



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**“MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN EL PROCESO DE LA  
GALVANOSTEGIA”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTA:**

**JULIO CÉSAR SALVADOR CRUZ**

**ASESOR: ING. ALBINO ARTEAGA ESCAMILLA**

**CUAUTITLÁN IZCALLI. EDO DE MÉXICO.**

**2010**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
 UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
 DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DRA. SUEMI RODRIGUEZ ROMO  
 DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
 P R E S E N T E



ATN: L. A. ARACELI HERRERA HERNANDEZ  
 Jefe del Departamento de Exámenes  
 Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la Tesis :

Mantenimiento Industrial en el Proceso de la Galvanostegia

que presenta al pasante: Julio César Salvador Cruz  
 con número de cuenta: 40100659-5 para obtener el título de :  
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE  
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 26 de Octubre de 2009.

PRESIDENTE	<u>Ing. Javier Hernández Vega</u>	
VOCAL	<u>Ing. Casildo Rodríguez Arciniaga</u>	
SECRETARIO	<u>Ing. Albino Ártaga Escamilla</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Leonardo Sergio Lara Flores</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Víctor Hugo Landa Orozco</u>	

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por permitirme llegar a este momento.

Deseo expresar todo mi cariño y agradecimiento a mi madre quien se ha esforzado toda su vida para apoyarme en todo. Gracias por haberme inculcado los valores suficientes para seguirme superando día con día.

A mis hermanas y sobrino que me brindan su apoyo y cariño.

A Alejandra por existir y formar parte de mi, por darme su amor, comprensión y apoyo en todo momento.

Al Ing. Albino Arteaga Escamilla por haber dirigido eficazmente mi tesis.

A la UNAM y FES Cuautitlán por darme la oportunidad de crecer profesionalmente dentro de ellas y conocer a mis amigos.

Y respetuosamente al Jurado:

Ing. Javier Hernández Vega.

Ing. Casildo Rodríguez Arciniega.

Ing. Albino Arteaga Escamilla.

Ing. Leonardo Sergio Lara Flores.

Ing. Víctor Hugo Landa Orozco.

INTRODUCCIÓN	4
--------------	---

**CAPÍTULO 1: Introducción al proceso de la Galvanostegia.**

1.1 ¿Qué es la Galvanostegia?	6
1.2 Objetivos de la Galvanostegia.	8
1.3 Proceso de la Galvanostegia.	9

**CAPÍTULO 2: Traslado de químicos por medio de bombas centrífugas y su mantenimiento.**

2.1 Uso de bombas centrífugas en el proceso de la Galvanostegia.	17
2.2 Mantenimiento a bombas centrífugas.	18
2.2.1 Cambio de sello mecánico.	24
2.2.2 Impulsor de una bomba centrífuga.	26
2.2.3 Coples.	28

**CAPÍTULO 3. Motores eléctricos de corriente alterna, sus elementos de control y mantenimiento.**

3.1 Introducción a los motores eléctricos de C.A.	31
3.2 Precauciones al trabajar con instalaciones eléctricas.	32
3.3 Fallas más comunes en motores eléctricos de C.A.	32
3.4 Forma correcta de instalar un motor eléctrico.	35
3.5 Cambio de rodamientos o cojinetes.	37
3.5.1 Calidad y cantidad de grasa en un rodamiento.	39
3.5.2 Causas y condiciones desfavorables de los rodamientos.	41
3.6 Sistema de aislamiento de un motor eléctrico.	42
3.7 Introducción a los sistemas de control de un motor eléctrico.	44
3.8 Puesta en marcha de un motor eléctrico.	48

## ÍNDICE

---

3.8.1 Arranque a plena tensión o tensión nominal.	49
3.8.2 Arranque a tensión reducida o arranque suave.	50
3.8.3 Arrancador de motor eléctrico de estado sólido.	51
3.9 Protección de un motor eléctrico.	53
3.10 Mantenimiento a motores eléctricos.	55
3.10.1 Mantenimiento a los equipos de control.	56

### **CAPÍTULO 4: Rectificadores trifásicos controlados.**

4.1 Uso de Rectificadores Trifásicos Controlados en el proceso de la Galvanostegia.	59
4.2 Rectificadores trifásicos controlados.	60
4.3 Filtrado de una señal.	62
4.4 Descripción de componentes básicos de un rectificador.	62

### **CAPÍTULO 5. Mantenimiento a calderas y chiller ocupados en el proceso de la Galvanostegia.**

5.1 Instalación de una caldera.	68
5.2 Términos comunes a calderas.	70
5.3 Funcionamiento de una caldera alimentada con aceite liviano y gas.	70
5.4 El quemador y su importancia para la eficiencia de una caldera.	72
5.4.1 Productos de la combustión.	74
5.5 Sistema de agua para caldera.	75
5.5.1 Tratamiento del agua para caldera.	78
5.6 Purga de una caldera.	80
5.7 Línea de combustible liviano (diesel).	80
5.8 Abastecimiento de energía eléctrica a calderas Cleaver Brooks.	81
5.9 Recomendaciones para el mantenimiento de una caldera Cleaver Brooks.	82
5.10 Introducción a los enfriadores o chiller.	85

## ÍNDICE

---

5.10.1 Descripción de la unidad.	87
5.11 Elementos fundamentales de un sistema de enfriamiento.	88
5.11.1 Compresor del enfriador.	88
5.11.2 Cambio de aceite de un compresor.	90
5.12 Refrigerante de una unidad de enfriamiento.	91
5.12.1 Carga de Refrigerante R-134a.	92
5.12.2 Barrido de la carga en los lados de alta o baja presión del sistema.	93
5.13 Pruebas de fuga y hermeticidad.	93
5.14 Limpieza del evaporador.	95
5.15 Tratamiento del agua y limpieza de tuberías para un enfriador.	96
5.16 Mantenimiento a un sistema de enfriamiento o chiller.	98
Conclusiones	100
Bibliografía.	102

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

# INTRODUCCIÓN

TESIS: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN EL PROCESO DE LA  
GALVANOSTEGIA

## INTRODUCCIÓN

---

Todo proceso industrial tiene por meta emplear el capital mínimo en instalaciones, maquinaria y mano de obra para que, obteniendo la calidad y cantidad deseadas, puedan conseguirse los mayores beneficios dentro de un aspecto social y normal no especulativo.

La más alta productividad se consigue con el empleo más racional, eficaz y económico de una planta industrial y del personal integrado en la misma. Está claro que, entre los factores que intervienen en el logro de estos objetivos está el de “mantener la maquinaria e instalaciones en perfectas condiciones de funcionamiento”.

Así pues, dentro de esta Tesis las palabras Mantenimiento Industrial la voy a emplear designando las técnicas que aseguren la correcta utilización de instalaciones y el continuo funcionamiento de la maquinaria productiva.

La actividad del Mantenimiento Industrial debe orientarse a reducir al mínimo posible la indisponibilidad de las instalaciones y a eliminar sus disfuncionamientos que, aunque sean breves, distorsionan la continuidad del proceso productivo y la calidad de los productos, la rapidez y la disponibilidad de stock constituyen dos índices básicos para medir la eficacia del mantenimiento; pero para que el Mantenimiento Industrial pueda calificarse de eficiente es preciso que los costos involucrados sean lo más reducido posible.

Siguiendo la línea del Mantenimiento Industrial, esta Tesis se orienta a los problemas y soluciones típicos que se le pueden presentar a un técnico-electricista en una fábrica dedicada a la Galvanostegia.

CAPÍTULO 1

# INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE LA GALVANOSTEGIA

TESIS: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN EL PROCESO DE LA  
GALVANOSTEGIA

### 1.1 ¿Qué es la Galvanostegia?

Es un proceso en el cual, por medio de la electricidad se genera una corriente eléctrica continua (ánodo y cátodo) en dos placas sumergidas en una sustancia química, en ésta sustancia química se introduce un objeto que ha de ser recubierto metálicamente.

La Galvanostegia aprovecha este proceso electrolítico para recubrir cuerpos sólidos con una capa metálica, para su protección ante la corrosión y el desgaste, para obtener una superficie dura o un acabado atractivo, para reproducir un molde, etc.

La Galvanostegia también se utiliza para reparar los componentes de una máquina que necesitan un retoque, el proceso galvanoplástico consiste en la aportación del material necesario para reparar esas pequeñas averías que se producen en los cilindros, camisas de pistones, moldes, impulsores de bombas centrífugas, etc., eliminando ralladuras, golpes o muescas, que no permiten un buen funcionamiento mecánico ni el rendimiento óptimo de una máquina. El proceso galvanoplástico garantiza la adherencia de la capa de relleno electrolítico así como la total limpieza y pulido de la zona afectada, dejando la máquina lista para su uso inmediato.



Figura 1.1 Pistones galvanizados producto típico de la Galvanostegia.

Cuando el objeto que se va a recubrir metálicamente no conduce electricidad (por ejemplo un plástico), se le impregna con polvo de grafito o bien, mediante un proceso químico se depositan sobre él pequeñas cantidades de metal. Es así, como existen plásticos que tienen una capa metálica en su superficie.



Figura 1.2 Plástico cromado.

### **1.2 Objetivos de la Galvanostegia.**

Dentro de los objetivos de la Galvanostegia puedo mencionar los siguientes:

- Otorgar mayor dureza.
- Aumento de la resistencia a la corrosión.
- Aumento de la resistencia al desgaste provocado por la fricción.
- Acabados atractivos.

Hay una infinidad de productos metálicos y plásticos en los cuales se hace uso de la Galvanostegia, dentro de la industria puedo mencionar principalmente:

- Industria automotriz.
- Industria de electrodomésticos.
- Industria de muebles.
- Industria sanitaria.
- Industria de la construcción.

### **1.3 Proceso de la Galvanostegia.**

En el proceso de la Galvanostegia, el objeto que va a ser recubierto se coloca en una disolución química de un metal recubridor, y se conecta a una terminal negativa de una fuente de electricidad externa. Otro conductor, compuesto a menudo por el metal recubridor, se conecta a la terminal positiva de la fuente de electricidad. Ésta electricidad es generada por un rectificador trifásico de corriente alterna (C.A) a corriente directa (C.D) (Figura 1.3). Para el proceso es necesario una C.D de bajo voltaje normalmente de 1 a 6 V., cuando se pasa la corriente eléctrica a través de la disolución se origina que el objeto se recubra metálicamente por una atracción de polos. El grosor del recubrimiento del objeto dependerá de la intensidad de la corriente eléctrica y del tiempo que dure el proceso.



Figura 1.3 Rectificador trifásico controlado y sus componentes internos.

Antes de iniciar a recubrir la pieza metálicamente hay que limpiarla para asegurar una cohesión estrecha entre el objeto a ser recubierto y el metal recubridor, el objetivo de la limpieza es eliminar polvo y aceites impregnados, por tal motivo será necesario sumergir la pieza en una disolución ácida o cáustica caliente que tenga una temperatura entre los 50 - 60 °C, esta temperatura estará dada por calderas de vapor como las que se observan en la figura 1.4.



Figura 1.4 Calentamiento de químicos por medio de calderas de vapor.

Al final del proceso será necesario bañar la pieza con un sellador que permite una máxima durabilidad de la misma, las sustancias químicas de los selladores se aplican en frío a una temperatura comprendida entre los 8 - 15 °C, el enfriamiento se hará por medio de Chiller (unidad enfriadora de líquidos) como el mostrado en la figura 1.5.



Figura 1.5 Enfriamiento de selladores por medio de chiller.

En términos generales el proceso consta de ocho etapas mostradas en el diagrama 1.1.



Diagrama 1.1 Proceso de la Galvanostegia.

1) **Desengrase o limpieza cáustica:** esta etapa tiene por objeto eliminar polvo, aceites y grasas de la superficie de la pieza a fin de que no interfieran en el proceso. En casos donde se utilizan desengrases ácidos, sus temperaturas oscilan entre los 50 - 60 °C., su aplicación depende del tipo de aceite o grasa que pudiera estar presente en la superficie del metal. Además, en otras ocasiones pueden ser utilizados procesos más avanzados de desengrase, tales como desengrase electrolítico o ultrasonido.

2) **Enjuague:** el proceso de desengrase necesariamente debe ser seguido de un enjuague con agua desionizada para remover la solución desengrasante de la superficie del metal y evitar contaminación de los baños siguientes.

3) **Decapado:** en esta etapa se eliminan los óxidos formados en la pieza, a fin de obtener una superficie químicamente limpia. Generalmente el decapado se realiza en una solución de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico.

4) **Enjuague:** después del proceso de decapado debe seguir otro enjuague para remover la solución de decapado de la superficie del metal y evitar contaminación de los baños siguientes.

5) **Uso de Flux:** esta sal (cloruro de zinc y amonio) protege la pieza de la oxidación después del enjuague.

6) **Baño fundido:** esta operación se realiza sumergiendo el objeto en un baño, la composición química del baño dependerá del metal que será impregnado a la pieza (cromado, galvanizado, niquelado, etc.).

7) **Inspección de laboratorio:** se revisan y se hacen pruebas a las piezas con el fin de verificar que cumplan con las especificaciones solicitadas por el cliente, en particular con los puntos que tienen que ver con el grosor del recubrimiento metálico y la dureza de la pieza (ver figura 1.7).

## INTRODUCCIÓN AL PROCESO DE LA GALVANOSTEGIA

---



Figura 1.6 Vista del proceso con grúas automatizadas.



Figura 1.7 Laboratorio de pruebas.

CAPÍTULO 2

# TRASLADO DE QUÍMICOS POR MEDIO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS Y SU MANTENIMIENTO

TESIS: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN EL PROCESO DE LA  
GALVANOSTEGIA

## 2.1 Uso de bombas centrífugas en el proceso de la Galvanostegia.

La industria de la Galvanostegia tiene problemas de bombeo complejos y por tanto requiere de bombas centrífugas para manejar sustancias químicas de diferente naturaleza (ver figura 2.1).

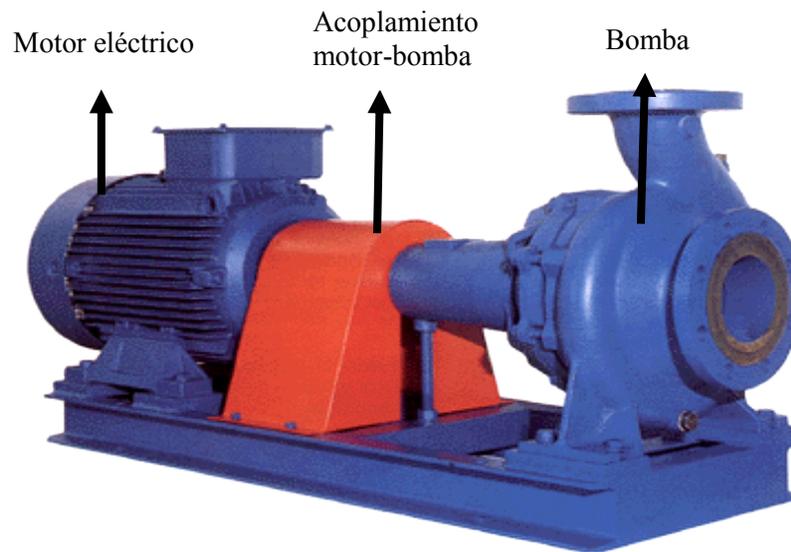


Figura 2.1 Bomba centrífuga para el traslado de químicos.

Las sustancias químicas son abastecidas en carros tanque de donde deben bombearse a través de las diferentes partes del sistema de tuberías. Dichos fluidos tienen distinta composición química, corrosividad, viscosidad y consistencia, por lo cual se requiere usar diferentes tipos de bombas.

El objetivo principal de las bombas centrífugas utilizadas en la Industria de la Galvanostegia es una resistencia completa a la corrosión-erosión cuando se manejan ácidos u otros líquidos, deben tener una facilidad de instalación, operación, mantenimiento y en algunos casos hay que tomar en cuenta la facilidad de intercambio.

Para aplicaciones estacionarias, el medio más común para mover bombas centrífugas son los motores eléctricos trifásicos de corriente alterna (C.A). Hay dos características importantes a tomar en cuenta respecto a la elección de motor las cuales son: el par de arranque requerido en operación normal y los requisitos de velocidad. Los motores eléctricos síncronos son unidades ampliamente utilizadas para mover bombas centrífugas ya que proporcionan una velocidad constante.

El tipo de carcasa para un motor eléctrico que mueve una bomba centrífuga es particularmente importante en la industria de la Galvanostegia debido a que las bombas centrífugas se colocan en una gran diversidad de lugares: intemperie, interior, etc. Las fabricaciones más recientes de motores eléctricos sellados “enlatados” están ejerciendo notable influencia en el diseño tanto de bombas grandes como pequeñas que trabajan con sustancias químicas.



Figura 2.2. Motor eléctrico trifásico para el movimiento de bombas centrífugas.

## **2.2 Mantenimiento a bombas centrífugas.**

Las bombas centrífugas e instalaciones de bombeo son componentes esenciales y vulnerables en casi todos los sistemas de transporte de líquidos. El diseño, operación y mantenimiento

inadecuados de los sistemas de bombeo pueden representar riesgos sanitarios graves, incluida la pérdida completa del suministro de líquido. Para evitar este problema a continuación presento algunas recomendaciones y comentarios para el mantenimiento de una instalación de bombeo.

1. Colocar la bomba centrífuga lo más cerca del tanque que contiene el líquido a transportar para evitar aumento en la altura de aspiración y pérdidas en el transporte.
2. Proteger la bomba contra inundaciones y que el motor eléctrico se fije en un lugar seco.
3. La cimentación debe ser bastante firme para asegurar una buena fijación del grupo motor eléctrico-bomba centrífuga, además deberá ser completamente plana, lisa y nivelada que contenga en su interior pernos de anclaje, el conjunto motor eléctrico-bomba centrífuga se sujetará a la cimentación a través del perno para evitar vibraciones debidas al funcionamiento (ver figura 2.3).

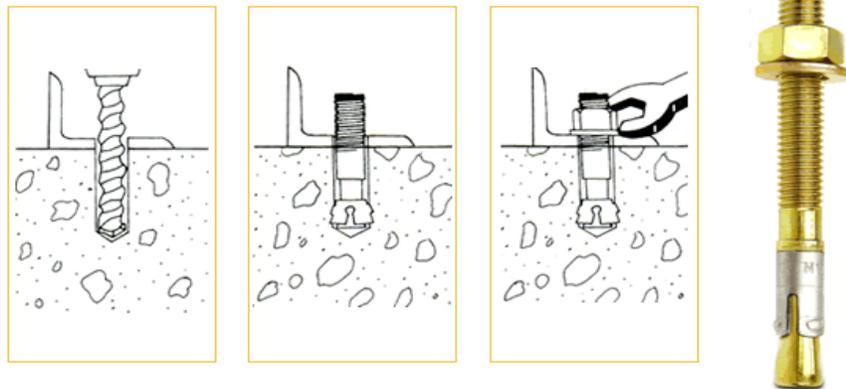


Figura 2.3 Perno de fijación y su colocación en la cimentación.

4. Alinear y fijar el grupo motor eléctrico-bomba centrífuga antes de unir las tuberías de aspiración y descarga. Al unir éstas no deben forzar la bomba, de modo que el apriete de los tornillos sirva sólo para asegurar hermeticidad en los empaques (ver figura 2.4).

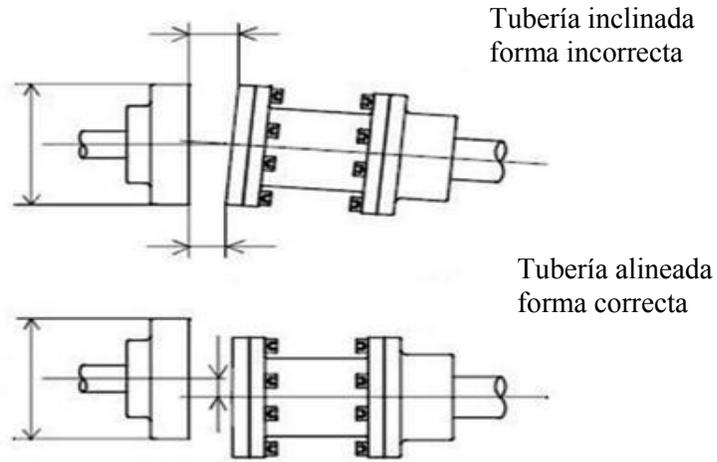


Figura 2.4 Forma incorrecta y correcta de unir la tubería con la bomba centrífuga.

5. Prever la cantidad necesaria de válvulas y cono-difusores en la tubería de carga y descarga que sirva para arrancar y parar la bomba.

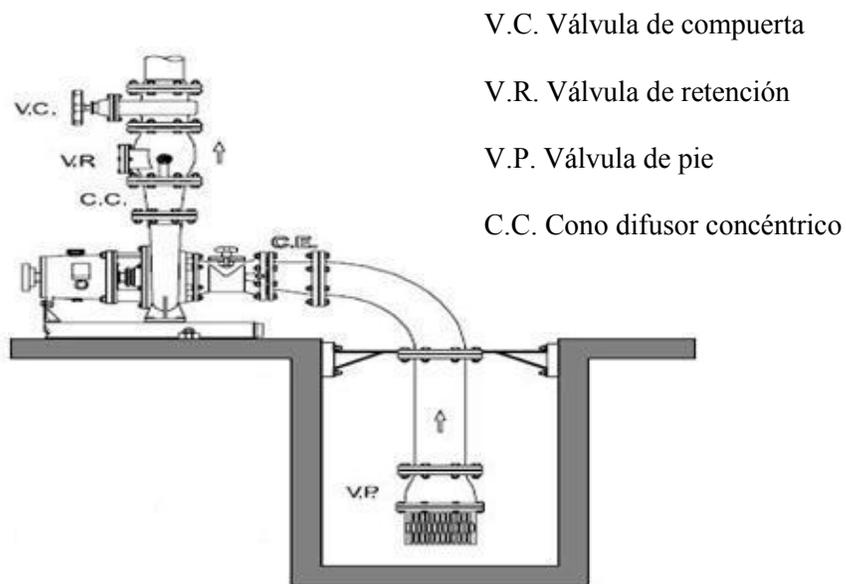


Figura 2.5 Colocación de válvulas y cono-difusores.

**TRASLADO DE QUÍMICOS POR MEDIO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS Y SU MANTENIMIENTO**

---

6. Instalar una válvula de pie entre la bomba y el tanque, esta servirá de protección en caso de paro brusco del motor eléctrico.
7. La tubería de aspiración no debe tener entradas de aire ni deben formarse bolsas de aire en ella.
8. Evitar al máximo los codos y los cambios de diámetro de la tubería para disminuir las pérdidas por fricción.
9. Antes de la puesta en marcha se debe asegurar que la lubricación de sellos sea hecha y que la bomba esté cebada. Un arranque sin cebar es nocivo sobre todo cuando la bomba lleva algunas partes lubricadas por agua.

En la tabla 2.1 recomiendo un plan de mantenimiento estándar para una bomba centrífuga.

<b>No</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN A REALIZAR</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>TIEMPO</b>
1	Revisión completa de la bomba	Revisar componentes	Anual
2	Comprobar fugas por sello mecánico	Inspección visual	Semanal
3	Comprobar fugas por empaquetadura	Inspección visual	Semanal
4	Comprobar pérdidas de funcionalidad	Lectura instrumental	Mensual
5	Comprobar todo tipo de apriete por tornillos	Manualmente	Semestral
6	Comprobar desgaste del impulsor	Desmontar y revisar	Anual
7	Comprobar desgaste de eje y rodamientos	Desmontar y revisar	Anual
8	Cambiar el sello mecánico	Manualmente	Semestral
9	Cambiar goma flexible del acoplamiento	Manualmente	Semestral
10	Alinear acoplamiento	Manualmente	Mensual

Tabla 2.1 Plan de mantenimiento estándar a bombas centrífugas.

**TRASLADO DE QUÍMICOS POR MEDIO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS Y SU MANTENIMIENTO**

---

Para poder localizar fallas con rapidez y hacer un mantenimiento eficaz, en la tabla 2.2 doy una lista de posibles problemas y soluciones más comunes en una bomba centrífuga, la tabla nos ayudara a enfocarnos en un punto específico y no perder tiempo revisando componentes que de seguro no son la causa del mal funcionamiento.

<b>PROBLEMA</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>REMEDIOS</b>
La bomba no mueve el fluido	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Válvula de aspiración o impulsión cerradas.</li> <li>b) Sentido de giro incorrecto.</li> <li>c) Bomba mal cebada.</li> <li>d) Entrada de aire en la tubería de aspiración.</li> <li>e) Altura máxima generada por la bomba es inferior a la requerida por la instalación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Abrir válvulas.</li> <li>b) Cambiar las conexiones del motor.</li> <li>c) Ceban correctamente la tubería.</li> <li>d) Revisar hermeticidad de la tubería.</li> <li>e) Aumentar la velocidad de giro: montar un impulsor mayor o una bomba más grande.</li> </ul>
Caudal o presión insuficientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Válvulas de aspiración o impulsión parcialmente cerradas.</li> <li>b) Velocidad de giro incorrecta.</li> <li>c) Obstrucción de tuberías.</li> <li>d) Impulsor obstruido, gastado, mal regulado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Abrir completamente las válvulas.</li> <li>b) Medir la velocidad, comprobar la tensión de red de accionamiento del motor eléctrico.</li> <li>c) Cambiar las tuberías, se pueden obstruir por corrosión o tapón de suciedad.</li> <li>d) Desmontar impulsor y si es necesario cambiarlo.</li> </ul>

TRASLADO DE QUÍMICOS POR MEDIO DE BOMBAS CENTRÍFUGAS Y SU MANTENIMIENTO

Potencia absorbida excesiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Obstrucción en el interior de la bomba.</li> <li>b) La altura real a generar por la bomba es menor que la del punto de diseño, por lo que el caudal y la potencia son mayores.</li> <li>c) Rodamientos gastados o mal montados.</li> <li>d) Excesivos rozamientos en las partes giratorias.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Desmontar la bomba y limpiar impulsor.</li> <li>b) Cerrar parcialmente la válvula de impulsión.</li> <li>c) Cambiarlos y verificar su montaje.</li> <li>d) Desmontar la bomba y comprobar el montaje y regulación de todos sus elementos.</li> </ul>
Ruidos y vibraciones excesivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rodamientos gastados o mal montados.</li> <li>b) Eje descentrado o deformado.</li> <li>c) Impulsor desequilibrado tuercas de sujeción del impulsor flojas.</li> <li>d) Falla de rigidez en la cimentación o pernos de anclaje flojos.</li> <li>e) Mala alineación entre la bomba y el motor eléctrico.</li> <li>f) Diámetros de tuberías insuficientes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Cambiar y verificar nivel de grasa.</li> <li>b) Desmontarlo y sustituirlo.</li> <li>c) Equilibrar impulsor o cambiarlo.</li> <li>d) Rehacer la cimentación o apretar pernos.</li> <li>e) Alinear el acoplamiento.</li> <li>f) Usar tuberías de mayor diámetro.</li> </ul>
Excesiva temperatura del acoplamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Rodamientos mal montados.</li> <li>b) Acoplamiento mal montado, sin separación adecuada entre sus dos partes.</li> <li>c) Mala alimentación entre la bomba y el motor eléctrico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Ajustarlos bien en sus alojamientos.</li> <li>b) Verificar el acoplamiento.</li> <li>c) Alinear el acoplamiento.</li> </ul>
Pérdidas de fluido por el sello	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Sello mecánico muy desgastado en sus superficies de roce.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Desmontar y sustituir sello.</li> </ul>

mecánico	<p>b) El muelle del sello mecánico está roto o ha perdido elasticidad.</p> <p>c) Anillos torcidos o rotos del sello mecánico, deformados, o han perdido su elasticidad.</p>	<p>b) Desmontar y sustituir sello.</p> <p>c) Desmontar y sustituir sello.</p>
La placa de roce se desgasta rápidamente	<p>a) Eje descentrado o deformado.</p> <p>b) Impulsor desequilibrado, mal regulado.</p> <p>c) Mala alimentación entre bomba y motor eléctrico.</p>	<p>a) Desmontar y sustituirlo.</p> <p>b) Equilibrarlo, regularlo o cambiarlo.</p> <p>c) Alinear el acoplamiento.</p>

Tabla 2.2 Lista de posibles fallas y soluciones de las bombas centrífugas.

### 2.2.1 Cambio de sello mecánico.

El sello mecánico es muy importante en las bombas centrífugas ya que evitará eficientemente el escurrimiento de los líquidos cuando se coloca correctamente.

Aunque pueden diferir en varios aspectos físicos, todos los sellos mecánicos son fundamentalmente los mismos. Las superficies de roce están localizadas en un plano paralelo a la flecha y, generalmente, consisten de dos superficies altamente pulidas que se deslizan una sobre otra, estando conectadas una a la flecha y la otra a la parte estacionaria de la bomba.



Figura 2.6 Sello mecánico con resorte y superficies pulidas.

Las superficies pulidas que son de diferentes componentes se mantienen en contacto continuo por medio de un resorte, forman un sello hermético entre los miembros giratorios y estacionarios con pérdidas por fricción muy pequeñas. Cuando el sello es nuevo, el escurrimiento es despreciable y puede de hecho considerarse que no existe, para obtener una reducción de presión entre la presión interior y la atmosférica fuera de la bomba centrífuga, se requiere que haya un flujo de fluido entre las dos superficies. Por ejemplo, este flujo puede ser una gota a pocos minutos de intervalo. Así aún cuando el escurrimiento sea inapreciable, hablando técnicamente, un sello mecánico giratorio no puede eliminarlo completamente. Por supuesto, siempre ocurre algún desgaste y se debe esperar un pequeño escurrimiento al paso de cierto tiempo.

La amplia variación en diseño de sellos mecánicos deriva de los muchos métodos que se usan para dar flexibilidad a la montura de los sellos. Un sello mecánico es similar a un cojinete por que requiere un espacio libre de movimiento preciso con una película de líquido entre las caras. La lubricación y enfriamiento proporcionados por esta película reduce el desgaste, por tal motivo si una bomba centrífuga trabaja en seco fallará rápidamente, los sellos pueden usarse en bombas que manejen líquidos que contengan sólidos si éstos son retenidos para que no se metan entre las caras del sello o interfieran con la flexibilidad de la montura.

El enfriamiento de las caras de los sellos mecánicos es importante para una vida satisfactoria del sello, un sello mecánico instalado dentro de una bomba sin un flujo de líquido adecuadamente dirigido para su enfriamiento y lavado (por ejemplo, para evitar que se asiente material sólido en los resortes) puede tener una alta frecuencia de fallas.

Una condición desfavorable para sellos mecánicos es cuando la bomba centrífuga deja de trabajar por largos períodos de tiempo en los que puede llegar a vaciarse. Los materiales plásticos que se usan en el sello se endurecen y puede ocurrir una ligera oxidación, causando que se pegue el sello y se dañe al volver a trabajar. Finalmente, los sellos mecánicos están siempre sujetos a fallas en cualquier momento. Si un sello mecánico falla, la bomba debe pararse inmediatamente. Por tal motivo se deberá tener en el almacén partes de repuesto (según el servicio y disponibilidad del equipo) para que el sello pueda repararse lo antes posible si falla.

### **2.2.2 Impulsor de una bomba centrífuga.**

El impulsor es el corazón de la bomba centrífuga, hace girar la masa de líquido con la velocidad periférica de las extremidades de los álabes determinando así la altura de elevación producida o la presión de trabajo de la bomba. Basándonos en el diseño de la entrada de agua, los impulsores se clasifican en:

- Impulsores de admisión simple: en un impulsor de admisión simple el líquido entra al ojo de succión de la bomba por un sólo lado (ver figura 2.7).
- Impulsores de doble admisión: son un par de impulsores de admisión simple arreglados uno contra el otro en una sola fundición por lo que el líquido entra al impulsor simultáneamente por dos lados, este tipo de impulsores tienen un conducto común de salida.

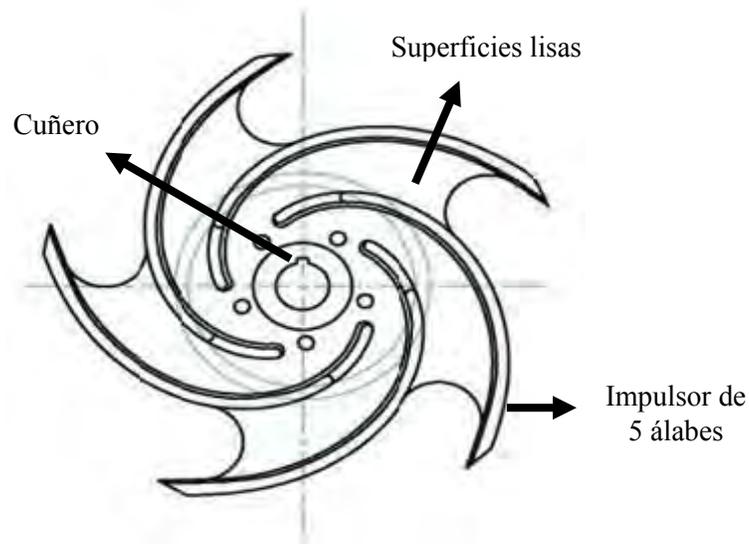


Figura 2.7 Impulsor de admisión simple.

El impulsor de una bomba deberá examinarse cuidadosamente en toda su superficie para ver si hay un desgaste indebido, como abrasión, corrosión o picaduras. La mayoría de las bombas centrífugas para movimiento de químicos usan acero inoxidable en sus impulsores que tienen una vida razonablemente larga para este tipo de líquidos. Ocasionalmente las bombas centrífugas operan en elevaciones de succión altas o a capacidades parciales y ambas cosas afectan la vida del impulsor (ver figura 2.8).

El desgaste por abrasión se puede determinar con una prueba de sedimentación. Una parte del líquido bombeado se permite que repose durante algunas horas en una vasija de vidrio y se examinan las partículas asentadas, generalmente un análisis químico de laboratorio del líquido bombeado es necesario para determinar si la corrosión es la causa del desgaste indebido. Por supuesto, si se identifica el desgaste por corrosión, se hace necesaria la sustitución de los materiales por otros mejores.



Figura 2.8 Impulsor desgastado que provoca disminución de caudal.

La picadura en las superficies del área del impulsor puede identificarse por un ruido durante la operación de la bomba centrífuga. Las aéreas picadas se corrigen rellenando los hoyos con metal, aunque no es común, la corrosión se puede extender hasta la flecha y cuña, en tal caso la cuña quedará floja haciendo que el impulsor gire incorrectamente provocando la formación de grietas debido a la vibración excesiva o a los esfuerzos que se establecen durante el proceso de funcionamiento. Los impulsores agrietados no se pueden reparar correctamente y es mejor reponerlos.

### **2.2.3 Coples.**

El motor eléctrico y la bomba centrífuga pueden estar conectados por medio de un acoplamiento (ver figura 2.1, excepto las unidades conectadas en forma compacta, en las que el impulsor está montado en una extensión de la flecha del motor eléctrico). Los acoplamientos pueden ser flexibles o rígidos, un acoplamiento que no permite movimiento entre las flechas del impulsor y del motor se llama acoplamiento rígido, conecta las dos flechas sólidamente y las convierte en una sola (ver figura 2.9). Un acoplamiento flexible es un dispositivo que conecta dos flechas, pero es capaz de transmitir torque de la flecha del impulsor a la flecha del motor eléctrico pero tolerando un pequeño

desalineamiento. Contra las creencias populares el desalineamiento es siempre indeseable, no deberá tolerarse permanentemente, causa chicoteo de la flecha, aumenta el empuje en los cojinetes del motor de la bomba centrífuga y del impulsor, generalmente resulta en mantenimiento excesivo y falla potencial del equipo. El acoplamiento Lovejoy (generalmente el más utilizado, ver figura 2.9) consiste de dos cubos con bridas montados en la flecha del impulsor y del motor eléctrico respectivamente, con patas salientes o mordazas en las bridas. Estas mordazas encajan en un elemento central flexible en forma de estrella llamada también galleta generalmente hecha de hule, que absorbe pequeñas vibraciones (ver figura 2.9).



Figura 2.9 Acoplamientos rígidos y flexibles.

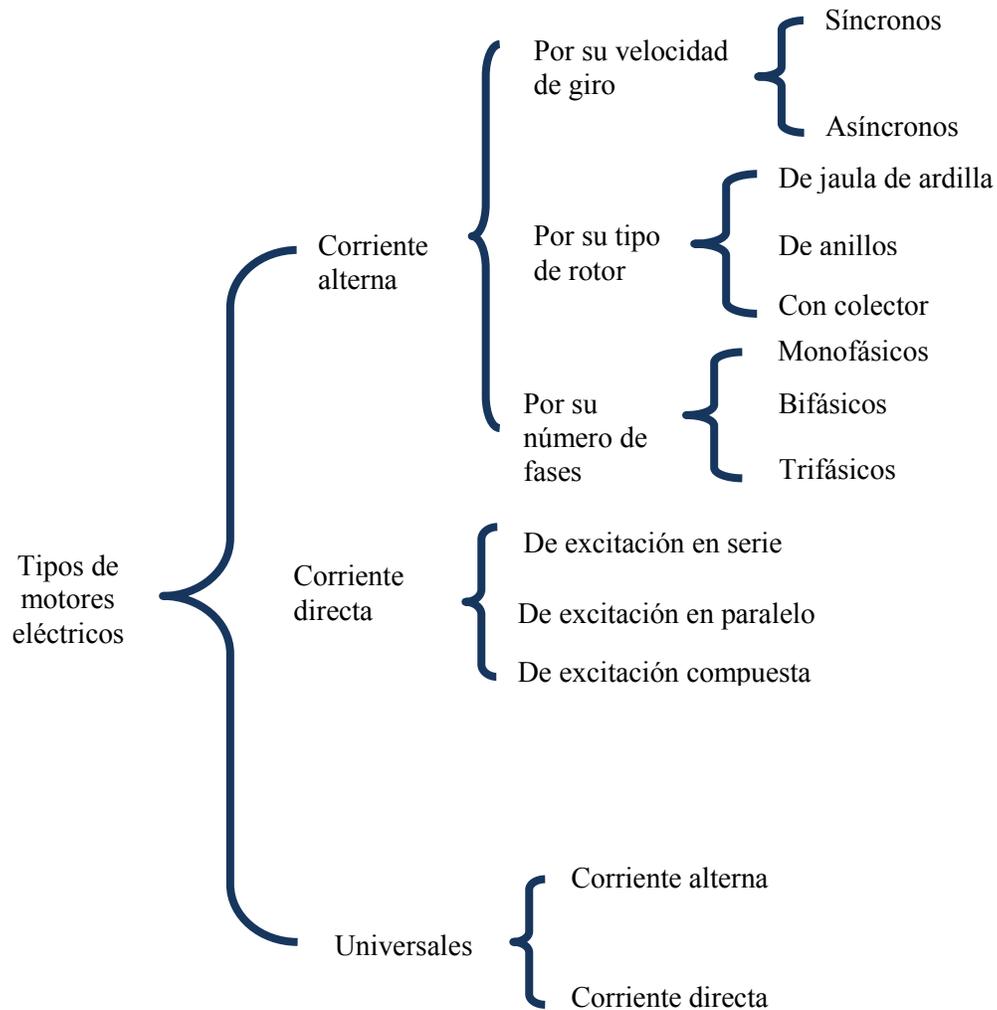
CAPÍTULO 3

# MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA SUS ELEMENTOS DE CONTROL Y MANTENIMIENTO

TESIS: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN EL PROCESO DE LA  
GALVANOSTEGIA

### 3.1 Introducción a los motores eléctricos de C.A.

Podemos clasificar a los motores eléctricos de varias maneras, por su velocidad de giro, por el tipo de rotor, por el número de fases de alimentación, etc.



Los motores eléctricos constituyen una de las principales fuentes de energía mecánica para distintas aplicaciones industriales, comerciales y de la vida diaria, en muchos casos el motor está incluido

como parte integral de algunas máquinas. En el proceso de la Galvanostegia (y en la industria en general) podemos encontrar motores eléctricos en sopladores, calderas, chiller, bombas centrífugas, grúas, bandas transportadoras, etc., por eso es indispensable estudiar su construcción, instalación, mantenimiento y control.

### **3.2 Precauciones al trabajar con instalaciones eléctricas.**

Todas las personas que trabajan con instalaciones eléctricas, sea en montaje, manejo o mantenimiento, deben ser permanentemente informadas y actualizadas sobre las normas e instrucciones de seguridad inherentes al trabajo. El Ingeniero o Supervisor de mantenimiento deberá cerciorarse antes de iniciar el trabajo de que todo fue debidamente planeado, y avisar a su personal técnico sobre los peligros que existen y los cuidados que deben tener al efectuar el trabajo propuesto.

Los motores eléctricos cuando reciben un mantenimiento incorrecto, pueden causar graves accidentes con perjuicios materiales y personales. Por eso, se recomienda que los servicios sean efectuados por personal calificado, se entiende por personal calificado a las personas que, en función de su entrenamiento, experiencia, nivel de instrucción, conocimientos de normas relevantes, especificaciones, normas de seguridad y prevención de accidentes, hayan sido autorizadas para la ejecución de los trabajos necesarios y sepan evitar posibles peligros.

### **3.3 Fallas más comunes en motores eléctricos de C.A.**

Los motores eléctricos de corriente alterna se diseñan de una manera estándar siguiendo las leyes de la electricidad, la calidad de su acabado y componentes internos dependerán del fabricante, en general todos los motores eléctricos tienen las características descritas en la figura 3.1.

Cuando un motor eléctrico descompuesto llega al taller es examinado con cuidado en busca de la posible causa de la falla, pues muchas veces su origen se esconde bajo averías engañosas. Pero es

posible impedir los desperfectos de los motores eléctricos así como prolongar su vida útil por medio de un mantenimiento preventivo adecuado. Una parte importante del mantenimiento consiste en saber por qué se averían los motores. Se ha encontrado que las fallas en un motor eléctrico pueden estar comprendidas en una de las siguientes categorías:

1. Condiciones ambientales adversas.
2. Selección o aplicación incorrectas.
3. Instalación inadecuada.
4. Desperfectos mecánicos.
5. Fallas eléctricas.
6. Mantenimiento impropio.
7. Una combinación de dos o más de los factores anteriores.

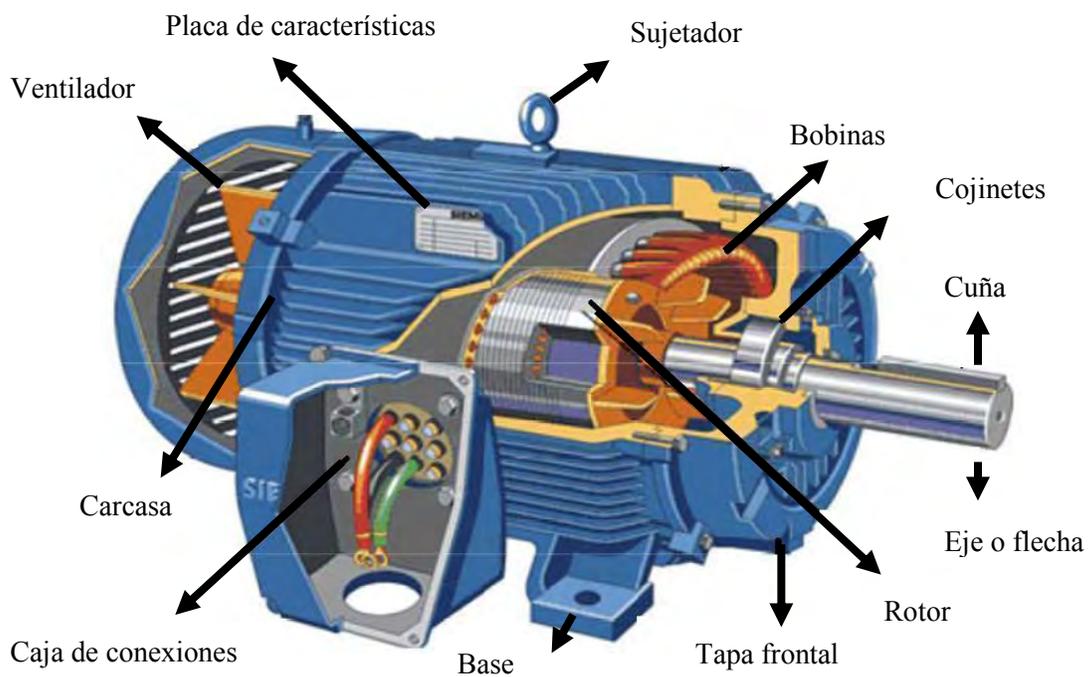


Figura 3.1. Motor eléctrico y sus principales componentes.

A continuación daré una breve explicación de los puntos anteriores.

Condiciones ambientales adversas:

Con frecuencia el exceso de calor causa averías en un motor eléctrico. Los motores deben funcionar dentro de la variación límite de su temperatura indicada en la placa de características a fin de lograr una larga vida útil.

Selección o aplicación incorrecta de un motor eléctrico:

Es esencial seleccionar el tamaño y tipo correcto del motor para la carga; el fabricante, un taller especializado y las normas internacionales proporcionaran orientación. Hay numerosos factores que deben considerarse. Por ejemplo, un ciclo severo de trabajo podría ocasionar falla prematura del motor eléctrico, la marcha irregular “a tirones”, el frenado por contramarcha y el prolongado tiempo de aceleración hacen que los motores trabajen a una velocidad que no es constante. Debido a que los motores eléctricos sometidos a este ciclo de servicio toman corrientes muy intensas en el arranque, éstas producen calentamiento excesivo. Además, debido a la baja velocidad del rotor, el enfriamiento normal por circulación de aire disminuye mucho y empeora el problema del sobrecalentamiento.

Instalación inadecuada:

Las deficiencias en el montaje del motor eléctrico pueden ocasionar fallas ya que seguramente ocurrirá una desalineación y ésta producirá vibraciones que ocasionarán daños en los cojinetes.

Fallas eléctricas:

Si los voltajes de alimentación no son los correctos o tienen variaciones notables ocurrirá una avería prematura del motor eléctrico. El bajo voltaje hace que la corriente sea mayor que la normal.

Un alto voltaje reduce las pérdidas en el cobre, pero un flujo magnético más intenso producirá sobrecalentamiento del motor eléctrico.

Es muy importante observar la correcta alimentación de energía eléctrica. Los conductores y todo el sistema de protección deben garantizar una calidad de energía eléctrica en las terminales del motor eléctrico.

Mantenimiento impropio:

Casi siempre el buen mantenimiento preventivo evitará o demorará una posible falla, puede suceder que un estudio económico sobre el mantenimiento de un motor eléctrico nos demuestre que es mejor hacer un intercambio del mismo que repararlo, sobre todo cuando su tiempo de vida útil ha sido rebasado y el costo de darle mantenimiento sea superior que comprar uno nuevo.

### **3.4 Forma correcta de instalar un motor eléctrico.**

Deben ser instalados en locales que permitan fácil acceso para inspección y mantenimiento, principalmente en lo referente a los cojinetes (relubricación o cambio). Si la atmósfera es húmeda, corrosiva o contiene partículas abrasivas, es importante asegurar el correcto grado de protección.

La instalación de motores eléctricos donde existen vapores, gases inflamables o combustibles ofrecen posibilidad de fuego o explosión, por tal motivo hay que seguir las normas locales e internacionales de seguridad.

En ningún caso podrán ser cubiertos por cajas, lonas o bolsas que puedan impedir o disminuir la libre circulación del aire de ventilación. Los motores eléctricos dotados de ventilación externa deben quedarse, como mínimo, a 50 mm de altura del piso a fin de dejar pasar el aire.

La base donde será colocado deberá ser plana y exenta de vibraciones. Se recomienda por este motivo una base de concreto, en ella deberá instalarse una placa metálica de acero inoxidable, un dispositivo de anclaje deberá ser fundido en el concreto para fijar la base (ver figura 3.2). El tipo y tamaño de los tornillos de anclaje así como la placa metálica inoxidable dependerán del peso del motor eléctrico.

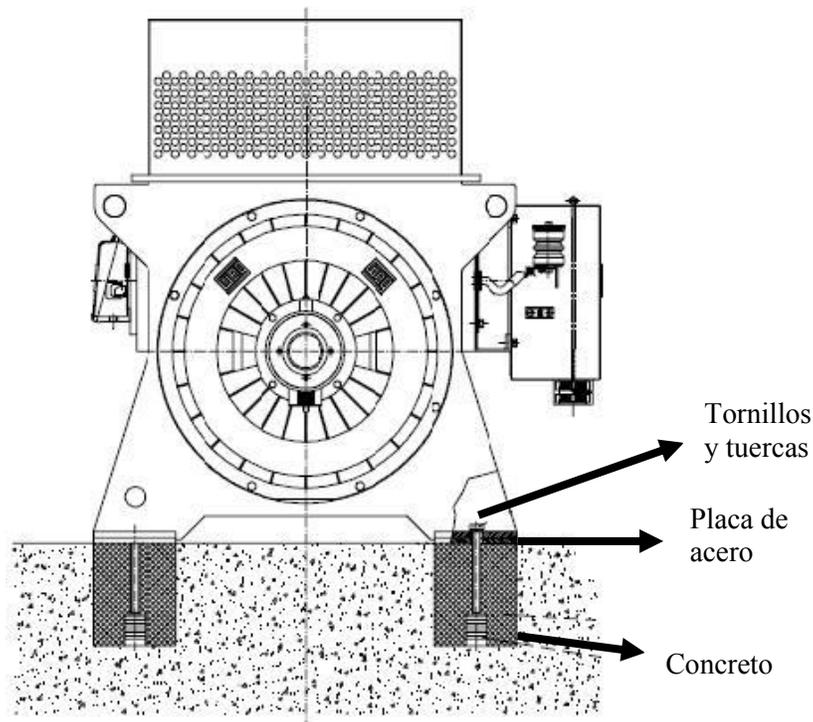


Figura 3.2. Forma correcta de fijar un motor eléctrico.

El motor eléctrico debe estar perfectamente alineado con la máquina accionada, especialmente en los casos donde el acoplamiento es directo, como puede ser el caso de una bomba centrífuga. Un alineamiento incorrecto puede causar defectos en los rodamientos, cuña, flecha, producir vibraciones y hasta ruptura del eje. La persona que va a montar un motor eléctrico puede conseguir un alineamiento preciso con la ayuda de un calibrador de ajustes y una regla de acero, obteniendo acoples perfectos y centrados.

### 3.5 Cambio de rodamientos o cojinetes.

Los cojinetes llamados también rodamientos se fabrican en dos formas básicas: de baleros y de rodillos (ver figura 3.3), cada tipo comprende una serie de diseños diversos que dependen de la velocidad requerida, temperatura de funcionamiento y clase de carga de trabajo a que serán sometidos. Los cojinetes se emplean extensamente en los motores eléctricos, se introducen en el eje ó flecha del rotor y permiten su libre rotación.



Figura 3.3 Rodamientos de bolas y rodillos.

Unos rodamientos desgastados o mal lubricados seguramente serán el origen de una falla eléctrica en el motor ya que pueden originar un roce del estator con el rotor, además de que es una de las fallas mecánicas que más frecuentemente se encuentran, por eso es indispensable abordar el tema relacionado con el cambio de rodamientos.

Montaje de un rodamiento.

Es esencial que el montaje de los rodamientos sea efectuado en condiciones de rigurosa limpieza y por personal competente, para asegurar una correcta colocación en el eje y así evitar daños. Los rodamientos a cambiar sólo deberán ser sacados de su empaquetadura al momento de ser montados.

Cuando al desmontar o montar un cojinete se sujeta a la flecha en un tornillo de banco, hay que instalar mordazas blandas de latón o cobre para protegerla. El rodamiento siempre debe remplazarse por otro de tamaño y tipo idéntico. Si el rodamiento queda flojo en la flecha, se correrá o patinará, produciendo sobrecalentamiento y desgaste en la superficie de asiento del eje, pero si el ajuste queda demasiado apretado, la pista interna se deformará al grado de no quedar espacio para la libre rotación de las bolas o los rodillos.

Un método para montar un rodamiento puede ser el de usar un buje apoyado en la pista interna del cojinete, y usando un martillo normal se golpea ligeramente permitiendo que entre suavemente evitando los golpes duros que pueden originar la deformación de la pista interna (ver figura 3.4).

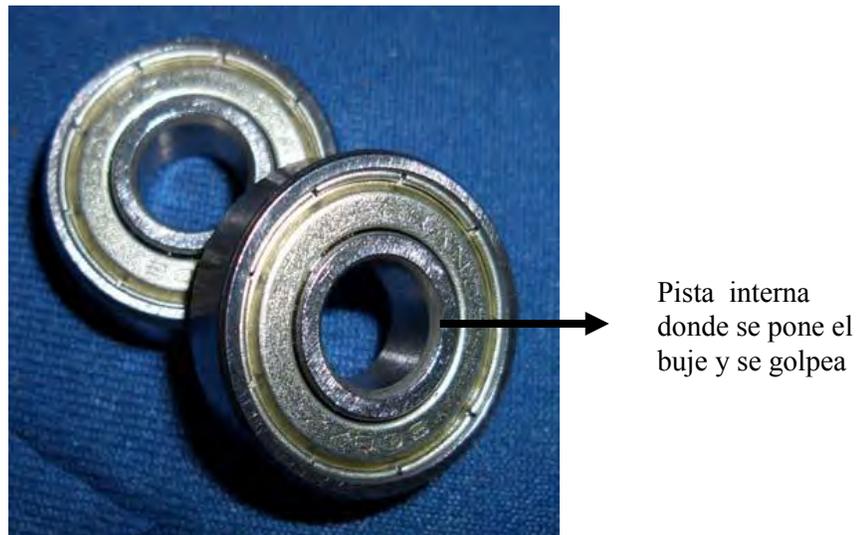


Figura 3.4 Pista interna lugar donde se golpea al colocar un rodamiento.

Desmontaje de un cojinete.

El desmontaje de los rodamientos no es difícil, es conveniente emplear las herramientas adecuadas como un extractor de tres garras mostrado en la figura 3.5. El objetivo es ejercer una fuerza en el rodamiento para poder sustraerlo, recomendando lubricar con grasa el eje para facilitar la sustracción, si esto no es suficiente se tendrá que calentar el rodamiento, el calor dilatará la pista interna y facilitará el desmontaje.

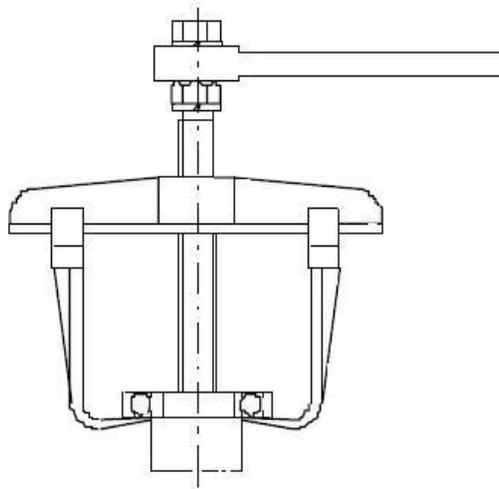


Figura 3.5 Extractor de tres garras.

### 3.5.1 Calidad y cantidad de grasa en un rodamiento.

Es importante que se haga una lubricación adecuada de rodamientos, es decir, aplicar una grasa correcta y en cantidad adecuada, ya que la lubricación en exceso provoca efectos perjudiciales, debido a que ocasiona aumento de temperatura producto de la resistencia que ofrece la grasa al movimiento de las partes rotativas y principalmente debido a la licuación de la misma, que acaba por perder completamente sus características de lubricación, además se puede provocar penetración de grasa hacia el interior del motor eléctrico depositándose sobre las bobinas.

La compatibilidad de los diversos tipos de lubricantes constituye ocasionalmente un problema. Puede decirse que dos grasas son compatibles cuando sus propiedades químicas son parecidas. Para evitar cualquier problema de incompatibilidad, es una buena práctica de lubricación remover por completo la grasa vieja y limpiar perfectamente el local que va a ser relubricado y engrasar con una nueva.

La mayoría de los motores eléctricos poseen graseras para la lubricación de los rodamientos. Este sistema fue proyectado para que en la relubricación, toda la grasa sea retirada de las pistas de los rodamientos y expelida a través de un dren que permita la salida e impida la entrada de polvo u otros contaminantes nocivos (ver figura 3.6).

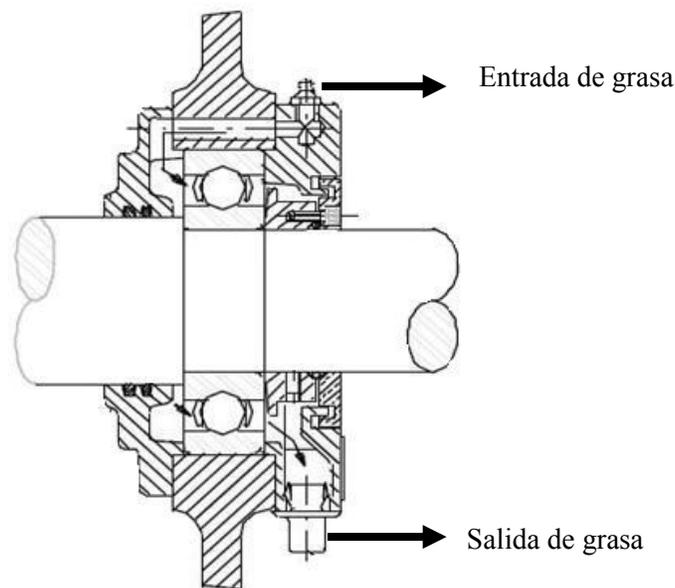


Figura 3.6 Grasa para lubricación de rodamientos.

Para poder lubricar los rodamientos de un motor eléctrico que tiene graseras hay que seguir estos pasos:

1. Retirar la tapa del dren.

2. Limpiar con trapo de algodón las proximidades del agujero de entrada de la grasa.
3. Con el motor eléctrico en funcionamiento, adicionar la grasa nueva con una pistola hasta que la grasa vieja salga por el drenó.
4. Dejar el motor eléctrico funcionando durante el tiempo suficiente para que se drene todo el exceso de grasa.
5. Revisar la temperatura del cojinete para verificar que no ocurrió ninguna alteración significativa.

### 3.5.2 Causas y condiciones desfavorables de los rodamientos.

Como mencione anteriormente las fallas en los rodamientos pueden ser el origen de problemas de tipo eléctrico y mecánico en un motor eléctrico, por eso es importante estar familiarizado con los problemas que más comúnmente se presentan en los cojinetes, daré una lista de los más recurrentes.

<b>DEFECTO</b>	<b>POSIBLES CAUSAS</b>	<b>DETERMINACIÓN Y ELIMINACIÓN</b>
El motor eléctrico hace ruido cuando funciona.	Rodamientos dañados.	Substituir rodamientos.
Ruidos extraños en los rodamientos y ranuras en las pistas.	El rodamiento fue montado en una mala posición.	Recuperar el asiento en el eje y substituir el rodamiento.
Calentamiento de los rodamientos.	a) Grasa excesiva. b) Excesivo esfuerzo axial o radial. c) Eje torcido. d) Falta de grasa. e) Grasa endurecida ocasionando trabamiento de	a) Retirar el tapón de la grasa y dejar el motor eléctrico funcionando hasta dejar que salga el exceso de grasa. b) Disminuir el esfuerzo. c) Corregir el eje y verificar el alineamiento del rotor. Buscar

	<p>las esferas.</p> <p>f) Incrustaciones de metal en la grasa.</p>	<p>el origen de la vibración y corregir.</p> <p>d) Aumentar grasa en el rodamiento.</p> <p>e) Sustituir rodamiento.</p> <p>f) Lavar rodamientos y lubricar.</p>
<p>Manchas oscuras en el lado de la pista del rodamiento posteriormente ranuras.</p>	<p>a) Fuerza axial muy grande.</p>	<p>a) Examinar el acoplamiento.</p>
<p>Surcos en las pistas acompañadas de divisiones en los elementos cilíndricos.</p>	<p>a) Vibraciones externas, principalmente cuando el motor está parado por un largo periodo de tiempo.</p> <p>b) Falta de mantenimiento durante el almacenaje.</p>	<p>a) Hay que girar el rotor del motor eléctrico cuando este se encuentra parado, para ponerlo en otra posición principalmente tratándose de motor en reserva.</p>

Tabla 3.1 Fallas más comunes en rodamientos de motor eléctrico.

### 3.6 Sistema de aislamiento eléctrico de un motor.

Las funciones básicas del sistema aislante en los motores eléctricos es separar con seguridad los componentes de conducción eléctrica y proteger contra agentes ambientales nocivos como polvo, productos químicos, calor y vibraciones. El tipo de sistema de aislamiento eléctrico requerido depende no sólo del lugar en que trabajará el motor, sino también de las características de los materiales aislantes.

Aunque hay consideraciones mecánicas y ambientales que influyen en la vida útil del sistema de aislamiento eléctrico de un motor, el principal factor limitante es el calor. La duración de un aislamiento depende de la intensidad y el tiempo de presencia del calor al cual esté expuesto.

En teoría, el aislamiento debe tener una duración aproximada de 20 años si el motor eléctrico funciona dentro de los límites señalados en su placa de características. Para determinar la vida útil de un motor eléctrico en una aplicación específica, la regla empírica dice que por cada 10°C de aumento en la temperatura la duración del aislamiento se reduce a la mitad.

Existen otros factores que inciden en la duración del aislamiento eléctrico. Por ejemplo, durante el arranque del motor circula una corriente hasta de seis veces el valor de la corriente normal, lo que se traduce en más calor, aunque se trate de una corriente momentánea en los devanados y su efecto es pequeño, si se necesita que el motor eléctrico arranque muchas veces al día o si se requieren arranques frecuentes con cargas muy pesadas debe pensarse en un sistema de aislamiento de mejor calidad y más eficiente.

En una planta dedicada a la Galvanostegia en la que el aire está más o menos limpio y seco y los motores no trabajan en exceso, un sistema de aislamiento de clase B o F será el adecuado, ver tolerancias de temperatura en la tabla 3.2.

<b>CLASE DE AISLAMIENTO</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>ABIERTO</b>	<b>TCCV</b>	<b>TCSV</b>
A	105	5	5	0
B	130	10	10	5
F	155	10	10	5
H	180	15	15	5

Tabla 3.2 Clases de aislamientos en °C de una bobina.

El proceso de desgaste del aislamiento eléctrico puede ser originado por uno o más de los siguientes cinco factores:

1. Contaminación: sustancias químicas en el bobinado que causan deterioro en el aislamiento.
2. Desgaste térmico normal: el lento deterioro del aislamiento producto de la operación normal.
3. Desgaste térmico prematuro: temperaturas excesivas del bobinado causando una falla.
4. Picos de sobrevoltaje: cargas de alto voltaje causadas por cambios bruscos.

Al revisar el sistema de aislamiento de un motor eléctrico, es importante que se realicen las pruebas correctas, y que se compruebe que el aislamiento es capaz de soportar el voltaje más alto de operación normal.

### **3.7 Introducción a los sistemas de control de un motor eléctrico.**

Actualmente en las plantas industriales es cada vez mayor el número de motores eléctricos que trabajan de modo completamente automático. El operador se limita a iniciar el proceso y la mayoría de todas las otras operaciones se realizan automáticamente.

Una máquina moderna se compone de tres partes distintas que es necesario considerar. Primero, la máquina propiamente dicha, que está proyectada para realizar una determinada tarea o un tipo de trabajo. Segundo, el motor eléctrico, que es seleccionado de acuerdo a los requisitos de la máquina en cuanto a carga, ciclo de servicio y tipo de funcionamiento. Tercero, el sistema de control, que abordaremos en este tema.

Los componentes de control realizan varias funciones tales como arranque, aceleración, regulación de velocidad, regulación de potencia, protección, inversión y parada. Los principales componentes de control eléctricos son:

1. Cuchillas.
2. Interruptores termomagnéticos.
3. Estación de botones.
4. Relevadores de control.
5. Relevadores térmicos o fusibles.
6. Contactores magnéticos.
7. Lámparas piloto.
8. Switch de nivel, límite y de otros tipos.

➤ Cuchillas: Las cuchillas también llamados switch conectan o desconectan a un motor eléctrico de la fuente de alimentación. Están diseñados para conducir la corriente nominal por un tiempo indefinido y para soportar la de cortocircuito por períodos breves de tiempo (ver figura 3.7).



Figura 3.7 Cuchillas.

- Contactores magnéticos: El contactor no es el único elemento empleado en los circuitos de control de motores eléctricos, pero sí la unidad básica. Los contactores se utilizan para realizar las funciones de arranque y parada. Quizás la mejor manera de describir un contactor sea decir que es un interruptor de accionamiento electromagnético, se compone de un juego de contactos móviles que se cierran o abren por el efecto de atracción de un electroimán. Todo lo que es necesario eléctricamente para que funcione el contactor es aplicar a la bobina del electroimán una tensión de valor correcto. Cuando es aplicada la tensión, los contactos se cierran, y cuando deja de ser aplicada la tensión, los contactos se abren.



Figura 3.8 Contactor.

- Relés: Los circuitos de control automático contienen generalmente uno o más relés, principalmente a causa de que confiere flexibilidad al sistema, se puede decir que es por su propia construcción un amplificador mecánico. Cuando nosotros activamos o excitamos la bobina de un relé con 24 voltios y los contactos están controlando un circuito de 440 voltios, estamos amplificando la tensión mediante el uso de un relé, las bobinas del relé

sólo necesitan una corriente muy pequeña para su funcionamiento y se utilizan para controlar circuitos de corrientes intensas. Así pues, también son amplificadores de corriente. El relé es inherentemente un dispositivo de una sola entrada que sólo requiere una sola tensión o corriente para activar su bobina. Sin embargo, utilizando varios contactos, el relé se puede convertir en un dispositivo de varias salidas, por lo que también puede considerarse como amplificador del número de operaciones, siendo controladas por una sola entrada.



Figura 3.9 Relevador de sobrecarga.

- Lámparas piloto: Las lámparas piloto se usan como elementos auxiliares de señalización para indicar posición de “dentro o fuera” de un componente remoto en un sistema de control.



Figura 3.10 Lámparas piloto.

- Switches: Este elemento puede ser sensitivo a distintos tipos de señales como son: presión, temperatura, el nivel de líquido, la dirección de rotación, etc., al accionarse mandan una señal de control.



Figura 3.11 Switches de: límite, de presión y sensor de proximidad.

### 3.8 Puesta en marcha de un motor eléctrico.

La forma más común de poner en marcha un motor es por medio de un arrancador (ver figura 3.12), el arrancador consiste en un dispositivo que conecta o desconecta el motor eléctrico a la red

y que además realiza funciones de protección contra sobrecargas. En el mercado hay muchos tipos y clases de arrancadores, existen arrancadores manuales o automáticos, de tensión nominal o tensión reducida, monofásicos o trifásicos y de corriente continua o corriente alterna.

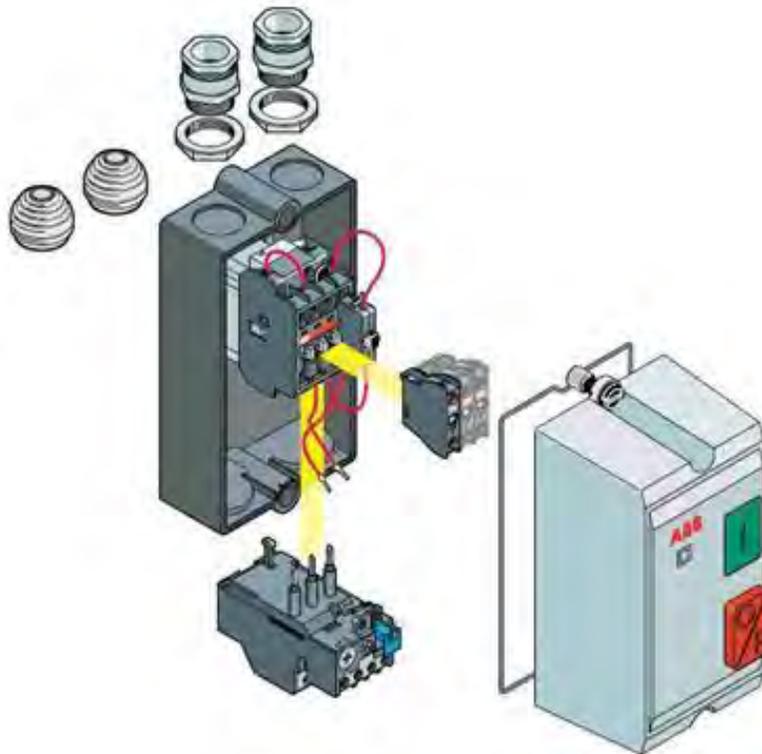


Figura 3.12 Arrancador de motor eléctrico.

### 3.8.1 Arranque a plena tensión o tensión nominal.

El requisito de este tipo de arrancador es simplemente la conexión directa del motor eléctrico a la línea de alimentación, esto se puede conseguir sencillamente utilizando un interruptor de cuchillas, pero este método sólo permite la protección del motor eléctrico mediante fusibles (ver figura 3.7).

Cuando un motor de gran potencia arranca a tensión nominal se puede originar una caída de tensión que sea suficiente para impedir el funcionamiento perfecto del equipo de control. Si la caída de tensión es alta, puede ser causa de la disminución de intensidad en el alumbrado y perjudicar a los demás motores eléctricos conectados a la misma red.

En la mayoría de instalaciones industriales la compañía de luz penaliza en forma de tarifas más altas las sobrintensidades excesivas en la línea, este factor debe ser siempre tenido en cuenta cuando se decide la adopción del método de arranque a plena tensión para los motores eléctricos de gran potencia.

Cuando se considere la adopción del arranque a plena tensión siempre es necesario inspeccionar los conductores, si el calibre de los conductores es inadecuado, debe ser aumentado o bien recurrir al arranque a tensión reducida.

### **3.8.2 Arranque a tensión reducida o arranque suave.**

Siempre que el arranque de un motor eléctrico a tensión plena o nominal pueda causar serios descensos de la tensión en las líneas de la compañía distribuidora será necesario emplear el arranque a tensión reducida.

El arranque a tensión reducida se obtiene mediante el uso de resistencias, autotransformadores o reactancias a fin de reducir la tensión de la línea hasta el valor deseado durante el arranque. Independientemente de los medios que se emplean para producir la tensión, deben estar proyectadas adecuadamente al motor eléctrico que ha de ser puesto en marcha. No está dentro del plan de esta tesis estudiar el diseño de los arrancadores de tensión reducida, sino señalar la necesidad de hacer una selección apropiada de acuerdo con las especificaciones del fabricante del motor eléctrico.

Cualquiera que sea el método empleado en el arranque a tensión reducida hay que tener presente que el par de arranque del motor eléctrico también se reduce. Si un motor arrancado a plena tensión no es capaz de producir el giro del eje, es obvio que un arranque a tensión reducida agravará la situación a causa de que el par de arranque se reduce.

### **3.8.3 Arrancador de motor eléctrico de estado sólido.**

El arranque ideal es aquel en que el motor eléctrico toma la intensidad justa de las líneas de transmisión, siendo capaz con este valor de arrancar el motor venciendo el par resistente de la máquina accionada, obteniendo con ello pequeñas caídas de tensión en las líneas que van desde los transformadores de distribución hasta los motores eléctricos. Para obtener este tipo de arranque se hace uso de los llamados arrancadores estáticos o de estado sólido, los cuales emplean las leyes de la electrónica de potencia para su funcionamiento ya que en ellos se utilizan transistores, rectificadores, diodos, etc., y están llamados a ser los más utilizados en un futuro no lejano.

El arrancador de estado sólido permite arrancar suavemente un motor eléctrico, aumentándole progresivamente la tensión desde cero voltios hasta la tensión nominal; es decir, ejerce un control sobre la tensión durante el tiempo que dura el arranque, además permite la parada de un motor de manera gradual disminuyendo progresivamente la tensión de alimentación al motor eléctrico desde el valor nominal hasta un valor cero.

Cuando el motor eléctrico precise un gran par de arranque, los arrancadores estáticos no son la solución ideal. En este caso un arrancador eléctrico a tensión nominal será el más adecuado.



Figura 3.13 Arrancador de estado sólido.

Al utilizar un arrancador de motor de estado sólido en lugar de uno eléctrico, se obtiene, desde el punto de vista técnico las siguientes ventajas:

- Una limitación de la intensidad de arranque controlando la tensión aplicada y consiguiendo con ello reducir gastos innecesarios de energía y sobrecalentamiento de los motores eléctricos.
- Control del valor de la tensión en el proceso de parada, permitiendo realizar una parada suave, ideal para las aplicaciones de electrobombas.
- Ahorro energético.
- Proteger al motor eléctrico ante sobrecalentamiento de sus devanados.
- Mayor seguridad mecánica en la máquina que acciona el motor eléctrico.
- Se pueden ajustar a voluntad los parámetros del arrancador.
- Evita el desgaste mecánico que pueden sufrir las máquinas en el arranque y parada de manera tan brusca.

Todo ello contribuye a una reducción en el costo de las reparaciones, el mantenimiento y da una prolongación de la vida útil de los motores eléctricos.

Los arrancadores estáticos también tiene algunos pequeños inconvenientes transitorios, que sólo existen durante el proceso de arranque; los efectos que provocan las corrientes que salen de los arrancadores estáticos al no ser ondas senoidales puras, generan armónicos que producen en el motor eléctrico pérdidas por calentamiento, ruido y vibraciones.

### **3.9 Protección de un motor eléctrico.**

La protección eléctrica de un motor debe tener la capacidad necesaria para soportar cambios de temperatura, variaciones de voltaje y corriente.

La protección eléctrica debe ofrecer la certidumbre de que operará siempre que se presenten las condiciones anormales para las que fue diseñada. Es deseable que reaccione inmediatamente después de que ocurrió la falla, sin embargo esto es imposible debido a que las señales eléctricas requieren de cierto tiempo para activar mecanismos que a su vez tardan en desencadenar el efecto de protección deseado. Un factor a tomar en cuenta es el punto económico, si un sistema de protección es más sofisticado su costo se incrementará según el valor de los equipos que protege.

Las principales causas para que un motor eléctrico sufra daños irreparables se deben a las alteraciones del suministro eléctrico, exceso de trabajo mecánico y problemas en la instalación eléctrica que alimenta al motor. En un segundo plano se encuentran los problemas asociados al deterioro de las partes que componen el motor.

Proteger los motores eléctricos, se ha vuelto una necesidad importante para las empresas. Ello debido a las pérdidas económicas que implica la reparación o reposición del motor dañado y las asociadas a los paros en la línea de producción.

Relés térmicos de sobrecarga:

Generalmente la protección más utilizada en las aplicaciones de motores eléctricos trifásicos es el relé de sobrecarga. A través de él fluyen las corrientes que consume el motor, calentándose y enfriándose de igual manera que este. Para ello, hace uso de unas resistencias por las que fluyen las corrientes del motor. Si el calor acumulado en las resistencias es mayor o igual al máximo permitido, un contacto asociado a estas, se dilatará por efecto del calor y desenergizará al motor. Después de un tiempo, el relé térmico comenzará a enfriarse y cuando el calor llegue a un nivel seguro, energizará nuevamente al motor eléctrico.

Proteger un motor trifásico exclusivamente con un relé térmico de sobrecarga es un error ya que actúan en función del calor acumulado producto de las corrientes que fluyen por ellos, siendo incapaces de tomar en cuenta el sobrecalentamiento que provoca al motor eléctrico el desbalance de voltaje.

De presentarse una sobrecarga mecánica los relés térmicos de sobrecarga entran en un ciclo seguido de paradas y arranques, dañándose el motor supuestamente protegido.

Protección por fallas de voltaje:

Actualmente, la totalidad de las ofertas de protecciones de voltaje para motores trifásicos existentes en el mercado operan eléctricamente. Estas, procesan los valores de voltaje de manera analógica o digital, dependiendo de la tecnología con que estén construidas. De presentarse la falla de voltaje, desenergizarán al motor y tan solo lo reconectarán una vez desaparecida la falla.

El uso de una protección de voltaje en ningún momento descarta el uso de un relé de sobrecarga. Ambas protecciones son complementarias aunque no abarquen todos los escenarios en que el motor deba ser protegido.

Un dispositivo de protección por falla de voltaje deberá incluir las fallas de bajo voltaje o sobrevoltaje, la pérdida de una fase y además proteger contra secuencia de fases invertidas. Es obvio que al comprar un dispositivo de protección que abarque todas las posibles fallas su costo se incrementa.



Figura 3.14 Embobinado de estator quemado por fallo de fase.

### **3.10 Mantenimiento a motores eléctricos.**

El primer requisito en cualquier servicio de mantenimiento organizado debe ser la inspección periódica para evitar que surjan serias averías. Esta inspección incluirá no sólo el equipo electromagnético sino también la máquina y la observación del desgaste que puede haber en el equipo, lo que permitirá conocer los puntos peligrosos que deberán cuidarse.

En un mantenimiento de motores eléctricos se debe inspeccionar periódicamente niveles de aislamiento, la elevación de temperatura en bobinas, lubricación de los rodamientos, examinar eventualmente el ventilador, junto al correcto flujo de aire y niveles de vibraciones así como los sistemas de protección.

La carcasa debe ser mantenida limpia, sin aceite o polvo en su parte externa para facilitar el intercambio de calor con el medio y si tiene algún inicio de oxidación se debe retocar con pintura, para limpiarlos, se debe utilizar escobas o trapos limpios de algodón, si el polvo es abrasivo, se debe emplear un soplete de aire comprimido, soplando la suciedad de la tapa y eliminando todo el polvo contenido en las aletas del ventilador y en las aletas de refrigeración.

Al accionar un motor eléctrico acoplado a una carga hay que revisar su estabilidad térmica y observar si aparecen ruidos extraños y vibraciones anormales así como temperaturas excesivas. En caso de que aparezcan vibraciones significativas en el conjunto será necesario realizar el alineamiento y el nivelamiento.

Recomiendo llevar un control trimestral de la corriente y voltaje absorbidos por cada uno de los motores con y sin carga, en caso de una variación de los mismos, será necesario encontrar las causas que provocan estas variaciones.

La falta de previsión en uno de los aspectos anteriores puede significar paradas no deseadas del equipo. La frecuencia con que deben ser hechas las inspecciones, depende del motor eléctrico y de las condiciones de trabajo a los que está sometido.

### **3.10.1 Mantenimiento a los equipos de control.**

Una de las principales causas de fallas de los sistemas de control es la presencia de polvo, grasa, aceite y suciedad, que deben ser eliminados periódicamente para que el equipo pueda funcionar correctamente. La eliminación de polvo y la suciedad se consigue frotando con trapos, pero esto no siempre resulta eficaz para eliminar el aceite y la grasa por tal motivo será necesario emplear un disolvente tal como el agua desionizada.

Otra causa frecuente de avería del equipo de control es la flojedad de los pernos, pasadores y conexiones eléctricas. Se deberá comprobar periódicamente que todas las conexiones están apretadas, y la inspección incluirá la verificación de posibles pernos y tuercas flojas en el equipo.

La avería más frecuente que se encuentra en los arrancadores de motor eléctrico es debida a defectos en los contactos. Estos deben ser inspeccionados para ver si están oxidados o quemados, si así es el caso, es necesario reemplazarlos.

Otra causa recurrente de fallas en el control de un motor eléctrico es que haya bobinas quemadas, generalmente se queman por aplicarles una tensión incorrecta. Si la tensión aplicada a la bobina es excesivamente elevada, la corriente que pasa por la bobina puede quemarla. Tomando en cuenta lo anterior el procedimiento correcto cuando se comprueba que hay una bobina quemada en un arrancador es verificar el acoplamiento mecánico, ver si el contactor cierra correctamente y verificar la tensión aplicada a la bobina bajo carga para comprobar si es la correcta.

CAPÍTULO 4

# RECTIFICADORES TRIFÁSICOS CONTROLADOS

TESIS: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN EL PROCESO DE LA  
GALVANOSTEGIA

#### 4.1 Uso de Rectificadores Trifásicos Controlados en el proceso de la Galvanostegia.

Como mencione en el Capítulo 1 en el proceso de la Galvanostegia es necesaria una corriente continua de bajo voltaje normalmente de 1 a 6 V., la generación de esta corriente será por medio de rectificadores trifásicos controlados como los que se muestran en la figura 4.1. En general los rectificadores controlados son sencillos y poco costosos y su eficiencia de rectificación es superior al 95%.



Figura 4.1 Rectificador trifásico controlado y sus componentes internos.

Para la conversión de energía de tipo alterna trifásica a directa, es necesario convertir la potencia de una forma en otra, las características de los dispositivos de potencia permiten dicha conversión. Los convertidores o rectificadores estáticos llevan a cabo estas funciones de conversión y los podemos clasificar de la siguiente manera:

1. Rectificadores de diodos.
2. Convertidores C.A-C.D controlados.
3. Convertidores C.A-C.D (controladores de voltaje de C.A.).
4. Convertidores C.A-C.D (pulsadores de C.D.).
5. Convertidores C.D-C.A (inversores).
6. Interruptores estáticos.

#### 4.2 Rectificadores trifásicos controlados.

Los voltajes controlados se obtienen por medio de SCR de control y diodos. Es posible modificar el voltaje de salida de los rectificadores a SCR controlando el retraso o ángulo de disparo de los mismos. Un SCR de control de fase se activa aplicándole un pulso corto a su compuerta y se desactiva debido a la conmutación natural de la línea, en el caso de una carga altamente inductiva, se desactiva mediante el disparo de otro SCR durante el medio ciclo negativo del voltaje de entrada. En estos tipos de rectificadores se hace uso de dispositivos semiconductores de potencia, tales como transformadores, resistencias, capacitores, diodos y SCR's (ver figura 4.2).



Figura 4.2 Componentes de un rectificador.

Los rectificadores se pueden clasificar atendiendo al tipo de rectificación, pueden ser de media onda, cuando sólo se utiliza uno de los semiciclos de corriente, o de onda completa, donde ambos semiciclos son aprovechados.

Un rectificador trifásico de onda completa (que es el que se utiliza en el proceso de la Galvanostegia) convierte la totalidad de la forma de onda de entrada en una polaridad constante en la salida, mediante la inversión de las porciones negativas de la forma de onda de entrada. Las porciones positivas se combinan con las inversas de las negativas para producir una forma de onda parcialmente positiva (ver figura 4.3).

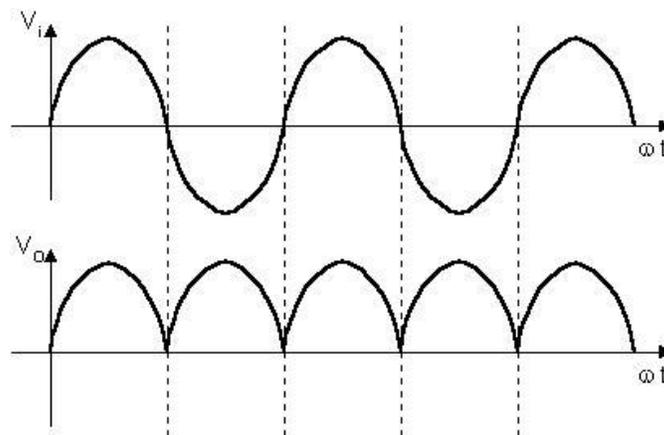


Figura 4.3 Onda completa rectificada.

El transformador (ver figura 4.4) convierte la tensión alterna trifásica de entrada en otra tensión alterna trifásica de menos valor, esta tensión es rectificada durante el primer semiciclo por un diodo D1 y durante el segundo semiciclo por un diodo D2, de forma que a la carga R (o a la pieza a recubrir) le llega una tensión continua pulsante muy impura ya que no está filtrada ni estabilizada.

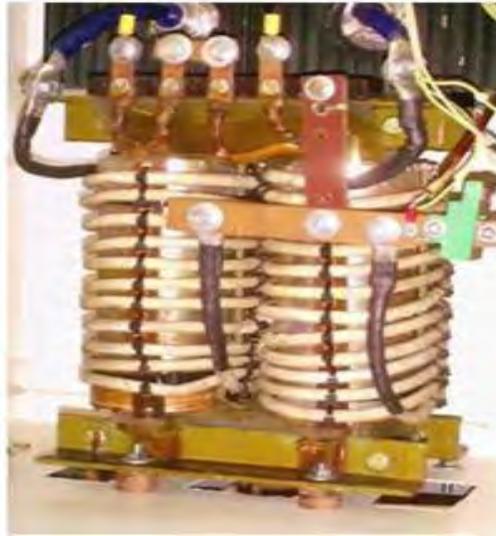


Figura 4.4 Transformador reductor de voltaje.

#### **4.3 Filtrado de una señal.**

La corriente continua obtenida en la salida de los rectificadores es pulsatoria, lo que la inutilizaría para la mayoría de las aplicaciones.

Para evitar este inconveniente se procede a un filtrado para eliminar el rizado de la señal pulsante rectificada. Esto se realiza mediante filtros RC (resistencia-capacitancia) o LC (inductancia-capacitancia), obteniéndose finalmente a la salida una corriente continua con un rizado que depende del filtro y la carga. Debe notarse que este filtro no es lineal, por la existencia de los diodos y SCR.

#### **4.4 Descripción de componentes básicos de un rectificador.**

Para poder darle mantenimiento a un rectificador es importante saber el funcionamiento de sus componentes básicos tales como diodos y SCR's que son los que más comúnmente se averían, es por eso que es importante conocer cómo trabajan.

Funcionamiento de diodos.

Los diodos semiconductores de potencia juegan un papel significativo en los circuitos electrónicos de potencia. Un diodo funciona como un interruptor. Un diodo de potencia es un dispositivo de unión “pn” de dos terminales (ver figura 4.5)

Cuando el potencial del ánodo es positivo con respecto al cátodo, se dice que el diodo tiene polarización directa o positiva y el diodo conduce. Un diodo en conducción tiene una caída de voltaje directa relativamente pequeña a través de sí mismo; la magnitud de esta caída de voltaje depende del proceso de manufactura y de la temperatura de la unión. Cuando el potencial del cátodo es positivo con respecto al ánodo se dice que el diodo tiene polarización inversa. Bajo condiciones de polarización inversa, fluye una pequeña corriente inversa (también conocida como corriente de fuga) en el rango de los micro o miliamperios.



Figura 4.5 Diodo de disco y su simbología.

Idealmente, un diodo no debería tener tiempo de recuperación inversa. Sin embargo, el costo de fabricación de un diodo semejante aumentaría. En muchas aplicaciones no son de importancia los efectos del tiempo de recuperación inversa y se pueden utilizar diodos poco costosos. En los rectificadores trifásicos C.A-C.D usados en la Galvanostegia es común el uso de diodos de recuperación rápida como el mostrado en la figura 4.5 ya que tienen un tiempo de recuperación por lo general menor que 5  $\mu$ s. Estos diodos cubren especificaciones de corriente, desde menos de uno

hasta cientos de amperios, con especificaciones de voltaje desde 50 V hasta aproximadamente 3 kV.

Cómo comprobar el funcionamiento de un diodo.

El método de prueba que propongo aquí es el de medición de un diodo con un multímetro analógico. Para iniciar se coloca el selector para medir resistencias (ohmios), sin importar de momento la escala se realizan las dos pruebas siguientes:

1. Se coloca el cable de color rojo en el ánodo del diodo y el cable de color negro en el cátodo, el propósito es que el multímetro inyecte una corriente continua en el diodo, si la lectura de la resistencia es baja indica que el diodo, está polarizado en directo y funciona bien y circula una corriente a través de él (como debe ser). Si la lectura de resistencia es muy alta puede ser un síntoma de que el diodo esté “abierto” y debe ser reemplazado.

Funcionamiento de un SCR (Silicon Controlled Rectifier).

Un SCR es uno de los tipos más importantes de dispositivos semiconductores de potencia. Los SCR se emplean en forma extensa en los circuitos electrónicos de potencia. Se operan como conmutadores biestables pasando de un estado no conductor a un estado conductor. Para muchas aplicaciones se puede suponer que los SCR son interruptores o conmutadores ideales, aun que los SCR prácticos exhiben ciertas características de limitaciones (ver figura 4.6).

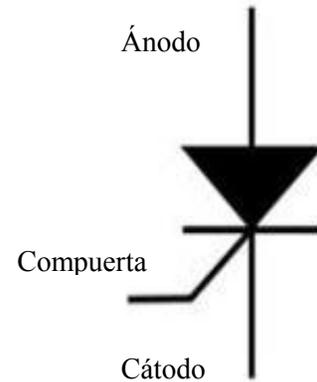


Figura 4.6 Simbología de un SCR.

Un SCR es un dispositivo semiconductor de cuatro capas de estructura pnpn con tres uniones pn. Tiene tres terminales ánodo, cátodo y compuerta. Al poner en funcionamiento un SRC se debe tener en cuenta los siguientes puntos en la activación por medio de su compuerta:

1. La señal de compuerta debe eliminarse después de activado el tiristor, una señal continua de compuerta aumentaría la pérdida de potencia.
2. Mientras el tiristor esté en polarización inversa, no debe haber señal de compuerta; de lo contrario, el tiristor puede fallar debido a una corriente de fuga incrementada.

Cómo comprobar el funcionamiento de un SCR.

Se pueden probar usando un multímetro sobre la escala de resistencia. El procedimiento de prueba de un SCR, es el siguiente:

Se ajusta el multímetro sobre la escala de RX100, conectamos la punta negativa del medidor al cátodo, hay que poner en corto circuito la compuerta del ánodo usando un alambre para puentear.

El medidor ó multímetro debe leer casi 0 ohms. Se retira el alambre usado como puente y debe permanecer la misma lectura de resistencia baja. A continuación hay que invertir las puntas del medidor de manera que la terminal positiva esté sobre el cátodo y la terminal negativa sobre el ánodo, el lector debe tener una lectura de casi infinito, hay que poner en corto la compuerta al ánodo con un puente de alambre, la resistencia leída en el medidor debe permanecer en un valor alto.

Circuito de disparo de un SCR.

El circuito de alimentación eléctrica está sujeto a un alto voltaje por lo general mayor de 100 V, y el circuito de compuerta se mantiene a un bajo voltaje típicamente de 12 a 30 V., se requiere de un circuito aislante entre su voltaje de alimentación y su circuito generador de impulso de compuerta. El aislamiento se puede llevar a cabo ya sea mediante transformadores de pulso, o mediante acopladores ópticos. Todo este aislamiento origina necesariamente un circuito electrónico de disparo para los SCR. Cuando esté circuito de disparo se descompone es mejor hacer el reemplazo del mismo que repararlo, ya que repararlo lleva su tiempo y no es garantía de que vuelva a funcionar.



Figura 4.7 Circuito de disparo de un SCR.

CAPÍTULO 5

MANTENIMIENTO A  
CALDERAS Y CHILLER  
OCUPADOS EN EL  
PROCESO DE LA  
GALVANOSTEGIA

TESIS: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN EL PROCESO DE LA  
GALVANOSTEGIA

### **5.1 Instalación de una caldera.**

El vapor es altamente utilizado para calefacción, para secar pastas, para evaporar disoluciones químicas, para mover turbinas, para realizar miles y miles de procesos. En la industria de la Galvanostegia existe la necesidad de calor y energía al mismo tiempo para el calentamiento de los ácidos de desengrase de piezas y el vapor es la energía más utilizada. El vapor es fácil de producir, se obtiene del agua y generalmente se requiere de un recipiente adecuado para producirlo industrialmente, este recipiente es una caldera o un generador de vapor.

La instalación de una caldera y equipo relacionado, debe seguir las normas del National Board of Fire Underwriters, también debe estar de acuerdo con los códigos estatales y locales relacionados con el equipo. Antes de la instalación, se debe consultar a las autoridades correspondientes que tengan jurisdicción para obtener los permisos de funcionamiento, todas las calderas deben ser operadas con cuidado y por personal capacitado y certificado, el mantenimiento debe ser constante y en él se deben emplear repuestos originales, una caldera en mal estado puede ser causa de muy peligrosos accidentes que pueden costar la vida de las personas cercanas a ella en caso de una explosión.

Las causas más comunes de explosión de una caldera se relacionan con:

1. Bajo nivel de agua.
2. Explosiones en el lado del fuego por falta de pre-purgas y post-purgas.
3. Por un mal funcionamiento de las válvulas de seguridad.

Las calderas modernas se construyen según normas de fabricación de prestigio internacional y van provistas de sistemas automáticos de operación y seguridad, algunas personas piensan que al ser su caldera completamente automática, está protegida contra accidentes, sin comprender que todo recipiente a presión bajo fuego es potencialmente peligroso y que los controles automáticos no sustituyen a las reglas de seguridad.

La caldera Cleaver Brooks (CB) es una caldera pirotubular de construcción de acero soldado y consiste de un recipiente de presión, quemador, controles del quemador, ventilador de tiro forzado, compuerta de aire, bomba de aire, refractario y componentes relacionados (ver figura 5.1). Este será el modelo de estudio en este capítulo y será la base para los procedimientos de mantenimiento y análisis.

Capacidad clasificada.	[125 a 350 HP]
Presión de trabajo.	[1 kg/cm <sup>2</sup> ]
Fluido vapor.	
Combustible.	[Aceite y gas, combinación de ambos]

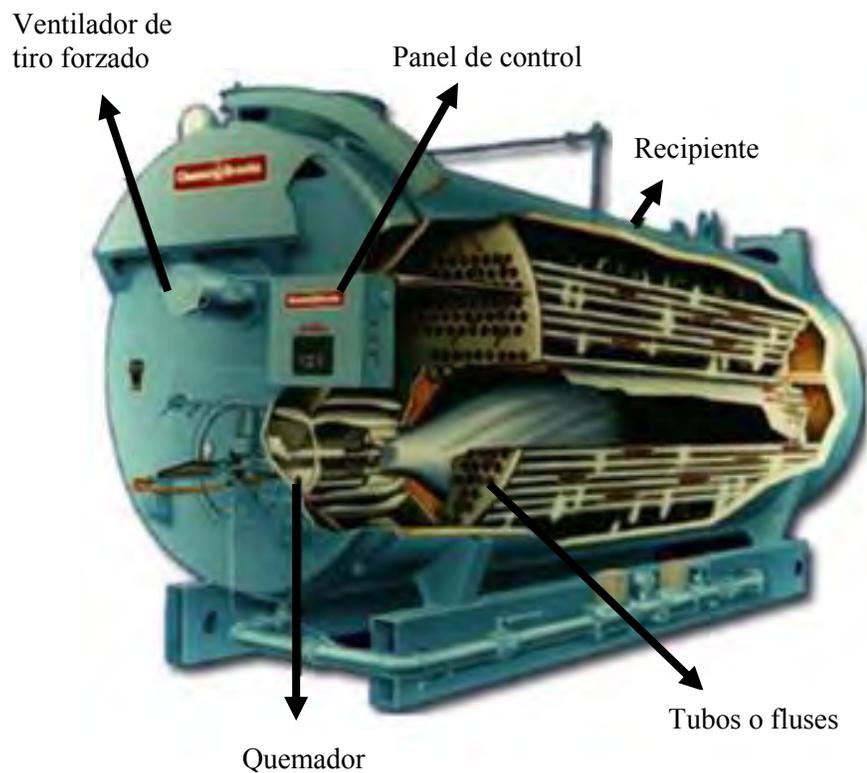


Figura 5.1 Caldera de vapor.

## 5.2 Términos comunes a calderas.

A continuación daré algunos términos comunes a calderas para familiarizarnos con ellas.

- Caldera de vapor: es la serie de dispositivos que aprovechando el poder calorífico de un combustible producen vapor.
- Caballo Caldera: el término Caballo Caldera es una denominación antigua pero se aplica todavía para designar capacidades de calderas pequeñas y medianas. Se dice que una caldera tiene una capacidad de un Caballo Caldera, cuando es capaz de producir 15.65 Kg/hr., de vapor saturado a 100°C, utilizando agua de alimentación que este entre 70-80°C. Cuando ésta cantidad de vapor se produce por cada m<sup>2</sup> de superficie de calefacción se dice que la caldera está trabajando al 100% de carga.

Comercialmente se acostumbra expresar la capacidad según el tamaño relativo de las calderas y prácticamente encontramos dichas capacidades en los siguientes términos:

- a) Calderas pequeñas: [Kcal/hr] [Btu/hr] [Hp]
- b) Calderas medianas: [Caballos Caldera] [Hp]
- c) Calderas grandes: [Kg/hr] [Ton/hr] [Lbs/hr]

## 5.3 Funcionamiento de una caldera alimentada con aceite liviano y gas.

El aire para la combustión (aire secundario) es suministrado por un ventilador de tiro forzado montado en la puerta delantera de la caldera (ver figura 5.1), el aire es forzado a pasar a través de una placa difusora para lograr una mezcla completa con el combustible para una combustión apropiada. Un transformador llamado de ignición suministra corriente de alto voltaje para la chispa de encendido. El piloto de gas tiene un electrodo, y con la chispa forma un arco entre la punta del electrodo y la pared del tubo que lo encierra formando la llama. La válvula solenoide del piloto de

gas y el transformador de ignición se desactivan después de que se enciende y se establece la llama principal.

Después de encendida la llama principal existe un flujo de aceite liviano (diesel) y gas al quemador (ver figura 5.3). El suministro de aceite liviano y gas es controlado por el movimiento del vástago de una válvula medidora y una válvula solenoide respectivamente, las dos variarían el flujo para satisfacer las demandas de carga (ver figura 5.2). La válvula medidora y la compuerta de aire se controlan simultáneamente todo el tiempo por el motor modulador para repartir proporcionalmente el aire de combustión y combustible, para ajustarse a los cambios en las demandas de carga.

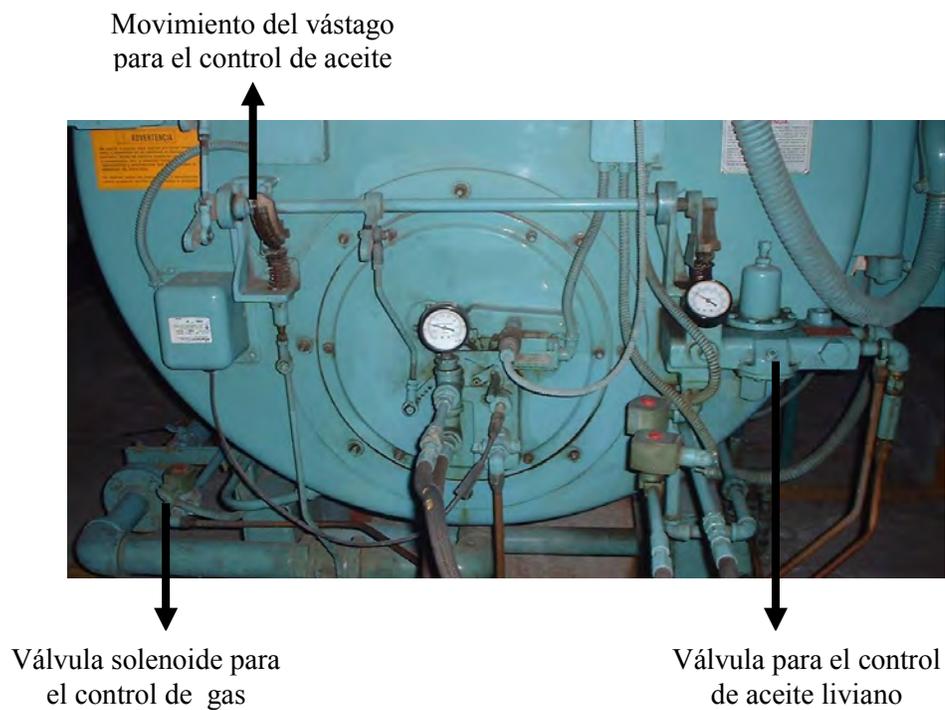


Figura 5.2 Parte frontal de una caldera.

#### 5.4 El quemador y su importancia para la eficiencia de una caldera.

Los quemadores modelo CB están convenientemente ubicados en la puerta frontal de la caldera a nivel del operador (ver figura 5.3). Para su mantenimiento el quemador puede ser fácilmente retirado y desmontado de la caldera para una inspección completa y facilidad de servicio.

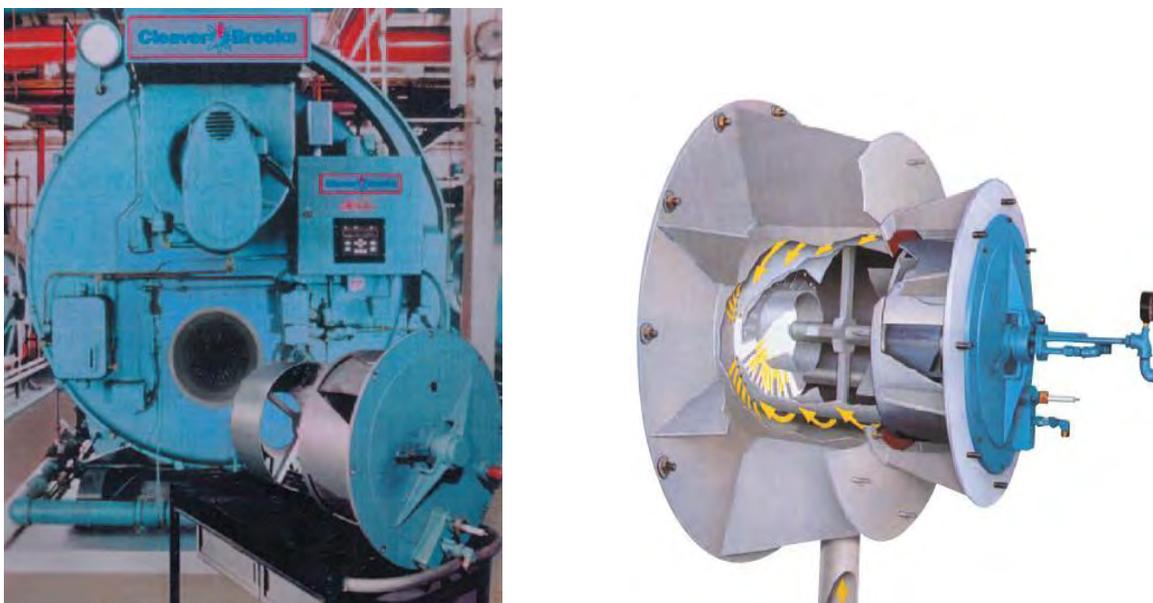


Figura 5.3 Quemador desmontado de la puerta delantera de una caldera.

Los quemadores de gas y aceite liviano incluyen el equipo apropiado para cada combustible. El aceite liviano antes de ser quemado necesita ser atomizado o mezclado con aire, por tal motivo las calderas tienen un sistema de abastecimiento de aire llamado primario y que es independiente del ventilador de tiro forzado (aire secundario).

La secuencia de operación del quemador, desde que se enciende hasta que se apaga, está controlada por el relevador de programación en conjunto con los dispositivos de operación, limitador y

entrecierre, los cuales están conectados al circuito para proporcionar una operación segura y proteger contra técnicas incorrectas de operación. El guardallama y el relevador de programación incluyen un detector de llama (sensitivo a rayos infrarrojos) para vigilar la llama del aceite liviano y del gas, y para apagar el quemador en caso de falta de llama. El sector programador del control proporciona un período de prepurga, prueba del piloto y de la llama principal y un período de operación continuo del ventilador para la purga posterior de la caldera de todos los vapores de combustible sin quemar. Otros controles eléctricos de seguridad apagan el quemador bajo condiciones de bajo nivel de agua, presión excesiva del vapor o alta temperatura del agua.

La eficiencia de una caldera está directamente relacionada entre el quemador y el calor que suministra el combustible y es determinada por dos factores:

- 1) Diseño de una caldera: El diseño de la caldera y la limpieza de las superficies de calefacción son los factores que permiten la transferencia del calor al agua. Buen diseño y superficies limpias representan máxima transferencia de calor y menos pérdidas por la chimenea. Diseños anticuados, hollín e incrustación en los tubos de la caldera, reducen la transferencia de calor, incrementan la temperatura de los gases en la chimenea y consecuentemente producen una eficiencia reducida.
- 2) Diseño del quemador: Todos los quemadores requieren un exceso de aire adicional a la cantidad de aire químicamente necesario para la combustión. Si se suministra una cantidad de aire insuficiente para la combustión, la flama humeará y cubrirá los tubos de hollín y carbón. En caso contrario, si emplea un exceso de aire, el aire innecesario es calentado y este aire calentado es expulsado por la chimenea llevando consigo considerables cantidades de calor que es desperdiciado.

En una caldera se puede hablar de tres tipos de eficiencia:

1. Eficiencia de combustión: es la efectividad exclusiva del quemador y está relacionada con su habilidad para quemar totalmente el combustible. La caldera propiamente tiene poca

relación sobre la eficiencia de combustión. Con un 15% a 20% de exceso de aire, un buen quemador deberá tener una eficiencia de combustión de 94% a 97%.

2. Eficiencia térmica: esta es la efectividad de transmisión de calor en un cambiador de calor. Esta no toma en cuenta las pérdidas por radiación y convección, la variación en el poder calorífico, precisión en la medida del combustible, vapor de agua, o peso de los accesorios.
3. Eficiencia total de la caldera: es un término general y significa la eficiencia combustible a vapor. La eficiencia total de una caldera es la relación entre el calor aprovechado por el fluido (agua y vapor) y el calor que suministra el combustible en una hora.

La eficiencia afecta directamente el costo de tener una caldera funcionando. El factor más importante a tener en cuenta es el precio del combustible, una pérdida de eficiencia del 2% al 5% puede hacer una gran diferencia en los pagos anuales de combustible. Hay que notar que el incremento en el costo del combustible es más grande que el porcentaje de disminución en la eficiencia de la caldera, por ejemplo:

1. A 5% de caída de la eficiencia, el costo de tener una caldera funcionando se incrementa en 6.5%.
2. A 7% de caída de la eficiencia, el costo de tener una caldera funcionando se incrementa en 9.5%.
3. A 10% de caída de la eficiencia, el costo de tener una caldera funcionando se incrementa en 14.3%.

#### **5.4.1 Productos de la combustión.**

Es de suma importancia conocer el tipo de humo que se desprende al efectuarse la combustión; sabemos que los gases de la combustión son una mezcla de sustancias químicas gasificadas cuya proporción es según el desarrollo de la combustión misma.

El hollín, también llamado combustible coquizado teóricamente es combustible no quemado o quemado parcialmente, Prácticamente es resultado de una combustión incompleta. Se presenta en dos formas, algunas veces en forma volátil y en otras coquizado, cuando se presenta en esta forma recibe vulgarmente el nombre de escoria.

El control de aire suministrado al quemador de una caldera para que se realice una combustión completa es un aspecto muy importante, pues al haber un exceso de aire, el rendimiento es menor por que se calienta una cantidad de aire innecesario que no interviene en la combustión y que escapa por la chimenea a una temperatura elevada. Por otro lado debe evitarse la falta de aire pues, existe el peligro de la formación de CO (monóxido de carbono), resultante de una combustión incompleta del carbono, debemos tomar en cuenta que el CO es directamente proporcional a la cantidad de exceso de aire.

Si la temperatura de los gases que escapa por la chimenea es mayor en 83°C de la del vapor, significa que la eficiencia del quemador es baja. La solución es la limpieza de fluses y ajustes al quemador, si esto no reduce la temperatura de los gases, es que el quemador es de un diseño deficiente. Alta temperatura de gases de combustión significa desperdicio de calor.

El propósito general de las chimeneas en las calderas es el de llevar los gases hasta un lugar seguro, el diámetro de la chimenea debe ser igual al de la salida de la caldera. Será necesario el uso de sombrero en la salida para evitar la entrada de agua en caso de lluvia o de nieve si el clima es frío, se recomienda instalar un termómetro en la salida de la chimenea para mantener un control de la temperatura de los gases y así revisar la eficiencia del quemador.

### **5.5 Sistema de agua para caldera.**

Antes de ingresar agua a una caldera para su evaporización será necesario darle un tratamiento previo para evitar que se presenten problemas de diversa índole, tales como: sedimentaciones, incrustaciones, fragilizaciones o corrosiones.

El agua en todo su proceso de vaporización, condensación y precipitación en forma de lluvia se va contaminando con impurezas que se encuentran en la atmósfera, en el suelo, en el subsuelo o en los ríos, esa agua que se utiliza para alimentar una caldera al fluir dentro de ella continuamente y a medida que el vapor se va generando va dejando impurezas dentro de la caldera.

Al calentarse el agua se van separando sus componentes (oxígeno y el anhídrido carbónico), luego se depositan las impurezas difícilmente solubles quedando en forma de “incrustaciones”. Las sales fácilmente solubles siguen disueltas y no causan daños pero sí pueden aumentar el punto de ebullición del agua si la solución es muy concentrada. El efecto de las incrustaciones en una caldera se resiente en los tubos o fluses, toda vez que la incrustación trabaja como aislante térmico entre el agua y el acero de los fluses, disminuyendo así la eficiencia de una caldera. El caso del sulfato de calcio, que es muy poco soluble a altas temperaturas es típico y produce la formación de capaz incrustantes bastante difícil de remover, dificultando además en forma muy marcada la transmisión del calor, que se refleja en sobrecalentamiento de las partes metálicas.

Uno de los factores principales para la operación óptima de una caldera es el de contar con un sistema de suministro de agua el cual sea adecuado. Es indispensable mantener un nivel de agua constante para que no ocurra una explosión.

Todo sistema efectivo de alimentación de agua a calderas debe contar con:

- a) Tanque de almacenamiento.
- b) Equipo de bombeo.
- c) Control del sistema.

Es importante tener una reserva de agua para evitar una explosión por falta de la misma. Un criterio recomendable para la cantidad de agua de reserva es la de almacenar una cantidad mínima de agua suficiente para sostener el funcionamiento de la caldera por lo menos durante 20 minutos. En la mayoría de los casos para cumplir con el almacenamiento de agua se utiliza un recipiente el cual

además de mantener la reserva mínima, sirve también para recibir los retornos de condensados de alta y baja presión el cual se denomina tanque de condensados.

El agua de alimentación de calderas deberá estar a una temperatura aproximada de entre 70-80°C para evitar problemas de dilatación, contracciones y choques térmicos, de aquí la conveniencia de utilizar un mismo tanque para almacenar la reserva mínima y recibir los condensados lográndose con esto elevar la temperatura del agua que entrara en la caldera. En ocasiones el tanque de condensado será necesario substituirlo por un desaerador, que es un equipo diseñado primordialmente para la eliminación del aire y de gases corrosivos presentes en el agua de alimentación y para el precalentamiento de la misma, quedando así ampliamente protegidos la caldera y el equipo auxiliar conectado a ella.

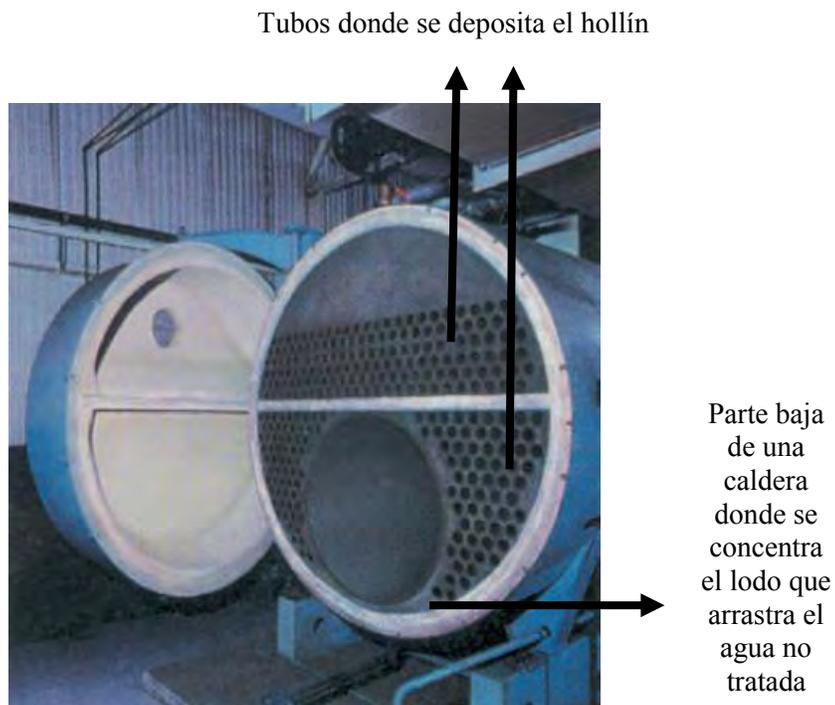


Figura 5.4 Acumulación de impurezas en una caldera por agua no tratada.

Un vapor húmedo indica una operación defectuosa de la caldera. Los arrastres de agua pueden ser muy destructivos para tuberías, motores eléctricos o máquinas. Partes internas defectuosas de la caldera pueden ser la causa de un vapor exageradamente húmedo, así como del espumeo, cualquiera que sea el problema el resultado es “el acarreo”, o sea, la presencia de pequeñísimas gotas de agua que arrastran impurezas en el flujo del vapor.

### 5.5.1 Tratamiento del agua para caldera.

Como mencione anteriormente el agua pura difícilmente se encuentra en la naturaleza y sus impurezas son variadas. El agua de servicio municipal no es apropiada en su condición normal para alimentación de calderas, es necesario someterla a un tratamiento:

Los efectos de las impurezas del agua de alimentación no tratada (o suavizada) en las calderas son:

1. Formación de lodo el cual se deposita en la superficie de calentamiento con el consiguiente peligro, un sobrecalentamiento de placas o tubos.
2. Formación de incrustaciones en las superficies de calentamiento, lo cual retarda la transmisión de calor por el metal, perdiéndose así calor y causando peligro de que las placas se sobrecalienten y quemen además provoca corrosión (ver figura 5.6).



Figura 5.5 Corrosión de fluses o tubos que impiden la eficiente transmisión de calor.

El tratamiento del agua de alimentación a la caldera se puede dividir en dos grandes grupos. Dependiendo de la calidad del agua de alimentación será necesario aplicar uno o varios de los procesos que a continuación expongo.

1. Tratamiento externo:

- a) Filtración.
- b) Sedimentación.
- c) Coagulación.
- d) Desaeración.
- e) Suavización.
- f) Dealkalización.
- g) Desmineralización.
- h) Proceso de cal sodada en frío.
- i) Procesos de cal sondada en caliente.
- j) Destilación.
- k) Tratamiento de los condensados.

2. El tratamiento interno es utilizado para contrarrestar:

- a) Pequeñas cantidades de dureza resultantes del tratamiento externo o introducidas en el retorno de condensados.
- b) La tendencia corrosiva del agua debida a la presencia del oxígeno y bióxido de carbono.
- c) La cantidad de sales en el agua de compensación por medio de compuestos especiales para caldera.

La tubería de alimentación de agua a una caldera puede contener aceite, grasa o materia extraña. Hay que eliminar estas impurezas para evitar daños a las superficies interiores del recipiente de

presión. Si existe una limpieza química (generalmente necesaria) se deberá drenar todo el sistema después del tratamiento.

### **5.6 Purga de una caldera.**

La purga de una caldera es la eliminación de agua concentrada en el recipiente de presión y su remplazo con agua de alimentación, a fin de disminuir la concentración de sólidos.

Hay dos tipos de purga:

1. Purga manual intermitente: los orificios de purga o drenaje están localizados en la parte más baja de la caldera, de forma que además de bajar la concentración de sólidos disueltos en el agua del recipiente de presión, también remueven una parte del lodo acumulado en la parte más baja del recipiente. Toda la descarga de purga debe ser hacia un lugar seguro y la tubería debe estar muy bien soportada.
2. Purga continua: el orificio de drenaje se encuentra en la línea central superior del recipiente de presión y su propósito es eliminar el sedimento superficial, aceite u otras impurezas del agua del recipiente de presión. La válvula de este tipo de purga se ajusta periódicamente para aumentar o disminuir la cantidad de purga de acuerdo con los resultados de análisis del agua.

Las purgas a una caldera se deben realizar por lo menos 3 veces al día, es recomendable tener en el cuarto de calderas una hoja de reportes donde se anote la fecha y la hora en que se realizó la purga, y así mantener un riguroso control.

### **5.7 Línea de combustible liviano (diesel).**

Las dimensiones de la tubería del diesel (también llamado aceite liviano) son de gran importancia para el buen funcionamiento de una caldera. Se debe tener especial cuidado con la línea de succión

desde el tanque de almacenamiento hasta la bomba; hay que hacer énfasis en la ubicación adecuada de la bomba de combustible, así como también la determinación de un vacío de succión adecuado.

Los puntos a tomar en cuenta en una bomba utilizada para suministro de combustible son:

1. La elevación vertical desde el tanque a la bomba.
2. La caída de presión a través de las válvulas, filtros, conexiones etc., en la línea de succión.
3. Las pérdidas por fricción debidas al flujo de combustible a través de la tubería de succión, estas pérdidas varían de acuerdo a:
  - a) Temperatura de bombeo de combustible, la cual determina la viscosidad del mismo.
  - b) La cantidad de combustible bombeado.
  - c) La longitud total de las líneas de succión.
  - d) Diámetro de la línea de succión.

### **5.8 Abastecimiento de energía eléctrica a calderas Cleaver Brooks.**

Generalmente la mayoría de las calderas tienen incorporadas las siguientes cargas eléctricas:

1. Circuito de control.
2. Motor eléctrico para el ventilador.
3. Motor eléctrico de la bomba de agua.
4. Motor eléctrico de la bomba de combustible.

Para el correcto funcionamiento del equipo eléctrico, es conveniente que el voltaje se mantenga lo más constante posible esto es de vital importancia para el circuito de control, el cual no admite variaciones en  $\pm 10\%$  de los volts nominales.

Es indispensable que los controles eléctricos se encuentren protegidos contra polvo, el calor y la humedad. En general la instalación debe reunir los requerimientos del reglamento de instalaciones eléctricas.

Para la conexión correcta de los motores eléctricos, es de suma importancia conocer capacidad y tipo de trabajo a desarrollar para ver si es posible conectarlo en forma directa o si hay necesidad de protección adicional.

La capacidad de protección de los elementos térmicos, deberá ser como mínimo 1.25 veces la corriente de placa, es decir, también los elementos térmicos son calculados para una corriente 1.25 veces la de placa y que su acción retardada les permita soportar la corriente de arranque.

#### **5.9 Recomendaciones para el mantenimiento de una caldera Cleaver Brooks.**

Las calderas Cleaver Brooks tienen la ventaja de simplificar el mantenimiento rutinario, disminuyendo el tiempo requerido de horas a minutos, puertas pivotadas con bisagras mantenidas en su lugar por unos cuantos pernos, giran para abrirse y exponer los tubos para su limpieza e inspección correspondiente (ver figura 5.6), no hay necesidad de romper líneas de aceite o eléctricas, el refractario trasero está totalmente contenido en la puerta trasera, las puertas delantera y trasera están selladas con empaques premoldeados y resistentes al calor.

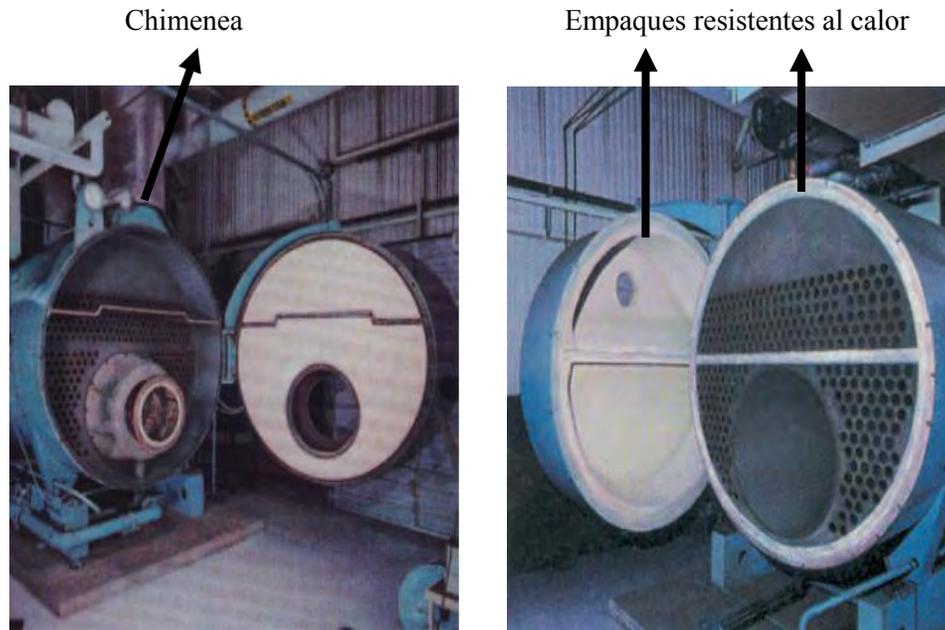


Figura 5.6 Puertas pivotadas que abren y cierran facilitando el mantenimiento, puerta frontal (izq) y trasera (der).

Para un correcto desempeño de una caldera se debe realizar un buen plan de mantenimiento que permita un óptimo funcionamiento, el plan de mantenimiento que recomiendo seguir es:

- I. Mantenimiento diario.
  1. Limpiar las boquillas del quemador.
  2. Comprobar el nivel del lubricante del compresor en el tanque aire-aceite, si esta abajo ponerlo en nivel.
  3. Purgar la caldera por lo menos cada ocho horas de trabajo, tanto la purga de fondo como de sus columnas de control de nivel.
  4. Comprobar que las presiones indicadas por los manómetros de entrada al combustible, la presión en la válvula medidora y la presión de salida de combustible, son las fijadas en su Manual de Operación.

5. Comprobar si la presión de aire de atomización es la correcta.
6. Comprobar la temperatura de los gases de la chimenea.

II. Cada tercer día.

1. Comprobar que las trampas de vapor operan correctamente.
2. Limpiar los filtros de combustible que están en la succión de la bomba.

III. Cada ocho días.

1. Comprobar que no hay fugas de gases en las juntas de ambas tapas.
2. Lavar los filtros de agua al tanque de condensados.
3. Limpiar el electrodo del Piloto de gas.

IV. Cada quince días.

1. Probar la operación de protección por falla de flama.
2. Revisión a él quemador (presión, temperatura. Etc.).

V. Cada mes.

1. Comprobar voltajes y cargas que toman los motores eléctricos.

VI. Cada cuatro meses.

1. Es conveniente destapar tortugas o registros de en medio y de la parte de abajo de la caldera, para ver el estado de limpieza interior.

2. Cada vez que se desholline es conveniente para la mejor conservación del refractario, darle una lechada con cemento refractario, tanto a la tapa trasera como al refractario del horno. Revisar los empaques y recubrirlos con grafito y aceite.
3. Tirar ligeramente de las placas de las válvulas de seguridad para que escapen y evitar se peguen en su asiento.

VII. Cada seis meses.

1. Limpieza general de los contactos de los arrancadores con un trozo de trapo humedecido con tetracloruro de carbono.
2. La caldera deberá ser enfriada y secada, las cubiertas quitadas y el interior debe ser lavado con agua a presión. Tubos y espejos deberán ser inspeccionados al mismo tiempo para buscar incrustaciones.

VIII. Cada año.

1. Revisar el estado en que se encuentran todas las válvulas de la caldera, si están dañadas cambiarlas por otras nuevas.
2. Reengrasar los baleros de las bombas de agua y de combustible.

### **5.10 Introducción a los enfriadores o chiller.**

Los enfriadores de líquido son ampliamente utilizados en los procesos industriales (textileras, industria del plástico, etc.), en el proceso de la Galvanostegia sirven para enfriar los selladores (de 8-16°C), un sellador es un recubrimiento final que se le impregna a una pieza ya procesada para evitar ralladuras u oxidaciones no controladas.

Las siguientes descripciones sirven al usuario de las unidades RTWD de Trane como guía para los procedimientos adecuados de instalación, puesta en servicio, funcionamiento y mantenimiento. No

contiene todos los procedimientos de servicio necesarios para el funcionamiento continuo y correcto de este equipo. Por tal motivo en ocasiones será necesario contratar los servicios de técnicos calificados, a través de un contrato de mantenimiento con una compañía de servicio acreditada.



Figura 5.7 Chiller o enfriador de líquidos RTWD.

Se hace especial hincapié en la importancia de realizar comprobaciones periódicas de los parámetros de funcionamiento de la unidad, así como del mantenimiento preventivo, que reduce el costo de tenencia de la unidad al evitar averías graves y costosas. El mantenimiento regular garantiza que se detecte y corrija cualquier anomalía a tiempo, con lo que se reduce al mínimo la posibilidad de que se produzcan averías importantes. Por último, un mantenimiento regular contribuye a garantizar la máxima vida útil del equipo.

Para evitar accidentes y averías, deben seguirse las recomendaciones siguientes al efectuar revisiones o reparaciones.

1. Al verificar la existencia de fugas, no se deben superar las presiones de prueba de alta y baja presión indicada en el manual, es indispensable disponer de un regulador de presión.
2. Desconectar siempre la tensión de alimentación eléctrica de la unidad antes de trabajar en la misma.

### 5.10.1 Descripción de la unidad.

Las unidades RTWD son enfriadoras de líquido equipadas con compresores de rotores helicoidales y un evaporador, diseñadas para funcionar con condensadores por aire RTCA. En caso de requerir un mantenimiento y en el mismo se tenga que cambiar alguna pieza será necesario tener a la mano la información contenida en la placa de características estándar de la unidad, en ella podremos observar el número de serie, el modelo, las características de alimentación eléctrica, capacidad de enfriamiento, características del compresor, presión de trabajo, tipo de refrigerante que utiliza, etc.

N° DE MODELE - MODEL NUMBER				
[Empty box for Model Number]				
[Empty box for Model Number]				
N° SERIE - SERIAL NUMBER		MOIS-MONTH / ANNEE-YEAR		
[Empty box for Serial Number]		[Empty box for Month/Year]		
	QTE-QTY	V / Hz / Ph	A max / FLA	kW max
COMPRESSOR	C1-C3	[Empty box]	[Empty box]	[Empty box]
COMPRESSOR	C2-C4	[Empty box]	[Empty box]	[Empty box]
VENTILATEUR - FANS	[Empty box]	[Empty box]	[Empty box]	[Empty box]
	[Empty box]	[Empty box]	[Empty box]	[Empty box]
POMPE A HUILE - OIL PUMP	[Empty box]	[Empty box]	[Empty box]	[Empty box]
AUXILIAIRES - AUXILIARY	[Empty box]	[Empty box]	[Empty box]	[Empty box]
CONTROLE - CONTROL	[Empty box]	[Empty box]	[Empty box]	VA
INTENSITE DEMARRAGE - STARTING AMPS [Empty box]				
INTENSITE NOMINALE RATED LOAD AMP	C1-C3/ C2-C4	[Empty box] A	BP/HP LP/HP	[Empty box] b
REFRIGERANT	[Empty box]	QTE - QTY C1/C3/C2-C4	[Empty box]	kg
HUILE - OIL	[Empty box]	QTE - QTY C1/C3/C2-C4	[Empty box]	l
PRESSION MAXI D'UTILISATION MAX WORKING PRESSURE	(bar)	BP [Empty box]	HP [Empty box]	HP [Empty box]
[Empty box]				
 <b>88190 GOLBEY - FRANCE</b> 				
AN AMERICAN STANDARD COMPANY				

Figura 5.8 Placa de características.

### **5.11 Elementos fundamentales de un sistema de enfriamiento.**

Un sistema de refrigeración por compresión consta, básicamente, de cuatro elementos que se consideran fundamentales a través de los cuales circula un fluido refrigerante. Estos elementos son:

1. Compresor: Aspira el fluido refrigerante a la presión de baja establecida y eleva su presión y temperatura hasta valores tales que se pueda efectuar la condensación. La descarga la efectúa al condensador.
2. Condensador: Es el elemento de la instalación que se encarga de pasar el estado de vapor del fluido refrigerante a estado líquido. El fluido refrigerante entra en el condensador en estado de gas y sale en estado líquido a la temperatura que se condensó o incluso a una temperatura menor si se produce subenfriamiento.
3. Dispositivo de expansión: Hace que el flujo, que entra en estado líquido, sufra una caída de presión y temperatura hasta la necesaria en el evaporador. También controla la cantidad de flujo refrigerante que debe entrar en el evaporador.
4. Evaporador: Se encarga de enfriar el líquido (en este caso es agua pero también puede ser un químico). Su misión es que el fluido refrigerante, que entra a baja presión y temperatura, efectúe el enfriamiento del agua. Es el elemento de la instalación donde el fluido refrigerante se evapora, robando el calor del agua debido a la diferencia de temperaturas (entre la que tiene el fluido refrigerante a baja presión y temperatura, y la del agua que rodea al evaporador).

#### **5.11.1 Compresor del enfriador.**

El compresor es el corazón de la instalación. Su función dentro del sistema de refrigeración consiste en aspirar el fluido refrigerante a baja presión y temperatura, comprimirlo y descargarlo a una presión y temperatura tales que se puedan condensar. En el compresor el fluido refrigerante se somete a una compresión mecánica por medio de un elemento compresor que realiza la reducción volumétrica.

El enfriador estudiado utiliza compresores helicoidales, también conocidos como compresores de husillos o de tornillos (ver figura 5.9) son distintos en su concepción y funcionamiento de los alternativos.

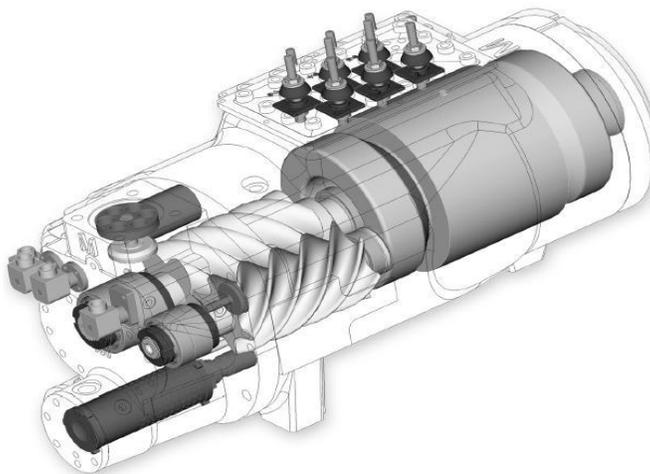


Figura 5.9 Compresor de husillos o de tornillos.

Consta de dos rotores llamados primario y secundario que montados en ambos extremos sobre cojinetes aseguran su exacta posición en el interior del compresor. El rotor primario, de cuatro lóbulos o helicoides, es accionado directamente por el motor eléctrico y gira a la misma velocidad que éste. Mediante un sistema de rodamiento, el rotor primario transmite el movimiento al rotor secundario que tiene seis lóbulos o helicoides y es del mismo diámetro pero gira a menos velocidad y en sentido contrario. Al girar ambos rotores dentro de la cavidad del compresor y debido a una pequeña separación que existe entre ellos, se producen las aberturas de espacios en la zona de aspiración que con el giro van disminuyendo con lo que se traslada y comprime el fluido hacia el otro extremo de los rotores, donde se produce la descarga del fluido refrigerante.

Estos compresores helicoidales llevan unos separadores de aceite, el aceite es inyectado a lo largo de los husillos para su lubricación y sellado al mismo tiempo, lo que facilita la compresión del

fluido. Como consecuencia de la alta temperatura que alcanza el aceite producto de la compresión, a la salida del separador y antes de volver al compresor, suele pasar por un enfriador que en éste caso es el mismo fluido refrigerante para el enfriamiento del aceite. Es muy importante controlar la temperatura del aceite, ya que tiene gran repercusión sobre el rendimiento del compresor por lo que se hace necesario seguir las instrucciones del fabricante al respecto.

Gracias al sistema de lubricación anteriormente mencionado, con estos compresores se consiguen unas relaciones de compresión elevadas, es decir, adecuadas para instalaciones que tengan que evaporar muy bajo y condensar a presiones altas, por tal motivo son los más utilizados en los sistemas de enfriamiento.

#### **5.11.2 Cambio de aceite de un compresor.**

Cargar correctamente el aceite resulta fundamental para el óptimo funcionamiento del compresor. Si el nivel de aceite es insuficiente el compresor puede calentarse en exceso y ser poco eficaz, en un caso extremo, un nivel insuficiente de aceite puede provocar fallos prematuros del compresor, pero si el nivel de aceite es excesivo circulará demasiado aceite lo que perjudicará el rendimiento del condensador y del evaporador, esto implica una disminución de la eficacia de la enfriadora.

El procedimiento de carga en obra depende de las circunstancias que hayan motivado la necesidad de carga de aceite. Algunos procedimientos de mantenimiento pueden conllevar la pérdida de peñas cantidades de aceite que deben reponerse, o en casos más extremos, puede ser necesario la extracción de la totalidad del aceite (si se quema el motor eléctrico del compresor o se extrae toda la carga para realizar la localización de averías de una unidad).

La operación de carga de aceite se puede realizar de diferentes maneras, según las características del compresor. Para ello es importante seguir las instrucciones de los fabricantes, algunos puntos importantes a tomar en cuenta son:

1. Tanto si se trata de una carga total o parcial de aceite, hay que extremar las precauciones para evitar la entrada de aire en el compresor.
2. No es conveniente mezclar aceites ni almacenarlos durante mucho tiempo una vez abiertos ya que podrían humedecerse y, por lo tanto, alterar sus propiedades.
3. El aceite debe cambiarse con la frecuencia estipulada por el fabricante en las instrucciones y, para ello, se debe utilizar una bomba independiente ya sea una manual o electrobomba. La descarga de la bomba se conectara a la válvula de descarga de aceite del compresor y la aspiración a una manguera que estará sumergida en el recipiente del aceite, las dos mangueras deberán purgarse pues hay que evitar la entrada de aire.

#### **5.12 Refrigerante de una unidad de enfriamiento.**

Una investigación científica demostró que ciertas sustancias químicas producidas por el hombre pueden afectar la capa de ozono estratosférica de la formación natural de la tierra cuando se liberan a la atmósfera. En particular, varias de las sustancias químicas identificadas que posiblemente afectan la capa de ozono son los refrigerantes los cuales contienen cloro, flúor y carbono (CFC por sus siglas en inglés), los gases CFC dada su gran estabilidad química permanecen durante mucho tiempo en la atmósfera lo que repercute desfavorablemente en el equilibrio ozono-oxígeno, por tal motivo es necesario hacer buen uso de este tipo de químicos para mantener la salud de nuestro planeta.

La evolución de los fluidos refrigerantes conduce a los fluidos hidrofluorocarbonados (HFC) sin cloro y con átomos de hidrógeno sin potencial destructor del ozono y muy bajo efecto invernadero. Por ejemplo el HFC R-134a (ocupado en los enfriadores RTWD) tiene un efecto nulo sobre la capa de ozono y se degrada rápidamente. Además, si se compara con los CFC, tiene una décima parte de su duración en la atmósfera y una décima parte del efecto de calentamiento.

Manejar responsablemente el uso de los refrigerantes es importante para el medio ambiente, es recomendable que todos los técnicos que utilizan refrigerantes deban estar certificados. La Federal

Clean Air Act (Ley Federal por el Aire Limpio, sección 608) establece los requerimientos para el manejo, demanda, recuperación y reciclaje de ciertos refrigerantes y del equipo que se utiliza en estos procedimientos de servicio. Además, es posible que algunos estados o municipios cuenten con requerimientos adicionales que también se deban acatar para el manejo responsable de refrigerantes, hay que informarse sobre las leyes vigentes y cumplir con ellas.

#### **5.12.1 Carga de Refrigerante R-134a.**

Para poder cargar refrigerante a una unidad (por el lado de baja presión) es necesario asegurarse de que la alimentación eléctrica de la unidad está desconectada antes de llevar a cabo este procedimiento. Será necesario colocar todos los seccionadores en la posición OPEN y bloquearlos para evitar que se produzcan lesiones graves o incluso mortales por electrocución. Se debe circular agua por el evaporador durante todo el procedimiento de carga para evitar que se congelen y se rompan los tubos del evaporador. En términos general se sigue este procedimiento.

1. Conectar el tubo flexible de carga a la válvula de servicio del evaporador. Abrir la válvula de servicio.
2. Añadir el refrigerante R-134<sup>a</sup>.
3. Cerrar la válvula, desconectar el tubo flexible de carga y arrancar la unidad. Supervisar el subenfriamiento.
4. Si el enfriamiento sigue siendo insuficiente, volver al paso 2.

Si la instalación requiere el montaje de una válvula de seguridad para el refrigerante, es indispensable montar dos válvulas: una entre el compresor y la válvula de servicio y la otra después de la válvula de servicio para proteger el condensador. La calibración de estas válvulas de seguridad no debe ser superior a 25 bares. Las tuberías de conexión deben ser del tamaño adecuado e instalarse correctamente, ya que estos factores afectan de forma significativa el rendimiento y a la fiabilidad del sistema.

### **5.12.2 Barrido de la carga en los lados de alta o baja presión del sistema.**

Para llevar a cabo operaciones de mantenimiento en el compresor o en el lado de baja presión, se debe llevar a cabo un barrido de todo el refrigerante y recogerlo en el lado de alta presión de la unidad (condensador). Aunque es preferible recoger la carga en el evaporador, siempre que esté disponible esta opción.

Procedimiento de barrido de la carga refrigerante en el lado de alta presión (condensador).

1. Asegurarse de que el circuito esté desconectado.
2. Cerrar la válvula de servicio de la tubería de líquido.
3. Cerrar la válvula de servicio de la tubería de retorno de aceite.
4. Arrancar la unidad con la herramienta de servicio en modo de barrido de carga.
5. Cuando la unidad se desconecta, la válvula de retención de descarga y la válvula de corte de la tubería de aceite se cierran.
6. Cerrar la válvula de servicio de descarga.
7. Cerrar la válvula de corte de la tubería de aceite.
8. Extraer el resto de la carga con la bomba de vacío

Después de estos pasos ya se pueden realizar las operaciones de mantenimiento del lado de baja presión y del compresor.

### **5.13 Pruebas de fuga y hermeticidad.**

Las fugas en las tuberías de un sistema de enfriamiento pueden ser debido a un error en el montaje, por ejemplo, una soldadura mal realizada, o producirse durante el funcionamiento de la instalación. En este último caso, principalmente surge por falta de mantenimiento adecuado, hay que tomar en cuenta que, la existencia de aire o de humedad favorecen los problemas de corrosión y, por tanto, el deterioro de ciertos elementos que sometidos a las presiones de trabajo provocan poros en

tuberías, que dan lugar a fugas del fluido refrigerante, las fugas implican una disminución de las presiones de trabajo originando baja eficiencia del enfriador.

Antes de la carga de refrigerante hay que proceder con la detección de las fugas y solucionarlas. La detección de las fugas por su olor, es bastante difícil en el grupo de los “freones” que carecen de aroma y no tanto con el amoníaco porque su olor es fuerte.

Uno de los síntomas que indican de que hay fugas en un punto del circuito es cuando se encuentra aceite en el exterior de la tubería. Para la localización de las fugas se puede recurrir a varios tipos de detectores, entre los que puedo citar:

- Lámpara halógena: consta de un tubo de goma que lo orientamos hacia donde queremos comprobar la fuga, en caso de encontrar una, la llama que existe en una botella que es de color azul cambia a verde, la intensidad del color es función de la fuga detectada.
- Detector electrónico de fugas: tiene una gran precisión por su gran sensibilidad, son muy adecuados para la detección de fugas muy pequeñas, las señales que emiten son acústicas o visuales.
- Agua jabonosa: el método clásico y más antiguo. Consiste en hacer agua jabonosa en un pequeño recipiente y con la ayuda de un pequeño trapo se cubre la tubería a examinar, en caso de detectarse fuga, se formarían burbujas.

Cuando se termina de realizar un mantenimiento importante existe la necesidad de hacer una prueba de vacío para asegurarse que el circuito esté perfectamente estanco (herméticos). Pero hay que tomar en cuenta que:

- Con el “purgado” de un chiller eliminamos el aire, pero no la humedad.
- Al realizar el vacío en una instalación se consigue extraer el aire y la humedad.
- No debe arrancarse nunca una instalación en vacío

Podemos hacer el vacío en un determinado tramo del circuito, ya sea en el de alta presión o al de baja o a los dos simultáneamente; pero siempre siguiendo los criterios de seguridad.

#### **5.14 Limpieza del evaporador.**

El circuito de agua enfriada es un circuito cerrado en el que no se deben acumularse incrustaciones ni sedimentos. Si se obstruye la enfriadora, se puede intentar solucionar la obstrucción invirtiendo el sentido del flujo de agua. Si esto no da resultado tras varios intentos, hay que limpiar el evaporador con productos químicos. No utilizar productos de limpieza ácidos, que podrían dañar las piezas de acero.

Un problema también presente es el hielo que se produce en el evaporador. Este hielo es perjudicial ya que actúa de aislante entre el agua y el fluido refrigerante, con lo cual tenemos un doble problema:

1. Impide que el agua al pasar por el evaporador se enfríe hasta la temperatura necesaria, obligando al compresor a trabajar en ciclos más largos.
2. Si no hay una buena transmisión de calor entre el agua y el refrigerante este no puede vaporizarse, lo que implica que salga en estado líquido hacia el compresor originando que el compresor se dañe.

Hay muchas maneras de eliminar el hielo del evaporador, pero todas se basan en la aportación de calor. Los métodos más empleados son:

1. Por agua caliente.
2. Por resistencias eléctricas.
3. Por gas caliente.
4. Por inversión del ciclo de trabajo.

### 5.15 Tratamiento del agua y limpieza de tuberías para un enfriador.

El uso de agua no tratada o tratada de forma inapropiada en las enfriadoras puede producir incrustaciones, erosión, corrosión y acumulamiento de algas o fango. La suciedad, las incrustaciones, la corrosión y otros elementos similares afectarán de forma negativa la transferencia de calor entre el agua y los componentes del sistema. La presencia de partículas extrañas en el sistema de agua enfriada también puede hacer que aumente la pérdida de carga y, por consiguiente, que se reduzca el caudal de agua. El tratamiento adecuado del agua debe determinarse de forma local según el tipo de sistema y las características del agua de la zona. No se recomienda utilizar agua salada.

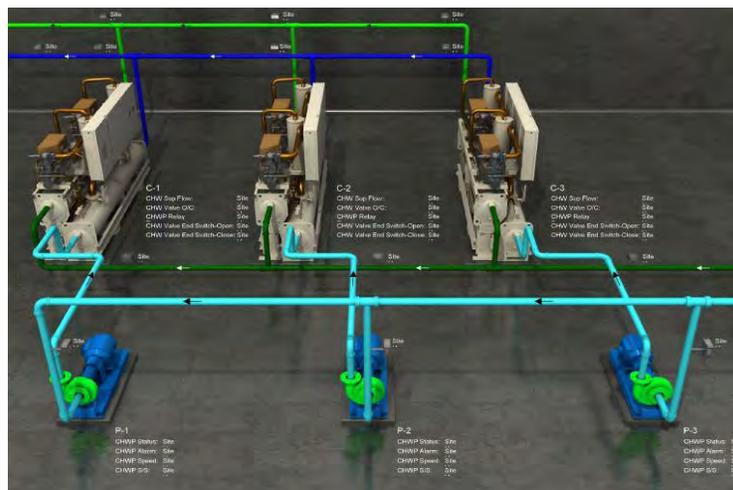


Figura 5.10 Sistema de tuberías de un enfriador.

La tubería de un sistema de enfriamiento debe contener diferentes filtros para la retención de partículas y suciedad que pudieran existir en el agua. Se sabe que un filtro está sucio cuando se produce una disminución de la temperatura en el filtro debido al impedimento de flujo. Si la temperatura después del filtro es  $4.4^{\circ}\text{C}$  inferior a la temperatura antes del filtro, deberá sustituirse, la medición de la temperatura se puede realizar con una sonda conectada en la tubería (ver figura

5.11). Una disminución de la temperatura puede indicar también que la carga de refrigerante es insuficiente.

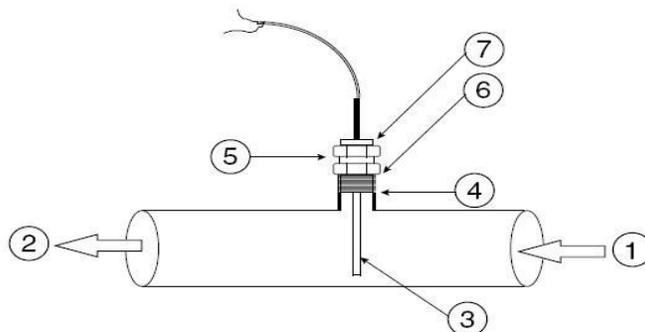


Figura 5.11 Sonda de temperatura. 1) Entrada. 2) Salida. 3) Sonda. 4) Acoplamiento 174'' NPT.  
5) Racor de compresión. 6) Cuerpo de racor. 7) Tuerca de fijación.

Si se utiliza una solución ácida comercial para el lavado de las tuberías, hay que preparar un conducto de desviación temporal alrededor de la unidad para evitar que los componentes internos del evaporador sufran daños.

El proceso de lavado de tuberías se realiza de la siguiente manera:

1. Se saca el aceite y el fluido refrigerante contaminados. Se hace con un equipo especial de recuperación. Todos los elementos que se ocupen para ello, por ejemplo mangueras, no se pueden utilizar en las demás operaciones porque podrían contaminar el circuito.
2. Se saca el compresor y demás elementos que puedan impedir la circulación del agente de limpieza, tales como válvulas de expansión, filtros, visor y válvulas. En caso de que algún elemento se volviese a montar, habría que proceder a su limpieza.
3. En los tramos donde se sacaron los elementos, se colocan tubos de plástico con abrazaderas de fijación, de manera que quede unido todo el circuito.

4. Se coloca en el sitio del compresor la máquina de limpieza (también conocida como bomba de lavado).
5. Se hace circular el agente de limpieza en sentido contrario al del ciclo de funcionamiento.
6. Hacer la limpieza individualmente si la instalación es de grandes dimensiones.

También se recomienda colocar cinta térmica y aislar las tuberías del agua enfriada y cualquier otra parte del sistema, para evitar que se produzcan condensaciones en condiciones normales de funcionamiento y por baja temperatura ambiente.

#### **5.16 Mantenimiento a un sistema de enfriamiento o chiller.**

Desconecte la alimentación, incluyendo los circuitos eléctricos remotos, antes de iniciar cualquier operación. El no desconectar la fuente de alimentación antes de proceder a realizar cualquier operación de servicio puede producir lesiones graves o incluso la muerte.

Hay que comprobar que todas las conexiones del circuito de alimentación del compresor están correctamente apretadas (seccionadores, bloques de terminales, contactores, terminales de caja de conexiones del compresor, etc.). Si hay alguna conexión suelta se podría producir un recalentamiento en las conexiones y subtensión en el motor del compresor.

Hay que comprobar la tensión de alimentación de la unidad en el desconectador general con fusibles del enfriador. La tensión debe estar dentro de los límites especificados y registrados en la placa de características de la unidad. Será importante comprobar las fases de alimentación de las terminales L1-L2-L3 de la unidad en el arrancador para asegurarse de que se han instalado en la secuencia de fases correcta. Si la secuencia de fases no es la correcta, la unidad puede resultar dañada debido a la inversión de giro.

Mantener el rango de voltajes constante es importante, de lo contrario, el funcionamiento de los componentes de control puede ser deficiente y se puede reducir la vida útil del contactor de relé, los

motores eléctricos de los compresores y los contactores. Un desequilibrio excesivo entre las fases de un sistema trifásico puede hacer que los motores eléctricos se recalienten en exceso y finalmente resulten dañados.

Se tienen que realizar todos los procedimientos y las comprobaciones de mantenimiento en los intervalos recomendados. De esta forma se prolongará la vida útil del enfriador y se reducirá al mínimo la posibilidad de que se produzcan averías costosas.

I. Mantenimiento semanal:

1. Comprobar que la presión en el evaporador, el condensador, el compresor y la presión de aceite sean las correctas.
2. Comprobar que los elementos de control como presostatos, termostatos y electroválvulas funcionan correctamente.

II. Mantenimiento mensual:

1. Tomar lecturas y mantener una bitácora del subenfriamiento del sistema.
2. Tomar lecturas y mantener una bitácora del sobrecalentamiento del sistema.

III. Mantenimiento anual:

1. Comprobar con la unidad parada el nivel de aceite del compresor (no es necesario cambiar el aceite periódicamente, solo se necesita analizarlo para determinar su estado).
2. Será necesario llevar a cabo una comprobación de fugas en el sistema de tuberías del enfriador y una comprobación de los controles de seguridad y de funcionamiento, así como una inspección de los componentes eléctricos para verificar si presentan deficiencias.
3. Limpiar tubería y los filtros.
4. Lijar y retocar con pintura las zonas que presenten señales de corrosión.

FESC 4

# CONCLUSIONES

TESIS: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN EL PROCESO DE LA  
GALVANOSTEGIA

## CONCLUSIONES

---

Finalmente podemos dar una definición de lo que es el Mantenimiento Industrial: se dice que es el conjunto de actividades técnicas y administrativas cuya finalidad es conservar o restituir un elemento, equipo o instalación en las condiciones que permitan desarrollar su función.

Dentro de sus objetivos puedo mencionar:

1. Reducir los costos que causan las paradas producidas por averías.
2. Reducir el deterioro de los elementos, equipos o instalaciones en general.

¿Cuál es el mejor tipo mantenimiento o el más adecuado? Esto solo se puede determinar después de un estudio técnico-económico de cada instalación. Ya que cada instalación tiene sus propias características. No existen reglas fijas respecto a lo que debe hacerse en cada uno de los equipos ni de la frecuencia para garantizar su funcionamiento, ya que intervienen factores tales como: El tipo de máquina o montaje, estado de los equipos, formación personal.etc.

Es primordial concientizar y capacitar al personal de mantenimiento ya que este juega un papel muy importante, será necesario arraigar en ellos una filosofía de:

- Cero averías.
- Cero paradas.
- Cero defectos.
- Cero accidentes.

Un plan de mantenimiento adecuado hoy en día nos ayuda a la competitividad en la fabricación, mejora los costos, la calidad, los plazos de producción y como resultado, dar una satisfacción al cliente de tal manera que permita a la empresa obtener ganancias.

FESC 4

# BIBLIOGRAFÍA

TESIS: MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN EL PROCESO DE LA  
GALVANOSTEGIA

## BIBLIOGRAFÍA

---

Rey Sacristan Francisco.

Mantenimiento Total de la Producción.

Editorial: FC Editores. Madrid, 2003.

Bratu Serbán Neagu.

Campero Littlewood Eduardo.

Instalaciones Eléctricas segunda edición.

Editorial: Alfaomega. México, 1992.

Vargas Prudente Pablo.

Máquinas Síncronas.

Editorial: I.P.N. México, 1995.

Toledano Gasca José Carlos.

Instalaciones Eléctricas.

Editorial: Paraninfo. Madrid, 2003.

F.F Mazda.

Electrónica de Potencia

Editorial: Paraninfo. Madrid, 1995.

M. Rashid Muhammad.

Electrónica de Potencia. Tercera edición.

Prentice-Hall International. México, 2004.

G. Pita Edward.

Acondicionamiento de aire.

Editorial: Compañía Editorial continental. Madrid, 2006.

## BIBLIOGRAFÍA

---

Manual Selmec de Calderas.

Cleaver Brooks.

C. Whitman William. Y M. Johnson William.

Tecnología de Refrigeración.

Páginas de internet consultadas.

<http://www.electrolisisygalvanoplastia.blogspot.com/>

<http://bombascentrifugas.info-tecnica.org/content/view/21/27/>

<http://www.alleghenyelectronics.com/Yamatakemain.htm?gclid=CLnRtKPYw5kCFSHyDAodoH31uQ>

<http://www.rectificadores-mit.com/contruccion.html>

<http://www.industrialtijuana.com/mcalderas.htm>

<http://www.lamaneta.com/irautza/compresor.htm>

<http://www.rentatrane.com/index.php>

[http://www.mx.carrier.com/details/0,,CL11\\_DIV30\\_ETI2522,00.html](http://www.mx.carrier.com/details/0,,CL11_DIV30_ETI2522,00.html)

<http://www.reacsa.com.mx/aire-york-com-chi.asp>