



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

**DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO DE LOS EQUIPOS
DE BOMBEO PARA AGUA POTABLE Y AGUAS SERVIDAS INSTALADOS
EN LA EMBAJADA DE MÉXICO EN GUATEMALA Y PROPUESTA DE UN
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y/O CORRECTIVO**

Guillermo Rodolfo Rivera Guirola

Asesorado por Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda

Guatemala, noviembre de 2005.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO DE LOS EQUIPOS
DE BOMBEO PARA AGUA POTABLE Y AGUAS SERVIDAS INSTALADOS
EN LA EMBAJADA DE MÉXICO EN GUATEMALA Y PROPUESTA DE UN
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y/O CORRECTIVO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN
PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR
GUILLERMO RODOLFO RIVERA GUIROLA

ASESORADO POR ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA

AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2005.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
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
SACRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sidney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Esdras Feliciano Miranda Orozco
EXAMINADOR	Ing. Victor Manuel Ruiz Hernández
EXAMINADOR	Ing. Victor Eduardo Izquierdo Palacios
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,

DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO PARA AGUA POTABLE Y AGUAS SERVIDAS INSTALADOS EN LA EMBAJADA DE MÉXICO EN GUATEMALA Y PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y/O CORRECTIVO,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha de 23 de mayo de 2005.

Guillermo Rodolfo Rivera Guirola

ACTO QUE DEDICO

- A Dios** Por ser el creador de todas las cosas y por iluminarme en mis estudios.
- A Guatemala** Por ser la tierra que me vio crecer
- A la Universidad de San Carlos de Guatemala** Por haberme formado en mi carrera profesional.
- Al colegio Mariano y Rafael Castillo Córdova** Por darme la formación básica que me encaminó en mis estudios universitarios.
- A mis padres** Rodolfo Rivera Véliz y Lizete Guirola Bonilla, por darme el apoyo, la oportunidad y un buen ejemplo de vida.
- A mis abuelos** Francisco Rivera
Silvia Véliz,
Cesar Guirola y
Zoily Bonilla.
- A mis hermanos, tíos, primos y amigos.**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
1. FASE DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Descripción del sistema de bombeo para agua potable.....	1
1.1.1 Área de bombas.....	1
1.1.2 Funcionamiento general del equipo.....	3
1.1.3 Controles del sistema.....	4
1.1.4 Conexiones eléctricas.....	7
1.1.5 Motores eléctricos.....	8
1.1.6 Bombas.....	9
1.1.7 Tanques hidroneumáticos.....	16
1.2 Descripción del sistema de bombeo para aguas servidas.....	23
1.2.1 Área de bombas.....	23
1.2.2 Funcionamiento general del equipo.....	24
1.2.3 Controles del sistema.....	25
1.2.4 Conexiones eléctricas.....	25
1.2.5 Motores eléctricos.....	26
1.2.6 Bombas.....	27
1.3 Diagnostico de los sistemas.....	33
1.3.1 Sistema de agua potable.....	33
1.3.2 Sistema de aguas servidas.....	35

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL.....	37
2.1 Conceptos de mantenimiento.....	37
2.1.1 El mantenimiento.....	37
2.1.2 Mantenimiento preventivo.....	37
2.1.3 Mantenimiento correctivo.....	39
2.2 Herramientas y equipo necesario para el mantenimiento.....	40
2.3 Mantenimiento del equipo.....	47
2.3.1 Precauciones a tomarse en cuenta por el personal de mantenimiento.....	47
2.3.2 Sistema de agua potable.....	58
2.3.2.1 Elementos susceptibles a falla y su mantenimiento.....	58
2.3.2.2 Puesta en marcha del equipo después de un trabajo de mantenimiento.....	78
2.3.2.3 Visitas y revisiones al equipo.....	79
2.3.2.4 Programa de mantenimiento preventivo.....	80
2.3.2.5 Fallas en el equipo y sus posibles causas.....	84
2.3.3 Equipo de bombeo para aguas servidas.....	93
2.3.3.1 Elementos susceptibles a falla y su mantenimiento.....	93
2.3.3.2 Puesta en marcha del equipo después de un trabajo de mantenimiento.....	98
2.3.3.3 Visitas y revisiones al equipo.....	99
2.3.3.4 Programa de mantenimiento preventivo.....	100
2.3.3.5 Fallas en el equipo y sus posibles causas.....	100
2.4 Control del mantenimiento.....	102
2.4.1 Historial de fallas del equipo.....	102
2.4.2 Historial de mantenimiento.....	103
2.4.2.1 Fichas de control de mantenimiento.....	103

2.4.2.2	Fichas de visitas y revisiones al equipo.....	103
2.4.2.3	Órdenes de trabajo.....	104
CONCLUSIONES.....		105
RECOMENDACIONES.....		107
BIBLIOGRAFÍA.....		109

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de la estación de bombeo para agua potable	2
2.	Diagrama de conexiones eléctricas, sistema de agua potable	7
3.	Bomba DHJ3 STA-RITE y motor.	11
4.	Dimensiones de la bomba y motor en pulgadas	12
5.	Rendimiento de la bomba	12
6.	Partes de la bomba DHJ3 marca STA-RITE	13
7.	Componentes del flange de succión PKG-73 para la serie D	15
8.	Tanque casi vacío	18
9.	El agua comienza a entrar al tanque	19
10.	La bolsa del tanque está llena de agua	19
11.	El tanque está entregando el volumen de agua acumulado	20
12.	Partes del tanque hidroneumático CA 220 marca STA-RITE	22
13.	Diagrama de la ubicación de las bombas para aguas servidas	23
14.	Conexiones eléctricas, sistema de aguas servidas	26
15.	Bomba STA-RITE SCC9200320M	28
16.	Curva de carga-capacidad de la bomba SCC9 STA-RITE	29
17.	Dimensiones externas de las bombas, en pulgadas.	30
18.	Partes de la bomba STA-RITE SCC9.	31
19.	Martillos	40
20.	Destornilladores	40
21.	Alicate universal	41
22.	Pico de loro	41

23. Comparación entre un alicate normal y un pico de loro	41
24. Pinzas de corte	42
25. Llaves españolas y de corona para tuercas	42
26. Distintas cabezas de llaves de trinquete	42
27. Llave de trinquete	43
28. Distintos tamaños de copas para tornillos y tuercas.	43
29. Llave de torque	43
30. Llave inglesa	44
31. Llaves Stillson	44
32. Distintos tipos de extractores	44
33. Sierras	45
34. Metro enrollable	45
35. Vernier	45
36. Distintos tipos de mediciones con el vernier	46
37. Micrómetro	46
38. Utilización correcta de llave, girando hacia el operario	53
39. Uso correcto e incorrecto de las llaves fijas	54
40. Utilización de llaves de estrías cerradas	54
41. Utilización inadecuadamente de llaves	55
42. Utilizaciones correcta e incorrecta de llave de boca variable	55
43. Sello mecánico	64
44. Forma de quitar la tapa de la carcasa	67
45. Cómo quitar la parte estacionaria del sello mecánico viejo.	68
46. Cómo instalar el nuevo sello estacionario	69
47. Cómo extender una bolsa de vinilo antes de enrollarla	73
48. Cómo enrollar una bolsa de vinilo	73
49. Instalación y asentamiento correctos	74
50. Cómo instalar la válvula de aire.	76
51. Cómo instalar el sello primario	96

52. Cómo instalar el sello giratorio	96
53. Cómo instalar el anillo de retención	97
54. Cómo instalar el labio de sello.	97

TABLAS

I. Especificaciones de las bombas centrifugas instaladas en la embajada de México.	10
II. Listado de partes de la bomba DHJ3 – 170.	14
III. Listado de partes del flange de succión PKG 73 para la serie “D”.	15
IV. Especificaciones del tanque CA 220, marca STA-RITE	20
V. Rendimiento de los tanques CA 220 marca STA-RITE	21
VI. Listado de partes de los tanques CA 220 marca STA-RITE	22
VII. Especificaciones del motor de las bombas SCC9	27
VIII. Rendimiento de la bomba SCC9200320M STA RITE.	29
IX. Listado de partes de la bomba SCC9	32
X. Cómo seleccionar el calibre de un cable eléctrico.	48

GLOSARIO

Agua potable	Es la que carece de elementos nocivos y es inodora, insípida y clara.
Aguas servidas	La que procede de viviendas, poblaciones o zonas industriales y arrastra suciedad y detritos, también llamadas aguas residuales o aguas negras.
Caudal	Cantidad de un líquido o un gas que fluye en un determinado lugar por unidad de tiempo.
Cavitación	Fenómeno que consiste en la formación de burbujas de vapor en un cuerpo que se desplaza en un líquido.
Equipo de bombeo	Conjunto de máquinas y componentes necesarios para bombear un fluido de un punto a otro.
Evidencia circunstancial	Son todos aquellos síntomas perceptibles que nos indican una condición del estado actual de los equipos.

Evidencia de facto	Son todas aquellas experiencias anteriores adquiridas con equipos en condiciones similares, en las que se pueden basar para estimar el estado actual de los equipos evaluados.
Flange	Reborde circular en el extremo de los tubos metálicos para acoplar unos a otros con pernos. También llamado brida.
Flecha	Barra cilíndrica sólida que sirve para transmitir la fuerza motriz por rotación.
Golpe de Ariete	Fenómeno que genera presiones excesivas en tuberías cuando se interrumpe el flujo a través de ellas y las ondas de choque se propagan por el fluido.
Manómetro	Instrumento que utilizado para medir la presión.
Potencia	Cantidad de energía por unidad de tiempo.
Presión	Cantidad de fuerza que se ejerce por unidad de área.
Relé	Aparato destinado a producir una modificación dada en un circuito, cuando se cumplen determinadas condiciones en el mismo circuito o en otro distinto.

Rodamiento

Cojinete formado por dos cilindros concéntricos, entre los que se intercala una corona de bolas o rodillos que pueden girar libremente.

RESUMEN

La primera, la fase de investigación, consistió en un estudio de las condiciones de trabajo de los equipos de bombeo para agua potable y aguas servidas de la Embajada de México y la elaboración de un plan de mantenimiento correctivo y preventivo.

El sistema de bombeo para agua potable consta de dos bombas centrifugas de eje horizontal, cada una acoplada a un motor eléctrico de inducción trifásico de 5 HP de potencia, funcionando de forma alterna. También, se cuenta con un sistema de cuatro tanques hidroneumáticos instalados en paralelo con un rendimiento total de 88 galones de agua por ciclo de bombeo, en un rango de presión de 40 a 60 psi.

El sistema de bombeo para aguas servidas, consta de dos bombas sumergibles de eje vertical y de impulsores semiabiertos que funcionan de forma alterna envían las aguas residuales y partículas sólidas al sistema de drenaje municipal, el cual está, aproximadamente, 19 pies sobre el punto más bajo del sumidero donde se encuentran las bombas.

En la segunda etapa, la fase técnico profesional, se elaboró un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para los equipos, una guía de detección de fallas y una serie de recomendaciones para la seguridad en el manejo de herramientas manuales en la labor de mantenimiento.

El programa de mantenimiento preventivo y correctivo se realizó tomando en cuenta experiencias con equipos en similares condiciones de funcionamiento y en recomendaciones del fabricante y expertos en bombas.

La tercera etapa consistió en una capacitación al personal involucrado en el mantenimiento respecto del presente documento y la forma en que este les ayudará en sus labores.

OBJETIVOS

General

- Disminuir la probabilidad de falla de los equipos y de accidentes laborales en el área de bombeo de la Embajada de México en Guatemala a través de un programa de mantenimiento preventivo y/o correctivo y una propuesta de normas de seguridad laboral.

Específicos

- Determinar las condiciones de trabajo de los equipos instalados en el área de bombeo de la Embajada de México.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo y/o correctivo adecuado, un procedimiento de detección de fallas y un plan de seguridad e higiene para el personal de mantenimiento de acuerdo a los resultados obtenidos en la fase de investigación en el área de bombeo de la embajada de México en Guatemala.
- Capacitar al personal operativo y/o de mantenimiento respecto de las labores que ejecuten con el equipo de una manera segura y para poder conservar los equipos en condiciones óptimas de servicio.

INTRODUCCIÓN

Los trabajos de graduación son una proyección por parte de los estudiantes de cierre y de la Facultad de Ingeniería hacia la sociedad, en busca de hallar soluciones a ciertos problemas relacionados con la ingeniería, realizando un trabajo de campo en donde se puedan aplicar los conocimientos adquiridos en las aulas de la Universidad, proporcionando la oportunidad de adquirir experiencia en el ramo de la ingeniería y, a la vez, solventar un problema.

Con la finalidad de cumplir con lo, anteriormente, expuesto y colaborar con una entidad como la Embajada de México en Guatemala, la cual ha abierto las puertas a la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se ha realizado este proyecto titulado: “DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES DE TRABAJO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO PARA AGUA POTABLE Y AGUAS SERVIDAS INSTALADOS EN LA EMBAJADA DE MÉXICO EN GUATEMALA Y PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y/O CORRECTIVO”.

El proyecto se dividió en tres fases. La fase de investigación, que consistió en hacer un diagnóstico y determinar todas las condiciones de trabajo de los equipos; la fase técnico profesional, que es la esencia de este trabajo, consistió en plantear un programa de mantenimiento y determinar las actividades de mantenimiento necesarias para cada elemento de las instalaciones; y por último, la fase docente, que consistió en capacitar al personal de mantenimiento para que pueda realizar sus labores, correctamente.

1. FASE DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del Sistema de agua potable

1.1.1 Área de bombas

El área donde se encuentran los equipos de bombeo es un área grande, bien ventilada, sin humedad ni excesivo polvo, amplia para trabajar con seguridad y comodidad, bien iluminada, sin vapores tóxicos o corrosivos.

Todo el equipo está instalado en una base de concreto sólido y bien nivelado, las bombas están bien ancladas, la tubería cuenta con soportes que la sostienen al suelo, para que no ejerza esfuerzos en las bombas y los tanques hidroneumáticos se encuentran acoplados a las tuberías por medio de uniones universales que hacen que sea fácil desmontarlos para cualquier labor de mantenimiento.

Elementos de la estación de bombeo para agua potable de la embajada de México

Ver Fig. 1

A, B, C y D = Uniones universales 1-1/4" HG.

E, F, G y H = Uniones universales 3" HG.

I, J, K y L = Válvulas de bola 1-1/4"

M, N y O = Válvulas de bola 3"

P, Q y R = Válvulas de Retención 3" de bronce con resorte.

S = Manómetro, amortiguado con glicerina.

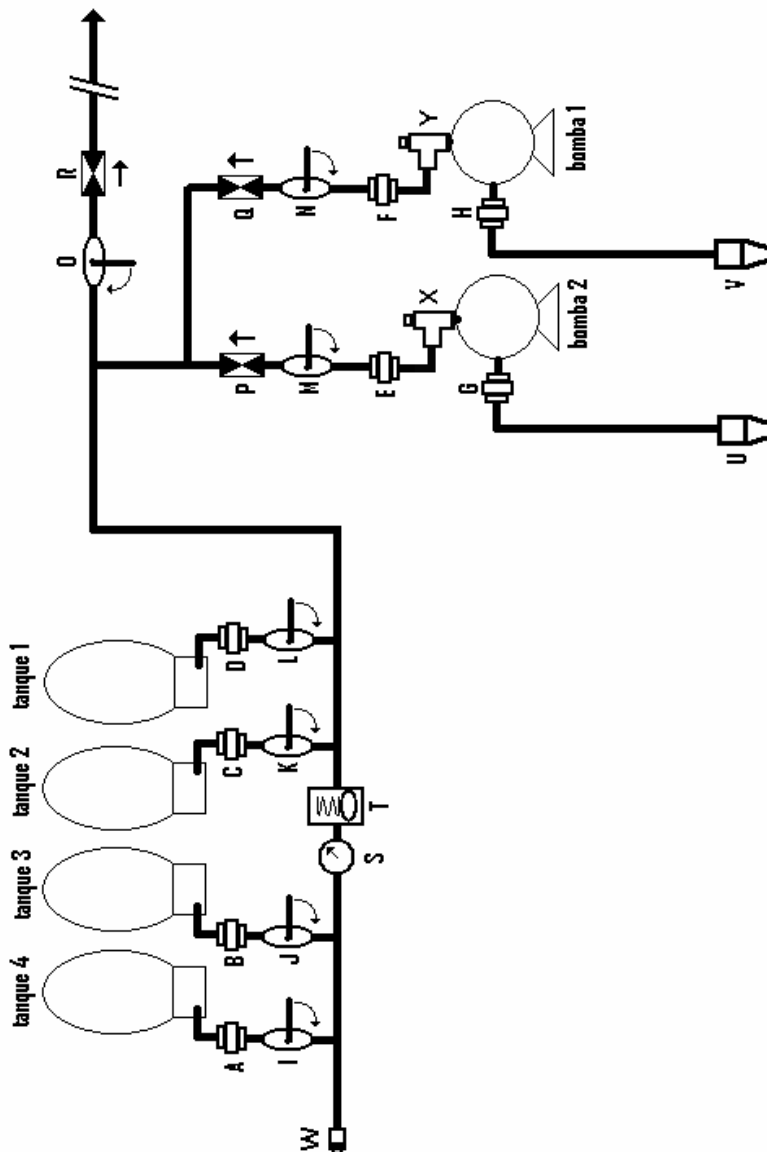
T = Interruptor de presión.

U y V = Válvulas de pie 3" con resorte.

W = Adaptador hembra con tapón de 3" HG.

X e Y = Te de 3" con tapón para cebar, HG.

Figura 1. Diagrama de la estación de bombeo para agua potable



1.1.2 Funcionamiento general del equipo

Los requerimientos mínimos de presión en la descarga de las bombas son 40 psi y el caudal promedio requerido es de 80 galones por minuto. El rango de presión al que trabajan las bombas es de 40 – 60 psi con caudales de 146 galones por minuto y 81 galones por minuto a las presiones de arranque y parada, respectivamente. Las bombas trabajan alternadamente, es decir, que un ciclo de bombeo lo realiza una bomba y el siguiente la otra.

El interruptor de presión activa la bomba cuando la presión del sistema es de 40 psi y la desconecta cuando es de 60 psi. Un relé alternador instalado en el gabinete de controles eléctricos alterna el funcionamiento de las bombas entre cada ciclo de bombeo.

Los tanques hidroneumáticos acumulan el excedente de agua bombeada y lo almacenan a la presión de bombeo. Cuando las bombas se detienen, pero la demanda de agua continúa, son los tanques hidroneumáticos quienes proveen el caudal de agua a las instalaciones.

Un conjunto de controles e indicadores, eléctricos y mecánicos, como arrancadores, interruptores de botón, guarda-niveles, guarda-motores, interruptores termo-magnéticos, válvulas de retención, manómetros, válvulas de esfera, etc. hacen funcionar y/o protegen a las bombas y motores de condiciones que podrían dañarlos, como por ejemplo: flujo inverso a través de las tuberías, trabajo en seco de los equipos, sobrecargas, sobrecalentamientos, etc.

1.1.3 Controles del sistema

Las funciones fundamentales de los controles de bombas centrífugas son de permitir a la bomba que se ajuste a las variaciones requeridas de las condiciones de operación, incluyendo la ausencia completa de demanda en la descarga, o bien proteger al equipo en caso de que se presente una situación que pueda dañarlo.

Controles de botón para motores eléctricos:

Los controles de botón son interruptores de encendido y apagado manuales y se usan mucho porque este método solo requiere que el operador esté enterado de la necesidad de interrumpir o reanudar el flujo, por ejemplo a la hora de una dificultad mecánica, en una situación de emergencia, etc.

Interruptor de flotador o guarda-nivel:

Los interruptores de flotador pueden aplicarse para mantener ciertos niveles máximos y mínimos predeterminados en depósitos en los que se descargan o de los que se sacan líquidos con bombas centrífugas movidas por motor eléctrico. Un interruptor de flotador cierra un circuito eléctrico cuando el nivel de líquido en el depósito llega a la altura predeterminada y se arranca el motor de la bomba. Cuando el nivel en el deposito llega a la otra altura predeterminada, se abre el circuito y el motor se para. La misma función puede desempeñarse con electrodos sensibles al nivel conectados con relés que cierren o abran circuitos eléctricos.

Interruptores de presión:

Los interruptores de presión son operados por cambios de presión y se usan para mantener presión o vacío, dentro de ciertos límites seleccionados en un sistema o en un tanque cerrado. Generalmente, la presión que se va a controlar se aplica a un diafragma que acciona un interruptor. Cuando la presión del sistema alcanza un valor predeterminado, cambia la presión del diafragma que acciona el interruptor y se cierra un circuito eléctrico y el motor arranca. Cuando la presión llega al otro valor predeterminado, se abre el contacto y el motor se para.

Controles de consumo de energía (guarda-motores):

Un control de consumo de energía puede usarse para parar una unidad cuando el motor se ha sobrecargado por cualquier causa y el consumo de energía excede al valor predeterminado o cuando la bomba ha perdido succión y está operando en seco. En este caso, un relee de corriente inversa detiene un motor tan pronto como el consumo de energía haya bajado al 50% del valor de operación normal.

Arrancador de motor:

Un arrancador para un motor eléctrico conecta eléctricamente este con la fuente de abastecimiento de energía eléctrica. Los arrancadores pueden ser accionados manual o automáticamente; los arrancadores automáticos o magnéticos mueven los contactos automáticamente por medio de magnetos o recibiendo un impulso de un dispositivo piloto.

Protección contra flujo invertido:

Para evitar el flujo en sentido inverso en el sistema de bombeo, se utilizan válvulas de retención en la descarga de la bomba. Las válvulas de pie en las bombas que operan con elevación de succión, pertenecen a la misma clase de controles protectores de bombas, aunque desempeñan el trabajo adicional de retener el agua en la cubierta de la bomba permitiendo que la bomba esté cebada todo el tiempo.

Válvulas de alivio:

Algunos sistemas de bombeo pueden llegar a sujetarse a presiones excesivas y a golpes de ariete bajo ciertas condiciones de operación. Es usual, en estos casos proveer protección tanto para las bombas como para el sistema en alguna forma, como cámaras de aire, tanques de balance, o válvulas de alivio. En la embajada de México no es necesario que se instalen válvulas de alivio, ya que las cámaras de aire de los tanques hidroneumáticos juntos con las válvulas de retención amortiguan los golpes de ariete.

Válvulas de esfera:

Las válvulas de esfera son válvulas que se accionan manualmente y permiten cortar totalmente el flujo a través de ellas con solo girar la manecilla 90°. Las válvulas de esfera están diseñadas para trabajar totalmente abiertas o totalmente cerradas y no para estrangular el flujo, por lo tanto no se deben dejar en posiciones intermedias. La caída de presión que provocan las válvulas de esfera es despreciable.

1.1.4 Conexiones eléctricas

Ver Fig. 2.

1 y 2 = controles de consumo de energía o guarda-motores.

3 y 4 = Fusibles de 1 amperio.

5 y 6 = Arrancadores de motores trifásicos.

7 y 8 = Motores trifásicos.

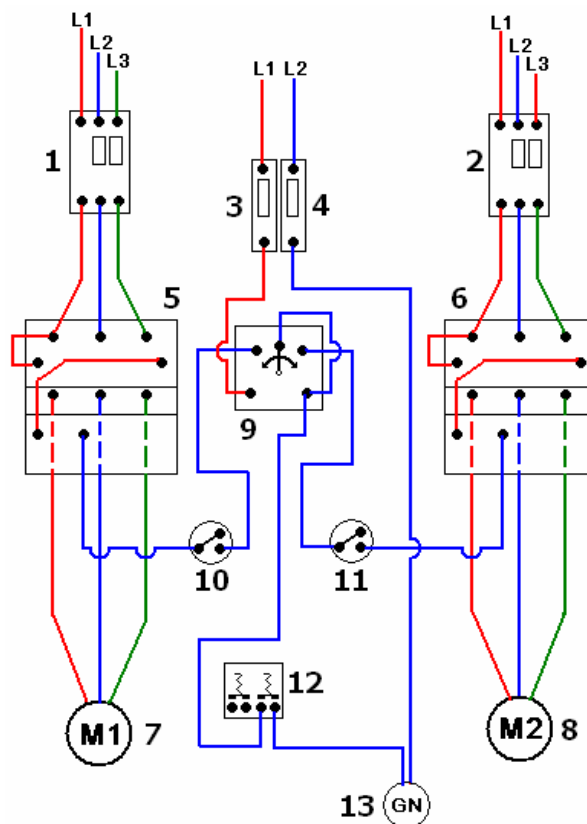
9 = Alternador.

10 y 11 = controles de botón.

12 = Interruptor de presión.

13 = Interruptor de flotador o guarda-nivel.

Figura 2. Diagrama de conexiones eléctricas, sistema de agua potable



1.1.5 Motores eléctricos

Un motor es una máquina que convierte energía en movimiento o trabajo mecánico que suele ser el movimiento rotatorio de un eje. Si la energía suministrada es eléctrica, entonces se dice que es un motor eléctrico.

La mayoría de las bombas centrifugas se mueven con motor eléctrico. El motor de inducción de caja de ardilla es el más simple de todos los tipos de motores eléctricos y se usa con alimentación trifásica. La armadura de este tipo de motor consiste en tres bobinas fijas. El elemento rotatorio consiste en un núcleo, en el que se incluye una serie de conductores de gran capacidad colocados en círculo alrededor del eje y paralelos a él. El flujo de la corriente trifásica dentro de las bobinas de la armadura fija genera un campo magnético rotatorio y éste induce una corriente en los conductores del núcleo. La reacción magnética entre el campo rotatorio y los conductores del rotor, hace que éste gire.

Los motores acoplados a las bombas centrifugas para agua potable en la embajada de México son motores de inducción clase B, marca BALDOR de 5 HP, de corriente alterna trifásica, que puede trabajar con voltajes de 208-230/460 a 60 Hz. Tienen una velocidad de rotación de 3450 RPM, el factor de potencia es 0.92. El consumo de amperaje de los motores es 12.6, 12 y 6 amperios a voltajes de 208, 230 y 460 respectivamente. La eficiencia nominal NEMA de los motores es de 84%. El factor de servicio es de 1.15 por lo que la carga nominal del motor se podrá exceder en 15% antes de que el motor se quemara. El motor es enfriado por aire y el límite de temperatura máximo admisible sobre la temperatura ambiente es de 40 °C. Utiliza dos rodamientos de bolas sellados en ambas caras de tamaños 6206 y 6207.

1.1.6 Bombas

El bombeo puede definirse como la adición de energía a un fluido para moverse de un punto a otro.

Una bomba centrífuga es una maquina que consiste de un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una caja o una cubierta. Las paletas imparten energía al fluido por la fuerza centrífuga. Una bomba centrífuga tiene dos partes principales: un elemento giratorio llamado impulsor y un elemento estacionario que puede ser un difusor o una cubierta en forma de voluta.

En las bombas centrífugas con difusor se fuerza el líquido a un conjunto de paletas giratorias. Estas paletas constituyen un impulsor que descarga el líquido a una velocidad mayor en su periferia. Esta velocidad se convierte en energía de presión en un conjunto de paletas difusoras estacionarias que rodean la periferia del impulsor.

Por la dirección principal del flujo en relación al eje de rotación, los impulsores pueden ser, de flujo radial, de flujo axial y de flujo mixto.

De acuerdo con el flujo a los bordes de succión de las paletas, los impulsores pueden ser:

1) de succión sencilla, con una sola entrada de flujo al impulsor, ó 2) de succión doble, con un flujo de agua al impulsor simétricamente por ambos lados.

De acuerdo a su construcción mecánica, los impulsores pueden ser:

1) cerrados, con paredes laterales que encierran las vías de agua; 2) abiertos, sin paredes laterales, ó 3) semiabiertos o semicerrados.

La bomba es de un solo paso cuando utiliza únicamente un impulsor y de varios pasos cuando utiliza varios impulsores operando en serie.

Según la orientación del eje de rotación, las bombas pueden ser de eje vertical o de eje horizontal.

De acuerdo con la colocación de la boquilla de succión, las bombas de eje horizontal pueden ser de succión en el extremo, de succión lateral, de succión en el fondo y de succión superior.

Ver la tabla I, para las especificaciones de las bombas centrifugas instaladas en la embajada de México.

Tabla I. Especificaciones de las bombas centrifugas instaladas en la Embajada de México.

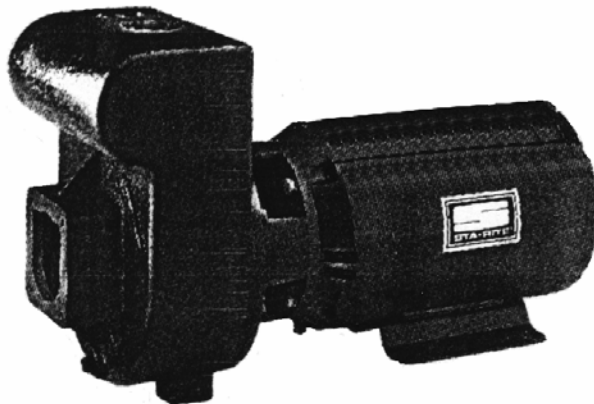
Marca	STA-RITE
Modelo	DHJ3
Tipo de bomba	centrifuga difusora
Numero de etapas	una
Impulsor	cerrado, de flujo radial
Potencia	5 HP
Posición del eje	Horizontal
Tipo de sello del eje	sello mecánico
Succión	sencilla en el extremo, con flange de de 3"
Descarga	Superior de 2"
Fluido a bombear	Agua limpia
Unidad motriz	motor eléctrico de 5 HP
Peso aproximado bomba y motor	185 lbs.

Materiales

- Impulsor: bronce.
- Cuerpo de la bomba y base: hierro fundido.
- Difusor: hierro fundido.
- Anillos de desgaste: bronce.
- Eje: acero al carbono.
- Manguito del eje: acero inoxidable.

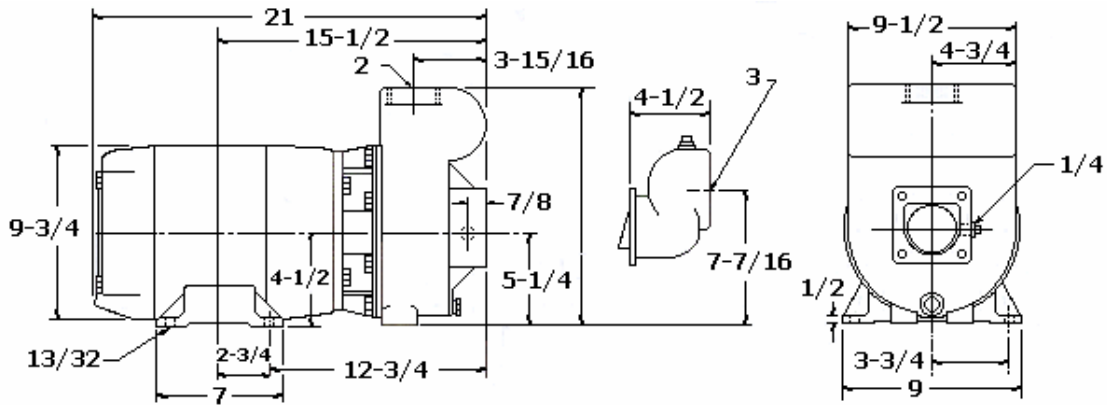
Ver figuras 3, 4, 5, 6, 7 y las tablas II y III, para las dimensiones, rendimiento y partes de la bomba DHJ3 STA-RITE.

Figura 3. Bomba DHJ3 STA-RITE y motor.



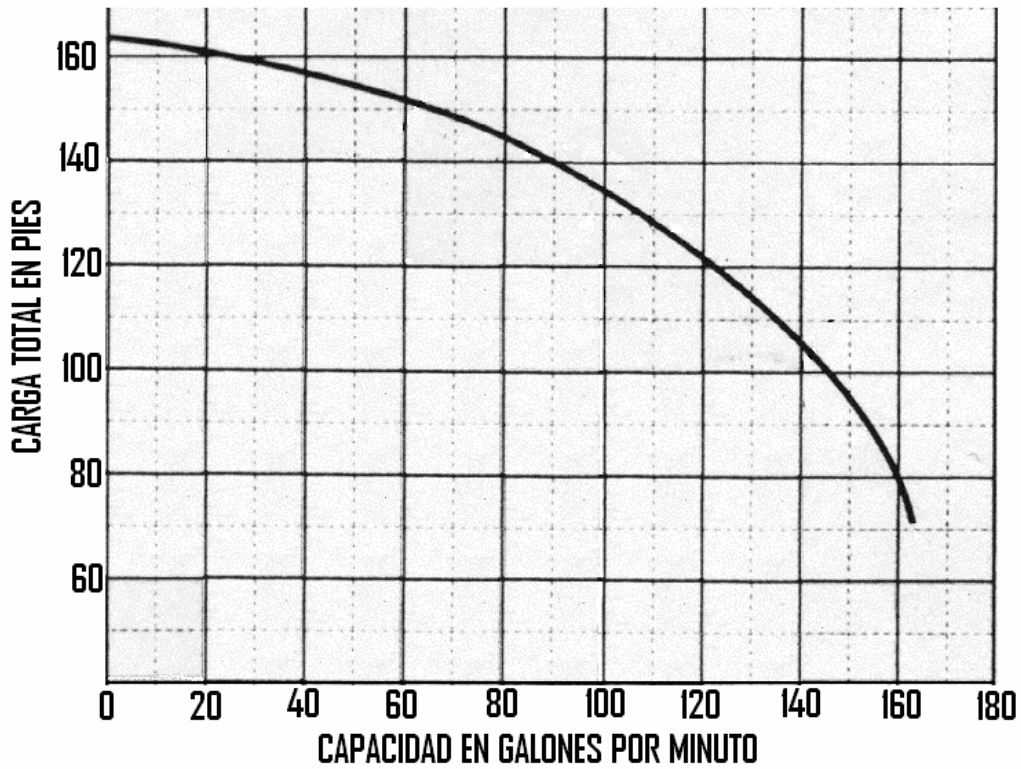
Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Catálogo STA-RITE 2001, P. 100.

Figura 4. Dimensiones de la bomba y motor en pulgadas



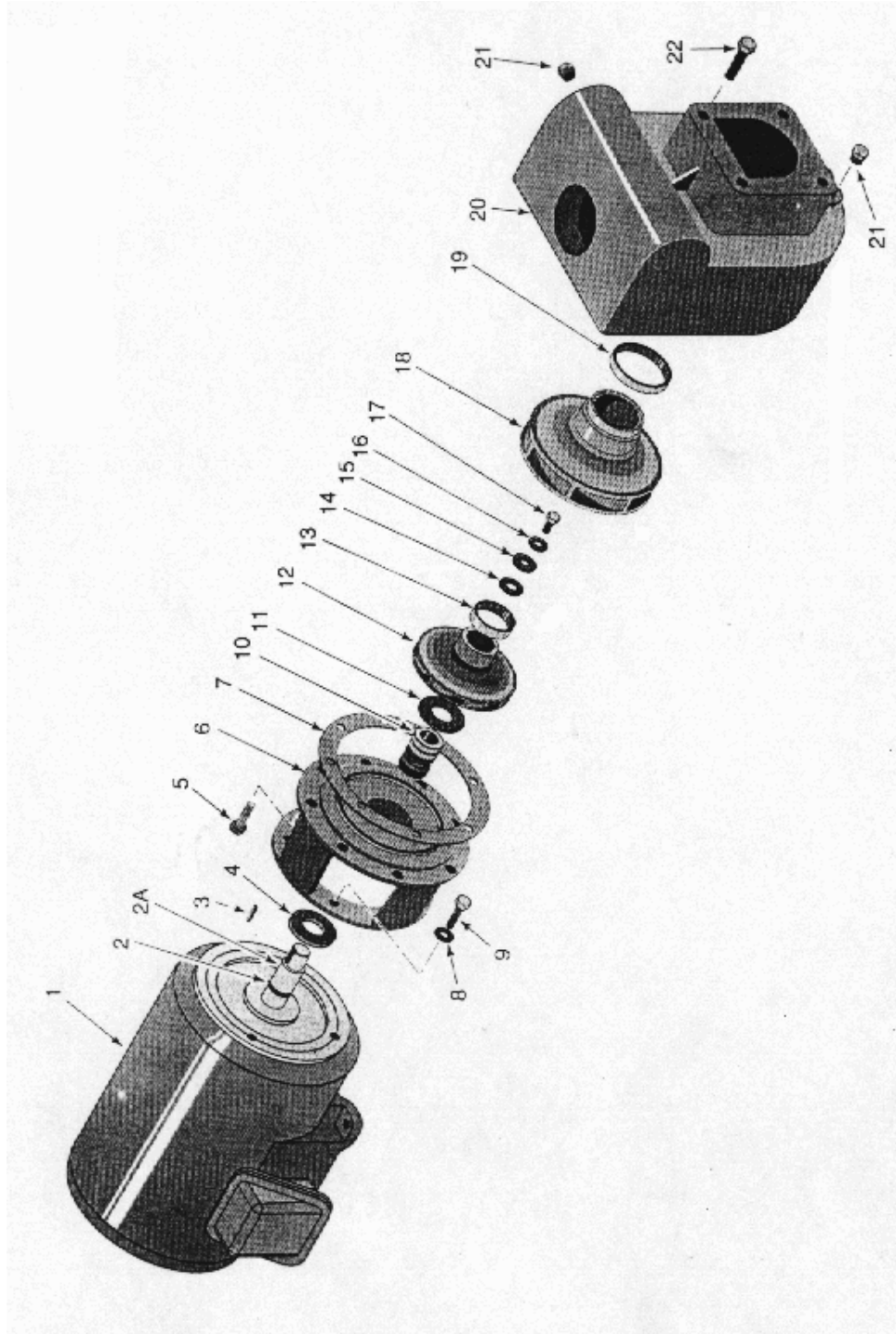
Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Catálogo STA-RITE 2001, P. 103.

Figura 5. Rendimiento de la bomba



Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Catálogo STA-RITE 2001, P. 102.

Figura 6. Partes de la bomba DHJ3 marca STA-RITE



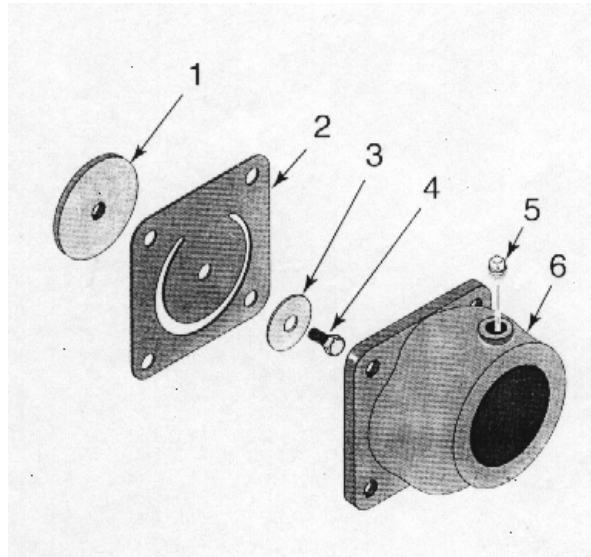
Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual, Self-Priming Centrifugal Pumps, "D" Series, Installation/Operation/Parts. USA, 3/10/00. P. 11.

Tabla II. Listado de partes de la bomba DHJ3 – 170.

No.	Descripción	Código del fabricante.
1	Motor - 60 Hz.- 230/460 V - Trifásico - 5 Hp.	C218-182
2	O-Ring	U9-265
2A	Manguito de flecha	C23-58
3	Cuña cuadrada	U65-42A
4	Deflector de agua	C69-15
5	Tornillo 3/8 – 16 x 7/8”	U30-73ZP
6	Tapa de la carcasa	C2-66
7	Empaque de la tapa de la carcasa	C20-46
8	Arandela de presión – 3/8”	U43-12ZP
9	Tornillo 3/8 – 16 x 7/8”	U30-73ZP
10	Sello del eje	U109-220
11	Junta de sello	C20-101
12	Impulsor	C5-249
13	Anillo de desgaste	J23-5
14	Junta	C20-100
15	Arandela – impulsor	C43-45SS
16	Junta	C43-46
17	Tornillo 3/8 – 16 x 3/4”	U30-72SS
18	Difusor (con anillo de desgaste, Numeral 13)	C101-132
19	Anillo del difusor	C21-2
20	Carcasa o cuerpo de la bomba	C76-12
21	Tapón – 1/4” NPT	U78-941ZPV
22	Tornillo 5/16 – 18 x 3/4”	U30-60ZP

Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Owner’s manual, Self-Priming Centrifugal Pumps, “D” Series, Installation/Operation/Parts. USA, 3/10/00. P. 11.

Figura 7. Componentes del flange de succión PKG-73 para la serie D.



Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual, Self-Priming Centrifugal Pumps, "D" Series, Installation/Operation/Parts. USA, 3/10/00. P. 12.

Tabla III. Listado de partes del flange de succión PKG 73 para la serie "D".

No.	Descripción	Código del fabricante
1	Placa de la válvula	C61-5SS
2	Junta del flange	C20-15
3	Arandela de la válvula	C43-15SS
4	Tornillo 1/4 – 20 x 1/2"	U30-50SS
5	Tapón de 1/4" de cabeza cuadrada	U78-57SSS
6	Flange de succión de 3"	C3-74B
*	Tuerca 1/4 – 20 Hex.	BC120-15

Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual, Self-Priming Centrifugal Pumps, "D" Series, Installation/Operation/Parts. USA, 3/10/00. P. 12.

1.1.7 Tanques Hidroneumáticos

La función de los tanques hidroneumáticos es, acumular un volumen de agua a cierta presión cuando la bomba está funcionando y luego cuando la bomba no está funcionando y el sistema lo requiera, liberar dicho volumen de agua. Esto es importante, principalmente para que el equipo de bombeo no arranque muy frecuentemente y dar tiempo de enfriamiento suficiente al equipo durante cada ciclo de bombeo.

Debido a que el agua es un fluido incompresible, si no estuvieran los tanques hidroneumáticos con el simple hecho de abrir una toma de agua o que exista una pequeña fuga en el sistema, la presión en la tubería caería rápidamente, obligando a la bomba a arrancar para mantener la presión en el sistema, mientras que con los tanques hidroneumáticos existe una cámara de aire que se comprime y presiona a una reserva de agua para satisfacer la demanda del sistema, lo cual permite que la bomba no se arranque tan frecuentemente, así mismo cuando el consumo de agua es menor que el que bombea el equipo, los tanques hidroneumáticos almacenan el excedente de agua bombeada, comprimiendo una cámara de aire lo cual permite que la presión aumente a un ritmo más lento y permite que la bomba trabaje un periodo de tiempo mayor y proporcionando un caudal uniforme.

Los tanques hidroneumáticos son parte esencial de la instalación de bombeo de agua potable para la embajada de México en Guatemala ya que permiten un que las bombas funcionen mas uniformemente y con ciclos de bombeo menos frecuentes esto es útil ya que el momento más critico para un motor eléctrico y una bomba centrifuga es el arranque.

Un arranque y parada de los equipos muy frecuente provocaría que los motores de las bombas se sobrecalienten y quemen por arrancar tan seguido y por no tener un tiempo suficiente de enfriamiento entre cada paro y arranque, además el máximo consumo de corriente eléctrica de los motores es en el arranque y es en donde más se sobrecalientan y más riesgo de quemarse tienen los equipos, por tal motivo es necesario un periodo de funcionamiento lo suficientemente largo ya que durante el funcionamiento existe un flujo de aire de enfriamiento a través de los motores lo cual permite disipar el calor generado en el arranque.

La presión de aire en los tanques sin agua, no debe ser igual ni mayor que la presión de arranque del equipo, de lo contrario, la presión del sistema no disminuirá hasta la presión de activación del interruptor de presión, sino hasta que se haya agotado toda el agua de los tanques y el flujo de agua sea cero por un momento. La presión de aire de los tanques hidroneumáticos debe calibrarse a 2 psi debajo de la presión de arranque de la bomba cuando no haya agua dentro de los tanques, para que exista un volumen de agua de reserva en los tanques antes de que la bomba se active y de que el flujo de agua al sistema sea cero.

Los tanques hidroneumáticos son indispensables para el correcto funcionamiento del sistema de bombeo para agua potable de la embajada de México y es importante que estén bien calibrados y en buen estado.

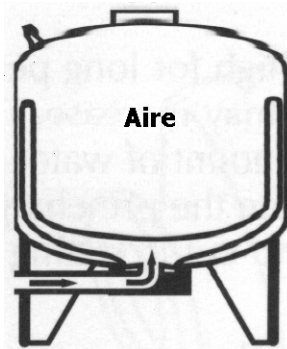
Ciclo de Operación de los tanques hidroneumáticos:

Dentro de la carcasa de cada tanque se encuentra una bolsa de vinilo, dentro de la cual se almacena el agua de reserva y alrededor de la bolsa de vinilo se encuentra una cámara de aire.

1. Tanque casi vacío:

Hay poco o nada de líquido en la bolsa de vinilo, ver Fig. 8. La cámara de aire encima de la bolsa de vinilo está expandida a una presión igual o menor a la presión de arranque de la bomba.

Figura 8. Tanque casi vacío



Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual. Sta-Rite/Pro-Source Steel Pressure Tanks. USA, 3/11/00. P. 3.

2. El agua comienza a entrar al tanque:

Cuando la bomba arranca, una parte del agua cubre la demanda del sistema y el excedente llena la bolsa de vinilo del tanque hidroneumático y el volumen de aire sobre la bolsa de vinilo se comprime, ver figura 9.

Figura 9. El agua comienza a entrar al tanque

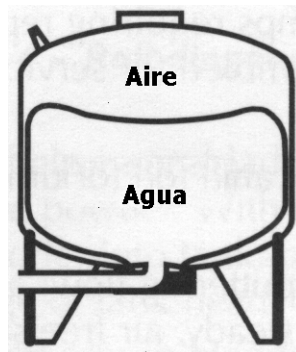


Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual. Sta-Rite/Pro-Source Steel Pressure Tanks. USA, 3/11/00. P. 3.

3. el ciclo de bombeo se ha completado:

Ha entrado suficiente agua a la bolsa de vinilo para comprimir la cámara de aire a la presión de parada del equipo, ver Fig. 10.

Figura 10. La bolsa del tanque está llena de agua



Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual. Sta-Rite/Pro-Source Steel Pressure Tanks. USA, 3/11/00. P. 3.

4. El tanque está entregando el volumen de agua acumulado:

La cámara de aire comprimido, ejerce presión a la bolsa de vinilo llena de agua, forzando al agua a fluir mientras la bomba no está operando. A medida que el agua siga saliendo de la bolsa, la cámara de aire se expandirá y su presión disminuirá hasta llegar a la condición inicial para repetir el ciclo, Fig. 11.

Figura 11. El tanque está entregando el volumen de agua acumulado



Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual. Sta-Rite/Pro-Source Steel Pressure Tanks. USA, 3/11/00. P. 3.

Especificaciones de los tanques

Tabla IV. Especificaciones del tanque CA 220, marca STA-RITE

Volumen (GAL.)	Diámetro	Altura total	Diámetro de descarga.	Peso aprox. (Libras)	Presión máxima de operación (Psi.)
85	24"	54"	1-1/4"	135	100

Ver tabla IV y V para las dimensiones, pesos, presiones y rendimiento de los tanques hidroneumáticos de la embajada de México.

Materiales:

- Carcasa del tanque: acero, acabado con pintura de poliéster al horno.
- Bolsa separadora de agua–aire: de PVC.
- Flange: cubierto con epóxico.

Tabla V. Rendimiento de los tanques CA 220 marca STA-RITE

Graduación del interruptor de presión en psi.	Galones efectivos de agua por ciclo de bombeo.
20 – 40	30.0
30 – 50	26.0
40 – 60	22.0

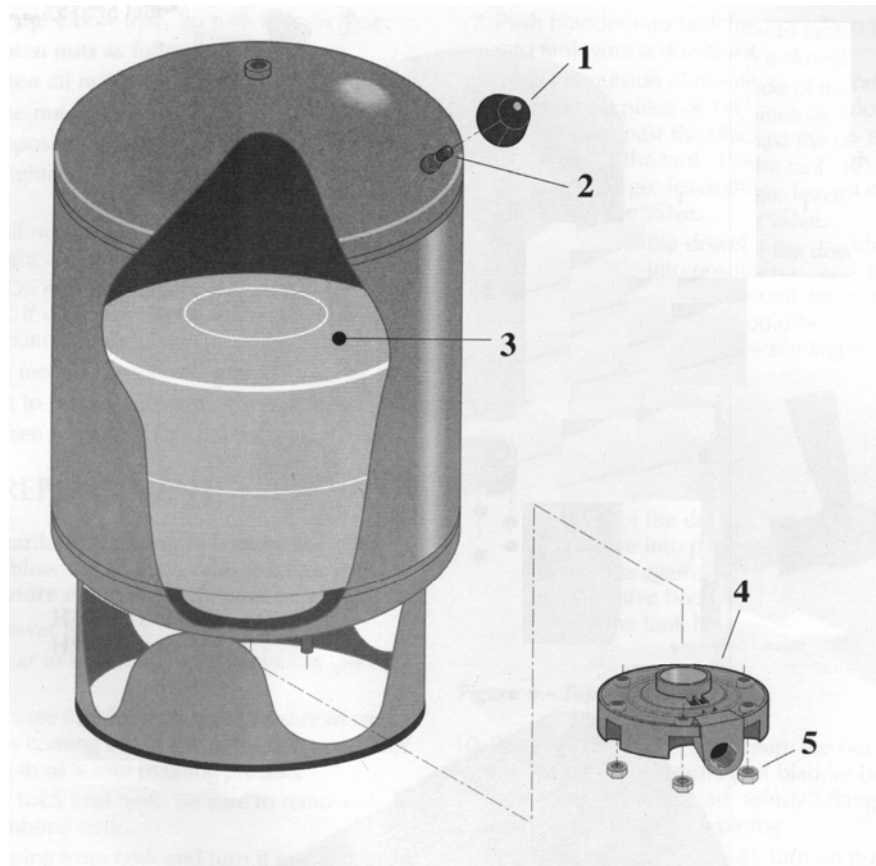
Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual. Sta-Rite/Pro-Source Steel Pressure Tanks. USA, 3/11/00. P. 3.

Los tanques hidroneumáticos instalados en la embajada de México son 4 en paralelo modelo CA 220 marca STA-RITE, ver Fig. 12, los cuales trabajan a un rango de presiones de 40 – 60 psi, por lo tanto, el volumen efectivo total del sistema de tanques es de 88 galones.

Cuando se instalan varios tanques hidroneumáticos en paralelo, es importante colocar el interruptor de presión y el manómetro al centro de todos los tanques y que todos los tanques tengan la misma presión de precarga de aire y que sean el mismo modelo.

Ver Fig. 12 y tabla VI, para las partes de los tanques hidroneumáticos de la embajada de México.

Figura 12. Partes del tanque hidroneumático CA 220 marca STA-RITE



Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual. Sta-Rite/Pro-Source Steel Pressure Tanks.
USA, 3/11/00. P. 8.

Tabla VI. Listado de partes de los tanques CA 220 marca STA-RITE

No.	Descripción	No. de partes por tanque	Código del fabricante.
1	Tapa de la válvula de aire.	1	U31-380P
2	Válvula de aire con tapón	1	U212-160B
3	Bolsa de vinilo	1	U20-17
4	Flange	1	U231-462P
5	Tuerca 5/16 – 18 Hex.	6	U36-202BT

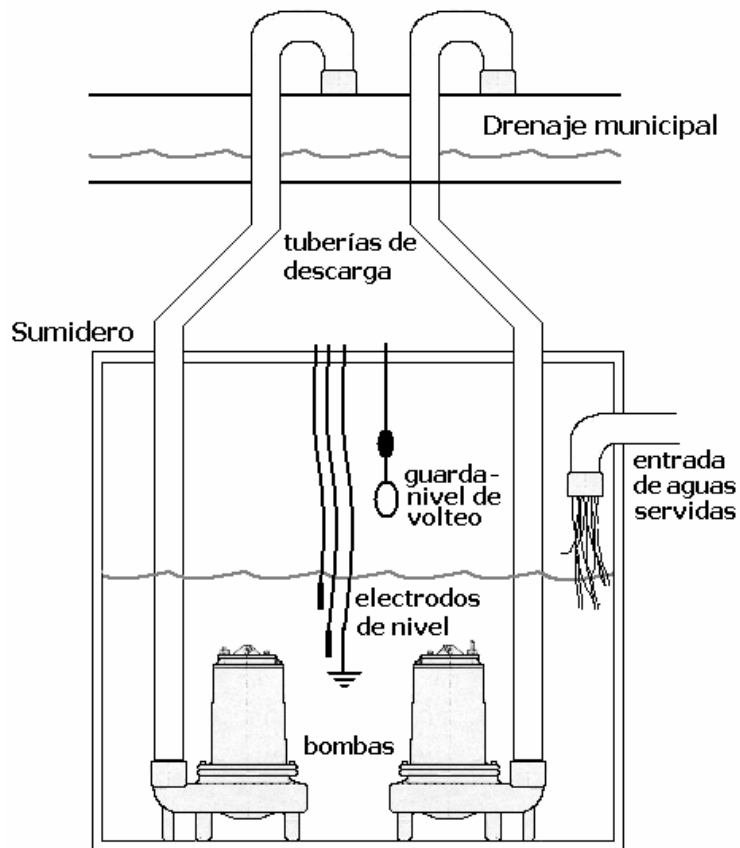
Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual. Sta-Rite/Pro-Source Steel Pressure Tanks.
USA, 3/11/00. P. 8.

1.2 Descripción del Sistema de bombeo para aguas servidas

1.2.1 Área de bombas

Las bombas se encuentran en un sumidero lleno de aguas residuales bastante amplio. Las aguas residuales son bombeadas al drenaje municipal, la diferencia de alturas es de aproximadamente 17 pies, ver Fig. 13. El lugar es muy corrosivo pero las bombas están diseñadas para trabajar en esas condiciones y están hechas con material resistentes. En el lugar se producen vapores tóxicos por lo que no se debe ingresar al sumidero por ninguna razón sin equipo de respiración adecuado.

Figura 13. Diagrama de la ubicación de las bombas para aguas servidas



1.2.2 Funcionamiento general del equipo

El equipo de bombeo para aguas servidas de la embajada de México funciona de la siguiente manera:

La carga a la que deben vencer los equipos de bombeo es aproximadamente 19 pies de altura, a esa carga los equipos de bombeo tienen una capacidad para bombear 200 galones de fluido por minuto. Las bombas trabajan alternadamente, es decir, que un ciclo de bombeo lo realiza una bomba y el siguiente la otra, pero en casos extremos trabajan ambas bombas simultáneamente.

Los electrodos de nivel envían la señal de arranque y parada al equipo de bombeo cuando se alcanzan ciertos niveles de fluido predeterminados. Un relé alternador instalado en el gabinete de controles eléctricos alterna el funcionamiento de las bombas entre cada ciclo de bombeo. Cuando una sola bomba no es suficiente para bombear todo el fluido que entra en el sumidero, o sea cuando la cantidad de líquido que entra es mayor que la que puede sacar una sola bomba, lo cual solo ocurrirá en casos muy extremos, el nivel de fluido subirá más de lo normal y activará un guarda-nivel de volteo que enviará la señal a un relé de 11 pasos para que se activen simultáneamente las dos bombas.

Un conjunto de controles como arrancadores, interruptores de botón, guarda-niveles, guarda-motores, interruptores termo-magnéticos, etc. hacen funcionar y/o protegen a las bombas y a sus motores de condiciones de funcionamiento que podrían dañarlos, como por ejemplo: que las bombas trabajen en seco, sobrecargas, sobrecalentamientos, etc.

1.2.3 Controles del sistema

Las funciones fundamentales de los controles son de permitir a la bomba y al motor que se ajusten a las condiciones de operación y proteger al equipo en caso de que se presente una situación que pueda dañarlos.

Entre los controles instalados en el sistema de bombeo de aguas servidas de la embajada de México tenemos: controles de botón para motores eléctricos, interruptores de flotador, controles de consumo de energía (guarda-motores) y arrancadores de motor, cuyos funcionamientos se describieron anteriormente en la sección del sistema para agua potable.

1.2.4 Conexiones eléctricas

Ver Fig. 14.

1 y 2 = guarda-motores.

3 y 4 = fusibles 1 Amp.

5 y 6 = Arrancadores de motor magnéticos.

7 = Relé de 11 pasos.

8 = Relé alternador.

9 = Relé de inducción usado como controlador de nivel.

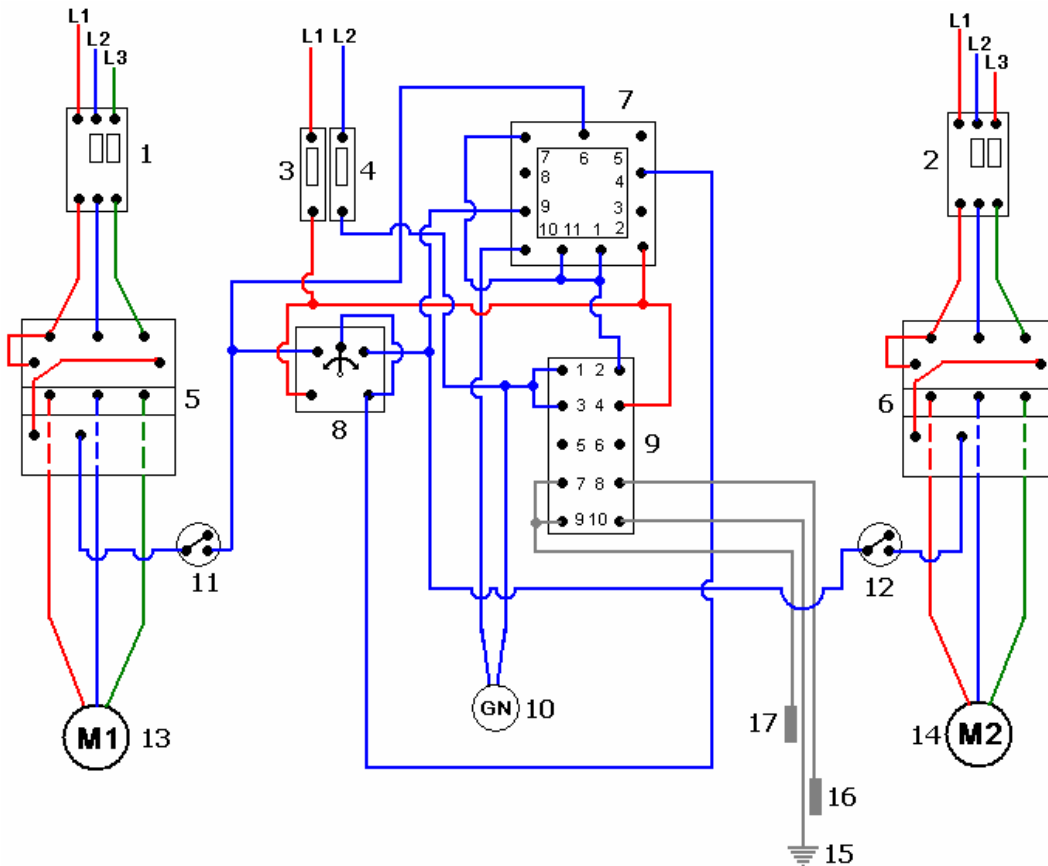
10 = Guarda-nivel de volteo.

11 y 12 = interruptores de botón.

13 y 14 = Motores de las bombas.

15, 16 y 17 = Electrodo de nivel.

Figura 14. Conexiones eléctricas, sistema de aguas servidas



1.2.5 Motores eléctricos

Al igual que los motores de las bombas para agua potable, los motores eléctricos para las bombas de agua servidas de la embajada de México son del tipo jaula de ardilla.

Los motores están dentro de una cubierta de hierro fundido acoplada a la bomba, que los protege del ambiente corrosivo del sumidero. Dentro de la cubierta de hierro fundido, el motor se encuentra sumergido en aceite dieléctrico, ver especificaciones en tabla VII.

Tabla VII. Especificaciones del motor de las bombas SCC9

Potencia	2 HP
Voltaje	208-230
Frecuencia	60 Hz.
Fases	3
Amperaje	10
Velocidad	1,750 rpm.
refrigerante	Aceite dieléctrico U192-8A

1.2.6 Bombas

Las bombas están diseñadas para trabajar sumergidas en aguas residuales y soportar la corrosión. Por estar sumergidas en el fluido a bombear, no es necesario que se instale una tubería de succión en la bomba. El impulsor está diseñado para manejar sólidos y no atrancarse, ver figuras 15, 16, 17 y 18 y tablas VIII y IX para las dimensiones, rendimiento y partes de las bombas SCC9 STA-RITE.

Especificaciones de las bombas para aguas servidas

- Marca: STA-RITE
- Modelo: SCC9200320M.
- Posición de instalación: únicamente vertical.
- Impulsor: semiabierto de dos alabes.
- Potencia: 2 HP.
- Capacidad para manejar sólidos: sólidos de hasta 2" de diámetro.
- Posición el eje: vertical.
- Fluido a bombear: aguas residuales.
- Temperatura máxima del líquido a bombear: 130 °F (55 °C).
- Diámetro de descarga: 3 pulgadas

- Rodamientos: de bolas lubricados con aceite.
- Unidad motriz: motor eléctrico de 2 HP, sumergido en aceite.
- Doble sello de eje: Sello mecánico y labio de sello.
- Materiales
 - Impulsor: hierro fundido
 - Voluta y cubierta del motor: hierro fundido
 - Sello mecánico tipo 21: elastómeros Buna-N, caras de carbón y cerámica, partes metálicas de acero inoxidable;
 - Labio de sello del eje: auto-lubricado de nitrilo.
 - Componentes externos y placa de datos: acero inoxidable.
 - Eje del motor: acero inoxidable.
 - Cordón eléctrico resistente al agua: 16-4 STW-A/STW.

Figura 15. Bomba STA-RITE SCC9200320M

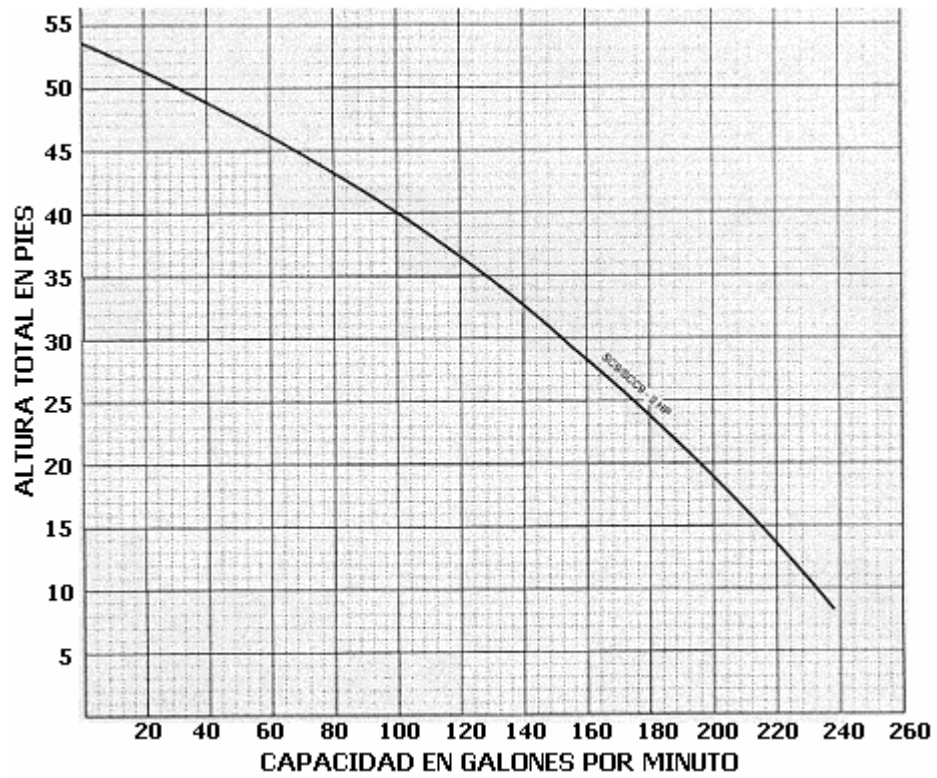


Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Catálogo STA-RITE 2001, P. 158.

Tabla VIII. Rendimiento de la bomba SCC9200320M STA RITE.

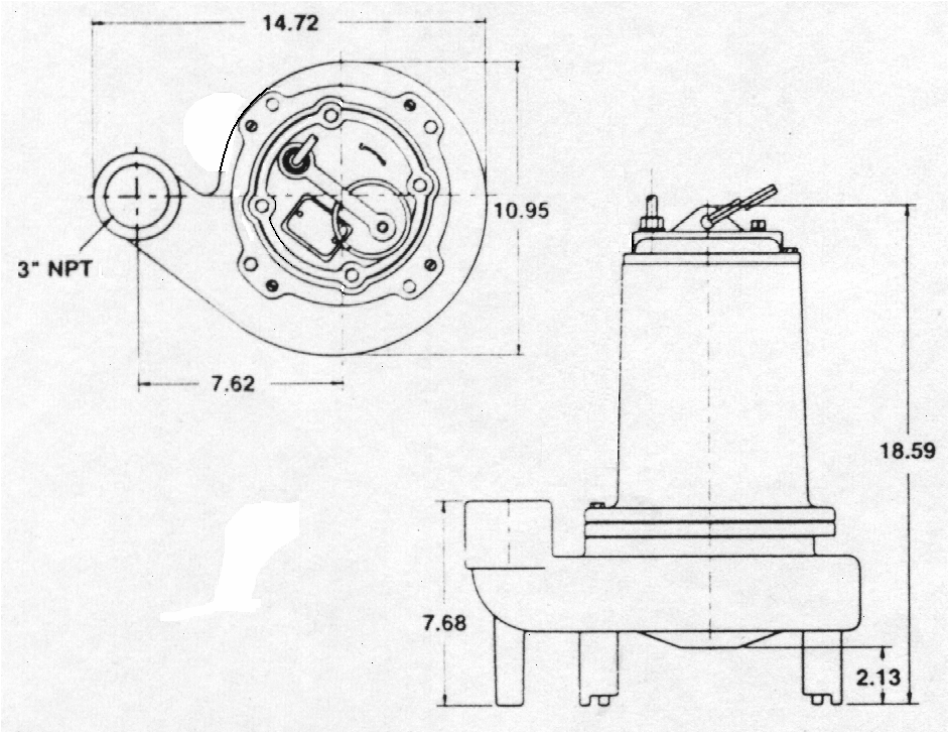
Altura total en pies.	10	20	30	40	50	54
Capacidad en galones por minuto.	230	190	150	100	30	0

Figura 16. Curva de carga-capacidad de la bomba SCC9 STA-RITE



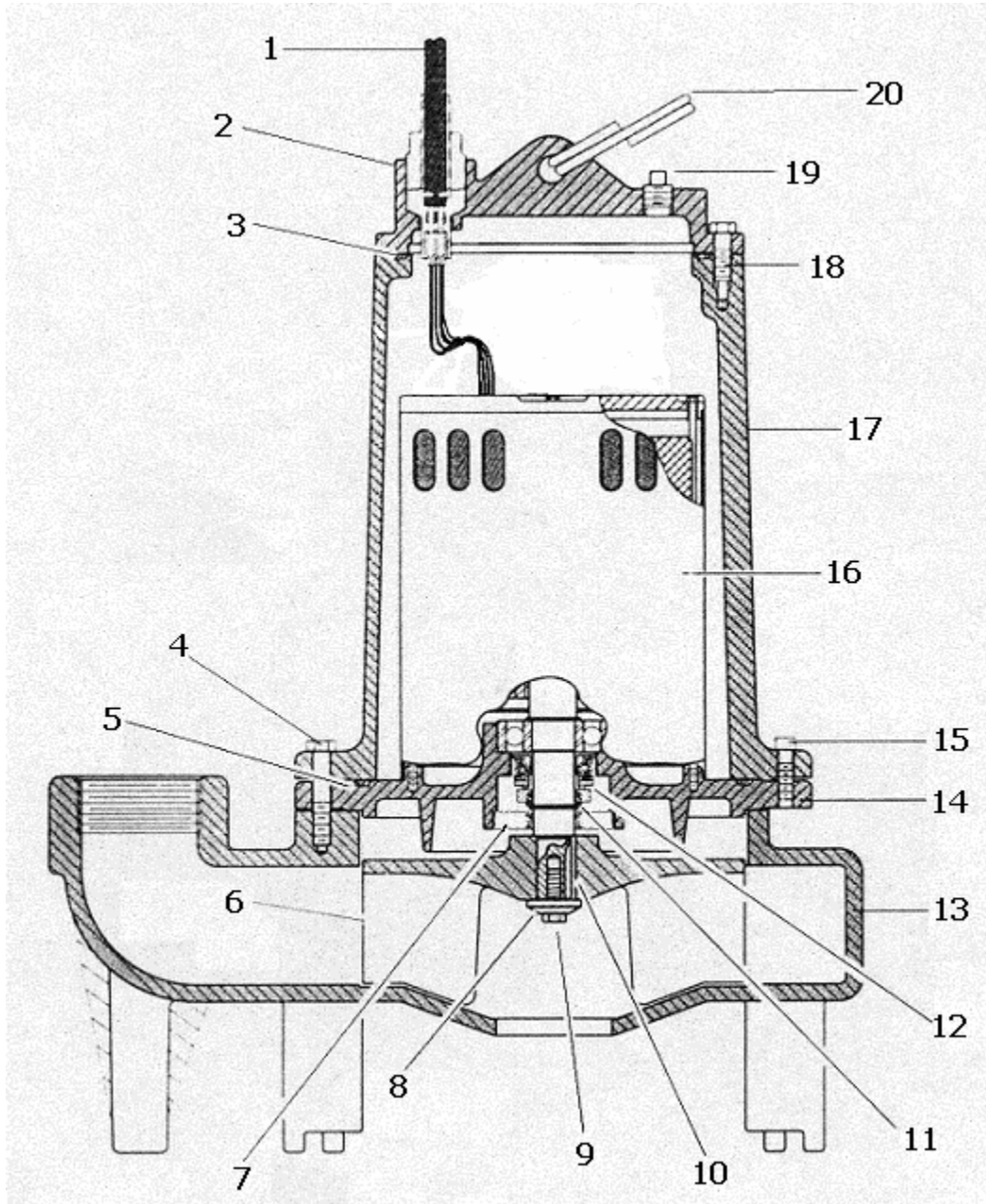
Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Catálogo STA-RITE 2001, P. 162.

Figura 17. Dimensiones externas de las bombas, en pulgadas.



Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Catálogo STA-RITE 2001, P. 159.

Figura 18. Partes de la bomba STA-RITE SCC9.



Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Submersible Effluent & Sewage/Solids Handling Pump, Installation, operation & parts manual. USA, 6/8/02, P. 10.

Tabla IX. Listado de partes de la bomba SCC9

No.	Descripción	Código del fabricante
1	Cordón eléctrico	PW17-235
2	Tapa superior de la cubierta del motor	PW3-16A
3	“O-ring” de la tapa superior de la cubierta del motor	U9-339
4	Tornillo 5/16 – 18 Hex.	U30-65SS
5	“O-ring” del plato sellador	U9-351
6	Impulsor	PW5-7
7	Sello de labio de aceite	U9-417
8	Arandela plana ¼”	PW43-4SS
9	Tornillo ¼ - 20 Hex.	U30-52SS
10	Cuña Woodruff	U65-2SS
11	Arandela retenedora y anillo retenedor	PW43-5SS y U9-353SS
12	Sello mecánico	U9-394SS
13	Voluta 3”	PW1-15
14	Plato sellador	PW3-34
15	Tornillo ¼ - 20 x 1” Hex.	U30-53SS
16	Motor 2 HP.	PW118-87
17	Cubierta del motor	PW3-32A
18	Tornillo 5/16” Hex.	U30-62SS
19	Tapón de llenado de aceite	U78-57DV
20	Anillo de la cuerda	U97-102SS
*	Aceite dieléctrico	U197-8A

Fuente: Sta-Rite Industries, Inc. Submersible Effluent & Sewage/Solids Handling Pump, Installation, operation & parts manual. USA, 6/8/02, P. 10.

1.3 Diagnóstico de los sistemas

1.3.1 Sistema de agua potable

Las tuberías de succión tienen collarines de soportes que las sostienen para que no ejerzan ningún esfuerzo a las bombas. De lo contrario, podrían ocasionar esfuerzos de flexión y desbalanceamiento de las partes internas, lo cual desgastaría la bomba y provocaría vibraciones, arruinando rápidamente el equipo.

La tubería de succión no tiene cambios de sección ni partes altas que provoquen que se formen bolsas de aire en la tubería.

No se instalaron llaves para cortar o estrangular el flujo en la tubería de succión, lo cual es bueno ya que se evita el riesgo de que accidentalmente la bomba trabaje con una llave cerrada en la succión.

La longitud del tubo de succión es lo más corta posible, aproximadamente 8 pies de longitud desde la boca de succión de la bomba y el nivel máximo del depósito de succión. La diferencia de nivel entre la boca de succión de la bomba y el nivel mínimo del depósito de succión es de 11 pies aproximadamente, lo cual evita que se forme un vacío muy grande en la tubería de succión que provoque cavitación, ya que el máximo recomendable sería de 25 pies.

El diámetro de la tubería es de 3", lo suficientemente grande como para permitir un flujo de 175 galones por minuto, cuando solamente se bombean aproximadamente 150 galones por minuto.

Se instalaron válvulas de retención en las tuberías de descarga de cada bomba y en la tubería principal de distribución, después de los tanques hidroneumáticos. Para evitar daños al equipo por flujo inverso. Además los tanques hidroneumáticos funcionan como amortiguadores y evitan la formación de golpes de ariete.

La presión máxima del sistema, 60 psi, es segura para el equipo, ya que la presión de diseño del equipo es 70 psi.

Los cimientos sobre los que están las bombas son de concreto firme y nivelado. Además las bombas se encuentran bien ancladas al cemento con pernos de anclaje.

El interruptor de presión y el manómetro están ubicados en el centro de los cuatro tanques hidroneumáticos, como se recomienda.

Todo el equipo cuenta con uniones universales que hacen fácil su desmontaje para cualquier labor de mantenimiento, así como también llaves de esfera que permiten aislar del sistema a cualquier elemento o conjunto de elementos.

El área en que está ubicado todo el equipo es amplia y cómoda para trabajar, limpia y con buena iluminación.

El calibre de los cables eléctricos está seleccionado muy bien de acuerdo al consumo de amperaje de los equipos y a la distancia de la fuente de poder.

Los tiempos de funcionamiento son 35 segundos y el tiempo de descanso entre cada parada y arranque de la bomba 66 segundos, pero como las bombas funcionan alternadamente, entonces cada bomba funciona 35 segundos y descansa 167 segundos.

El fabricante recomienda un minuto de descanso entre cada ciclo de bombeo, por lo que podemos decir que el equipo está trabajando dentro de los límites recomendados.

Suponiendo que el equipo trabaja 10 horas al día, tendríamos un total de 137 ciclos de bombeo por cada bomba, o sea 1.33 horas de servicio total por cada bomba en un día.

El sistema de bombeo para agua potable de la embajada de México se encuentra sin deficiencias de diseño y dos años después de su instalación, continua trabajando sin dar señales de algún tipo de problema.

1.3.2 Sistema de aguas servidas

La tubería de descarga tiene un diámetro de 3", y el caudal que pasa a través de ella son 200 galones por minuto, es decir la velocidad del flujo a través de la tubería son 2.27 pies por segundo.

No se instalaron válvulas de retención en las tuberías de descarga para evitar el riesgo de que se atasquen con algún sólido, aunque según el fabricante, para un sistema de aguas residuales se pueden utilizar válvula de retención de 2" o mayores, en la descarga de la bomba para prevenir el flujo inverso.

En este caso no es de gran importancia ya que la altura es muy poca y se evita el riesgo de que la válvula se atasque o de que quede una cámara de aire atrapada en la bomba y tubería de descarga antes de la válvula de retención, obligando a la bomba a trabajar en seco, lo cual puede dañarla.

Si se hubiera instalado una válvula de retención, debería dejar el paso libre a las partículas sólidas, por lo cual no se deben instalar a un ángulo mayor de 45° sobre la horizontal, debido a que los sólidos podrían depositarse en la válvula e impedir su abertura en el arranque. Además se debe taladrar un agujero de 3/16" en la tubería de descarga de la bomba a 1 o 2" sobre la conexión de descarga de la bomba y antes de la válvula de retención para purgar el aire y prevenir un bloqueo en la bomba.

Los cimientos sobre los que están las bombas son de concreto firme y nivelado, según lo recomendado por el fabricante.

El área en que está ubicado todo el equipo es amplia y las bombas están completamente sumergidas en el sumidero, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

El calibre de los cables eléctricos está seleccionado muy bien de acuerdo al consumo de amperaje de los equipos y a la distancia de la fuente de poder.

El sistema de bombeo para aguas servidas de la embajada de México se encuentra sin deficiencias de diseño y dos años después de su instalación, continua trabajando sin dar señales de algún tipo de problema.

2. FASE TÉCNICO PROFESIONAL

2.1 Conceptos de mantenimiento

2.1.1 El mantenimiento

Todos los medios físicos de una planta pueden fallar o deteriorarse por causas naturales de antigüedad o por defectos del uso. Es posible que las causas del deterioro o fallas sean inherentes al equipo, o bien a consecuencia de factores externos tales como el medio circundante y el personal que en él interviene.

Se considera al mantenimiento como una serie de trabajos que se deben ejecutar en algún equipo, planta o método a fin de que sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer en condiciones de dar el servicio para el cual fue diseñado.

Entre las labores que se deben equilibrar en el mantenimiento están la calidad económica del servicio, la duración adecuada del equipo y los costos mínimos de mantenimiento.

2.1.2 Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es empleado cuando el trabajo o servicio no puede ser interrumpido en cualquier momento, trata de anticiparse a los fallos que no se detectan fácilmente.

Las reparaciones y cambios se realizan en forma programada en base a lo recomendado por el fabricante y en base a los archivos de compras, historiales de falla, análisis de costos, ordenes de trabajo de mantenimiento y la experiencia. A los equipos que se han adquirido usados y que carecen de información de servicios efectuados se les debe realizar una revisión completa y aplicar un tipo de mantenimiento preventivo.

La adquisición de equipo nuevo acarrea costos elevados, sobre todo que inicialmente su depreciación es acelerada, aunque esto se compensa por ser los costos de mantenimiento bajos, pues la expectativa de falla es menor. Conforme envejece el equipo, sus componentes se desgastan, aumentando la frecuencia de falla y como consecuencia, los gastos de mantenimiento son mayores. Un aumento de la frecuencia de las fallas, causa perdidas, debido al paro o deficiencia de un proceso de producción, de tal manera que el costo total aumenta tanto que hace prohibitivo el uso del equipo, por tal razón, el mantenimiento se realiza con el fin de conservar el servicio que suministran los equipos y no de conservar obligadamente tales elementos.

La falla lleva a gastos con el propósito de reponer o reparar las instalaciones en sí, o por pérdidas de producción o servicios.

Es factible tomar medidas que disminuyan al mínimo la probabilidad de fallas y conservar así un determinado nivel de mantenimiento para prevenirlas, a lo cual se le denomina mantenimiento preventivo. Sin embargo, este mantenimiento para prevenir fallas, implica ya de por sí importantes gastos. Si el único objetivo consiste en prevenir fallas puede ocurrir que se gaste demasiado en conducir un programa de mantenimiento y el costo de prevención del mismo, excederá del que sería causado por las eventuales fallas.

Sin embargo como sucede con todas las actividades basadas en el costo, existe un punto de equilibrio entre el costo por falla y el costo de mantenimiento, que marca el estado óptimo entre el nivel del mantenimiento preventivo y el efecto de las fallas.

2.1.3 Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo se caracteriza por corregir fallas a medida que se presentan o su proximidad es evidente, normalmente ocurre con urgencia. El mantenimiento correctivo suele consumir tiempo significativo en la búsqueda y adquisición de repuestos, que en los peores casos deben ser importados. Este tipo de mantenimiento requiere mayor cantidad de personal de servicio.

El mantenimiento correctivo se divide en dos grupos:

a) Mantenimiento Correctivo de Emergencia:

Se origina por fallas de equipo, instalaciones, etc. que requieren ser corregidos en plazo breve para evitar costos y daños materiales y/o humanos. Este sistema de mantenimiento es justificable únicamente en sistemas complejos, en los que es imposible predecir fallas y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo sin afectar la producción.

b) Mantenimiento Correctivo Rutinario:

Ocurre cuando la corrección de fallas no interfiere en la producción no tiene que ser atendido urgentemente y los trabajos pueden ser incluso programados para un futuro próximo. En un solo paro de equipo, se pueden realizar las tareas que se habían acumulado hasta que ocurrió la falla.

2.2 Herramientas y equipo necesario para el mantenimiento:

Los martillos, ver Fig.19, son herramientas que sirven para golpear objetos. Constan de una cabeza metálica para golpear y un mango.

Figura 19. Martillos



Los destornilladores, Fig. 20, se utilizan para apretar o aflojar tornillos. Los desarmadores pueden ser de cabeza plana o phillips. Existen distintos tamaños de destornilladores en cuanto al ancho de su cabeza y largo.

Figura 20. Destornilladores



El alicate universal, Fig. 21, sirve para sujetar piezas entre sus mordazas. Lo podemos encontrar en distintas medidas de largo 160mm, 180mm ó 200mm.

Figura 21. Alicate universal



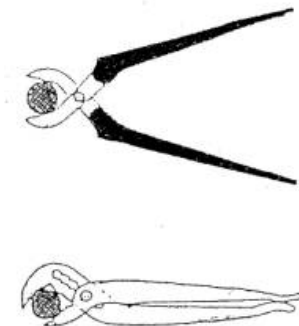
El alicate multiagarre o pico de loro, Fig. 22, se utiliza principalmente en fontanería y sirve para sujetar tubos de distintos diámetros.

Figura 22. Pico de loro



Cuando se utiliza un pico de loro, la apertura de sus mordazas se regula y cuando toma se toma el objeto, sus mangos quedan rectos de manera que siempre se puede realizar la máxima fuerza con el menor esfuerzo, ver Fig. 23.

Figura 23. Comparación entre un alicate normal y un pico de loro



Las pinzas de corte, Fig. 24, se utiliza para el corte de cables o alambres, es por esto que vienen forradas de goma, para aislar de la corriente.

Figura 24. Pinzas de corte



Las llaves españolas y de corona para tuercas, Fig. 25, son llaves de boca fija destinadas a ejercer esfuerzos de torsión al apretar o aflojar pernos, tuercas y tornillos que posean cabezas que correspondan a las bocas de la herramienta.

Figura 25. Llaves españolas y de corona para tuercas



Llave española o de Llaves de Estrella o corona, abierta, cerrada ingeniero o acodadas.

Las llaves de trinquete, figuras 26 y 27, nos permiten el apretado o aflojado de las tuercas sin necesidad de quitar y colocar la llave de nuevo. Se coloca la llave de trinquete con la copa correspondiente, Fig. 28, sobre la tuerca, se ajusta la posición de giro en el trinquete y se aprieta.

Figura 26. Distintas cabezas de llaves de trinquete

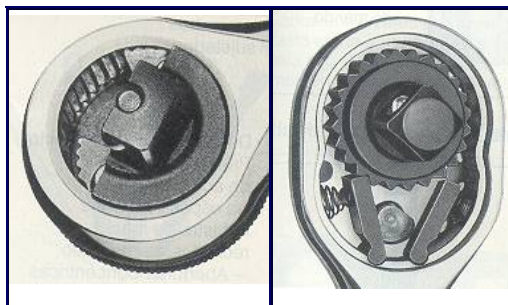


Figura 27. Llave de trinquete



Figura 28. Distintos tamaños de copas para tornillos y tuercas.



Las llaves de par de apriete o de torque, Fig. 29, están diseñadas para procesos específicos de apretado de tuercas. La fuerza aplicada se limita con un dispositivo. Una vez que se ha alcanzado la fuerza máxima, la llave deja de apretar.

Figura 29. Llave de torque



La llave inglesa, Fig. 30, es una llave de boca ajustable utilizada para ejercer esfuerzos de torsión en tuercas. Las llaves inglesas pueden variar la apertura de sus quijadas en función del tamaño de la tuerca. Sus partes son mango, quijada móvil, quijada fija y tornillo de ajuste.

Figura 30. Llave inglesa



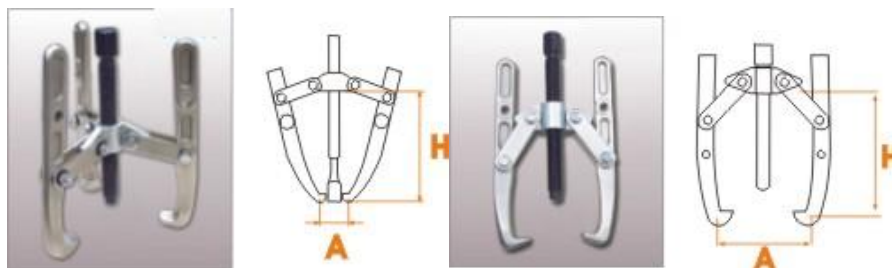
Las llaves Stillson, Fig.31, son llaves de boca ajustable utilizadas para ejercer pares de torsión en tuberías y elementos cilíndricos, las quijadas tienen dientes que evitan el resbalamiento de la pieza que sujetan.

Figura 31. Llaves Stillson



Los extractores, Fig. 32, sirven para sacar cojinetes de su eje. Un tornillo de potencia empuja el eje mientras las patas del extractor sostienen el elemento a extraer, pueden haber de tres o de dos patas.

Figura 32. Distintos tipos de extractores



Las sierras, Fig. 33, sirven para cortar distintos materiales como metales, plásticos, madera, etc. Las podemos encontrar de muchos tipos y tamaños. Sus sierras son intercambiables y el número de dientes por unidad de longitud que poseen varía según el tipo de material que vamos a cortar.

Figura 33. Sierras



Los metros enrollables, Fig. 34, cuentan con una cinta de acero graduada, donde podemos leer las medidas, el perfil de la cinta no es plano sino curvo, lo que le da una mayor duración evitando torceduras permanentes.

Figura 34. Metro enrollable



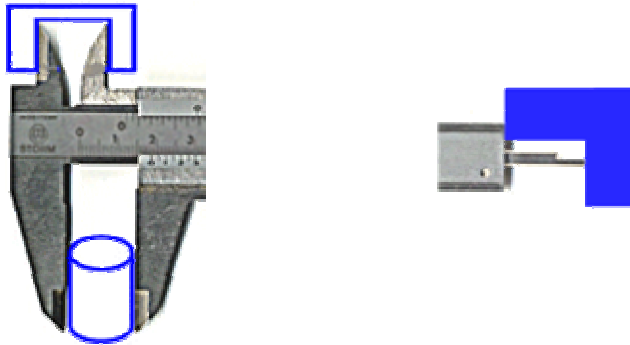
El vernier, Fig. 35, puede realizar mediciones exteriores e interiores así como profundidades con una precisión de 0.01 mm. El vernier, lo podemos encontrar con indicadores digitales, los cuales son aún más precisos.

Figura 35. Vernier



El vernier tiene tres partes con las cuales podemos medir los objetos, ver Fig. 36. En la cabeza encontramos dos de esas posibilidades. Una nos sirve para medir las caras interiores de las piezas y la otra, los espesores de las mismas. La otra posibilidad de medición es la varilla que sale por la parte de abajo del vernier. Esta varilla nos permitirá la medición de la profundidad de los objetos. Las medidas se pueden leer en milímetros o en pulgadas.

Figura 36. Distintos tipos de mediciones con el vernier



Los micrómetros, Fig. 37, alcanzan la misma precisión que los vernieres. Un tornillo de precisión desplaza el palpador 0.5 mm. por cada giro.

Figura 37. Micrómetro



Los vernieres y micrómetros son instrumentos de precisión cuya exactitud depende del uso y del mantenimiento que se les proporciona. Es importante que, si su empleo es frecuente, se limpien con cuidado con un trapo cada vez que sea preciso. Cuando no se utilizan se envuelven en un trapo aceitado y se protegen a salvo de golpes.

2.3 Mantenimiento del Equipo

2.3.1 Precauciones a tomarse en cuenta por el personal de mantenimiento

- Al efectuar cualquier reparación al equipo, lea las instrucciones y advertencias. Únicamente el personal calificado deberá realizar las labores de mantenimiento, para evitar accidentes y daños al equipo.
- Conecte debidamente todo el equipo a tierra física, antes de conectar la corriente eléctrica. Una mala conexión de la tierra física puede provocar un choque eléctrico y causar un daño severo o fatal.
- No conecte la tierra física a una tubería de distribución de gas.
- Para evitar un choque eléctrico peligroso o fatal, antes de realizar algún trabajo en el equipo o conexiones eléctricas, baje el interruptor termomagnético (flip-on) del tablero principal.
- Antes de encender un motor verifique que el voltaje y las conexiones sean las adecuadas, así como el suministro de energía eléctrica (voltaje, frecuencia y fase).
- El voltaje puede variar en un rango de +/- 10% del valor nominal. Una variación de voltaje muy alta puede causar un incendio o dañar seriamente los equipos eléctricos, monitoree constantemente el voltaje o instale controles de protección eléctrica.

- No toque un motor en operación. Los motores modernos están diseñados para operar a altas temperaturas.
- Para evitar quemaduras cuando se trabaje en un motor, desconecte el suministro de energía y déjelo enfriar por lo menos durante 20 minutos.
- Use el calibre de cable adecuado para cada instalación eléctrica de acuerdo a la tabla X.

Tabla X. Como seleccionar el calibre de un cable eléctrico.

Circular Mils	Calibre AWG
4107	14
6530	12
10380	10
16510	8
26250	6

Fuente: STA-RITE Industries, inc. Technical information, USA, 1982. P. 17

Donde: $\text{Circular Mils} = \frac{(\text{longitud del cable en pies}) \times (\text{amperios}) \times (22)}{(\text{Voltaje})}$

- Use gafas de protección cuando trabaje con aire comprimido, equipo rotatorio o herramientas de impacto.
- La presión del sistema debe ser en todo momento menor de 100 psi, de lo contrario, existe el riesgo de que los tanques hidroneumáticos exploten.
- No toque las piezas en movimiento con el cuerpo, la ropa o herramientas.

- Utilice el equipo únicamente para dar el servicio para el que fue diseñado.
- No haga funcionar la bomba con la llave de descarga cerrada, eso puede hacer hervir el agua dentro de la bomba, elevar peligrosamente la presión dentro de la bomba y provocar una explosión de la bomba.
- No haga funcionar las bombas en seco, tanto las bombas estacionarias como las bombas sumergibles.
- El área de trabajo deberá mantenerse limpia, ordenada y con iluminación adecuada.
- Corte la energía eléctrica y saque las bombas sumergibles del sumidero, antes de trabajar en ellas.
- No levante las bombas sumergibles del cordón eléctrico.
- Cualquier trabajo de reparación debe hacerse desde afuera del tanque de aguas residuales y no entrar en el.
- Sumerja las bombas para aguas servidas en un desinfectante con cloro, por lo menos una hora antes de desarmarlas.
- El tanque séptico produce gases tóxicos que pueden matar a una persona en unos pocos minutos. Nunca entre en el tanque sin equipo de respiración autónoma. Al hacer reparaciones al tanque asegúrese de que haya otra persona presente que lo supervise desde afuera.

- No intente rescatar sin equipo de respiración autónoma a alguien que haya caído dentro del tanque de aguas residuales y haya sucumbido ante los gases tóxicos o la falta de oxígeno, lo mejor es soplar aire en la boca del tanque y llamar a servicios de emergencia.
- Seleccione las herramientas correctas de buena calidad para el trabajo a realizar. La herramienta debe tener forma, peso y dimensiones adecuadas al trabajo a realizar.
- Utilice herramientas con aislamiento termo-eléctrico al trabajar con electricidad.
- Mantenga las herramientas en buen estado, bien limpias y engrasadas para evitar su oxidación.
- Las herramientas no deben presentar ningún defecto o daño como cabezas aplastadas, con fisuras o rebabas, mangos rajados o recubiertos con alambre, filos mellados o mal afilados, etc. El perfecto estado de las herramientas requiere una revisión periódica por parte de personal especializado.
- Use correctamente las herramientas y no las utilice para fines para los que no han sido diseñadas.
- Evite un entorno que dificulte el uso correcto de las herramientas.

- Guarde las herramientas en un lugar seguro y de tal forma que la falta de alguna de ellas sea fácilmente comprobada, que estén protegidas contra su deterioro por choques o caídas y que se tenga acceso fácil sin riesgo de cortes con el filo de sus partes cortantes.
- Se debe evitar dejarlas en el suelo, en zonas de paso o en lugares elevados como escaleras ya que pueden ocasionar lesiones al caer sobre alguna persona. Las herramientas cortantes o con puntas agudas se deben guardar previstas de protectores de cuero o metálicos para evitar lesiones por contacto accidental.
- Para efectuar un transporte seguro de las herramientas se deben utilizar cajas especiales, bolsas o cinturones porta-herramientas según las condiciones de trabajo. No se deben transportar herramientas que puedan obstaculizar el empleo de las manos cuando se trabaje en escaleras, andamios, estructuras, etc. en estos casos se deben colocar en cajas o sacos.

Medidas preventivas para el uso de limas:

- Mantener el mango en buen estado y afianzado firmemente a la cola de la lima.
- Limpiar con cepillo de alambre y mantener sin grasa.
- Seleccionar la lima según la clase de material y el acabado (fino o basto).
- No utilizar limas sin su mango.

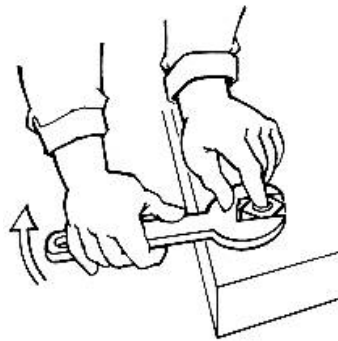
- No utilizar la lima para golpear o como palanca o cincel.
- La forma correcta de sujetar una lima es agarrar firmemente el mango con una mano y utilizar los dedos pulgar e índice de la otra para guiar la punta.
- La lima se empuja con la palma de la mano haciéndola resbalar sobre la superficie de la pieza y con la otra mano se presiona hacia abajo para limar.
- Evitar presionar en el momento del retorno.
- Evitar rozar una lima contra otra.
- No limpiar la lima golpeándola contra cualquier superficie dura.

Medidas preventivas para el uso de Llaves:

- Las quijadas de las llaves deben estar en perfecto estado. No usar llaves con las mordazas gastadas o con defectos mecánicos. Si la llave es de boca ajustable, la cremallera y tornillo de ajuste deben deslizarse correctamente.
- El dentado de las quijadas de las llaves stillson, picos de loro y alicates debe estar en buen estado.
- Se debe usar una llave de tamaño adecuado, nunca una llave demasiado pequeña.

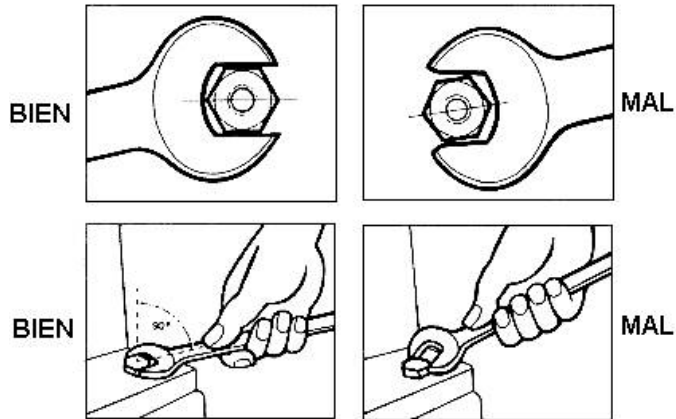
- No desbastar las bocas de las llaves fijas pues se destemplan o pierden paralelismo las caras interiores.
- Las llaves deterioradas no se reparan, se reponen.
- Evitar la exposición a calor excesivo.
- Efectuar la torsión girando hacia el operario, nunca empujando ver Fig. 38.

Figura 38. Utilización correcta de llave, girando hacia el operario



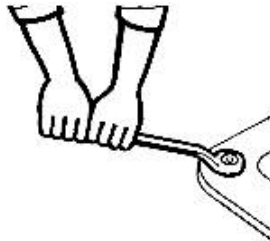
- Al girar asegurarse que los nudillos no se golpean contra algún objeto.
- Utilizar una llave de dimensiones adecuadas al perno o tuerca a apretar o desapretar.
- Utilizar la llave de forma que esté completamente abrazada y asentada a la tuerca y perpendicular con el eje del tornillo que aprieta, ver Fig. 39.

Figura 39. Uso correcto e incorrecto de las llaves fijas



- Es más seguro utilizar una llave más pesada o de estrías, cuando hay que hacer fuerza excesiva, ver Fig. 40.

Figura 40. Utilización de llaves de estrías cerradas



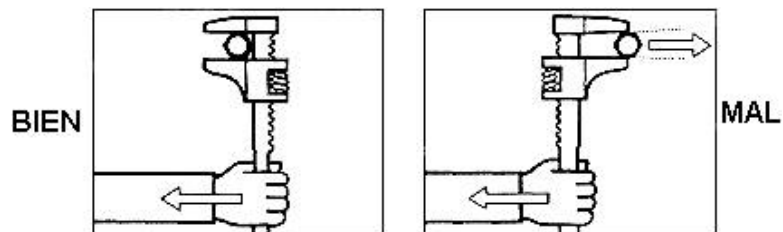
- No debe sobrecargarse la capacidad de una llave utilizando una prolongación de tubo sobre el mango, utilizar otra como alargó o golpearla con un martillo, ver Fig. 41.

Figura 41. Utilización inadecuadamente de llaves



- La llave de boca variable debe abrazar totalmente en su interior a la tuerca y debe girarse en la dirección que suponga que la fuerza la soporta la quijada fija. Hacer siempre la fuerza hacia el cuerpo del operario, evitando empujar sobre ella, ver Fig. 42.

Figura 42. Utilizaciones correcta e incorrecta de llave de boca variable



- Utilizar con preferencia la llave de boca fija en vez de la de boca ajustable.
- Si una tuerca esta agarrotada utilice aceite penetrante y una copa fuerte.

Medidas preventivas para el uso de Destornilladores:

- El uso de destornilladores puede producir lesiones por resbalamiento, cuando se efectúa presión sobre el mismo, las lesiones más graves suceden cuando se toma con una mano y con la otra se toma la pieza para trabajar. Se debe colocar la pieza en una superficie plana o asegúrela en una prensa.
- La punta del destornillador debe encajar con el mayor ajuste, en la ranura del tornillo. No debe ser ni tan gruesa ni tan fina ni tan ancha ni tan angosta.
- No usar los destornilladores como cinceles, punzones, raspadores, cuñas o palancas.

Medidas preventivas para el uso de Martillos:

- Se debe utilizar siempre protección en la vista, cuando se utiliza una herramienta para golpear otra o cuando se golpea alguna que puede astillarse, partirse o fracturarse.
- Se debe utilizar un martillo adecuado al trabajo que se realiza.
- El tamaño, peso y forma de los martillos los hace inseguros para otros usos.

- Al usar una herramienta para golpear otra, el diámetro de la cara que aplica el golpe debe ser al menos de 3/8 de pulgada más grande que la de la cara que recibe el golpe, para reducir aún más la posibilidad de un golpe de refilón.
- La cabeza de un cincel deteriorado es lo más peligroso que pueda utilizar, al dar un golpe de refilón puede desprenderse un pedazo de metal lesionando un ojo y una mano. Afilar los extremos de esta herramienta. Un cincel afilado se resbala mucho menos.
- Revise siempre que los mangos de los martillos estén perfectamente colocados y que no estén rotos, los mangos deben ser resistentes, lisos y sin astillas o bordes agudos.

Medidas preventivas para el uso de navajas y cuchillas:

- Las navajas dan origen a lesiones como cualquier otra herramienta, basta con tocarlas.
- El mango debe ser seguro y la cuchilla afilada. La navaja desafilada es más peligrosa que una navaja afilada.
- Una navaja usada como destornillador, rallador o palanca pueden estar dañada y ser peligroso cortar colocando el cuerpo en la línea de corte.
- Si debe usar guantes, que ajusten bien si le aprietan y le cansan las manos o le quedan flojos le costará controlar sus movimientos.

- Muchos accidentes con navajas ocurren cuando se tiene la herramienta en la mano sin usarse, al guardarse sin la debida seguridad o llevarla sin la funda. Resguarde su borde cortante cuando la coloque en la caja de herramientas, puede cortarse al ir a tomar otra cosa, o se puede dañar el filo por el contacto con otras herramientas.
- Se debe usar sólo la navaja apropiada y en buenas condiciones.

2.3.2 Sistema de agua potable

2.3.2.1 Elementos susceptibles a falla y su mantenimiento

Carcasa o cubierta de las bombas:

El impulsor de una bomba centrífuga descarga líquido a una velocidad alta. Una función de la cubierta de la bomba es reducir esta velocidad y convertir la energía cinética en energía de presión, ya sea por medio de una voluta o de un conjunto de paletas o alabes difusores.

Las vías de agua de la cubierta siempre deben tenerse perfectamente limpias y repintarse durante una reparación general. Se debe usar una pintura adecuada que se adhiera firmemente al metal de manera que la velocidad del agua no la lave o arrastre, se recomienda una pintura de acabado de esmalte.

Se debe establecer un programa de limpieza y repintura basado en las condiciones locales. Esto evitará que la capa protectora se desgaste completamente antes de reponerla, evitando así la corrosión.

Las bombas que manejan agua sucia o arenosa naturalmente están sujetas a problemas de cubiertas.

Las cubiertas deberán examinarse regularmente para ver si hay corrosión, la que se indicará por la grafitización del hierro fundido.

Esto ocurre cuando las partículas ferrosas son arrastradas por acción electrolítica y depositadas en las partes de bronce de la bomba.

Si la cubierta está picada o gastada en ciertos lugares, se puede reparar con soldadura o metalizado a chorro, dependiendo del material de construcción y de las facilidades disponibles. Se debe tener cuidado para no deformar la cubierta durante la reparación.

Empaque de la carcasa de la bomba:

Los empaques de las bombas están sujetos a dañarse cuando se abre la bomba. Si el empaque está en buenas condiciones no es necesario reponerlo. Sin embargo, si tiene algún daño deberá reponerse y por esta razón siempre debe tenerse un empaque nuevo disponible.

El empaque nuevo debe ser del mismo espesor que la original y, de ser posible, del mismo tipo de material para que tenga las mismas características de compresión. Un empaque muy grueso generalmente ocasiona fugas.

Si el empaque es más delgado que el original, al apretar las dos mitades de la cubierta se puede ejercer fuerza indebida en los anillos de desgaste de la cubierta y deformarlos.

Al instalar un empaque nuevo, los bordes interior y exterior deben estar colocados con precisión siguiendo los bordes de la cubierta.

Al apretar la cubierta se apretarán efectivamente los bordes del empaque asegurando un sello adecuado. Antes de colocar el empaque, toda materia extraña debe quitarse de los bordes de la cubierta.

Se recomienda unir una cara del empaque a la cubierta de la bomba con silicón y frotar polvo de grafito en la otra cara del empaque antes de colocar la tapa de la cubierta. Esta operación evitará que el empaque se pegue a la tapa de la cubierta cuando vuelva a quitarse.

Impulsores de las bombas:

Un impulsor que se saca de la cubierta de una bomba deberá examinarse cuidadosamente en todas sus superficies para ver si hay desgaste indebido, como de abrasión, corrosión o cavitación.

La cavitación muchas veces es acompañada de picaduras en las superficies del área de la succión del impulsor y puede identificarse por un ruido de crepitación durante la operación. Si los impulsores se pican o erosionan rápidamente, con frecuencia se justifica el gasto de utilizar aleaciones especiales.

En las bombas pequeñas, se corrige mejor el desgaste del impulsor reponiendo éste, porque el tamaño de la bomba no permite que se reconstruya o resultaría muy costoso.

Aunque es poco probable, el desgaste puede ocurrir alguna vez en la caja de la cuña si el impulsor queda flojo en la flecha o no se coloca bien la cuña.

Finalmente, se pueden formar grietas en el impulsor debido a la vibración excesiva o a defectos de fabricación. Los impulsores rajados no se pueden reparar correctamente y es mejor reponerlos.

No es conveniente taladrar agujeros en el impulsor, debido a que esto causara corrientes parasitas que aceleran la corrosión o lo desbalanceará y provocará vibración.

Anillos de desgaste de las bombas:

Los anillos de desgaste constituyen una junta de escape económica y fácil de renovar entre el impulsor y la cubierta.

La junta entre el anillo y la cubierta debe ser lo suficientemente apretada para evitar el escurrimiento.

Después del montaje es conveniente verificar que las nuevas superficies de los anillos están alineadas con el conjunto de impulsor y flecha.

El escurrimiento interno por los anillos naturalmente significa una pérdida de eficiencia.

Es difícil generalizar en la cantidad de desgaste aceptable antes de que se tenga que renovar la junta de desgaste, porque intervienen demasiados factores, pero puede usarse como guía la regla general de que el aumento de espacio libre del 100% en el juego de los anillos justifica su reposición.

Para medir el espacio libre se debe desarmar la bomba y medir independientemente el diámetro interno del anillo de desgaste y el diámetro externo del cubo del impulsor con micrómetros de interiores y exteriores, respectivamente o con vernier. El juego se considera que es la diferencia máxima entre las anteriores lecturas. Varias mediciones determinarán si se han desgastado en forma ovalada.

Flechas o ejes:

La función básica de la flecha es soportar el impulsor y otras partes giratorias, las fuerzas hidráulicas tanto radiales como axiales y transmitir los momentos de torsión desde el motor al rotor de la bomba. La deflexión del eje debe ser menor que el espacio libre mínimo que hay entre las partes giratorias y las estacionarias.

Aunque la flecha pueda tener que reponerse, debido a daños que resulten por fallas de otras partes, generalmente durará toda la vida de la bomba.

Durante la reparación de una bomba, la flecha deberá examinarse cuidadosamente para ver si hay señales de desgaste o de irregularidades, especialmente en todos los ajustes importantes, como los de los cubos del impulsor, debajo del manguito de la flecha y en los cojinetes.

La flecha puede dañarse por oxidación o picándose debido a escurrimiento bajo los impulsores o manguitos de la flecha. La flecha puede dañarse al girar con respecto a la pista interna de un cojinete.

Es importante verificar también la condición de la flecha en los cuñeros. La torcedura de la flecha, el esfuerzo térmico excesivo, la corrosión y un ajuste imperfecto pueden aflojar los impulsores dando por resultado el desgaste del cuñero. Si no se corrige la condición, se agravará rápidamente, produciendo una operación muy ruidosa y posiblemente originando la falla de la flecha. Finalmente, la flecha deberá examinarse con cuidado para ver si hay grietas por fatiga, aunque éstas son bastante raras.

Después de la inspección visual, la flecha deberá colocarse en centros y verificar su concentricidad. Las flechas dobladas, deformadas o dañadas deberán reponerse siempre y no corregirse ni soldarse.

Después de volver a armar completamente el rotor se deberá inspeccionar nuevamente para asegurarse de que no se ha deformado y que todo esta alineado.

Manguitos de flechas:

Las flechas de las bombas generalmente se protegen de la erosión, corrosión y desgaste con manguitos renovables. La rotación del manguito con respecto de la flecha se evita con una cuña.

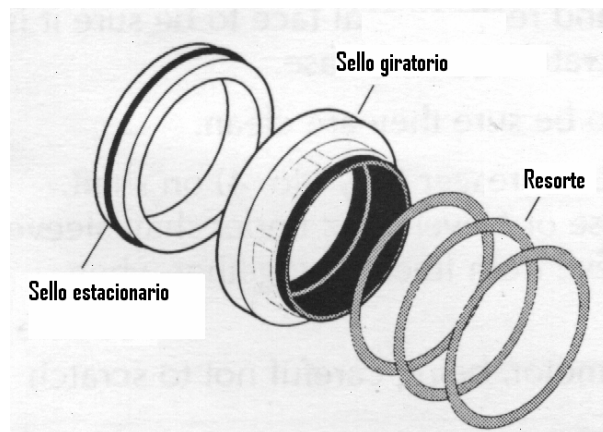
Los manguitos de flecha son generalmente al igual que los sellos mecánicos la parte de la bomba que se desgasta más rápidamente y la que requiere más frecuentemente reponerse.

Los manguitos de flecha algunas veces se reparan con soldadura o metalizando a chorro y luego rectificándolos, pero es preferible reemplazarlos.

Sellos mecánicos de las bombas:

La función de un sello mecánico es evitar el escape de líquido por el espacio libre entre un eje en rotación y el conducto o abertura en la pared de una carcasa o un recipiente de presión. Todos los sellos mecánicos son básicamente iguales y tienen un elemento rotatorio y uno fijo. Las partes de un sello mecánico son sello primario, sello secundario y los componentes para instalar, sujetar y mantener en contacto las caras del sello, ver Fig. 43.

Figura 43. Sello mecánico



Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual, Self-Priming Centrifugal Pumps, "D" Series, Installation/Operation/Parts. USA, 3/10/00. P. 9.

El sello primario está formado por dos caras pulimentadas se mantienen en contacto continuo y forman un sello hermético entre los miembros giratorio y estacionario con pérdidas por fricción muy pequeñas.

Una cara está sujeta en la tapa de la cubierta y la otra está montada en un eje y gira con el mismo. Una de las caras, es de un material blando, para desgaste, como el carbón y la otra es de material duro, que puede ser cerámica. Las superficies de contacto de las caras de sellado son perpendiculares con el eje, en vez de paralelas.

Los sellos secundarios, hechos de fluoro-elastómeros o caucho, cierran las trayectorias de fuga del eje con la parte giratoria del sello y la carcasa con la parte estacionaria del sello.

Los componentes y accesorios metálicos para el sello, como los resortes, se utilizan para adaptar los sellos en un equipo, aplicar precarga mecánica y mantener las caras del sello en contacto, etc.

Un sello requiere un espacio libre de movimiento preciso con una película de líquido entre las caras, que proporciona lubricación y enfriamiento.

Los sellos para bombas centrifugas no operan satisfactoriamente con aire o gas; si trabajan en seco o partículas sólidas se meten entre las caras del sello, este fallará rápidamente.

Los sellos mecánicos están siempre sujetos a fallas en cualquier momento. Si un sello mecánico falla, la bomba debe pararse inmediatamente en casi todos los casos para evitar daños por escurrimientos de agua al motor eléctrico. Se deberá tener a mano una existencia adecuada de partes de repuesto para que el sello pueda repararse si falla.

Las caras de los sellos se pulimentan con una tolerancia de una banda de la luz de helio o sea 0.0000116 plg. Esta tolerancia crítica hace que sean uno de los componentes de mayor precisión en el trabajo de mantenimiento. Si se cae o se golpea con cualquier objeto, es casi seguro que permitirá fugas. Además cualquier partícula de herrumbre u otro cuerpo extraño que llegue a las caras del sello durante la instalación provocará fugas. Esto ocurre porque las partículas se pueden enclavar en la cara de carbón blando y producen abrasión en la cara dura.

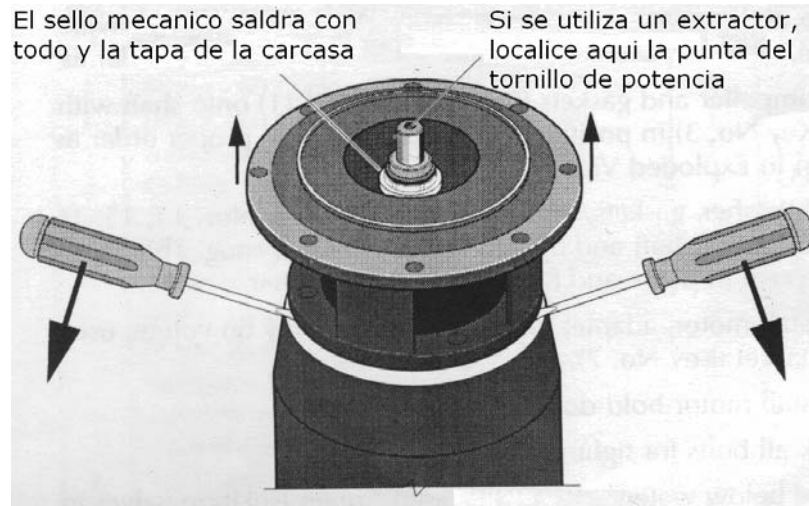
Un sello nuevo no debe permitir fugas; si las hay, indican un error en la instalación. La fuga puede desaparecer poco a poco pero no del todo.

Para cambiar un sello mecánico se deben seguir los siguientes pasos:

a) Remover el sello viejo

1. Desmonte la bomba de las tuberías y los cimientos.
2. Remueva los tornillos y separe el cuerpo de la bomba de la tapa de la carcasa.
3. Quite el tornillo y la arandela del final del eje y saque el impulsor fuera del eje.
4. Quite los tornillos que sujetan el motor con la tapa de la carcasa y use dos destornilladores de castigadera para separar cuidadosamente la tapa de la carcasa y el motor. Con la tapa de la carcasa también saldrán el sello mecánico, y el manguito del eje, ver Fig. 44.

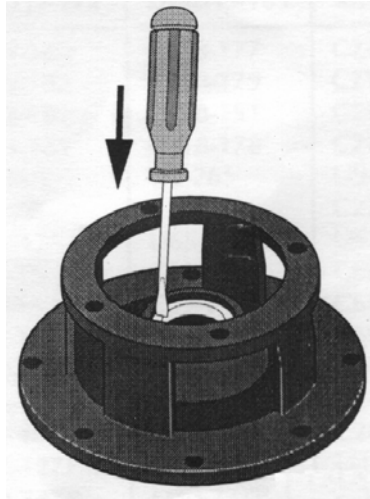
Figura 44. Forma de quitar la tapa de la carcasa



Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual, Self-Priming Centrifugal Pumps, "D" Series, Installation/Operation/Parts. USA, 3/10/00. P. 9.

5. Use un martillo si es necesario para separar el manguito y el sello viejo y limpie el manguito del eje con un papel de lija si es necesario.
6. Coloque la tapa de la carcasa de la bomba boca a bajo en una superficie de plana y saque la parte estacionaria del sello viejo con cuidado usando un destornillador y un martillo, ver Fig. 45.

Figura 45. Cómo quitar la parte estacionaria del sello mecánico viejo.



Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual, Self-Priming Centrifugal Pumps, "D" Series, Installation/Operation/Parts. USA, 3/10/00. P. 9.

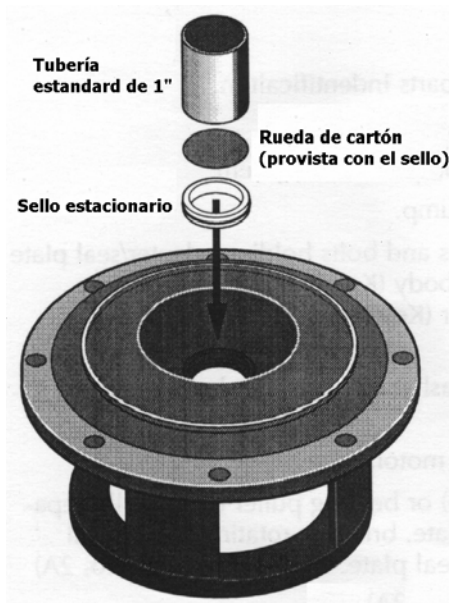
7. Use un cepillo de alambre para limpiar completamente la cavidad de la tapa de la carcasa. Asegúrese de que el polvo y mugre estén fuera de la cavidad antes de instalar el nuevo sello.

b) Para instar el sello nuevo

1. Limpie las superficies pulidas del nuevo sello con un trapo limpio.
2. Moje el "O-ring" alrededor del sello estacionario con jabón líquido y presione la parte estacionaria del sello dentro de la cavidad de la tapa de la carcasa firmemente y alinéela con el pulgar.
3. Si no sella correctamente, vuelva a limpiar la cavidad de la tapa de la carcasa para que el sello pueda sellar correctamente.

4. Si el sello no sella correctamente después de limpiar la cavidad de la tapa de la carcasa, coloque una rueda de cartón sobre la cara pulida del sello y presiónela cuidadosamente usando un pedazo de tubo de 1" de diámetro, asegurándose de no lastimar la cara del sello, ver Fig. 46.

Figura 46. Cómo instalar el nuevo sello estacionario



Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual, Self-Priming Centrifugal Pumps, "D" Series, Installation/Operation/Parts. USA, 3/10/00. P. 10.

5. Deshágase de la rueda de cartón y verifique que la cara del sello esté libre de suciedad, partículas extrañas, ralladuras y grasa.
6. Asegúrese de que el eje y el manguito estén limpios.
7. Instale el "O-ring", el manguito y el deflector de agua en el eje.
8. Acople la tapa de la carcasa y el motor con cuidado de no dañar la cara del sello.

9. Aplique jabón líquido en el diámetro interno y la cara externa del anillo de caucho de la parte giratoria del sello mecánico.
10. Deslice el sello giratorio sobre el manguito del eje sin dañar la cara pulida.
11. Deslice la junta de sello y el impulsor en el eje con la cuña en posición.
12. Instale la arandela, juntas, y el tornillo del impulsor al final del eje y apriete el tornillo mientras sujeta el eje. Esto colocará al sello en su posición y juntará sus caras selladoras.
13. Vuelva a instalar el conjunto del motor y la tapa de la cubierta en el cuerpo de la bomba, utilizando un nuevo empaque si fuera necesario.
14. Verifique que todos los tornillos estén bien apretados.

Motores Eléctricos:

Para los motores eléctricos acoplados a las bombas centrífugas de agua potable en la embajada de México, el único trabajo de mantenimiento necesario es la limpieza y el cambio de rodamientos. Los rodamientos que utiliza cada motor son dos rodamientos de bolas, SKF 6206 ZZ y 6207 ZZ (sellados en ambas caras), los cuales no necesitan re-lubricarse y deberán cambiarse cuando hayan indicios de fallas o según experiencias anteriores.

Se deberán conectar los cables del motor como lo indica el diagrama en la placa del motor y verificar que el sentido de rotación del motor sea el correcto.

Al encender el motor esté deberá arrancar rápidamente y funcionar silenciosamente, si no es así, pare el motor inmediatamente y determine la causa.

El interior del motor se deberá limpiar con aire comprimido para eliminar la suciedad que pueda dañarlo. Las superficies exteriores del motor deberán mantenerse limpias de grasa, polvo y sin cubrirse con trapos ni nada para que haya una buena disipación de calor al ambiente.

Todas las tuercas se deben apretar firmemente y el motor debe estar bien alineado con la bomba. La cuña del eje debe estar asegurada antes de encender el motor.

Tanques Hidroneumáticos:

La presión de aire de los tanques hidroneumáticos debe calibrarse por lo menos una vez al año, a una presión de 2 psi debajo de la presión de arranque de la bomba, es decir, para el caso de la embajada de México 38 psi. Para calibrar la presión de aire de los tanques se debe agregar o quitar aire por medio de la válvula instalada en la parte superior de los tanques. Siempre que se calibren los tanques, debe hacerse sin agua en ellos y verificando la presión con un calibrador de presión de aire.

Como chequear la carga de aire del tanque:

Si la cantidad de agua que sale del tanque por ciclo de bombeo disminuye considerablemente, inspeccione que la precarga de aire con el tanque drenado sea de 38 psi. Si la presión de aire no es correcta, corríjala.

Use jabón detergente líquido para verificar que no haya fugas de aire alrededor de la válvula de aire. Un continuo burbujeo indica una fuga. Si es necesario, instale un nuevo núcleo en la válvula de aire. Este es el mismo que los que se usan para las válvulas para neumáticos de automóvil.

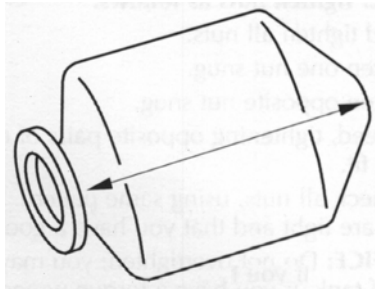
Cuando la bolsa de vinilo de los tanques esté rota, el agua pasara en algún momento a la cámara de aire y podría salir por la válvula de aire. O de forma análoga, el aire podría salir por la descarga de agua. Si la bolsa del tanque está rota, se deberá cambiar de la siguiente manera:

1. Desconecte la corriente de la bomba y drene toda el agua de la bolsa del tanque.
2. Libere toda la presión posible presionando el núcleo de la válvula. Cuando el aire deje de salir de la válvula quite el núcleo de la válvula para liberar el resto de presión.
3. Desconecte el tanque de la tubería.
4. Coloque el tanque sobre un costado y saque las tuercas del flange de la parte inferior.
5. La bolsa no saldrá en una sola pieza. Sostenga la bolsa con un alicate y corte en donde sea conveniente con una navaja afilada. Continúe sosteniendo y cortando hasta haber sacado la bolsa completamente.
6. Limpie y seque el interior del tanque.

7. Antes de poder introducir la nueva bolsa en el tanque deberá estar bien enrollada, según se indica a continuación:

A) Coloque la bolsa sobre una superficie limpia con la abertura hacia un extremo y achátela para dejar salir el aire. Tire de los extremos hasta que queden planos, ver Fig. 47.

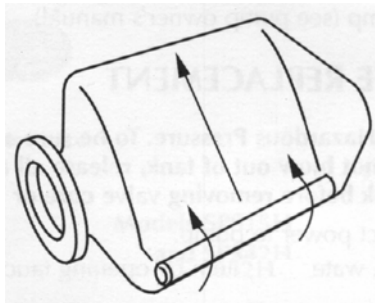
Figura 47. Cómo extender una bolsa de vinilo antes de enrollarla



Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual. Sta-Rite/Pro-Source Steel Pressure Tanks. USA, 3/11/00. P. 5.

B) Para obtener la envoltura más apretada posible, comience de un lado en la parte superior y enrolle la bolsa en forma diagonal bien apretado hacia el otro lado. Para hacer salir todo el aire que sea posible, asegúrese de enrollar hacia la abertura del cuello de la bolsa, Fig. 48.

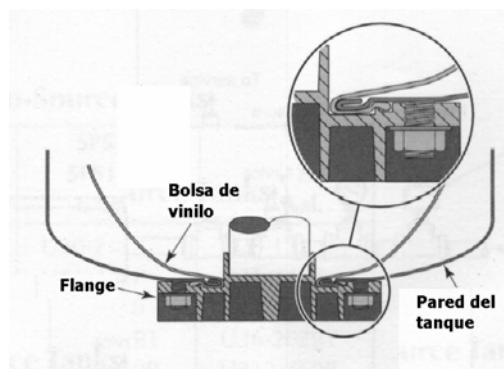
Figura 48. Cómo enrollar una bolsa de vinilo



Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual. Sta-Rite/Pro-Source Steel Pressure Tanks. USA, 3/11/00. P. 5.

8. Para ayudar en la introducción de la bolsa, espolvoree su exterior con talco. Con el tanque apoyado sobre un costado, empuje la bolsa bien enrollada hacia adentro del tanque, engancho el anillo del cuello de la bolsa por encima del borde del cabezal del tanque
9. Introduzca el brazo en la cisterna y empuje las paredes laterales hacia fuera. No es necesario sacar todas las arrugas de la bolsa. No empuje la bolsa hacia adentro del tanque más allá de su propio largo, porque se puede deslizar fuera de alcance si se empuja demasiado.
10. Limpie la superficie de sellado del cabezal del tanque y la ranura del anillo del borde del flange.
11. Empuje el aro del borde de la bolsa a través de la abertura del tanque y acomódelo contra el cabezal del tanque.
12. Limpie la superficie de sellado y la ranura del flange. Colóquela en el tanque. Asegúrese de que el orificio de descarga quede alineado con el orificio en la base, ver Fig. 49.

Figura 49. Instalación y asentamiento correctos



Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual. Sta-Rite/Pro-Source Steel Pressure Tanks. USA,
3/11/00. P. 5.

13. Apriete con la mano las tuercas del flange y luego apriételas bien por pares de tuercas opuestas. Vuelva a inspeccionar todas las tuercas, asegurándose de que estén bien apretadas. No apriete demasiado, existe el riesgo de que doble los pernos fuera del tanque. Si tiene una llave de torsión, apriete a un torque de 7 libras-pie.

14. Ponga el tanque de pie y vuelva a conectar las tuberías.

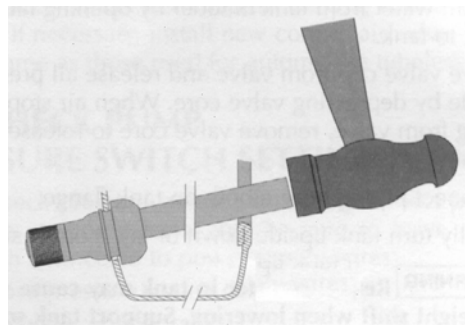
15. Vuelva a cargar el tanque con la presión de aire adecuada.

Cuando la válvula de aire falle, se deberá cambiar como sigue:

1. Desconecte la corriente a la bomba y drene toda el agua de la bolsa del tanque.
2. Apriete el núcleo de la válvula para liberar toda la presión de aire en el tanque. Cuando el aire deje de salir de la válvula, saque el núcleo del interior de la válvula para liberar el resto de la presión.
3. Empuje la válvula de aire nuevamente hacia adentro del tanque. Asegúrese de sacarla antes de volver a montar el tanque.
4. Desconecte el tanque de la tubería y apóyelo sobre un costado.
5. Quite el flange del tanque.
6. Empuje la bolsa lo suficientemente hacia adentro del tanque como para que pueda llegar al interior del tanque con una barra de espiga.

7. Enjabone el exterior de la nueva válvula y colóquela en el extremo de un trozo de barra de espiga de 1/4" o de 5/16". Empuje la válvula hacia arriba, pasando la bolsa hacia el orificio de montaje en la parte superior del tanque. Empújela a través del mismo todo lo que pueda. Deje el tapón de la válvula colocado para proteger las roscas en la válvula.
8. Golpee fuerte el extremo de la espiga con un martillo para empujar la válvula a su posición. Asegúrese de que el hombro en la válvula quede asentado contra el cabezal del tanque, ver Fig. 50.

Figura 50. Cómo instalar la válvula de aire.



Sta-Rite Industries, Inc. Owner's manual. Sta-Rite/Pro-Source Steel Pressure Tanks. USA,
3/11/00. P. 6.

9. Saque la espiga. Asegúrese de que se haya sacado la válvula usada del tanque, empuje la bolsa hacia atrás por encima del borde del orificio en el cabezal inferior del tanque, vuelva a instalar el flange, ponga el tanque de pie y vuelva a conectar la tubería.

Controles eléctricos:

Principalmente el mantenimiento que se debe dar a los controles eléctricos es apretar periódicamente los tornillos de las conexiones eléctricas. Mantener las bobinas y contactos limpios de grasa, polvo y partículas extrañas. Se deben limpiar con aire comprimido y/o limpia-contactos. Si fuera necesario limpie con una lija fina de papel los contactos de los controles. Asegúrese de desconectar antes la energía eléctrica.

Cambiar los fusibles que se quemen en el tablero de los controles eléctricos.

Chequear que el guarda-nivel funcione correctamente haciendo pruebas periódicas, volteándolo y chequeando que desconecte la energía al motor. Los guarda-motores y arrancadores deben estar calibrados al amperaje nominal de la bomba.

El interruptor de presión debe calibrarse al rango de trabajo. Antes de calibrar el interruptor de presión, se debe verificar que los tanques hidroneumáticos tengan una precarga de aire de 38 psi.

Los parámetros a graduar son la amplitud del rango de trabajo y la presión de arranque del equipo. Las presiones de arranque y parada deberán ser 40 y 60 psi respectivamente.

Para calibrar el interruptor de presión siga los pasos siguientes:

1. Verifique la presión de arranque y parada del equipo, en el manómetro del sistema. La diferencia entre las presiones de parada y arranque, será el rango de trabajo del equipo, el cual deberá ser de 20 psi.
2. Si el rango de trabajo es mayor o menor de 20 psi, deberá reducir o aumentar, respectivamente, la compresión en el resorte pequeño del interruptor de presión.
3. Una vez graduado el rango de trabajo, verifique la presión de arranque del sistema, la cual debe ser 40 psi.
4. Si la presión de arranque es mayor o menor de 40 psi, se deberá reducir o aumentar, respectivamente, la compresión del resorte grande del interruptor de presión.

2.3.2.2 Puesta en marcha del equipo después de un trabajo de mantenimiento

Para evitar accidentes o daños al equipo, antes de arrancar el equipo después de un trabajo de mantenimiento se debe hacer lo siguiente:

1. Verificar que el rotor de la bomba y el motor giren libremente y sin ruidos.
2. Conectar el motor debidamente a tierra.
3. Conectar los cables del motor de acuerdo al diagrama en la placa.

4. Verificar que sean correctos el voltaje, fase y frecuencia de la energía eléctrica.
5. Cebbar la bomba.
6. Verificar que las tuberías estén debidamente conectadas a todo el equipo.
7. Verificar que las llaves en la tubería de descarga de las bombas y los tanques hidroneumáticos estén abiertas.
8. Verificar que haya agua en el depósito de succión.
9. Verificar que todos los tornillos de las bombas y tanques estén bien apretados.
10. Verificar que las bombas estén bien ancladas a la cimentación.
11. Verificar que la precarga de aire de los tanques sea correcta.
12. Verificar que todas las conexiones eléctricas en los controles estén debidamente apretadas.

2.3.2.3 Visitas y revisiones al equipo

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

Las visitas y revisiones se deben hacer constantemente y por una persona con experiencia familiarizada con el equipo, para detectar anomalías antes de que se conviertan en problemas mayores que puedan dañar al equipo o al personal. Se deben inspeccionar principalmente las partes sujetas a desgaste y a fugas. Se debe notificar al jefe de mantenimiento cualquier hallazgo de la visita.

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

Todos los días se debe verificar que el consumo de amperaje de los equipos sea adecuado.

Se deberá observar diariamente que no existan fugas en los sellos mecánicos o en las juntas de la bomba.

Se deben revisar diariamente los manómetros y verificar su correcta operación.

2.3.2.4 Programa de Mantenimiento Preventivo

No se pueden establecer fácilmente reglas generales para determinar la frecuencia apropiada y la periodicidad de las reconstrucciones generales de las bombas centrífugas, pero según el criterio de los diseñadores de bombas y de especialistas, una bomba centrífuga no necesita abrirse para inspeccionarse a menos que la evidencia de facto o circunstancial indique que es necesaria la reconstrucción.

Algunos casos de evidencia de facto son: una declinación en el funcionamiento de la bomba, ruido o temperatura excesiva de los cojinetes, sobrecarga del motor o dificultades similares.

Por otro lado, la evidencia circunstancial se refiere a los datos acumulados por la experiencia obtenida con anterioridad, ya sea con la bomba en cuestión o con un equipo similar en las mismas condiciones de servicio; por ejemplo, si una bomba ha trabajado durante cinco mil horas sin la necesidad de reconstrucción, una bomba similar en iguales condiciones de trabajo no requerirá inspección antes de que haya operado cinco mil horas.

Debido a que no se cuenta con un historial de fallas y mantenimiento con el equipo de bombeo de la embajada de México, ya que el equipo es relativamente nuevo, nos basamos a experiencias anteriores con los mismos modelos de bombas que han trabajado en condiciones similares a las de los equipos instalados en la embajada de México por lo cual las podemos considerar como evidencia circunstancial.

Estos datos de experiencias, fueron proporcionados por empresas que se dedican a la comercialización, instalación y mantenimiento de estos modelos y marcas de bombas desde hace mucho tiempo. De acuerdo con estos datos, lo primero que falla en estas bombas son los cojinetes de los motores, con una frecuencia de aproximadamente 6 a 7 años. Por lo tanto podemos planificar una revisión interior a las bombas a los 6 años para cambiar los cojinetes, pintar el interior de la carcasa con pintura de acabado de esmalte y verificar el estado de las partes internas de las bombas.

Si las piezas internas de la bomba están muy desgastadas se deberán reemplazar o reparar a las indicaciones que se dieron anteriormente en la parte de elementos susceptibles a falla y su mantenimiento. Por lo general las piezas internas de las bombas, duran más de seis años antes de que necesiten reemplazarse en condiciones de funcionamiento similares a las de los equipos instalados en la embajada de México para la misma calidad de agua, pero deben inspeccionarse cada vez que se desarme la bomba, principalmente las partes susceptibles a desgaste como manguitos de flecha y anillos de desgaste, además no se deben pasar por alto hallazgos encontrados en las visitas y revisiones al equipo que puedan ser evidencia de facto.

Es necesario establecer un programa para pruebas completas y frecuentes en la unidad de bombeo y los resultados de estas pruebas se deben comparar con el funcionamiento en su condición inicial. Esas pruebas pueden realizarse con una frecuencia de seis meses y consistir en tomar el tiempo en que las bombas llenan los tanques hidroneumáticos de 40 a 60 psi. mientras está cerrada la válvula de suministro de agua a las instalaciones.

Semestral:

- Chequear que el guarda-nivel funcione correctamente volteándolo y chequeando que desconecte la energía al motor.
- Calibrar los guarda-motores y arrancadores al amperaje nominal de la bomba.

Anual:

- Calibrar la presión de aire de los tanques hidroneumáticos cada año.
- Limpiar el motor con aire comprimido
- Apretar los tornillos de las conexiones eléctricas, limpiar bobinas y contactos de los controles eléctricos.
- Calibrar el interruptor de presión.

Cada 5 años:

- Limpiar y repintar el interior de la carcasa. Se recomienda una pintura de acabado de esmalte.
- Examinar cuidadosamente el impulsor en todas sus superficies para ver si hay desgaste indebido, como de abrasión, corrosión o cavilación.
- Medir que el espacio libre entre el anillo de desgaste y el cubo del impulsor no sea excesivo.
- Examinar la flecha cuidadosamente para ver si hay deformación, grietas por fatiga, señales de desgaste o de irregularidades, especialmente en todos los ajustes importantes, como los de los cubos del impulsor, en los cuñeros, debajo del manguito de la flecha y en los cojinetes.
- Examinar el grado de desgaste de los manguitos de las flechas.

- Cambiar los rodamientos.

Para mejorar continuamente la programación de mantenimientos y poder tomar decisiones basadas en hechos, es necesario llevar un historial de fallas y mantenimiento de los equipos.

2.3.2.5 Fallas en el equipo y sus posibles causas

El motor no enciende:

1. El guarda-nivel no envía señal.
2. No hay corriente eléctrica o algún cable de la instalación está flojo, desconectado o quemado.
3. Los cables en el motor están mal conectados.
4. Está quemado algún fusible.
5. Algún control eléctrico se dañó o sus contactos están sucios.
6. El interruptor de presión está mal calibrado.

La bomba no descarga agua

1. No está cebada la bomba
2. Bolsa de aire en la línea de succión

3. Elevación de succión muy alta
4. Obstrucciones en los tubos de succión o de descarga
5. Sumergimiento insuficiente del tubo de entrada de succión.
6. Velocidad muy baja
7. Dirección de rotación invertida
8. Carga total del sistema muy alta.
9. Cuerpos extraños en el impulsor

Capacidad de descarga insuficiente

1. Bomba o tubería de succión no completamente llena de agua
2. Elevación de succión muy alta
3. Cantidad excesiva de aire o gas en el líquido.
4. Entrada de aire a la línea de succión.
5. Válvula de pie muy pequeña o parcialmente atascada.
6. Sumergimiento insuficiente del tubo de entrada de succión.
7. Velocidad muy baja

8. Carga total del sistema muy alta.
9. Cuerpos extraños en el impulsor o impulsor dañado
10. Anillos de desgaste gastados.

Presión desarrollada insuficiente

1. Cantidad excesiva de aire o gas en el líquido.
2. Velocidad muy baja
3. Dirección de rotación invertida
4. Carga total del sistema muy alta.
5. Anillos de desgaste gastados.
6. Impulsor dañado

La bomba pierde el cebado después de arrancar

1. Bomba o tubería de succión no completamente llena de agua
2. Elevación de succión muy alta
3. Cantidad excesiva de aire o gas en el líquido.
4. Bolsa de aire en la línea de succión

5. Entrada de aire a la línea de succión.
6. Sumergimiento insuficiente del tubo de entrada de succión.
7. Fugas debajo del manguito de flecha o por el sello mecánico

La bomba consume demasiada potencia

1. Velocidad muy alta.
2. Dirección de rotación invertida.
3. Voltaje del motor muy bajo.
4. Carga total del sistema muy alta.
5. Carga total del sistema muy baja.
6. Cuerpos extraños en el impulsor
7. Flecha doblada
8. Parte giratoria que roza en una parte estacionaria
9. Anillos de desgaste gastados
10. Obstrucciones en los tubos de succión o descarga.

El sello mecánico escurre excesivamente

1. El sello mecánico ha trabajado en seco
2. Sólidos abrasivos en el líquido que hacen contacto con el sello
3. Sello mecánico mal instalado
4. Cara de sellamiento no está perpendicular con el eje
5. Tipo incorrecto de sello mecánico para las condiciones de funcionamiento
6. Espacio libre excesivo entre la flecha y el sello giratorio, o entre la carcasa y el sello estacionario.
7. Desalineamiento entre las caras del sello.
8. Flecha doblada
9. Flecha que opera descentrada por cojinetes gastados o por desalineamiento.
10. La tubería aplica esfuerzos en la bomba
11. Rotor desbalanceado que causa vibración

El sello mecánico dura poco

1. Flecha doblada
2. Cojinetes gastados
3. Flechas o manguitos de flecha gastados o rayados
4. Flecha que opera descentrada por cojinetes gastados o por desalineamiento.
5. Rotor desbalanceado que causa vibración
6. Espacio libre excesivo entre la flecha y el sello giratorio.
7. La tubería aplica esfuerzos en la bomba
8. El sello mecánico ejerce presión excesiva contra el asiento
9. Sello mecánico mal instalado
10. Tipo incorrecto de sello mecánico para las condiciones de funcionamiento
11. Desalineación interna de piezas que impiden que las caras del sello se acoplen en forma correcta.
12. Cara de sellamiento no está perpendicular con el eje

13. El sello mecánico trabaja en seco

14. Sólidos abrasivos en el líquido que hacen contacto con el sello

La bomba vibra o hace ruido

1. Bomba o tubería de succión no completamente llena de agua

2. Elevación de succión muy alta

3. Válvula de pie muy pequeña o parcialmente atascada.

4. Sumersión insuficiente del tubo de entrada de succión.

5. Operación con la válvula de descarga cerrada total o parcialmente

6. Cuerpos extraños en el impulsor

7. Desalineamiento

8. Cimentación no rígida

9. Flecha doblada

10. Parte giratoria que roza en una parte estacionaria

11. Cojinetes gastados

12. Impulsor dañado

13. Flecha que opera descentrada por cojinetes gastados o por desalineamiento.
14. Rotor desbalanceado que causa vibración
15. Empuje excesivo causado por una falla mecánica dentro de la bomba.
16. Falta de lubricación o enfriamiento en los cojinetes.
17. Instalación indebida de cojinetes antifricción.
18. Cojinetes oxidados o con mugre.
19. La tubería aplica esfuerzos en la bomba
20. La bomba funciona a su velocidad crítica
21. Resonancia entre la velocidad de la bomba y la frecuencia natural de los cimientos u otros elementos estructurales.

Corta duración de los cojinetes del motor

1. Desalineamiento
2. Flecha doblada
3. Parte giratoria que roza en una parte estacionaria
4. Flecha que opera descentrada.

5. Rotor desbalanceado que causa vibración
6. Empuje excesivo causado por una falla mecánica dentro de la bomba.
7. Falta de enfriamiento en el cojinete.
8. Instalación indebida de cojinetes antifricción
9. Mugre o agua entra a los cojinetes.
10. La bomba funciona a su velocidad crítica
11. La tubería aplica esfuerzos en la bomba

La bomba se sobrecalienta y se pega

1. No está cebada la bomba
2. Margen insuficiente entre la presión de succión y la presión de vapor.
3. Operación con la válvula de descarga total o parcialmente cerrada.
4. El voltaje del motor es muy bajo
5. Los ciclos de bombeo son muy frecuentes
6. Desalineamiento
7. Parte giratoria que roza en una parte estacionaria

8. Cojinetes gastados
9. Flecha que opera descentrada por cojinetes gastados o por desalineamiento.
10. Rotor desbalanceado que causa vibración
11. Empuje excesivo causado por una falla mecánica dentro de la bomba.

El motor de la bomba no se apaga o los ciclos de bombeo son muy frecuentes

1. El interruptor de presión está desajustado o los contactos están soldados juntos.
2. Hay alguna fuga en la tubería en el sistema.
3. Los tanques hidroneumáticos no tienen o tienen poco aire.

2.3.3 Equipo de bombeo para aguas servidas

2.3.3.1 Elementos susceptibles a falla y su mantenimiento

Bomba:

La bomba está lubricada permanentemente. No se requiere ser aceiteada o engrasada en el servicio normal.

Coloque la bomba en un área donde pueda ser limpiada completamente. Remueva las incrustaciones y sedimentos de la bomba.

El alojamiento del motor contiene un aceite lubricante especial. Mantenga el aceite limpio y libre de agua todo el tiempo.

Siempre que la cubierta del motor sea removida por servicio, remueva el aceite y reemplácelo con aceite nuevo al volver a armar. Use solo el aceite indicado (U197-8A). Cuando llene con aceite nuevo, no sobrellene. Para permitir la expansión en el depósito, el nivel de aceite debe ser 1/4" sobre el motor, con el motor frío.

Impulsor y sello mecánico:

Para renovar el impulsor o sello mecánico siga los siguientes pasos.

Desarmado

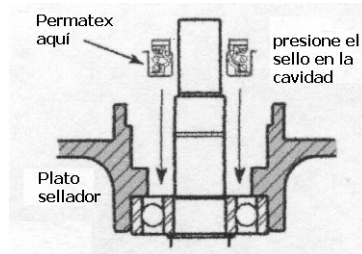
1. Remueva los tornillos de cabeza hexagonal que sujetan la cubierta del motor y la voluta de la bomba. Remueva la cubierta del motor y colóquela de lado en un área limpia.
2. Sostenga el impulsor; remueva el tornillo del impulsor y la arandela.
3. Deslice el impulsor fuera del eje para limpiarlo. Si es necesario, golpee el impulsor para aflojarlo, es muy difícil que el impulsor se dañe, pero si está dañado hay que reemplazarlo.

4. Apoye el motor de manera que quede en posición vertical con el eje extendido hacia la parte inferior.
5. Afloje los tornillos de cabeza hexagonal que sostienen la tapa superior de la cubierta del motor y remuévala. Desconecte los cables del cordón eléctrico. Voltee la bomba para drenar el aceite.
6. Introduzca un destornillador pequeño al lado del eje y saque el labio de sello. Descarte el labio de sello después de removerlo. Tenga cuidado de no rayar el eje.
7. Remueva el anillo retenedor y arandela del eje del motor y deslice la mitad giratoria del sello del eje.
8. Remueva el plato del sello de la cubierta del motor. Quite los tornillos del motor y separe el motor del plato del sello.
9. Trabajando en la parte trasera del plato del sello, golpee la cabeza del sello primario fuera del plato; limpie completamente la cavidad del sello.

Armado

1. Aplique escasamente permatex #2 afuera de la cabeza del sello primario. Presione la nueva cabeza del sello primario dentro de la cavidad en el plato del sello, ver Fig. 51.

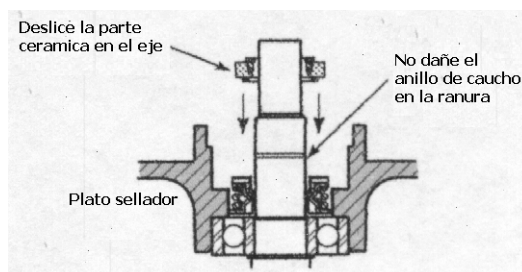
Figura 51. Cómo instalar el sello primario



Sta-Rite Industries, Inc. Submersible Effluent & Sewage/Solids Handling Pump, Installation, operation & parts manual. USA, 6/8/02. P. 9.

2. Ensamble el motor con el plato del sello. No sobre apriete los tornillos.
3. Inspeccione cuidadosamente el "O-ring" de plato del sello y replácelo si está dañado. Coloque el "O-ring" en la ranura del plato del sello, reinstale el plato del sello y la cubierta del motor. Se recomienda reemplazar el "O-ring" cada vez que se de servicio a la bomba.
4. Deslice el nuevo miembro giratorio del sello en el eje. Aplique jabón al anillo de caucho para ayudarlo a deslizarse en el eje. No dañe la cara cerámica o de caucho del sello cuando pase por la ranura del eje, ver Fig. 52. Las superficies del sello deberán estar limpias y sin daños o permitirán fugas.

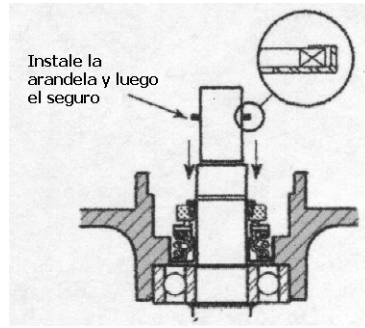
Figura 52. Cómo instalar el sello giratorio



Sta-Rite Industries, Inc. Submersible Effluent & Sewage/Solids Handling Pump, Installation, operation & parts manual. USA, 6/8/02. P. 9.

5. Reinstale la arandela y el anillo retenedor en el sello, ver Fig. 53.

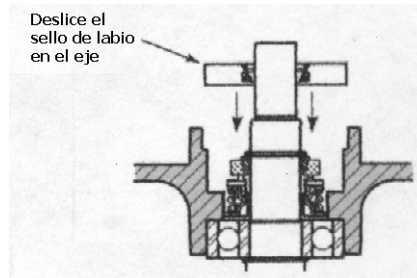
Figura 53. Cómo instalar el anillo de retención



Sta-Rite Industries, Inc. Submersible Effluent & Sewage/Solids Handling Pump, Installation, operation & parts manual. USA, 6/8/02. P. 9.

6. Instale el nuevo labio de sello. Lubrique el nuevo labio de sello con una pequeña cantidad de grasa con base de litio, ver Fig. 54.

Figura 54. Cómo instalar el labio de sello.



Sta-Rite Industries, Inc. Submersible Effluent & Sewage/Solids Handling Pump, Installation, operation & parts manual. USA, 6/8/02. P. 9.

7. Instale el impulsor, la arandela y el tornillo del impulsor.
8. Llene el motor con aceite dieléctrico (U197-8A). para permitir la expansión dentro de la cubierta del motor, el nivel de aceite con el motor frío debe ser 1/4" por encima del motor.

9. Inspeccione el “O-Ring” de la tapa superior de la cubierta del motor, si no está dañado, reinstálelo. Se recomienda reemplazarlo cada vez que se da servicio a la bomba.

10. Reconecte los cables del motor de acuerdo a los diagramas de abajo y reinstale la tapa superior de la cubierta del motor.

2.3.3.2 Puesta en marcha del equipo después de un servicio de mantenimiento

Para evitar accidentes o daños al equipo, antes de arrancar el equipo después de un trabajo de mantenimiento se debe hacer lo siguiente:

1. Verificar que el rotor de la bomba y el motor giren libremente y sin ruidos.

2. Conectar el motor debidamente a tierra.

3. Conectar los cables del motor de acuerdo al diagrama en la placa.

4. Verificar que sean correctos el voltaje, fase y frecuencia de la energía eléctrica.

5. chequear que la bomba quede en posición vertical.

6. Verificar que las tuberías estén debidamente conectadas.

7. Verificar que el líquido del sumidero cubra por completo la bomba.

8. Verificar que todos los tornillos de las bombas estén bien apretados antes de arrancarlas.
9. Verificar que todas las conexiones eléctricas en los controles estén debidamente apretadas.
10. chequear que el nivel del aceite dieléctrico sea el correcto.
11. arrancar el equipo.

2.3.3.3 Visitas y revisiones al equipo

Las visitas y revisiones al equipo consisten en visitar las instalaciones y observar cuidadosamente cualquier indicio de fallas. Las visitas y revisiones se deben hacer constantemente y por una persona con experiencia familiarizada con el equipo, para detectar anomalías antes de que se conviertan en problemas mayores que puedan causar daños al equipo o al personal. Se deben inspeccionar principalmente las partes sujetas a desgaste y a fugas. Se debe notificar al jefe de mantenimiento cualquier hallazgo de la visita.

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

Por ser bombas sumergibles no es posible inspeccionar si existen fugas, sin tener que sacar la bomba del sumidero, pero es muy poco probable que hayan fugas de aceite, ya que no existe presión en el interior de la cubierta del motor, y en la parte del impulsor, ya que estas bombas son para mover grandes caudales y no para elevar tanta carga, además, se cuenta con un doble sello y los sellos mecánicos son de alto rendimiento.

Todos los días se debe verificar que el consumo de amperaje de los equipos sea adecuado.

2.3.3.4 Programa de Mantenimiento Preventivo

Cada 6 años se debe inspeccionar las partes internas de la bomba para detectar su estado, aunque es muy poco probable que se desgasten, ya que todas las partes de las bombas son de hierro fundido, pero es recomendable que se cambie el aceite dieléctrico de la cubierta del motor y que se remuevan todas las incrustaciones en las partes de la bomba.

2.3.3.5 Fallas en el equipo y sus posibles causas

La bomba no arranca o no descarga líquido.

1. Verifique que el cordón está firmemente conectado a la toma de corriente.
2. Verifique que haya energía eléctrica.
3. Verifique que el nivel del líquido a bombear esté lo suficientemente alto para activar el guarda nivel.

4. Verifique que no hayan bloqueos en la entrada de la bomba, en el impulsor, o en la descarga de la bomba.
5. Si hay válvulas de retención instaladas, asegúrese que el agujero de ventilación de 3/16" en la tubería de descarga no esté tapado.

La bomba no vacía el sumidero.

1. Asegúrese que las válvulas en la descarga, si hubieran, están totalmente abiertas.
2. Limpie la tubería de descarga y la válvula de retención, si hubiera.
3. Verifique que no hayan bloqueos en la succión de la bomba o en el impulsor.
4. El tamaño de la bomba no está calculado correctamente. Una mayor capacidad de bombeo puede requerirse.

La bomba no se apaga.

Verifique que el controlador de nivel funcione correctamente y esté bien instalado.

2.4 Control del Mantenimiento

2.4.1 Historial de fallas del equipo

Es necesario llevar un control de fallas del equipo y tener disponible esa información, ya que esa información es muy valiosa y nos servirá para labores posteriores de mantenimiento y para elaborar un plan de mantenimiento más adecuado para los equipos.

Un registro de fallas debe contener por lo menos la siguiente información:

- a. Antecedentes
- b. Secuencia de hechos
- c. Consecuencia del suceso
- d. Acciones inmediatas
- e. Análisis
- f. Acciones mediatas
- g. Retroalimentación
- h. Planeación futura
- i. Anexos: fotografías, reportes, etc.

2.4.2 Historial de mantenimiento

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

2.4.2.1 Fichas de control de mantenimiento

La información mínima que debería contener un registro de mantenimiento es:

- a. Descripción de la tarea
- b. Localización
- c. Tiempo empleado
- d. Fecha de recepción
- e. Materiales y repuestos empleados
- f. Tarea asignada a
- g. Aprobación de la tarea

2.4.2.2 Fichas de visitas y revisiones al equipo

Para las visitas y revisiones no es necesario llenar registros, ya que se realizan todos los días y a varias veces al día, por lo que no es necesario llenar un formato o ficha de control, pero se deberán notificar todos los hallazgos u observaciones de las visitas y revisiones al equipo.

2.4.2.3 Ordenes de trabajo

Los trabajos de mantenimiento deben ser aprobados y autorizados por un responsable, quien decide cuando sea necesaria una reparación y que tipo de reparación se hará. Para tener un control de las labores de mantenimiento, el jefe o encargado de mantenimiento debe emitir una orden de trabajo que contenga como mínimo la siguiente información:

- a. Los trabajos a realizar
- b. La secuencia de dichos trabajos
- c. La mano de obra estimada
- d. Los materiales y repuestos a utilizar
- e. Tiempos precisos para cada tarea
- f. Reglas de seguridad para cada operario
- g. Autorización explícita para realizar los trabajos
- h. Planos o diagramas de la maquinaria o equipo.

CONCLUSIONES

1. Las condiciones de trabajo de los equipos de bombeo para agua potable y aguas servidas instalados en la embajada de México son adecuadas y cumplen con todas las recomendaciones del fabricante.
2. En ningún momento hay sobrecargas en los equipos, debido a que la demanda de carga y capacidad de los sistemas esta por debajo de la que los equipos tienen pueden suministrar.
3. Los tiempos de funcionamiento y los intervalos entre ciclos de operación de los equipos son, lo suficientemente, espaciados para permitir un buen enfriamiento y, además, están provistos de controles protectores que evitan que trabajen en condiciones no adecuadas.
4. El plan de mantenimiento preventivo para los equipos de bombeo de la embajada de México, están basados en experiencias adquiridas con equipos en condiciones similares de funcionamiento y recomendaciones de diseñadores y expertos en bombas.

5. La guía elaborada para la identificación de las posibles causas de falla de los equipos, facilitará el mantenimiento ahorrando tiempo en la detección de fallas.

6. La capacitación al personal con respecto a la forma de dar mantenimiento a los equipos, el uso adecuado de las herramientas de trabajo y las recomendaciones de seguridad en el manejo de los equipos, contribuirá prevenir accidentes laborales.

RECOMENDACIONES

Al jefe de mantenimiento.

1. Implementar, verificar y modificar el programa de mantenimiento, de acuerdo a las experiencias y sucesos que se presenten y registren a través del tiempo en el historial de fallas y mantenimiento, para mejorarlo y adecuarlo al estado actual de los equipos.
2. Mantener este documento y los historiales de fallas y mantenimiento disponibles para las labores de mantenimiento, ya que la información contenida en estos documentos facilitará su labor.

Al personal de mantenimiento.

3. Mantener disponible un juego de las piezas de repuesto más susceptibles a falla como sellos mecánicos, manguitos de flecha, cojinetes y empaques, para agilizar la labor de mantenimiento y evitar perder tiempo innecesario en la búsqueda de repuestos en momentos de urgencia.

4. Poner en práctica las recomendaciones de seguridad planteadas en este documento para las labores de mantenimiento y, así, evitar accidentes laborales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Karassik, Igor J. **Bombas centrifugas, Selección, operación y mantenimiento.** México: editorial Continental, 1996.
2. Mc. Naughton, Kenneth J. **Bombas, Selección uso y mantenimiento.** México: editorial McGraw-Hill, 1989.
3. Sta-Rite Industries, Inc. **Catálogo STA-RITE 2001.** USA, 2001
4. Sta-Rite Industries, Inc. **Owner's manual. Sta-Rite/Pro-Source Steel Pressure Tanks.** USA, 3/11/00.
5. Sta-Rite Industries, Inc. **Owner's manual, Self-Priming Centrifugal Pumps, "D" Series, Installation/Operation/Parts.** USA, 3/10/00.
6. Sta-Rite Industries, Inc. **Submersible Effluent & Sewage/Solids Handling Pump, Installation, operation & parts manual.** USA, 6/8/02.
7. Sta-Rite Industries, inc. **Technical information.** USA, 1982.