTAS</b>				<b>Q21,064.15</b>
<b>COSTO LINEA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN</b>				<b>Q247,336.36</b>

**Tabla XIX. Presupuesto equipo de bombeo**

PRESUPUESTO DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO FINAL DE SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CASERIO LAS MORITAS, ALDEA LOS PLANES, SAN ANTONIO LA PAZ				
FECHA:	AGOSTO DE 2005			
<b>EQUIPO DE BOMBEO</b>				
DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
Bomba sumergible 150S300-1S GRUNDFOS de acero inoxidable de 15 HP, acoplada a un motor de 15 HP 460V con diametro de Ø 3"	U	1	Q10,000.00	Q10,000.00
Tubería HG de Ø 3" tipo mediano	U	11	Q2,000.00	Q22,000.00
Sello sanitario de Ø 3"	U	1	Q200.00	Q200.00
440 pies de cable sumergible	GLOBAL	1	Q6,000.00	Q6,000.00
440 pies de cable aire	GLOBAL	1	Q900.00	Q900.00
440 pies de cable porta electrodo Núm. 14/3	GLOBAL	1	Q1,500.00	Q1,500.00
Electrodos	U	2	Q200.00	Q400.00
Valvula de cheque horizontal de Ø 3"	U	1	Q1,000.00	Q1,000.00
Valvula de compuerta de Ø 3"	U	1	Q500.00	Q500.00
Valvula de cheque vertical de Ø 3"	U	1	Q1,000.00	Q1,000.00
Collarín de soporte de Ø 3"	U	1	Q400.00	Q400.00
Unión universal	U	1	Q200.00	Q200.00
Arranque eléctrico	U	2	Q700.00	Q1,400.00
Kitt tee, niple y tapón de Ø 3"	GLOBAL	1	Q500.00	Q500.00
Niple tipo pesado HG de Ø 3"	U	1	Q100.00	Q100.00
Kitt de amarre y empalme vulcanizado	GLOBAL	1	Q500.00	Q500.00
Panel de arranque de 30 HP 460, voltios de Ø 3" que incluye: contactor flipon, sensor de voltaje, guardanivel, botonera, pararrayos, señal luminosa, fusibles de control, relle térmico, gabinete	GLOBAL	1	Q10,000.00	Q10,000.00
<b>TOTAL REGION</b>				<b>Q56,600.00</b>

### Continuación

COSTO DE MATERIALES				Q56,600.00
<b>MANO DE OBRA</b>				
Mano de obra calificada	Día hombre	15	Q200.00	Q3,000.00
Mano de obra no calificada	Día hombre	15	Q100.00	Q1,500.00
COSTO DE MANO DE OBRA				Q4,500.00
<b>TRASPORTE Y HERRAMIENTAS</b>				
Transporte	Global	1	Q4,000.00	Q4,000.00
Equipo y herramienta	Global	1	Q3,000.00	Q3,000.00
COSTO DE TRASPORTE Y HERRAMIENTAS				Q7,000.00
<b>COSTO EQUIPO DE BOMBEO</b>				<b>Q68,100.00</b>

**Tabla XX. Caseta de bombeo**

PRESUPUESTO DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO FINAL DE SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CASERIO LAS MORITAS, ALDEA LOS PLANES, SAN ANTONIO LA PAZ				
FECHA:	AGOSTO DE 2005			
<b>CASETA DE BOMBEO</b>				
DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
<b>MATERIALES LOCALES</b>				
Arena de rio	M <sup>3</sup>	5	Q180.00	Q900.00
Piedrin 1/2"	M <sup>3</sup>	4	Q180.00	Q720.00
Tabla de 1" x 12" x 12'	PT	200	Q4.75	Q950.00
Parales de 3" x 3" x 9'	PT	150	Q4.75	Q712.50
<b>TOTAL REGLON</b>				<b>Q3,282.50</b>
<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
Cemento Tipo Portland	Saco	50	Q42.00	Q2,100.00
Block pomez de 0.15*0.20*0.40	U	380	Q5.00	Q1,900.00
Acero 3/8" de 20' grado 40	Varilla	100	Q21.54	Q2,154.00
Acero 1/4" de 20' grado 40	Varilla	60	Q9.33	Q559.80
Alambre de Amarre	Lbs	40	Q4.02	Q160.80
Clavo de 3" para madera	Lbs	20	Q4.02	Q80.40
Puerta metalica 0.90 x 2.00 mts.	U	1	Q800.00	Q800.00
Accesorios para acometida electrica	U	1	Q500.00	Q500.00
<b>TOTAL REGLON</b>				<b>Q8,255.00</b>
<b>COSTO DE MATERIALES</b>				<b>Q11,537.50</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Mano de obra calificada	Día hombre	15	Q186.95	Q2,804.25
Mano de obra no calificada	Día hombre	70	Q35.00	Q2,450.00
<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>				<b>Q5,254.25</b>
<b>TRASPORTE Y HERRAMIENTAS</b>				
Transporte	Global	1	Q1,153.75	Q1,153.75
Equipo y herramienta	Global	1	Q346.13	Q346.13
<b>COSTO DE TRASPORTE Y HERRAMIENTAS</b>				<b>Q1,499.88</b>
<b>COSTO CASETA DE BOMBEO</b>				<b>Q18,291.63</b>

**Tabla XXI. Presupuesto cajas rompe presión + flote**

PRESUPUESTO DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO FINAL DE SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CASERIO LAS MORITAS, ALDEA LOS PLANES, SAN ANTONIO LA PAZ				
FECHA:	AGOSTO DE 2005			
<b>CAJAS ROMPE PRESION + FLOTE</b>				
DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
<b>MATERIALES LOCALES</b>				
Arena de rio	M <sup>3</sup>	2	Q180.00	Q360.00
Piedrin 1/2"	M <sup>3</sup>	1.5	Q180.00	Q270.00
Piedra bola 6"	M <sup>3</sup>	3	Q180.00	Q540.00
Tabla de 1" x 12" x 12'	PT	120	Q4.75	Q570.00
Parales de 3" x 3" x 9'	PT	40	Q4.75	Q190.00
<b>TOTAL REGLON</b>				<b>Q1,930.00</b>
<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
Cemento Tipo Portland	Saco	20	Q42.00	Q840.00
Acero 1/2" de 20' grado 40	Varilla	1	Q37.31	Q37.31
Acero 3/8" de 20' grado 40	Varilla	7	Q21.54	Q150.78
Acero 1/4" de 20' grado 40	Varilla	2	Q9.33	Q18.66
Alambre de Amarre	Lbs	5	Q4.02	Q20.10
Clavo de 3" para madera	Lbs	3	Q4.02	Q12.06
Alambre espigado	Rollo	1	Q164.85	Q164.85
Grapas	LBS	1	Q8.50	Q8.50
Candado de 60 mm	U	3	Q109.99	Q329.97
Valvula de flote	U	1	Q150.00	Q150.00
<b>TOTAL REGLON</b>				<b>Q1,732.23</b>



**Continuación**

COSTO DE MATERIALES				Q3,662.23
<b>MANO DE OBRA</b>				
Mano de obra calificada	Día hombre	5	Q186.95	Q934.75
Mano de obra no calificada	Día hombre	70	Q35.00	Q2,450.00
COSTO DE MANO DE OBRA				Q3,384.75
<b>TRASPORTE Y HERRAMIENTAS</b>				
Transporte	Global	1	Q366.22	Q366.22
Equipo y herramienta	Global	1	Q109.87	Q109.87
COSTO DE TRASPORTE Y HERRAMIENTAS				Q476.09
<b>COSTO CAJAS ROMPE PRESION + FLOTE</b>				<b>Q7,523.07</b>

**Tabla XXII. Presupuesto tanque de distribución**

PRESUPUESTO DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO FINAL DE SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CASERIO LAS MORITAS, ALDEA LOS PLANES, SAN ANTONIO LA PAZ				
FECHA:	AGOSTO DE 2005			
<b>TANQUE DISTRIBUCIÓN</b>	<b>30</b>	<b>M3</b>		
DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
<b>MATERIALES LOCALES</b>				
Arena de rio	M <sup>3</sup>	42	Q180.00	Q7,560.00
Piedrin 1/2"	M <sup>3</sup>	3	Q180.00	Q540.00
Piedra bola 6"	M <sup>3</sup>	38	Q180.00	Q6,840.00
Tabla de 1" x 12" x 12'	PT	35	Q4.75	Q166.25
Parales de 3" x 3" x 9'	PT	250	Q4.75	Q1,187.50
Tendales 3" x 4" 9'	PT	35	Q4.75	Q166.25
<b>TOTAL REGION</b>				<b>Q16,460.00</b>
<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
Cemento Tipo Portland	Saco	270	Q42.00	Q11,340.00
Acero 1/2" de 20' grado 40	Varilla	7	Q2,000.00	Q14,000.00
Acero 3/8" de 20' grado 40	Varilla	78	Q200.00	Q15,600.00
Acero 1/4" de 20' grado 40	Varilla	24	Q6,000.00	Q144,000.00
Alambre de Amarre	Lbs	35	Q4.02	Q140.70
Clavo de 3" para madera	Lbs	40	Q4.02	Q160.80
Alambre espigado	Rollo	4	Q164.85	Q659.40
Grapas	LBS	4	Q8.50	Q34.00
valvula e flote	U	1	Q125.00	Q125.00
Valvula de compuerta de salida 2	U	3	Q350.00	Q1,050.00
valvula de pila	U	1	Q125.00	Q125.00
Túberia PVC de drenaje de 2" de 100 PSI	U	2	Q64.63	Q129.26
Túberia PVC de 2" para respiradero	U	1	Q131.00	Q131.00
Codo de PVC de 2" x 90º para respiradero	U	2	Q39.12	Q78.24
Codo de PVC de 2"x 90º entrada	U	3	Q11.18	Q33.54
Codo de PVC de 2"x 45º entrada	U	1	Q11.18	Q11.18
Adaptador hembra PVC Ø 2"	U	4	Q5.00	Q20.00
Adaptador macho PVC Ø 2"	U	16	Q35.00	Q560.00
Pichacha plastica para Ø 2" salida	U	4	Q250.00	Q1,000.00
Candado de 60 mm	U	6	Q109.99	Q659.94
Pintura anticorrosiva	Bote	1	Q110.00	Q110.00
Etemocrete	Galon	1.5	Q210.00	Q315.00
<b>TOTAL REGION</b>				<b>Q190,283.06</b>

**Continuación**

COSTO DE MATERIALES				Q206,743.06
<b>MANO DE OBRA</b>				
Mano de obra calificada	Día hombre	40	Q186.95	Q7,478.00
Mano de obra no calificada	Día hombre	350	Q35.00	Q12,250.00
COSTO DE MANO DE OBRA				Q19,728.00
<b>TRASPORTE Y HERRAMIENTAS</b>				
Transporte	Global	1	Q20,674.31	Q20,674.31
Equipo y herramienta	Global	1	Q6,202.29	Q6,202.29
COSTO DE TRASPORTE Y HERRAMIENTAS				Q26,876.60
<b>COSTO TANQUE DISTRIBUCIÓN 30 M3</b>				<b>Q253,347.66</b>

**Tabla XXIII. Presupuesto clorador**

PRESUPUESTO DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO FINAL DE SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CASERIO LAS MORITAS, ALDEA LOS PLANES, SAN ANTONIO LA PAZ				
FECHA:	AGOSTO DE 2005			
<b>CLORADOR ACCU-TAB MODELO 3012</b>	<b>1</b>	<b>M3</b>		
DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
<b>MATERIALES LOCALES</b>				
Arena de río	M³	0.2	Q180.00	Q36.00
Piedrin	M³	0.1	Q180.00	Q18.00
Piedra bola	M³	0.5	Q180.00	Q90.00
Tabla de 1" x 12" x 9'	PT	45	Q4.75	Q213.75
Parales de 3" x 3" x 9'	PT	20	Q4.75	Q95.00
<b>TOTAL REGION</b>				<b>Q452.75</b>
<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
Cemento Tipo Portland	Saco	2	Q42.00	Q84.00
Varillas de hierro 1/2	Var.	1	Q2,000.00	Q2,000.00
Varillas de hierro 3/8	Var.	1	Q200.00	Q200.00
Varillas de hierro 1/4	Var.	1	Q6,000.00	Q6,000.00
Alambre de amarre	Lbs	1.5	Q4.02	Q6.03
Clavo de 3" para madera	Lbs	1.5	Q4.02	Q6.03
Alambre espigado	Rollo	0.33	Q164.85	Q54.40
Grapa	Lbs	1	Q8.50	Q8.50
Valvula de compuerta de 1/2"	U	1	Q50.25	Q50.25
Valvula de compuerta de 2 1/2"	U	1	Q350.00	Q350.00
Adaptador macho PVC de 2 1/2"	U	2	Q35.00	Q70.00
Adaptador macho PVC de 1/2"	U	2	Q7.87	Q15.74
Clorador Acu-Tab Modelo 3012	U	1	Q3,500.00	Q3,500.00
Candado de 60 mm	U	1	Q109.99	Q109.99
<b>TOTAL REGION</b>				<b>Q12,454.94</b>

**Continuación**

COSTO DE MATERIALES				Q12,907.69
<b>MANO DE OBRA</b>				
Mano de obra calificada	Día hombre	4	Q186.95	Q747.80
Mano de obra no calificada	Día hombre	10	Q35.00	Q350.00
COSTO DE MANO DE OBRA				Q1,097.80
<b>TRANSPORTE Y HERRAMIENTAS</b>				
Transporte	Global	1	Q1,290.77	Q1,290.77
Equipo y herramienta	Global	1	Q387.23	Q387.23
COSTO DE TRANSPORTE Y HERRAMIENTAS				Q1,678.00
<b>COSTO CLORADOR ACCU-TAB MODELO 3012 1 M3</b>				<b>Q15,683.49</b>

**Tabla XXIV. Presupuesto pasos de zanjón**

PRESUPUESTO DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO FINAL DE SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CASERIO LAS MORITAS, ALDEA LOS PLANES, SAN ANTONIO LA PAZ				
FECHA:	AGOSTO DE 2005			
<b>PASOS DE ZANJÓN "B" 1.5 M.</b>	<b>2</b>	<b>COL.</b>		
DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
<b>MATERIALES LOCALES</b>				
Arena de río	M <sup>3</sup>	1	Q180.00	Q180.00
Piedrin	M <sup>3</sup>	1	Q180.00	Q180.00
Tabla de 1" x 12" x 9'	PT	40	Q4.75	Q190.00
4 Parales de 3" x 3" x 9'	PT	30	Q4.75	Q142.50
<b>TOTAL REGLON</b>				<b>Q692.50</b>
<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
Cemento	Sacos	6	Q42.00	Q252.00
Alambre de amarre	Lbs	5	Q4.02	Q20.10
Clavo de 3" para madera	Lbs	3	Q4.02	Q12.06
Acero 1/2" de 20' grado 40	Varilla	4	Q2,000.00	Q8,000.00
Acero 3/8" de 20' grado 40	Varilla	6	Q200.00	Q1,200.00
Unión universal de HG del paso	U	2	Q152.00	Q304.00
Permatex de 170 gramos	POMO	1	Q35.00	Q35.00
<b>TOTAL REGLON</b>				<b>Q9,823.16</b>
<b>COSTO DE MATERIALES</b>				<b>Q10,515.66</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Mano de obra calificada	Día hombre	10	Q186.95	Q1,869.50
Mano de obra no calificada	Día hombre	30	Q35.00	Q1,050.00
<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>				<b>Q2,919.50</b>
<b>TRANSPORTE Y HERRAMIENTAS</b>				
Transporte	Global	1	Q1,051.57	Q1,051.57
Equipo y herramienta	Global	1	Q315.47	Q315.47
<b>COSTO DE TRANSPORTE Y HERRAMIENTAS</b>				<b>Q1,367.04</b>
<b>COSTO PASOS DE ZANJÓN "B" 1.5 M. 2 COL.</b>				<b>Q14,802.20</b>

**Tabla XXV. Presupuesto conexión predial**

PRESUPUESTO DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO FINAL DE SISTEMA DE AGUA POTABLE DE CASERIO LAS MORITAS, ALDEA LOS PLANES, SAN ANTONIO LA PAZ				
FECHA:	AGOSTO DE 2005			
<b>CONEXIÓN PREDIAL</b>				
DESCRIPCION DEL MATERIAL	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO POR UNIDAD	COSTO TOTAL
<b>MATERIALES</b>				
<b>MATERIALES LOCALES</b>				
Arena de río	M³	0.05	Q180.00	Q9.00
Piedrin de 1/2"	M³	0.075	Q180.00	Q13.50
Tabla de 1" x 12" x 9'	PT	8	Q4.75	Q38.00
<b>TOTAL REGLON</b>				<b>Q60.50</b>
<b>MATERIALES NO LOCALES</b>				
Cemento Tipo Portland	Saco	0.5	Q42.00	Q21.00
Clavo de 3" para madera	Lbs	0.25	Q4.02	Q1.01
Codo PVC de entrada x 90º de 1/2"	U	1	Q1.00	Q1.00
Adaptador macho PVC de 1/2"	U	2	Q1.00	Q2.00
Codo adaptador PVC de 1/2" x 90º	U	1	Q1.00	Q1.00
Copla HG de 1/2"	U	1	Q0.83	Q0.83
Llave de chorro de 1/2"	U	1	Q38.10	Q38.10
Válvula de globo de 1/2"	U	1	Q52.40	Q52.40
Tuerveria PVC de 1/2" C315PSI	tubo	4	Q17.95	Q71.80
Tuberia HG de 1/2"	tubo	3	Q60.00	Q180.00
Tee reductora PVC de entrada a 1/2"	U	1	Q1.61	Q1.61
Solvente PVC	1/4 Gal	0.1	Q99.06	Q9.91
Permatex 170 gramos	Pomo	0.2	Q35.00	Q7.00
<b>TOTAL REGLON</b>				<b>Q387.65</b>
<b>COSTO DE MATERIALES</b>				<b>Q448.15</b>
<b>MANO DE OBRA</b>				
Mano de obra calificada	Día hombre	2	Q186.95	Q373.90
Mano de obra no calificada	Día hombre	6	Q35.00	Q210.00
<b>COSTO DE MANO DE OBRA</b>				<b>Q583.90</b>
<b>TRASPORTE Y HERRAMIENTAS</b>				
Transporte	Global	1	Q44.82	Q44.82
Equipo y herramienta	Global	1	Q13.44	Q13.44
<b>COSTO DE TRASPORTE Y HERRAMIENTAS</b>				<b>Q58.26</b>
<b>COSTO CONEXIÓN PREDIAL</b>				<b>Q1,090.31</b>

Tabla XXVI. Presupuesto general

<b>PRESUPUESTO DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO FINAL DE                      SISTEMA DE AGUA POTABLE DE                      CASERIO LAS MORITAS, ALDEA LOS PLANES, SAN ANTONIO LA PAZ</b>					
FECHA:					
AGOSTO DE 2005					
DESCRIPCION DEL REGLOON	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL	
EQUIPO DE BOMBEO	Unidad	1.00	68,100.00	Q 68,100.00	
CASETA DE BOMBEO	Unidad	1.00	18,291.63	Q 18,291.63	
CAJAS ROMPE PRESION + FLOTE	Unidad	6.00	7,523.07	Q 45,138.42	
LINEA DE CONDUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN	Global	1.00	247,336.36	Q 247,336.36	
PASOS DE ZANJÓN "B" 1.5 M.	Unidad	2.00	14,802.20	Q 29,604.39	
TANQUE DISTRIBUCIÓN	Unidad	1.00	253,347.66	Q 253,347.66	
CLORADOR ACCU-TAB MODELO 3012	Unidad	1.00	15,683.49	Q 15,683.49	
CONEXIÓN PREDIAL	Unidad	65.00	1,090.31	Q 70,870.19	
<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>Q 748,372.14</b>	
<b>COSTO DIRECTO \$</b>				<b>\$93,546.52</b>	



## **5.9. Administración operación y mantenimiento**

### **Organización para la ejecución del proyecto**

Para la ejecución del proyecto, se hará necesario que el Comité Oficial de Agua Potable de el caserío Las moritas, cumpla con las funciones siguientes:

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

**Tabla XXVII. Programa físico financiero**

PRESUPUESTO DEL DISEÑO FINAL DEL  
SISTEMA DE AGUA POTABLE DE  
CASERIO LAS MORITAS, ALDEA LOS PLANES, SAN ANTONIO LA PAZ

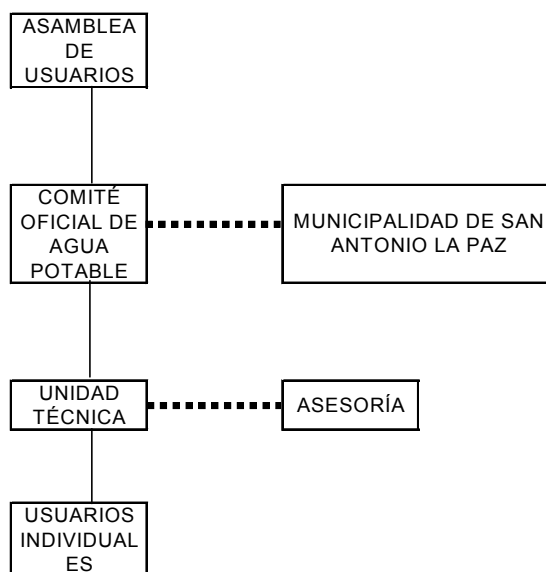
DESCRIPCION DEL REGION	COSTO DEL RENGLO EN SEMANAS	TIEMPO DE EJECUCION EN SEMANAS	1ra SEMANA	2da SEMANA	3ra SEMANA	4ta SEMANA	5ta SEMANA	6ta SEMANA	7ma SEMANA	8va SEMANA	9na SEMANA	10ma SEMANA	11ma SEMANA	12ma SEMANA	13ra SEMANA	
EQUIPO DE BOMBEO	068,100.00	2														
CASETA DE BOMBEO	018,291.63	2														
CASAS ROMPE PRESION + FLOTE	045,138.42	3														
LINEA DE CONDUCCION Y DISTRIBUCION	0247,336.36	8														
PASOS DE ZALUJON 8" x 1.5 M.	029,604.39	3														
TANQUE DISTRIBUCION	0263,347.66	5														
CLORADOR ACCO-TAR MODELO 3W2	015,683.49	2														
CONEXION PRELIM	070,870.19	6														
INAUGURACION		1														
INVERSION POR SEMANA	034,090.00		049,096.14	045,963.19	045,963.19	045,963.19	091,454.71	081,566.66	091,454.71	093,398.28	0111,108.15	060,570.49	011,811.70	011,811.70	011,811.70	
ACUMULADO DE INVERSION POR SEMANA	034,090.00		088,146.14	0129,109.33	0175,072.51	0266,527.22	0358,588.50	0440,744.93	0532,966.78	0644,074.93	0684,645.42	0706,457.12	0718,268.82	0730,080.51		
PORCENTAJE DE INVERSION POR SEMANA	4.65%		6.65%	6.14%	6.14%	12.22%	10.90%	14.65%	12.46%	14.65%	6.76%	1.55%	1.55%	1.55%	1.55%	
PORCENTAJE ACUMULADO DE INVERSION POR SEMANA	4.65%		11.11%	17.25%	23.39%	35.61%	46.52%	58.74%	71.22%	86.08%	92.82%	94.40%	95.96%	97.55%		
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	0748,372.14															

## Organización para la administración del proyecto

La cobertura del proyecto (60 servicios familiares y 05 públicos) y la complejidad en el manejo de los equipos del sistema de agua, obligan a que se conforme una unidad técnica que se encargue directamente de su operación y mantenimiento. Dicha unidad estará adscrita al comité oficial de agua potable, que para todos los efectos, será la entidad responsable del proyecto y de la administración general. Lo anterior es ilustrado en el organigrama siguiente.

Figura 7. Organigrama para la administración del proyecto

ORGANIGRAMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO



El Comité Oficial de Agua Potable, velará por la administración general del proyecto y estará integrado por miembros, que son electos por votación en asamblea general de usuarios: presidente, secretario, tesorero, y vocales. La durabilidad de cada uno de los cargos será de dos años. Se reunirán periódicamente (una vez al mes), para tratar asuntos relacionados con el proyecto.

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

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

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

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

**Continuación**

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

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

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

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

- 38% para operación
- 27% para el mantenimiento
- 26% para la administración
- 09% para la capitalización o recuperación de la infraestructura.

## **Actividades básicas de operación y mantenimiento**

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

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

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



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

<b>Estructura</b>	<b>Trabajo a realizar</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Responsable</b>
BOMBEO	1. Limpia y chapeo de áreas adyacentes, limpieza de caseta de bombeo.	c/3 meses	Fontanero
	2. Inspección de área adyacente para determinar posible contaminación de fuente.	c/4 meses	Fontanero
	3. Inspección ocular de actividades de deforestación cercanas a la fuente.	c/4 meses	Fontanero
	4. Revisión de estructuras para determinar fisuras y filtraciones.	c/4 meses	Fontanero
	5. Revisión de equipo de bombeo y válvulas para determinar posibles fugas.	c/4 meses	Fontanero
	6. Toma de muestras para análisis de laboratorio.	c/mes	Técnico
	7. Reparar posibles averías menores en el sistema de bombeo.	c/6 meses	Fontanero
	8. Contactar a persona especializada para darle mantenimiento constante al equipo de bombeo.	Cada vez que sea necesario	Tecnico en Bombas
LÍNEA CONDUCCIÓN	1. Limpia y chapeo e inspección de línea para determinar fugas	c/mes	Fontanero
	2. Revisión de válvulas de compuerta para determinar funcionamiento y fugas.	c/mes	Fontanero
LÍNEA CONDUCCIÓN	3. Verificar caja de válvula de limpieza para determinar daños y fugas.	c/mes	Fontanero
	4. Verificar caja de válvula de aire para determinar daños y fugas	c/6 meses	Fontanero
	5. Verificar caja rompe-presión para determinar daños y fugas.	c/6 meses	Fontanero
	6. Verificar pasos de zanjón para determinar daños y fugas.	c/6 meses	Fontanero
EQUIPO DE CLORACIÓN	1. Revisar existencia de tabletas hipoclorito calcio.	c/semana	Fontanero
	2. Revisar válvulas, tubería y dosificador para determinar fugas y daños.	c/semana	Fontanero
	3. Chequear cloro residual en puntos más lejanos de la red de distribución.	c/semana	Fontanero

## Continuación

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

## Recomendaciones

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

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

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

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

- La orientación de la vivienda con relación a vientos predominantes.
- Distancia mínima con respecto a la vivienda deberá de ser 5 metros.
- Distancia horizontal mínima, con respecto a un pozo artesanal 15 mts.
- Distancia vertical mínima, con respecto al nivel freático 1.5 metros.

## **Procedimiento para la reparación de daños en tubos PVC**

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

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

## **Tarifa del servicio**

Para proyectos de agua con sistema por gravedad, se ha determinado que la tarifa máxima no exceda el 12% del ingreso promedio familiar mensual. Para el caso de la comunidad de Las Moritas según lo investigado en la visita de campo sobre la condición económica de la población, nos informaron que el ingreso promedio mensual es de Q. 500.00 a Q. 600.00 , por lo que la tarifa máxima sería de Q 70.00 al mes, considerando el porcentaje antes mencionado.

Sin embargo, después del análisis y sobre la base del cálculo de la tarifa se determinó que la misma deberá ser de Q. 6000 mensuales por servicio domiciliar, la cual cubrirá: a) los costos de repuestos y herramientas, b) el consumo de hipoclorito de calcio para desinfectar el agua; y c) el salario del fontanero, dicho valor es menor al dato máximo sugerido, por lo que la comunidad si tiene capacidad de pagar esta tarifa.

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

**Tabla XXX. Tarifa del servicio**

COMUNIDAD, LAS MORTAS	COSTO	AÑOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MUNICIPIO: SAN ANTONIO LA PAZ		PERIODOS										
DEFITO: EL PROGRESO	ESTIMADO											
EGRESOS												
SALARIO	01,500.00		1,500.00	1,605.00	1,709.33	1,811.88	1,911.54	2,007.12	2,097.44	2,181.33	2,257.68	2,325.41
DESINFECCIÓN	04,500.00		4,500.00	4,815.00	5,128.00	5,435.77	5,734.43	6,023.00	6,291.33	6,540.00	6,773.00	6,991.62
OPERACIÓN	01,206.79		1,206.79	1,293.40	1,377.47	1,460.12	1,540.43	1,617.45	1,690.23	1,757.84	1,819.37	1,873.95
repuestos de accesorios o tubería	0,325.00		325.00	347.75	370.35	392.57	414.17	434.87	454.44	472.62	489.16	503.84
repuestos de bomba y accesorios	01,250.00		1,250.00	1,337.50	1,424.44	1,509.90	1,592.95	1,672.60	1,747.86	1,817.78	1,881.40	1,937.84
combustible	00.00		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
energía eléctrica	01,000.00		1,000.00	1,070.00	1,139.55	1,207.92	1,274.36	1,338.08	1,398.29	1,454.22	1,505.12	1,550.27
papelera	015.00		15.00	16.05	17.09	18.12	19.12	20.07	20.97	21.81	22.59	23.25
ADMINISTRACIÓN	05,746.79		5,746.79	6,151.20	6,551.03	6,944.09	7,326.02	7,692.32	8,038.47	8,360.01	8,652.61	8,912.19
MENSUAL EGRESOS	068,985.44		68,985.44	73,814.42	78,612.36	83,328.10	87,912.20	92,307.81	96,461.67	100,320.13	103,831.34	106,946.28
ANUAL EGRESOS	102		102	108	110	113	117	120	123	126	130	133
INGRESO												
CONEXIONES												
viviendas												
costo	060.00		060.00	060.00	060.00	060.00	070.00	070.00	070.00	070.00	070.00	070.00
TARIFA SUPUESTA	06,120.00	57	6,120.00	6,454.94	6,629.22	6,808.21	6,987.38	7,166.62	7,346.02	7,525.57	7,705.26	7,885.09
MENSUAL INGRESOS	07,344.00		7,344.00	7,749.30	8,154.60	8,559.90	8,965.20	9,370.50	9,775.80	10,181.10	10,586.40	10,991.70
ANUAL INGRESOS	04,454.56		4,454.56	4,644.87	4,835.18	5,025.49	5,215.80	5,406.11	5,596.42	5,786.73	5,977.04	6,167.35
SUPERHABIT ANUAL												
DEFICIT ANUAL						-01,630.64						
COMPLEMENTO												
TARIFA ADOPTADA MENSUAL	060.00		060.00	060.00	060.00	060.00	070.00	070.00	070.00	070.00	070.00	070.00
AHORRO MENSUAL	0,371.21		0,303.74	0,236.27	0,168.80	0,101.33	0,033.86	0,000.00	0,000.00	0,000.00	0,000.00	0,000.00
COMUNIDAD, LAS MORTAS												
MUNICIPIO: SAN ANTONIO LA PAZ		PERIODOS										
DEFITO: EL PROGRESO	ESTIMADO											
EGRESOS												
OPERACIÓN	1,500.00		1,500.00	1,648.19	1,796.38	1,944.57	2,092.76	2,240.95	2,389.14	2,537.33	2,685.52	2,833.71
INSUMOS	450.00		450.00	474.46	498.92	523.38	547.84	572.30	596.76	621.22	645.68	670.14
fontanero	1,873.95		1,873.95	2,005.13	2,136.59	2,268.05	2,399.51	2,530.97	2,662.43	2,793.89	2,925.35	3,056.81
tabletas o hipoclorito	325.00		325.00	339.11	353.22	367.33	381.44	395.55	409.66	423.77	437.88	451.99
repuestos de accesorios o tubería	1,250.00		1,250.00	1,326.27	1,402.54	1,478.81	1,555.08	1,631.35	1,707.62	1,783.89	1,860.16	1,936.43
repuestos de bomba y accesorios	00.00		00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00	00.00
combustible	1,000.00		1,000.00	1,068.79	1,137.61	1,206.43	1,275.25	1,344.07	1,412.89	1,481.71	1,550.53	1,619.35
energía eléctrica	15.00		15.00	16.50	18.00	19.50	21.00	22.50	24.00	25.50	27.00	28.50
papelera	6,113.95		6,113.95	6,438.04	6,762.13	7,086.22	7,410.31	7,734.40	8,058.49	8,382.58	8,706.67	9,030.76
MENSUAL EGRESOS	76,967.40		76,967.40	81,432.52	85,897.64	90,362.76	94,827.88	99,293.00	103,758.12	108,223.24	112,688.36	117,153.48
ANUAL EGRESOS	133		137	140	144	148	152	156	160	165	169	174
INGRESO												
CONEXIONES												
viviendas												
costo	070.00		080.00	090.00	090.00	090.00	090.00	090.00	090.00	090.00	090.00	090.00
TARIFA SUPUESTA	9,319.72		9,938.66	10,557.60	11,176.54	11,795.48	12,414.42	13,033.36	13,652.30	14,271.24	14,890.18	15,509.12
MENSUAL INGRESOS	111,836.56		117,264.20	122,691.84	128,119.48	133,547.12	138,974.76	144,402.40	149,830.04	155,257.68	160,685.32	166,112.96
ANUAL INGRESOS	34,989.19		34,821.88	34,654.57	34,487.26	34,319.95	34,152.64	33,985.33	33,818.02	33,650.71	33,483.40	33,316.09
SUPERHABIT ANUAL												
DEFICIT ANUAL												
COMPLEMENTO												
TARIFA ADOPTADA MENSUAL	080.00		080.00	080.00	080.00	080.00	080.00	080.00	080.00	080.00	080.00	080.00
AHORRO MENSUAL	01,402.64		01,076.14	0,749.64	0,423.14	0,096.64	0,000.00	0,000.00	0,000.00	0,000.00	0,000.00	0,000.00

## 6. VULNERABILIDAD EN SISTEMAS DE AGUA POTABLE

### 6.1. Concepto de riesgo, amenaza y vulnerabilidad

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

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

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

<b>RIESGO</b>	=	<b>AMENAZA</b>	X	<b>VULNERABILIDAD</b>
Colapso del sistema		Variable en la que no se puede intervenir		Variable en la que se puede intervenir con medidas de mitigación y prevención

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

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

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

➤ **Fundamentos para el análisis**

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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

Si por alguna razón no se pudieran implementar medidas de mitigación, es necesario conocer la vulnerabilidad de los sistemas y sus componentes frente a las distintas amenazas a fin de realizar los preparativos para responder en situaciones de emergencia. La disponibilidad de compuestos químicos y una

bodega mínima de repuestos clave previamente identificados, serán de gran utilidad para responder de manera efectiva y eficaz ante la emergencia.

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

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

### **Cuando debe hacerse una análisis de vulnerabilidad**

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

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

Los sistemas de información geográfica constituyen un instrumento muy eficiente para la preparación de mapas de riesgo porque analizan gráficamente la información, generan mapas de zonificación del peligro e identifican los componentes más expuestos a diferentes amenazas.

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

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

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

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

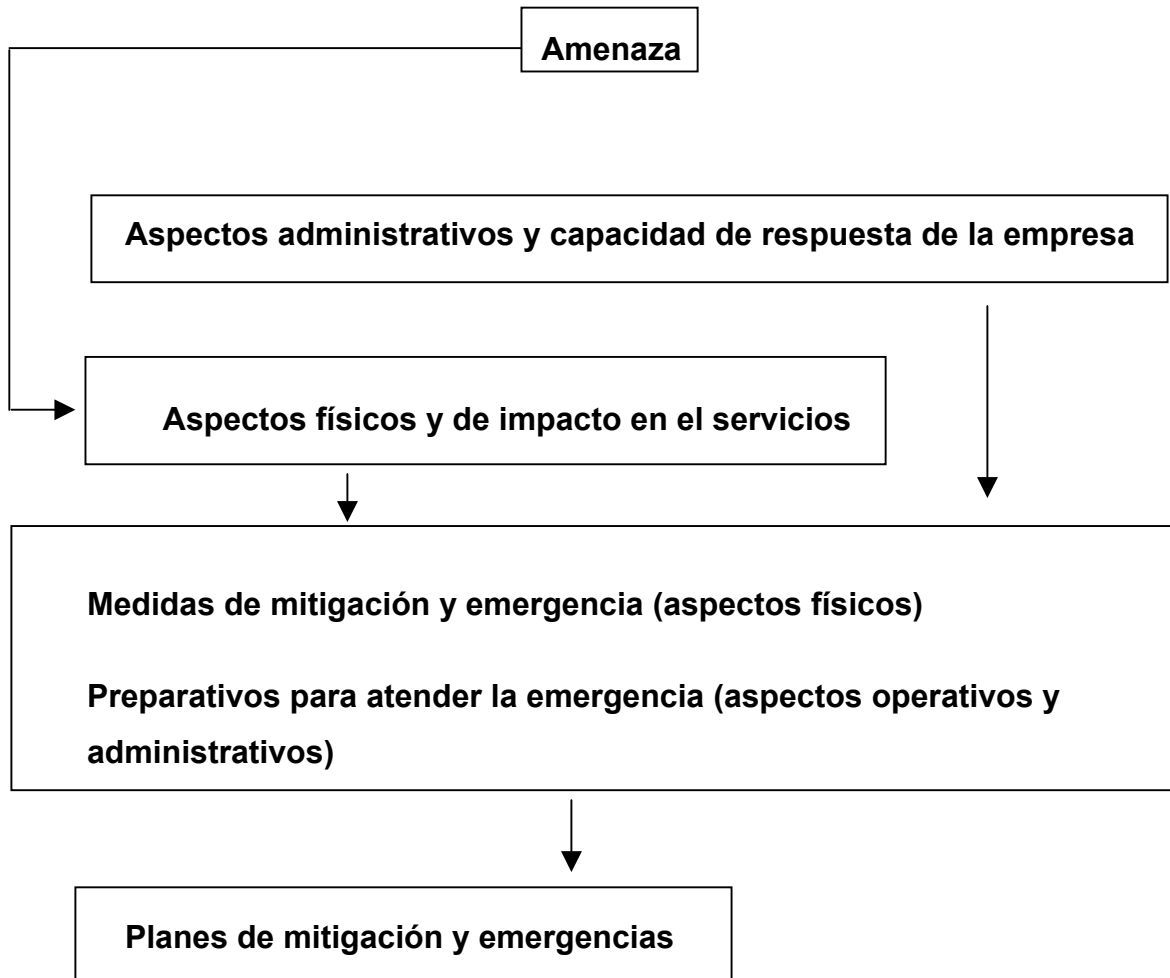
Las vulnerabilidades detectadas en el sistema podrán identificarse de manera cuantitativa o cualitativa para conocer las situaciones de mayor riesgo y establecer prioridades.

En cada componente vulnerable se deberá estimar el nivel de daños que podría experimentar frente a un desastre, desde la ausencia de daños hasta la ruina del componente. Este análisis se realiza para un evento específico y para cada componente del sistema analizado.

Al realizar el análisis de vulnerabilidad es necesario identificar la organización local y nacional para situaciones de emergencia y desastres, sus normas de funcionamiento y recursos disponibles. También es importante caracterizar la zona donde se ubica y a la cual sirve el sistema (distancia a otros centros poblados, estructura urbana, salud pública, desarrollo socioeconómico, servicios, accesos, etc.) y tener la descripción física del sistema con los datos más relevantes de cada componente, su funcionamiento y datos estacionales.

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

**Figura 8. Gestión del riesgo**



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

- **Aspectos administrativos y capacidad de respuesta**

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

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

- **Aspectos físicos e impacto en el servicio**

Una vez identificadas las amenazas naturales a las cuales está expuesto cada uno de los componentes del sistema, mediante estudios técnicos (estudios de vulnerabilidad) se estiman los daños en cada uno de ellos. Al conocer los posibles daños, recién se está en condiciones de establecer el nivel de servicio que la empresa podría prestar durante la emergencia. Ello se podrá estimar en relación con la capacidad remanente y calidad del servicio, dependerá además del tiempo que se tarde en restablecer el servicio, ya sea de manera gradual o total.

## ▪ **Medidas de mitigación y emergencia**

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

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

Usos de los resultados de un estudio de vulnerabilidad:

1) **Reducir la vulnerabilidad**

Diseño e implementación de medidas de mitigación en el sistema.

Elaboración de criterios de diseño para futuras obras.

2) **Preparativos para atender la emergencia**

Conocer con anterioridad los componentes y lugares donde se dañará el sistema durante emergencias y desastres. Contar con recursos humanos y materiales para rehabilitar el sistema en sus puntos críticos, cuando ocurra el desastre.



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

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

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

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

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

- Condiciones del agua subterránea, su nivel y variaciones.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### **6.3 Mitigación de desastres**

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

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

#### **La mitigación y prevención se aplica:**

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

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

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

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

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

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

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

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

Las medidas de mitigación se consideran como las opciones técnicas más adecuadas y de menor costo, de acuerdo a la naturaleza del medio. Estas medidas se implementarán: a) durante la ejecución; se proporcionará al ejecutor especificaciones ambientales, normas de seguridad y medidas de conservación del medio ambiente y b) durante la operación; se capacitará a la comunidad, a

través del comité, que se beneficiará con el proyecto para la correcta operación, administración y mantenimiento del acueducto, garantizando con ello, la conservación del medio ambiente y sostenibilidad del proyecto.

### **Especificaciones ambientales durante la ejecución**

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

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

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

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

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

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



## **Normas de seguridad**

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

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

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

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

**Medidas de conservación del medio ambiente:**

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

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

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

**Durante la operación:**

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

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

**Impactos ambientales positivos:**

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



## **7. EVALUACION DE IMPACTO AMBIENTAL**

### **7.1. Definición de impacto ambiental y evaluación de impacto ambiental**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

La base legal para realizar los EIA, devienen de la ordenanza contenida en el artículo 8 de la ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, el que a la letra indica:

Para todo proyecto, obra industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a, los recursos naturales, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos naturales, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo una evaluación de impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la Comisión Nacional de Medio Ambiente. El funcionario que omitiere exigir el estudio de evaluación de impacto ambiental,

será responsable personalmente por incumplimiento de deberes, así como el particular que omitiere cumplir con dicho estudio de impacto ambiental, será sancionado con una multa de Q. 5,000.00 a 100,000.00. En caso de no cumplir con este requisito en el término de seis meses de haber sido multado, el negocio será clausurado en tanto no cumpla.

En el medio ambiente natural se incluyen los siguientes aspectos:

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

**7.4. Evaluación de impacto ambiental del sistema de abastecimiento de agua potable para el caserío Las Moritas, aldea Los Planes, del municipio de San Antonio La Paz, El Progreso.**

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



Tabla XXXI. Matriz de Identificación

<b>MATRIZ PARA LA IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES</b>												
COMUNIDAD: LAS MORITAS			MUNICIPIO: SAN ANTONIO LA PAZ			DEPARTAMENTO: EL PROGRESO						
CARACTERÍSTICA	MEDIO ABIÓTICO			MEDIO BIÓTICO			MEDIO CULTURAL			MEDIO SOCIOECONÓMICO		
	SUELO	AGUA	ATMÓSFERA	FLORA	FAUNA	SITOS ARQUEOLÓG.	MANO DE OBRA	INFRAESTRUCTURA	COMERCIO			
	MORFOLOGÍA	COMPACTACIÓN	SUPERFICIAL	SUBTERRÁNEA	AIRE	RUIDO	MICRO	MACRO				
Localización y análisis del sitio												
Limpieza y desmonte												
Acarreo de materiales												
Cortes y rellenos	-B,T,D,Rc											
Explotación de bancos de material	-B,T,D,Rc											
Alteración al drenaje natural												
Estructura de concreto/mampostería	-B,T,D,Rc	-B,T,D,Rc										
Remoción de derrumbes												
Uso de maquinaria												
Disposición final de desechos			+A,T,D									
Entechado												
Suministro de agua												
Sistema de Almacenaje												
Transporte de materiales												
Aprovechamiento de la flora												
Aprovechamiento de la fauna												
Preparación y mezcla de materiales												
Abandono												
<b>SIMBOLOGÍA A UTILIZAR</b>												
<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>SÍMBOLO</b>			<b>SIGNIFICADO</b>								
Naturalidad del impacto	(+) , (-)			POSITIVO , NEGATIVO								
Indicador	(B) , (M) , (A)			BAJO , MEDIO , ALTO								
Duración	(T) , (P)			TEMPORAL , PERMANENTE								
Tipo de impacto	(D) , (I)			DIRECTO , INDIRECTO								
Recuperación del impacto	(Rc) , (Ic)			RECUPERABLE , IRRECUPERABLE								



## CONCLUSIONES

1. Para el calculo de la tarifa de servicio y de la factibilidad económica se debe de realizar un estudio socioeconómico profundo, debe realizarlo un profesional en economía para poder así establecer el valor de la tasa de interés de retorno del capital aportado para la ejecución de este proyecto. Esta nos ayudara a calcular la tarifa de servicio para el efecto de este trabajo se calculo una tasa de interés- de retorno del 2% la cual nos arrojo los resultados mostrados.
2. Por la naturaleza del proyecto el análisis de costos de este, se hizo por el método de costos unitarios, desglosando en renglones tales como: materiales locales y no locales, mano de obra y transporte y herramienta. Pudiendo con ello hacer un mejor análisis de sobrecostos al momento de encontrar el financiamiento para la ejecución de este proyecto.
3. El mejor funcionamiento del proyecto se basa en efectuar un mantenimiento continuo como se detalla en el programa de operación y mantenimiento, del presente trabajo y el cual debe de seguirse al pie de la letra, ya que cada actividad debe realizarse en el tiempo indicado y por la persona responsable. Teniendo sumo cuidado con el equipo de bombeo que es el elemento vital para poder prestar el mejor servicio.



## RECOMENDACIONES

1. De acuerdo a lo presentado, se deben de llevar a cabo capacitaciones dirigidas al comité y a los usuarios del sistema en el futuro, con el objeto de introducir los cambios necesarios para que el proyecto sea administrado y operado de forma eficiente y eficaz.
2. Al comité solicitar los servicios a Instituciones encargadas del tema, que puedan asesorarlos en la operación y mantenimiento adecuado del sistema, para brindar un buen servicio a la comunidad.
3. Que el comité de agua desarrolle las siguientes actividades:
  - a. Llevar un registro que todos los usuarios del servicio por sectores donde se ubiquen las obras del sistema aprueben el uso del terreno para así evitar daños ocasionados voluntariamente.
  - b. Velar porque los equipos y las instalaciones del sistema de agua funcionen correctamente y velar por la calidad del servicio que se presta dosificando correctamente el hipoclorito de calcio para evitar algún tipo de intoxicación.
  - c. Prevenir o reparar daños a los equipos e instalaciones del sistema ya que las reparaciones en equipo de bombeo son muy elevadas y esto aumentaría la tarifa.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Gellert, Gisela. **Algunas lecturas de riesgo y vulnerabilidad en Guatemala, utilizando la herramienta DesInventar.** Guatemala: s.e.,1999. 29 pp.
2. Martí Zapata, Ricardo y Rómulo Caballeros. **Un tema del desarrollo: La reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres.** México: s.e., 2000. 45 pp.
3. Vélez Mathurin, Juan Carlos. Optimo Equipamiento de pozos mecánicos par ala explotación de agua subterránea de acuerdo a su requerimiento. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2000. 126 pp.
4. Velásquez Díaz, José Alfonso. Criterios de Diseño para pozos de agua. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1998. 64 pp.
5. Coburn, A.W. y otros. **Mitigación de desastres.** Reino Unido: s.e., 1991. 65 pp.
6. Montes Lemus, Diana Larissa. Planificación y Diseño de la red de agua potable para la comunidad Nuevo Todos Santos, Finca Pretoria, Municipio de Guanagazapa, Escuintla. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 67 pp.
7. Guía para la preparación, construcción y supervisión de abastecimientos de agua potable y saneamiento. Tesis. Guatemala, ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 1991. 159 pp.
8. **Mitigación de desastres en sistemas de agua y saneamiento.** [www.cepis.ops-oms.org](http://www.cepis.ops-oms.org) Noviembre, 2002.
9. Sandoval, Juan José. Estudio sobre el análisis y diseño de tanques rectangulares enterrados y superficiales de concreto reforzado. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1981. 83 pp.





**Figura 9. Planta General topográfica**



**Figura 10. Planta – perfil conducción**



**Figura 11. Planta – perfil ramal 1 y 2**



**Figura 12. Planta – perfil ramal 3,4 y 5**





**Figura 13. Planta – perfil continua ramal 5**



**Figura 14. Planta – perfil continua ramal 5**



**Figura 15. Planta – perfil continua ramal 5**



**Figura 16. Planta – perfil continua ramal 5**





**Figura 17. Planta – perfil ramal 6 y 7**



**Figura 18. Planta – perfil ramal 8,9 y 10**



**Figura 19. Planta – perfil ramal 11,12,13 y 14**



**Figura 20. Planta – perfil ramal 15,16,17 y 18**





**Figura 21. Caseta de bombeo**



**Figura 22. Caja rompe presión + flote**



**Figura 23. Tanque de distribución de 30 m<sup>3</sup>**



**Figura 24. Detalle de zanjón**





**Figura 25. Conexión predial**



**Figura 26. Perfil estratigráfico de la perforación del pozo**