



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**SOSTENIBILIDAD FINANCIERA EN EL USO DE POZOS MECÁNICOS DE
AGUA POTABLE EN ALDEAS Y COLONIAS DEL MUNICIPIO DE MIXCO**

José Gerardo Con Sumalé

Asesorado por el Ing. Juan Carlos Quintanilla Quiñónez

Guatemala, septiembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SOSTENIBILIDAD FINANCIERA EN EL USO DE POZOS MECÁNICOS DE
AGUA POTABLE EN ALDEAS Y COLONIAS DEL MUNICIPIO DE MIXCO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

JOSÉ GERARDO CON SUMALÉ

ASESORADO POR EL ING. JUAN CARLOS QUINTANILLA QUIÑÓNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

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

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Augusto Akú Castillo
EXAMINADOR	Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

SOSTENIBILIDAD FINANCIERA EN EL USO DE POZOS MECÁNICOS DE AGUA POTABLE EN ALDEAS Y COLONIAS DEL MUNICIPIO DE MIXCO

Tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha marzo de 2011.


José Gerardo Con Sumalé

Guatemala, noviembre de 2011

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Universidad San Carlos de Guatemala

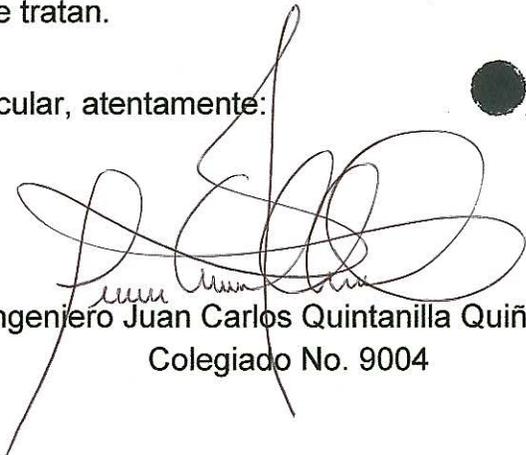
Ing. Urquizú:

Es un placer saludarle y desearle éxitos en sus actividades cotidianas.

Por medio de la presente hacemos de su conocimiento que se ha asesorado y trabajado juntamente con el señor José Gerardo Con Sumalé quien se identifica con número de cedula A-1 35,575 y carné 2005-12011, en el trabajo de graduación para conferirle el título de Ingeniero Mecánico Industrial, cumpliendo con lo resuelto por la dirección de la Escuela en el trabajo de graduación titulado: **SOSTENIBILIDAD FINANCIERA EN EL USO DE POZOS MECÁNICOS DE AGUA POTABLE EN ALDEAS Y COLONIAS DEL MUNICIPIO DE MIXCO.**

Evaluando y corrigiendo el contenido, la presentación, los conceptos y opiniones que allí se tratan.

Sin otro particular, atentamente:


Ingeniero Juan Carlos Quintanilla Quiñónez
Colegiado No. 9004

Juan Carlos Quintanilla Quiñónez
Ing. Mecánico Industrial
Colegiado activo 9004



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **SOSTENIBILIDAD FINANCIERA EN EL USO DE POZOS MECÁNICOS DE AGUA POTABLE EN ALDEAS Y COLONIAS DEL MUNICIPIO DE MIXCO**, presentado por el estudiante universitario **José Gerardo Con Sumalé**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Jaime Roberto Ruiz Díaz
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2012.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **SOSTENIBILIDAD FINANCIERA EN EL USO DE POZOS MECÁNICOS DE AGUA POTABLE EN ALDEAS Y COLONIAS DEL MUNICIPIO DE MIXCO**, presentado por el estudiante universitario **José Gerardo Con Sumalé**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2012.

/mgp



DTG. 433.2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **SOSTENIBILIDAD FINANCIERA EN EL USO DE POZOS MECÁNICOS DE AGUA POTABLE EN ALDEAS Y COLONIAS DEL MUNICIPIO DE MIXCO**, presentado por el estudiante universitario **José Gerardo Con Sumalé**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 11 de septiembre de 2012.

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme alcanzar este logro, por guiarme en el camino y darme las fuerzas y la sabiduría para concluir con éxito, por ser la fuente de vida para mí y mi familia.
- Mi papá** Leonardo Con, por todo su apoyo confianza y amor que me ha brindado en todos los años de mi vida y por enseñarme a ser un hombre con principios, responsable y trabajador, gracias por el ejemplo.
- Mi mamá** Imelda de Con, por todo el cariño, amor, esfuerzo, dedicación, cuidado y confianza que me ha tenido, por encaminarme y enseñarme a temer, respetar y amar a Dios. Gracias por ser mi ayuda en mi formación espiritual
- Mis hermanos** Esteban y Vanessa, por todo el apoyo, cariño y ejemplo, gracias por compartir tantos momentos especiales conmigo.
- Mis pastores** Clementino Cruz y Lorena de Cruz, por todos sus consejos, ayuda y palabras, han sido de mucha bendición en mi formación y en la de mi familia, gracias por dejarse usar por Dios para bendecir muchas vidas.

- Mis tíos** Por sus palabras de aliento, apoyo y buenos consejos.
- Mis primos** Por compartir momentos que han hecho especial mi vida.
- Mis amigos** Por estar en los buenos y malos momentos, en especial a Nelson García, Abner Nunfio, Carlos Sánchez, Paola Martínez, Carolina Fonseca, Tania Salome, Jorge Mayen, Estuardo Higueros, Roberto Gil, Otto Zamora y hermanas, Ariel Reyes, Leonel Zuleta, Jair Arias, Jonathan Batz, Ever, Billy y William Cruz, David Galicia, Rodolfo Rustrían, Ignacio Chávez, Daniel Pirir.
- Mi asesor** Ing. Juan Carlos Quintanilla Quiñónez, por todo el apoyo incondicional para la realización de este trabajo, su dedicación y esfuerzo, muchas gracias y Dios bendiga el trabajo de sus manos.
- Las familias** Ramírez Laugerud, Fernández, Muños Zarruk, Mansilla Penados, Estrada Monzón por toda la ayuda brindada durante estos años, por sus muestras de afecto y recibirme siempre como un miembro de su familia.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por permitirme alcanzar un logro más y darme las fuerzas y la sabiduría para concluir con éxito, por ser la fuente de vida para mí y mi familia.
- Mi padres** Por todo el apoyo, confianza, cariño, ejemplo y amor que me han brindado en todos los años de mi vida y por enseñarme a ser un hombre con principios, responsable, trabajador y por encaminarme y enseñarme a temer, respetar y amar a Dios.
- Mis hermanos** Esteban y Vanessa, por todo el apoyo, cariño y ejemplo, gracias por compartir tantos momentos especiales conmigo.
- Mis amigos** Por sus muestras de cariño y apoyo.
- Universidad** A la tricentenaria Universidad de San Carlos de Guatemala por darme la oportunidad de realizarme profesionalmente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Municipio.....	1
1.1.1. Generalidad	2
1.1.2. Población	4
1.1.3. División administrativa del municipio	5
1.2. La Municipalidad	7
1.3. Información general	8
1.3.1. Marco jurídico	8
1.3.2. Marco ideológico y filosófico institucional	9
1.3.3. Visión	9
1.3.4. Misión	10
1.3.5. Valores Institucionales	10
1.4. Tipo de organización.....	11
1.4.1. Organización administrativa municipal	11
1.4.2. Organigrama general-funcional.....	12
2. SITUACIÓN ACTUAL.....	15
2.1. Recursos de agua existentes.....	15
2.1.1. Superficial	15

2.1.2.	Subterránea.....	16
2.2.	Procedimientos para autorización para perforación de pozos.....	17
2.2.1.	Aspectos legales	19
2.3.	Cuota por el servicio de agua potable	22
2.4.	Procedimientos para la construcción y perforación de pozos.....	22
2.4.1.	Técnicas de perforación	23
2.4.2.	Límites de perforación	29
2.4.3.	Recurso humano	31
2.4.4.	Técnico.....	32
2.5.	Información técnica del equipo.....	33
2.5.1.	Bombas sumergibles	35
2.5.1.1.	Especificaciones y características	40
2.5.1.1.1.	Cantidad de horas de operación.....	42
2.5.1.1.2.	Ambiente donde se encuentran instaladas	42
2.5.1.1.3.	Estado general	43
2.5.2.	Bombas de rebombeo	43
2.5.2.1.	Especificaciones y características	45
2.5.2.1.1.	Cantidad de horas de operación.....	46
2.5.2.1.2.	Ambiente donde se encuentran instaladas	47
2.5.2.1.3.	Estado general	47
2.6.	Fallas frecuentes	48
3.	PROPUESTA DE SOSTENIBILIDAD FINANCIERA EN EL USO DE POZOS MECÁNICOS DE AGUA POTABLE	49
3.1.	Determinar las metas y objetivos.....	49

3.2.	Sostenibilidad	50
3.2.1.	Definir sostenibilidad financiera	51
3.3.	Capacidades que se deben fortalecer para la sostenibilidad financiera	51
3.3.1.	Internas	51
3.4.	Determinar el costo de la inversión	53
3.4.1.	Elementos	58
3.4.1.1.	Egresos por mantenimiento y adquisición	58
3.4.1.1.1.	Costos de inversión	59
3.4.1.1.2.	Costos de administración	60
3.4.1.1.3.	Costos de operación	63
3.4.1.1.4.	Costos de mantenimiento	65
3.4.1.2.	Ingresos	69
3.4.1.2.1.	Cuota por el servicio de agua potable	69
3.5.	Fuentes de financiamiento	77
3.6.	Mantenimiento	77
3.6.1.	Tipo de mantenimiento	78
3.6.1.1.	Preventivo	79
3.6.1.1.1.	Definición	79
3.6.1.1.2.	Función	80
3.6.1.1.3.	Ventajas	81
3.7.	Programación de las tareas a desarrollar	82
3.7.1.	Limpieza.....	82
3.7.2.	Lubricación.....	82
3.7.3.	Ajustes	85
3.8.	Diseño de ficha de control electrónica	86
3.8.1.	Para un reporte de actividades	86

3.9.	Costos directos de mantenimiento	86
3.9.1.	Herramientas y accesorios	86
3.9.2.	Mano de obra directa.....	87
3.9.3.	Repuestos	88
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD FINANCIERA EN EL USO DE POZOS MECÁNICOS DE AGUA POTABLE.....	91
4.1.	Importancia de la sostenibilidad financiera.....	91
4.2.	Sostenibilidad financiera	94
4.2.1.	Recursos financieros	97
4.2.1.1.	Distribución	98
4.2.1.1.1.	Costos de operación	98
4.2.1.1.2.	Costos de mantenimiento	99
4.3.	Recuperación de costos	100
4.3.1.	Aportes periódicos de la comunidad.....	100
4.3.1.1.	Cuota por el servicio de agua potable ...	100
4.3.1.2.	Mecanismo de pago	102
4.4.	Control del servicio de agua potable	103
4.5.	Ejecución del mantenimiento preventivo	103
4.5.1.	Equipos sumergibles y de rebombes.....	105
4.5.1.1.	Inspecciones	112
4.5.1.2.	Rutinas de mantenimiento.....	112
4.5.1.2.1.	Diario	112
4.5.1.2.2.	Semanal	113
4.5.1.2.3.	Mensual.....	114
4.5.1.2.4.	Anual	114
4.5.1.3.	Guía de mantenimiento	115

4.6.	Recursos para el funcionamiento de ficha de control electrónica	117
4.7.	Asignación de actividades de mantenimiento	118
4.7.1.	Conformación del área de mantenimiento	118
4.7.2.	Distribución de tareas	119
4.8.	Stock de repuestos y materiales	119
4.9.	Transparencia y rendición de cuentas	120
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA	121
5.1.	Monitoreo de mantenimiento	121
5.1.1.	Visitas	121
5.1.2.	Revisiones	122
5.2.	Análisis de costos después de la aplicación	123
5.2.1.	Costos de mantenimiento	123
5.2.2.	Costos directos	124
	5.2.2.1. Repuestos	124
5.3.	Ventajas y beneficios	124
6.	IMPACTO AMBIENTAL	125
6.1.	Aspectos generales	125
6.1.1.	Medio ambiente	125
	6.1.1.1. Contaminación del aire	125
	6.1.1.2. Legislación ambiental	127
	6.1.1.3. Código municipal	128
	6.1.1.4. Código de salud	128
6.2.	Estrategias a seguir en la perforación de pozos	130
6.2.1.	Manejo y control de las emisiones de ruido	131
6.2.2.	Manejo y control de la contaminación visual	131
6.2.3.	Manejo apropiado de las pilas de lodos	132

CONCLUSIONES..... 135
RECOMENDACIONES 137
BIBLIOGRAFÍA..... 139
APÉNDICE 141

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama de la Municipalidad de Mixco.....	13
2.	Componentes principales del sistema de perforación por rotación	28
3.	Bomba sumergible	36
4.	Sistema de bombeo sumergible cerrado.....	38
5.	Sistema de bombeo sumergible abierto	39
6.	Bomba centrífuga, disposición, esquema y perspectiva.....	44
7.	Flujo de ingresos y egresos en un período de 10 años.....	76
8.	Lubricación hidrodinámica.....	83
9.	Lubricación capa límite.....	84
10.	Sostenibilidad financiera en la prestación de servicios	94
11.	Elementos de la bomba centrífuga.....	109
12.	Acople de tacos.....	111

TABLAS

I.	Descripción de las aldeas pertenecientes a la Villa de Mixco	5
II.	Descripción de las colonias de la Villa de Mixco	5
III.	Diámetros recomendados de tubería de pozos.....	31
IV.	Clasificación elemental de las bombas	35
V.	Análisis de costos para la perforación de pozo	53
VI.	Costos de equipo para pozo en Ciudad Satélite zona 9 de Mixco .	54
VII.	Análisis de costos para la instalación de acometida eléctrica	56
VIII.	Costos de equipo de cloración para desinfección de pozo	58

IX.	Análisis de costos para la instalación del sistema de agua	59
X.	Costos de administración MOI	60
XI.	Costos de administración MOD	61
XII.	Costos de papelería y otros	62
XIII.	Costos de operación en el funcionamiento de pozos de bombeo..	64
XIV.	Análisis de costos para la ejecución del mantenimiento preventivo	66
XV.	Cuota y número de usuarios del servicio de agua potable en Mixco.....	70
XVI.	Flujo de caja.....	72
XVII.	Tasa de incremento de población	72
XVIII.	Flujo neto de efectivo	74
XIX.	Ingresos y egresos anuales	76
XX.	Costos sobre herramientas y accesorios	87
XXI.	Cuadro de <i>stock</i> de repuestos	88
XXII.	Costos directos de mantenimiento.....	89
XXIII.	Comparativo ingresos y egresos del Departamento de Aguas	96
XXIV.	Cuota y número de usuarios del servicio de agua potable	101
XXV.	Excedente y número de usuarios del servicio de agua potable ...	102
XXVI.	Guía de mantenimiento para equipos de bombeo y rebombeo ..	115
XXVII.	Guía de mantenimiento de tanques de almacenamiento y cisternas aéreas	116

GLOSARIO

Acometida eléctrica

Derivación desde la red de distribución de la empresa de servicio eléctrico hacia la edificación. Las acometidas en baja tensión finalizan en la denominada caja general de protección mientras que las acometidas en alta tensión finalizan en un Centro de Transformación. Este es el punto donde comienza las instalaciones internas.

Acople

Es el mecanismo de transmisión que conecta el eje del motor con el eje del mecanismo de impulsión. Puede ser rígido o flexible. Los acoples flexibles pueden absorber una leve desalineación entre los dos ejes.

Acuífero

Aquel estrato o formación geológica permeable que permite la circulación y el almacenamiento del agua subterránea por sus poros o grietas.

Ademe

Es un tubo de acero al carbono que se introduce dentro del pozo de agua para evitar que el suelo se desgaje y taponee nuevamente la perforación. Es un elemento de carácter estructural que se ve sometido a diferentes esfuerzos del terreno por lo que para su diseño se requiere de un cálculo tanto del material, como del espesor del mismo.

Bomba	Una bomba es una máquina que transforma energía mecánica en energía de presión y velocidad en un fluido.
Bomba centrífuga	Bomba que aprovecha la rotación de su impulsor para poder producir un aumento de presión y velocidad al fluido que se desea desplazar.
Bomba sumergible	Es la utilizada para extraer agua de pozos mecánicos. La bomba sumergible tiene como característica que se encuentra debajo del nivel del agua dentro del pozo y posee un motor eléctrico cerrado de forma hermética.
Caudal	Es el volumen de líquido bombeado por unidad de tiempo y se puede expresar en litros por segundo (l/seg.), metros cúbicos por segundo (m ³ /seg.) o galones por minuto (GPM).
Flujo laminar	Las partículas se desplazan siguiendo trayectorias paralelas, formando así en conjunto capas o láminas de ahí su nombre, el fluido se mueve sin que haya mezcla significativa de partículas de fluido vecinas.
Lubricación	Control de la fricción y el desgaste, mediante la introducción de una película reductora de la fricción entre superficies en contacto con movimiento relativo.

Mantenimiento	Conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos con el fin de prevenir o corregir fallas, buscando que éstas continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados.
Mantenimiento preventivo	Es una actividad programada de inspecciones, tanto de funcionamiento como de seguridad, ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación y calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica en base a un plan establecido. El propósito es prever averías o desperfectos en su estado inicial y corregirlas para mantener la instalación en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.
Método de rotación	Consiste en hacer un agujero mediante la acción rotatoria de una broca y remover los fragmentos que se producen con un fluido que continuamente se hace circular, conforme la broca penetra en los materiales de la formación.
MOD	Mano de obra directa.
MOI	Mano de obra indirecta.
Municipalidad	Es el ente del Estado responsable del gobierno del municipio, es una institución autónoma, es decir, no depende del gobierno central.

PVC

El PVC (poli cloruro de vinilo) este es un material de origen petroquímico, el cual es utilizado para la fabricación de tuberías para la conducción de agua.

Programas

Son las listas o gráficos que indican exactamente ¿quién?, ¿cuándo?, ¿con qué? y en ¿cuánto tiempo? debe realizarse una labor, con esto se logra la coordinación de los recursos para cubrir las necesidades.

Válvula de retención

La función de una válvula de retención o cheque es impedir el paso de fluido en un sentido contrario al predeterminado.

Vida útil

Intervalo que transcurre desde el inicio del uso de un elemento, hasta que este se descompone y se vuelve inoperante.

RESUMEN

La Municipalidad de Mixco cuenta con múltiples funciones, la dirección de agua planifica, diseña, ejecuta y supervisa las obras de construcción, ampliación, reconstrucción y mantenimiento del servicio de agua potable y saneamiento, solucionando las demandas y necesidades de una forma eficiente y participativa, contribuyendo al desarrollo y al bienestar social de la población.

Los procedimientos del Departamento de Aguas para la construcción y perforación de pozos de agua, implica escoger los factores dimensionales y equipos apropiados para la estructura de éste y de los materiales que se van a utilizar en su construcción. Un buen diseño exige la seguridad de una combinación óptima de comportamiento, larga vida de servicio y un costo razonable. Una sana práctica de ingeniería demanda que estos objetivos sean considerados en conjunto, deben analizarse cuidadosamente los factores técnicos y relativos al costo, para aplicar buenas prácticas ingenieriles. Tales pozos municipales deben diseñarse para obtener de ellos el mayor rendimiento disponible.

Con el pago que hacen los usuarios por los servicios de abastecimiento de agua potable, se pretende facilitar la labor en cuanto a la operación y mantenimiento del sistema. Las cuotas establecidas deberán asegurar no sólo la intervención sino la debida operación y mantenimiento del sistema, incluyendo el pago de personal y gastos de ampliación y mejoras. El mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua consistirá en el conjunto de actividades necesarias para corregir oportunamente las fallas que

lleguen a presentarse en sus estructuras y conseguir que éstas se encuentren en condiciones operativas adecuadamente.

La sostenibilidad representa un marco de gestión que busca la mejora continua en la forma de operar y en los servicios, integrando en nuestra actividad diaria y en nuestra planificación estratégica, objetivos económicos, medioambientales y sociales. La sostenibilidad financiera se va a dar cuando se cubran los costos de operación, administración y mantenimiento.

Se pretende fortalecer capacidades internas en el Departamento de Aguas para conseguir la sostenibilidad financiera en cada uno de los proyectos de desarrollo en relación a agua potable.

La transparencia y rendición de cuentas, es el compromiso de asumir la responsabilidad de las acciones, proyectos y programas implementados, por los prestadores. El manejo adecuado de fondos con criterios de honradez y transparencia también es importante para su sostenibilidad. Tener información financiera oportuna y útil para tomar decisiones estratégicas a tiempo es algo que se debe fortalecer.

OBJETIVOS

General

Evaluar la sostenibilidad financiera en el uso de pozos mecánicos de agua potable en aldeas y colonias del municipio de Mixco.

Específicos

1. Garantizar la distribución y disponibilidad del agua en las aldeas y colonias de Mixco.
2. Promover la sostenibilidad financiera mediante una cuota por el servicio de agua.
3. Analizar las capacidades internas que se necesitan fortalecer para la sostenibilidad financiera.
4. Recursos financieros para el sostenimiento de pozos y quipos.
5. Estudiar y definir un plan de mantenimiento para equipos sumergibles y de rebombeo para determinar qué acciones se deben tomar para aumentar su rendimiento.
6. Disminuir los gastos de reparación.
7. Asignar actividades y conformación del área de mantenimiento.

INTRODUCCIÓN

La Municipalidad de Mixco, del departamento de Guatemala, es una institución que está a cargo, como ente público de velar por el bienestar de la población y como parte de su labor debe contar con proyectos de desarrollo social y económico. Por tal motivo se llevará a cabo el trabajo de graduación que lleva por nombre Sostenibilidad financiera en el uso de pozos mecánicos de agua potable en aldeas y colonias del municipio de Mixco. Es importante que los proyectos ejecutados por la municipalidad de Mixco se encuentren enmarcados dentro de una sostenibilidad alcanzable, que permitan hacer frente a las necesidades del presente, sin poner en peligro la capacidad de futuras generaciones, para satisfacer sus propias necesidades.

La Municipalidad de Mixco actualmente está trabajando en el proyecto de mejoramiento de agua potable para el municipio, con la perforación de nuevos pozos, construcción de tanques de almacenamiento e introducción de líneas de conducción de agua potable. El objetivo primordial es alcanzar sostenibilidad financiera en el uso de pozos mecánicos de agua potable, fortaleciendo las capacidades externas como internas de la organización y a través de un aporte constante de la comunidad por el servicio prestado.

El presente trabajo de graduación está estructurado en 6 capítulos y busca el manejo y mantenimiento correcto en pozos mecánicos de agua potable, para mejorar las condiciones de vida y salud de las comunidades, contar con los recursos financieros necesarios para el sostenimiento de los equipos mediante un plan de mantenimiento, para corregir problemas menores antes que estos

provoquen fallas para alcanzar un rendimiento mayor en dichos equipos y a la vez una vida de operación prolongada.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Municipio

El municipio de Mixco está prácticamente integrado a la ciudad capital, a través del comercio, producción, transporte, vías de comunicación y en cierta medida, en aspectos de salubridad en cuanto al manejo de aguas residuales.

Mixco colinda al norte con el municipio de San Pedro Sacatepéquez; al este con Chinautla y Guatemala; al sur con Villa Nueva y al oeste con San Lucas y Santiago Sacatepéquez. Su latitud es 14°16´ norte y su longitud 90°34´ oeste. La altura de este lugar es 1 650 metros sobre el nivel del mar.

El municipio de Mixco es uno de los más poblados del departamento de Guatemala, con una población que sobre pasa el 1 250 000 habitantes y una extensión territorial de 132 kilómetros cuadrados.

La administración del municipio corresponde a la Municipalidad de Mixco, cuyo Concejo está integrado por el Alcalde, tres Síndicos, y diez Concejales. Está compuesta por la Secretaría Municipal, Registro Civil, Juzgado de Asuntos Municipales, y las Direcciones de Ingeniería, Planificación, Drenajes, Aguas, Catastro, Servicios Públicos, Financiera, Relaciones Públicas, Recursos Humanos y Desarrollo Comunitario, sobre las que recae la responsabilidad de la administración y ejecución de los programas de trabajo fijados por la Alcaldía y el Concejo para el buen funcionamiento del municipio.

El actual gobierno edil de Mixco ha emprendido la tarea de la modernización del municipio, sobre los proyectos de vías rápidas (pavimentación de arterias existentes), agua potable (perforación de pozos mecánicos y readecuación de los sistemas de distribución), drenajes (sanitarios y pluviales), catastro (actualización y sistematización), y la iluminación del municipio (alumbrado público de calles y boulevard).

La división político administrativa de Mixco se puede resumir en una villa; once aldeas ya casi incorporadas al centro urbano, cinco caseríos y ciento veinte colonias diseñadas y manejadas con sistemas urbanísticos; la mayoría con limitaciones debido a su infraestructura. La población urbana está en la denominada Villa de Mixco, que a su vez se divide en once zonas. La mayoría de la población está considerada como de clase media baja, sin embargo también cuenta con ciertas áreas rurales, incluso tiene algunas áreas protegidas donde es prohibida la tala de árboles.

1.1.1. Generalidades

Alrededor de 1525, Pedro de Alvarado, con la ayuda de los indígenas de Chinautla destruyó la antigua fortaleza de los Pocomanes (hoy Mixco Viejo, en el municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango), y trasladó a sus habitantes al lugar donde se encuentra actualmente en el kilómetro 16 de la carretera Interamericana. Desde entonces se le ha conocido como Santo Domingo Mixco. Su etimología podría ser del náhuatl mixcono lugar cubierto de nubes, por sus condiciones atmosféricas. También mixcú pueblo de loza pintada, por la gran fama que tuvo la que se elaboraba localmente.

La villa de Mixco pertenece al departamento de Guatemala. Fue fundada el 4 de agosto de 1526 por los españoles y mixqueños. Fue declarada Villa de

Mixco por acuerdo gubernativo el 14 de julio de 1981. Para ser poblado, se eligió un lugar agreste y sinuoso circundado en su parte occidental por una pequeña cordillera, en la que sobresale el Cerro Alux, que en lengua maya y terminología Cakchiquel quiere decir Hijo Predilecto.

La ciudad capital de Guatemala y el municipio de Mixco ya están fusionados, y las aldeas aledañas a la cabecera casi están incorporadas al casco urbano.

Los servicios públicos con los que cuenta la población del municipio son: escuelas, agua potable, transporte urbano, drenajes, energía eléctrica, correos, telégrafos, cable tv, teléfonos, un basurero, un puesto de salud y una Iglesia parroquial. Además, hay que agregar los siguientes servicios: hospitales privados, mercados, bancos, delegaciones de policía, centros, parques, canchas deportivas, paseos recreativos, entre otros.

La economía del municipio está basada en la siguiente proporción: la industria con el 30,6 por ciento; el comercio con el 16,7 por ciento, los servicios comunales, sociales y personales con el 14,2 por ciento y la construcción son el 9,9 por ciento. La industria es la principal actividad a la que se dedican en este municipio, se encuentran 41 plantas industriales de diferente tipo de producción, entre las que figuran: textiles, plásticos, yeso, alimentos, metálica, químicas, entre otras.

La Municipalidad de Mixco se clasifica como de primera categoría. Desde su fundación, el gobierno local ha tenido su asiento en la cabecera municipal; el edificio municipal donde se ubica el despacho del señor alcalde fue construido en la administración de 1970 – 1974, y ha habido 43 gobernantes municipales desde entonces.

Actualmente la alcaldía municipal está dividida en dos edificios para su funcionamiento. En el edificio principal, se encuentra la oficina del alcalde, una sala de reuniones, la dirección de recursos humanos, la sección de tesorería, el departamento de auditoría, el archivo, la división de inventarios, una oficina de información y cajas de pago. Por otro lado, en el edificio anexo a la municipalidad, se encuentran las distintas direcciones que conforman la unidad técnica municipal del municipio. Así también, en este anexo, están localizados el Departamento de Mantenimiento de los edificios, la oficina de construcción privada y las cajas de pago del Impuesto Único Sobre Inmuebles (IUSI).

1.1.2. Población

Según los datos del censo general de población de 1950, Mixco contaba con un total de 11 784 habitantes, correspondiendo a la población urbana 4 181 y el área rural 7 653. En 1986 el municipio mixqueño tenía una población de 297 387 habitantes. La información del último censo del Instituto Nacional de Estadística, INE, indica que al año 2002 había 403 689 habitantes, al día de hoy se estima un aproximado de 1 300 000 habitantes, en una superficie de 132 kilómetros cuadrados de extensión territorial, lo que equivale a 3 058 habitantes por kilómetro cuadrado.

El desarrollo urbanístico del municipio de Mixco de los últimos años y la tendencia de la tasa de crecimiento de estudios anteriores indicaban que a 1993, aproximadamente el 85 por ciento del espacio habitacional estaba construido en el municipio.

1.1.3. División administrativa del municipio

Territorialmente el municipio está dividido en once zonas, conformadas por colonias, aldeas, cantones y la cabecera municipal. Sin embargo, algunas aldeas son convertidas en colonias, otras son lotificaciones nuevas y de reciente población, de carácter residencial.

Tabla I. **Descripción de las aldeas pertenecientes a la Villa de Mixco**

1. El Campanero	6. El Naranjito
2. San José La Comunidad	7. Sacoj
3. Lo de Coy	8. Buena Vista
4. Lo de Bran	9. El Aguacate
5. Lo de Fuentes	10. El Manzanillo

Fuente: archivos municipales.

Entre las colonias se pueden mencionar:

Tabla II. **Descripción de las colonias de la Villa de Mixco**

1. El Milagro	6. Las Brisas
2. Primero de Julio	7. La Brigada
3. San Francisco	8. Belén
4. Ciudad Satélite	9. Monserrat
5. Villa Linda	10. Las Minervas

Continuación de la tabla II.

11. Monte Real	16. Molino de Las Flores
12. Monte Verde	17. Ciudad San Cristóbal
13. El Castaño	18. Lomas de Portugal
14. Pablo VI	19. Bosques de San Nicolás
15. Belencito	

Fuente: archivos municipales.

De las colonias se excluye La Florida, por haber pasado a formar parte de la Ciudad de Guatemala en 1958.

Es importante destacar, que en los últimos años ha cobrado importancia el fortalecimiento a la gestión municipal, dado a que el gobierno central ha delegado a los gobiernos locales la atención de la demanda de los principales servicios y necesidades de su población.

En el municipio de Mixco, a pesar del acelerado crecimiento poblacional de los últimos años y las limitaciones de recursos para atender los servicios y necesidades de su población, ha reflejado un avance notorio, producto del arduo trabajo de las autoridades municipales, percibiéndose en: cobertura actual de los servicios públicos, la infraestructura del municipio, la evolución administrativa, la participación y compromiso de su población en el planteamiento y solución de sus problemas.

1.2. La Municipalidad

Es un órgano descentralizado territorialmente, al cual le corresponde el gobierno y la administración del municipio. Las competencias de la municipalidad proceden por delegación del Estado y son desempeñadas con autonomía política, financiera y administrativa en el respectivo territorio municipal. Como organización pública descentralizada la municipalidad coordinará sus políticas con las políticas generales del Estado, y en su caso, con la política especial del ramo al que corresponda.

Es una institución autónoma de derecho público que administra un municipio, tiene personalidad jurídica y capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones para el cumplimiento de sus fines, en los términos legales establecidos.

La Constitución Política de la República de Guatemala en cuanto a Autonomía Municipal, literalmente establece en el inciso b) Obtener y disponer de sus recursos; y c) Atender los servicios públicos locales, el ordenamiento territorial de su jurisdicción y el cumplimiento de sus fines propios.

El órgano máximo de la municipalidad, es la Corporación Municipal o Concejo Municipal, a quien le compete el gobierno del municipio: el Concejo Municipal es el órgano colegiado superior de deliberación y de decisión de los asuntos municipales, cuyos miembros son solidaria y mancomunadamente responsables por la toma de decisiones y tiene su sede en la cabecera de la circunscripción municipal. El gobierno municipal corresponde al Concejo Municipal, el cual es responsable de ejercer la autonomía del municipio. Se integra por el alcalde, los síndicos y los concejales, todos electos directa y popularmente en cada municipio de conformidad con la ley de la materia.

1.3. Información general

Se detalla información importante del municipio, cuáles son los elementos que lo conforman y sus valores, marcos y filosofía como institución pública.

1.3.1. Marco jurídico

Es la unidad básica de la organización territorial del Estado y el espacio inmediato de participación ciudadana en los asuntos públicos. Se caracteriza primordialmente por sus relaciones permanentes de vecindad, multiétnicidad, pluriculturalidad y multilingüismo, organizado para realizar el bien común de todos los habitantes de su distrito, según Decreto Número 12-2002, Código Municipal, y su reforma Decreto Número 56-2002. Guatemala, C.A. 2004.

Según lo establece el Código Municipal, en su Artículo 8, el municipio lo integran los siguientes elementos básicos:

- a. La población: está constituida por todos los habitantes de su circunscripción territorial.
- b. El territorio o distrito territorial: es la circunscripción territorial en la que ejerce autoridad un concejo municipal. La circunscripción territorial es continua y por ello se integra con las distintas formas de ordenamiento territorial que acuerde el concejo municipal. La cabecera del distrito es el centro poblado donde tiene su sede la municipalidad.
- c. La autoridad: ejercida en representación de los habitantes tanto por el concejo municipal como por las autoridades tradicionales propias de las comunidades de su circunscripción.

- d. La comunidad organizada: los vecinos podrán organizarse en asociaciones comunitarias, incluyendo las formas propias y tradicionales surgidas en el seno de las diferentes comunidades, en la forma que las leyes de la materia establecen.
- e. La capacidad económica: los ingresos de la municipalidad serán previstos y los egresos fijados en el presupuesto del ejercicio fiscal correspondiente.
- f. El ordenamiento jurídico municipal y el derecho consuetudinario del lugar: el municipio, como institución autónoma de derecho público, tiene personalidad jurídica y capacidad para adquirir derechos y contraer obligaciones.
- g. El patrimonio del municipio: las finanzas y patrimonio del municipio comprenden el conjunto de bienes, ingresos y obligaciones que conforman el activo y el pasivo del municipio.

1.3.2. Marco ideológico y filosófico institucional

La mística y estrategia de trabajo en la municipalidad de Mixco, gira en torno al siguiente principio institucional: el trabajo en equipo y los valores construyen el progreso de una comunidad.

1.3.3. Visión

Ser una municipalidad moderna, eficiente y participativa, comprometida con el bienestar de todos los vecinos.

1.3.4. Misión

Somos un equipo trabajando para atender con eficiencia y calidad los servicios, la infraestructura y la organización de nuestra comunidad.

1.3.5. Valores Institucionales

Los valores institucionales son el patrimonio para el mantenimiento y fortalecimiento de nuestra misión.

- Compromiso: para actuar con lealtad hacia los intereses del municipio y de sus habitantes, con trabajo responsable, transparente y equitativo.
- Unidad: trabajando de la mano, lograremos el bienestar y la armonía en Mixco.
- Respeto: valorar a los demás, considerando su dignidad; aceptando sus limitaciones y reconociendo sus virtudes, con un trato amable y cortés para todos.
- Calidad: la constante innovación, nos ayudará a tener una municipalidad moderna y eficiente, que con calidad y excelencia satisfaga las necesidades y expectativas de su población.
- Continuidad: continuar el desarrollo del municipio, de su población y del medio ambiente es un compromiso, con la participación de todos.

1.4. Tipo de organización

Es un órgano descentralizado territorialmente, al cual le corresponde el gobierno y la administración del municipio.

Como organización pública descentralizada la municipalidad coordinará sus políticas con las políticas generales del Estado, y en su caso, con la política especial del ramo al que corresponda.

1.4.1. Organización administrativa municipal

Integrado por concejales, síndicos y alcalde municipal. La función del Concejo Municipal está regulada en el Artículo 9 del Código Municipal. Es el órgano colegiado superior de deliberación y decisión en asuntos municipales. El Concejo Municipal de Mixco está integrado por las diferentes comisiones que están reguladas en el Código Municipal en el Artículo 36.

Organización de comisiones: el Concejo Municipal organizará las comisiones que considere necesarias para el estudio y dictamen de los asuntos que conocerá durante todo el año, teniendo carácter obligatorio las siguientes comisiones:

- Educación, cultura y deportes
- Salud y asistencia social
- Servicios, infraestructura, ordenamiento territorial, urbanismo y vivienda
- Fomento económico, turismo, ambiente y recursos naturales
- Descentralización, fortalecimiento municipal y participación ciudadana
- De finanzas
- De probidad

- De los Derechos Humanos y de la paz
- De la familia, la mujer y la niñez

Además de las establecidas por la ley, la Corporación Municipal acordó crear las siguientes:

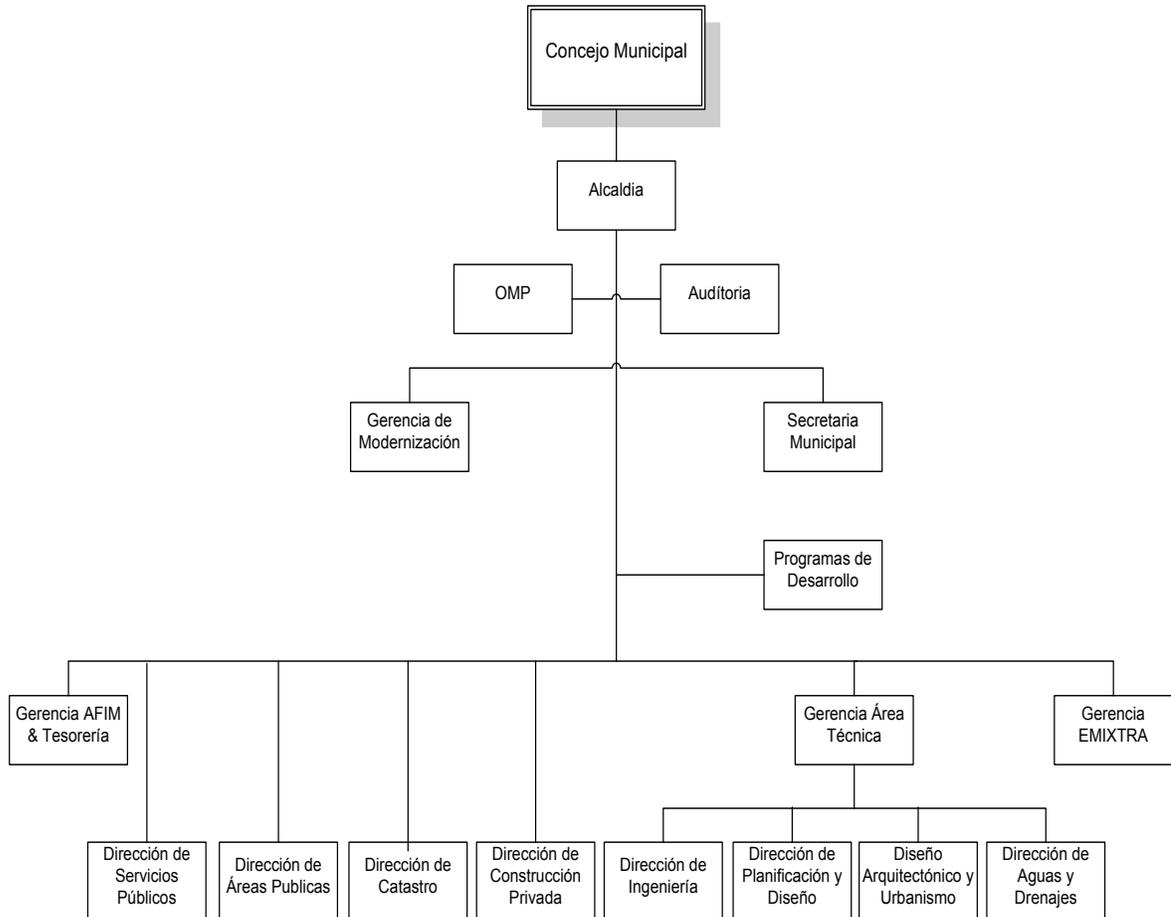
- De transporte
- De aguas

1.4.2. Organigrama general-funcional

En la figura 1, se muestra el organigrama de la Municipalidad de Mixco.

Figura 1. Organigrama de la Municipalidad de Mixco

ORGANIGRAMA GENERAL – FUNCIONAL MUNICIPALIDAD DE MIXCO



Fuente: Departamento de O & M, Municipalidad de Mixco, 2006.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Recursos de agua existentes

Guatemala es una de las regiones privilegiadas del planeta donde el agua es relativamente abundante. Esta abundancia, sin embargo, ha sido la causa de nuestro poco interés en cuidarla y preservarla para las futuras generaciones.

Los recursos de agua superficial proporcionan aproximadamente el 70 por ciento del suministro público de agua en las áreas urbanas y el 90 por ciento del suministro de agua en las áreas rurales del país.

2.1.1. Superficial

El recurso hídrico superficial se corresponde principalmente con los ríos y arroyos que escurren en superficie y configuran una de las fuentes principales de vida y desarrollo.

Son las aguas dulces que discurren o permanecen temporalmente sobre la superficie de la tierra, están constituidas por flujos laminares, arroyos, quebradas, ríos, estanques y lagos. Puesto que las aguas de la superficie son tangibles y se han gastado sumas fabulosas de dinero en construir represas, diques, embalses artificiales, acueductos y canales de riego, toda obra visible, resulta lo más natural que nos inclinemos a pensar que esta manifestación de agua constituye la mayor fuente para satisfacer las necesidades del mundo.

En realidad, algo menos de un 3 por ciento de la disponibilidad de agua dulce fluida, de nuestro planeta tierra, corresponde a ríos y lagos, el 97 por ciento restante, algo así como 1 230 kilómetros cúbicos de agua se encuentran en el subsuelo.

El agua potable que surte a la población proviene de tres acueductos, El Manzanillo, San Miguel y San Jerónimo.

2.1.2. Subterránea

El agua proveniente de pozos y fuentes constituye un recurso esencial y a la vez grande de suministro de agua para el consumo. El agua proveniente de pozos y vertientes se usa para propósitos agrícolas, industriales, públicos y privados. Sin embargo, la disponibilidad de agua subterránea es altamente variable. El continuo acceso a esta y el desarrollo de suministros de agua subterránea confiables y seguros son asuntos importantes que involucran al gobierno, así como también a muchas organizaciones internacionales y privadas.

El agua subterránea es generalmente abundante en acuíferos sedimentarios a través de las planicies, valles y tierras bajas del país. Sin embargo, en las áreas montañosas la disponibilidad de agua varía considerablemente de localmente abundante a inadecuada para su uso. Aunque el agua subterránea es generalmente más segura que los suministros de agua superficial que no han sido tratados.

Mixco cuenta con aproximadamente 116 pozos de extracción de agua subterránea activos y 57 equipos de rebombeo, para abastecer de agua potable a sus aldeas y colonias.

2.2. Procedimientos para autorización para perforación de pozos

La Municipalidad de Mixco en sí, no es la que se encarga de la perforación y construcción de pozos mecánicos, es a través del Departamento de Aguas y Drenajes, dicho departamento es el delegado de contratar a la empresa que se encargará de la planificación, perforación, construcción de pozos mecánicos de agua potable, perforaciones y/o exploraciones para ensayos geosísmicos o cualquier otro tipo de trabajo de perforación. Para tal efecto cuentan con ingenieros geólogos que se encargan de los posicionamientos del suelo para así determinar el tipo de suelo y la maquinaria adecuada al mismo.

Dentro de las múltiples funciones de la Municipalidad de Mixco, la dirección de agua planifica, diseña, ejecuta y supervisa las obras de construcción, mejoramiento, ampliación, reconstrucción y mantenimiento del servicio de agua potable y saneamiento en el municipio de Mixco y sus áreas de influencia, solucionando las demandas y necesidades de una forma eficiente, participativa y consensuada, contribuyendo al desarrollo nacional y al bienestar social de la población guatemalteca.

Para conservar y optimizar la calidad de sus servicios la dirección mantiene un mejoramiento constante que le permite responder a las demandas de los usuarios del servicio, tratando constantemente de servir a cada uno de los habitantes de todo el municipio y sitios aledaños.

Entre las principales funciones de la dirección de aguas se encuentran las siguientes:

- Administrar y operar el agua potable y alcantarillado dentro del perímetro del municipio de Mixco.

- Velar por la conservación, incremento y defensa de los recursos hídricos. Planificar, diseñar, financiar, construir y supervisar las obras necesarias para el cumplimiento de los objetivos.
- Conocer de todo estudio relacionado en el servicio y resolver acerca de las actividades de su competencia.
- Coordinar sus programas y actividades con las diferentes dependencias municipales, cuando fuera necesario.
- Contribuir a conservar las condiciones ambientales de la villa de Mixco, mediante el servicio de agua potable y alcantarillado.
- Distribuir adecuada y oportunamente el agua potable a los habitantes del área, así como mantener y controlar el servicio de recolección de agua servida.
- Dotar de los servicios de agua potable y alcantarillado a los habitantes del área metropolitana de la Ciudad de Guatemala que carezcan de ese elemento, atendiendo a sus necesidades presentes y futuras.
- Implementar programas de educación para el uso y conservación del agua potable y el sistema de alcantarillado, que ayudarán a la conservación de las fuentes y elementos de captación, así como el uso y conservación de la limpieza de los tragantes del municipio.

En los contratos de construcción, las especificaciones constituyen la definición de los pormenores: una descripción detallada de las dimensiones, materiales, ciertas condiciones generales y algunos otros detalles. Los planos

de la obra vienen a ser las especificaciones gráficas. Las especificaciones para la construcción de un pozo de agua constituyen la base para invitar a contratistas calificados a poner sus ofertas. Cuando se han preparado adecuadamente, las especificaciones de la obra le permiten al contratista calcular razonablemente sus costos. Esto promueve una competencia imparcial y atrae propuestas razonables.

El pozo y sus complementos tales como la bomba, las regulaciones del motor, la casa de bomba y la tubería de descarga pueden constituir un proyecto completo de construcción dentro de un contrato específico; como también, esto podría ser solamente una parte de un contrato general que abarque otros elementos necesarios en un proyecto más grande.

2.2.1. Aspectos legales

Para desarrollar un proyecto de perforación de un pozo mecánico debemos de tomar en cuenta las características del terreno, con respecto a la propiedad del terreno donde se efectuara la perforación, y que a la vez se contemple la ubicación de la caseta de controles, área de la torre del tanque elevado; así como; los requerimientos sobre el derecho de paso, si este terreno no se encuentra a la orilla del camino o carretera.

Respecto al terreno

El terreno mínimo para desarrollar un proyecto de esta índole será de 900 metros cuadrados, sin embargo; un terreno más grande permitirá, tener el área de perforación, caseta de controles, área de estructura del tanque elevado, y algo muy importante, un área que se destinará para la jardinería del conjunto es decir; la siembra de árboles áreas de descanso, fuentes etc.

Nombramiento de las escrituras del terreno (si el terreno se encuentra a nombre de la comunidad, o de la municipalidad etc.)

Para el caso que el terreno sea un terreno baldío de área urbana o rural, para la verificación de su propiedad, procederemos a rastrearlo con su respectiva acreditación en el IUSI, (Impuesto Único Sobre Inmuebles), si no lo tiene registrado, esta oficina lo rastreara, en la base de datos del Registro de la Propiedad (Inmueble), con sede central en la ciudad de Guatemala, y verificará a quien pertenece. Habiendo encontrado a quien pertenece un determinado terreno tenemos:

- Si el terreno pertenece a una persona en particular, finca, o, compañía se procederá a una negociación con esta entidad, luego en común acuerdo la parte interesada (vecinos de una comunidad) el ente de cobertura si es municipal, o nacional se dará escritura del terreno a quien por consenso se crea conveniente.
- En el caso de que el terreno pertenezca a una comunidad o, a una municipalidad se buscarán los mecanismos necesarios, (alcalde, consejo y comité de vecinos) que permitan desarrollar el proyecto.
- Si el terreno en mención es nacional la municipalidad como ente rector dará los pasos necesarios, para llegar a una negociación (compra o donación).

Garantía de los derechos de paso de servidumbre

Cuando el terreno en donde se construirá el proyecto, no se encuentra enfrente del camino, y éste tenga que atravesar uno o más terrenos, pueden para solucionar estas circunstancias:

- Comprar una franja de terreno de un ancho mínimo de siete (7) metros, con tal que sea suficiente para el paso de la maquinaria de perforación, y otro vehículo que se conduzca contra vía.
- Si el terreno (área del proyecto) está demasiado lejos se procederá a negociar el derecho de paso con el dueño, o los dueños, según sea el caso. Esta negociación tendrá carácter legal como lo establece el capítulo II de la servidumbre de paso, artículos 760 a 785 del Código Civil. Y será de común acuerdo, el convenio entre ambas partes quedará plasmado en una acta notarial y ante profesional de competencia escritura efectuada por un notario competente.

Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente

Esta ley establece que para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables y no renovables, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su operación la realización de un estudio llamado Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), realizado por técnicos en la materia y aprobado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

2.3. Cuota por el servicio de agua potable

Es el pago que deben de hacer los usuarios por los servicios de abastecimiento de agua potable, esta cuota es de mucha importancia, ya que por medio de esos fondos se facilita la labor en cuanto a la operación y mantenimiento del sistema. Las cuotas establecidas deberán asegurar no sólo la intervención sino la debida operación y mantenimiento del sistema, incluyendo el pago de personal y gastos de ampliación y mejoras.

En algunas zonas, es una cuota fija independientemente del consumo, y su cuantía está en función del destino del uso del agua, en otras zonas la cuota es fija, siempre y cuando no se exceda el volumen máximo de consumo que es de 30 metros cúbicos, si se llega a exceder, el costo por exceso es de Q.10,00 por metro cúbico. Esta cuota se abonará cada mes por cada uno de los usuarios que figuren en el contrato.

2.4. Procedimientos para la construcción y perforación de pozos

Los procedimientos para la construcción y perforación de pozos de agua municipales, implica escoger los factores dimensionales apropiados para la estructura de éste y de los materiales que se van a utilizar en su construcción. Un buen diseño exige la seguridad de una combinación óptima de comportamiento, larga vida de servicio y un costo razonable. Una sana práctica de Ingeniería demanda que estos objetivos sean considerados en conjunto.

Deben analizarse cuidadosamente los factores técnicos y los relativos al costo. No sería buena práctica ingenieril proyectar, por ejemplo, un pozo que erogará 300 litros por minuto para abastecer una vivienda suburbana que necesite 60 litros por minuto para satisfacer las necesidades del propietario. Así

mismo, resulta una práctica deficiente escoger un tamaño inadecuado del ademe del pozo, o utilizar materiales de calidad inferior, únicamente con el propósito de reducir los costos iniciales. De proceder así, ello acarraría a la municipalidad mayores gastos de bombeo y mantenimiento y reduciría la vida útil del pozo. Cualquier inversión adicional que dé por resultado un pozo bien diseñado y eficiente, producirá, la máxima economía a cierto plazo.

Tales pozos municipales deben diseñarse para obtener de ellos el mayor rendimiento disponible en el acuífero y la mayor eficiencia, en términos de capacidad específica. Estos factores inciden directamente en los costos de operación. Un buen diseño reduce problemas como interrupción de problemas, ya que logra incorporar al pozo aquellas características que la aseguren una larga vida exenta de problemas.

Resulta de utilidad considerar al pozo como una estructura que consiste de dos elementos principales. Uno de estos elementos está constituido por aquellas partes del pozo que sirve como alojamiento del equipo de bombeo y como conducto vertical a través del cual fluye el agua en su movimiento ascendente desde el acuífero, hasta el nivel en que hace su entrada a la bomba. El otro elemento principal es, el intervalo de captación del pozo, puesto que este es el lugar en donde el agua proveniente del acuífero hace su entrada al pozo, su diseño demanda una consideración muy cuidadosa de los factores hidráulicos que influyen en el comportamiento del pozo.

2.4.1. Técnicas de perforación

Cada técnica o método para perforar un pozo tiene sus ventajas en lo que respecta a la facilidad de construcción, factores de costo, carácter de las formaciones que han de atravesarse, diámetro y profundidad del pozo. La

técnica más utilizada para la perforación de pozos, por las empresas contratadas en el municipio de Mixco, es el método de rotación.

Método de rotación

Consiste en hacer un agujero mediante la acción rotatoria de una broca y remover los fragmentos que se producen con un fluido que continuamente se hace circular, conforme la broca penetra en los materiales de la formación. La broca se coloca en la punta de un grupo de tubería, el lodo de perforación es bombeado a través de la tubería expulsada por las boquillas de ésta, el lodo entonces fluye hacia la superficie a través del espacio anular que se halla alrededor de la tubería.

Después el fluido es conducido a un foso de sedimentación y de ahí a otro de reserva, en este es nuevamente succionado por la bomba una vez que su contenido de fragmentos se halla sedimentado.

En este sistema se utilizan dos tipos generales de brocas que son: el de rodetes dentados, para roca, y el de arrastre que comprende el tipo de cola de pescado o el de tres aletas. Desde el interior de la broca y en la parte superior de cada rodete, se hace dirigir un chorro de fluido de perforación que lava las superficies que han sido cortadas.

En terrenos rocosos, es necesario instalar la barra de peso, ya que esta proporciona un mayor empuje al grupo de herramientas y consecuentemente aumenta la velocidad de perforación en este tipo de terrenos.

En la utilización de este método es necesario considerar varios aspectos para su utilización:

- En formaciones sedimentarias el método de rotación es uno de los más recomendables.
- El método de rotación es muy bueno para perforar en roca.
- Es fundamental tener en cuenta la interrelación esencial de la broca con el fluido, para comprender claramente los fundamentos de la perforación rotatoria.
- Los elementos claves de este método, es la broca y el fluido o lodos de perforación. Ambos resultan indispensables al cortar y mantener el avance de corte del agujero, todos los elementos que constituyen la máquina de perforación de este método, se diseñan para realizar las funciones de: operación de la broca y para la circulación de los lodos de perforación.
- Es muy importante comprender las funciones esenciales del fluido o de los lodos de perforación, ya que éste debe de realizar las siguientes actividades:
 - Estabilizar las paredes del agujero
 - Recoger los fragmentos del fondo del pozo
 - Sellar las paredes del agujero para reducir la pérdida de circulación
 - Mantener los fragmentos en suspensión cuando la circulación cesa
 - Enfriar y limpiar la broca
 - Lubricar los cojinetes de la broca, la bomba de lodo y la tubería de extracción

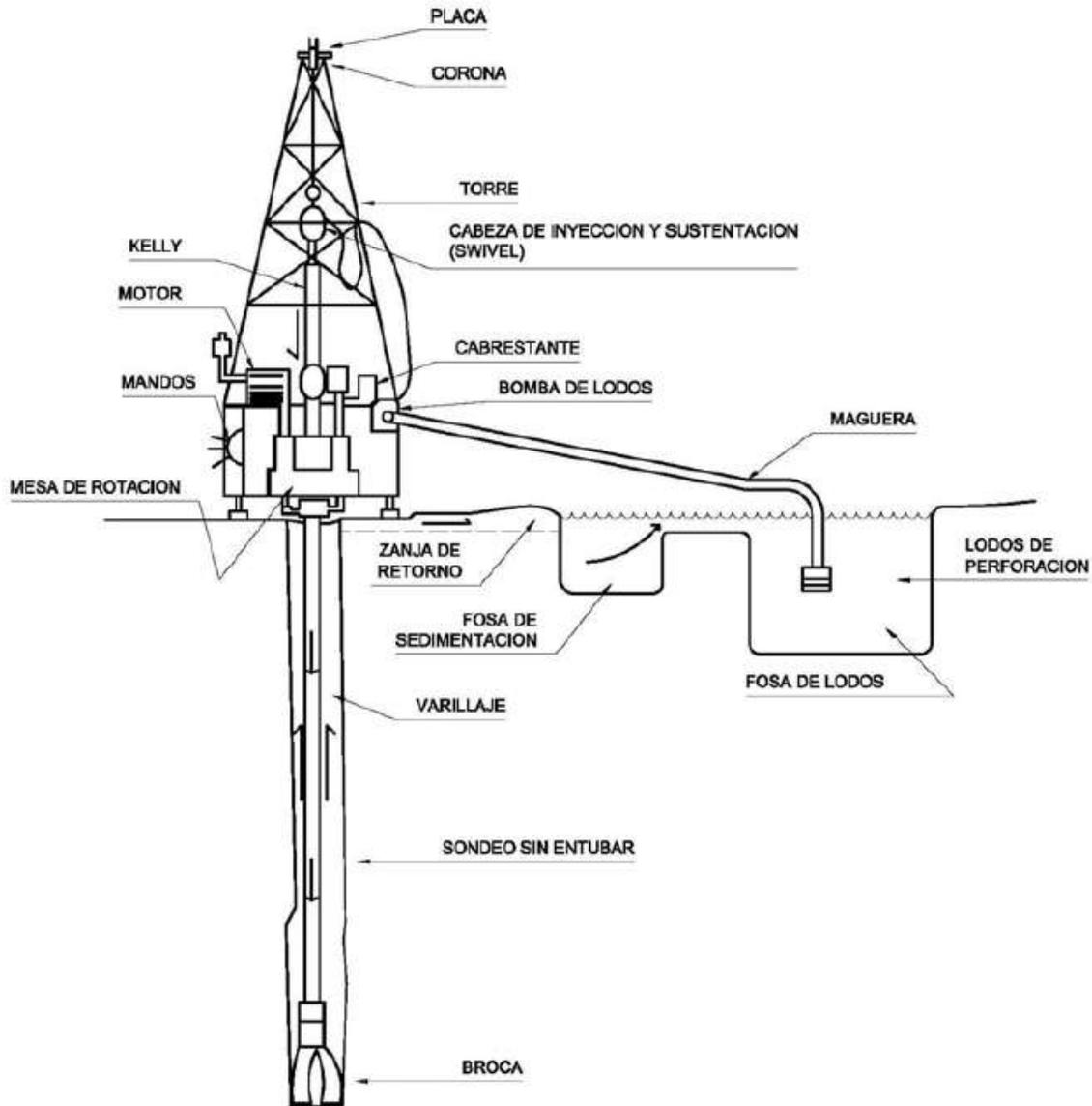
Ventajas del método de rotación

- La capacidad de perforaciones de formaciones de roca dura, actualmente existen técnicas más avanzadas en la perforación de pozos que aplican este método, permitiendo que se logren mejores velocidades de perforación y por su popularidad, existen en el mercado una variedad de diseños de máquinas y herramientas que permiten hacer una buena selección del equipo.
- El uso de los lodos de perforación y sus propiedades de los fluidos químicos que circulan durante la perforación ayudan a mantener en equilibrio las paredes del pozo. Con una hidráulica de circulación apropiada mantiene limpio el pozo, previniendo en muchos casos la invasión de agentes extraños a las zonas saturadas con agua, además de que dicha limpieza en el pozo ayuda a mantener el efecto cortante de las barrenas.
- Las sartas de perforación a base de tuberías lastra-barrenas y estabilizadores, pueden obtener una rigidez que permiten mantener el pozo dentro de su verticalidad, con lo cual se logra que los intervalos que se forman para servir como cámaras de bombeo, se construyan bajo las normas de verticalidad, evitando con esto los problemas mecánicos que se presentan en los equipos de bombeo, cuando los pozos tienen quiebres que obligan a las tuberías y flechas a trabajar con flexiones que producen desgastes excesivos.
- La tubería es perforada por el centro y permite el paso de lodos de perforación.

Desventajas del método de rotación

- Requieren de un suministro de agua continuo y esta razón su operación se dificulta en ocasiones, donde no existen fuentes de abastecimiento.
- Cuando se perforan zonas muy permeables y de baja presión se producen grandes pérdidas de circulación de lodos, lo cual puede afectar las condiciones hidrogeológicas de los acuíferos, volviendo muy difícil la situación, cuando no es posible continuar la perforación a base de circulación de agua.
- Su costo de operación es alto, porque requiere un mayor número de personal especializado; su consumo de potencia es alto y las herramientas de cortes y otras son de alto costo, de modo que puede resultar antieconómico, cuando no se analiza bien la formación y no se aprovecha su eficiencia.
- El costo inicial es alto cuando se adquiere el equipo completo con todas las herramientas de ataque y control
- La transportación del equipo requiere en algunos casos de vehículos y grúas especiales, que en lugares de difícil acceso no son fáciles de trasladar.

Figura 2. Componentes principales del sistema de perforación por rotación



Fuente: TINAJERO GONZÁLEZ, Jaime A. Apuntes de aspectos en el estudio del agua subterránea. p. 47.

2.4.2. Límites de perforación

Los límites de perforación van especificados en los contratos que hace la municipalidad por parte del Departamento de Aguas y drenajes, con la empresa que se va a encargar de la perforación y construcción del pozo de agua.

La profundidad que se espera darle al pozo se determina por lo general mediante el registro del pozo de prueba, de los registros de otros pozos cercanos en el mismo acuíferos o durante la perforación del pozo de producción. Generalmente se termina en el fondo del acuífero. Esto es de desear por las dos razones siguientes:

- Se utiliza mayor espesor del acuífero como intervalo de captación del pozo, lo que mejora su capacidad específica.
- Puede obtenerse mayor abatimiento disponible, permitiendo al pozo erogar más caudal.

Otra condición que se aparta de la regla básica es la de encontrar agua de mala calidad en la parte inferior del acuífero. En tal caso, el pozo deberá completarse hasta una profundidad que excluya esa agua y así obtener la mejor calidad que se encuentre disponible.

Otro punto, es el diámetro del pozo y escoger el diámetro apropiado del pozo es algo muy importante, pues este afecta significativamente el costo de la obra. Puede que el pozo sea o no del mismo diámetro desde la superficie hasta el fondo. Una vez comenzada la perforación con un ademe de tamaño dado, puede que las condiciones de la misma u otros factores hagan necesario tener

que reducir el diámetro a cierta profundidad y terminar el tramo inferior del pozo en uno menor.

El diámetro del pozo debe escogerse de modo que se satisfagan dos requisitos:

- El ademe debe ser lo suficientemente amplio para que permita acomodar la bomba con la tolerancia adecuada para su instalación y eficiente funcionamiento.
- El diámetro de intervalo de captación del pozo debe ser tal que garantice una buena eficiencia hidráulica del mismo.

En aquellos pozos profundos donde se manifieste tanto un nivel estático como dinámico, el entubado del pozo puede reducirse a cierta profundidad por debajo del nivel previsto de colocación de la bomba. Esto se hace en muchos pozos que interceptan acuíferos artesianos en los cuales la presión hidrostática es relativamente alta.

Al escoger el tamaño del entubado, el factor que gobierna es, por lo general, el tamaño de la bomba que va a necesitarse para la descarga deseada o potencial del pozo. El diámetro del entubado deberá ser dos números mayor que el diámetro nominal de la bomba. Bajo ninguna circunstancia deberá escogerse un diámetro menor de por lo menos un número más grande que los tazonos de la bomba.

La tabla muestra los tamaños de tuberías que se recomiendan para diversos rangos de rendimiento o caudal de bombeo.

Tabla III. **Diámetros de recomendados de tubería de pozos**

Diámetros recomendados de tubería de pozos: cortesía de <i>Johnson</i> División			
Producción prevista del pozo m³/min.	Diámetro nominal de los tazones de la bomba en cm.	Diámetro óptimo del ademe del pozo en cm.	Mínimo diámetro de ademe en cm.
Menor que 0,4	10,0	15,0 ID	12,5 ID
0,3 a 0,7	12,5	20,0 ID	15,0 ID
0,6 a 1,5	15,0	25,0 ID	20,0 ID
1,3 a 2,5	20,0	30,0 ID	25,0 ID
2,3 a 3,4	25,0	35,0 OD	30,0 ID
3,2 a 5,0	30,0	40,0 OD	35,0 OD
4,5 a 6,8	35,0	50,0 OD	40,0 OD
6,0 a 12,0	40,0	60,0 OD	50,0 OD
ID= Diámetro interior, OD= Diámetro exterior de tubería			

Fuente: grupo Daho Pozos. Publicación de: *Johnson* División, UOP Inc. Saint Paul, Minnesota 554645 EE.UU.

2.4.3. **Recurso humano**

La empresa contratada, es la que determina el recurso humano que va a utilizar para dicho proyecto, para llevar adelante las tareas de perforación, terminación y reparación de pozos es necesario un conjunto de personas con diferentes grados de especialización: ingenieros, geólogos, técnicos, obreros especializados y obreros; tienen responsabilidades directas como programación, supervisión, operación y mantenimiento, e indirectas, tales como las de las compañías proveedoras de servicios técnicos, productos químicos y

fluidos de perforación, unidades de mezcla y bombeo de cemento u otros servicios de bombeo, unidades para correr registros eléctricos, brocas y proveedores de servicios auxiliares como transporte de equipo, materiales, cargas líquidas, personal, etc.

El personal directo e indirecto involucrado en la perforación de un pozo, cuando se trata de perforación en tierra en pozos de desarrollo, se encuentra entre un rango de 90-100 personas; en la medida que aumente la complejidad del trabajo la cantidad de personal requerido puede llegar a duplicarse.

2.4.4. Técnico

Las máquinas utilizadas para la perforación de pozos mecánicos pueden ser:

Máquina percusiva, esta máquina trabaja levantando una pesada y dejándola caer a un grupo de herramientas, dentro del agujero que se va abriendo. El barreno fractura la roca dura y la convierte en pequeños fragmentos.

Máquina rotativa, esta máquina trabaja mediante la acción rotatoria de una broca y remueve los fragmentos que se producen con un fluido que continuamente se hace circular, conforme la broca penetra en los materiales de la formación. La broca se fija al extremo inferior de un grupo de tubería.

Un grupo completo de herramientas de perforación está compuesta por: el barreno, que fractura o desmorona la roca dura. La barra, le imprime un peso adicional al barreno y su longitud ayuda a perforar un agujero recto, cuando se perfora en roca dura. Las tijeras, consisten en un par de barras de acero

articuladas, que sirven para aflojar las herramientas en el momento de quedar aprisionadas. La portacable giratoria, conecta las herramientas al cable, permitiendo que las herramientas giren ligeramente respecto al mismo.

Un cable de alambre de soporte, el cual sostiene las herramientas de perforación también llamadas líneas de perforar, su diámetro varía entre 5/8" a 1" y su torcido es en sentido izquierdo.

La bomba de arena, es una cuchara dotada de un émbolo, el cual al desplazarse hacia arriba produce un vacío que abre la válvula y succiona la arena o lodo que contiene los fragmentos, haciéndolos penetrar al tubo. El fondo de la bomba de arena consiste de una válvula de diseño plano.

El cabrestante se utiliza para arrastrar la tubería hacia un grupo de herramienta mediante una cuerda, mientras que el calibrador del contenido de arena sirve para calibrar la cantidad de arena en el lodo de perforación.

El embudo de Marsh sirve para medir la viscosidad del lodo de perforación. La balanza se utiliza para determinar el peso específico del lodo de perforación; en tanto que el cucharón se utiliza para extraer los fragmentos de roca grandes del fondo de un agujero en que éstos no pueden ser levantados por la bomba, a través de la tubería de perforación.

2.5. Información técnica del equipo

Una vez completado el pozo, deberá instalarse algún tipo de bomba accionada por un motor eléctrico, para elevar el agua y llevarla hasta el punto en que ésta va a utilizarse. Antes que pueda elegirse con buen criterio la bomba que se necesita en una instalación, es indispensable contar con datos concretos

referentes a la capacidad que se desea, localización y condiciones de funcionamiento y carga total de bombeo, solamente cuando se tengan a mano estos datos, se puede proceder a escoger el tipo, clase y tamaño de la bomba.

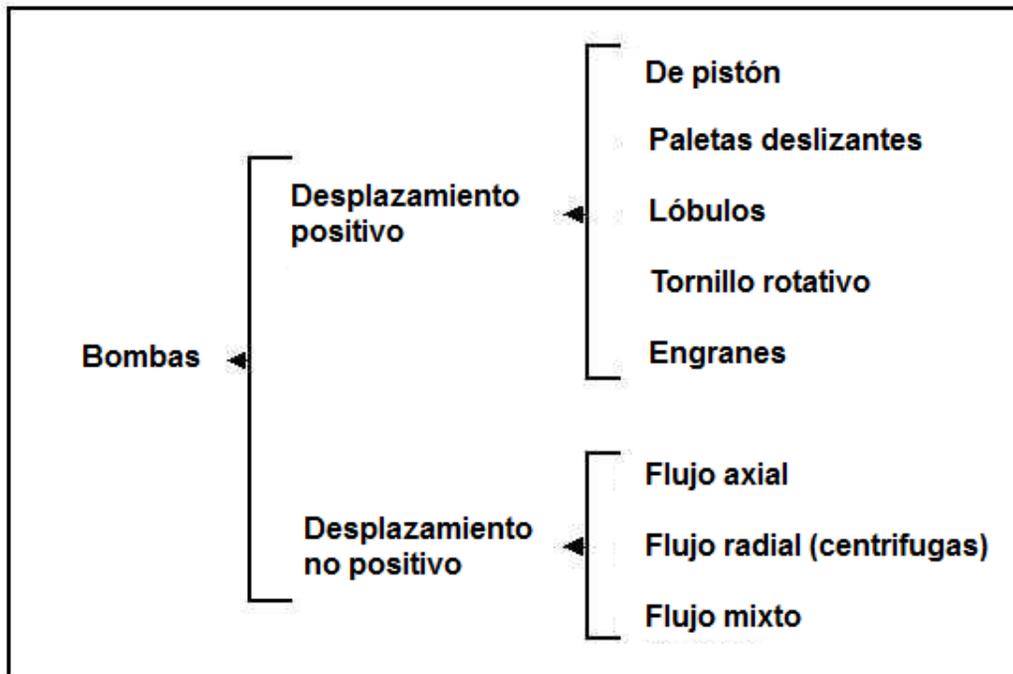
La necesidad de conocer la capacidad que se requiere es obvia; sin embargo, muy a menudo sucede que factores tales como las variaciones de la demanda, las cargas máximas, las cargas dinámicas y las necesidades futuras, no se verifican cuidadosamente.

La localización y las condiciones de funcionamiento pueden afectar grandemente la elección de la bomba, por circunstancias tales como la disponibilidad de energía, temperatura, protección de la intemperie, necesidad eventual de retirar la bomba del pozo o contaminación por materiales corrosivos o abrasivos.

En la mayoría de los casos, la prueba de bombeo de un pozo se efectúa simplemente para observar cómo se comporta éste. Esto es importante, especialmente cuando conjuntamente con las observaciones del caudal se toma algunas medidas del abatimiento producido. Estas dos magnitudes, rendimiento y abatimiento, tienen una aplicación directa en la selección de los elementos de un equipo permanente de bombeo que se ajuste a las características de operación del pozo. De hecho, la prueba preliminar de bombeo constituye la única base firme para la selección y compra de una bomba para pozo.

Muchas veces los excesivos costos de bombeo y el funcionamiento imperfecto de la bomba se atribuyen al pozo, cuando en realidad los errores provienen de la selección de una bomba que no se adapta a éste.

Tabla IV. **Clasificación elemental de las bombas**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos14/bombas/bombas.shtml> por Palate Gaybor Luis.
Consultada el 23 de octubre de 2011.

2.5.1. Bombas sumergibles

Una bomba sirve para diversos propósitos. Esta puede elevar el líquido desde un nivel a otro, como es el caso de un pozo que se está bombeando. O puede causar que el fluido se desplace a través de una tubería desde un punto de abastecimiento hasta otro punto distante, de utilización. Una bomba no desarrolla ninguna energía propia, simplemente transfiere la fuerza de una fuente de energía, para poner en movimiento un líquido.

Muchas bombas tienen capacidad para bombear el pozo en exceso, lo que significa que se secará en un corto período de tiempo. La bomba deberá

seleccionarse respetando la capacidad del pozo, para evitar el bombeo excesivo. Un descenso excesivo del nivel provoca un incremento energético, puesto que se compensa mediante un empuje adicional de la bomba.

Las bombas sumergibles también reciben el nombre de bombas de pozo profundo ya que se encuentran instaladas por dentro del pozo, a cierta profundidad por debajo de su extremo superior.

Tiene un motor eléctrico sellado que está conectado por medio de cables especiales resistentes al agua; imprime energía a la bomba sumergible para poder utilizar el agua ya sea por conducción directa o por almacenamiento. Si el agua es almacenada, esta podría ser llevada a un nivel más elevado para dejarla fluir luego por gravedad. Cualquiera de estos procedimientos almacena energía para la extracción.

Figura 3. **Bomba sumergible**



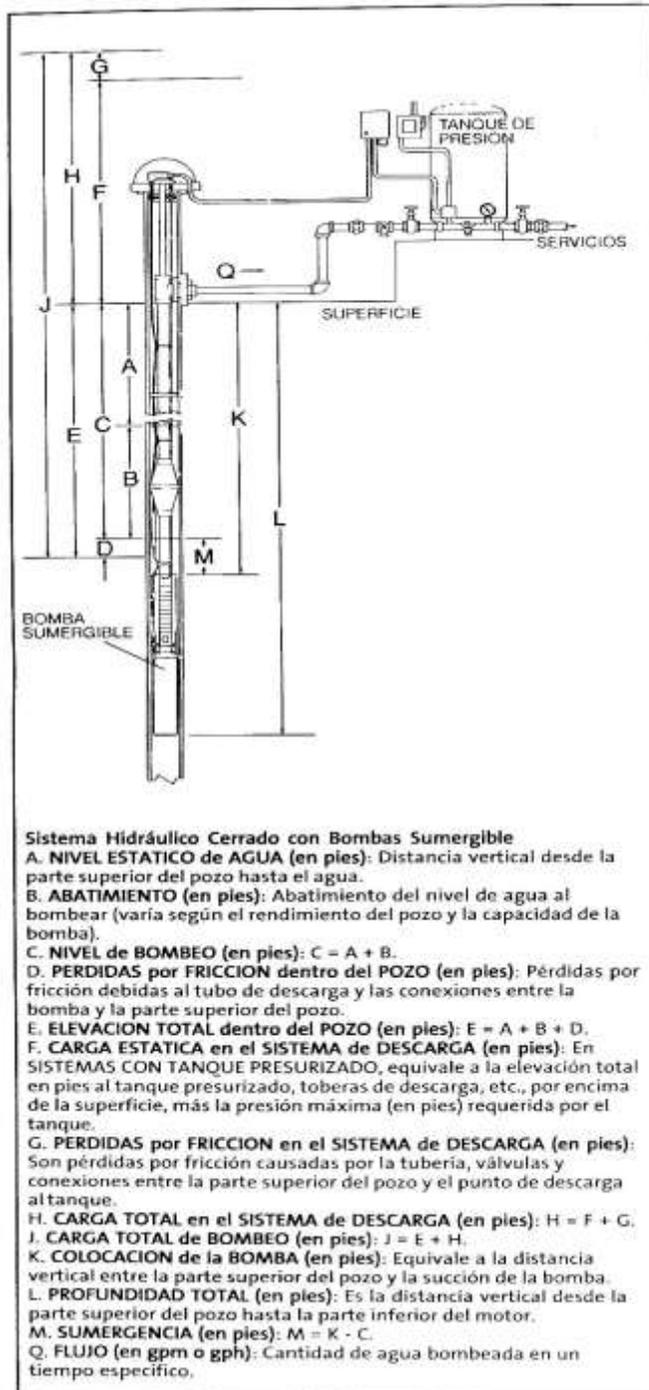
Fuente: Manual de *Goulds pumps*. p.1. Consultada el 23 de octubre de 2011.

Pasos para la elección de una bomba

Los pasos básicos para la elección de cualquier tipo de bomba son:

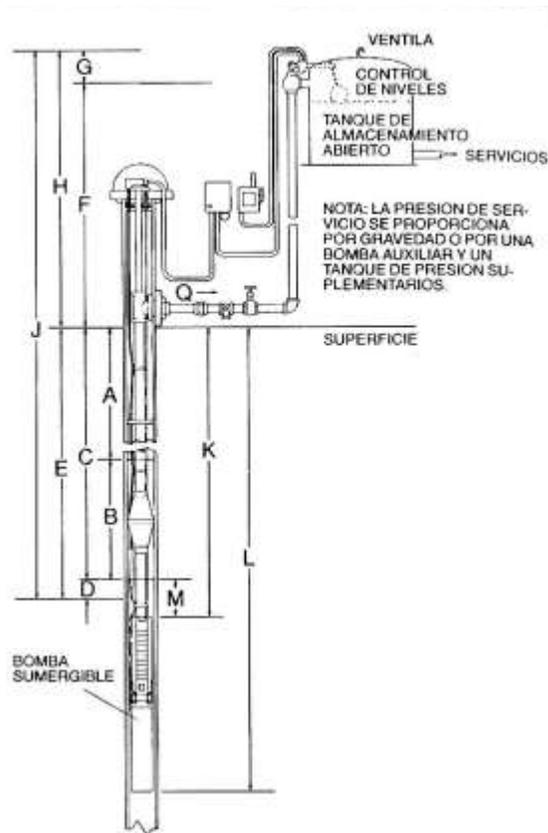
- Elaborar un diagrama de la disposición de bomba y tuberías
- Determinar el caudal de bombeo
- Velocidad específica
- Calcular la altura manométrica total
- Estudiar las condiciones del líquido
 - Temperatura de líquido
 - Gravedad específica
 - Viscosidad
 - pH
 - Sólidos en suspensión
- Elegir la clase y tipo de bomba

Figura 4. Sistema de bombeo sumergible cerrado



Fuente: Grundfos Inc. Catálogo para bombas sumergibles Información técnica p. 8.

Figura 5. Sistema de bombeo sumergible abierto



Sistema Hidráulico Cerrado con Bombas Sumergible

- A. NIVEL ESTÁTICO de AGUA (en pies): Distancia vertical desde la parte superior del pozo hasta el agua.
- B. ABATIMIENTO (en pies): Abatimiento del nivel de agua al bombear (varía según el rendimiento del pozo y la capacidad de la bomba).
- C. NIVEL de BOMBEO (en pies): $C = A + B$.
- D. PERDIDAS por FRICCIÓN dentro del POZO (en pies): Pérdidas por fricción debidas al tubo de descarga y las conexiones entre la bomba y la parte superior del pozo.
- E. ELEVACION TOTAL dentro del POZO (en pies): $E = A + B + D$.
- F. CARGA ESTÁTICA en el SISTEMA de DESCARGA (en pies): En SISTEMAS DE DESCARGA ABIERTA equivale a la elevación hasta el máximo nivel de agua, por encima de la parte superior del pozo.
- G. PERDIDAS por FRICCIÓN en el SISTEMA de DESCARGA (en pies): Son pérdidas por fricción causadas por la tubería, válvulas y conexiones entre la parte superior del pozo y el punto de descarga al tanque.
- H. CARGA TOTAL en el SISTEMA de DESCARGA (en pies): $H = F + G$.
- J. CARGA TOTAL de BOMBEO (en pies): $J = E + H$.
- K. COLOCACION de la BOMBA (en pies): Equivale a la distancia vertical entre la parte superior del pozo y la succión de la bomba.
- L. PROFUNDIDAD TOTAL (en pies): Es la distancia vertical desde la parte superior del pozo hasta la parte inferior del motor.
- M. SUMERGENCIA (en pies): $M = K - C$.
- Q. FLUJO (en gpm o gph): Cantidad de agua bombeada en un tiempo específico.

Fuente: Grundfos Inc. Catálogo para bombas sumergibles Información técnica p. 8.

2.5.1.1. Especificaciones y características

Bombas sumergibles

Las bombas sumergibles son adecuadas para el bombeo de agua desde pozos profundos.

Características:

- Motor y bomba trabajan sumergidos lo cual se consigue aislar el ruido durante la operación.
- Económicamente ventajosa para pozos muy profundos.
- Gran resistencia a la abrasión producida por la arena.
- Posibilidad de ser instalada tanto horizontal como en posición vertical.
- La bomba y motor trabajan como un conjunto único sumergidos en el agua.
- Mínima frecuencia de mantenimiento, puede operar mucho tiempo antes de requerir reparaciones.
- Se prefiere su instalación en pequeños diámetros porque no exigen la condición de verticalidad perfecta del pozo.

Especificaciones técnicas:

- Temperatura máxima del líquido vehiculado: 50°C.
- Máximo contenido de partículas en el agua: Arena: 50 ppm. - Cloro: 500 ppm.
- Trabajo continuo.
- Máxima inmersión: 300 m o 1000 ft.
- Trifásica - 50Hz.

- Velocidad 3,500 RPM.
- Eficiencia 86%.
- Factor de potencia 0,85.

Motor eléctrico

Los motores eléctricos son las máquinas motrices empleadas para propulsar de manera simple y eficiente como las utilizadas en los sistemas de agua potable. Sus ventajas radican en su reducido tamaño y peso en comparación con otros sistemas motrices; en su limpieza, no contaminan el medio ambiente y producen menos ruido; con facilidad de operación y finalmente en menor costo en comparación a sus similares de combustión interna. Su principal desventaja es que no pueden ser utilizadas en lugares donde se carece de energía eléctrica.

Los tipos de motores eléctricos usualmente utilizados en los sistemas de agua potable son: síncronos de velocidad constante y asíncrona o de inducción que admite una ligera variación de velocidad en función al valor de la carga. Por su economía, fiabilidad y simplicidad se eligen motores de inducción para las bombas de velocidad constante. Motores síncronos pueden resultar más económicos para bombas de gran potencia y baja velocidad.

En general, los motores eléctricos más económicamente empleados son los trifásicos de 60 ciclos con corriente alterna.

La potencia del motor debe ser mayor a la potencia requerida por la bomba en un 10 a 15 por ciento, lo que permitirá absorber las pérdidas por disipación de calor.

Principales criterios para la selección de motores eléctricos:

- Potencia nominal
- Velocidad nominal
- Torque 10% < que el requerido por la bomba
- Frecuencia y número de fases $\pm 5\%$ en la frecuencia de la red
- Trifásica
- Voltaje: 220 o 380 voltios
- Factor de potencia
- Tipo de protección

2.5.1.1.1. Cantidad de horas de operación

Se debe considerar el número de horas al día que trabajará la bomba y en que períodos. También tienen que ser consideradas las recomendaciones del fabricante de los equipos de bombeo con respecto al número máximo de arranques por día de sus equipos.

El tiempo de operación del equipo sumergible, está en un promedio de 18 horas/día y en algunas ocasiones puede operar hasta 22 horas/día, considerando las recomendaciones del fabricante.

2.5.1.1.2. Ambiente donde se encuentran instaladas

Las bombas sumergibles se encuentran instaladas dentro del pozo, a cierta profundidad por debajo de su extremo superior. Tiene un motor eléctrico sellado que está conectado por medio de cables especiales resistentes al agua;

es el que imprime energía a la bomba sumergible para poder utilizar el agua por conducción directa o almacenamiento.

Estas bombas son instaladas verticalmente debido al pequeño diámetro que tiene los pozos perforados, además deben de soportar temperaturas y presiones altas y contaminación por materiales corrosivos o abrasivos.

2.5.1.1.3. Estado general

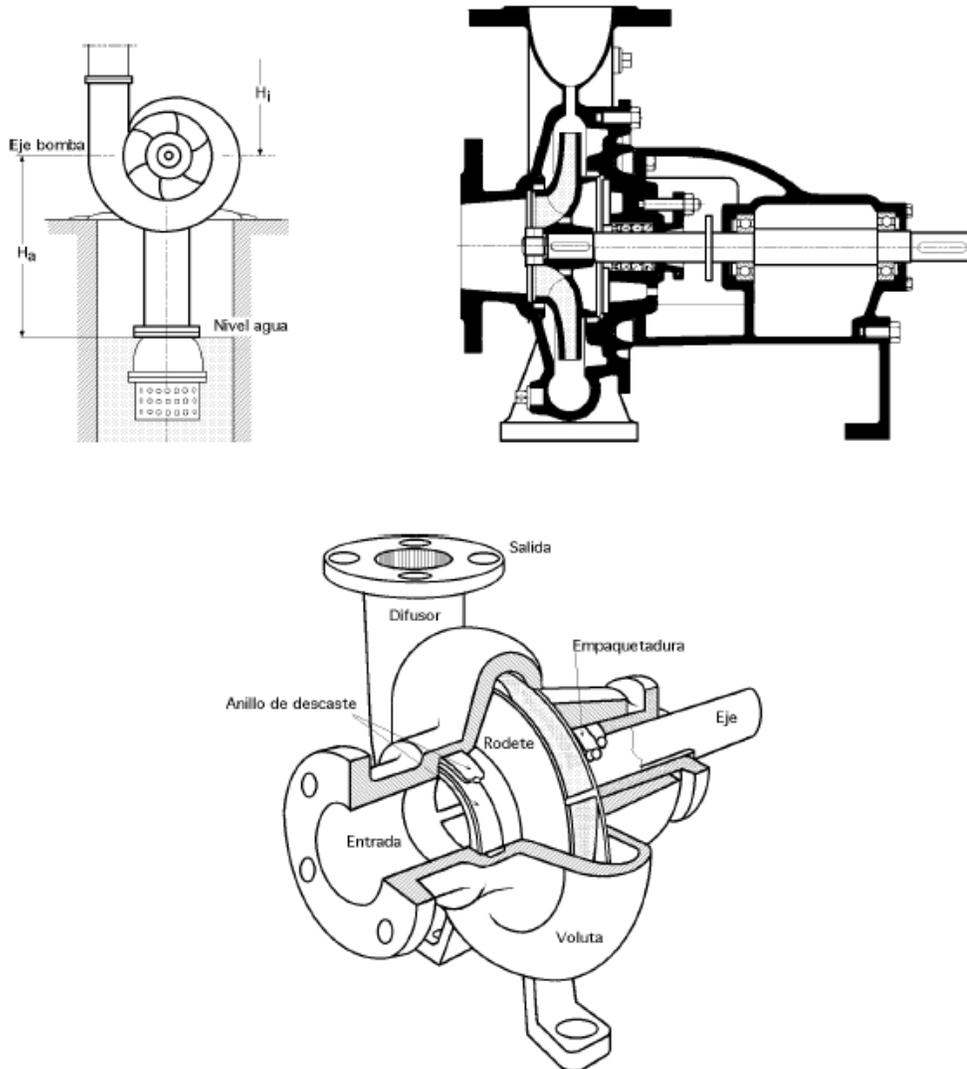
El estado general del conjunto de bomba sumergible y motor eléctrico, según los registros con los que cuenta el Departamento de Aguas en la municipalidad de Mixco, hasta la fecha es: el 63 por ciento del equipo está trabajando a un 84 por ciento de capacidad, 19 por ciento del equipo está trabajando a un 77 por ciento de capacidad, 11 por ciento del equipo está trabajando a un 64 por ciento de capacidad y un 7 por ciento del equipo está trabajando a un 60 por ciento de capacidad, estos dos últimos funcionan con fallas menores. Estos datos varían de acuerdo con la cantidad de horas de operación, la capacidad de bombear, etc.

2.5.2. Bombas de rebombeo

Estas bombas de rebombeo, son conocidas como bombas de pozo somero ya que se encuentra instalada por encima del pozo, es del tipo centrífuga y se usan más extensamente que cualquier otro tipo.

Una bomba centrífuga es un dispositivo constituido por un conjunto de paletas rotatorias perfectamente encajadas dentro de una cubierta metálica, de manera que son capaces de impulsar al líquido que esté contenido dentro de la cubierta, gracias a la fuerza centrífuga que se genera cuando giran las paletas.

Figura 6. **Bomba centrífuga, disposición, esquema y perspectiva**



Fuente: ORTEGA, Arturo. <http://html.rincondelvago.com/bombas.html>. Consultada el 19 de octubre de 2011.

Los elementos principales de toda bomba centrífuga son:

- Un elemento estático conformado por chumaceras, estopero y cubierta.
- Un elemento dinámico-giratorio conformado por un impulsor y una flecha.

En los últimos años, gracias a las facilidades que se han venido dando en el suministro de la energía eléctrica, el uso de las bombas se ha extendido en gran manera.

Dado que la mayoría de las bombas son impulsadas con motores eléctricos, esta mejora en el flujo de la electricidad ha permitido que los diseñadores y fabricantes de motores eléctricos puedan proveer motores poderosos y confiables.

Las bombas centrífugas tienen cientos de aplicaciones. Estos dispositivos son empleados en usos que van desde el simple desagüe de sótanos hasta la alimentación de aguas blancas para una ciudad entera.

2.5.2.1. Especificaciones y características

Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas son adecuadas para el bombeo de agua desde la superficie del pozo hacia un tanque elevado o depósitos subterráneos o para la redistribución de agua hacia todos los servicios.

Características:

- Construcción simple y de fácil mantenimiento.
- Facilidad de instalación, operación y mantenimiento.
- Economía en su adquisición y mantenimiento.
- Pueden ser utilizadas para el bombeo de considerables caudales a elevadas alturas.

Especificaciones técnicas:

- Caudal
- Potencia 60 HP
- Eficiencia 75%
- Capacidad 3,000lpm (litros por minuto)
- Gasto máximo 3600 LPM
- Carga máxima 81mts
- RPM 3,550
- Voltaje
- Diámetro del impulsor (mm)
- Temperatura máxima del líquido vehiculado: 40°C
- Presión máxima de trabajo: 40 bar o 580 psi
- Conexión trifásica

2.5.2.1.1. Cantidad de horas de operación

Se debe considerar el número de horas al día que trabajará la bomba y en que períodos. También tiene que ser considerado las recomendaciones del fabricante de los equipos de bombeo con respecto al número máximo de arranques por día de sus equipos. El tiempo de operación del equipo, está en un promedio de 18 horas/día y en algunas ocasiones puede operar hasta 22 horas/día, considerando las recomendaciones del fabricante.

2.5.2.1.2. Ambiente donde se encuentran instaladas

Estas bombas se localizan en la superficie por encima del pozo, están protegidas de lluvia, polvo y sol por una pequeña edificación y en algunos casos, una pequeña carcasa.

2.5.2.1.3. Estado general

El estado general del conjunto de las bombas centrífugas, según los registros con los que cuenta el Departamento de Aguas en la municipalidad de Mixco, hasta la fecha es: el 63 por ciento del equipo trabajan a 87 por ciento de capacidad, 19 por ciento del equipo trabajan a 81 por ciento de capacidad, 11 por ciento del equipo trabajan a 77 por ciento de capacidad y un 7 por ciento del equipo trabajan a 49 por ciento de capacidad, estas dos últimas trabajan con fallas menores. Estos datos varían de acuerdo con la cantidad de horas de operación, la capacidad de bombear, etc.

Se observó que por existir unas bombas en malas condiciones, que trabajan a menos de la mitad de su capacidad, se recarga el trabajo en las bombas que trabajan en condiciones óptimas, poniéndolas a trabajar de manera continua. Todo esto ocasiona que no se puedan efectuar el respectivo mantenimiento preventivo a tiempo.

La extracción de arena por parte de la bomba es síntoma de que el pozo necesita ser limpiado. Además de continuar trabajando en estas condiciones la bomba fallará de manera prematura, debido a que la arena tiene un efecto abrasivo sobre los impulsores, desgastándolos, y generando calor. Además, la arena puede llegar a atascar la bomba pudiendo causar un daño mayor.

La mayor parte de fallas puede prevenirse mediante un programa de mantenimiento y capacitación hacia los operadores sobre cómo desarrollar el intercambio de componentes. Las causas y medidas correctivas que se pueden aplicar para disminuir las fallas que fueron observadas en las bombas son las siguientes:

2.6. Fallas frecuentes

Las fallas más comunes que fueron observadas en las bombas y en el motor, son fallas del tipo mecánico y del tipo eléctrico:

- Falla en los rodamientos
- Mala alineación
- Falla de dispositivos eléctricos (contactores)
- Mala lubricación por goteo del eje de la bomba
- Daño en los devanados del motor eléctrico
- Empaques del acople que fallan por fatiga
- Impulsor atascado con la carcasa
- Descargas
- Variaciones de voltajes
- Daños mecánicos debido al descenso del caudal

3. PROPUESTA DE SOSTENIBILIDAD FINANCIERA EN EL USO DE POZOS MECÁNICOS DE AGUA POTABLE

3.1. Determinar las metas y objetivos

Para alcanzar la sostenibilidad financiera en el uso de pozos mecánicos de agua potable en el municipio de Mixco, es importante determinar y establecer metas y objetivos que sirvan de base para la planificación, administración y evaluación exitosa, a continuación se enumeran algunas:

- Ser una institución que busque el desarrollo del municipio con la creación de proyectos sostenibles a largo tiempo.
- Como institución, visibilizar nuestro compromiso y acciones específicas en cuanto a la rendición de cuentas, ya que si lo omitimos queda la percepción externa de que no hay transparencia y esto afecta no sólo a dicha institución sino al sector en general.
- Mejorar las capacidades internas para la redacción de proyectos.
- Identificación de beneficios brutos de un proyecto de agua potable.
- Comprender los mecanismos para el logro de la sostenibilidad financiera como condición indispensable para mejorar la calidad de prestación y ampliar la cobertura de los servicios.

- Entender la relación directa entre la sostenibilidad financiera de la prestación de servicios, y su impacto en la calidad del servicio y posibilidades de expandir de su cobertura.
- Conocer las herramientas disponibles para alcanzar la sostenibilidad financiera de la prestación de servicios con eficiencia y calidad.
- Comprender el impacto de las inversiones de mejora y expansión en la sostenibilidad financiera de la prestación.
- Mejorar la calidad del servicio (presión, calidad del agua) y/o disminuir las pérdidas físicas y comerciales. Para ello se deben realizar acciones de distinto tipo, algunas de las cuales implican obras físicas de infraestructura y otros proyectos de tipo administrativo.
- Invertir en proyectos sostenibles, que permitan el desarrollo del municipio y garantizar un mejor nivel de vida en los próximos años para los habitantes de Mixco.
- Por medio del mantenimiento preventivo, tener una programación de las revisiones, ajustes o actividades de reparación y poder llevar un registro de datos para evaluar y hacer ajustes necesarios e importantes.

3.2. Sostenibilidad

La sostenibilidad representa un marco de gestión que nos lleva a buscar la mejora continua en nuestra forma de operar y nuestros servicios, integrando en nuestra actividad diaria y planificación estratégica, objetivos económicos, medioambientales y sociales. Las actuales estrategias de sostenibilidad existen

y están en estrecha correspondencia con factores de cambios internos y externos a las organizaciones.

3.2.1. Definir sostenibilidad financiera

Es probar que no existe riesgo de que el proyecto se quede sin fondos; la programación de las entradas y salidas de fondos puede resultar esencial a la hora de ejecutar el proyecto. Los solicitantes de ayuda deberán demostrar que, en el horizonte temporal del proyecto, las fuentes de financiamiento (incluido los ingresos y cualquier tipo de transferencia de efectivo) cubrirán los desembolsos año tras año. El proyecto será sostenible si la partida correspondiente al flujo de caja neto acumulado es positiva todos los años considerados.

La sostenibilidad financiera se va a dar cuando se cubran los costos de operación, administración y mantenimiento. Se debe entender la relación directa que existe entre la sostenibilidad financiera de la prestación de servicios, y su impacto en la calidad del servicio y posibilidades de expandir su cobertura.

3.3. Capacidades que se deben fortalecer para la sostenibilidad financiera

Lograr la sostenibilidad financiera es la mejor alternativa para lograr manejar efectivamente las mismas y para alcanzar dicha sostenibilidad se deben fortalecer las capacidades internas de la organización.

3.3.1. Internas

Algunas de las capacidades internas mencionadas que se deben fortalecer para la sostenibilidad financiera son:

- Innovación y creatividad para generar las fases de un proyecto.
- Equilibrar la inversión de tiempo y recursos en la gestión de proyectos.
- Mejorar las capacidades internas con respecto al manejo de datos en los proyectos para redactar y elaborar estudios de proyectos.
- La Municipalidad deberá instituir buenas prácticas para evitar problemas en la ejecución y control presupuestal y financiero de la obra.
- Contar con sistemas de monitoreo y evaluación interna para medir resultados e impactos (auditoría de gestión administrativa).
- Incorporar como práctica organizativa la lectura de contexto, y cómo estamos aportando a resolver o transformar nuestras comunidades.
- Evidenciar cuánto de un proyecto X se reinvierte en otros proyectos, programas, objetivos organizativos, etc. ¿Cómo es que la organización le dio seguimiento y sostenibilidad a los resultados de un proyecto?
- El manejo adecuado de fondos con criterios de honradez y transparencia es también importante para su sostenibilidad. Tener información financiera oportuna y útil para tomar decisiones gerenciales a tiempo es algo que se debe fortalecer. Aun pudiendo encontrar capacidades instaladas, reconocer la necesidad de mejorarlas.
- Se considera valioso abrir espacios informales para compartir y realizar crítica constructiva respecto a los procesos internos de una institución. Si no realizamos diagnósticos organizativos periódicamente, por más

recursos económicos que tenga dicha institución, la sostenibilidad del equipo humano puede caer.

- Capacidad de las instituciones de rendir cuentas y ser transparentes. La transparencia debe ir ligada a la rendición de cuentas, es decir asumir la responsabilidad de las acciones y proyectos implementados.

3.4. Determinar el costo de la inversión

Ejemplo: para el pozo ubicado en la cuarta avenida “B” y quinta calle Ciudad Satélite zona nueve de Mixco.

Tabla V. **Análisis de costos para la perforación de pozo**

PERFORACIÓN	[Q.]
Movilización y transporte de materiales y equipo	12 000,00
Montaje y desmontaje de materiales y maquinaria	8 000,00
Perforación de un mil doscientos pies (1 200) a diecisiete y media pulgadas (17 ½”) de diámetro (Q.450,00 por cada pie)	540 000,00
Setecientos pies (700’) de tubería de acero al carbón lisa de doce pulgadas (12”) de diámetro, a un costo unitario por cada pie de doscientos treinta y dos quetzales con cincuenta centavos (Q.232,50)	162 750,00
Quinientos pies (500’) de tubería de acero al carbón ranurada de fábrica de doce pulgadas (12”) de diámetro, a un costo unitario por cada pie de trescientos cincuenta y siete quetzales (Q.357,00)	178 500,00
1 200 pies de entubamiento de doce pulgadas (12”), a un costo unitario por cada pie de setenta y ocho quetzales (Q.78,00)	93 600,00

Continuación de la tabla V.

Filtro de grava de tres octavos de pulgada (3/8")	9 000,00
Sello sanitario de cemento	6 000,00
Setenta y dos (72) horas de desarrollo y limpieza con químico, a un precio unitario de seiscientos cuarenta quetzales (Q.640,00) por cada hora	46 080,00
Veinticuatro (24) horas de prueba de bombeo a un precio unitario de un mil cincuenta quetzales (Q.1 050,00) por hora	25 200,00
Perfilaje y control de muestras, en cada diez pies de perforación del pozo	3 000,00
Supervisión, energía eléctrica para operaciones, bentonita y aditivos o polímeros (control de viscosidad y filtración)	30 000,00
Adición de químicos	30 000,00
Registro eléctrico	15 000,00
Lodos de perforación, hasta veinte viajes, a un precio unitario de dos mil cuatrocientos quetzales (Q.2 400,00) por viaje	48 000,00
Agua de perforación, hasta veinte (20) viajes, a un precio unitario de un mil doscientos quetzales (Q.1 200,00) cada viaje	24 000,00
COSTO TOTAL DE PERFORACIÓN	1231 130,00

Fuente: datos proporcionados por la municipalidad.

Tabla VI. **Costos de quipo para pozo en Ciudad Satélite zona 9 de Mixco**

EQUIPAMIENTO	[Q.]
Movilización y montaje	16 000,00
Suministro de un mil pies (1 000) de tubería de HG o acero al carbón de cuatro pulgadas (4"), cédula cuarenta (40), a un precio unitario de ciento ochenta quetzales (Q.180,00) por pie	180 000,00

Continuación de la tabla VI.

Suministro de una bomba de sesenta caballos de fuerza (60 HP)	49 950,00
Suministro de motor de sesenta caballos de fuerza (60 HP)	48 750,00
Suministro de un mil cuarenta y cinco pies (1 045) de cable sumergible jacket plano calibre dos / tres (2/3), con un precio unitario de sesenta quetzales (Q.60,00) por pie	62 700,00
Suministro de un mil cuarenta y cinco pies (1 045) de cable sumergible calibre catorce / dos (14/2), con un precio unitario de siete quetzales (Q.7,00) por pie	7 315,00
Suministro de un mil cuarenta y cinco pies (1 045) de línea de aire, con un precio unitario de dos quetzales (Q.2,00) por pie	2 090,00
Un kit para inyectar aire a la línea	1 400,00
Cinco cheques verticales de cuatro pulgadas (4"), colocado cada doscientos pies, a un precio unitario de cuatro mil quetzales (Q.4 000,00) por cheque	20 000,00
Una válvula de compuerta de cuatro pulgadas (4") de bronce	2 000,00
Un cheque horizontal de cuatro pulgadas (4") de bronce	2 000,00
Un sello sanitario de 10 pulgadas por cuatro pulgadas (10" X 4")	1 000,00
Un collarín de soporte de cuatro pulgadas (4")	800,00
Tres <i>niples</i> de HG tipo pesado de cuatro pulgadas por seis pulgadas (4" X 6"), con precio unitario de sesenta quetzales (Q.60,00) cada <i>niple</i>	180,00
Dos codos de HG tipo pesado de cuarenta y cinco grados, de cuatro pulgadas (4"), con precio unitario de noventa quetzales (Q.90,00) cada codo	180,00
Una unión universal de cuatro pulgadas (4"), de HG, tipo pesado	120,00

Continuación de la tabla VI.

Una Tee de cuatro pulgadas (4”), de HG, tipo pesado	120,00
Una Camisa de enfriamiento de seis pulgadas (6”) de PVC	4 000,00
Material de amarre y empalme	1 000,00
Instalación mecánica de Sistema de Bombeo	9 000,00
Una construcción de caseta para control	20 000,00
Panel de arranque en sesenta caballos de fuerza (60 HP), cuatrocientos ochenta (480) voltios, que incluye <i>flipón</i> , contador, <i>relé</i> térmico, <i>relé</i> de voltaje, guarda nivel, botonera, pararrayos, fusibles, control, gabinete, luz, piloto	37 500,00
Cuatro conectores de cable TN uno / cero (1/0), con precio unitario de cuatrocientos quetzales (Q.400,00)	1 600,00
Noventa pies (90) de cable TN uno / cero (1/0) y número cuatro (4) con valor unitario de veinte quetzales (Q.20,00) por cada pie	1 800,00
Arranque eléctrico	3 000,00
COSTO TOTAL DE EQUIPAMIENTO	472 505,00

Fuente: datos proporcionados por la municipalidad.

Tabla VII. **Análisis de costos para la instalación de acometida eléctrica**

ACOMETIDA ELÉCTRICA TRIFÁSICA	[Q.]
Precio de materiales	180 070,00
Tres transformadores de cincuenta kilovatios a 240/280 voltios, P. Bajas con valor unitario de dieciocho mil seiscientos veinte quetzales (Q18 620,00)/u	55 860,00
Acometida eléctrica secundaria que incluye caja contador, accesorios, caja tipo III, tres donas de medición secundaria, tubos, cable secundario, y flipón principal.	11 826,00

Continuación de la tabla VII.

Once vestidos de estructuras que incluye cruceros, treinta y tres juegos de aisladores, treinta y tres pernos y treinta y tres tuercas, treinta y tres juegos de chuchos y treinta y tres conectores con valor de un mil setecientos treinta y ocho quetzales (Q1 738,00) por vestido.	19 118,00
Nueve sistemas de protección que incluye tres (3) tierras físicas, nueve (9) pararrayos y nueve (9) fusibles de línea con valor de un mil ochocientos quetzales (Q1 800,00) cada sistema	16 200,00
Dos mil doscientos metros de cable número uno/cero (1/0) ACSR, con valor de nueve quetzales con setenta y tres centavos (Q.9,73) por metro	21 406,00
Doce postes de concreto de treinta y cinco pies, cada uno con valor de tres mil cuatrocientos treinta quetzales (Q.3 430,00)	41 160,00
Diez anclajes y retenidas que incluyen diez anclas y varillas, diez abrazaderas y fijaciones; ciento veinte metros de cable galvanizado y remates; siendo un valor unitario de cada anclaje y retenida de un mil cuatrocientos cincuenta quetzales (Q.1 450,00)	14 500,00
Mano de obra con precio total de Cincuenta y ocho mil quetzales	58 000,00
Depósito con Empresa Eléctrica de Guatemala, Sociedad Anónima: El depósito por el servicio de energía eléctrica	30 000,00
TOTAL ACOMETIDA ELÉCTRICA TRIFÁSICA	268 070,00

Fuente: datos proporcionados por la municipalidad.

Tabla VIII. **Costos de equipo de cloración para desinfección de pozo**

EQUIPOS DE CLORACIÓN	[Q.]
El equipo de cloración que tendrá el pozo será el siguiente: Equipo dosificador, caja de madera de protección, recipiente de almacenamiento con capacidad para cincuenta y cinco (55) galones de cloro, manguera de conducción de cloro forrada con poliducto de media pulgada (1/2”), protección metálica del inyector, transformador para cambio de voltaje cuatrocientos ochenta – ciento veinte voltios, tomacorriente de equipo de dosificación.	10 000,00
TOTAL EQUIPO DE CLORACIÓN	10 000,00

Fuente: datos proporcionados por la municipalidad.

3.4.1. Elementos

Se detallan todos aquellos elementos de ingresos como la cuota por el servicio de agua y egresos tales como costos de inversión, adquisición, operación y mantenimiento en base a números.

3.4.1.1. Egresos por mantenimiento y adquisición

Entre los egresos, trataremos los costos o gastos de inversión, operación, administración, y mantenimiento, esto solo para el Departamento de Aguas. Únicamente los costos de operación, administración y mantenimiento, son los que interesan, para compararlos con los ingresos, este ingreso es la cuota que los usuarios pagan mensualmente por el servicio de agua potable y determinar

si existe sostenibilidad financiera en el uso de los pozos mecánicos, en la Municipalidad de Mixco.

3.4.1.1.1. Costos de inversión

La fase de inversión está compuesta por las etapas de diseño y ejecución. Esta fase comienza con la realización del diseño, además debe considerarse la realización del estudio ambiental y la compra de terrenos, requisitos necesarios para postular la etapa de ejecución de la obra.

La fase de ejecución se refiere a la construcción de las obras definidas en la etapa de diseño del proyecto, y que finalmente dan solución al problema detectado en el estudio de diagnóstico. Los costos de inversión corresponden a: captaciones, conducciones, bombas de impulsión, redes de distribución son obras típicas de un proyecto de agua potable y entre sus componentes de costos pueden estar el acondicionamiento del terreno, obras civiles, equipamiento, asesoría y/o inspección técnica, entre otros.

La siguiente tabla muestra las operaciones, el costo de cada una de las operaciones y el total del costo de la inversión para un pozo de agua mecánico de agua potable en Mixco.

Tabla IX. **Análisis de costos para la instalación del sistema de agua**

Operaciones	Costos [Q.]
Perforación de pozo	1231 130,00
Equipamiento	472 505,00
Acometida eléctrica trifásica	268 070,00
Equipo de cloración	10 000,00
Total	1 981 705 00

Fuente: elaboración propia.

3.4.1.1.2. Costos de administración

En estos costos se vinculan aquellas actividades que conllevan la correcta organización de los recursos y la gestión contable destacando dentro de los principales:

- Salarios administrativos
- Papelería
- Servicios públicos
- De comunicación
- Depreciaciones

Tabla X. Costos de administración MOI

Descripción	Cantidad	Sueldo mensual por trabajador [Q.]	Sueldo mensual [Q.]	Sueldo anual [Q.]
Asistente de relaciones publicas	1	5 500	5 500	77 000
Secretarias interinas	3	2 200	6 600	92 400
Programador	1	3 350	3 350	46 900
Contador	1	2 800	2 800	39 200
Administrativo	1	2 250	2 250	31 500
Conserje	2	2 100	4 200	58 800
	9	18 200	24 700	345 800

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

Los puestos y sueldos de administración de MOI, corresponden a los del Departamento de Aguas de la Municipalidad de Mixco, departamento que se analiza para comparar y determinar la sostenibilidad financiera en los proyectos realizados por dicho departamento.

Tabla XI. **Costos de administración MOD**

Descripción	Cantidad	Sueldo mensual por trabajador [Q.]	Sueldo total mensual [Q.]	Sueldo anual [Q.]
Herrero	2	2 500	5 000	70 000
Albañil	5	2 000	10 000	140 000
Ayudante de albañil	3	1 650	4 950	69 300
Fontanero	5	2 500	12 500	175 000
Ayudante de fontanero	3	1 800	5 400	75 600
Ingeniero	2	7 500	15 000	210 000
Director	1	11 500	11 500	161 000
Supervisor	1	6 000	4 500	63 000
Electromecánico	4	4 200	16 800	235 200
Total	26	39 650	85 650	1 199 100

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

Los puestos y sueldos administrativos de MOD, corresponden a los del Departamento de Aguas de la Municipalidad de Mixco, departamento que se analiza para comparar y determinar la sostenibilidad financiera en los proyectos realizados por dicho departamento.

Tabla XII. **Costos de papelería y otros**

Descripción	Cantidad	Costo por unidad [Q.]	Costo total mensual [Q.]	Costo anual [Q.]
Papelería	4 resmas	45	180	2 160
Tinta para sellos	2	30	60	720
Servicios públicos (energía eléctrica, teléfono)		2 800	2 800	33 600
Utensilios de limpieza		900	900	10 800
Accesorios y materiales de oficina		1 550	1 550	18 600
Tinta para impresión	8 cartuchos	50	400	4 800
Mantenimiento de equipo de cómputo	2	200	400	4 800
Otros imprevistos		500	500	6 000
		5 866	6 790	81 480

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

Costos de papelería y otros imprevistos del Departamento de Aguas de la Municipalidad de de Mixco, que servirán para comparar y determinar la sostenibilidad financiera, en los proyectos que desarrolla dicho departamento.

El total de costos administrativos mensualmente es de:

Q.117 140

3.4.1.1.3. Costos de operación

Esta fase comienza cuando se inaugura la obra, o cuando efectivamente se pone en marcha el proyecto. En esta etapa se empiezan a generar los beneficios socioeconómicos identificados en los estudios de pre-inversión, además de los gastos de operación normales del proyecto.

Los costos de operación dependen principalmente del número de horas de operación diarias, determinando el consumo de energía. Estos costos se registran a lo largo de la vida útil del proyecto, y son los que permiten el funcionamiento y mantenimiento del sistema. Se debe considerar, todos los costos relacionados con el proceso productivo directo en la prestación del servicio, tales como: energía eléctrica, materiales, herramientas y otros.

El consumo de energía eléctrica de cada pozo y pago que se hace mensualmente por dicho consumo, va a depender de la capacidad de entrega, y los caballajes de trabajo (HP) a mayor sea la capacidad de entrega y caballaje, mayor será el pago mensual por concepto de energía eléctrica.

En la siguiente tabla se detalla la capacidad de entrega o caudal a la que se encuentran trabajando los pozos en las colonias de Mixco, el porcentaje y número de pozos que trabajan con esta capacidad, el pago mensual por cada uno de los pozos y el total aproximado que paga la municipalidad de Mixco por concepto de energía eléctrica para el funcionamiento de los 116 equipos de bombeo y 57 equipos de rebombeo.

Tabla XIII. **Costos de operación en el funcionamiento de pozos bombeo**

Capacidad de entrega (Gal/min)	Porcentaje de pozos	Pago de electricidad promedio al mes por mes [Q.]	# Pozos con esta capacidad	Pago mensual de electricidad [Q.]
31 – 50	12%	14 600	14	204 400
51 – 70	12%	18 500	14	259 000
71 – 90	21%	22 000	24	528 000
91 – 110	14%	26 500	17	450 500
111 – 130	8%	30 800	9	277 200
131 – 150	12%	35 500	14	497 000
181 – 200	2%	40 900	3	122 700
201 – 220	11%	50 500	12	606 000
231 – 250	6%	57 500	6	345 000
330	2%	64 000	3	192 000
Subtotal	100%	360 800	116	3 481 800
Costos de operación en el funcionamiento de pozos de rebombeo				
Caballaje (HP)	Porcentaje de pozos	Pago de electricidad promedio al mes por mes [Q.]	# Pozos con esta capacidad	Pago mensual de electricidad [Q.]
1 – 10	38%	7 900	22	173 800
11 – 20	33%	11 600	19	220 400
21 – 30	16%	17 500	9	157 500
31 – 40	11%	23 100	6	138 600
41 – 50	2%	30 700	1	30 700
Subtotal	100%	90 800	57	721 000
Total		451 600		4 202 800

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa en la municipalidad.

Los precios dados en la tabla anterior son proporcionados en la municipalidad, pero debemos de notar que son precios generalizados, y también se pueden obtener por medio de cálculos matemáticos, conociendo el caballaje de trabajo de las bombas y motores, el factor de potencia, la eficiencia, tiempo de trabajo y el precio de energía por KW.

(Ejemplo:) el motor de 1 Hp es equivalente 0,747 KW y si se trabaja una hora (multiplicas por 1 Hora) en teoría consumirás 0,746 KWH; y multiplicado por una eficiencia de 1,15 dará 0,858 KWH, es en teoría la energía consumida de una Bomba de 1 HP. Ahora en la práctica una bomba de 1 HP no consume el HP completo por lo general andan consumiendo un 80 por ciento del total del HP por lo que entonces tendremos 0,858W (que es lo que le metes para obtener el HP en la flecha) multiplicado por 0,80 te dará 0,686 KW y si lo multiplicas por 1 hora tendrás 0,686 KWH de consumo de energía.

3.4.1.1.4. Costos de mantenimiento

Una vez iniciada la operación del proyecto, se inicia el proceso de desgaste de las obras, los equipos empiezan a depreciarse y muchos accesorios empiezan a desgastarse, producto del uso.

Es por eso que en el proceso de preparación del proyecto, en el tema relacionado con la operación se deben realizar o hacer las respectivas proyecciones para garantizar la vida útil, lo anterior genera costos periódicos que deberán ser cuidadosamente calculados, no se deben olvidar que estos costos constituyen un criterio de evaluación.

Estos costos son por adquisición de materiales, para reparación y mantenimiento de las instalaciones (redes, cañerías, pintura y estanque), por la

mano de obra pagada, transporte de materiales (fletes), herramientas y artículos de seguridad del operador. Mantenimiento que se va a proveer a los equipos de rebombes, estos son las bombas centrifugas, válvulas, equipos de medición, paneles de control, tuberías, tanques de almacenamiento y cisternas aéreas entre otras.

La tabla siguiente contiene los costos del mantenimiento preventivo correspondiente a los 57 equipos de rebombeo con los que cuenta el municipio de Mixco. El precio por unidad es lo que cuesta darle servicio a un equipo de rebombeo y el precio total es por el servicio a los 57 equipos.

Tabla XIV. **Análisis costos para la ejecución del mantenimiento preventivo**

57 equipos de rebombeo			
Descripción	Equipo a utilizar	Precio unidad [Q.]	Precio total [Q.]
SERVICIO MENSUAL			
Limpiar las válvulas y tuberías con <i>wipe</i> y <i>kerosene</i> .	<i>Kerosene y wipe</i>	85	4 845
Limpiar la maleza en el contorno de la estructura.	Gasolina y bolsas	25	1 425
Chequeo de prensa estopa y cambio de empaquetadura si fuere necesario.	Empaque si fuera necesario	45	2 565
Limpeza de tableros de control	<i>Wipe</i> , aire comprimido en <i>spray</i>	45	2 565
	Subtotal	170	11 400

Continuación de la tabla XIV.

SERVICIO SEMESTRAL			
Análisis físico químico y bacteriológico	Empresa privada a los 120 pozos	1 200	144 000
Limpiar y desinfectar las cisternas	Detergente y cloro	65	3 705
Revisar si el filtro en el reservorio esta obstruido con arena u otros elementos, remover la arena con aire comprimido.	Servicio de aire comprimido (120hrs)	60/hora	7 200
Pintar las escaleras y su canastilla de protección.	Pintura y brochas (1/4 de pintura)	37	2 109
Chequeo de anillos de desgaste y cambio si fuere necesario	Anillos de desgaste	35	1 995
Inspección de tableros de control y reparar pequeñas averías	Técnicos	3 600	3 600
Verificar funcionamiento y operación de válvulas de cierre o cheques	Ayudantes de plomería	3 000	3 000
	Subtotal	7 997	165 609
SERVICIO ANUAL			
Extracción de equipo de bombeo y verificar alineación de los motores y bombas, 120 pozos.	Empresa privada (Q800/día)	1 600	192 000
Evaluación de medidores y revisión o reparación de equipos de desinfección	Empresa privada (Q180/día)	180	21 600
Chequeo del alineamiento y desgaste del eje, impulsores, sellos, rodamientos y empaques, reparaciones o cambio si fuere necesario.	Técnicos y ayudantes	1 055	60 135
Verificar la estructura de la unidad en forma integral y reparación de daños existentes.	Cemento, pegamento y accesorios	30 000	30 000

Continuación de la tabla XIV.

Reparación interior de tanques o cisternas (simultáneamente con limpieza.	Electrodos, pegamento, cepillos y otros accesorios	255	14 535
Pintar con pintura anticorrosivo los elementos metálicos interiores.	Pintura anticorrosiva, brocha y accesorios	245	13 965
El mantenimiento que se efectúa en las cajas de control de las bombas sumergibles y centrifugas	Técnicos electromecánicos	700	39 900
	Subtotal	34 035	372 135
	Total	42 202	549 144

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

Por lo que los gastos por el mantenimiento preventivo mensualmente es de:

- Servicios mensuales por los 57 equipos de rebombeo
Q.11 400 mensual
- Servicios semestrales por los 57 equipos de rebombeo
Q.165 609/6 meses= Q.27 601,50 mensual
- Servicios anuales por los 57 equipos de rebombeo
Q.372 135/12 meses= Q.31 011,25 mensual

Total de gastos por concepto en mantenimiento preventivo mensual es de:

Q.70 012,75

Se debe de tener en cuenta las revisiones o visitas a los pozos, mínimo cada 3 días, para observar los equipos de rebombeo, tuberías y tableros eléctricos, dichas visitas permitirán determinar el estado al que se encuentran trabajando los equipos, de igual manera permitirán reportar todo tipo de anomalías; como fugas, ruidos excesivos, vibraciones y otros. Toda anomalía debe reportarse a los encargados del mantenimiento del departamento.

3.4.1.2. Ingresos

Son todos aquellos recursos provenientes por prestar un servicio, en este caso por el servicio de agua potable que pagan los usuarios por el consumo mensualmente.

3.4.1.2.1. Cuota por el servicio de agua potable

Los costos del servicio del agua potable o tarifas en los municipios se calculan tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Precio o tarifa ya establecida
- Según consumo, operación y mantenimiento
- De forma empírica
- Por metros cúbicos de consumo

Como puede observarse, se utilizan diferentes criterios en la Municipalidad de Mixco, para establecer las tarifas o importe que debe pagar el usuario del servicio de agua potable, que va desde precio o tarifa fija establecida con anterioridad y desde hace mucho tiempo; otras toman en cuenta el consumo y el mantenimiento; mientras que otros las condiciones económicas de la

población; algunos reconocen que lo hacen empíricamente; otros de acuerdo a los metros cúbicos que utilicen y otros por medio de cálculos de costos de producción.

Las únicas colonias que cuentan con contador de agua potable son las colonias Sacoj Chiquito, Miralvalle, San Cristóbal y Jardines de Minerva I y II, por lo tanto estas son las únicas colonias de las que se lleva el control de cuanto consumen por mes y son las únicas que pagan por exceder el límite de consumo que es de $\frac{1}{2}$ paja o 30 metros cúbicos.

El municipio de Mixco está dividido por 11 zonas, cada zona está compuesta por colonias, la municipalidad proporciona el servicio de agua potable a un buen porcentaje de habitantes, al otro porcentaje de habitantes lo abastece de agua potable pozos por cooperativa y empresas privadas. La cuota que pagan los usuarios del servicio de agua potable en el municipio de Mixco; va desde Q.20 hasta los Q.115, todo depende de la zona o colonia en donde se resida.

Tabla XV. **Cuota y número de usuarios del servicio de agua potable en Mixco**

Zona	Usuarios por zona	Cuota promedio que pagan los usuarios por zona en [Q.]	Tarifa por zona en [Q.]
1	7 913	23,65	20 – 65
2	1 952	61	20 – 65
3	2 713	63,30	35 – 65
4	4 199	75,85	55 – 115
5	5 502	42,90	20 – 50

Continuación de la tabla XV.

6	6 681	53,60	20 – 100
7	6 104	27	20 – 65
9	1 404	30	30
10	881	97	75 – 100
11	4 368	110	110
San Cristóbal	10 033	110	110

Fuente: datos proporcionados por la municipalidad de Mixco.

Total de usuarios del servicio de agua potable en el municipio de Mixco:

51 750 usuarios

La zona 8, no cuenta con pozos de la municipalidad, el agua es distribuida por pozos de cooperativa y empresas privadas.

Flujo de caja

Los datos recolectados en la siguiente tabla corresponde a un pozo, sus ingresos y egresos en un lapso de ocho años, costos de inversión, incremento anual de la población, costos de operación, mantenimiento y costo total anual de un pozo mecánico de agua potable.

Tabla XVI. Flujo de caja

Año	Incremento anual	Costo de operación anual [Q.]	Costo de mantenimiento anual [Q.]	Costo total anual [Q.]
0				-1 981 705,00
1	1,08	434 890,32	7 347,00	442 237,32
2	1,08	469 681,55	7 934,76	477 616,31
3	1,08	507 256,07	8 569,54	515 825,61
4	1,08	547 836,55	9 255,10	557 091,66
5	1,08	591 663,48	9 995,51	601 658,99
6	1,08	638 997,00	10 795,15	649 791,71
7	1,08	690 116,00	11 658,77	701 775,05
8	1,08	745 326,00	12 591,47	757 917,05

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

- La proyección de los costos en la vida útil del proyecto considera una tasa de incremento anual del ocho por ciento, en relación a la tasa de inflación.

Tabla XVII. Tasa de incremento de población

Año	Tasa de Incremento de población	Usuarios	Ingreso anual [Q.]
0	0,168		
1	0,168	51 750	500 436,61
2	0,168	60 376	613 287,98
3	0,168	70 791	720 756,25
4	0,168	82 331	847 114,80
5	0,168	96 388	995 694,63

Continuación de la tabla XVII.

6	0,168	112 432	1 136 897,73
7	0,168	131 019	1 279 202,69
8	0,168	153 806	1 483 598,78
9	0,168	179 247	1 615 469,63
10	0,168	209 361	1 7523 403,19

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

- La población beneficiada en el año 1 es igual a 51 750 personas,
- Se asume que el crecimiento de la población en el municipio de Mixco es de 16,8 por ciento anual.

El flujo neto de efectivo es la diferencia entre los ingresos netos y los desembolsos netos, descontados a la fecha de aprobación de un proyecto de inversión con la técnica de valor presente y la disponibilidad de fondos a una fecha determinada.

Al tratar el flujo neto efectivo significa tener en cuenta el valor del dinero en función del tiempo, retroceder mediante la tasa de interés (tasa de intercambio intertemporal del dinero) los flujos netos de dinero a la fecha de inicio del proyecto.

Tabla XVIII. Flujo neto de efectivo

Flujo Neto de Efectivo				
Año	Inversión [Q.]	Flujo de Ingresos [Q.]	Flujo de Egresos [Q.]	Flujo neto de efectivo [Q.]
0	-1 981 705,00			
1		500 436,61	442 237,32	58 199,29
2		613 287,98	477 616,31	135 671,68
3		720 756,25	515 825,61	204 930,64
4		847 114,80	557 091,66	290 023,14
5		995 694,63	601 658,99	394 035,64
6		1 136 897,73	649 791,71	487 106,02
7		1 279 202,69	701 775,05	577 427,64
8		1 483 598,88	757 917,05	726 681,83
9		1 615 469,64	818 550,42	796 919,22
10		1 752 403,20	884 034,45	868 368,75

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

El valor actual neto responde a la siguiente fórmula en *Excel* =VNA (tasa de corte, flujo año1, flujo año2, flujo año3, flujo año4, flujo año5, flujo año6, flujo año7, flujo año8, flujo año9, flujo año10)- Inversión.

$$VNA=(I_0) + \sum \frac{(Ing.-Eg.)}{(1+i)^n}$$

Donde:

I₀= Inversión inicial

Ing= ingresos

Eg= egresos

i = tasa de descuento (TREMA = tasa de rendimiento mínima aceptable)

n = número de años de vida del proyecto

La TREMA es la tasa que representa una medida de rentabilidad, la mínima que se le exigirá al proyecto de tal manera que permita cubrir:

- La totalidad de la inversión inicial
- Los egresos de operación
- Los intereses que deberán pagarse por aquella parte de la inversión financiada con capital ajeno a los inversionistas del proyecto
- Los impuestos

Para determinar la TREMA se consideran las siguientes dos opciones:

Un índice inflacionario más una prima (por decirlo así: un premio) por incurrir en el riesgo de invertir el dinero en el proyecto: $TREMA = \text{índice inflacionario} + \text{prima de riesgo}$

Donde el índice inflacionario es de 4,23% según el bando de Guatemala y la prima de riesgo que se utilizara es de 14% con la que trabajan las municipalidades, por lo tanto la tasa mínima de rendimiento es del 18,23%.

- La TIR corresponde a la siguiente fórmula en *Excel* =TIR (inversión, flujo año1, flujo año2, flujo año3, flujo año4, flujo año5, flujo año6, flujo año7, flujo año8, flujo año9, flujo año10).

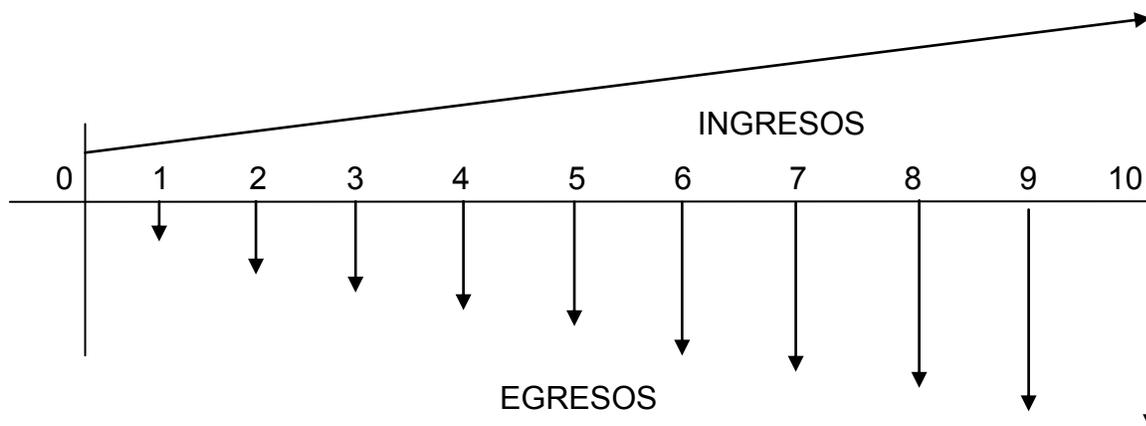
$VAN = Q. 2\,094\,404,37$ $VAN > 0$ Proyecto conveniente.

$TIR = 21\%$

$TIR > 18,23\%$ (TREMA) Tasa interna de retorno después de 10 años.

Como ya se mencionó, se considera un proyecto conveniente si al calcular el VPN éste es mayor a cero bajo una TREMA convenida, por lo tanto es conveniente, y puesto que la tasa interna de retorno es mayor a la TREMA determinada para el proyecto, se acepta realizar dicho proyecto.

Figura 7. **Flujo de ingresos y egresos en un período de 10 años**



Fuente: elaboración propia.

Inversión inicial

N= 10 años

Inversión inicial= 1 981 705,00

Tabla XIX. **Ingresos y egresos anuales**

Año	Egreso anual [Q.]	Ingreso anual [Q.]
1	442 237,32	500 436,61
2	477 616,31	584 509,96
3	515 825,61	682 707,63

Continuación de la tabla XIX.

4	557 091,66	797 402,52
5	601 658,99	931 366,14
6	649 791,71	1 086 897,73
7	701 775,05	1 242 202,69
8	757 917,05	1 423 598,88

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

La inversión de pozos en el municipio de Mixco es sostenible, por lo tanto se garantiza a la comunidad un servicio de agua potable saludable.

3.5. Fuentes de financiamiento

Los municipios obtienen el financiamiento para la ejecución de proyectos de introducción de agua potable, principalmente de sus propias municipalidades.

3.6. Mantenimiento

El mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua consistirá, en el conjunto de actividades que es necesario desarrollar para corregir oportunamente las fallas que lleguen a presentarse en sus estructuras y conseguir que éstas se encuentren continuamente en condiciones de poder operar adecuadamente.

3.6.1. Tipo de mantenimiento

El tipo de mantenimiento que se llevará a cabo en los equipos sumergibles, de rebombeo y eléctricos es el mantenimiento preventivo, sin embargo a ciertos equipos y válvulas que se encuentran en la superficie se les hará tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo.

Para el tipo de mantenimiento correctivo no hay una definición precisa que explique con claridad, las ventajas o desventajas que presenta su aplicación, el aspecto económico es determinante en el análisis de costos totales de operación.

Para unos, el mantenimiento correctivo significa la actividad de reparar después de una suspensión no prevista otros; sin embargo, consideran que es el conjunto de acciones tendientes a minimizar los paros no previstos, como será la sustitución de materiales, rediseño de instalaciones, modificaciones operativas, etc.

Cualquier programa implantado de mantenimiento producirá beneficios que sobrepasen su costo no podemos dudar de lo anterior, el objetivo es único y no requiere demoras, y es el de conservar propiedades físicas de la empresa en óptimas condiciones, alta disponibilidad y alargar la vida útil de las instalaciones. Puede afirmarse con certeza, que ninguno de los dos tipos de mantenimiento descritos en este capítulo es aplicable en un 100 por ciento, nuestra tendencia es la de mantener y procurar altos niveles de eficiencia en los equipos.

3.6.1.1. Preventivo

En las operaciones de mantenimiento, el preventivo es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisiones y reparaciones que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad.

3.6.1.1.1. Definición

La característica principal de este sistema es detectar las fallas o anomalías en su fase inicial y su corrección en el momento oportuno. La definición, implica prevenir es decir, la correcta anticipación para evitar un riesgo o un daño mayor al equipo.

Una buena organización de mantenimiento que aplica estos sistemas, con experiencia, determina las causas de fallas repetitivas y la vida útil de componentes, llegando a conocer los puntos débiles de maquinaria e instalaciones.

A diferencia del correctivo, el mantenimiento preventivo se inicia con un programa, sigue con una revisión y termina con un informe que puede originar una actividad de reparación. Para su formulación es indispensable:

- Una lista de equipos
- Establecer procedimientos
- Hacer la programación
- Organizar y llevar un registro de datos
- Producir la información

Para programar la frecuencia entre revisiones existen tres criterios diferentes: uno que considera que un equipo no debe trabajar períodos muy largos sin someterse a una revisión, este fija por tanto el tiempo máximo (número de horas, días, meses o años, según el caso) entre revisiones; el otro establece que el desgaste es función del trabajo realizado y así define los períodos, por el número de horas trabajadas o por el de unidades que han intervenido (metros cúbicos de agua), y tercero adopta los dos criterios y fija, como período, lo primero que se presente, por ejemplo, revisar un motor cada dos meses.

3.6.1.1.2. Función

Una vez establecido un plan de mantenimiento y elaborado el programa de revisiones rutinarias y periódicas que deben efectuarse sobre un componente del equipo, el siguiente paso será el de coordinar con las secciones de operación y materiales todas aquellas actividades que les competen, de tal manera que el tiempo que la unidad este fuera de operación sea el mínimo, o bien que no afecte la buena marcha de las operaciones del equipo.

Para llevar a cabo un buen programa de mantenimiento preventivo es indispensable contar con una buena disposición mental del grupo de mantenimiento, independientemente del imperativo de tener todos los medios disponibles para llevar a cabo con éxito todas las actividades previstas de mantenimiento. Los factores que intervienen en el desarrollo del mantenimiento programado y que determinan su correcta aplicación son a grandes rasgos los siguientes:

- Limpieza de componentes
- Herramienta adecuada y en condiciones. - repuestos y materiales -
- Ruta de trabajo
- Seguridad personal
- Experiencia en las operaciones

En conclusión, se puede observar que al reunir todos los elementos necesarios para planear y ejecutar las actividades del mantenimiento preventivo, alcanzará sin duda el éxito en los objetivos propuestos.

3.6.1.1.3. Ventajas

- Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.
- Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.
- Mayor duración, de los equipos e instalaciones.
- Disminución de existencias en almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de las reparaciones.

3.7. Programación de las tareas a desarrollar

La programación consiste en la planificación de todas aquellas tareas a realizar dentro del proyecto, definiendo el orden de ejecución de las mismas, la programación debe perseguir los objetivos perseguidos.

3.7.1. Limpieza

Eliminar la suciedad, lodo, basura y maleza que crece alrededor del equipo y tubería, de los tanques de almacenamiento superficiales y cisternas aéreas, limpieza de las cajas de los tableros eléctricos que gobiernan los motores eléctricos y las bombas sumergibles. Los contactos se deben revisar para comprobar si existe carbonilla; esta se limpia con líquido para limpieza de contactos y franela o estopa (recordar que no debe existir voltaje cuando lleve a cabo esta tarea). Se debe de limpiar el polvo existente en el panel. También es necesario verificar el apriete de los conductores, ya que debido a la dilatación térmica de los cables muchas veces se aflojan, lo que provoca un mayor consumo eléctrico y un aumento del calor en la instalación.

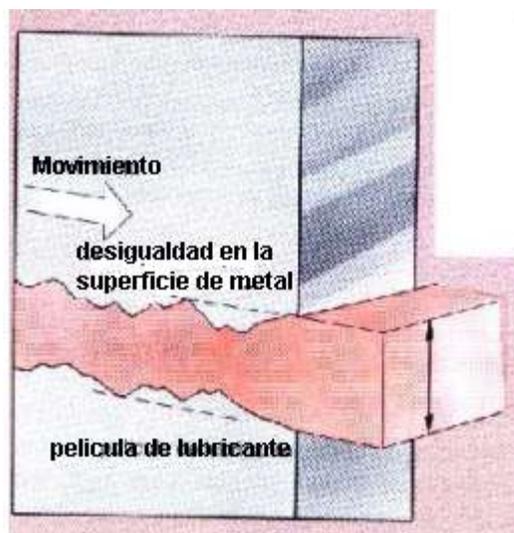
3.7.2. Lubricación

La lubricación es una operación que tiene por objeto anular o disminuir la resistencia debido, a la fuerza de corte tangencial que aparece en el movimiento relativo entre dos superficies en contacto y es indispensable también para reducir el desgaste y la corrosión, y protege contra la contaminación de sólidos y líquidos.

La lubricación hidrodinámica significa que las superficies de soporte de carga de un cojinete están separadas por una capa de sustancia lubricante

relativamente gruesa, de modo que se impide el contacto directo de metal a metal. En general, una definición sencilla de lo que quiere decir con lubricación hidrodinámica es que a partir de la presión de bombeo creada por la acción del movimiento circundante entre un eje fijo (podría ser una chumacera) y otra móvil (podría ser un eje o una flecha), el lubricante no requiere de un sistema para ser introducido a presión, sino, que este sólo depende de un abastecimiento adecuado en todo momento.

Figura 8. **Lubricación hidrodinámica**



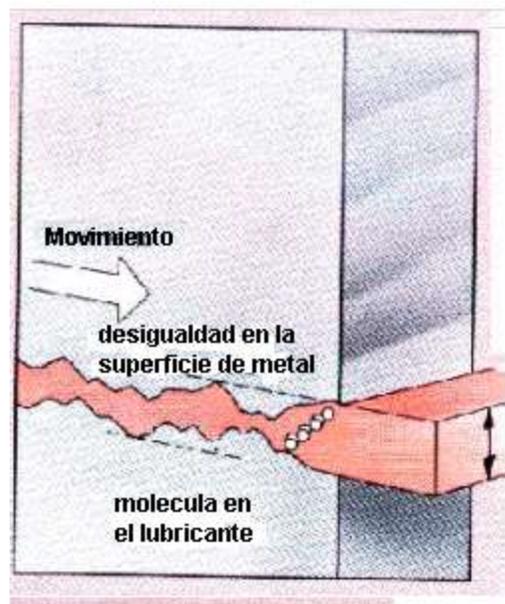
Fuente: manual SKF para cojinetes. p. 207.

La lubricación por capa límite se produce cuando el espesor de la película de lubricante es demasiado escaso para separar adecuadamente las superficies de contacto. Esta situación, tiene lugar cuando la cantidad de lubricante es insuficiente, o cuando el movimiento relativo entre dos superficies es demasiado bajo para crear una película de lubricante. Esta condición también se puede dar cuando la viscosidad del lubricante es demasiado baja,

bien debido a una temperatura alta, o bien a causa de un lubricante con una baja viscosidad inicial.

En esta situación, el roce de metal con metal se produce en la zona de contacto, produciendo una soldadura localizada de las crestas de la superficie. El resultado final es un alto rozamiento, un elevado desgaste y deterioro de la superficie. En esta situación de lubricación, se recomienda usar aditivos que refuercen la película.

Figura 9. **Lubricación capa límite**



Fuente: manual SKF para cojinetes. p. 207.

Debido a las condiciones de trabajo y temperatura a la que se ven sometidos las grasas y aceites lubricantes; éstos sufren un deterioro de sus propiedades originales, por lo que es necesario cambiarlos. La lubricación del

motor se efectúa cambiando la grasa del motor, por una grasa recomendada por el fabricante, verificando que sea inocua.

3.7.3. Ajustes

Los ajustes más comunes que se deben hacer, antes del arranque de los motores y bombas, son los siguientes:

- El acoplamiento bomba-motor debe estar perfectamente alineado, lo cual se comprueba al girar con la mano el eje de la bomba, si el giro es fácil la instalación es correcta.
- La conexión de las tuberías deben encontrarse en buen estado.
- Los depósitos de lubricación deben estar llenos de aceite, si los cojinetes del equipo son lubricados con este líquido; si son lubricados con grasa, deben revisarse las graseras y lubricarlas adecuadamente.
- El collarín de la caja de estopas debe estar ajustado uniforme y suavemente, de lo contrario se puede dañar el motor por recalentamiento del mismo.
- Llenar manualmente con agua la bomba y la tubería de succión. No debe producirse pérdida del líquido llenado a través de la válvula de pie, en el extremo de la tubería de succión, de lo contrario la instalación está mal hecha y debe ser mejorada.
- El sentido de rotación de la bomba debe ser en la dirección que indica la flecha de la misma, lo cual se comprueba conectado la bomba y desconectándola rápidamente.

3.8. Diseño de ficha de control electrónica

Una ficha u hoja de control sirve para llevar información sobre la maquinaria o equipo de la empresas así como de los trabajos realizados en las mismas, dicha información interesa al departamento de mantenimiento para establecer si se están cumpliendo con los objetivos trazados y en caso contrario determinar medidas correctivas.

3.8.1. Para un reporte de actividades

El modelo de esta ficha de control o reporte de actividades se muestra en el apéndice, en esta se llevará la información sobre las reparaciones programadas de mantenimiento y las reparaciones de emergencia que se realicen a cada equipo, se debe anotar la información referente al estado en el que se encuentra el equipo al momento de la reparación, las causas que ocasionaron la falla, consecuencias y las reparaciones que deban hacerse más adelante.

3.9. Costos directos de mantenimiento

Los costos directos de mantenimiento son muy difíciles de estimar con anticipación y a continuación se detallan aquellos medios que se usan para el servicio de mantenimiento en los equipos de rebombeos.

3.9.1. Herramientas y accesorios

Los costos sobre herramientas y accesorios son los principales medios que se usan para el servicio de mantenimiento en los equipos de rebombeos,

éstos se transforman en bienes terminados con la adición de mano de obra directa y costos indirectos de fabricación.

Tabla XX. **Costos sobre herramientas y accesorios**

Descripción	Costo mensual [Q.]	Meses	Costo anual [Q.]
Combustible y lubricantes	14, 500	12	174 000
Radio comunicador	1 100	12	13 200
Accesorios de tubulares	1 800	12	21 600
Compra de cloro	2 800	12	33 600
Total	19 900	12	238 800

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

3.9.2. Mano de obra directa

La mano de obra directa, en este caso son los encargados de las revisiones, visitas y del mantenimiento preventivo de los equipos de rebombeo, tuberías, dispositivos de medición, accesorios y paneles de control y de los depósitos de agua. También de garantizar un trabajo óptimo y prolongar la vida útil del equipo.

La tabla XI se detalla los sueldos de los encargados de aplicar el mantenimiento preventivo en los equipos de rebombeo en el municipio de Mixco.

3.9.3. Repuestos

Es indispensable que la Municipalidad de Mixco mantenga en bodega repuestos que en momentos de emergencia puedan utilizarse para trabajos menores en los equipo de rebombeo, así como para los paneles eléctricos de funcionamiento.

La siguiente tabla muestra un listado de los repuestos y costo unitario que tienen en el mercado cada uno de ellos.

Tabla XXI. **Cuadro de stock de repuestos**

Repuesto	Cantidad	Precio [Q.]	Costo Total [Q.]
Aceite	25Gal.	2 450	2 450
Grasa entubada	20U.	65	1 300
Sellos mecánicos (2 pares)	12U.	35	420
Anillos de desgaste	15U.	120	1 800
Cojinetes	18U.	120	2 160
Empaques de prensa estopa	25U.	75	1 875
Válvula de compuerta de bronce	6U.	2 000	12 000
Cheque horizontal de bronce	6U.	2 000	12 000
Collarín de soporte	10U.	800	8 000
<i>Niples de HG Tipo pesado (4x6)"</i>	18U.	70	1 260
Codos HG tipo pesado de 45° (4 y 6)"	18U.	90	1 620
Unión universal de 4" de HG	13U.	120	1 560
Material de empalme y amarre	2U.	1 200	2 400
Accesorios eléctricos		8 000	8 000

Continuación de la tabla XXI.

Bomba centrífuga (10 – 30) HP	1U.	41 350	41 350
Motor de 60 HP	1U.	48 750	48 750
Bomba de 60 HP	1U.	50 250	50 250
Total		157 495	197 195

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

El total de costos directos por concepto de mantenimiento en herramientas y accesorios y mano de obra directa se detalla en la tabla siguiente.

Tabla XXII. **Costos directos de mantenimiento**

Descripción	Gasto total (mensual) [Q.]
Herramientas y accesorios	19 900
Mantenimiento	70 013
Repuestos	157 495
Total	247 408

Fuente: elaboración propia.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD FINANCIERA EN EL USO DE POZOS MECÁNICOS DE AGUA POTABLE

4.1. Importancia de la sostenibilidad financiera

La visión a largo plazo del manejo del recurso hídrico, garantiza la presencia del recurso agua para el futuro. Que las municipalidades realicen un uso y manejo racional y sostenido de este recurso con que cuentan y que puedan adoptar recomendaciones técnicas y legales para una administración eficaz y eficiente, lo mismo se podría decir de las personas individuales y jurídicas que hacen uso de este recurso, mejorando la calidad y cantidad del mismo para las próximas generaciones.

La mayor parte de municipalidades, no cuentan con una visión de sostenibilidad, ni con planes municipales de manejo integrado del recurso hídrico durante determinados períodos, por lo que enfatizan más en el uso del agua y muy poco en su conservación y sostenibilidad.

Lo anterior trae como consecuencia que las municipalidades, no tengan control de los usos del agua, tanto en los servicios domiciliarios, con un uso estrictamente familiar, como en otro tipo de servicios, en donde el uso del agua es grande, tal el caso de empresas constructoras de viviendas, gasolineras, fábricas de artículos de cemento, baños, molinos y otros menesteres. Esta falta de control se debe a la ausencia de políticas, normas y procedimientos para manejar adecuadamente los recursos hídricos con que cuentan el municipio.

La Municipalidad de Mixco, a través de la perforación de pozos mecánicos, abastece de este vital líquido a las comunidades por medio de la succión del mismo, utilizando bombas accionadas por la electricidad para cubrir esta necesidad indispensable, para la sobrevivencia humana y que en la mayoría de los casos, el aporte o la cuota que pagan los comunitarios por el servicio es simbólico, o no cubren el costo real que debería de hacer efectivo, por gozar de este servicio. Como institución pública, la municipalidad de Mixco le debe apostar a los proyectos sostenibles para garantizar a los pobladores un crecimiento progresivo como municipio.

Para lograr una sostenibilidad financiera de los servicios, se necesita contar con varias herramientas que garanticen dicha sostenibilidad, entre ellos tenemos los siguientes:

- Catastro de usuarios

El catastro de usuarios es una base de datos donde se registra la información pertinente de cada uno de los usuarios del servicio con los que se tiene contrato de prestación. Los demás usuarios sin contrato de prestación, son clandestinos, por lo tanto ilegales y no se toman en cuenta para el establecimiento de las tarifas. El clandestinaje debe ser cero en cualquier sistema de servicios públicos.

- Catastro de redes

Este catastro se refiere a la ubicación en el espacio, de la tubería que conduce, ya sea el agua potable o las aguas servidas, desde la producción o para su tratamiento. Este catastro consiste en planos técnicos donde se ubican las tuberías indicando su posición real, tipo de material, diámetro y cualquier

otra información que ayude a una mejor operación y mantenimiento del servicio sin pérdidas de tiempo, que significan dinero en salarios y horas extras.

- Programas de control de fugas

Son programas dirigidos a localización y eliminación de fugas o derrames de agua en las redes del sistema. Estas se refieren al agua potable y problemas serios para la prestación del servicio. Consecuencias cuando hay pérdidas o fugas.

- La fuga o derrame significa perjuicio económico en el servicio por cuanto el agua, ha sido tratada por métodos químicos o físicos que tienen su costo. Al no entregarse a su consumidor no se podrá cobrar.
- Derrame de agua potable significa carencias en la cantidad del agua a entregar, ocasión que la disponibilidad del producto sea menor y que los usuarios reciban menos de lo estipulado en el contrato de servicios.
- Las fugas significan pérdidas de presión en las tuberías, lo que disminuye la capacidad para que el agua llegue a las partes más altas del sistema.
- Las fugas en el sistema de agua potable implica aberturas por donde puede entrar cualquier sustancia o microorganismo al sistema, contaminando el agua que ha costado mucho potabilizar.

4.2. Sostenibilidad financiera

La sostenibilidad financiera va más allá de la búsqueda tradicional de fondos para satisfacer y asegurar la viabilidad de los proyectos, también debe buscar permitir fortalecer las bases de su sostenibilidad social y política.

Un proyecto será sostenible si la partida correspondiente al flujo de caja neto acumulado es positivo todos los años considerados. La sostenibilidad financiera se da cuando se cubran los costos de operación, administración y mantenimiento.

En la figura 10: se muestra como a través del tiempo, se articulan recursos adecuadamente y posibilitan la sostenibilidad financiera en la prestación de los servicios

Figura 10. **Sostenibilidad financiera en la prestación de servicios**



Fuente: ESCOTO, Juan Pablo. http://conasa.org/files/Modulo6_SostenibilidadFinanciera.pdf.

Consultada el 17 de octubre de 2011.

Para clarificar un poco los lineamientos de sostenibilidad, daremos explicación sobre los puntos considerados más importantes:

- El concepto de sostenibilidad financiera sobre el cual descansa la estrategia, expresa la necesidad de hacer un mejor uso de los pocos recursos actuales. Si bien, es cierto los recursos financieros son importantes, no necesariamente son el todo, se trata de realizar un buen uso de los recursos en su conjunto; tanto actuales como futuros; como pilar del desarrollo sostenible, en la prestación de los servicios con calidad.
- Considerar aspectos de cantidad, calidad, protección ambiental, compra de cuenca, proyecciones de cobertura, ampliaciones, inversiones, ajustes tarifarios, atención al cambio de categoría de usuarios.
- Planificar, es empezar con la visión y objetivos de la organización. Es mantener líneas de trabajo donde sean permanentes el uso de habilidades, experiencia y conocimiento de los prestadores de servicios.
- Realizar un presupuesto de ingresos y egresos: incluir los costos básicos indicados en las estructuras tarifarias de los servicios, en la que se incluyen:
 - Costos administrativos, operacionales, mantenimiento, ambientales, financieros, etc.
 - Presupuestar costos no recuperados en períodos anteriores.

- Depositar en una cuenta especial los ingresos percibidos anualmente, destinados para realizar las reparaciones en los componentes de los sistemas, la renovación de equipo o las dificultades imprevistas.

Tabla XXIII. **Comparativo ingresos y egresos del Departamento de Aguas**

No.	Descripción	Costo mensual [Q.]
EGRESOS		
1	Costos de administración	117 140
2	Costos de mantenimiento	247 408
3	Costos de operación	4 202 800
	Total de egresos mensuales	4 567 348
INGRESOS		
4	Ingreso por mensual por servicio de agua potable (viene de la tabla XXI)	4 837 553,90
ING – EG	Q.4 837 553,90 – Q.4 567 348	270 205,90

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

En la tabla XXIII, se puede observar que el comparativo entre ingresos y egresos para el Departamento de Aguas es positivo, por lo que al cubrir los costos de operación, administración y de mantenimiento se está asegurando la sostenibilidad financiera en los proyectos de pozos mecánicos de agua potable en la Municipalidad de Mixco.

4.2.1. Recursos financieros

Fundamentos legales sobre transferencias de recursos financieros a las municipalidades.

Diez por ciento conforme Artículo 257 de la Constitución Política de la República de Guatemala (Reformado).

- a. “Asignación para las Municipalidades. El Organismo Ejecutivo incluirá anualmente en el presupuesto general de ingresos ordinarios del Estado, un DIEZ POR CIENTO del mismo para las municipalidades del país. Este porcentaje deberá ser distribuido en la forma que la ley determine, y destinado por lo menos en un noventa por ciento para programas y proyectos de educación, salud preventiva, obras de infraestructura y servicios públicos que mejore la calidad de vida de los habitantes. El diez por ciento restantes podrán utilizarlo para financiar gastos de funcionamiento.
- b. Queda prohibida toda asignación adicional dentro del presupuesto general de ingresos y egresos del Estado para las municipalidades, que no provenga de la distribución de los porcentajes que por ley les corresponda sobre impuestos específicos.
- c. Las municipalidades tienen derecho, en el marco de la política económica nacional, a tener recursos propios suficientes de los cuales pueden disponer libremente en el ejercicio de sus competencias.”

La administración financiera o la tesorería municipal es la responsable directa de coordinar las acciones con la Oficina Técnica Municipal de

Planificación, así como prever los recursos a las políticas emanadas con el Concejo Municipal. El artículo 13234 del Código Municipal estipula que el Concejo Municipal establecerá los mecanismos que garanticen la oportunidad a la sociedad civil y asociaciones comunitarias de discutir la inclusión de proyectos a preverse en el presupuesto de inversión y gastos de funcionamiento. La participación de la sociedad civil implica procesos de planificación y programación presupuestaria participativa con perspectiva de género.

Por otra parte, la administración financiera municipal (tesorería municipal 35) evalúa los requerimientos recibidos, elabora un plan de inversión municipal y, posteriormente, realiza la estimación de todos los ingresos municipales, de cualquier naturaleza, para incluirlos en el proyecto de presupuesto. Adicional al presupuesto de inversión y gastos, se realiza la programación de egresos con base en los requerimientos de las unidades administrativas y sociedad civil, en cumplimiento de las políticas establecidas por el Concejo Municipal.

4.2.1.1. Distribución

La distribución de los recursos o ingresos en este caso, no le corresponde al Departamento de Aguas.

4.2.1.1.1. Costos de operación

Para los costos de operación, la repartición o distribución de los ingresos para cubrir los gastos de operación que permitan poner en marcha los pozos y lograr la distribución del agua en las comunidades, a todos los usuarios suscritos, corresponde según cálculos al:

Q 4 837 553,90 (Ingresos) ----- 100%
 Q 4 202 800 (Operación) ----- X

$$X = \frac{100\% * 4\,202\,800}{4\,837\,553,90} = 86,88\%$$

Los cálculos muestran que la distribución para cubrir los gastos de operación corresponden al 86,88 por ciento, más de la tercera parte de los ingresos correspondientes por consumo de agua potable en el municipio de Mixco.

4.2.1.1.2. Costos de mantenimiento

A continuación se muestra el análisis de costos para el mantenimiento preventivo. Cabe destacar que el mantenimiento se hará por medio de servicios según las horas de funcionamiento, por lo tanto a mayor utilización del equipo mayor costo de mantenimiento.

Q 4 837 553,90 (Ingresos) ----- 100%
 Q 247 408,00 (Mantenimiento) ----- X

$$X = \frac{100\% * 247\,408,00}{4\,837\,553,90} = 5,11\%$$

Los cálculos muestran que la distribución para cubrir los gastos de mantenimiento corresponde al 5,11 por ciento, de los ingresos correspondientes por consumo de agua potable en el municipio de Mixco.

Para cubrir los gastos administrativos, realizar reparaciones mayores en los sistemas de agua potable, habilitar otros pozos en el municipio y otros, el

porcentaje que corresponde para ello es el 8,01 por ciento (esto es Q 262 867,90).

4.3. Recuperación de costos

Uno de los principales objetivos de la municipalidad, es proporcionar una entrega de servicios sostenibles y de garantizar un flujo de ingresos que provengan de la cuota de los usuarios o de subsidios como recuperación.

4.3.1. Aportes periódicos de la comunidad

Son los aportes monetarios que los usuarios pagan por concepto de servicio de agua potable, este aporte garantiza a los usuarios recibir un óptimo servicio de agua día a día.

Con este aporte se cubren los gastos de operación, mantenimiento y gastos administrativos, que garanticen la sostenibilidad financiera en el uso de pozos mecánicos de agua potable y la continuación de más proyectos similares en las colonias y aldeas de Mixco.

4.3.1.1. Cuota por el servicio de agua potable

La siguiente tabla detalla, el número de usuarios, la cuota promedio por zona, la tarifa por consumo de agua potable por zona y el total aproximado que recibe la Municipalidad de Mixco por concepto de servicio de agua.

Tabla XXIV. **Cuota y número de usuarios del servicio de agua potable**

Zona	Usuarios por zona	Cuota promedio por zona en [Q.]	Tarifa por zona en [Q.]	Total recibido mensualmente [Q.]
1	7 913	23,65	20 – 65	187 142,45
2	1 952	61	20 – 65	119 072
3	2 713	63,30	35 – 65	171 732,90
4	4 199	75,85	55 – 115	318 494,15
5	5 502	42,90	20 – 50	236 035,80
6	6 681	53,60	20 – 100	358 101,60
7	6 104	27	20 – 65	164 808
9	1 404	30	30	42 120
10	881	97	75 – 100	85 457
11	4 368	110	110	480 480
San Cristóbal	10 033	110	110	1 103 630
	51 750			Q3 267 073,90

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

La tabla anterior presenta detalladamente el total de pago mensual que hacen los 51 750 usuarios del municipio de Mixco por el servicio de agua potable, es importante decir que esta cantidad es la cuota fija que recibirá la municipalidad mensualmente, siempre y cuando no se sobrepase el límite de la $\frac{1}{2}$ paja o 30 metros cúbicos, de ser así deben de pagar por el exceso de consumo.

Solo 4 colonias son las que cuentan con contador de agua potable, por lo tanto sólo estas 4 colonias pagan el excedente de consumo, éstas son; San Cristóbal, Sacoj Chiquito, Miralvalle y Jardines de Minerva 1 y 2.

La siguiente tabla detalla los datos generalizados de los usuarios y el exceso que pagan mensualmente por consumo de agua potable, cabe mencionar que un 55 por ciento de estos usuarios son pequeñas industrias o comercios.

Tabla XXV. **Excedente y número de usuarios del servicio de agua potable**

Porcentaje de usuarios	Usuarios	Excedente [Q.]	Total de pago por excedente mensual [Q.]
55%	6 980	175	1 221 500
19%	2 411	100	241 100
11%	1 396	50	69 800
15%	1 904	20	38 080
100%	12 691		1 570 480
TOTAL DE INGRESOS POR SERVICIO DE AGUA POTABLE MENSUALMETE			
3 267 073,90 + 1 570 480		Total 4 837 553,90	

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

4.3.1.2. Mecanismo de pago

El mecanismo de pago es el siguiente; los usuarios pagarán por consumo de agua, la cuota que le corresponde dependiendo de la colonia en que se

resida, el pago lo harán entre los primeros 5 días de inicio de mes en la tesorería de la municipalidad de Mixco ubicada en 4ta calle 4-98, zona 1 Mixco. Exceptuando los residentes de San Cristóbal que harán el pago en los servicios de atención al cliente de SASCIM.

4.4. Control del servicio de agua potable

En el municipio de Mixco, solo 4 colonias cuentan con un contador de agua potable, por tal motivo se pretende llevar a cabo el proyecto sobre la colocación de contadores de agua potable en las colonias faltantes, con la finalidad de medir y registrar la cantidad de agua potable que fluye a través de la tubería de agua y así controlar el consumo de agua en cada familia.

Las colonias que cuentan con contador de agua potable son: Sacoj Chiquito, San Cristóbal, Miralvalle y Jardines de minerva 1 y 2. Estas colonias y las empresas privadas, son las únicas que pagan un exceso en el consumo de agua.

4.5. Ejecución del mantenimiento preventivo

Después de realizadas las pruebas a un pozo mecánico se lleva a cabo un análisis de los resultados obtenidos y en base a esto se puede deducir si el pozo necesita de un servicio de mantenimiento, esto con el objetivo de aumentar sus capacidades técnicas y restablecer los parámetros con los que fue construido, claro está si el problema no es de tipo hidrogeológico y que el acuífero se ha quedado sin agua, esto se puede deducir con la medida de niveles estático y dinámico, de no ser el problema de este tipo se puede recuperar la producción del pozo por medio de procesos que más adelante se detallan.

La frecuencia con la que se debe dar mantenimiento a un pozo mecánico dependerá de cuál es el componente del pozo, ya que cada uno de éstos posee diferentes condiciones y trabajan de manera distinta, todo esto se enmarca como un mantenimiento preventivo.

Todas las actividades del mantenimiento preventivo deben ser periódicas y permanentes; inspección general de equipo de bombeo y tablero de control (diario); verificación de ruidos y vibración; limpieza de equipos, verificación de la calidad de los aceites de los motores y de las instalaciones eléctricas (mensual); alineación de los motores de las bombas (anualmente); verificación del funcionamiento y operación de las válvulas de retención (cada 6 meses); limpieza del pozo como prevención contra la incrustación de rejillas y revestimiento, mínimo cada 8 ó 12 meses por método mecánico o tratamiento químico; se debe realizar la desinfección del pozo antes de su puesta en marcha.

Toma de muestra del agua para determinar su calidad mediante análisis físico-químico y bacteriológico (cada 6 meses); prueba de bombeo y medición de niveles estático y dinámico (anualmente). El buen funcionamiento del pozo mecánico depende mucho del mantenimiento que se le dé, es muy importante preservar este tipo de obras ya que son de suma importancia para los usuarios del servicio.

El equipo de bombeo juega un papel muy importante y deben verificarse las condiciones en las que está trabajando, el factor a analizar principalmente es la eficiencia del mismo, esto se realiza monitoreando el amperaje que utiliza la bomba para trabajar, ya que de utilizar un valor mayor estaría indicando que el equipo está exigiendo una mayor energía y caballaje que el nominal que debe utilizar para poder bombear el agua.

Se debe hacer este monitoreo por lo menos una vez a la semana (pág. 64), también se debe verificar la válvula de retención o de cheque para evitar que la bomba trabaje excesivamente por estar en malas condiciones esta válvula.

Es usual que el equipo de bombeo de un pozo pierda su eficiencia con el paso del tiempo y dependiendo también del uso que se le dé, normalmente un equipo de este tipo tiene una vida útil de diez años, es normal que pasado este tiempo comience a dar problemas por eso se sugiere que sea reemplazada cumplida su vida útil.

4.5.1. Equipos sumergibles y de rebombes

El mantenimiento de una bomba sumergible se fundamenta en los componentes eléctricos, y el mantenimiento del pozo. Es costoso, pero garantiza el buen funcionamiento del equipo y la existencia de agua.

Elementos eléctricos

Todos los cables y conductores deben recibir inspección para detectar polvo, roturas y aislamientos desgastados para prevenir fallas y desperfectos mayores. Los contactos se deben revisar para comprobar si existe carbonilla (pág. 73); esta se limpia con líquido para limpieza de contactos y franela o estopa (recordar que no debe existir voltaje cuando lleve a cabo esta tarea).

Se debe de limpiar el polvo existente en el panel. También es necesario verificar el apriete de los conductores, ya que debido a la dilatación térmica de

los cables muchas veces se aflojan, lo que provoca un mayor consumo eléctrico y un aumento del calor en la instalación (pág. 73).

El mantenimiento que se efectúa en las cajas de control de las bombas sumergibles también se debe efectuar con las cajas de control de bombas centrífugas.

Lubricación

Debido a las condiciones de trabajo y temperatura a la que se ven sometidos las grasas y aceites lubricantes; éstos sufren un deterioro de sus propiedades originales, por lo que es necesario cambiarlos. La lubricación del motor se efectúa cambiando la grasa del motor, por una grasa recomendada por el fabricante, verificando que sea inocua. El cambio se lleva a cabo cuando se le da mantenimiento al pozo y se extrae la bomba.

Mantenimiento del pozo

El mantenimiento del pozo es la principal tarea que garantiza la capacidad de suministro del agua. Consiste en extraer el conjunto de bomba, tubos, electrodos y cables para verificar que estén en buen estado. Además, se verifica el nivel del pozo, y se limpia la arena acumulada en la rejilla o colador de succión. Las bombas sumergibles acumulan arena en el colador de succión, por lo que esto reduce su rendimiento. Al extraerla se puede limpiar esta arena.

Los tubos se oxidan lo que ocasiona que existan fugas. Al extraer todo el entubado se puede verificar que tubos están dañados y reemplazarse. También deben de verificarse los electrodos, ya que dependiendo de las características químicas del agua que estamos bombeando es posible que los electrodos de la

bomba estén incrustados con elementos como calcio, sílice, carbonatos, etc., por lo que los electrodos se deben de limpiar o reemplazar.

La limpieza del pozo se debe de efectuar en un período aproximado de cinco años después de que se ha instalado una bomba nueva, y posteriormente cada 2 ó 3 años; siempre y cuando no existan temblores y dependiendo de las características químicas del agua, además es recomendada cuando el caudal de agua empieza a disminuir y la bomba empieza a extraer arena.

Mantenimiento de bombas centrífugas

El mantenimiento de una bomba centrífuga se basa en la lubricación y reemplazo de sus rodamientos, sellos, acoples, y componentes eléctricos. Eventualmente, puede ser necesario el reemplazo de los impulsores debido al desgaste excesivo.

Lubricación

La lubricación en las bombas centrífugas se realiza mediante aceite, grasa y agua dependiendo el diseño y el caballaje de la bomba. En bombas de bajo caballaje (hasta 7.5 HP) normalmente los rodamientos son libres de mantenimiento; es decir, están sellados y el fabricante coloca grasa que funcionará durante la vida útil del rodamiento. Cuando estos rodamientos fallan se deben de cambiar.

En bombas de mayor potencia (hasta 75 HP) pueden tener depósito de aceite en donde están montados los rodamientos que soportan al eje de la bomba. Cuando se tiene una bomba con este mecanismo se debe verificar el nivel de aceite de manera diaria o semanal, dependiendo las horas de servicio

de la bomba. El aceite debe de remplazar a las horas de servicio estipuladas por el fabricante por un aceite de la misma calidad. El no remplazar el aceite puede ocasionar serios daños a la bomba.

Las bombas que no cuentan con depósito de aceite, cuentan con graseras en donde se reabastece de grasa a los rodamientos y se debe tener en cuenta no sobre llenar con grasa; ya que esto origina un calentamiento en el rodamiento que acorta su vida útil. Algunos fabricantes de rodamientos recomiendan no lubricar el rodamiento a más de $\frac{3}{4}$ partes del espacio destinado para grasa o aceite.

La lubricación que proporciona el agua se caracteriza por un goteo continuo. La falta lubricación cuando el sello es de estopa ocasiona un desgaste excesivo del eje, por lo que al operar en estas condiciones el eje debe de ser reemplazado de manera prematura. Cuando se tiene un sello mecánico y existe una lubricación deficiente de agua el sello tendrá una menor vida útil.

Cuando existe un desgaste excesivo por falta de lubricación en el eje debe de ser reemplazado, ya que esto origina que la bomba tenga fugas y desarrolle una potencia menor a la esperada.

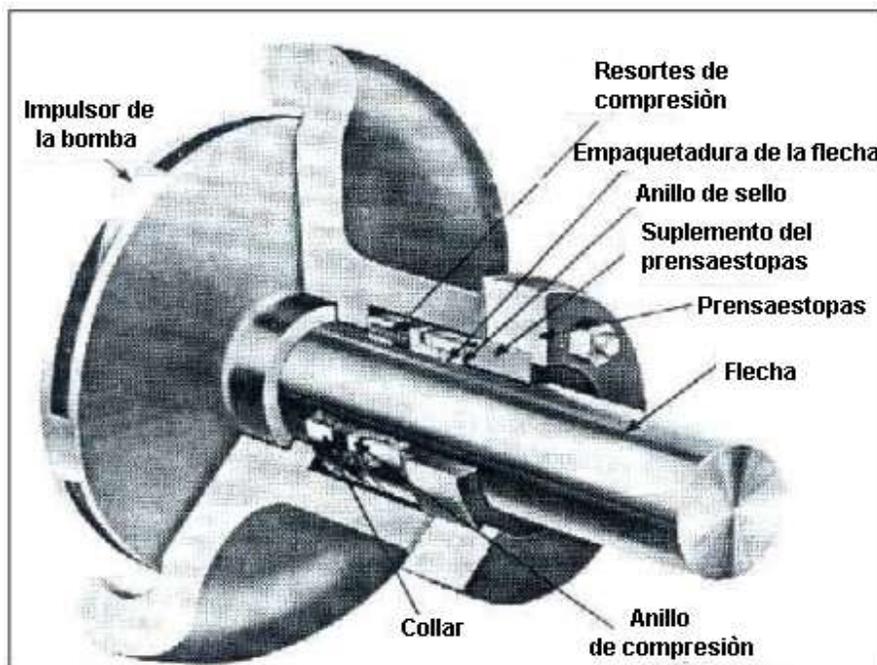
Sellos

Las bombas centrífugas poseen sellos montados entre la carcasa de la bomba y el eje del impulsor. Los sellos garantizan que no existan fugas pero al mismo tiempo buscan que exista lubricación mediante un leve goteo. Estos sellos pueden ser de estopa grafitada o mecánicos, dependiendo del fabricante.

Los sellos mecánicos, se caracterizan por tener una mayor duración, pero tienen la desventaja de ser más costosos. Algunos de los materiales con los que se elaboran los sellos mecánicos pueden ser el teflón y el carbón. Se deben instalar con mucho cuidado, ya que son relativamente frágiles. Tiene la forma de aros y no deben de ser doblados.

Los sellos de estopa normalmente tienen una duración menor a los sellos mecánicos y deben de ser ajustados conforme se desgastan, además presentan la desventaja que tienen que estar siendo ajustados continuamente períodos relativamente cortos de tiempo. Los sellos de estopa se deben cortar y acoplar al eje, pero los sellos mecánicos se deben comprar de acuerdo al diámetro del eje y la potencia de la bomba.

Figura 11. **Elementos de la bomba centrífuga**



Fuente: *Igor Karrasik. Bombas. p. 113.*

Rodamientos

Los rodamientos son elementos que sirven para apoyar ejes sometidos a rotación. Los rodamientos se ubican en el motor eléctrico y en los soportes de la bomba. Los rodamientos se componen de anillo externo, anillo interno, jaula y baleros o rodamientos. En bombas de agua y motores eléctricos los rodamientos que se utilizan son los de bolas, debido a la alta velocidad de operación.

Cuando existe un aumento de ruido y temperatura en los rodamientos es un indicio que deben ser reemplazados. Se debe evitar la reutilización de rodamientos dañados. Se debe evitar someter a los rodamientos a golpes de impacto durante su instalación, ya que esto daña las pistas de rodadura, y reduce su vida útil.

Cuando se efectúa el montaje se debe remover cualquier rebaba, viruta, óxido o suciedad que se encuentre en la superficie del eje, alojamiento y apoyos donde irá montado el rodamiento. El montaje se puede facilitar si se aplica una capa delgada de aceite a las superficies limpias. Si hay virutas, rebabas y otros contaminantes que se filtren al interior del rodamiento antes y durante el montaje causarán ruidos, vibraciones durante el funcionamiento y acortarán la vida útil del rodamiento.

Acoples

La transmisión del movimiento de rotación entre los ejes del motor y la bomba se realiza por medio de acoplamiento. Los acoples más utilizados son los flexibles. El acoplamiento flexible tiene la elasticidad suficiente para absorber los esfuerzos radiales y axiales.

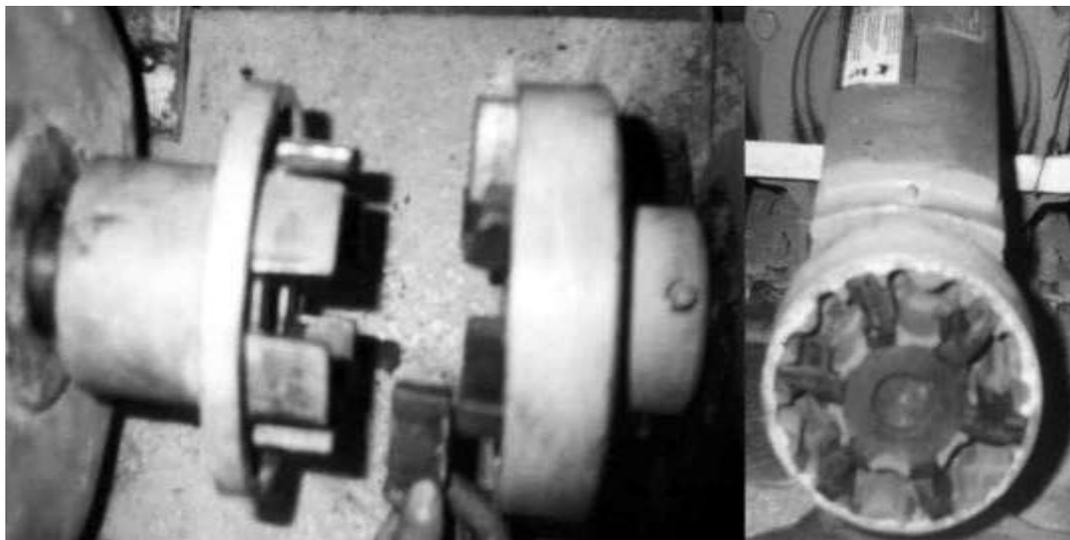
Los acoples flexibles reciben este nombre debido a que las partes metálicas están separadas por elementos de caucho, por lo que al existir desalineación será el elemento flexible de caucho el que se destruya.

Los acoples flexibles más utilizados son los acoples de tacos y el acople tipo *lovejoy*. En condiciones normales de operación el elemento de caucho de los acoples *lovejoy* tiene una mayor duración que un acople de tacos.

Figura 12. **Acople de tacos**

a.

b.



a) Izq. Vista lateral, b) Der. Vista frontal

Fuente: http://www.virtualplant.net/vptd/includes/equipo.php?id_equipo=P-0101. Consultada el 15 de agosto de 2011.

4.5.1.1. Inspecciones

Se deberá considerar las siguientes recomendaciones al momento de realizar las conexiones eléctricas:

- Todos los cables eléctricos deberán de estar de acuerdo al código local y solamente electricistas competentes pueden hacer las instalaciones. Los diagramas de cableado están pegados en el interior del panel.
- Todos los cables deben ser examinados por conexiones a tierra con un ohmiómetro o megóhmetro después de realizar las conexiones. Esto es importante porque un cable de tierra puede ocasionar problemas considerables.
- Si se utiliza una unidad defectuosa de sello, proceda como se muestra en el sistema defectuoso de sello. Si la unidad defectuosa de sello no es empleada, los dos cables fallados de sello deben dejarse abiertos. No conecte la energía a estas líneas en ningún momento.

4.5.1.2. Rutinas de mantenimiento

Las rutinas de mantenimiento comprenden las actividades y acciones que se deben realizar en los equipos de rebombeo.

4.5.1.2.1. Diario

Las actividades de la rutina de mantenimiento en forma diaria tienen como objetivo, hacer un recorrido alrededor de la maquinaria y las instalaciones con la intención de detectar fallas de fácil reparación en corto tiempo.

Rutina para los motores, bombas sumergibles, bombas centrífugas, tableros eléctricos y tanques de almacenamiento o cisternas aéreas.

- Revisar si la válvula en el *By-Pass* se encuentra completamente cerrada.
- Controlar el nivel de agua en la cisterna.
- Controlar el cloro residual del agua que sale del reservorio (la muestra será tomada desde una válvula de globo).
- Verificar el almacenamiento de cloro.
- Revisar voltaje de entrada y salida de los motores de las máquinas y bomba de agua.
- Revisar potencia de los motores.
- Revisar que todas las máquinas tengan sus cobertores colocados para evitar accidentes posteriores.
- Inspeccionar el alambrado eléctrico de las máquinas.
- Verificar mangueras en mal estado.
- Niveles de aceite.
- Reporte de presiones de descarga.
- Chequeo de prensa estopa y ajuste.
- Control externo y lubricación de cojinetes y rodamientos por aceite y grasa según el tipo.
- Reporte de vibraciones o estabilidad en el funcionamiento del equipo, y de condiciones generales de trabajo.

4.5.1.2.2. Semanal

- Inspección general del equipo de bombeo.
- Inspección general de los tableros eléctricos de control.
- Revisar los niveles de aceite.

- Inspeccionar la línea para detectar posible fugas y repararlas.
- Maniobrar válvulas, para un funcionamiento correcto.

4.5.1.2.3. Mensual

Rutina para los motores, bombas sumergibles, bombas centrífugas, tableros eléctricos y tanques de almacenamiento o cisternas aéreas.

- Cambio de grasa de los rodamientos si fueren lubricado por grasa sin desmontaje, expulsando por presión de un engrasador tipo dé pistola toda la grasa antigua.
- Cambio de aceite de los rodamientos si fueren lubricados por aceite, drenando el aceite usado y llenando nuevamente.
- Alineamiento de la unidad bomba motor y ajuste de los pernos de anclaje.
- Chequeo de prensa estopa y cambio de empaquetadura si fuere necesario.
- Comprobar el nivel del lubricante y si las válvulas de solenoide y de goteo permiten la lubricación adecuada.
- Observar si se producen vibraciones o ruidos extraños.
- Chequear el alineamiento bomba-motor.
- Revisión completa de la prensa estopa.
- Comprobar el caudal de la bomba.

4.5.1.2.4. Anual

Para los motores, bombas sumergibles, bombas centrífugas, tableros eléctricos y tanques de almacenamiento o cisternas aéreas.

- Desmontaje completo de la bomba.

- Lavado y limpieza completa de todas las partes.
- Chequeo del alineamiento y desgaste del eje y reparaciones o cambio si fuere necesario.
- Chequeo de impulsores, bujes, rodamientos, anillos, empaques, y demás elementos sujetos a desgaste, reparaciones o cambios de las partes dañadas si fuere necesario.
- Montaje, alineamiento y prueba completa de la unidad.
- Control de válvulas y reparaciones si fueren necesarias.
- Chequeo de las condiciones técnicas de trabajo del equipo en relación con su diseño y características.

4.5.1.3. Guía de mantenimiento

Se debe poseer un cronograma o guía de mantenimiento para los sistemas de bombeo y rebombeo de los pozos mecánicos, éste variará dependiendo del componente y de la cantidad de horas al día que trabaja, éste sería un mantenimiento preventivo para evitar mantenimientos correctivos, ya que los correctivos se tienen que llevar a cabo en el momento que se presente el problema, en la tabla que se muestra a continuación se hace una propuesta al respecto.

Tabla XXVI. **Guía de mantenimiento para equipos de bombeo y rebombeo**

Actividad	Frecuencia
Inspección general del equipo de bombeo y tablero de control	Semanal
Inspección general del equipo de bombeo y tablero de control	Mensual

Continuación de la tabla XXVI.

Verificación de funcionamiento y operación de válvulas de cierre o cheque Análisis físico químico y bacteriológico.	Cada 6 meses
Alineación de los motores de las bombas. Prueba de bombeo y medición de niveles del pozo.	Anual
Prevención contra las incrustaciones de rejillas y revestimiento, método mecánico o tratamiento químico	Mínimo cada 2 años

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

Tabla XXVII. **Guía de mantenimiento de tanques de almacenamiento y cisternas aéreas**

Actividad	Frecuencia
Revisar si la válvula en el By-Pass se encuentra completamente cerrada. Controlar el nivel de agua en la cisterna. Controlar el cloro residual del agua que sale del reservorio (la muestra será tomada desde una válvula de globo). Verificar el almacenamiento de cloro.	Diario
Inspeccionar el estado de la cámara de válvulas: puertas, accesos, ventanas, daños, etc. Inspeccionar el estado de las ventilación del reservorio o cisterna: daños en la malla, tapado por insectos u otros. Maniobrar las válvulas de compuerta ubicadas en la entrada y salida del reservorio para mantenerla operativas. Limpiar las válvulas y tuberías con wipe y kerosene.	Quincenal

Continuación de la tabla XXVII.

<p>Inspeccionar la condición del concreto del reservorio o cisterna (externamente): rotura, visibilidad del refuerzo, daños. Reportar los daños encontrados.</p> <p>Verificar el cierre total de la válvula ubicada en la tubería, dar movilidad a la válvula.</p> <p>Accesorios: Revisar presencia de alguna pérdida de agua en todas bridas/uniones.</p> <p>Limpiar la maleza en el contorno de la estructura.</p> <p>Verificar el estado de los manubrios de la válvula y ajustar si es necesario.</p>	<p>Mensual</p>
<p>Limpiar y desinfectar el reservorio o cisterna.</p> <p>Revisar si el filtro en el reservorio esta obstruido con arena o otros elementos. En caso el filtro estuviere obstruido, remover la arena con aire comprimido.</p> <p>Pintar las escaleras y su canastilla de protección.</p>	<p>Cada 6 meses</p>
<p>Verificar la estructura de la unidad en forma integral y reparación de daños existentes.</p> <p>Reparación interior de tanques ó cisternas (simultáneamente con limpieza).</p> <p>Pintar con pintura anticorrosivo los elementos metálicos interiores.</p>	<p>Anualmente</p>

Fuente: elaboración propia con base a investigación directa.

4.6. Recursos para el funcionamiento de ficha de control electrónica

Los recursos necesarios para el funcionamiento de la ficha de control son; papel, impresora, computadora para archivar cada servicio o mantenimiento

que se realiza a los equipos de bombeo y rebombeo, y así tener un historial de servicios para determinar la fecha próxima de un servicio mayor o cambio de equipo.

Por ello, además de incluir los informes generados periódicamente, sería lógico incluir los indicadores seleccionados para evaluar los resultados de mantenimiento, así como las herramientas que nos permitan componerlos. Estos indicadores deben resultar adecuados, es decir, haciendo un seguimiento de los mismos debe ser posible detectar si están surgiendo problemas para poder actuar en consecuencia.

4.7. Asignación de actividades de mantenimiento

El personal que se relaciona directamente con la aplicación de las rutinas de mantenimiento propuestas, son los operarios de mantenimiento del taller de electromecánica, el personal que trabaja en las áreas de pozos y bombas de agua además del personal administrativo del Departamento de Mantenimiento, para llevar un historial de los servicios y del equipo.

4.7.1. Conformación del área de mantenimiento

Idealmente, un Departamento de Mantenimiento tendría que tener la mano de obra que se requiere, ni más ni menos.

No obstante, los mandos intermedios de mantenimiento, además de su labor indirecta, deberían ser capaces de intervenir en las tareas, y de actuar y resolver cualquier problema que tenga la mano de obra directa. Así, deberán estar incluidos todos los trabajadores en un plan de formación continuo, para potenciar en la medida de lo posible la capacidad técnica del personal.

La experiencia y los nuevos trabajos llevarán a la ampliación de estos medios, pero para la previsión de carga que se prevé inicialmente no resultará complejo el seguimiento físico de determinados medios técnicos.

4.7.2. Distribución de tareas

Planificar el mantenimiento significa determinar cuándo y quien realizará cada una de las gamas y rutas que pueden componer un plan de mantenimiento. Habrá que tener en cuenta que:

- Cuando se efectúe la planificación, siempre se asignará un responsable (nombre y apellidos) a cada tarea.
- En el momento en que haya que realizar una tarea, no hay otra asignada en el mismo momento al mismo responsable.
- Hay que determinar de forma particular, el día y horario para la realización de las tareas diarias y semanales; aunque deberíamos ser igual de exhaustivos para las mensuales y anuales.

4.8. Stock de repuestos y materiales

Para poder llevar a cabo el mantenimiento preventivo y cada uno de los servicios antes descritos, necesitaremos un stock de repuestos que permita tener un control de inventarios definido lo cual se derivará en cambios programados.

La localización de los repuestos, es una cuestión en apariencia puramente operativa que ya hay que tener en cuenta en la elaboración de nuestra

propuesta técnico-económica para no cometer la imprudencia de dar un tiempo de respuesta de resolución de incidencia resuelta imposible de satisfacer.

De hecho, los repuestos que se gestionen, bien a un almacén propio o directamente al establecimiento (caso más probable), deberán ir completamente identificados, constando:

- Código del repuesto
- Tipo de repuesto (consumible, genérico, específico)
- Modelo de reposición (qué hace cuando se consume)
- Descripción y referencia comercial
- Fabricante y/o proveedor
- Empaquetamiento en que se suministra
- Hoja de características técnicas
- Inspecciones o ensayos requeridos a la recepción
- Sistema de almacenamiento si requiere observaciones especiales
- El costo

4.9. Transparencia y rendición de cuentas

La transparencia y rendición de cuentas, es el compromiso de asumir la responsabilidad de las acciones, proyectos y programas implementados, por los prestadores.

El manejo adecuado de fondos con criterios de honradez y transparencia, también es importante para su sostenibilidad. Tener información financiera oportuna y útil para tomar decisiones estratégicas y a tiempo es algo que debemos fortalecer. Aún pudiendo encontrar capacidades instaladas, reconocer la necesidad de mejorarlas.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA

Para el seguimiento del programa de mantenimiento propuesto se deben hacer revisiones periódicas del mismo, basándose en los resultados de las técnicas de control las cuales pueden ser encuestas, entrevistas, supervisión directa y pruebas, entre otras.

Es aconsejable que se realice un seguimiento constante, es decir que una de las técnicas de control debe realizarse cada dos o tres meses, para que así se pueda llevar una valoración numérica de un año completo, es decir tener el total de reparaciones realizadas, determinando con esto la eficiencia con que se está haciendo el mantenimiento preventivo.

5.1. Monitoreo de mantenimiento

Este permite controlar los factores de mantenimiento que afectan la vida útil de los equipos y de los componentes, además de mejorar el funcionamiento global de los equipos en general.

5.1.1. Visitas

Las visitas y revisiones al equipo consisten en recorrer las instalaciones y observar cuidadosamente cualquier indicio de fallas.

Las visitas se deben hacer constantemente y por una persona con experiencia familiarizada con el equipo, para detectar anomalías antes de que se conviertan en problemas mayores que puedan dañar al equipo o al personal.

Se deben inspeccionar principalmente las partes sujetas a desgaste y a fugas. Luego notificar al jefe de mantenimiento cualquier hallazgo de la visita.

Todos los días se deben inspeccionar los equipos de bombeo para detectar cualquier problema. Hay que poner atención a cualquier cambio de sonido, aumento excesivo de la temperatura o vibración del equipo e investigar inmediatamente.

Todos los días se debe verificar que el consumo de amperaje de los equipos sea adecuado. Se deberá observar que no existan fugas en los sellos mecánicos o en las juntas de la bomba. Se deben revisar diariamente los componentes y verificar su correcta operación.

5.1.2. Revisiones

La revisión es una parte vital para la utilización de este documento, ya que es a través de ésta que se determinará si es factible seguir dándole un seguimiento o no. También se debe observar eficazmente las acciones descritas en el programa propuesto para mantenerlas dentro de los límites señalados.

Para la actualización se debe tomar en cuenta el resultado de la valoración numérica realizada durante el año, además de ciertos aspectos como: qué y cómo se ha venido haciendo, y si desde la entrada en vigencia del presente documento se han observado cambios positivos en la forma de realizar el mantenimiento en los sistemas de bombeo. La revisión del programa propuesto debe realizarla el Departamento de Mantenimiento.

5.2. Análisis de costos después de la aplicación

El análisis de estos costos, se verán reflejados en los primeros 6 meses de su aplicación, ya que por no contar con una guía detallada de mantenimiento y servicios en el Departamento de Aguas, en este momento no se puede determinar. Pero en definitiva se espera que estos costos disminuyan y se tenga un mejor control.

5.2.1. Costos de mantenimiento

Se obtiene una reducción de costos, eliminando tareas innecesarias por medio de las actividades preventivas, realizando una adecuada selección tanto del personal que lo llevará a cabo como de las herramientas necesarias; lo cual nos permitirá tener un ahorro en el tiempo de ejecución del mantenimiento, mayor productividad de la mano de obra, evitando tiempos adicionales de trabajo.

Las revisiones e inspecciones serias y objetivas sobre cómo se está llevando a cabo el mantenimiento preventivo, nos darán como resultado una maquinaria en buen funcionamiento y estado, disminuyendo las averías tempranas, forma de reducir los costos.

El tener un historial de mantenimiento, facilita el poder tomar decisiones a la hora de planear una labor de mantenimiento y a la vez nos indica cada cuanto se han realizado labores de mantenimiento y cuando fue la última vez que se hizo un mantenimiento y mucha más información útil los registros de mantenimiento deben permanecer legibles, accesibles, recuperables y disponibles para el encargado de mantenimiento.

5.2.2. Costos directos

Estos costos permiten el seguimiento, control y aseguramiento de los resultados obtenidos y permite oportunidades de mejora a través del control de dichos costos.

5.2.2.1. Repuestos

Un buen control en la bodega de repuestos, como lo es contar con los repuestos realmente necesarios, manteniendo un stock bastante liviano de los mismos, realizando las compras un par de días antes de las actividades de mantenimiento, nos ayudara a reducir los costos.

5.3. Ventajas y beneficios

La ejecución del proyecto aporta consigo las siguientes ventajas:

- Mejor servicio de agua potable para los vecinos de las colonias.
- Mayor salubridad a cada vecino al tener un sistema de agua potable por medio de llaves y tuberías sin ningún almacenamiento que genere moscos o zancudos y por lo tanto alguna enfermedad.
- Tener un constante funcionamiento en los sistemas de bombeo.
- Mayor desarrollo para cada vivienda puesto que la plusvalía de cada casa aumenta al tener un sistema de agua potable constante.
- Al ejecutar un correcto mantenimiento preventivo podremos alargar la vida útil de los sistemas de bombeo.

6. IMPACTO AMBIENTAL

6.1. Aspectos generales

La gestión de impacto ambiental, pretende reducir al mínimo las modificaciones nocivas y notorias en los diversos entornos y a la vez elevar al máximo las posibilidades de mejoras en el entorno.

6.1.1. Medio ambiente

La ley establece que para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los recursos naturales renovables y no renovables, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su operación la realización de un estudio llamado Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), realizado por técnicos en la materia y aprobado por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

6.1.1.1. Contaminación del aire

Para evitar que la operación de la maquinaria durante la perforación de los pozos y en la operación de los sistemas de aguas, produzca emisiones gaseosas, de grado contaminante, la misma deberá contar con un adecuado mantenimiento y ajuste, de forma tal que cumpla con los requisitos establecidos en la legislación vigente.

Se utilizará sólo el equipo estrictamente necesario y con la mayor eficiencia posible, de manera que se limiten al máximo las fuentes de impacto ambiental.

El humedecimiento de las superficies de rodamiento o trabajo se realizará por medio de camiones cisterna, los cuales sólo utilizarán agua de buena calidad para el riego, en caso de que los estudios técnicos básicos del proyecto indiquen la existencia de un acuífero freático superficial bajo el proyecto.

Los apilamientos temporales de escombros de tierra serán protegidos de la erosión eólica, con el fin de evitar que los mismos sirvan de fuente de contaminación del aire del área del proyecto y su área de influencia directa. Esa protección se hará de acuerdo con las condiciones del sitio de apilamiento y su vulnerabilidad a la erosión eólica. El límite del volumen de almacenamiento de estos materiales, lo determinará la capacidad que se tiene para cubrir los mismos con plásticos u otros materiales similares, que permitan su protección eólica.

En caso de que el volumen sea mayor, se evitará o limitará su almacenamiento temporal y se llevarán hasta los sitios de disposición final, donde se deberán cumplir los lineamientos de la presente guía para proteger el ambiente.

Como parte de las cláusulas contractuales con las empresas constructoras subcontratistas del proyecto, se exigirá que toda la maquinaria que se utilice se encuentre en óptimas condiciones y que cuente con un eficiente y periódico mantenimiento, de manera que se garantice el mínimo impacto ambiental al aire, por emisiones y ruido, en relación con el tema de emisiones producidas

como consecuencia de desajustes y problemas mecánicos previsibles en dicha maquinaria.

Se ejecutará un programa periódico de monitoreo de calidad del aire del área del proyecto y sitios aledaños, basado en observación y percepción directa de las condiciones del mismo.

Toda la maquinaria y equipo que opere en el proyecto contará con un efectivo y eficiente mantenimiento, en cumplimiento con lo establecido por la legislación vigente, de manera que la emisión de ruidos y vibraciones cumpla la norma o reglamentación vigente. Este compromiso será extensivo a los contratistas y subcontratistas del proyecto y a todo el equipo pesado que se utilice en el proyecto.

6.1.1.2. Legislación ambiental

La Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, Decreto 68-86 del Congreso de la República, establece en su artículo 8º que:

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

en el término de seis meses de haber sido multado, el proyecto será clausurado en tanto no cumpla.”

6.1.1.3. Código municipal

Atribuye a los municipios la facultad de regular y prestar los servicios de agua y saneamiento en su jurisdicción territorial y se les otorga la competencia para establecer dichos servicios, mantenerlos, ampliarlos y mejorarlos, garantizando un funcionamiento eficaz, seguro y continuo y, en su caso, la determinación y cobro de tasas, contribuciones equitativas y justas. Así mismo, se agrega que las tasas y contribuciones deben ser fijadas, atendiendo los costos de operación, mantenimiento y mejoramiento de calidad y cobertura de servicio.

6.1.1.4. Código de salud

“ARTÍCULO 68. Ambientes Saludables. El Ministerio de Salud, en colaboración con la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, promoverán un ambiente saludable que favorezca el desarrollo pleno de los individuos, familias y comunidades.

ARTÍCULO 69. Límites de exposición y de calidad ambiental. El Ministerio de Salud y la Comisión Nacional del Medio Ambiente, establecerán los límites de exposición y de calidad ambiental permisibles a contaminantes ambientales, sean éstos de naturaleza química, física o biológica. Cuando los Energía y Minas, establecerá los límites de exposición y calidad ambiental permisible. Asimismo determinará en el reglamento respectivo los períodos de trabajo del personal que labore en sitios expuestos a estos contaminantes.

ARTÍCULO 70. Vigilancia de la calidad ambiental. El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada, establecerán un sistema de vigilancia de la calidad ambiental sustentado en los límites permisibles de exposición.

ARTÍCULO 71. Derecho a la información. El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente y las Municipalidades, deberán recolectar y divulgar información pertinente a la población, sobre los riesgos a la salud asociados con la exposición directa o indirecta de los agentes contaminantes, que excedan los límites de exposición y de calidad ambiental establecidos.

ARTÍCULO 72. Programas de prevención y control de riesgos ambientales. El Ministerio de Salud, la Comisión Nacional del Medio Ambiente, las Municipalidades y la comunidad organizada con todas las otras instancias apropiadas sean públicas o privadas, promoverán el desarrollo de programas de cuidado personal y de reducción de riesgos a la salud vinculados con desequilibrios ambientales. El Ministerio de Salud velará por el cumplimiento de los acuerdos internacionales ratificados por Guatemala, que prohíben el uso de sustancias dañinas al medio ambiente y en consecuencia al ser humano.

ARTÍCULO 73. Importación de desechos. Se prohíbe la importación de desechos tóxicos, radiactivos y/o difícil degradación.

SECCIÓN II

AGUA POTABLE

ARTÍCULO 78. ACCESO Y COBERTURA UNIVERSAL. El Estado, a través del Ministerio de Salud, en coordinación con el Instituto de Fomento

Municipal y otras instituciones del sector, impulsará una política prioritaria y de necesidad pública, que garantice el acceso y cobertura universal de la población a los servicios de agua potable, con énfasis en la gestión de las propias comunidades, para garantizar el manejo sostenible del recurso.

ARTÍCULO 79. Obligatoriedad de las municipalidades. Es obligación de las Municipalidades abastecer de agua potable a las comunidades situadas dentro de su jurisdicción territorial, conforme lo establece el Código Municipal y las necesidades de la población, en el contexto de las políticas de Estado en esta materia y consignadas en la presente ley.

ARTÍCULO 80. Protección de las fuentes de agua. El Estado, a través del Ministerio de Salud, en coordinación con las instituciones del Sector, velará por la protección, conservación, aprovechamiento y uso racional de las fuentes de agua potable. Las Municipalidades del país están obligadas como principales prestatarias del servicio de agua potable, a proteger y conservar las fuentes de agua y apoyar y colaborar con las políticas del Sector, para el logro de la cobertura universal dentro su jurisdicción territorial, en términos de cantidad y calidad del servicio.”

6.2. Estrategias a seguir en la perforación de pozos

Las estrategias permiten garantizar la consistencia en la perforación de pozos, facilitar posteriormente la extracción del vital líquido y a la vez evitar todo tipo de contaminación con un buen manejo de todos los componentes contaminantes durante y después de la perforación, todo esto para evitar accidentes y enfermedades.

6.2.1. Manejo y control de las emisiones de ruido

Los motores de combustión interna, la maquinaria utilizada para el movimiento de tierras (*bulldozer*, niveladoras, excavadoras) y otros equipos (plantas generadoras, compresores de aire, grúas, etc.) deben estar provistos de silenciadores, de manera que se garantice el cumplimiento de la normativa ambiental y de salud sobre ruido.

Evitar la operación innecesaria de motores, con el fin de reducir las molestias al medio ambiente, provocadas por el ruido, el gas de escape, humo, polvo y cualquier otra molestia.

Teniendo en cuenta los niveles sonoros ocasionados por el proyecto es imperante, tener una distancia desde el límite del equipo de bombeo en la superficie hacia la vivienda más cercana de al menos 150 metros para que los 90 decibeles provocados por el motor y la bomba no afecten el ritmo de vida de cada vecino.

6.2.2. Manejo y control de la contaminación visual

La alteración visual de la imagen y fisonomía del entorno urbano causada por acumulación de materia prima, productos, desechos y bienes materiales, así como, violación en las densidades y características físicas de los desechos de la perforación, que distorsione la visión de cualquier componente del entorno.

Se debe tener en cuenta que la salud de la población se ve agredida por innumerables factores externos a cada individuo, los cuales incidirán, muchas

veces, en su equilibrio corporal, por ello los lodos de la perforación deben ser colocados en sumideros naturales para que no afecte a los transeúntes.

6.2.3. Manejo apropiado de las pilas de lodos

- La remoción de la capa de suelo orgánico, cuyo espesor por lo general es de varios decímetros, debe ser realizada de manera que se evite contaminar ese suelo con materiales que tengan una composición diferente y se encuentren en capas inferiores del terreno.
- Colocar el material orgánico en montículos, no mayores de 1,5 metros de altura y sin compactarse. Los montículos deben ser cubiertos totalmente con material impermeable (lonas, plásticos u otros métodos adecuados) para evitar su pérdida, cuando el tiempo de almacenamiento sea superior a 2 semanas; de ser mayor a 2 meses, los montículos deben protegerse con vegetación, preferiblemente gramíneas.
- Para el área destinada al apilamiento temporal debe considerarse lo siguiente:
 - Limpiar el área de todos los materiales y residuos que ahí se encuentren.
 - Reducir la inclinación de las pendientes, si es necesario, de manera que éstas se encuentren dentro de un rango de 2-5 por ciento.
 - Apilar temporalmente el suelo orgánico fuera de las áreas de protección de las lagunas, ríos y quebradas. Colocar en sitios alejados por lo menos 25 metros de cualquier otro cuerpo de agua.

- Utilizar el suelo orgánico removido en labores de revegetación, mejoramiento paisajístico, para estabilización y revegetación de taludes, riberas, cortes y zonas verdes, mejorar el paisaje o para mantener el crecimiento de la vegetación y controlar la erosión.

CONCLUSIONES

1. El excelente uso de los recursos, tanto materiales como humanos y la aplicación correcta de los procedimientos para la perforación y construcción de pozos, garantizarán la distribución y disponibilidad del agua potable en aldeas y colonias de Mixco.
2. Con la cuota que los usuarios pagan por el servicio de agua potable en Mixco, se puede garantizar la sostenibilidad financiera de dichos proyectos, siempre y cuando se haga un análisis amplio para determinar una cuota que satisfaga y cubra los gastos de operación, mano de obra y mantenimiento.
3. Mejorar capacidades internas en el Departamento de Aguas, tales como; el equilibrio de la inversión de tiempo y recursos, el contar con sistemas de monitoreo para medir resultados e impactos, manejo adecuado de fondos con criterios de honradez y transparencia para rendir cuentas y ser transparentes, para fortalecer y garantizar la sostenibilidad financiera, innovación y creatividad para generar las fases de un proyecto.
4. Los recursos financieros, son muy importantes para conseguir la sostenibilidad en los proyectos que se realizan en las municipalidades, estos recursos sirven para garantizar la vida útil de los equipos del sistema de agua, drenajes, tuberías y para toda obra civil. Esto proporcionará desarrollo social, disminuyendo las enfermedades bacteriológicas y aumentando la salubridad para las comunidades.

5. Con un plan de mantenimiento específico y detallado para los equipos de bombeo y rebombeo, se pretende obtener un alto rendimiento en los sistemas y redes de agua potable, por medio de los servicios diarios, semanales, mensuales y anuales, que conforman el mantenimiento, que es de vital importancia para generar un funcionamiento constante y sin inconvenientes.
6. Disminuir los gastos de reparación para todo Departamento de Mantenimiento, esto requiere de responsabilidad y disciplina por parte de los encargados de realizar las reparaciones en los equipos eliminando tareas innecesarias hasta los encargados de mantener un *stock* de repuestos que permita tener un control definido, para reducir los costos.
7. La asignación de actividades de mantenimiento debe ir acompañado de una capacitación, realizando una adecuada selección tanto del personal que lo llevara a cabo como de las herramientas necesarias; lo cual nos permitirá tener un ahorro en el tiempo de ejecución del mantenimiento, mayor productividad de la mano de obra, evitando tiempos adicionales de trabajo.
8. Ficha de control de mantenimiento diario, semanal, mensual y de todo el accionar de reparación, actualizando información en la vida económica de los proyectos de agua.

RECOMENDACIONES

1. Se debe ser transparente al utilizar los recursos financieros, para conseguir la sostenibilidad en los proyectos que se realizan en la municipalidad, estos recursos sirven para garantizar la vida útil de los equipos del sistema de agua, drenajes, tuberías y en toda obra civil. Esto proporcionaría desarrollo social, disminuyendo las enfermedades bacteriológicas y aumentando la salubridad en la comunidad.
2. Para alcanzar la sostenibilidad financiera en el uso de pozos mecánicos de agua potable en el municipio de Mixco, es importante determinar y establecer metas y objetivos que sirvan de base para planificación, administración y evaluación exitosamente.
3. Se debe poner el mayor esfuerzo y responsabilidad para mejorar las capacidades internas del Departamento de Aguas, garantizar un adecuado manejo de fondos con criterios de honradez y transparencia, para fortalecer y garantizar la sostenibilidad financiera, innovación en la generación de las fases de un proyecto.
4. Ya que la principal causa del deterioro en equipos de la red de distribución de agua es la falta de mantenimiento preventivo, se recomienda aplicar las rutinas y guías de mantenimiento preventivo que fueron diseñadas, y programar estas rutinas para mejorar el estado de los equipos y garantizar el servicio que prestan.

5. El personal con mayor conocimiento, es el responsable en el desarrollo de actividades de revisión, limpieza y mantenimiento para asegurar la vida útil de los pozos y equipos de bombeo, y a la vez proporcionar la ayuda y conocimiento a los de menor experiencia que se van adhiriendo en los trabajos.

6. La importancia de las hojas de control y registros son fundamentales en el éxito o fracaso del programa de mantenimiento preventivo, es por ello que se debe sensibilizar a cada uno de los operadores para que el registro sea adecuado y correcto.

BIBLIOGRAFÍA

1. Baumeisler, Theodore, et al. *Manual del ingeniero mecánico*. 9a ed. vol 2. Colombia: McGraw-Hill, 1997. 162 p.
2. ESCOTO, Juan Pablo. [en línea]. [Consulta: 17 de octubre de 2011]. http://conasa.org/files/Modulo6_SostenibilidadFinanciera.pdf.
3. Grundfos. *Catálogo para bombas sumergibles Información técnica*. México: Albatros, 1978. 8 p.
4. JOHNSON FILTRATION SYSTEMS. *El agua subterránea y los pozos: Libro de referencia dedicado a la industria de los pozos de agua*. Estados Unidos: Johnson Division, UOP 1975. 513 p.
5. LENTINI, Emilio. [en línea]. [Consulta: 25 de septiembre de 2011]. <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/0/41140/lcw35e.pdf>.
6. MCNAUGHTON, Kenneth J; NORIEGA, Francisco G. *Bombas: selección, uso y mantenimiento*. México: McGraw-Hill, 1989. 373 p.
7. MONROY, Fredy. *Manual Principios básicos de mantenimiento*. Guatemala: Usac, 2003. 67 p.
8. PALATE GAYBOR, Luis. [en línea]. [Consulta: 23 de octubre de 2011] <http://www.monografias.com/trabajos14/bombas/bombas.shtml>.

9. PRANDO, Raúl R. *Manual Gestión de Mantenimiento a la medida*. Guatemala: Piedra Santa, 1996. 99 p.

APÉNDICE

FICHA DE CONTROL PARA UN

REPORTE DE ACTIVIDADES

Municipalidad de Mixco

Fecha: _____

Departamento de mantenimiento

hoja No. ____ de ____

FICHA DE REGISTRO DE REPARACION

Nombre del equipo: _____

Marca: _____

No. de serie: _____

Ubicación: _____ Responsable: _____

Tipo de trabajo realizado: _____

Duración: _____ Hrs.

Repuestos e insumos utilizados:

Observaciones o recomendaciones:

Técnicos que realizaron el trabajo:

Supervisor

Jefe del departamento