



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

**DISEÑO DEL PROGRAMA PARA LA ADECUADA OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE BOMBAS HIDRAULICAS EN HOSPITALES  
NACIONALES**

**Efraín Andrés Paiz Cano**

Asesorado por Inga. María del Rosario Colmenares de Guzmán

**Guatemala, marzo/abril de 2005**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL PROGRAMA PARA LA ADECUADA OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE BOMBAS HIDRÁULICAS EN HOSPITALES  
NACIONALES

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

EFRAÍN ANDRÉS PAIZ CANO

ASESORADO POR ING. MARÍA DEL ROSARIO COLMENARES SAMAYOA  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2005



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GNERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfredo Asturias Zuñiga
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DEL PROGRAMA PARA LA ADECUADA OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE BOMBAS HIDRÁULICAS EN HOSPITALES  
NACIONALES**

Tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 22 de abril de 2004.

EFRAÍN ANDRÉS PAIZ CANO





Guatemala, enero de 2005

Inga. Marcia Veliz  
Directora de Escuela  
Mecánica Industrial  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Cumpliendo con lo resuelto por la dirección de Escuela, se procedió a la asesoría del trabajo de graduación titulado DISEÑO DEL PROGRAMA PARA LA ADECUADA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS HIDRAULICAS EN HOSPITALES NACIONALES, presentado por el estudiante universitario Efraín Andrés Paiz Cano.

El trabajo presentado por el estudiante Paiz Cano a cumplido con los requisitos reglamentarios consultando con la bibliografía adecuada e investigación de campo; siguiendo las recomendaciones de la asesoría y en virtud tanto el autor, como el asesor son responsables por el contenido del mismo y solicito la aprobación del mismo.

Atentamente,



Inga. María Colmenares de Gúzman  
Catedrática Asesora


Guatemala, enero de 2005

Inga. Marcia Veliz  
Directora de Escuela  
Mecánica Industrial  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Cumpliendo con lo resuelto por la dirección de Escuela, se procedió a la asesoría del trabajo de graduación titulado DISEÑO DEL PROGRAMA PARA LA ADECUADA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS HIDRAULICAS EN HOSPITALES NACIONALES, presentado por el estudiante universitario Efraín Andrés Paiz Cano.

El trabajo presentado por el estudiante Paiz Cano a cumplido con los requisitos reglamentarios consultando con la bibliografía adecuada e investigación de campo; siguiendo las recomendaciones de la asesoría y en virtud tanto el autor, como el asesor son responsables por el contenido del mismo y solicito la aprobación del mismo.

Atentamente,



Inga. María Colmenares de Gúzman  
Catedrática Asesora

Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato  
Tels. 24769579 Exts. 101-102-114  
Fax: 24760365

Ref. DTG-154-2005

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte de la Directora de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL PROGRAMA PARA LA ADECUADA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS HIDRÁULICAS EN HOSPITALES NACIONALES**, presentado por el estudiante universitario, **Efraín Andrés Paiz Cano**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Sydney Alexander Samuels Wilson  
**DECANO**



Guatemala, mayo de 2005.

/lmcb.

Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato  
Tels. 24769579 Exts. 101-102-114  
Fax: 24760365

Ref. DTG-154-2005

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte de la Directora de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DEL PROGRAMA PARA LA ADECUADA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS HIDRÁULICAS EN HOSPITALES NACIONALES**, presentado por el estudiante universitario, **Efraín Andrés Paiz Cano**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Sydney Alexander Samucis Wilson  
**DECANO**



Guatemala, mayo de 2005.

/lmcb.

## **DEDICATORIA**

### **A DIOS**

Por su infinito amor, sus grandes bendiciones, guiarme en el camino y darme la fuerza y el entendimiento para seguir adelante.

### **A MIS BIS ABUELOS**

Ismael Cano y Juana Arias de Cano, por su apoyo, amor; por proporcionarme principios que rigen mi vida, y el ejemplo de superación e integridad que me han brindado.

### **A MI MAMÁ**

Belinda Cano, por el amor, esfuerzo, dedicación que me ha tenido, y hacerme creer siempre en mí. Mamá, te amo.

### **A MI HERMANA**

Ariel, por haber traído otra luz a mi vida, su cariño, y compartir tantos momentos especiales conmigo.

### **A MIS TÍOS**

Por sus palabras de aliento, apoyo y buenos consejos.

### **A MIS PRIMOS**

Por compartir momentos que han hecho especial mi vida.

## A MIS AMIGOS

Por estar en los buenos y malos momentos, en especial a Alejandro Vettorazzi, Marco A. Díaz, María José Herrera, Claudia Girón, Anne Catherine Cotto, Ernesto Pardo, Claudia Figueroa, Ernesto Alvarado, Said Ortiz, Edmar Ramos, Arlen Palacios, José Cordova, Juan Miguel Ruiz, Eugenia Morales, Byron Vasqu ez y Rudi Girón.

## A MI ASESORA

Inga. Maria del Rosario Colmenares, por todo el apoyo incondicional para la realización de este trabajo, y su ejemplo de dedicación y esfuerzo en el mejoramiento de las condiciones actuales de los hospitales públicos mediante la capacitación del personal técnico.

## A LAS FAMILIAS

García Díaz, Vettorazzi González, y Quijivix Vega, por sus muestras de afecto y recibirme siempre como un miembro de su familia.

## AL HOSPITAL GENERAL SAN JUAN DE DIOS

Al personal de servicios de apoyo de mantenimiento y en especial a Fresli Ajch , Reynaldo y Edgar Campos, quienes me brindaron su apoyo, conocimientos y consejos oportunos en la realización de este trabajo



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

DISEÑO DEL PROGRAMA PARA LA ADECUADA OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE BOMBAS HIDRÁULICAS EN HOSPITALES  
NACIONALES

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

EFRAÍN ANDRÉS PAIZ CANO  
ASESORADO POR ING. MARÍA DEL ROSARIO COLMENARES SAMAYOA  
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2005



## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>GLOSARIO</b>	XI
<b>RESUMEN</b>	XV
<b>OBJETIVOS</b>	XVII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XIX
<b>1. ASPECTOS GENERALES</b>	1
1.1 El Ministerio de salud Pública y Asistencia social	1
1.1.1 Reseña del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	2
1.1.2 Unidad de Mantenimiento del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	3
1.1.3 Descripción del funcionamiento de un departamento de mantenimiento en un hospital público	4
1.2 Importancia del agua en la prestación del servicio hospitalario	6
1.2.1 Relación entre el agua y la salud	6
1.2.2 Fuentes de abastecimiento de agua en la red hospitalaria	6
1.2.2.1 Pozos	7
1.2.2.2 Fuentes municipales	7
1.2.3 Utilización del equipo de bombeo	8
1.2.4 Relación entre el equipo de bombeo y el funcionamiento de otras áreas del hospital	8

1.2.4.1 Lavandería	9
1.2.4.2 Generación de vapor	9
1.2.4.3 Limpieza y desinfección	9
1.2.4.4 Otros usos	10
1.2.5 Beneficio del uso adecuado de los recursos hídricos	10
1.3 Principios de funcionamiento de las bombas hidráulicas	13
1.3.1 Bombas de desplazamiento positivo y no positivo	16
1.3.2 Clasificación de los tipos de bombas	17
1.3.2.1 Bombas de desplazamiento positivo	18
1.3.2.1.1 Bombas de émbolo	18
1.3.2.1.2 Bombas de paletas deslizantes	19
1.3.2.1.3 Bombas de lóbulos rectos	19
1.3.2.1.4 Bombas de tornillo rotativo	20
1.3.2.1.5 Bomba de engranes	21
1.3.2.2 Bombas de desplazamiento no positivo	21
1.3.2.2.1 Flujo axial	22
1.3.2.2.2 Flujo radial	23
1.3.2.2.3 Flujo mixto	23
1.3.3 Bombas hidráulicas más utilizadas en la red hospitalaria	24
1.3.3.1 Bombas sumergibles	25
1.3.3.2 Bombas centrifugas	26
1.3.3.3 Otros tipos de bombas utilizadas	27

## **2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS BOMBAS HIDRÁULICAS EN LOS HOSPITALES PÚBLICOS**

### 2.1 Encuesta en unidades de salud del Ministerio de Salud

y Asistencia Social	29
2.1.1 Modelo de la encuesta	30
2.1.2 Metodología de la encuesta	30
2.1.3 Hospitales encuestados	31
2.2 Presentación de resultados	32
2.2.1 Cantidad de equipos en buenas condiciones	32
2.2.2 Capacidades y marcas utilizadas	34
2.2.2 Fallas más comunes	34
2.3 Evaluación de resultados	35
2.3.1 Sobre los equipos disponibles	35
2.3.2 Origen de las fallas	36

<b>3. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBAS HIDRÁULICAS EN HOSPITALES NACIONALES</b>	<b>39</b>
3.1 Requisitos y rutinas de operación de bombas hidráulicas	39
3.1.1 Aspectos generales	40
3.1.2 Normas para la operación de bombas sumergibles	41
3.1.2.1 Montaje	41
3.1.2.2 Sistema eléctrico	43
3.1.2.3 Cajas de control	43
3.1.2.4 Relés	44
3.1.2.5 Válvulas de retención	47
3.1.2.6 Enfriamiento del motor	48
3.1.2.7 Otros elementos eléctricos	50
3.1.3 Normas para la operación de bombas centrífugas	51
3.1.3.1 Montaje	52

3.1.3.2 Cebado	54
3.1.3.3 Sistema eléctrico	55
3.1.3.4 Evaluación de carga neta positiva de succión	55
3.1.4 Normas para la operación de otros tipos de bombas	56
3.1.4.1 Bombas hidroneumáticas	56
3.2 Rutinas de mantenimiento preventivo de bombas hidráulicas	57
3.2.1 Aspectos generales	57
3.2.2 Normas de seguridad	58
3.2.3 Mantenimiento de bombas sumergibles	59
3.2.3.1 Elementos eléctricos	60
3.2.3.2 Lubricación	61
3.2.3.3 Mantenimiento de pozo	61
3.2.4 Mantenimiento de bombas centrífugas	61
3.2.4.1 Lubricación	62
3.2.4.2 Sellos	64
3.2.4.3 Rodamientos	65
3.2.4.4 Acoples	67
3.2.5 Mantenimiento de otro tipo de bombas	69
3.2.5.1 Bombas hidroneumáticas	69
3.2.6 Mantenimiento de equipo complementario	70
3.2.6.1 Mantenimiento preventivo básico de motores eléctricos	71

<b>4. IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBAS HIDRÁULICAS</b>	<b>73</b>
4.1 Elementos y métodos de capacitación propuestos	73
4.2 Descripción de módulos del programa de capacitación	78

4.2.1 Módulo 1, Funcionamiento de Bombas	79
4.2.2 Módulo 2, Normas y Requisitos de Operación	79
4.2.3 Módulo 3, Programa de Mantenimiento Preventivo	80
4.3 Implementación de programas de capacitación al personal operativo y técnico	82
4.4 Registros y mediciones del desempeño de los equipos	84
4.4.1 Registro físico del equipo	84
4.4.2 Historial de funcionamiento	84
4.4.3 Hoja de control de mantenimiento preventivo	85
4.5 Evaluación del desempeño al personal operativo y técnico	85
<b>5. ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCION DE COSTOS EN LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS HIDRÁULICAS</b>	<b>89</b>
5.1 Ahorro en el consumo de agua	89
5.1.1 Eliminación de fugas	89
5.1.2 Equipos sanitarios que economizan agua	90
5.1.3 Concienciar a personal y pacientes	90
5.2 Reducción de gasto por consumo eléctrico	91
5.2.1 Como aprovechar mejor los motores eléctricos	91
5.2.2 Utilización de bombas de alta eficiencia	93
5.2.3 Utilización de programación de bombeo	94
5.2.4 Impacto del ahorro de agua en el consumo eléctrico	94
5.3 Estandarización del equipo de bombeo	95
5.4 Manejo de inventarios de repuestos	95
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>97</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>101</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>103</b>

<b>APENDICE</b>	105
Apéndice 1. Aspectos para seleccionar y cotizar una bomba	105
Apéndice 2. Modelo de encuesta	107
Apéndice 3. Modelo de control para historial de mantenimiento	109
Apéndice 4. Modelo para inventario de equipo	110
Apéndice 5. Hoja de mantenimiento correctivo	111
Apéndice 6. Hoja de mantenimiento preventivo	112
Apéndice 7. Evaluación a los capacitados de los módulos 1,2 y 3	113
Apéndice 8. Evaluación al desempeño al instructor	116
<b>ANEXOS</b>	117
Anexo 1. Limpieza y desinfección de cisternas	117
Anexo 2. Tabla de diagnóstico de fallas	119
Anexo 3. Esquema de mantenimiento de bombas	125

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Organigrama del Departamento de Mantenimiento	5
2	Funcionamiento de bomba de émbolo	18
3	Bomba de paletas deslizantes	19
4	Bomba de lóbulos	20
5	Bomba de tornillo	20
6	Bomba de engranes	21
7	Flujo axial	22
8	Radial	23
9	Flujo mixto	24
10	Bomba sumergible	26
11	Bomba centrífuga y sus partes	27
12	Bomba hidroneumática	28
13	Gráfica de condiciones de las bombas	32
14	Gráfica sobre existencia de manuales	33
15	Gráfica de bombas más utilizadas	33
16	Sello sanitario	42
17	Esquema didáctico de funcionamiento de relé	45
18	Relés N.C. y N.A.	45
19	Camisa inductora de flujo	49
20	Esquema de conexiones a tierra	50
21	Verificación de alineación entre motor y bomba	52

22	Contactos sucios de caja de control	60
23	Ejes desgastados por mala lubricación	64
24	Sellos mecánicos	65
25	Acople tipo lovejoy	67
26	Acople de tacos	68
27	Vistas de empaques de acoples de tacos	68
28	Interruptor de control de presión hidroneumático	70
29	Devanados que requieren la aplicación de barniz	72
30	Modelo de encuesta	107
31	Modelo de encuesta (continuación)	108
32	Modelo de papelería para control de historial de funcionamiento	109
33	Modelo para inventario de equipo	110
34	Modelo de mantenimiento correctivo	111
35	Modelo de mantenimiento preventivo	112

## **TABLAS**

I	Estimación de demandas de agua	12
II	Clasificación elemental de bombas	17
III	Descripción de módulo 1	79
IV	Descripción de módulo 2	80
V	Descripción de módulo 3	81
VI	Descripción de módulo didáctico	83
VII	El motor no arranca	119
VIII	El motor arranca frecuentemente	119
IX	El motor funciona en forma continua	120



X	El motor funciona pero el protector de sobrecargas se activa	121
XI	Guía para resolver problemas de bombas cuando los fusibles o flipones se disparan cuando se arranca el motor	121
XII	La bomba funciona pero envía poco o nada de agua	123
XIII	Esquema gráfico de rutina de mantenimiento	125



## GLOSARIO

<b>Acople</b>	Es el mecanismo de transmisión que conecta el eje del motor con el eje del mecanismo de impulsión. Pueden ser rígidos o flexibles. Los acoples flexibles pueden absorber una leve desalineación entre los dos ejes.
<b>Bomba</b>	Una bomba es una máquina que transforma energía mecánica en energía de presión y velocidad en un fluido. Toda bomba consta de tres elementos básicos: un motor, mecanismo de transmisión y un mecanismo de impulsión.
<b>Bomba centrífuga</b>	Bomba que aprovecha la rotación de su impulsor para poder producir un aumento de presión y velocidad al fluido que se desea desplazar. Es una de las más utilizadas.
<b>Bomba de desplazamiento positivo</b>	Crean presión al desplazar una cantidad fija de fluido por cada revolución y es fijada por las dimensiones y por la forma del componente sólido. Se emplean para presión medía, aplicaciones de flujo bajo, como una bomba medidora que desplaza un volumen conocido de fluido en un tiempo especificado. Son de gran tamaño y poco económicas.

**Bomba de desplazamiento no positivo**

Las bombas de desplazamiento no positivo o flujo continuo reciben este nombre debido a que un impulsor en rápida rotación acelera el fluido que pasa a través de este, arrojando al fluido contra las paredes de la bomba, transformando la energía de velocidad del impulsor en energía de presión en el fluido.

**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.

**Carga neta positiva de succión**

Es un requisito necesario para la instalación de una bomba centrífuga que busca es que para caudal exista una presión mínima de aspiración para que la bomba pueda trabajar sin cavitación. Al momento de instalar o cambiar una bomba por una nueva se debe de llevar a cabo el cálculo de la C.N.P.S. disponible o del sistema y compararla con la C.N.P.S. de la bomba. La C.N.P.S. debe ser mayor a la C.N.P.S. de la bomba.

**Capacitación**

Proceso enseñanza – aprendizaje, que se convierte en la educación profesional que busca adaptar al hombre para efectuar una tarea.

<b>Capacitado</b>	Persona que tras concluir un proceso de aprendizaje ha adquirido conocimientos que le permiten ejecutar una tarea específica.
<b>Caudal</b>	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 <sup>3</sup> /seg.) o galones por minuto (GPM).
<b>Cavitación</b>	Se denomina cavitación a la formación y ruptura de burbujas de vapor en el medio líquido que está siendo bombeado. Podríamos describir el proceso de cavitación imaginando una burbuja que se adhiere a una parte metálica, al desprenderse la burbuja de la parte metálica ocasiona una presión de succión que desprende partículas de material.
<b>Golpe de ariete</b>	Es un choque violento que se produce cuando el movimiento del fluido es modificado bruscamente. En otras palabras, es una sobre presión que puede afectar a los componentes internos de una bomba, tubería o válvula.
<b>Impulsor</b>	Elemento de máquina que tiene la función de impulsar un fluido dentro de una bomba. Comercialmente, es conocido como impeler (impulsor en inglés).

<b>Potencia</b>	La potencia expresa la capacidad de efectuar un trabajo por unidad de tiempo. En el sistema inglés se expresa en caballos de fuerza (HP, y derivan del idioma inglés Horse Power) y en el sistema internacional Watt.
<b>Sanitización</b>	Proceso de desinfección que tiene la función de eliminar, bacterías, microorganismos y virus dañinos para la salud humana.
<b>Torque</b>	Es una fuerza aplicada a una distancia dada y tiende a generar rotación. Tiene relación con la capacidad de entregar energía (para la rotación de un impulsor).
<b>Válvula de retención</b>	La función de una válvula de retención o cheque es impedir el paso de fluido en un sentido contrario al predeterminado.

## RESUMEN

El abastecimiento de agua para la prestación del servicio hospitalario es indispensable y muchas unidades de salud sufren de un abastecimiento deficiente o casi nulo por parte de las redes de distribución municipal de agua, se hace necesario que los hospitales públicos utilicen pozos y tanques de agua para tener a su disposición el vital líquido.

Es aquí donde surge la necesidad de utilizar bombas hidráulicas para bombear el agua desde pozos, o los depósitos donde ha sido almacenada el agua municipal hasta las diversas áreas del hospital. Dependiendo de su aplicación se pueden usar distintos tipos de bombas.

Además encontramos que debido a la escasez de recursos en el sector público muchas veces se adquieren equipos sin analizar consideraciones operativas y la capacitación técnica que se le debe dar personal encargado de operar y dar mantenimiento a los equipos, por lo que la vida útil de los equipos se reduce o los equipos son descartados debido a fallas menores. Ante esta situación es necesario cuantificar qué cantidad de equipos se encuentran con desperfectos o inservibles y determinar las causas para su eliminación.

Como consecuencia de lo anotado y dada la importancia que tiene el equipo de bombeo, se requieren estructurar normas para su operación y mantenimiento, así como el diseño de estrategias que permitan cuantificar y reducir costos por operación de bombas hidráulicas dentro de los hospitales nacionales.





## **OBJETIVOS**

### **GENERAL**

Diseñar una guía que permita la reducción de fallos en bombas hidráulicas, mediante una adecuada operación y mantenimiento, en hospitales públicos del país, administrados por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

### **ESPECÍFICOS**

1. Describir la importancia que tiene la utilización de bombas hidráulicas en el suministro de agua para el funcionamiento de diversas áreas de un hospital, también, para la prestación del servicio hospitalario.
2. Explicar los principios de funcionamiento de las bombas hidráulicas.
3. Determinar el estado actual de las bombas hidráulicas en los hospitales públicos.
4. Explicar las rutinas que permitan una adecuada operación de bombas hidráulicas.

5. Exponer los métodos para un adecuado mantenimiento de bombas hidráulicas.
6. Evaluar mecanismos que permitan la reducción de costos por operación y mantenimiento de bombas hidráulicas.
7. Elaborar una propuesta para la capacitación de él personal operativo y técnico de los hospitales públicos para mejorar la operación y mantenimiento de las bombas hidráulicas.

## INTRODUCCIÓN

Considerando que la salud y la educación son fundamentales para el desarrollo del país, el Gobierno de Guatemala, por medio del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social provee servicios de salud a través de centros de salud, y hospitales nacionales, pero cuenta con un presupuesto bajo para cubrir todas las necesidades que surgen tanto en centros de salud como hospitales, por lo que la utilización de recursos de manera eficiente es necesaria para cubrir la mayor cantidad de necesidades existentes.

Para efectuar la prestación del servicio hospitalario es indispensable la existencia de agua potable para realizar labores en las áreas de generación de vapor, esterilización, desinfección, lavandería, cocina y servicios sanitarios. La ausencia de agua conduce al colapso de un hospital, ya que por ejemplo si no se cuenta con equipo estéril, es imposible efectuar operaciones con seguridad.

Debido a que en Guatemala muchas municipalidades carecen de recursos técnicos para proveer agua potable de manera eficiente, muchos hospitales tienen la necesidad de contar con bombas de agua para la extracción y redistribución de agua dentro del hospital, pero debido al desgaste y en algunas ocasiones al bajo mantenimiento brindado a los equipos de bombeo se producen fallas que disminuyen la confiabilidad del suministro de agua. Esta situación motivó la elaboración de una encuesta para determinar las condiciones actuales y proponer un mecanismo para aumentar la confiabilidad del suministro de agua.

Según la encuesta los equipos de bombeo utilizados son las bombas centrífugas y las bombas sumergibles.

Al verificar aspectos de la encuesta se pudo observar que el estado de los equipos de bombeo se puede mejorar efectuando una correcta operación y mantenimiento de los mismos, pues las empresas proveedores de los equipos no proporcionan los manuales ni la capacitación técnica que necesitan los operadores y que estipulan los contratos de adquisición de equipo.

El efectuar labores de mantenimiento preventivo, tales como cambio de cojinetes, empaques, entre otras, contribuirá de manera efectiva a la reducción de fallos, y también aumentarán la vida útil de los equipos. Para que los operadores puedan efectuar estas tareas se proponen tres módulos de capacitación que incluyen aspectos sobre principios de funcionamiento, operación y mantenimiento de equipos de bombeo.

Como parte del proceso de mejora se proponen aspectos relacionados con el ahorro de agua y energía eléctrica, que involucran al personal del hospital como parte de una estrategia integral.

## **1. ASPECTOS GENERALES**

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social a través de la unidad de mantenimiento apoya a toda la red hospitalaria nacional en programas de adquisición, capacitación, renovación y mantenimiento de diversos equipos utilizados dentro de un hospital. De esta manera se pretende que las funciones que tiene la unidad de mantenimiento sean un apoyo a los departamentos de mantenimiento de los hospitales nacionales y se mejoren las condiciones de los equipos que intervienen en el suministro de agua para la prestación del servicio hospitalario.

Un aspecto importante antes de describir las condiciones actuales de los equipos de bombeo, es determinar cuales son los principios de funcionamiento de un equipo; por ello se describen las características de operación de las bombas de desplazamiento positivo y desplazamiento no positivo.

### **1.1 El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social**

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (M.S.P.A.S.) como parte de las políticas de salud pública realiza esfuerzos nacionales y municipales para el desarrollo de la protección ambiental, los servicios de agua potable y saneamiento básico, la evaluación y vigilancia de los riesgos ambientales en salud, la salud integral de la población. Además, busca la cooperación para el acceso universal a agua segura.

### **1.1.1 Reseña del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social**

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social fue creado con la finalidad de cumplir con el derecho constitucional de acceso a la salud pública y gratuita que tienen los ciudadanos de la República de Guatemala razón por la que busca la coordinación de diversos órganos del Estado, en la formulación y ejecución de políticas públicas de protección social de la salud y seguridad social, equitativas solidarias y de cobertura universal. Además, busca contribuir al mejoramiento de las competencias del recurso humano en salud mediante capacitación, de los servicios de salud sus tecnologías a nivel ambulatorio y hospitalario, con énfasis en el nivel primario de atención, la calidad de los laboratorios clínicos, bancos de sangre y el uso y elementos biológicos.

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social también es el encargado del desarrollo de redes de servicios de salud, promueve también la conservación y articulación de los conocimientos y prácticas populares, tradicionales y alternativas en salud.

Con el objetivo de contribuir al desarrollo de las capacidades nacionales para la prevención y control de los problemas prioritarios de salud, transmisibles y no transmisibles, el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social genera proyectos para el fortalecimiento de la vigilancia epidemiológica nacional. Además, actualiza, analiza e interpreta la información sobre la situación de salud y sus condicionantes en el país, manteniendo permanente comunicación y asegurando la vinculación de las autoridades nacionales con los sistemas de información y vigilancia epidemiológica a nivel internacional.

Los esfuerzos por mejorar la cobertura de salud también son apoyados por la Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS) y otras Organizaciones No Gubernamentales (ONG) que apoyan el desarrollo de la vigilancia, prevención y control de los principales problemas de salud transmisibles y no transmisibles como desnutrición, dengue, mal de chagas, enfermedades transmitidas por alimentos, tuberculosis, Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida (SIDA), enfermedades de transmisión sexual, cáncer, diabetes e hipertensión; entre otros problemas prioritarios.

### **1.1.2 Unidad de Mantenimiento del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social**

La unidad de mantenimiento del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social fue creada en la década de 1980 como parte de un convenio de cooperación suscrito por el Ministerio de Salud Pública y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), como condición para la aprobación de un crédito destinado a la construcción de 16 hospitales públicos ubicados en distintos departamentos del país como una estrategia para mejorar la cobertura del sistema de salud pública.

La finalidad de la Unidad de Mantenimiento es supervisar la ejecución de obras en los hospitales públicos, y verificar que las empresas privadas ganadora de una licitación cumplan todos los aspectos técnicos de los contratos realizados como un mecanismo para garantizar la calidad de las obras.

La unidad de mantenimiento busca capacitar y proporcionar el apoyo técnico necesario a los distintos departamentos de mantenimiento de los hospitales nacionales.

Esto se hace debido a en un hospital no solamente utiliza maquinaria y equipo usado de forma común en la industria, como calderas, plantas eléctricas, lavadoras, bombas, compresores, equipos de refrigeración y aire acondicionado, si no que incorpora equipo médico que requiere cuidado y manejo especializado ya que exigen precisión e implican riesgo de contaminación de alguna enfermedad.

En la actualidad, esta unidad ha sido absorbida por la Unidad de Proyectos de Infraestructura en Salud (UPRISAL), la que realiza las funciones que anteriormente realizaba la unidad de mantenimiento pero enfatiza la supervisión de nuevos proyectos en el campo de la salud pública.

### **1.1.3 Descripción del funcionamiento de un departamento de mantenimiento en un hospital público**

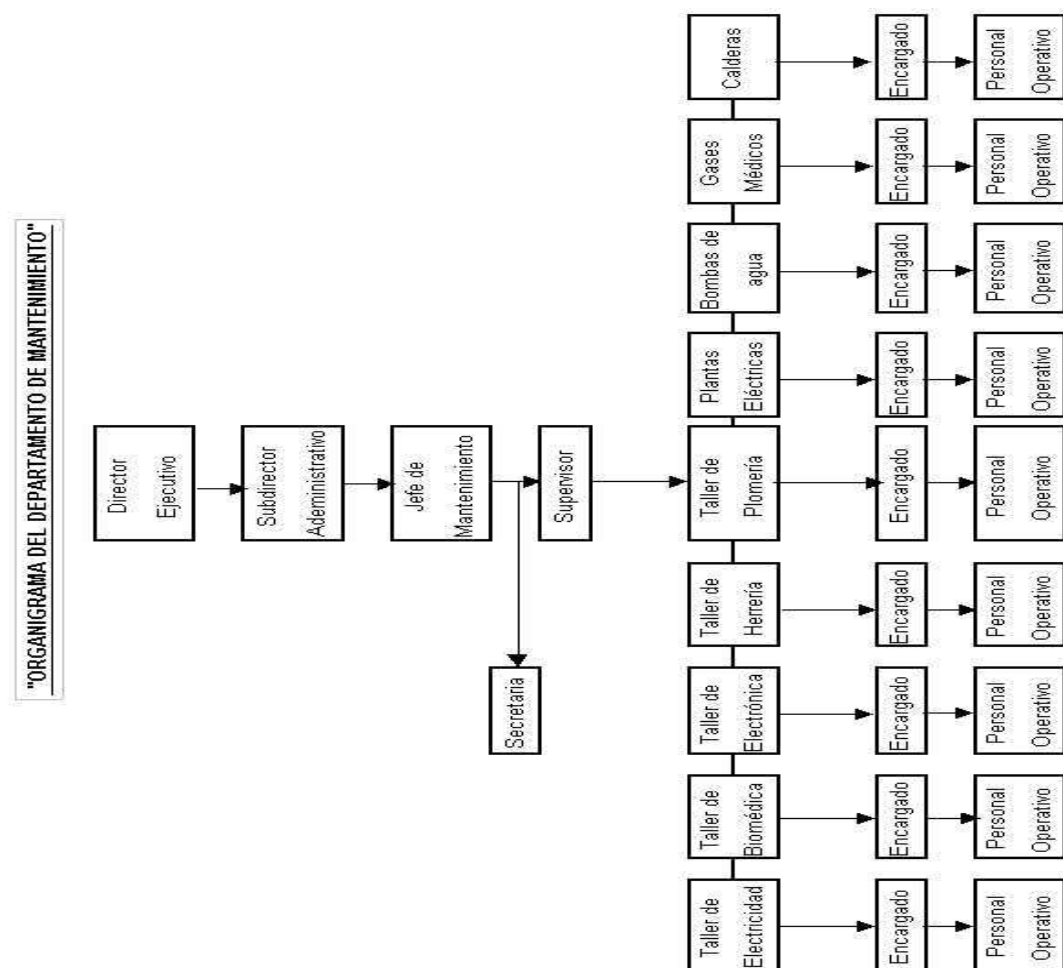
El departamento de mantenimiento es el ente encargado de velar por el mantenimiento y reparación de los equipos y máquinas del hospital.

En el Hospital General San Juan de Dios, el Departamento de Mantenimiento tiene la debilidad de contar con un presupuesto pobre que permita planear sus actividades. Para lo cual depende de la gerencia administrativa del hospital. El Departamento de Mantenimiento se subdivide en áreas de servicios y áreas de mantenimiento.



Las áreas de servicio comprenden aquellas actividades de vital importancia y sin las cuales podría colapsar el hospital. Dentro de estas áreas se encuentran las calderas, plantas eléctricas, gases médicos y bombas de agua. La característica principal de estas áreas es que cuentan con un técnico operador las 24 horas del día.

Figura 1. Organigrama del Departamento de Mantenimiento



Dentro de los talleres de mantenimiento y dependiendo el tamaño del hospital podemos encontrar talleres de electricidad, carpintería, equipos biomédicos, soldadura y otros. Los talleres tienen como deficiencia el no contar con las herramientas y materiales necesarios para llevar a cabo sus tareas debido a la falta de presupuesto.

## **1.2 Importancia del agua en la prestación del servicio hospitalario**

En un hospital, el agua es necesaria para la elaboración de alimentos y para el consumo humano por lo que se debe ser potable. Además sirve en los procesos de desinfección, lavado, generación de vapor y otros.

### **1.2.1 Relación entre el agua y la salud**

El agua es el líquido esencial para los seres humanos por lo que debe de ser potable; es decir incolora, insabora, inodora y libre de bacterias. Si no se cumple con esta condición puede provocarse gran diversidad de enfermedades que pueden ocasionar la muerte.

### **1.2.2 Fuentes de abastecimiento de agua en la red hospitalaria**

Un hospital se abastece de agua mediante el suministro municipal o pozos y en algunos casos ambas fuentes.

### **1.2.2.1 Pozos**

La utilización de pozos es una de las mejores opciones debido al alto caudal de agua que un hospital consume. Tiene la desventaja de que el personal del hospital debe de efectuar la potabilización del agua añadiendo cloro. Para la potabilización se utilizan dosificadores de cloro en gas o se le agrega hipoclorito de calcio. La diferencia es que un dosificador agrega cloro en gas al agua en forma directa en la tubería que va del pozo a la cisterna y el hipoclorito de calcio se adiciona disuelto en agua, cuando el agua está almacenada en las cisternas.

Cuando un hospital utiliza pozos como fuente de suministro de agua potable, se hace necesario la utilización de cisternas aéreas, o subterráneas.

Los hospitales de una o dos plantas que tienen cisternas aéreas efectúan la distribución del agua por gravedad, mientras que los hospitales de más plantas utilizan cisternas subterráneas y efectúan la redistribución por medio de bombas de agua y tanques hidroneumáticos.

### **1.2.2.2 Fuentes municipales**

El agua municipal es considerada como una fuente de abastecimiento pero debe garantizar el caudal y la presión necesaria dentro de la red de distribución del hospital. La toma municipal debe ser suficiente para cubrir la demanda de agua de los encamamientos, lavandería, generación de vapor, etc.

Es necesario verificar que la empresa municipal efectuó el proceso de potabilización, ya que un estudio reciente ha descubierto que el 45% de las 331 municipalidades del país no purifica el agua lo que puede originar la propagación de epidemias dentro del hospital.

Un hospital abastecido con agua municipal debe poseer tanques de almacenamiento de agua o un pozo mecánico para cuando el abastecimiento municipal sea insuficiente.

### **1.2.3 Utilización del equipo de bombeo**

Las bombas de agua dentro de un hospital cumplen dos finalidades; la primera es la de extracción de agua desde un pozo hasta una cisterna, y la segunda la circulación del agua dentro del sistema de distribución del hospital. Para la extracción de agua de los pozos se utilizan bombas sumergibles, y para la distribución dentro de la red se utilizan bombas centrífugas.

### **1.2.4 Relación entre el equipo de bombeo y el funcionamiento de otras áreas del hospital**

El agua es necesaria para realizar diversos procesos dentro de un hospital; muchos de esos procesos están relacionados entre sí, y son fundamentales para la prestación del servicio hospitalario.

#### **1.2.4.1 Lavandería**

La ropa que usan los pacientes internados es proporcionada normalmente por el hospital, por lo que debe lavarse de manera constante para limpiar y desinfectar la ropa, ya que muchas veces la ropa utilizada no solamente está sucia si no contaminada con microorganismos y bacterias causantes de diversas enfermedades.

Debido a los volúmenes de ropa que maneja un hospital público, se hace indispensable que el agua de lavandería llegue con un caudal constante cuando se cargan las lavadoras, para minimizar el tiempo del ciclo de lavado.

#### **1.2.4.2 Generación de vapor**

La generación de vapor se efectúa en las calderas y las autoclaves y requiere que el agua de suministro sea potable, blanda, y llegue a los puntos de abastecimiento con una presión y caudal constante. Si el agua no llega a una presión mínima la caldera no podrá funcionar. La falta de agua en la caldera puede originar costosos daños en los tubos de la caldera al quebrarlos por la acción del calor.

#### **1.2.4.3 Limpieza y desinfección**

La esterilización de instrumental médico, ropa para sala de operaciones y gasas son efectuados mediante vapor y agua en la unidad de esterilización.

En la mayoría de hospitales esta unidad recibe el nombre de central de equipos.

La unidad central de equipos esteriliza mediante procesos de lavado y la aplicación de calor mediante vapor. Para esterilizar con vapor se utilizan autoclaves. Las autoclaves son dispositivos similares a las ollas de presión y tienen las propiedades de presión y temperatura del vapor a una calidad para llevar a cabo el proceso de esterilización.

#### **1.2.4.4 Otros usos**

El agua también es utilizada en las áreas de cocina, jardines y servicios sanitarios. En el área de cocina utiliza agua para la preparación de bebidas, alimentos, y pan. Además el lavado de frutas, verduras, marmitas, equipo de cocina y platos por lo que se convierte en un insumo indispensable para el funcionamiento de la cocina. La tabla I muestra la demanda de agua que pueden tener algunas áreas.

#### **1.2.5 Beneficio del uso adecuado de los recursos hídricos**

Las principales fuentes de abastecimiento de agua para el consumo y el servicio humano en Guatemala son los ríos y el agua del manto freático.

Ambas fuentes son utilizadas irracionalmente, ya que no existe conciencia sobre el uso adecuado del agua.

En Guatemala debido a la deforestación ocasionada por la tala ilegal, el crecimiento de la frontera agrícola, los incendios forestales, el aumento de la población y la contaminación ambiental nos enfrentamos a una reducción del flujo pluvial y a la degradación del recurso hídrico y de los ecosistemas. Los ríos para ser considerados como fuentes de abastecimiento, requieren costosos proceso de tratamiento.

Los mantos freáticos descienden cada vez más su nivel y debido al crecimiento de la demanda, no pueden recuperar el agua que entregan. Por dicha razón, cada vez es necesario perforar pozos a mayor profundidad. Al utilizar racionalmente el agua extraída de los pozos se aumentará la vida de los mismos.

Los mantos freáticos tampoco están exentos de sufrir contaminación. Un ejemplo de ello ocurre en el Hospital General San Juan de Dios, donde un pozo de baja profundidad ha sido clausurado debido a la existencia de la bacteria pseudomona posiblemente por la infiltración ocasionada por los drenajes. Esta bacteria impide que las heridas de un paciente sanen, es resistente al cloro y su eliminación implica la utilización de otros químicos como el ácido acético, por lo que aumenta los costos de potabilización.

Se debe llevar a cabo la concienciación tanto de pequeño, como grandes usuarios, sobre la importancia que tiene el economizar y no contaminar el agua es para la preservación de las fuentes hídricas y del ecosistema.

Tabla I. Cálculo de la demanda de agua

Uso	Litros / Día	Observaciones
<b>Hospitales</b>		
Camas adultos	1000	Por cama
Camas pediátricas	500	Por cama
Cunas	500	Por cuna
<b>Clínicas</b>		
De medicina general	100	Por consultorio
De especialidades	200	Por consultorio
<b>Oficinas</b>	10	Por metro <sup>2</sup>
<b>Habitaciones</b>	300	Por habitante
<b>Centros deportivos</b>	500	Por usuario
<b>Riego</b>		
Jardines	5	Por metro <sup>2</sup>
Patios plazas y Estacionamientos	3	Por metro <sup>2</sup>
<b>Lavandería</b>	30 Litros/Kilogramo de ropa seca	

\* La cuantificación del agua en el cuarto de calderas dependerá de la demanda de vapor que exista en las áreas de lavandería, cocina, central de equipos. Además también influye las condiciones de las líneas de distribución de vapor (si hay fugas), y las líneas de retorno condensado.

\*\* Para cuantificar la demanda de agua en la cocina se debe considerar el tipo de dieta, el volumen de comida a producir, agua para limpieza de equipo y utensilios de cocina, así como agua para sanitización del local.

\*\*\* Recordar que a este estimado se le debe de agregar el agua que se utiliza en las consultas externas, salas de operación, y limpieza de equipos.

Fuente: Manual de Diseño de Hospitales. Instituto Mexicano de Seguridad Social(I.M.S.S.). Pág. 20.



### **1.3 Principios de funcionamiento de las bombas hidráulicas**

Una bomba es una máquina que transforma energía mecánica en energía de presión y velocidad en un fluido. Toda bomba consta de tres elementos básicos: un motor, mecanismo de transmisión y un mecanismo de impulsión.

El motor de la bomba puede ser eléctrico o de combustión interna. Los motores eléctricos pueden ser monofásicos o trifásicos; normalmente, los primeros se utilizan en bombas de bajo caballaje (hasta 7.5 Hp) y con voltajes de 110V, 220V, 240V; los trifásicos se emplean para caballajes mayores y en voltajes que pueden variar de 208V, 240V, 440V y 480V.

Los motores de combustión interna son utilizados cuando por las condiciones del lugar no es posible tener acceso a energía eléctrica. Tienen un mayor costo por operación y mantenimiento que un motor eléctrico. Cuando las bombas utilizan un motor de combustión interna las bombas vienen acopladas de forma que el motor proporciona la potencia y la velocidad que la bomba requiere. Las bombas que utilizan motores de combustión interna de gasolina tendrán mayor rapidez (r.p.m.) y menor potencia, y las que funcionen con Diésel más potencia y menor rapidez (r.p.m.).

El mecanismo de transmisión que conecta al motor, con el mecanismo de impulsión puede ser de dos formas: mediante fajas y poleas o mediante acoples flexibles. La transmisión mediante acoples flexibles es la más utilizada.

El mecanismo de impulsión puede ser de diversas formas. Existen mecanismos que se basan en un cilindro y émbolo, engranes o tornillos acoplados, rodetes o impulsores y otras formas que tienen como característica principal el uso de la rotación para su funcionamiento.

Algunos conceptos que utilizados para describir el funcionamiento de las bombas independientemente del mecanismo de impulsión son los siguientes:

**a) Capacidad.** La capacidad de una bomba es el volumen de líquido bombeado por unidad de tiempo (caudal) y se puede expresar en litros por segundo (l/ seg.), metros cúbicos por segundo ( $m^3/\text{seg.}$ ) o galones por minuto (GPM).

**b) Altura o cabeza de bomba (Head Pump).** Todo sistema hidráulico requiere energía para mover el agua de manera horizontal o vertical a una distancia determinada. Cuando se bombea agua de manera horizontal únicamente hay que vencer pérdidas por fricción que se originan en las tuberías, válvulas, filtros, etc., debido a que la energía potencial ( $E_p$ ) es la misma; pero, cuando se bombea agua de manera vertical desde una altura inicial ( $h_0$ ), hasta una altura final ( $h_f$ ); además de las pérdidas por fricción hay que aumentar la energía potencial ( $E_p$ ) para mover el agua contra la fuerza originada por la gravedad ( $g$ ). Cuando un proveedor nos proporciona una bomba la altura o cabeza de bomba será la capacidad que tiene la bomba para bombear agua, al calcular la suma de todas las pérdidas por fricción más la altura a la que se debe elevar el agua expresadas en unidades lineales, que puede ser en metros (m) o pies (ft).

Por ejemplo, si al calcular las pérdidas por fricción en un sistema hidráulico se obtiene que las pérdidas son de 15 metros, y la altura a la que se desea bombear el agua es 17 metros, las pérdidas totales serán de 32 metros.

Entonces, se debe seleccionar una bomba con una altura o cabeza de bomba mayor que 32 metros. En el mercado se pueden encontrar bombas de 0.5 HP con una cabeza de bomba de 40 metros; esta bomba podría ser la ideal para este ejemplo ya que tendríamos un margen de seguridad de 8 metros, que podrían ser usados en futuras ampliaciones de la red.

**c) Eficiencia.** Debido a que las bombas son máquinas que transforman la energía no son totalmente eficientes, y disipan energía en forma de calor por medio de la fricción de sus partes móviles y el rozamiento del fluido que circula en su interior. La eficiencia es un factor que se debe de considerar al momento de seleccionar una bomba, ya que la potencia real de la bomba puede ser menor a la especificada por el fabricante.

**d) Revoluciones por minuto.** Las revoluciones por minuto (r.p.m.) indican las veces en las que gira el mecanismo de impulsión durante un minuto. Una bomba está diseñada para trabajar en una velocidad en la que su rendimiento será el óptimo por lo que se debe colocar un motor acorde a este requerimiento.

**e) Presión.** La presión de descarga puede ser vital en algunas aplicaciones está dada normalmente en unidades de fuerza por unidad de área. Se expresa en libras por pulgada cuadrada (lb/pulg<sup>2</sup>, ó p.s.i.), o kilogramos por centímetro cuadrado (kg/cm<sup>2</sup>).

**f) Potencia.** La potencia expresa la capacidad de efectuar un trabajo por unidad de tiempo. En el sistema inglés se expresa en caballos de fuerza (HP, y derivan del idioma inglés *Horse Power*). Al aumentar la potencia aumenta la capacidad de la bomba.

De acuerdo al mecanismo de impulsión las bombas se clasifican en dos categorías:

- Bombas volumétricas, estáticas o de desplazamiento positivo
- Bombas de flujo continuo, dinámicas o de desplazamiento no positivo

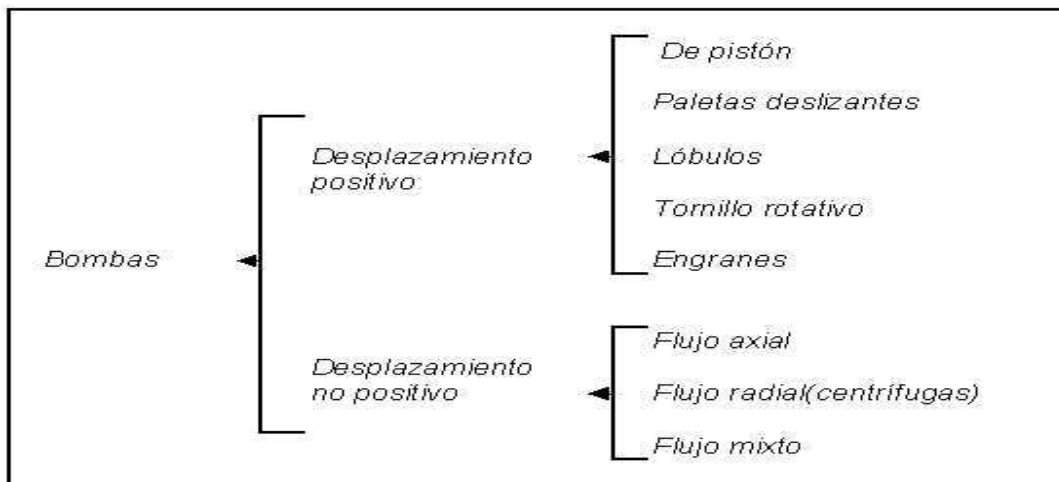
### **1.3.1 Bombas de desplazamiento positivo y no positivo**

Las bombas de desplazamiento positivo reciben este nombre porque el volumen de fluido obtenido en cada movimiento completo del elemento sólido, es igual al volumen desalojado por éste; independientemente de la velocidad del movimiento. Crean presión al desplazar una cantidad fija de fluido que es fijada por las dimensiones y por la forma del componente sólido. Se emplean generalmente para presión medía, aplicaciones de flujo bajo, como una bomba medidora que desplaza un volumen conocido de fluido en un tiempo especificado, son de gran tamaño y poco económicas.

Las bombas de desplazamiento no positivo o flujo continuo reciben este nombre debido a que un impulsor en rápida rotación acelera el fluido que pasa a través de este, arrojando al fluido contra las paredes de la bomba, transformando la energía de velocidad del impulsor en energía de presión en el fluido.

Su funcionamiento consiste en halar el líquido por la parte central del cuerpo de la bomba por medio de unas aspas en forma de espiral, que al girar a gran velocidad lanza el agua con fuerza que se transforma en presión; son las más utilizadas.

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



Fuente: <http://www.monografias.com>

### 1.3.2 Clasificación de los tipos de bombas

Tanto las bombas de desplazamiento positivo como de flujo continuo se subdividen según el mecanismo de impulsión. Dentro de estos mecanismos de impulsión los más comerciales son para fluidos viscosos como aceites, gasolina, pastas y otros fluidos con alta viscosidad las bombas de desplazamiento positivo; para fluidos como el agua se utiliza bombas de flujo continuo, como las centrífugas.

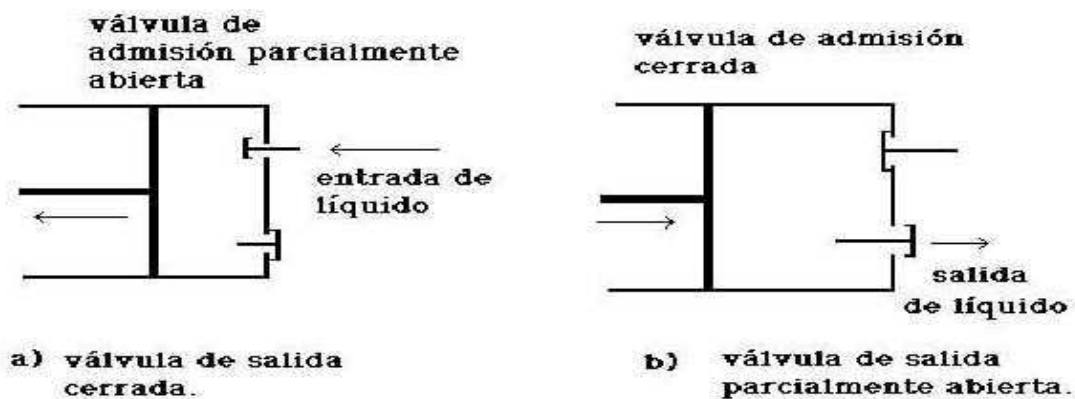
### 1.3.2.1 Bombas de desplazamiento positivo

Dentro de las bombas de desplazamiento positivo se tienen las bombas de émbolo, paletas deslizantes, lóbulos rectos, tornillo rotativo y engranes.

#### 1.3.2.1.1 Bombas de émbolo

Estas bombas constan de un émbolo y un cilindro. El émbolo (pistón) realiza dos carreras, una de succión y otra de descarga, todo esto en una sola revolución. Pueden ser de varias etapas, es decir de varios cilindros conectados en serie para aumentar la presión de descarga; cuando se desea aumentar el caudal se deben de instalar en paralelo; tienen como desventaja que el flujo del fluido que es impulsado es irregular.

Figura No. 1 Funcionamiento de bomba de émbolo

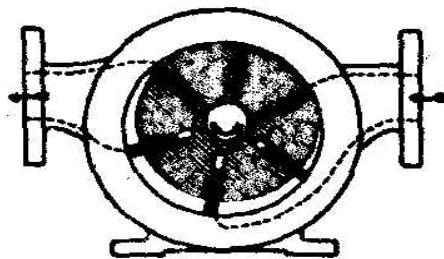


Fuente: <http://www.monografias.com>

### 1.3.2.1.2 Bombas de paletas deslizantes

Las bombas de paletas deslizantes constan de un rotor montado de manera excéntrica dentro de una carcasa. El rotor posee cavidades en las que hay unas paletas montadas sobre resortes. Al girar el rotor las paletas impulsan el fluido. Este tipo de bombas son utilizadas para fluidos viscosos. Tiene como desventaja que el rendimiento de la bomba disminuye a medida que se desgastan sus partes móviles.

Figura 3. Bomba de paletas deslizantes

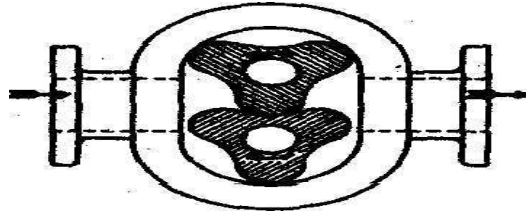


Fuente: Claudio Mataix. Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Pág. 573.

### 1.3.2.1.3 Bombas de lóbulos rectos

Las bombas de lóbulos rectos constan de una carcasa que contiene dos o tres rotores simétricos idénticos. Estos se mantienen encajados mediante engranajes externos acoplados y rotan en sentido contrario, estas bombas aumentan la presión por medio del contraflujo.

Figura 4. **Bomba de lóbulos**

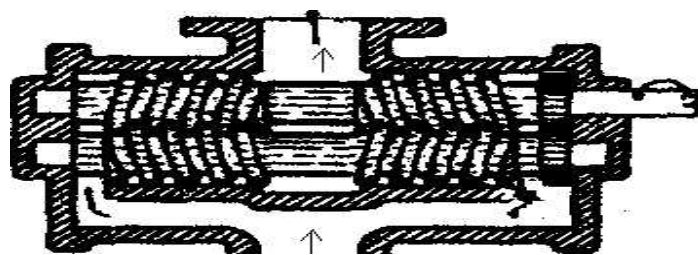


Fuente: Claudio Mataix. Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Pág. 573.

#### 1.3.2.1.4 Bombas de tornillo rotativo

Las bombas de tornillo constan de dos tornillos, un impulsor y otro impulsado. Los tornillos se encuentran dentro de una carcasa y su mecanismo de funcionamiento es aumentar la presión del fluido dentro de las cámaras que se forman entre las caras de los tornillos helicoidales encajados y la carcasa.

Figura 5. **Bomba de tornillo rotativo**



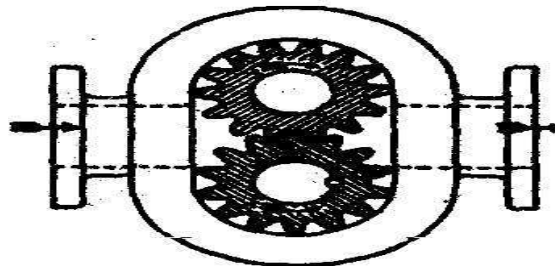
Fuente: Claudio Mataix. Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Pág. 573.



### 1.3.2.1.5 Bomba de engranajes

Las bombas de engranajes son utilizadas para bombear líquidos de alta viscosidad, como combustibles; constan de 2 engranajes que tienen el mismo paso y están dentro de una carcasa. El fluido es atrapado entre los espacios que se forman entre los dientes de los engranajes y la carcasa. Este es el mecanismo que utilizan las bombas de Diésel de los incineradores de desechos hospitalarios.

Figura 6. Bomba de engranes



Fuente: Claudio Mataix. Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Pág. 573.

### 1.3.2.2 Bombas de desplazamiento no positivo

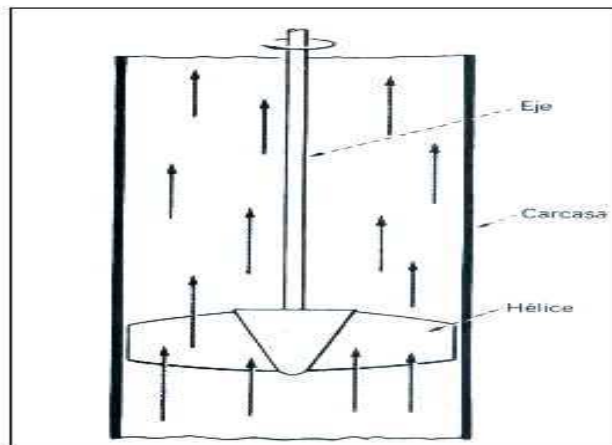
Dependiendo la forma de sus impulsores (*impellers*), las bombas de desplazamiento no positivo o flujo continuo pueden ser de flujo axial, flujo radial (centrífugo) o flujo mixto.

Para la misma potencia de entrada y para igual eficiencia, las bombas centrífugas se caracterizan por presentar una presión relativamente alta con un caudal relativamente bajo, las bombas de flujo axial generan un caudal alto con una baja presión y las de flujo mixto tienen características que se ubican en un rango intermedio con respecto a las dos anteriores.

### 1.3.2.1 Flujo axial

En este tipo de bombas el sentido del flujo es paralelo al eje que impulsa el fluido. En este tipo de bomba se eleva la presión impulsando el líquido con las paredes del impulsor en lugar de las paredes de la carcasa, es el principio utilizado en las bombas sumergibles.

Figura 7. **Flujo axial**

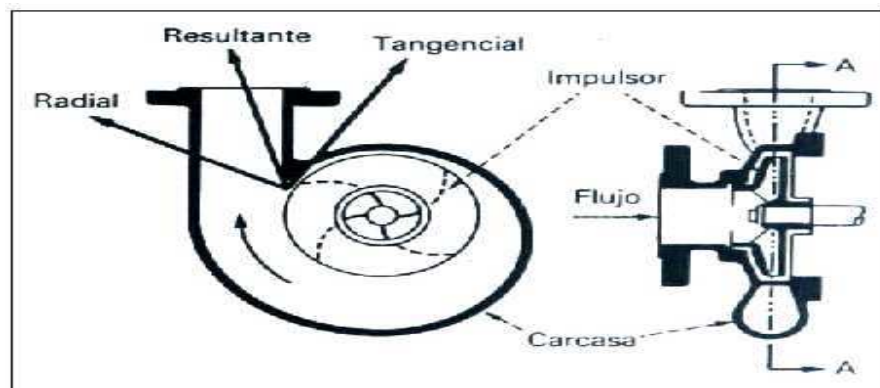


Fuente: Kenneth Macnaughton. Bombas. Pág. 113.

### 1.3.2.2 Flujo radial

Las bombas de flujo radial también son conocidas como bombas centrifugas. Son las más utilizadas para el bombeo de agua, su funcionamiento consiste en succionar el líquido por la parte central del cuerpo de la bomba por medio de unas aspas curvas en forma de espiral ubicadas en el centro del impulsor (también conocido como impeler) y por medio de un giro a gran velocidad imparte fuerza centrífuga al fluido, la cual eleva la presión.

Figura 8. **Flujo radial**

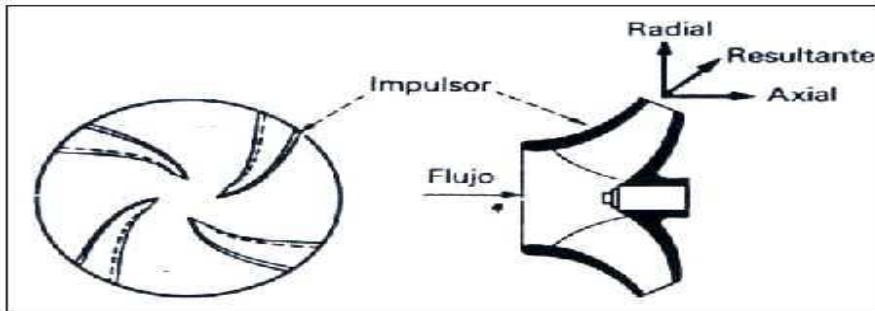


Fuente: Kenneth Macnaughton. Bombas. Pág. 113.

### 1.3.2.3 Flujo mixto

Las bombas de flujo mixto combinan los principios de las bombas de flujo axial, con los de la bomba de flujo radial. Esto es realizado por un solo impulsor, el cual posee un ángulo resultante; esto obedece al diseño de la bomba.

Figura 9. Flujo mixto



Fuente: Kenneth Macnaughton. Bombas. Pág. 114.

### 1.3.3 Bombas hidráulicas más utilizadas en la red hospitalaria

Las aplicaciones donde se utilizan bombas en un hospital son la extracción de agua y la distribución. Para la extracción se utilizan bombas sumergibles y para la distribución bombas centrifugas e hidroneumáticas. Las bombas de agua son utilizadas regularmente siguiendo estos parámetros:

- **Bombas sumergibles.** Se pueden utilizar para bombear agua desde pozos hasta tanques elevados o depósitos subterráneos. Cuando descargan el agua en depósitos elevados se puede surtir agua por medio de gravedad a todos los niveles del hospital ubicados por debajo de la altura del depósito elevado. En caso de que no exista fuente de suministro municipal confiable se recomiendan tener al menos dos.
- **Bombas centrifugas.** Las bombas centrifugas son utilizadas para redistribuir el agua que está en depósitos subterráneos hacia todos los servicios.

La presión y el caudal dependen del diseño de la red de distribución dentro del hospital. Según el tamaño del hospital será necesario que el hospital cuente con un cuarto de bombas. En hospitales como el San Juan de Dios es necesario tener al menos tres bombas en buen estado.

- **Las bombas hidroneumáticas.** Se recomiendan para hospitales que cuenten con depósitos subterráneos, con un máximo de 65 encamamientos sin lavandería y 50 encamamientos con lavandería.
- **Bombas de emergencia de protección en caso de incendio.** Deben de tener la capacidad de suministrar agua a los hidrantes que estén dentro y fuera del hospital. Son de tipo centrífugo.

Las características de funcionamiento de las bombas más utilizadas son descritas a continuación.

### **1.3.3.1 Bombas sumergibles**

Se le conoce como bomba sumergible al tipo de bomba utilizada para extraer agua de pozos mecánicos; la bomba sumergible tiene como característica que se encuentra debajo del nivel del agua dentro del pozo.

Tiene un motor eléctrico sellado que está conectado por medio de cables especiales resistentes al agua; normalmente, posee varios impulsores conectados en serie al motor y tiene un flujo axial.

Figura 10. **Bomba sumergible**



Fuente: Manual de Goulds pumps. Pág. 1.

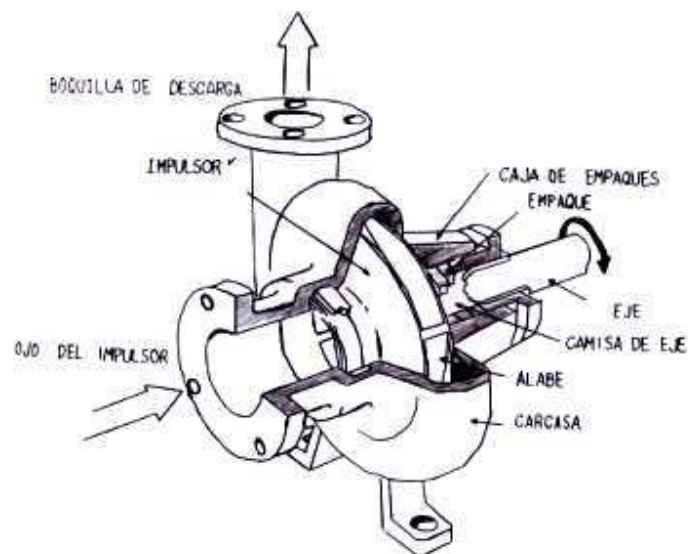
### 1.3.3.2 Bombas centrífugas

Las bombas centrífugas constan normalmente de un motor eléctrico, una transmisión por medio de un acople flexible y un impulsor con flujo radial dentro de una carcasa. Las carcasas de las bombas centrífugas son regularmente hechas de hierro fundido y el impulsor de bronce o plástico

El impulsor está montado sobre un eje apoyado en rodamientos. Sobre el eje también van montados sellos que evitan que existan fugas entre la carcasa y el eje; pero, que además permiten que exista goteo para lubricación entre el eje y el sello.

Las bombas centrífugas son las bombas más utilizadas dentro de la red hospitalaria de Guatemala.

Figura 11. **Bomba centrífuga y sus partes**



Fuente: <http://www.monografias.com>

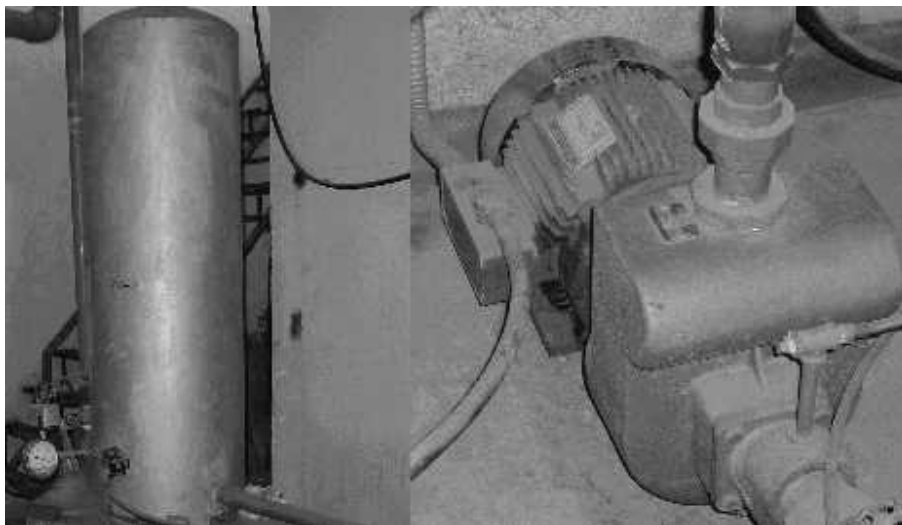
### 1.3.3.3 Otros tipos de bombas utilizadas

Dentro de otras bombas utilizadas para abastecer de agua se pueden mencionar las bombas hidroneumáticas. Esta consiste en una bomba centrífuga a la que se le acopla en la tubería de descarga un cilindro, un manómetro y un interruptor eléctrico que la hacen operar de manera automática. Cada bomba hidroneumática tiene un cilindro acorde a su potencia; el cilindro contiene una bolsa a base de un material elástico en la que entra el agua que es descargada por la bomba.

Al aumentar la presión del agua, la bolsa se expande en el interior del depósito hasta llegar a presión que se ha predefinido en el interruptor de mando por el usuario (está es presión en la cuál el sistema que estamos alimentando de agua trabaja en las condiciones requeridas).

Al disminuir la presión del sistema debido a que en algún punto de la red se ha abierto una válvula y hay consumo de agua, se activará nuevamente la bomba centrífuga hasta alcanzar otra vez la presión predefinida.

Figura 12. **Bomba Hidroneumática.**



**A)izq. Tanque, B)der. Bomba**



## **2. SITUACIÓN ACTUAL DE LAS BOMBAS HIDRÁULICAS EN LOS HOSPITALES PÚBLICOS**

### **2.1 Encuesta en unidades de salud del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social**

El Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social brinda atención médica mediante la red hospitalaria nacional y centros de salud distribuidos estratégicamente dentro de todo el país; tanto hospitales como centros de salud necesitan contar con una fuente confiable de abastecimiento de agua para cubrir necesidades básicas de salubridad.

Los hospitales nacionales por su envergadura se convierten en las unidades fundamentales dentro de la política de atención para el resguardo de la salud de los habitantes de los distintos departamentos del país.

Para investigar la situación de los hospitales nacionales de la región metropolitana, se realizó una encuesta. La cual se efectuó por medio de una simple entrevista; para ello durante un periodo de seis meses se observó el funcionamiento, operación y mantenimiento que requieren los equipos de bombeo. Todo esto con el objeto de poder analizar las características de las bombas existentes en los hospitales encuestados.

Al momento de efectuar la encuesta se evaluaron tres aspectos esenciales:

- El estado de funcionamiento del equipo
- Bombas más utilizadas
- Capacidades y marcas más utilizadas
- Existencia de manuales de operación y mantenimiento

### **2.1.1 Modelo de la encuesta**

La encuesta fue efectuada mediante una entrevista directa en los departamentos de mantenimiento de cada hospital nacional situado en la ciudad de Guatemala. Para ello, se platicó con el encargado específico de bombas, cuando había. El modelo de la encuesta se presenta en el anexo 3.

Al efectuar la encuesta se determinó que nunca ha existido un curso en el que se formen operadores de bombas, todos han aprendido basados en las experiencias diarias.

### **2.1.2 Metodología de la encuesta**

La encuesta se efectuó en cinco hospitales del área metropolitana. Para realizar la encuesta se consultó a los operadores, técnicos de mantenimiento, y personal encargado de realizar controles de inventarios.

Al efectuar la encuesta se encontró con la dificultad de que muchas veces cuando se efectúa el registro contable se omiten muchos datos de importancia sobre la capacidad del equipo, y cuando los equipos entran en funcionamiento, se extravían las placas (que contienen características como potencia, caudal, etc.) o se aplica pintura sobre ellas. También afectó a rotación de personal y el desconocimiento.

Se determinó que en algunos hospitales el Departamento de Mantenimiento desconoce cuales son las características de las bombas que poseen, por lo que al hacer esta observación es más difícil que existan programas de mantenimiento preventivo. Lo cual se comprobó al momento de efectuar la encuesta.

### **2.1.3 Hospitales encuestados**

Esta encuesta fue realizada en los hospitales nacionales que hay en la ciudad de Guatemala. Entre estos se cuenta con hospitales regionales que poseen más especializaciones por lo que muchos pacientes departamentales para ser tratados en casos específicos son enviados al Hospital General San Juan de Dios o al hospital Roosevelt. Los hospitales encuestados son los siguientes:

- Hospital General San Juan de Dios
- Hospital Roosevelt
- Sanatorio antituberculoso San Vicente
- Hospital Nacional de Ortopedia Doctor Jorge Von Ahn
- Hospital de Infantil de Infectología y Rehabilitación

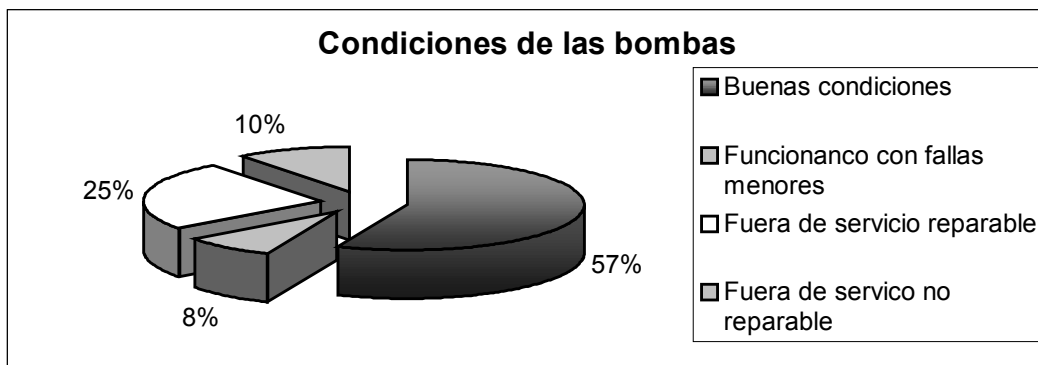
## 2.2 Presentación de resultados

Como parte de la encuesta se indaga sobre el estado de funcionamiento del equipo, las capacidades, potencia y la existencia de manuales de operación y mantenimiento de las bombas. Además, describe si existen o no manuales de operación y mantenimiento de las bombas. También se realizó una entrevista al personal operativo para determinar qué tipo de formación han tenido los operadores de bombas y su comprensión respecto a los problemas y fallos más comunes de las bombas.

### 2.2.1 Cantidad de equipos en buenas condiciones

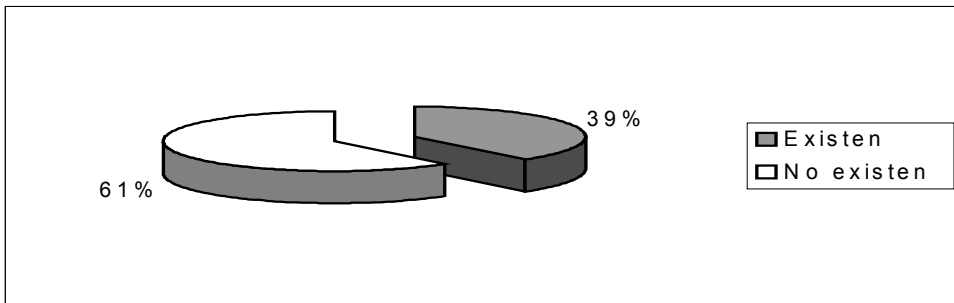
El total de bombas que fueron encontradas durante la encuesta es de 49; de estas, se determinó que 27 se encontraban en buenas condiciones, lo que representa un 57%; 4 en funcionamiento con fallas menores es decir un 8%; 12 fuera de servicio siendo reparables (25%) y 5 fuera de servicio sin posibilidades de ser reparadas (10%). ( Ver figura 12.)

Figura 12. Gráfica de condiciones de las bombas



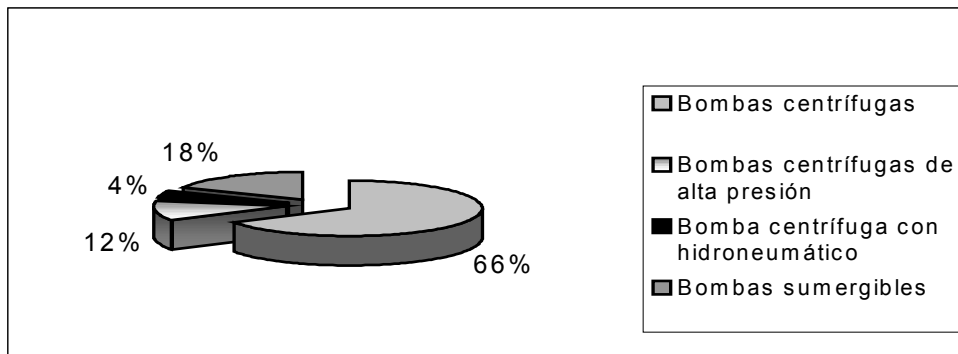
Hay 39 bombas que poseen su manual de operación y mantenimiento contra 30 bombas que no lo tienen. Para ello ver la figura 13

Figura 13. **Gráfica sobre existencia de manuales**



Las bombas más utilizadas habiéndose encontrado 34 de este tipo, seguidas por las bombas centrífugas de alta presión (para calderas) de las cuales existen 12. En tercer lugar están las bombas sumergibles que son 9 y, por último, están las bombas hidroneumáticas que son 2.

Figura 14. **Gráfica de bombas más utilizadas**



### **2.2.2 Capacidades y marcas utilizadas**

Las capacidades de las bombas más utilizadas en relación a la potencia consumida en bombas de extracción y redistribución es de 3 HP, 5 HP, 7.5 HP, 15 HP, 40 HP y 60 HP.

Las calderas utilizan bombas principales centrífugas de alta presión, de dos etapas y de 10 HP; es recomendable que se tengan al menos dos bombas principales de 10 HP en las calderas, para poder los servicios que requieren. Se pudo observar que mientras el Hospital Roosevelt tiene tres bombas de este tipo en su cuarto de calderas, el Hospital San Juan de Dios solo cuenta con dos de las cuales una esta dañada.

Las marcas más utilizadas son Hidromac, Sta Rite, y Red Jack Pumps.

### **2.2.3 Fallas más comunes**

Las fallas más comunes que fueron observadas en las bombas son las siguientes:

- a) Falla en los rodamientos
- b) Mala alineación
- c) Falla de dispositivos eléctricos (contactores)
- d) Mala lubricación por goteo del eje de la bomba
- e) Daño en los devanados del motor eléctrico
- f) Empaques del acople que fallan por fatiga
- g) Impulsor atascado con la carcasa

## **2.3 Evaluación de resultados**

Al analizar los resultados obtenidos se pueden enfocar mejor los programas de mantenimiento preventivo, y los trámites administrativos para el control de mantenimiento y reemplazo del equipo.

### **2.3.1 Sobre los equipos disponibles**

Se observó que por existir bombas en malas condiciones, se recarga el trabajo de las bombas buenas poniéndolas a trabajar de manera continua exigiéndoseles el rendimiento de las bombas dañadas o que empiezan a fallar. Todo esto ocasiona que no se puedan efectuar el respectivo mantenimiento preventivo.

Por ejemplo, cuando en el Hospital General San Juan de Dios falló la bomba principal de calderas se utilizó la bomba auxiliar que es de menor capacidad y está diseñada para trabajar pequeños periodos de tiempo, por lo que el tiempo para llenar las calderas aumento y se estaba forzando el motor. Todo esto ocasionaba una producción de vapor deficiente y de mala calidad, por lo que el funcionamiento de las áreas de Lavandería, Central de equipos y Cocina fue irregular. Cuando final mente se colocó la bomba principal, ésta fue reparada a medias, por lo que su trabajo no es constante y se tiene que seguir usando la bomba auxiliar corriéndose el riesgo de que se dañe de manera irreparable. También es necesario efectuar el mantenimiento a los pozos, ya que se pudo observar que hay bombas que aunque funcionan, están extrayendo arena que se está acumulando en el fondo de las cisternas como en el Hospital San Juan de Dios.

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.

### **2.3.2 Origen de las fallas**

La mayor parte de fallas puede prevenirse mediante un programa de mantenimiento y la capacitación hacia los operadores sobre cómo desarrollar el intercambio de componentes.

Las causas y las medidas correctivas que se pueden aplicar para disminuir las fallas que fueron observadas en las bombas son las siguientes:

- a) **Falla en los rodamientos.** Los rodamientos fallan por mala lubricación, mala alineación o fatiga. Motores de gran tamaño cuentan con graseras para relubricar, pero los operadores carecen de grasa para rodamientos y graseras. Cuando la falla es por fatiga, el desgaste normal que van sufriendo los rodamientos hacen que las holguras sean cada vez mayores. En esta etapa empieza a ocurrir mayor ruido cuando la bomba está en funcionamiento; y una mayor oposición a la rotación. Los rodamientos deben de ser reemplazados cuando empiezan a fallar.



- b) **Mala alineación.** La mala alineación se origina al no verificar la posición del motor y la bomba, esta condición ocurre por una mala sujeción de los pernos del conjunto bomba y motor.
  
- c) **Falla de dispositivos eléctricos (contactores).** Los contactores poseen resortes, bobinas y contactos de plata. Los resortes sufren fallas por fatiga. Los contactos sufren desgaste, que hace que deban de ser reemplazados cuando es posible. Si se dañan las bobinas es necesario reemplazar el contactor.
  
- d) **Mala lubricación por goteo del eje de la bomba.** Cuando se aprieta excesivamente el estopero, no se permite que exista goteo de agua que sirve de lubricante. Esto ocasiona que los ejes se rayen. Cuando estas condiciones se vuelven repetitivas, el eje sufre un desgaste anormal, que ocasiona que exista un goteo mayor al requerido y la bomba disminuya su presión de descarga debido a las fugas.
  
- e) **Daño en los devanados del motor eléctrico.** Algunas veces ocurre descascarillado del barniz de los devanados del motor y cuando se efectúa una revisión general al motor, se debe de aplicar una nueva capa de barniz, ya que la falta de barniz puede ocasionar corto circuito en el motor. Cuando se realiza cambio de rodamientos se debe tener especial cuidado de no rayar el barniz de los devanados.

- f) **Empaques del acople que fallan por fatiga.** Los empaques de los acoples está elaborados de caucho, o de otro tipo de elástomero, por lo que los esfuerzos de compresión y corte a los que se ve sometido, hacen que falle. Cuando exista una mala alineación el empaque se despedazará.
- g) **Impulsor atascado con la carcasa.** El impulsor se puede atascar por el ingreso de partículas extrañas como piedras y arena. Se debe de tener especial cuidado después de efectuar la limpieza de las cisternas. Otra causa que ocasiona que el impulsor se atasque con la carcasa es un juego axial del eje excesivo, o un mal ajuste del tornillo que fija el impulsor con el eje. Se debe de revisar el juego axial recomendado por el fabricante. Cuando el tornillo que sujeta al impulsor está muy flojo se debe de revisar el par de apriete (torque) del tornillo.

### **3. PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBAS HIDRÁULICAS EN HOSPITALES NACIONALES**

#### **3.1 Requisitos y rutinas de operación de bombas hidráulicas**

Al describir normas de operación se busca establecer parámetros que se deben de respetar tanto por el personal del hospital, y empresas privadas que efectúen tareas de instalación y mantenimiento.

Como parte de la operación de las bombas se deben de observar los siguientes aspectos:

1. Se necesitan resguardos en todos los lugares donde quepa la posibilidad de que los operadores puedan entrar en contacto con cualquier mecanismo en movimiento, como bandas, poleas, y acoples, por lo que se deben de construir guardas cuando no existan. Además, debe existir protección perimetral en el área de operación de la bomba; esta protección busca que ninguna persona ajena al operador pueda ingresar al cuarto o local donde se ubican las bombas y pueda manipular los controles.

2. Cuando el nivel de ruido en un puesto o área de trabajo sobrepase los 80 (db) decibelios es necesario el uso de equipo de seguridad industrial específicamente aparatos individuales de protección auditiva.

3. Las bombas de emergencia (cuando existan) se recomienda encenderlas por los menos 1 vez a la semana para garantizar que están en buenas condiciones para enfrentar cualquier eventualidad y además evitar que las partes metálicas sufran inmovilización por corrosión de los componentes de la bomba.

### **3.1.1 Aspectos generales**

Al momento de elaborar una licitación en el sector estatal se le solicita a los contratistas que deben proporcionar capacitación, manuales de operación y mantenimiento; pero que muchas veces incumplen con las bases de la licitación no se cumplen con los programas de capacitación para su utilización, y tampoco se proporcionan los manuales de operación y mantenimiento. Sumado a esto la falta de capital por parte del sector estatal provoca que no se pueda realizar la erogación presupuestaria que se debe de efectuar por costos de operación y mantenimiento, muchos operadores se ven en la necesidad de ir descubriendo como es el funcionamiento de los equipos, lo que hace que el operador exponga su integridad física y muchas veces dañe los equipos por desconocimiento. Todo esto provoca que los equipos no sean utilizados con la mayor eficiencia posible si no utilizados a un porcentaje limitado de su capacidad real.

Las malas prácticas de operación y mantenimiento provocan que la vida útil de los equipos se reduzca, y propician la aparición de costosos programas de mantenimiento correctivo o de renovación de equipos.

Al conocer como funcionan los elementos que conforman una bomba el operador tendrá herramientas que le permitan reducir riesgos de accidentes y la posibilidad de daño al equipo por desconocimiento. Además; le permitirá tener los conocimientos necesarios para diagnosticar fallas de una manera más efectiva.

### **3.1.2 Normas para la operación de bombas sumergibles**

El costo de instalar una bomba sumergible es bastante alto, por lo que es necesario verificar que se haga un adecuado montaje, y el sistema eléctrico y las cajas de control sean instaladas adecuadamente.

#### **3.1.2.1 Montaje**

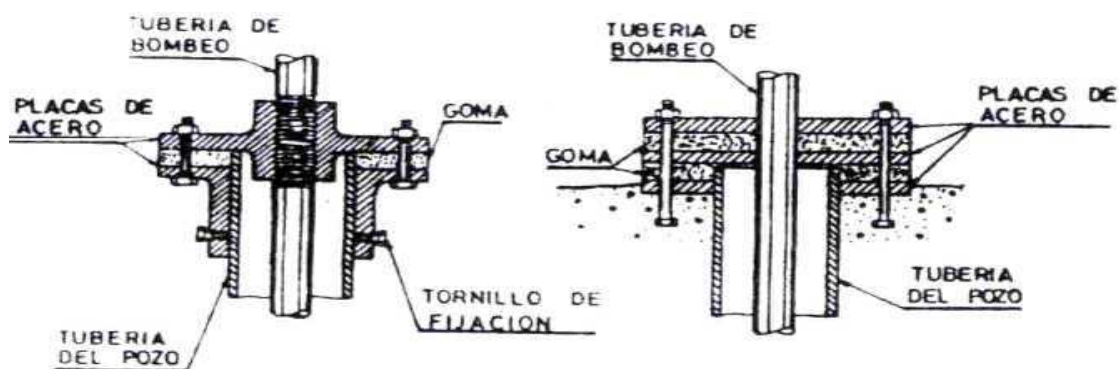
El montaje de las bombas sumergibles se realiza con maquinaria especial, debido a que las bombas son introducidas dentro de pozos que normalmente son perforados con una pequeña holgura adicional respecto al diámetro de la tubería y la bomba para mantener separada la tubería de la pared del pozo. La holgura del entubado del pozo consiste en dos pulgadas mayor que el diámetro de la bomba.

Los diámetros más frecuentes de las tuberías utilizadas en pozos en Guatemala son 2, 4, 6 y 8 pulgadas pero dependiendo las características del pozo se pueden encontrar otros diámetros. El largo más comercial de los tubos del pozo es de 6 metros. La profundidad del pozo depende de las condiciones hidrológicas, del lugar donde se perfora. Los tubos de hierro galvanizado, deben de ser pintados con una pintura anticorrosiva para aumentar su vida útil.

El lugar donde se encuentra el pozo debe de estar identificado, y en un lugar donde exista espacio suficiente para que ingrese un camión de aproximadamente 8 toneladas y tenga espacio donde maniobrar para efectuar la extracción de tubos, ya que al no considerar este espacio se deben de destruir las construcciones (paredes, mallas, etc.) que están dentro del perímetro de trabajo al momento de efectuar el mantenimiento del pozo o el cambio de la bomba. También se debe considerar el espacio para colocar los tubos que son extraídos del pozo.

Es necesario verificar el estado del sello sanitario del pozo, para evitar filtraciones que puedan contaminar el pozo. Es indispensable que en los alrededores del pozo no existan contenedores con chatarra, ya que al existir lluvias se pueden originar filtraciones al pozo que contaminen el agua.

Figura 16. Sello sanitario



Fuente: José Velasquez. Criterios de diseño de pozos de agua. Pág. 214.

### **3.1.2.2 Sistema eléctrico**

La configuración de los elementos del sistema eléctrico que posee una bomba varía dependiendo del tipo de motor que tenga la bomba dentro de los dispositivos que puede tener el sistema eléctrico están los interruptores, fusibles, capacitores, protectores térmicos (guardamotores), relés y contactores.

### **3.1.2.3 Cajas de control**

Las bombas sumergibles requieren el uso de cajas de control superficiales para el arranque y protección térmica. La operación de los motores sin cajas de control o una de tipo incorrecto pueden causar la falla de los motores.

Las cajas de control no se deben de instalar en temperaturas extremas ni a la intemperie. Si se instala en un lugar donde exista una temperatura ambiental alta el protector de sobrecarga se activará debido a que el calor generado por el sol más el calor generado por el paso de corriente en el conductor aumentará considerablemente la temperatura, y si por el contrario se instala en un lugar donde la temperatura es baja se puede producir una baja torsión de arranque por la acción del frío sobre el capacitor de arranque.

Es importante que las cajas de control contengan diagramas de conexiones eléctricas e instrucciones de comprobación para facilitar su reparación en caso de falla.

Las comprobaciones de fallas de la caja de control se deben efectuar por personal calificado, ya que existe riesgo de choque eléctrico que puede ocasionar la muerte.

La potencia, el voltaje, el número de inventario y la capacidad de la bomba también se debe de anotar en una placa dentro de la caja de control y el libro de registro de operación de bombas.

#### **3.1.2.4 Relés**

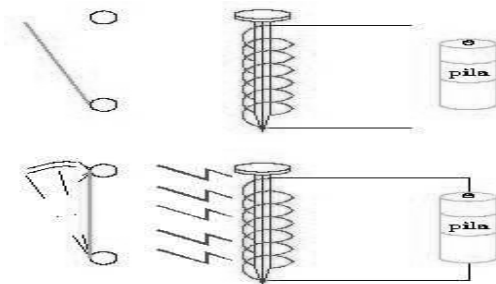
Un relé o relevador es un interruptor eléctrico que funciona por medio de principios electromagnéticos. Cuando utilizamos un relé buscamos conectar o desconectar un circuito, aplicando corriente al relé. Una forma de describir su funcionamiento sería imaginando una bobina a la que le hacemos circular corriente, lo que origina un campo magnético. En el centro de la bobina tenemos un eje hecho de un material que se puede magnetizar y que al estar bajo el efecto de un campo magnético se produce una fuerza sobre el eje que hace que se desplace en forma paralela a las espiras de la bobina por lo que conecta o desconecta un interruptor del circuito que deseamos activar. Cuando se deja de aplicar corriente a la bobina, el interruptor vuelve a su estado original.

Los relés pueden tener sus contactos normalmente abiertos o normalmente cerrados. Un contacto normalmente cerrado (N.C) permite el paso de corriente cuando el relé está sin activar y desconectará el paso de corriente cuando lo activemos.



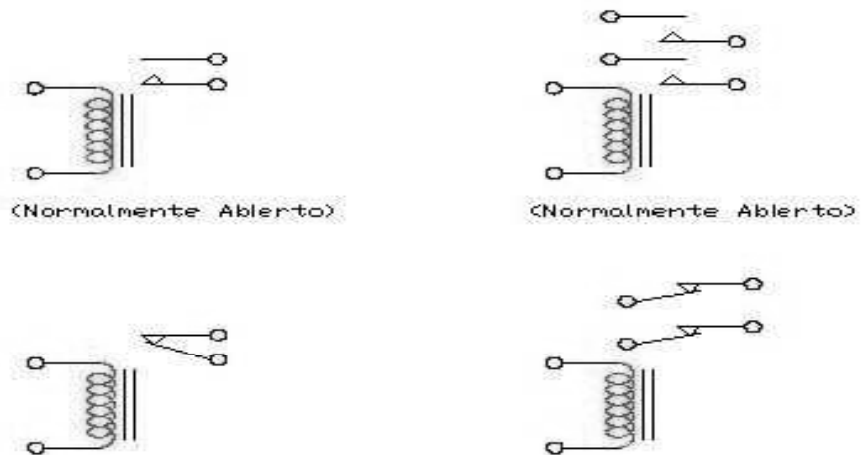
Un contacto normalmente abierto (N.A.) no permite el paso de corriente cuando el relé está desactivado y conectará cuando lo activemos.

Figura 17. **Esquema didáctico de funcionamiento de un relé. Parte superior relé sin aplicar voltaje. Parte inferior relé al aplicar voltaje**



Fuente: <http://www.geocities.com/ivanquiroz/Reles.html>

Figura 18. **Relés N.C y N.A.**



Fuente: <http://www.geocities.com/ivanquiroz/Reles.html>

Las bombas contienen un motor eléctrico que necesita una cantidad de corriente para arrancar y otra para marcha. La corriente(amperaje) aumenta durante el encendido, debido a que el motor debe vencer la inercia y para realizar esta transferencia se utilizan relés o contactores.

Dentro de los relés que se utilizan se encuentran los siguientes:

**Relés de intensidad.** Un relé de intensidad tiene los contactos del devanado principal abiertos. Después de aplicar energía, la corriente alta del devanado de arranque que pasa por la bobina del relé baja gradualmente y deja que los contactos abran el circuito del devanado de arranque y el motor completa la aceleración y funciona en el devanado de marcha.

**Relés de potencial.** Antes de que se aplique energía eléctrica los contactos del relé de arranque están cerrados. Una vez que se aplica la energía, se energizan los devanados de arranque del motor y arranca. Cuando el motor llega a la velocidad de funcionamiento, el voltaje a través de la bobina de arranque (y la bobina del relé de arranque) aumenta. Este voltaje es suficiente para abrir los contactos del devanado de arranque y cerrar los contactos del devanado de marcha

Debido a que los relés están conformados por elementos que mecánicos o tienen partes móviles, tienen la desventaja que estas partes móviles se desgastan por el uso por lo que normalmente fallan por fatiga.

### 3.1.2.5 Válvulas de retención

La válvula de retención también es conocida como válvula de cheque. La función principal de una válvula de retención es impedir el paso del fluido en un sentido determinado; para ello, los fabricantes estampan en la válvula una flecha que indica cual es la dirección en donde ella funcionará normalmente abierta. Mientras el sentido del flujo del agua es el deseado, la válvula de retención se mantiene abierta, pero cuando por alguna razón el fluido pierde velocidad o presión y se invierte la dirección de flujo la válvula de retención tiende a cerrarse, se evita así el retroceso del fluido todo esto de manera automática.

El uso de la válvula de retención es necesario si la bomba sumergible no está fabricada con una válvula de retención incorporada. Si una bomba no cuenta con una válvula de retención y ocurre una inversión de flujo se pueden tener las siguientes consecuencias:

**Golpe de ariete.** Esta inversión de flujo puede ocasionar un golpe hidráulico conocido como golpe de ariete. El golpe de ariete es el choque violento que se produce cuando el movimiento del fluido es modificado bruscamente. En otras palabras, es una sobre presión que puede afectar a los componentes internos de la bomba, tubería o válvula.

**Contragiro.** El agua que está en a una altura superior a la bomba puede fluir de vuelta al detenerse la bomba. Esta inversión de flujo puede empujar contra el motor mientras se detienen lo que causa el desgaste excesivo del cojinete de empuje.

**Empuje ascendente.** Cuando no se cuenta con válvula de retención o cuando está dañada, la bomba arranca sin presión. Muchas bombas ejercen un empuje ascendente sobre la columna propulsora a bajas presiones que puede levantar el rotor del motor hasta que la columna de agua que se está desarrollando causa un empuje hacia abajo. El empuje ascendente repetido durante cada arranque puede causar el desgaste y la falla del eje de la bomba.

Se debe de verificar que existan válvulas de retención espaciadas 200 pies a partir de la válvula de retención ubicada en la descarga de la bomba hasta llegar a la tubería que se observa en la superficie del pozo.

#### **3.1.2.6 Enfriamiento del motor**

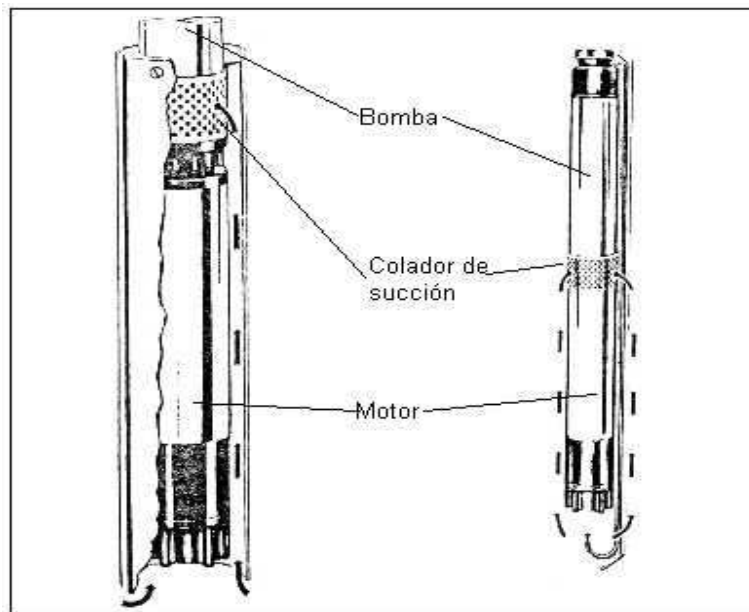
Se debe de recordar que el motor de las bombas sumergibles es sellado y que como consecuencia de su funcionamiento origina calor. Al existir calor de manera excesiva se pueden degradar las propiedades del lubricante, por lo que pueden ocurrir fallos prematuros de motor.

El enfriamiento del motor se produce mediante la colocación de “camisas inductoras de flujo”. Una bomba sumergible está construida de tal forma que en la parte inferior se encuentra el motor, en la parte superior los impulsores y en medio el colador de succión. Una camisa inductora de flujo es un tubo sobre el motor, cerrado encima del colador de la bomba y que se extiende hasta el fondo del motor o más abajo. El material de la camisa es de metal anticorrosivo o de plástico grueso. Una camisa inductora de flujo provoca una turbulencia en el agua que circula alrededor del motor por lo que este se enfría.

Cuando no sea posible instalar una camisa inductora de flujo se realizará el siguiente procedimiento:

- a) Roscar un tubo de  $\frac{1}{4}$  de pulgada de diámetro en la salida de la bomba (debajo de la válvula de retención).
- b) Fijarlo al motor y a la bomba
- c) Apretar el tubo hacia arriba de modo que el flujo se introduzca un pie debajo del motor.

Figura 19. **Camisa inductora de flujo (izq.) y tubo generador de flujo**



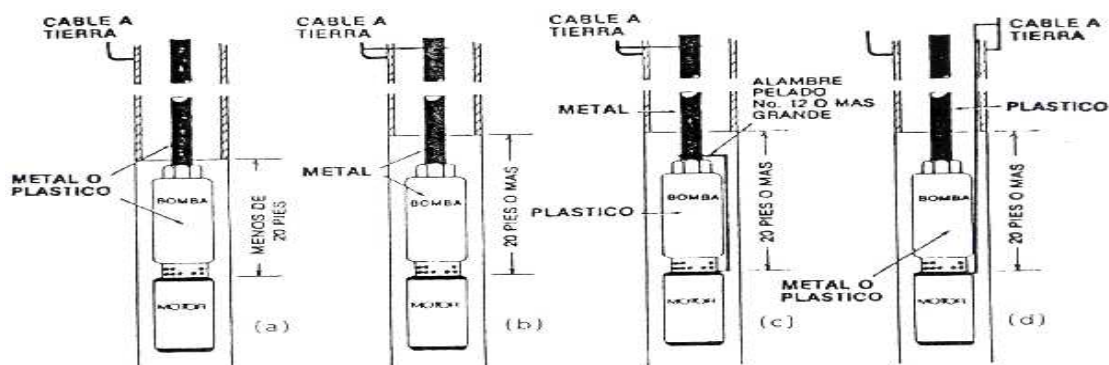
Fuente: Luis Fonseca. Estudio de motores eléctricos usados en pozos. Pág. 44.

### 3.1.2.7 Otros elementos eléctricos

Las bombas sumergibles están equipadas con electrodos. Los electrodos son elementos eléctricos que tienen la función de evitar que la bomba trabaje cuando no existe agua en el pozo. Dependiendo de las características químicas del agua, los electrodos pueden sufrir incrustaciones por compuestos calcáreos o pueden ser corroídos cuando se encuentran dentro de agua con mucha acidez.

Se debe de efectuar una conexión a “tierra física” como mecanismo de protección ante una descarga eléctrica derivada de corto circuito. Esto protege tanto al equipo como a las personas que utilizan agua de la red de distribución. Si no existe tierra física y se produce una descarga eléctrica hacia la carcasa de la bomba, la descarga puede viajar a través del agua hasta un chorro y provocar un choque eléctrico con el usuario.

Figura 20. Esquema de conexiones a tierra



Las condiciones que tiene la conexión a tierra son:

- a) Cuando el entubado del pozo es metálico y se extiende 20 pies sobre el motor, la conexión debe estar conectada a tierra mediante en el entubado. El cable a utilizar debe de ser calibre 12 o mayor para todos los casos.
- b) Si el entubado es plástico o termina a más de 20 pies sobre el motor, y se usa tubo de bajada de metal. Entonces se hace la conexión con el tubo de bajada de metal.
- c) Si la bomba es de plástico se debe de conectar el cable de él tubo de bajada a los pernos del motor.
- d) Si se utiliza tubo de bajada no metálico, la conexión debe de ser directa al perno del motor (ver figura 18):

### **3.1.3 Normas para la operación de bombas centrífugas**

Como parte de la operación de bombas centrífugas se debe de verificar de manera primordial el montaje y que la bomba nunca opere en vacío (sin agua). También es necesario tener un control sobre el estado de las válvulas ubicadas en las líneas de admisión que provoquen restricciones de flujo hacia la bomba.

Es importante hacer notar que cuando existe una suspensión de la energía eléctrica o la bomba se arranca por primera vez las válvulas de descarga se deben de abrir lentamente, para evitar la rotura de tuberías.

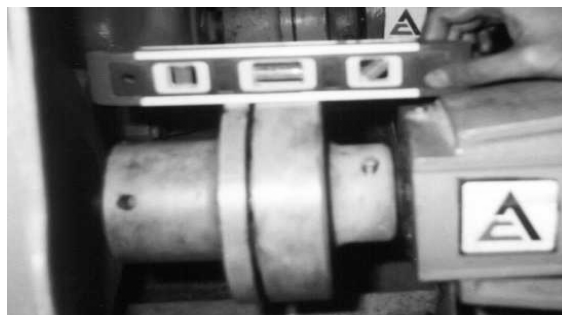
### 3.1.3.1 Montaje

Una bomba centrífuga requiere que tanto el motor, el acople y la bomba se mantenga alineados cuando son sometidos a carga (de trabajo). Es por ello que el lugar donde es instalada una bomba requiere que la cimentación puede resistir esfuerzos debido a cargas estáticas, dinámicas, vibraciones y esfuerzos por dilatación térmica.

La carga estática es la que se origina debido al peso de la bomba, motor, y otros elementos que componen el mecanismo de bombeo. La carga dinámica es ocasionada por partes en movimiento de la bomba.

La alineación suele ser vital para que la bomba trabaje de manera normal. La alineación se puede verificar de manera visual en el acople o mediante un nivel. Una mala alineación puede originar rotura de empaques cuando se tiene un acople flexible, o daños en los rodamientos, el impulsor o rotura del acople cuando se trata de un acople rígido. En ambos casos, cuando se tiene un acople flexible o un rígido y se tenga una mala alineación existirá calentamiento excesivo en el motor y la bomba.

Figura 19. **Verificación de alineación entre motor y bomba mediante un nivel.**





Es necesario verificar periódicamente el estado de los pernos roscados y la tuercas, de la bomba y el motor ya que deben de mantenerse apretados para garantizar que no existan vibraciones o desalineación.

En algunos casos será necesario la instalación de coladeras o pichachas debido a que una causa común de dificultades en las instalaciones de bombas centrífugas es la entrada de materia extraña de diversos tamaños a la bomba. Esta materia extraña, si es suficientemente grande puede atascar la bomba y reducir su capacidad o taparla completamente impidiendo que bombee. Las coladeras se instalan en las líneas de succión. Las coladeras provocan una gran pérdida de presión por lo que se deben de omitir cuando sea posible.

Además, es importante verificar que después de que se ha limpiado el tanque, es necesario verificar diariamente girando la bomba de manera manual para comprobar que no está atascada por la existencia de materia extraña (arena u otro elemento), dentro de la bomba. Si la bomba se atasca será necesario limpiarla.

Para poder controlar la adecuada operación de la bomba es necesario que en las tuberías de la línea de succión y la línea de descarga de la bomba se coloquen manómetros para poder verificar fácilmente las presiones de succión y de descarga de la bomba. Como parte del montaje se debe instalar una válvula de retención y una de compuerta en la línea de descarga. La válvula de retención se coloca entre la bomba y la válvula de compuerta, su función es proteger la bomba contra el flujo en sentido inverso en el caso de una falla inesperada del impulsor.

La válvula de compuerta se usa cuando se ceba la bomba o cuando se aísla para inspección o reparación.

### **3.1.3.2 Cebado**

Antes de poner en marcha una bomba centrífuga es necesario llenar sus tuberías y la carcasa con agua para que pueda trabajar. Esta operación es conocida como cebado.

Al no eliminarse por completo el aire dentro de la bomba, ésta tendrá un rendimiento menor. Debido a que por la acción centrífuga desplaza a los elementos más densos hacia el exterior y dejará a los elementos menos densos (el aire) en el centro del impulsor de la bomba.

Para arrancar las bombas que se detienen por falta de energía eléctrica se debe de seguir el siguiente procedimiento:

- Verificar cebado
- Cerrar la válvula de compuerta que se encuentra ubicada en la tubería de descarga y está ubicada después de la válvula de retención
- Encender la bomba y abrir lentamente la válvula para evitar la ruptura de tuberías debido al golpe de ariete
- En algunos casos será necesario abrir algunas llaves dentro del sistema de distribución para poder expulsar bolsas de aire que se han formado durante la ausencia de trabajo de la bomba.

### **3.1.3.3 Sistema eléctrico**

Como parte del sistema eléctrico se integran los guardaniveles y presostatos que tienen la función de automatizar el encendido y apagado de las bombas dependiendo el nivel y la presión existente en el sistema. Estos componentes necesitan una inspección visual para verificar que se encuentran en buen estado.

### **3.1.3.4 Evaluación de carga neta positiva de succión**

La carga neta positiva de succión (C.N.P.S.) o NSPH en inglés es un requisito necesario para la instalación de una bomba centrífuga. Lo que busca es que para caudal exista una presión mínima de aspiración para que la bomba pueda trabajar sin cavitación. Al momento de instalar o cambiar una bomba por una nueva se debe de llevar a cabo el cálculo de la C.N.P.S. disponible o del sistema y compararla con la C.N.P.S. de la bomba. La C.N.P.S. del sistema del sistema debe de ser mayor a la C.N.P.S. de la bomba.

Se denomina cavitación a la formación y ruptura de burbujas de vapor en el medio líquido que está siendo bombeado. Podríamos describir el proceso de cavitación imaginando una burbuja que se adhiere a una parte metálica, al desprenderse la burbuja de la parte metálica ocasiona una presión de succión que desprende partículas de material.

Esta condición puede ser el resultado de excesiva temperatura del medio, alta concentración de vapor en el líquido, cañerías de succión de longitud excesiva o tamaño inadecuado, válvulas de retorno o excesiva turbulencia en la línea por alta velocidad del líquido.

La energía que se libera durante la ruptura de las burbujas en la succión de la bomba causa la erosión de las paredes de la carcasa, eje e impulsor o rodete; también juntas y sellos; en las partes metálicas tiende a formarse picaduras localizadas y en los sellos pueden aparecer rasgados y deshilachados.

### **3.1.4 Normas para la operación de otros tipos de bombas**

Las otras bombas utilizadas son las hidroneumáticas. Estas bombas tienen la característica de funcionar de manera automática, teniendo únicamente el cuidado de que funcionen en los rangos de presión para los que fueron diseñadas.

#### **3.1.4.1 Bombas hidroneumáticas**

Las bombas hidroneumáticas constan de una bomba centrífuga y un cilindro que contiene una bolsa con agua, y se deben de operar de igual forma que una bomba centrífuga, con la ventaja de que se activará o desactivará automáticamente. La bomba y el cilindro se deben de colocar en un lugar que garantice su resguardo de la luz solar y la lluvia.

Nunca se debe de intentar agregarle presión a el cilindro, si conoce de manera clara como regulan los resortes del interruptor eléctrico de baja presión y alta presión, ya que puede ocasionar graves daños a la bomba, al sistema de distribución y al operario.

### **3.2 Rutinas de mantenimiento preventivo de bombas hidráulicas**

Un programa adecuado de mantenimiento se convierte en la herramienta indispensable para que las expectativas de vida útil y rendimiento de un equipo se cumplan, por lo que es necesario concienciar al personal administrativo sobre los ahorros que puede generar tener una asignación presupuestaria para la compra e instalación de piezas cuya vida útil ha caducado. No reemplazar una pequeña pieza en mal estado puede significar daños posteriores más costosos que el problema original.

#### **3.2.1 Aspectos generales**

Al proponer un programa de mantenimiento preventivo se desea que minimicen el mantenimiento correctivo debido a que se efectúa cuando ya se ha originado un desperfecto y es análogo a un cuerpo de bomberos, siempre apagando incendios; este es el más costoso por todos los costos ocultos que tiene, ya que al no invertir en piezas de reemplazo, los equipos tienen muy poca fiabilidad y hay que hacer costosas reparaciones de emergencia.

Al implementar un programa de mantenimiento preventivo existe una programación de intercambio de componentes, aceites, etc., según un intervalo de tiempo preestablecido, ya sea por el fabricante del componente, cuando alguna pieza empieza a dar indicio de falla o por la experiencia del operador, que ya conoce en base a registros, cuál es la vida esperada de una pieza.

Dependiendo del estado de deterioro muchas veces es aconsejable el cambio de elementos eléctricos, ejes, y de los impulsores. El cambio de impulsores dependerá de la capacidad de encontrar repuestos en el mercado.

### **3.2.2 Normas de seguridad**

Cuando se llevan a cabo tareas de mantenimiento es necesario tomar en cuenta varias precauciones, entre ellas:

1. Antes de utilizar una bomba o una instalación eléctrica se debe verificar que se encuentra en buen estado (se han apretado las castigaderas de los acoples, está bien alineada, todos los elementos eléctricos funcionan bien).

2. No se deben utilizar cables dañados, espigas de enchufes rotas, ni aparatos defectuosos. Se evitará el empleo de conductores desnudos. Es necesario evitar que se dañen los conductores eléctricos, protegiéndolos especialmente contra:

- Agua
- Quemaduras
- Líquidos corrosivos (cloro, diesel, solventes).
- Cortes de elementos afilados

3. Para utilizar un aparato, herramienta o instalación eléctrica, se deben de operar únicamente los elementos de mando previstos para cumplir esa finalidad. No se deben alterar ni modificar elementos eléctricos o mecánicos cuyo funcionamiento se desconozca.

4. Toda instalación será considerada con voltaje, mientras no se compruebe lo contrario con aparatos destinados para tal efecto; posteriormente, se debe de eliminar cualquier posible fuente de alimentación eléctrica a la parte de la instalación en la que se va a trabajar. Verificar si hay alguna conexión a las plantas de emergencia y desconectar.

5. Se deben de colocar letreros en los paneles eléctricos y en la bomba que indiquen que la bomba esta fuera de servicio, y que por ningún motivo se debe restablecer el voltaje mientras se está trabajando; estos letreros no se deben de quitar si no se ha finalizado la reparación. Todo el trabajo debe ser realizado en las mejores condiciones de iluminación, orden, limpieza y observando que no existan fugas de agua que mojen conductores o motores.

### **3.2.3 Mantenimiento de bombas sumergibles**

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.

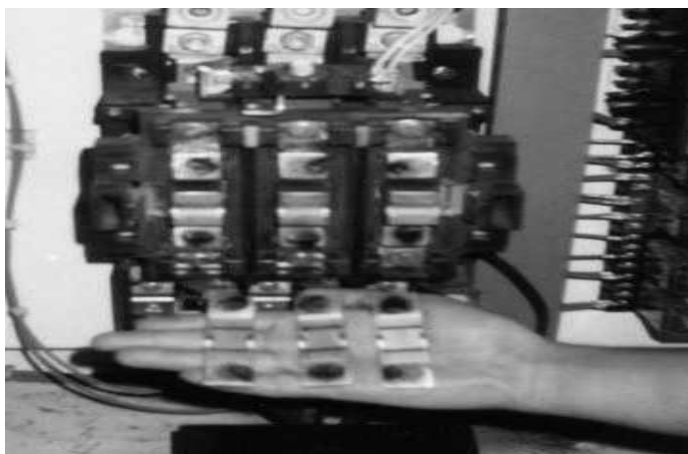
### 3.2.3.1 Elementos eléctricos

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; 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.

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

Figura 20. **Contactos sucios de caja de control**





### **3.2.3.2 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.

### **3.2.3.3 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 los tubos están dañados y reemplazarse. También deben 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 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.

### **3.2.4 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.

#### **3.2.4.1 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 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.

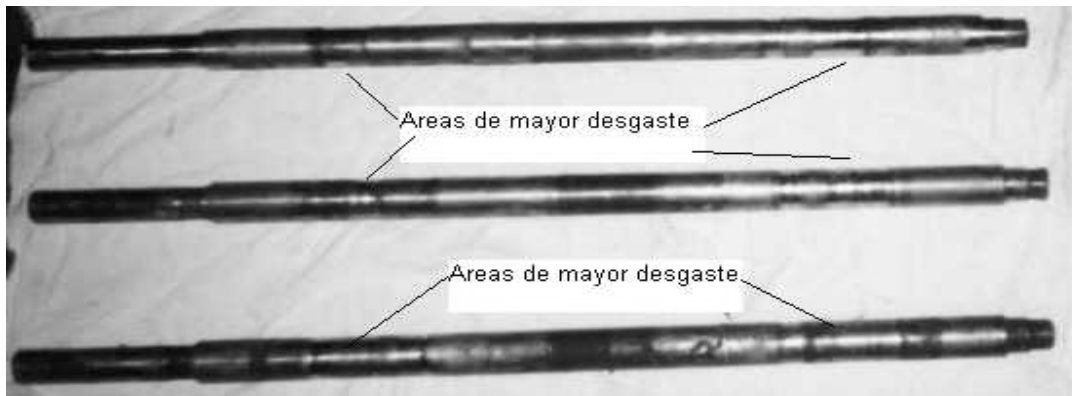
Las bombas que no cuentan con depósito de aceite cuentan con graseras en donde se reabastece de grasa a los rodamientos y se debe tener en cuenta no sobre llenar con grasa; ya que esto origina un calentamiento en el rodamiento que acorta su vida útil. Algunos fabricantes de rodamientos recomiendan no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

El agua es la responsable de lubricar las holguras que se encuentran entre los sellos de la carcasa y el eje del impulsor; al momento de instalar el sello se debe de verificar que exista goteo

La lubricación que proporciona el agua se caracteriza por un goteo continuo. La falta de 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.

Figura 21. **Ejes desgastados por mala lubricación por goteo de agua**



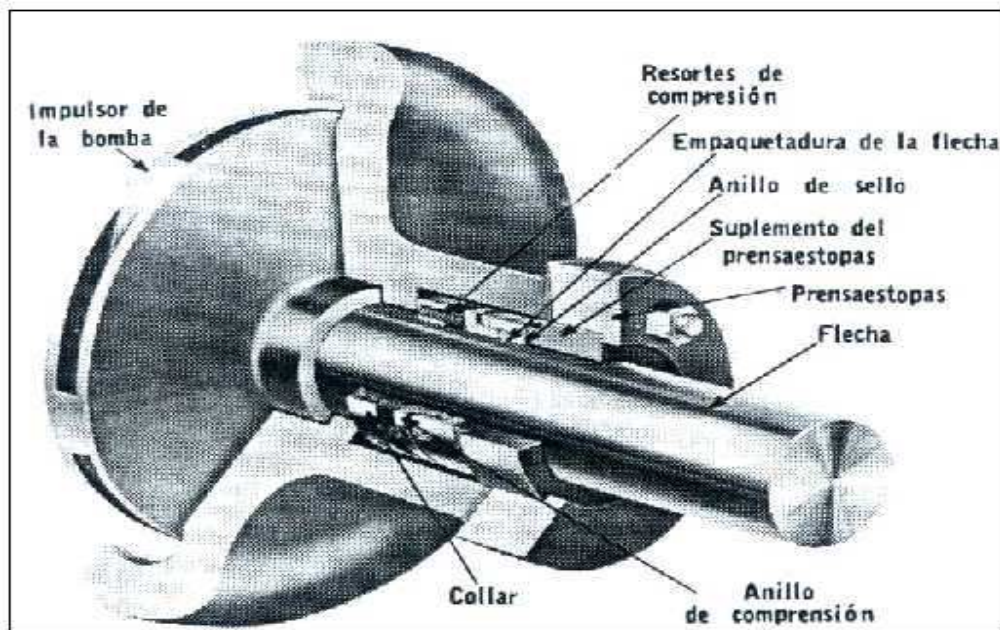
#### **3.2.4.2 Sellos**

Las bombas centrífugas poseen sellos montados entre la carcasa de la bomba y el eje del impulsor. Los sellos garantizan que no exista 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 de 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 de cortar y acoplarlos al eje, pero los sellos mecánicos se deben de comprar de acuerdo al diámetro del eje y la potencia de la bomba

Figura 22. Sellos mecánicos



Fuente: Igor Karrasik. Bombas. Pág. 113.

### **3.2.4.3 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 se efectúa el montaje se debe remover cualquier rebaba, viruta, óxido o suciedad que se encuentre en las superficies 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.

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.

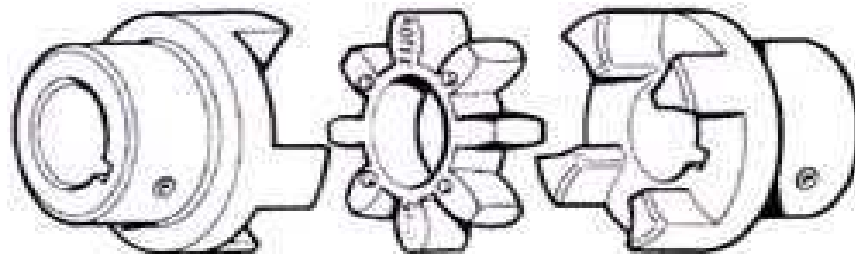
#### 3.2.4.4 Acoples

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, ya que si se utilizan acoplamientos rígidos cualquier error de alineación, así como los desplazamientos debidos a la dilatación por alta temperatura originarían esfuerzos axiales y radiales que se transmitirían; tanto al motor como a la bomba deteriorando las mismas. El acoplamiento flexible tiene la elasticidad suficiente para absorber estos esfuerzos.

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.

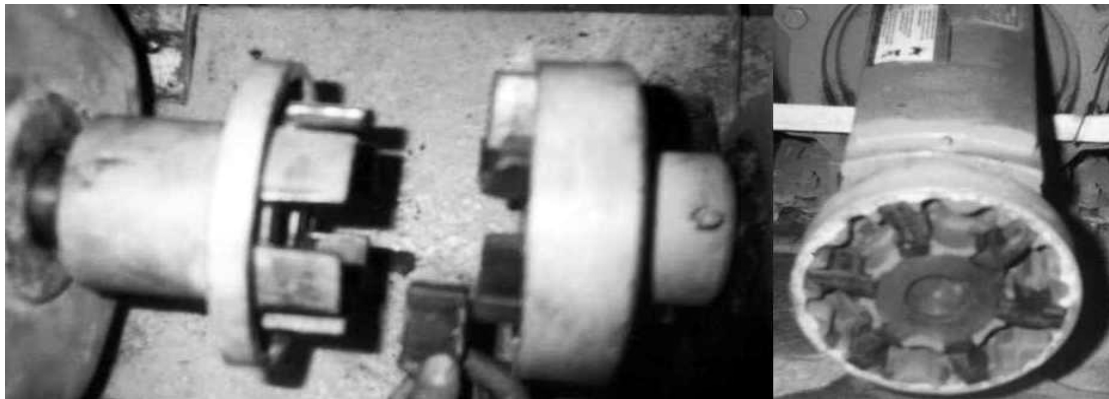
Los acoples flexibles más utilizados son los acoples de “tacos” y el acople tipo “lovejoy”. En condiciones normales de operación el elemento de caucho de los acoples lovejoy tiene una mayor duración que un acople de tacos.

Figura 23. **Acople tipo Lovejoy**



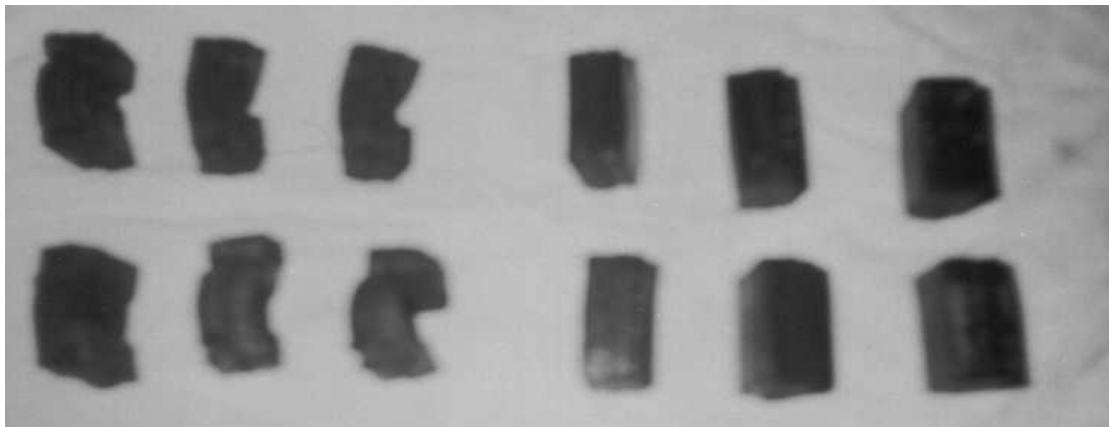
Fuente: <http://www.componentes.com.gt/perfil.htm>

Figura 24. **Acople de tacos**



a) izq. Vista lateral, b) der. Vista frontal

Figura 27. **Vista de empaques de acople de tacos**



a) izq. Dañados b) der. En buen estado



### **3.2.5 Mantenimiento de otro tipo de bombas**

La otra bomba utilizada es la hidroneumática. Este tipo de bomba requiere los mismos cuidados que una bomba centrífuga, ya que es necesario verificar periódicamente el estado de los rodamientos, devanado del motor, desgaste en el impulsor para analizar si es necesario cambiarlo o no, y el estado de los sellos.

#### **3.2.5.1 Bombas hidroneumáticas**

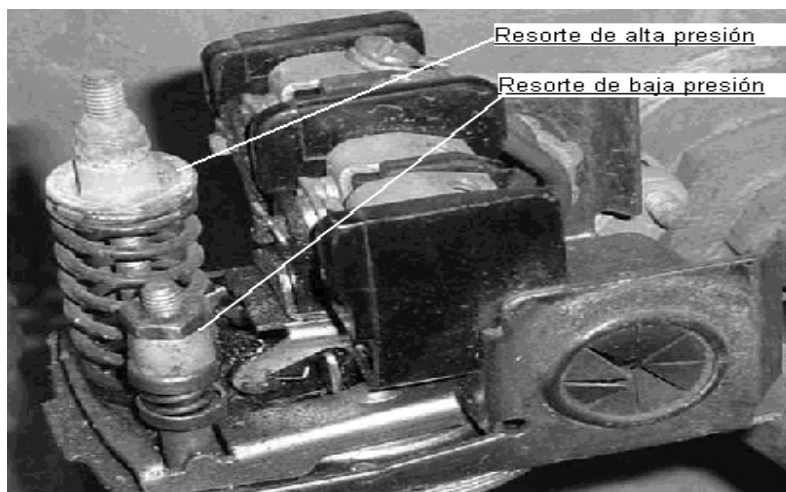
La presión existente en el cilindro, se puede verificar con un calibrador de presión similar al utilizado, para calibrar las llantas de los automóviles. La presión se debe corroborar con la presión establecida por el fabricante.

La presión se puede ajustar en el interruptor de control de presión. Este interruptor consta de dos resortes, uno de alta y otro de baja presión. El interruptor de alta presión es el que regula la presión de descarga de la bomba y el interruptor de baja presión es el que regula la presión a la que se activará la bomba. Por ejemplo, si una bomba hidroneumática está regulada a tener una presión máxima o de descarga de 40 p.s.i., y se le regula que encienda una presión de 20 p.s.i., el interruptor conectará la bomba cuando llegue a 20 p.s.i. y la desconectará cuando llegue a la presión de 40 p.s.i.. Para verificar las presiones de trabajo se instalan manómetros.

Estos manómetros deben de ser de glicerina para soportar mejor las vibraciones ocasionadas por arranque y paro.

Se debe evitar el ajuste de presión sin tener la especificación del fabricante para el tipo de cilindro que se utiliza; ya que una sobrepresión además de dañar la red de distribución (válvulas, tuberías, uniones) puede romper la membrana que contiene agua y que se encuentra adentro del cilindro.

Figura 26. **Interruptor de Control de presión de bomba hidroneumática**



### **3.2.6 Mantenimiento de equipo complementario**

Los motores eléctricos son indispensables para el funcionamiento de la bomba, por lo que se debe establecer un control sobre su mantenimiento, para garantizar que estén en buenas condiciones.

### **3.2.6.1 Mantenimiento preventivo básico de motores eléctricos**

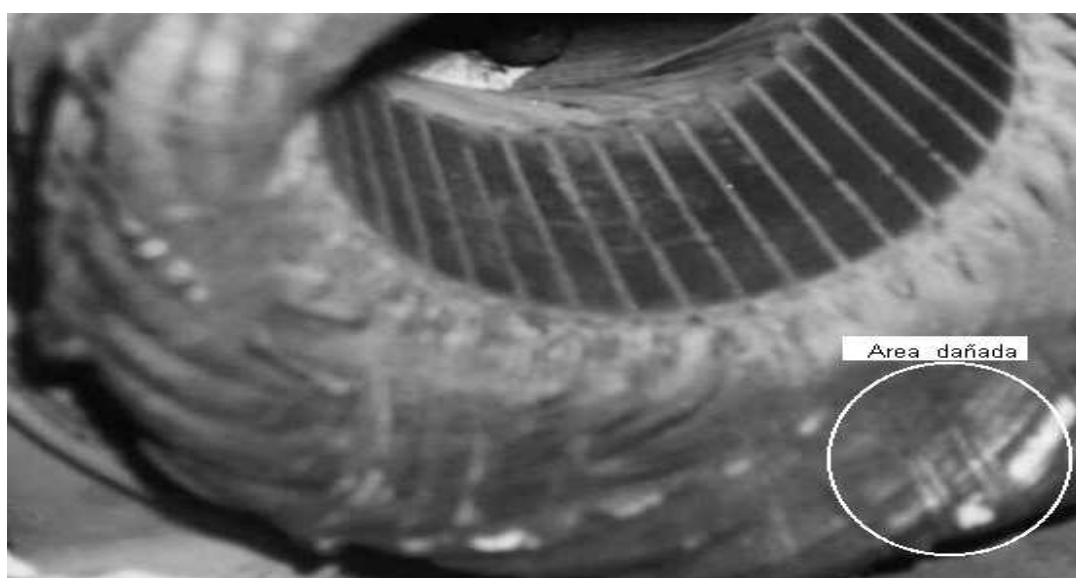
La duración de un motor eléctrico depende del tipo de mantenimiento que reciba. Un motor con mantenimiento deficiente se reconoce fácilmente por su aspecto sucio y corroído. Un programa completo de mantenimiento incluye la inspección periódica, los servicios y su posterior registro. Un pequeño ajuste o una simple limpieza del motor ahora reparaciones costosas y pérdidas de tiempo en el futuro.

Algunos de los contaminantes que pueden dañar los motores son el polvo, la grasa, y el agua. Cualquiera de estos contaminantes puede ser la causa de cortocircuitos, de contactos a tierra y de que un motor trabaje excesivamente caliente. Por otra parte, estos contaminantes desgastan rápidamente las partes que componen el motor.

Las inspecciones periódicas reducen la frecuencia de las fallas. Todas las inspecciones deben de ir acompañadas de un documento de registro en el cuál se anoten el estado del motor y los servicios que se le dan, además se deben de inspeccionar todos los cables conductores y los devanados del motor. Dentro de los servicios que se pueden realizar se incluye la limpieza, la lubricación de rodamientos, el cambio de rodamientos, y la aplicación de barniz en los devanados que hayan perdido el barniz de fábrica.

Los barnices que se aplican a los devanados son compuestos especiales de resinas y aceites secantes en solventes apropiados. Se emplean para cubrir los devanados para protegerlos de corto circuitos. Se pueden adquirir en empresas que vendan o reparen motores eléctricos.

Figura 27. **Devanados que requieren aplicación de barniz**



Cualquier aumento o disminución de temperatura en el motor, aumento de ruido, decoloración o pérdida de su aspecto normal son señales de peligro de fallas en el motor. Estas condiciones son llamadas de atención para el operador, por lo que es necesario determinar las causas de estos problemas antes de que aparezca la falla.

## **4. IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE BOMBAS HIDRÁULICAS**

### **4.1 Elementos y métodos de capacitación propuestos**

La implementación de cualquier tipo de programa, ya sea de buenas prácticas de manufactura, seguridad e higiene industrial, reducción desperdicios o mantenimiento dentro de una institución se fundamenta en el apoyo de las autoridades. Si las autoridades no están comprometidas realmente en buscar una mejora en el desempeño de la institución, es imposible desarrollar un programa ya que inevitablemente en algún momento se requiere tomar decisiones que implican la asignación de recursos o la modificación de hábitos por parte del personal y si al llegar este momento no hay interés en efectuar los cambios el programa fracasará.

Esta propuesta de implementación se llevará cabo en los hospitales donde se destinen una partida presupuestaria para la adquisición de repuestos y herramientas para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo

La capacitación es proceso enseñanza – aprendizaje, que se convierte en la educación profesional que busca proporcionar adaptar al hombre para efectuar una tarea.

Es un proceso educacional a corto plazo aplicado sistemática y organizadamente, mediante el cual personas aprenden conocimientos, aptitudes y habilidades en función de objetivos definidos. En el sentido utilizado en administración, la capacitación implica la transmisión de conocimientos específicos relativos al trabajo, actitudes frente a aspectos de la organización, de la tarea ya sea compleja o simple.

Una buena evaluación de las necesidades de capacitación conduce a la determinación de objetivos de capacitación y desarrollo, por lo que éstos deben estipular claramente los logros que se deseen y los medios de que se dispondrá. Deben utilizarse como un marco de referencia para comparar la situación actual con la situación deseada. Si los objetivos no se logran, el departamento de capacitación de personal adquiere retroalimentación sobre el programa y los participantes.

El contenido de la capacitación involucra cuatro tipos de cambios de comportamiento:

**a) Transmisión de información.** Es elemento esencial en muchos programas de capacitación es el contenido: distribuir información entre los capacitados como la transferencia de conocimientos. A menudo, las informaciones son genéricas, referentes al trabajo: informaciones técnica, productos, servicios, organización, política, reglamentos, etc. también fundamenta la transmisión de nuevos conocimientos.

**b) Desarrollo de habilidades.** Especialmente aquellas destrezas y conocimientos directamente relacionados con el desempeño del cargo actual o de posibles ocupaciones futuras: se trata de una capacitación orientada de manera directa a las tareas y operaciones que van a ejecutarse.

**c) Desarrollo o modificación de actitudes.** Se refiere al cambio de actitudes negativas por actitudes más favorables entre los trabajadores, aumento de la motivación, desarrollo de la sensibilidad del personal administrativo y de supervisión, en cuanto a los sentimientos y relaciones de las demás personas. También puede involucrar e implicar la adquisición de nuevos hábitos y actitudes. Proporciona oportunidades para el continuo desarrollo personal, no sólo en cargos actuales sino también para otras funciones para las cuales la persona puede ser considerada.

**d) Desarrollo de conceptos.** La capacitación puede estar conducida a elevar el nivel de abstracción y conceptualización de ideas y de filosofías, ya sea para facilitar la aplicación de conceptos en la práctica administrativa o para elevar el nivel de generalización, operador gerentes que puedan pensar en términos globales y amplios.

Estos cuatro tipos de contenido de capacitación pueden utilizarse separada o conjuntamente; para el desarrollo del programa de capacitación se efectuaran de manera conjunta.

La capacitación para los operadores y técnicos de mantenimiento de bombas de agua deberá tener como propósito transmitir las habilidades para realizar las tareas de operación, y para llevar a cabo varias funciones de mantenimiento adecuadamente.

Los programas de capacitación para los operadores de bombas de agua deben tratar de ofrecer capacitación personal, al menos parcialmente.

En áreas remotas, o en lugares donde la capacitación en persona no es posible debido al alto costo por organización de un curso para todo el personal, todos los operadores de bombas de agua deben recibir por lo menos los materiales de referencia.

Para la realización de los módulos de capacitación es necesario utilizar determinados recursos y técnicas didácticas apropiadas al entorno en el que se desarrollara el proceso de capacitación. Después de analizar el entorno se determinó que los recursos y técnicas más apropiadas son las siguientes:

**a) Recursos didácticos.** El valor de los recursos didácticos, al igual que ocurre con las técnicas, está en el uso correcto que se haga de ellos; un recurso didáctico tiene valor cuando proporciona al capacitando medios de observación y experimentación, ayuda a economizar tiempo en la enseñanza, facilita el aprendizaje y en fin, acerca al operador cuando es posible a la realidad. El instructor debe seleccionar los recursos, organizarlos y valerse de ellos en el momento adecuado, así como relacionarlos con el tema del curso.



Entre los principales recursos didácticos que serán utilizados durante los módulos didácticos se puede mencionar los siguientes:

- Materiales impresos. libros, folletos, y manuales.
- Pizarrones.
- Carteles. Láminas sueltas con dibujos, gráficas, etc.
- Ilustraciones. Fotografías, gráficas, acetatos, y dibujos.
- Materiales de experimentación; bomba que servirá para efectuar prácticas, herramientas.
- Audiovisuales: televisión(cuando sea posible).

Las técnicas didácticas propuestas son las siguientes:

**b) Exposición.** Consiste en la utilización de la palabra hablada para explicar un tema, alguna actividad o desarrollar un concepto, etc. Se utiliza para tratar conceptos, teorías, procesos, leyes y principios difíciles. Se ajusta muy bien debido a que esta técnica es aconsejable cuando el tiempo disponible es limitado, las fuentes de información no están al alcance del capacitando, se inicia un tema y cuando se concluye con una síntesis.

Cuando se utiliza esta técnica, quizás la más común, conviene tomar en cuenta que:

- Los conceptos expuestos no son igualmente claros para el instructor y para el capacitando.
- Es aconsejable, durante la exposición, abrir algunos paréntesis para hacer preguntas acerca de lo expuesto y así asegurarse de que se comprenden los conceptos importantes; y
- La exposición debe desarrollarse en una secuencia lógica.

**c) Demostración.** La demostración consiste en mostrar en forma práctica el uso de un instrumento, la elaboración de una gráfica, la ejecución de un experimento, etc. Es apropiada porque es necesario observar paso a paso la secuencia de un proceso y el manejo de herramientas, además se necesita describir un proceso manual.

Es una técnica que proporciona excelentes resultados considerando que toma en cuenta lo siguiente:

- Explica previamente lo que se va a demostrar
- Realiza la demostración al ritmo normal
- Ejecuta de nuevo la demostración, pero ahora lentamente, describiendo cada paso;
- Pide a los capacitados que lleven a cabo la demostración

#### **4.2 Descripción de módulos del programa de capacitación**

El programa de capacitación se ha propuesto en tres módulos que funcionarán de manera secuencial, brindando los conocimientos desde los principios fundamentales sobre bombas hasta llegar a la detección y corrección de fallas.

Tabla III. Módulo 1

<b><u>Módulo 1, Funcionamiento de Bombas</u></b>
1. ¿ Cómo funcionan las bombas?
1.1 Bombas de desplazamiento positivo y no positivo
1.2 Clasificación de los tipos de bombas
1.2.1 Bombas de desplazamiento positivo
1.2.1.1 Bombas de embolo
1.2.1.2 Bombas de paletas deslizantes
1.2.1.3 Bombas de lóbulos rectos
1.2.1.4 Bombas de tornillo rotativo
1.2.2 Bombas de desplazamiento no positivo
1.2.2.1 Flujo axial
1.2.2.2 Flujo radial
1.2.2.3 Flujo mixto

#### **4.2.1 Módulo 1, Funcionamiento de Bombas**

Este modulo tiene la finalidad de proporcionarle al participante los conocimientos básicos acerca de los principios de funcionamiento de las bombas de agua. Además se busca que el participante identifique a las bombas hidráulicas según su mecanismo de impulsión.

#### **4.2.2 Módulo 2, Normas y Requisitos de Operación**

Este modulo tiene la finalidad de proporcionarle al participante los conocimientos esenciales para poder operar las bombas de agua. Además se busca que el participante identifique a los componentes mecánicos y eléctricos de las bombas hidráulicas.

Tabla IV. Módulo 2

<b><u>Módulo 2, Normas y Requisitos de Operación</u></b>	
2.	¿ Que conseguimos al normar la operación de un equipo?
2.1	Normas para la operación de bombas sumergibles
2.1	Montaje
2.2	Sistema eléctrico
2.3	Cajas de control
2.4	Relés
2.5	Válvulas de retención
2.6	Enfriamiento del motor
2.7	Otros elementos eléctricos
2.2	Normas para la operación de bombas centrifugas
2.2.1	Montaje
2.2.2	Cebado
2.2.3	Sistema eléctrico
2.2.4	Evaluación de carga neta positiva de succión
2.3	Bombas hidroneumáticas

#### **4.2.3 Módulo 3, Programa de Mantenimiento Preventivo**

Este modulo tiene la finalidad de proporcionarle al participante los conocimientos esenciales para desarrollar programas de mantenimiento preventivo básico al conjunto bomba de agua. Además, se busca que el participante identifique los fallos más comunes y lo pueda corregir.

Tabla V. Módulo 3

<b><u>Módulo 3. Programa de mantenimiento preventivo</u></b>	
3.	¿Por qué implementar un programa de mantenimiento preventivo? El mantenimiento preventivo como mecanismo de confiabilidad
3.1	Rutinas de mantenimiento preventivo de bombas hidráulicas
3.1	Aspectos generales
3.2	Normas de seguridad
3.3	Mantenimiento de bombas sumergibles
3.3.1	Elementos eléctricos
3.3.2	Lubricación
3.3.3	Mantenimiento de pozo
3.4	Mantenimiento de bombas centrifugas
3.4.1	Lubricación
3.4.2	Sellos
3.4.3	Rodamientos
3.4.4	Acoples
3.5	Mantenimiento de bombas hidroneumáticas
3.6	Mantenimiento preventivo básico de motores eléctricos

#### **4.3 Implementación de programas de capacitación al personal operativo y técnico**

Como parte de la implementación del programa de capacitación se consideran los siguientes aspectos para determinar la estructura y la metodología de la capacitación:

- Se estructura tomando en cuenta consideraciones respecto a la duración y contenidos a impartir basándose en los objetivos predefinidos para el programa de capacitación.

- Para impartir la capacitación se dispondrá de tres instructores durante todo el curso; un instructor para la parte teóricas y dos instructores para los aspectos técnicos, un técnico en mantenimiento de bombas y un técnico electricista. Para efectuar las presentaciones se hará uso de las técnicas y recursos descritos con anterioridad. Los que temas deberán cubrir las sesiones de capacitación se describen en la tabla No. VI.
- Las instalaciones donde se efectuará la capacitación pueden ser los salones destinados para capacitación del hospital general el San Juan de Dios. Para efectuarlo en hospitales del interior se ubicará hospitales que cuenten con salones para capacitación y que se ubique de manera estratégica para acoger a la mayor cantidad de capacitados posibles. los recursos didácticos serán proporcionados por la unidad de capacitación del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, y los recursos para movilización y alimentación de los operadores y técnicos serán proporcionados por cada hospital que envíe a su personal a capacitar.
- El curso durará 40 horas y constará de 3 módulos. Se entregará un diploma por participación a los que concluyan las 40 horas.

**ESQUEMA DIDACTICO DEL CURSO**

Duración: 40 horas

<b>Análisis de tareas (objetivos específicos)</b>	<b>Contenidos</b>	<b>Técnicas didácticas</b>	<b>Recursos didácticos</b>	<b>Actividades</b>	<b>Duración</b>
Al finalizar el módulo el participante comprenderá y podrá de describir los mecanismos de funcionamiento de una bomba bomba. Además comprenderá su importancia dentro del hospital.	Módulo 1	Exposición	Folleto Retroproyector Acetatos Material didáctico	Clase magistral Visita a cuarto de bombas Descripción de funcionamiento de bomba	8 horas
Al finalizar el módulo el participante tendrá la capacidad de operar una bomba de manera adecuada, y podrá proponer la modificación de la instalación actual	Módulo 2	Exposición Demostración	Manuales Folleto Retroproyector Acetatos Material didáctico Bomba	Clase magistral Descripción de funcionamiento de sistema de bombeo(montaje y operación).	8 horas
Al finalizar el módulo el participante tendrá la capacidad de diseñar un programa de mantenimiento preventivo o de bombas de agua de acuerdo a las necesidades del hospital	Módulo 3	Exposición Demostración	Folleto Retroproyector Acetatos Material didáctico Bomba centrífuga Herramientas	Clase magistral Casos prácticos, " El mantenimiento de una bomba centrífuga" "Bomba sumergible, el pozo y su cuidado"	16 horas
Al finalizar el módulo el participante tendrá la capacidad de detectar fallas en los equipos de bombeo y solucionarlas ó pedir auxilio al departamento de electricidad del hospital para hacerlo	Módulo 3	Exposición	Multímetro Folleto Retroproyector Acetatos Material didáctico Herramientas	Clase magistral Visita a cuarto de bombas Descripción de funcionamiento	8 horas

Tabla VI. Esquema didáctico del plan de capacitación

## **4.4 Registros y mediciones del desempeño de los equipos**

Para desarrollar un proceso de implementación y mejora es necesario establecer adecuadamente los parámetros sobre los cuales se medirá el desempeño. Los parámetros esenciales para observar el proceso de mejora de operación de los equipos de bombeo son el registro físico, historial de funcionamiento y el registro de mantenimiento preventivo.

### **4.4.1 Registro físico del equipo**

Es necesario llevar un registro actualizado de los equipos de bombeo como una herramienta indispensable para el mantenimiento programado de componentes, como rodamientos, sellos y en algunos casos impulsores. En el apéndice 4, se describe un formato para la elaboración del registro físico de las bombas.

### **4.4.2 Historial de funcionamiento**

Si tuviéramos un registro del rendimiento de la bomba podemos determinar cuando empieza a fallar. Por ejemplo la caída de caudal que sufre el Hospital Doctor Jorge Von Ahn es un indicativo de que el pozo no necesita únicamente limpieza, también debe ser rehabilitado debido a que en las condiciones actuales el pozo no puede suministrar un caudal constante y el hospital se auxilia para abastecerse de agua del servicio municipal. El término rehabilitación quiere decir que es necesario profundizar el pozo y posiblemente reemplazar la bomba.



El historial de funcionamiento se convierte en la bitácora del equipo, es decir en el registro donde se anotan todos los hechos importantes relacionados con el equipo. En el apéndice 5, se describe un formato para llevar el registro del historial de funcionamiento.

#### **4.4.3 Hoja de control de mantenimiento preventivo**

Cuando se efectúa el intercambio de componentes, es necesario llevar un registro teniendo estas dos funciones esenciales. La primera consiste en tener un control minucioso de las partes que han sido reemplazadas para verificar la vida útil de un componente determinado. Por ejemplo, un operador que sabe que se ha cambiado el sello de la bomba y observa que ocurre un goteo excesivo sabe que la posible solución puede ser apretar el prensa estopa.

La segunda razón es que al tener un control sobre el mantenimiento preventivo puede ayudar a establecer una asignación tanto de recursos humanos como presupuestaria. En el apéndice 6 se describe un formato para la elaboración de mantenimiento preventivo.

#### **4.4 Evaluación del desempeño al personal operativo y técnico**

La evaluación no pretende simplemente saber si los operadores alcanzan o no, los objetivos en su desempeño, sino de proporcionar la información necesaria para aumentar al máximo el rendimiento de cada uno de ellos. Desde este punto de vista, la evaluación desempeña un papel muy importante antes, durante y al término del evento de capacitación.

Antes del evento de capacitación los participantes de los módulos sobre funcionamiento, operación y mantenimiento de bombas poseen ya algunos conocimientos y habilidades relacionadas con los objetivos del curso. Esta situación exige que se evalúe con toda objetividad el comportamiento inicial de los operadores. La importancia del comportamiento inicial y la manera de determinarlo es algo que ya hemos revisado al momento de efectuar las encuestas.

Durante el evento de capacitación el instructor continuamente debe estar atento al desempeño de los operadores y técnicos, para saber si éstos están alcanzando los objetivos, o no. Para ello, el instructor tiene que decidir si continúa o si explica nuevamente con ejemplos complementarios. La evaluación se hará diariamente para corroborar que se han asimilado los conocimientos que han sido impartidos durante el día.

Al final del evento la evaluación se realizará con la finalidad de determinar con toda precisión si los objetivos que se fijaron fueron alcanzados o no. Generalmente, un curso de capacitación incluye varios objetivos por lo que al efectuar una evaluación deseamos verificar que porcentaje cumplieron con estos objetivos.

La evaluación se convierte en el sistema de control de calidad del proceso de enseñanza aprendizaje, el cual busca:

- a) Facilitar el aprendizaje de los capacitados.
- b) Desarrollar formas válidas de medición del desempeño de los capacitados de acuerdo a los objetivos del curso

**a) Facilitar el aprendizaje de los operadores.** Es más fácil aprender aquello que se hace. El evaluar constantemente brinda la oportunidad al operador de estar en una continua interacción con lo que ha de aprender.

Es importante que al finalizar la capacitación el operador este en condiciones de responder satisfactoriamente a las preguntas y de ejecutar las actividades programadas, pues por una parte, si el operador no tiene los conocimientos o habilidades necesarios para resolver una prueba de evaluación puede mostrar comportamientos emocionales que interfieran con el proceso de aprendizaje y si la evaluación no se refiere a los objetivos, entonces no tiene ningún caso hacerla y puede, incluso, convertirse en un obstáculo para el aprendizaje ya que distrae la atención del operador.

Se recomienda practicar evaluaciones breves inmediatamente después de que se han llevado a cabo las actividades tendientes a lograr cada uno de los objetivos.

**b) Desarrollar formas válidas para medir el desempeño de los capacitados.** Existen dos procedimientos para medir el desempeño de los capacitados: la evaluación con base en la norma estadística y la evaluación con base en el criterio expresado en los objetivos.

En el caso de la evaluación con base en la norma estadística lo que se hace es comparar el aprovechamiento de cada operador con el de los demás. Por ejemplo, cuando se dice: "Juan Pérez obtuvo el segundo lugar en respuestas correctas", implícitamente se está comparando con los demás.

Esta afirmación no dice nada al instructor acerca de si alcanzó los objetivos, o no; simplemente se infiere de esa afirmación, que otra persona dio más respuestas que él. Esta forma de evaluar no cubre las funciones descritas anteriormente.

La evaluación con base en un criterio (el expresado en los objetivos) elimina las deficiencias de la anterior forma, pues evalúa al operador por él mismo, es decir en función de los conocimientos y habilidades que posee, sin compararlo con los demás.

Como parte de este proceso de evaluación se han diseñado dos tipos de evaluación; la primera dirigida para determinar en que grado han sido asimilados los conocimientos por parte de los capacitados, y la segunda para determinar cuál ha sido el comportamiento del instructor desde el punto de vista de los capacitados.

El contenido de la evaluación dirigida a los capacitados busca corroborar que han asimilado los conocimientos basados en los objetivos trazados al inicio del curso. Las pruebas que se deben de efectuar en los módulos 1, 2 y 3 se describen en el apéndice 7.

La evaluación del desempeño del instructor pretende servir de herramienta para determinar en que grado el instructor utiliza un lenguaje de fácil acceso hacia los capacitados, para la mejor comprensión de los contenidos. La prueba de evaluación hacia el instructor se describe en el apéndice 8.

## **5. ESTRATEGIAS PARA LA REDUCCION DE COSTOS EN LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS HIDRÁULICAS**

### **5.1 Ahorro en el consumo de agua**

El ahorro de agua se convierte en una herramienta necesaria para la preservar este recurso hídrico y puede analizarse desde varios aspectos, en relación a las distintas unidades del hospital.

Como parte del ahorro de agua, es importante efectuar mejoras en otras áreas del hospital, por ejemplo las fugas de vapor, lo cual ocasiona una pérdida de energía, agua, y químicos para su tratamiento.

#### **5.1.1 Eliminación de fugas**

El origen de las fugas es muy variado. Visualmente se pueden observar en llaves debido al desgaste de los empaques y a la corrosión de las tuberías y llaves.

Algunos procedimientos para la detección de fugas son:

- Detectar manchas de humedad en los gabinetes.
- Revisar si no hay olor a putrefacción en la base de los lavamanos o inodoros.
- Revisar que en las habitaciones que están cerca o abajo del baño no haya indicios de humedad en el techo o las paredes.

- Verificar periódicamente que no haya fugas en los empaques interiores.
- Revisar toda la instalación de la tubería para verificar que no existan fugas en especial en las uniones de los tramos de tubería. Los empaques viejos y gastados y las uniones flojas pueden ocasionar fugas las cuales darán por resultado un mayor gasto de agua y electricidad.

Es difícil cuantificar las fugas de aguas existentes dentro de un hospital debido a que en algunas casos las tuberías ya cumplieron con su vida útil y es frecuente que los tubos se revienten por que no soportan la presión

### **5.1.2 Equipos sanitarios que economizan agua**

La necesidad mundial por ahorrar agua ha llevado al desarrollo de servicios sanitarios que proporcionan una disminución del consumo de agua. Dentro de estos equipos están duchas y lavamanos con reductores de presión e inodoros que utilizan menos agua por descarga. Por las dimensiones que posee u hospital al utilizar todos estos equipos de manera combinada se puede lograr una ahorro significativo de agua.

### **5.1.3 Concienciar a personal y pacientes**

La divulgación del programa de ahorro dentro del hospital es esencial para lograr cumplir con sus objetivos. El personal debe notificar al departamento de mantenimiento los lugares en los que existan fugas.

Además, es necesario establecer una campaña de concientización a los pacientes para que cuiden las instalaciones del hospital, ya que el hecho de que un hospital se encuentre en buen estado redundará en beneficios para el paciente. Como parte de la campaña se pueden colocar afiches en los servicios sanitarios recalcando la importancia de cerrar las llaves y no dejarlas abiertas, y efectuar duchas breves.

## **5.2 Reducción de gasto por consumo eléctrico**

El gasto por consumo eléctrico se puede reducir verificando periódicamente el buen estado del motor, y utilizando bombas de alta eficiencia y programación de bombeo.

### **5.2.1 Como aprovechar mejor los motores eléctricos**

Se debe verificar periódicamente la alineación del motor con la bomba impulsada. Una alineación defectuosa puede incrementar las pérdidas por rozamiento y en caso extremo ocasionar daños mayores en el motor y en la bomba.

Es necesario corregir la caída de tensión en los alimentadores. Una tensión reducida en los terminales del motor, genera un incremento de la corriente, sobre calentamiento y disminución de su eficiencia. Las normas permiten una caída de tensión del 5%. Para ellos, utiliza conductores correctamente dimensionados.

También se debe balancear la tensión de alimentación en los motores trifásicos de corriente alterna. El desequilibrio entre fases no debe exceder en ningún caso del 5%, pero mientras menos sea el desbalance, los motores operarán con mayor eficiencia.

Es necesario mantener bien ajustado y en óptimas condiciones el interruptor de arranque de los motores monofásicos de fase partida. El mal funcionamiento de este accesorio, que se emplea para desconectar el devanado de arranque, y el condensador en los motores de arranque por condensador, provoca un sobre calentamiento en los conductores ocasionando significativas pérdidas de energía y en caso extremo la falla del motor.

Se debe utilizar arrancadores a tensión reducida en aquellos motores que realicen un número elevado de arranques, con esto se evitará un calentamiento excesivo en los conductores y logrará disminuir las pérdidas durante la aceleración.

Se debe evitar el arranque y la operación simultánea de motores, sobre todo los de mediana y gran capacidad, para disminuir el valor máximo de la demanda.

También se debe verificar continuamente la lubricación de los cojinetes para minimizar las pérdidas por fricción y elevar la eficiencia.



No se recomienda rebobinar los motores más de 2 veces, porque puede variar las características de diseño del motor, lo cual incrementaría las pérdidas de energía. Además, en motores de bajo caballaje es posible que rebobinar no sea rentable. Se debe revisar de manera continua los filtros de la bomba, limpiándolos con frecuencia para evitar que las obstrucciones ocasionen sobre cargas que aumenten innecesariamente el consumo de energía.

### **5.2.2 Utilización de bombas de alta eficiencia**

Las bombas de alta eficiencia poseen impulsores cuyas características de diseño hacen que la bomba pueda suministrar el mismo caudal y la misma cabeza de bomba que una bomba normal pero con un menor consumo eléctrico.

Una bomba de alta eficiencia se puede evaluar desde varios aspectos:

Se debe de recordar que la potencia nominal suministrada por el motor, debe ser igual a la que requiere la bomba para trabajar a su máxima eficiencia. Es decir que si una bomba esta diseñada para trabajar con 5 HP de potencia, se le debe de acoplar un motor de 5 HP. Además, se debe verificar las revoluciones por minuto (R.P.M.) con las que debe de trabajar la bomba, para que sean iguales a las del motor. Si es superior está gastando innecesariamente la energía.

### **5.2.3 Utilización de programación de bombeo**

Es importante instalar controles automáticos para arrancar y parar el motor de la bomba. Así se evitará que el motor siga consumiendo energía eléctrica cuando se ha bombeado el agua que es necesaria.

Cuando se tienen depósitos elevados para distribuir el agua por gravedad o cuando se tienen los depósitos de almacenamiento es posible instalar guardaniveles que activen la bomba cuando existe bajo nivel y desactivarla cuando el depósito ha alcanzado su máxima capacidad.

Cuando por falta de recursos, no es posible adquirir guardaniveles se hace necesario programar el encendido de las bombas, cada vez que se enciende un motor eléctrico aumenta el consumo eléctrico, por cual establecer un horario para que trabaje la bomba se está garantizando que no este encendiendo y apagando de manera constante. La programación de bombeo se puede efectuar evaluando de manera conjunta el consumo, la capacidad del tanque de almacenamiento, y la capacidad de caudal de la bomba

### **5.2.4 Impacto del ahorro de agua en el consumo eléctrico**

La reducción del consumo de agua se traduce en una disminución de horas de bombeo por lo que, finalmente, el costo por facturación disminuye.

Una bomba viene con una capacidad establecida en galones por minuto (GPM), por lo que al eliminar fugas, utilizar equipos sanitarios de alta eficiencia y al concienciar al personal sobre la importancia de ahorrar agua se logra disminuir el consumo diario de agua, lo que se traduce en menos horas de bombeo, menor desgaste de la bomba y menor consumo eléctrico.

### **5.3 Estandarización del equipo de bombeo**

Aunque algunos hospitales tienen características similares de diseño, es difícil pensar que se puedan estandarizar las bombas sumergibles, debido a las variaciones del suelo, y a la diversidad de regiones del país, los pozos son construidos con distintas características técnicas y de profundidad. De esta manera un pozo más profundo necesitará una bomba con más potencia. La adquisición de equipo de características similares facilita el manejo del inventario de repuestos.

### **5.4 Manejo de inventarios de repuestos**

Considerando que el proceso de cotización muchas veces es lento se debe preveer la compra de rodamientos, sellos, grasa y otros componentes de las bombas, para facilitar su reparación. Además, se debe capacitar a los operadores sobre como almacenar los repuestos para que éstos no sufran deterioro por las condiciones ambientales y mal manejo.



## CONCLUSIONES

1. La importancia de la utilización de bombas en el suministro de agua así como en el funcionamiento de un hospital radica en que es esencial para la prestación del servicio hospitalario, porque es necesaria para la producción de vapor, elaboración de alimentos, desinfección, esterilización y lavado, por lo cual la ausencia del suministro de agua originaría un colapso dentro de un hospital.
2. Los principios de funcionamiento de bombas son el desplazamiento positivo que se basa en desplazar volúmenes constantes de manera intermitente por cada revolución que efectúe el motor, y el desplazamiento no positivo en el que el impulsor desplaza fluido de manera continua.
3. Por la encuesta se determinó que algunos proveedores no cumplen los contratos de licitación al no proporcionar manuales de operación y mantenimiento, ni la capacitación exigida en los contratos elaborados por la Unidad de Proyectos de Infraestructura en Salud (UPRISAL) y la División de Ingeniería y Mantenimiento (DIM). Además, existe una cantidad significativa de bombas que son descartadas pudiendo ser reparadas. Las bombas que quedan fuera de funcionamiento por cualquier causa no son reparadas lo que ocasiona que las bombas en buen estado se sobrecarguen reduciendo de esta manera su vida útil.

4. Las malas prácticas de operación dañan el equipo y exponen al trabajador a provocar o sufrir accidentes, por lo que cada vez que se asigne un nuevo operador se le debe someter a un programa de inducción sobre seguridad personal, operación y mantenimiento.
  
5. Las rutinas de mantenimiento son deficientes por poca capacitación y a la asignación presupuestaria. Al adquirir un equipo, algunos proveedores incumplen con la capacitación respectiva, y por eso se tiene problema que técnicos capacitados dejan de laborar para el estado debido al bajo salario en relación con la iniciativa privada. La asignación presupuestaria de la red hospitalaria es baja, por lo que el presupuesto asignado al Departamento de Mantenimiento se ve reducida al tener que invertir en rubros como medicinas, alimentación, y salarios. Por lo que las autoridades deben evaluar el costo económico que implica estar renovando equipos de manera constante, lo que se puede evitar mediante rutinas de mantenimiento preventivo.
  
6. En la actualidad, no existe una política de ahorro, a pesar de la falta de recursos. Se ha podido observar fugas por deterioro de llaves y tuberías, lo que ocasiona que se deban aumentar las horas de bombeo. El aumento de horas de trabajo contribuye a un mayor desgaste que trae como consecuencia un mayor costo por operación y mantenimiento.

7. Sí se cuentan con los recursos económicos necesarios, la capacitación será la herramienta fundamental para implementar el programa, y para ello se proponen algunos módulos donde se busca que el participante adquiera conocimientos esenciales y se establecen los mecanismos de control para verificar que se está cumpliendo con el programa.





## **RECOMENDACIONES**

1. Garantizar, mediante un acuerdo ministerial, que un hospital que no cuente con suministro municipal de agua tenga al menos dos pozos con sus respectivas bombas en buen estado, y los hospitales que utilizan bombas centrífugas para distribución interna y tienen más de 50 camas tengan al menos dos bombas en buen estado.
2. Verificar que los proveedores proporcionen los manuales y cursos de capacitación que estipulan los contratos. Además, se debe realizar un procedimiento que permita descargar de inventario el equipo inservible para reemplazarlo por nuevo.
3. Promover cursos de capacitación, establecer una política de incentivos que estimulen a los técnicos para permanecer dentro del estado y no irse a la iniciativa privada en búsqueda de una mejor remuneración.
4. Enfatizar en el mantenimiento preventivo, ya que implica un menor costo que el mantenimiento correctivo, por cual debe de existir una planificación presupuestaria real hacia el Departamento de Mantenimiento para que se pueda contribuir a una mejora en el desempeño de los equipos.
5. Reducir los costos de bombeo utilizando una menor cantidad de horas en las bombas y esto se logra usando adecuadamente el agua, eliminando fugas y concientizando al personal sobre la necesidad de ahorro.

6. Al momento de renovar las tuberías que han cumplido con su vida útil, que son origen de fugas o se rompen constantemente se analiza el reemplazo de equipos sanitarios actuales por equipos de alta eficiencia para promover un ahorro de energía y agua. Además en hospitales en construcción se debería normar que sean instalados equipos sanitarios de alta eficiencia.
7. Registrar, constantemente, al agua para verificar la ausencia de contaminantes, y que los porcentajes de cloro están dentro de los rangos para el consumo humano.
8. Velar para que los sistemas de agua contra incendio sean reparados o instalados y probar su funcionamiento de manera constante para garantizar que están en buen estado ante cualquier eventualidad. También debe considerarse que las mangueras y partes de tubería de bronce sean colocadas en lugares que no sean objeto de robo o estén debidamente protegidos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta Alvarez, Acevedo J.M. c **Manual de hidráulica**. México. Editorial Harla, 1975. 578 p.p.
2. Avila Tang, Marco Antonio. Guía para el curso de mantenimiento de hospitales. Tesis Ing. Mecánico, Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1998. 147 p.p.
3. Castro Benjamín, Paredes Octavio. **Capacitación, diseño tecnológico de cursos**. México. Editorial Limusa, 1988. 182 p.p.
4. Colmenares Samayoa, María del Rosario. Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las aldeas Don Diego y La Libertad, jurisdicción de Quesada, Jutiapa. Tesis Ing. Civil. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1986. 149 p.p.
5. Giles Ronald, Event Jack, Liu Cheng. **Mecánica de los fluidos e hidráulica**. Madrid, España. Editorial McGraw Hill, 1994. 420 p.p
6. <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/ejercicoh> Consultado en (04,2004).
7. <http://usuarios.iponet.es/jsl/hidraulica/bombas.htm>. Consultado en (04,2004).
8. <http://www.geocities.com/ivanquiroz/Reles.html>. Consultado en (06,2004).
9. <http://www.monografias.com>. Consultado en (04,2004).
10. Karassik Igor, Roy Carter. **Bombas Centrifugas, Selección, Operación y mantenimiento**. México. Compañía Editorial Continental, 1967. 560 p.p.

11. Mataix Claudio. **Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas**. España Editorial Harper y Row Publishers inc., 1976. 583 p.p.
12. McNaughton, Kenneth J. **Bombas: Selección uso y mantenimiento**. México. Editorial McGraw Hill, 1989. 373 p.p.
13. Mondy Wayne, Noe Robert, Premeaux Shane. **Administración de recursos humanos**. México. Editorial Prentice Hall, 1997. 663 p.p.
14. Rodriguez Fonseca, Luis Fernando. Estudio de problemas de motores eléctricos sumergibles usados en pozos. Tesis Ing. Electricista, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1986. 106 p.p.
15. Velasquez Díaz, José Alfonso. **Criterios de diseño de pozos para agua**. Tesis Ing. Civil, Universidad de San Carlos, Facultad de Ingeniería, 1988. 223 p.p.

## APÉNDICE

### Apéndice 1. Aspectos para la seleccionar y cotizar una bomba

Para realizar eficientemente un proceso de cotización de una bomba es necesario indicar en las especificaciones técnicas los siguientes elementos:

**Marca.** Se debe de seleccionar una marca que cuente con repuestos en el mercado.

**Modelo.** El modelo será esencial para la adquisición de repuestos ó el reemplazo de la bomba. Cuando se reemplaza la bomba es posible que el motor se encuentre en buen estado y no necesite reemplazo por lo que se requiere que la bomba que se pueda acoplar con el motor que está en buen estado.

**Diámetro de succión.** Algunas bombas se instalan con reductor excéntrico en el lado de succión, por lo que se debe verificar que el diámetro de succión sea compatible con el diámetro de la tubería instalada.

**Diámetro de descarga.** El diámetro de descarga indica el diámetro que debe tener la bomba en el lado de descarga, para que sea compatible con la tubería que se ha instalado. En algunos casos será necesaria la instalación de bridas para la conexión con la tubería de descarga.

**Capacidad.** Se refiere al caudal que puede entregar la bomba, indicado en metros cúbicos por minuto o en galones por minuto (GPM); este dato se hace esencial para cumplir con los requisitos de caudal de la instalación.

**Potencia.** Es medida en caballos de fuerza y sirve para seleccionar el motor, así como para estimar el consumo eléctrico.

**Cabeza de bomba.** Está se mide en metros, o pies y sirve para determinar la capacidad de carga de la bomba(ver capítulo1).

**Eficiencia del motor eléctrico.** El consumo eléctrico es un factor importante para la selección del motor. Se debe de verificar el consumo en amperios que tengan distintas casa comerciales para motores de la misma potencia. Un motor en apariencia barato puede usar alambre de mala calidad en sus devanados, por lo que es importante analizar cuál será el consumo en operación que tendrán los motores.

**Garantía.**Cuál es la garantía que el proveedor extiende de acuerdo al tipo de servicio para el que se requiere a la bomba.

Modelo de encuesta

Figura 30. Modelo de encuesta

Hospital: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Responsable: \_\_\_\_\_

No.	Marca	Tipo	Ubicación	Potencia HP	Voltaje y No. de fases	Estado de funcionamiento			Existen Manuales	
						Funcionando bien estado	con fallas menores	No funciona con fallas reparable	Opera.	Mtto.
Hospital San Juan de Dios										
4	Ohio Pumps	Centrífugas	Cuarto de bombas	60 HP	480	3	1		4	4
2	Ohio Pumps	Centrífugas	Cuarto de bombas	40 HP	480	1	1		2	2
3	Sta Rite	Centrífugas	Pediatría	---	240			3	3	3
6	Capitani	Centrífugas	Cuarto de bombas		480			6	6	6
2	Berkeley				240			2	2	2
1	F&W				240			1	1	1
1	Allis Chalmers	Centrífuga	Cuarto de bombas	7.5 HP	480		1		1	1
1	Allis Chalmers	Centrífuga	Cuarto de bombas	150 HP	480		1		1	1
1	Sta Rite	Sumergible	9a. Calle	23 CV	480	1			1	1
1	Sta Rite	Sumergible	Area de mater.	60 HP	480			1	1	1
1	—	Sumergible	Niño sano	—	480	1			1	1
1	Sta Rite	Sumergible	Aledaños	40 HP	480			1	1	1
1	—	Sumergible	12 Calle		480	1			1	1
1	Hidromac	Centrífuga alta presión	Cuarto de calderas	10 HP	240	1			1	1
1	Hidromac	Centrífuga alta presión	Cuarto de calderas	10 HP	240			1	1	1
1		Auxiliar de calderas	Cuarto de calderas		240	1			1	1
Sanatorio San Vicente										
1	Burks Pumps	Centrífuga alta presión	Cuarto de calderas	10 HP	240 V	1			1	1
1	Sta Rite	Centrífuga	Estación de bombeo	3 HP		1			1	1
2	Fairban	Centrífuga	Estación de bombeo	1.5 HP	240 V	1			2	2
1	Red Jacket	Sumergible	Estación de bombeo	10 HP		1			1	1

Continuación del apéndice 2. **Modelo de encuesta**

Figura 30. **Modelo de encuesta (continuación)**



Modelo de encuesta

Hospital: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Responsable: \_\_\_\_\_

No.	Marca	Tipo	Ubicación	Potencia HP	Voltaje	Estado de funcionamiento			Existen Manuales					
						Funcionando con fallas menores	con fallas reparables	No funciona reparable	Opera.	Mtto.	No	Si	No	Si
Hospital de Infectología														
1	Sta Rite	Centrifuga	Cuarto de mantenimiento	2 HP	240	1						1		1
1	GE	Centrifuga	Cuarto de mantenimiento	3 HP				1				1		1
1	Ns/Nr	Centrifuga	Cuarto de mantenimiento	5 HP	240	1						1		1
Hospital Roosevelt														
3	Hidromac	Centrifugas de alta presión	Cuarto de calderas	10 HP	240	3						3		3
4	Sta Rite	Centrifugas	Cuarto de bombeo	15 HP	240	4						4		4
2		Sumergibles		15 HP	240	2						2		2
Hospital Von Ahn														
1	Ns/Nr	Sumergible	Área de bombeo	3 HP	240	1						1		1
2	GE	Centrifugas	Cuarto de bombas	3 HP	240	1		1				2		2
1	Berkley Pumps	Centrifugas	Área de bombeo	3 HP		1						1		1





**MODELO DE INVENTARIO**

Bomba Centrífuga		Bomba Sumeigible		Motor eléctrico	
Marca		Marca		Marca	
Modelo		Modelo		Modelo	
No. de serie		No. de serie		No. de serie	
Caudal(GPM)		Caudal(GPM)		Potencia	
Carga		Carga		Amperaje	
No. de impulsores		No. de impulsores		Voltaje	
Tipo de acople		Ubicación		No. de fases	
Ubicación		Diámetro de descarga		No. de inventario	
Diámetro de succión		Profundidad de pozo			
Diámetro de descarga		Número de tubos del pozo			
Fecha de adquisición		Fecha de instalación			
Proveedor		Proveedor			
No. de inventario		No. de inventario			

Elaboró: \_\_\_\_\_

Cargó: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

**Apéndice 4. Modelo para inventario de equipo**

Figura 33. Modelo para inventario de equipo.





## Apéndice 7. Evaluación a los capacitados de los módulos 1, 2 y 3

### Evaluación final de módulo 1

Participante: \_\_\_\_\_ Hospital: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Instrucciones. Conteste de maneja individual las siguientes preguntas.

- 1) ¿ Qué es una bomba?
- 2) ¿Por qué es de vital importancia la utilización de bombas dentro de un hospital?
- 3) ¿Cuáles son las consecuencias de la ausencia de agua dentro de un hospital? ¿Que unidades se verían afectadas?
- 4) ¿Cuál es el mecanismo de funcionamiento de una bomba de desplazamiento positivo?
- 5) ¿Cuál es el mecanismo de funcionamiento de una bomba de desplazamiento no positivo?
- 6) ¿ Para qué se utilizan las bombas de agua dentro de un hospital?
- 7) ¿ Cuáles son los usos que tiene una bomba centrífuga
- 8) ¿Cuáles son los usos que tiene una bomba sumergible?
- 9) ¿ Con qué cantidad de bombas cree que debe contar el hospital en el que trabaja? ¿Por qué?
- 10) ¿Qué entiende al escuchar los términos potencia, capacidad y eficiencia ?

## Apéndice 7. Evaluación a los capacitados de los módulos 1, 2 y 3

### Evaluación final del módulo 2

Participante: \_\_\_\_\_ Hospital: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Instrucciones. Conteste de maneja individual las siguientes preguntas.

1. ¿Qué objetivo tiene el establecer normas de operación?
2. ¿Cuál es la función de las válvulas de retención?
3. ¿Cómo deben de ser las condiciones en los alrededores del pozo? ¿Qué función tiene el sello sanitario?
4. ¿Por qué es importante efectuar una conexión a tierra?
5. ¿Cómo se produce el enfriamiento del motor en las bombas sumergibles?
6. ¿Qué aspectos se consideran al momento de montar una bomba centrífuga?
7. ¿En qué consiste el cebado?
8. ¿En qué consiste la cavitación?
9. ¿Cómo funciona una bomba hidroneumática?
10. Mencione algunos componentes del sistema eléctrico de una bomba.

## Apéndice 7. Evaluación a los capacitados de los módulos 1, 2 y 3

### Evaluación final del módulo 3

Participante: \_\_\_\_\_ Hospital: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Instrucciones. Conteste de maneja individual las siguientes preguntas.

1. ¿Cuáles son las normas de seguridad antes de iniciar una reparación?
2. ¿En qué consiste el mantenimiento del pozo?
3. ¿Cómo se lubrica una bomba centrífuga?
4. ¿Qué función tienen los sellos?
5. ¿Qué tipo de falla presenta los empaques de los acoples?
6. ¿Por qué es importante el goteo que ocurre por el prensaestopa?
7. ¿Qué tipo de cuidado se debe de tener con los tanques hidroneumáticos?
8. ¿Qué fallas puede ocasionar la mala alineación de la bomba?
9. ¿Qué cuidados se deben de tener con los devanados del motor?
10. ¿Qué función tiene el barniz para devanados?

## Apéndice 8. Evaluación al desempeño del instructor

### Evaluación del desempeño del instructor

Fecha: \_\_\_\_\_

Instrucciones. Conteste de maneja individual las siguientes preguntas. La siguiente evaluación tiene el objetivo de servir de retroalimentación para la planeación de cursos futuros.

1. ¿El instructor proporciono todo el material necesario para el desarrollo del curso?  
Sí                      No
2. ¿Se cumplió con el horario establecido para el desarrollo del curso?  
Sí                      No
3. ¿Considera que el instructor utiliza un lenguaje sencillo y fácilmente entendible?  
Sí                      No
4. ¿Contestó el instructor todas las dudas de una manera paciente que surgieron durante el desarrollo del curso?  
Sí                      No
5. ¿Considera que el instructor exhibe dominio de la materia que imparte?  
Sí                      Parcialmente                      No
6. ¿Considera que el material didáctico es el idóneo?  
Sí                      No
7. ¿El instructor habla con un tono de voz claro y fácilmente entendible?  
Sí                      No
8. ¿Qué contenidos considera que se deben de agregar para el desarrollo del curso?
9. ¿Lleno el curso sus expectativas? ¿Porqué?
10. ¿Qué sugerencias haría para mejorar el curso?



## ANEXO

### Anexo 1. Limpieza y desinfección de cisternas

Todos los tanques nuevos deben ser desinfectados antes de ponerlos en servicio. En forma similar, los tanques que han estado fuera de servicio por reparación o limpieza también deben ser desinfectados antes de que se les vuelva a poner en servicio. Antes de la desinfección, se debe limpiar los fondos de los tanques mediante barrido y restregado para quitar toda la suciedad y material suelto.

Para efectuar la desinfección existen varios métodos entre ellos tenemos:

- Llenar el tanque hasta el nivel de derrame con agua limpia a la cual se agrega cloro suficiente para producir una concentración de 50 mg/l. Se introduce en el agua la solución de cloro lo más pronto posible durante la operación de llenado con el fin de asegurar una mezcla y contacto completos con todas las superficies a ser desinfectadas. Después de llenar el tanque, se le permite asentarse preferiblemente durante 24 horas pero no por menos de 6 horas. Entonces se debe drenar el agua y rellenar el tanque para el abastecimiento regular.
- En el **segundo método** aplica una solución fuerte (200 mg/l) de manera directa a las superficies internas del tanque. La superficie debe permanecer en contacto con la solución fuerte por lo menos durante 30 minutos antes de llenar el tanque con agua.

- **El tercer método**, que se debe usar sólo cuando no se puede usar otros, no expone las superficies superiores de las paredes a una solución fuerte de cloro.

Se alimenta agua al tanque con un contenido de cloro de 50 mg/l, a un volumen tal que posteriormente cuando se llena completamente el tanque, la concentración resultante de cloro sea de aproximadamente 2 mg/l. Se conserva el agua que contiene 50 mg/l de cloro en el tanque por 24 horas antes de llenar el tanque. Entonces se puede poner en servicio el tanque sin extraer el agua usada para la desinfección siempre que el residuo final no sea demasiado elevado.

**Fuente: Sistemas de abastecimiento de agua para pequeñas comunidades: tecnología de pequeños sistemas de abastecimiento de agua en países en desarrollo / CEPIS, 1988**

## Anexo 2. Tablas de diagnostico de fallas en bombas

Tabla VII. **El motor no arranca**

Causa del problema	Como revisar	Solución
No hay energía eléctrica, el voltaje es incorrecto o fusible quemados		Consultar a empresa eléctrica o cambiar fusible
Flipones desconectados	Revisar que el tamaño de los fusibles sea el correcto o conexiones sueltas. Revisar los flipones están desconectados	reemplazar los fusibles o reconectar los flipones
Interruptor de presión defectuoso	Comprobar estado de los platinos	Reemplazar interruptores de contacto o limpiar platinos
Mal funcionamiento de la caja de control	Llevar a cabo revisión de la caja de control	
Cableado defectuoso	Revisar si hay conexiones sueltas o corroídas. Comprobar si hay corriente con un multímetro	Corregir las conexiones defectuosas
Bomba trabada	Esto puede deberse a una mala Alineación entre la bomba y el motor. El amperaje es de tres a seis veces más de lo normal.	Cuando esta atascada con arena, algunas veces Puede corregirse invirtiendo temporalmente la rotación del motor
Cable o motor defectuoso	Cambiar cable o motor	

Tabla VIII. **El motor arranca frecuentemente**

Causa del problema	Como revisar	Solución
Interruptor de presión	Comprobar el ajuste del Interruptor y examinar si hay defectos	Ajustar o reemplazar el interruptor
Válvula de retención pegada o abierta	La válvula de retención dañada o defectuosa no retiene la presión	Reemplazar si está defectuosa
Tanque anegado en agua	Revisar si el control de volumen	

**Tabla IX. El motor funciona en forma continua**

Causa del problema	Como revisar	Solución
Fugas en el sistema	Revisar el sistema en busca de fugas	Reemplazar tuberías dañadas o reparar fugas
Interruptor de presión	Los platinos del interruptor pueden estar "soldados en posición cerrada. El interruptor de presión puede estar muy ajustado	
Pozo de bajo nivel	La bomba excede la capacidad del pozo.	Acercar el rendimiento de la bomba o posicionar la bomba a un nivel más bajo. No bajarla si la arena pudiera atascarla
Fugas en el sistema	Revisar si hay fugas en el sistema	Reemplazar tuberías dañadas o reparar fugas
Bomba desgastada	Las causas del problemas de que la bomba está desgastada son similares a las fugas en el tubo de bajada. Reducir el ajuste de interruptor de presión, si la bomba se apaga culpa puede ser de las piezas desgastadas. Generalmente hay arena en el tanque	Extraer la bomba y cambiar el propulsor u otras piezas de conexión desgastadas.
Eje de motor suelto o Roto	Saldrá muy poca o nada de agua si el acoplamiento entre el eje del motor y la bomba está suelto o si la bomba atascada ha causado el corte del eje	Revisar y reemplazar
Rejilla de la bomba pegada o cerrada	La restricción de flujo puede indicar que la rejilla de entrada está obstruida. La bomba puede estar en lodo o arena	Limpiar la rejilla y posicionarla a menos profundidad. Podría ser necesario limpiar el pozo
Válvula de retención Cerrada Mal funcionamiento de la caja de control	No saldrá agua si está cerrada la válvula de retención.	Reemplazarla si está defectuosa Revisar y/o reemplazar

**Tabla X. El motor funciona pero el protector contra sobre carga se activa**

Causa del problema	Como revisar	Solución
Voltaje incorrecto	Comprobar con un voltímetro la tensión existente	En caso incorrecto consultar a la empresa eléctrica
Protectores recalentados	La luz solar puede incidir en el recalentamiento de la caja de control, causando la desconexión de los protectores	Colocar la caja a la sombra, suministrar ventilación o alejarla de cualquier fuente de calor
Caja de control Defectuosa	Comprobar estado de trabajo	Cambiar en caso necesario
Motor o cable defectuoso	Verificar su estado	Cambiar en caso necesario
Bomba o motor Desgastado	Verificar su estado	Cambiar en caso necesario

**Tabla XI. Guía para resolver problemas de bombas cuando los fusibles o flipones se disparan cuando se arranca el motor**

Causa del problema	Como revisar	Solución
Voltaje incorrecto	Revisar el voltaje de terminales en la caja de control con un voltímetro. Asegurarse que la tensión este dentro de rangos prescritos por el fabricante.	Si el voltaje está incorrecto, chequear acometida eléctrica. De empresa eléctrica
Cajas de control o Defectuoso	Revisar el motor y alambrado en la caja de control de acuerdo al diagrama dentro de la caja. Ver que todas las conexiones estén apretadas	Rebobinar todo el circuito incorrecto. Apretar conexiones, reemplazar alambre dañados

Continuación Tabla XI. **Guía para resolver problemas de bombas si los fusibles o flipones se disparan cuando se arranca el motor**

Causa del problema	Como revisar	Solución
Capacitor de arranque Defectuoso Relé defectuoso	Comprobar el estado del capacitor con el ohmetro Usando el ohmetro chequear bobina de relé. Si la resistencia está como específica el Fabricante; rechequear la lectura a través del capacitor de arranque. Con buen capacitor, al no moverse la lectura, indica que los contactos del relé están malos.	Reemplazar el capacitor defectuoso  Si la resistencia de la bobina está mala o los contactos están malos, hay que reemplazar el relé
Interruptor de presión Defectuoso	Chequear la tensión a través de los contactos del interruptor ya que podría haber falso contacto	Limpiar los contactos del interruptor o reemplazarlo
Bomba en pozo mal Fabricado	Si ha sido mal fabricado el pozo, tanto la bomba como el motor pueden estar mal Alineados, lo que provoca que se trabe el rotor	Si la bomba no rota libremente se debe de extraer y el pozo debe de corregirse.
Motor defectuoso en sus devanados o el cable  Devanados del motor abiertos o en corto Circuito	Chequear la resistencia del inducido con un ohmetro, en las Terminales que están en la caja de control. Esta deberá marcar de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Si está muy baja el devanado puede estar en corto circuito. Si el ohmetro no marca nada, hay un circuito abierto en el devanado del Motor	Si el devanado del motor está abierto deberá repararse, si es rentable, es decir la reparación con su respectiva garantía es más económica que la adquisición de uno nuevo
Cable o devanado está a tierra	Pruebe las líneas a tierra con el ohmetro. Si marca con Cualquiera de las terminales esto significa que una de ellas está a tierra.	Inspeccionar el cable dañado. Si esta bien, significa que el motor está a tierra.

Tabla XII. **La bomba funciona pero envía poco o nada de agua**

Causa del problema	Como revisar	Solución
Bomba podría estar bloqueada de aire	Parar o arrancar la bomba varias veces, esperando entre cada ciclo alrededor de un minuto. Si la bomba comienza a enviar aire, entonces una bolsa de aire	
El nivel del agua dentro del pozo o tanque es demasiado bajo	La capacidad del pozo puede ser muy bajo para la capacidad de la bomba. Restringir el flujo de la salida del agua, esperar que suba el nivel y arrancar la bomba. Puede ser necesario llenar el tanque	Si la restricción parcial corrige el problema, dejar la válvula en esa forma. De otra forma bajar la bomba si la profundidad del pozo es suficiente. No bajarla si se puede producir obstrucción a causa de arena.
La válvula de cheque en la línea de descarga está instalada al revés	Examinar la válvula cheque en la línea de descarga para estar segura que la flecha indica la dirección del flujo en la dirección correcta	corrige el problema, si es necesario.
Fuga en el tubo de bajada	Levantar la tubería y revisar por fugas	Reemplazar la sección dañada de la tubería de bajada
La válvula de cheque de la bomba apretada por el tubo de bajada	Extraer la bomba, examinar el tubo de bajada a la salida de la bomba, si la rosca del tubo de bajada ha sido demasiada roscada podría estar apretando la válvula cheque de la bomba estando en posición cerrada.	Desenroscar la tubería y cortarle una parte de la rosca del tubo de bajada.

Continuación Tabla XII. **La bomba funciona pero envía poco o nada de agua**

Causa del problema	Como revisar estando en posición cerrada.	Solución
Partes gastadas de la bomba	La presencia de abrasivos en el agua podrían resultar en problemas sobre el impulsor, carcasa y otras partes de cierre de la bomba. Antes de extraer la bomba, reducir la calibración de ajuste del interruptor de presión para ver si la bomba se apaga. Si es así, las partes gastadas son el origen de la falla.	Sacar la bomba y cambiar las partes gastadas.
El eje del motor flojo	El acople entre el eje del motor y la bomba puede aflojarse con el trabajo. Inspeccionar, al extraer la bomba, y ver por posibilidades de desgaste.	Apretar todas las conexiones, colocar tornillos, etc.

Fuente: Manual de bombas de Agua. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, División de Ingeniería y Mantenimiento, Guatemala Septiembre de 1994.



### Anexo 3. Esquema de rutina de mantenimiento de bombas

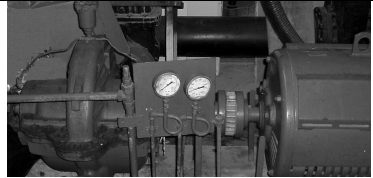
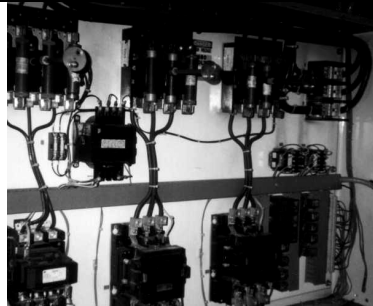

#### Materiales necesarios

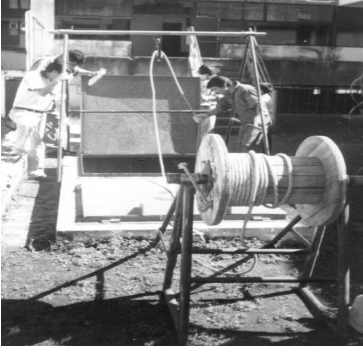


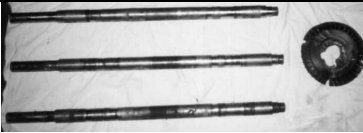
Aceite, teflón, limpiador de contactos eléctricos, aflojalotodo, lija.

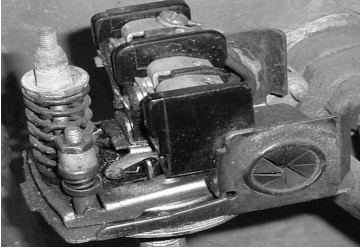
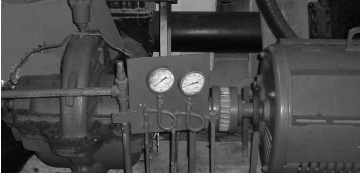
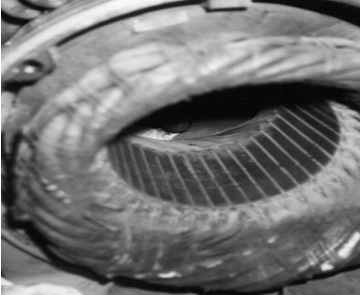
#### Herramientas necesarias

Destornilladores, brocha, cepillo, llave de tubo, llaves de cola - corona, multímetro, copas diferente medida, extractor de cojinetes. El procedimiento de mantenimiento se encuentra en la tabla XIII.

Tabla XIII. Esquema gráfico de rutina de mantenimiento

<p>Revise las condiciones externas del equipo, que se encuentre en un lugar seco y limpio</p>	
<p>Revise el sistema de alimentación eléctrica, los interruptores, fusibles y cables de conexión.</p>	
<p>Revise que no existan fugas de agua en el tanque y en las uniones de la tubería.</p>	

<p>Revise y limpie el filtro, si tiene.</p>	
<p>Revise el tanque o depósito de agua de manera anual.</p>	
<p>Revise que la presión del agua impulsada sea la correcta, de no ser así ajústela, a través de la válvulas reguladora, revise si existe algún tipo de fuga.</p>	
<p>Revise la cámara de lubricación de cojinetes y revise el nivel de aceite, si posee.</p>	
<p>Cada 6 meses o un año (dependiendo las condiciones de servicio y las especificaciones del fabricante) desarme la bomba y revise los impulsores, sellos y empaques, cámbielos.</p>	

<p>Revise el interruptor de presión.</p>	
<p>Si la bomba es del tipo Hidroneumático, revise la presión del cilindro, con un sencillo, medidor de presión de llantas. Si la presión esta debajo de la indicada por el fabricante y no conoce como ajustar la presión del tanque, comuníquese con la oficina de la casa comercial del fabricante.</p>	
<p>Arme la bomba y realice una prueba de funcionamiento.</p>	
<p>Si encuentra daños en los devanados del motor aplique barniz para devanados.</p>	

Fuente: Manual de Rutinas de mantenimiento Hospitalario. División de Ingeniería y Mantenimiento. Guatemala 1995. 109 p.p.

No intente agregarle presión al cilindro de una bomba hidroneumática, si no ha recibido capacitación acerca de ello, ya que puede ser dañino para usted y el equipo.