

# MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

## PRUEBAS, PUESTA EN SERVICIO, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTROMECA'NICOS

43



# MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

PRUEBAS, PUESTA EN SERVICIO, OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE EQUIPO Y MATERIALES  
ELECTROMECAÑICOS

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento  
Pruebas, Puesta en Servicio, Operación y Mantenimiento de Equipo y Materiales Electromecánicos

ISBN: 978-607-626-001-2

D.R. © Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209 Col. Jardines en la Montaña  
C.P. 14210, Tlalpan, México, D.F.

Comisión Nacional del Agua  
Insurgentes Sur No. 2416 Col. Copilco El Bajo  
C.P. 04340, Coyoacán, México, D.F.  
Tel. (55) 5174•4000

Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento

Impreso y hecho en México  
Distribución gratuita. Prohibida su venta.  
Queda prohibido su uso para fines distintos al desarrollo social.  
Se autoriza la reproducción sin alteraciones del material contenido en esta obra,  
sin fines de lucro y citando la fuente

# CONTENIDO

Presentación	XI
Objetivo general	XIII
Antecedentes	XV
1. Instrumentos de gestión	1
1.1. Marco jurídico	2
1.2. Marco normativo	3
2. Pruebas y puesta en servicio de equipo eléctrico	3
2.1. Introducción	3
2.2. Objetivo	3
2.3. Transformadores tipo pedestal monofásicos, trifásicos, poste, subestación, de distribución, potencia y tipo seco	3
2.3.1. Inspección	3
2.3.2. Pruebas aplicables	4
2.3.3. Pruebas de aceptación	4
2.3.4. Pruebas a subestación compacta (Transformador)	6
2.3.5. Puesta en servicio de subestación tipo poste	11
2.4. Cuchillas seccionadoras	12
2.4.1. Pruebas de rutina	12
2.5. Boquillas de porcelana	13
2.6. Transformador de instrumentos	14
2.6.1. Prueba de polaridad de transformadores	14
2.6.2. Prueba de relación de transformadores	15
2.6.3. Pruebas de transformadores de instrumentos en operación	17
2.7. Tableros	18
2.7.1. Pruebas de tableros blindados	18
2.7.2. Tableros de alumbrado y distribución BT	19
2.7.3. Tableros de transferencia	22
2.8. Interruptores	22
2.9. Relés	22
2.9.1. Inspección y pruebas	22
2.9.2. Puntos de prueba en relés y circuitos de prueba:	22
2.10. Centro de control de motores	23
2.10.1. Prueba del alambrado de control y operación	23
2.10.2. Criterio de aceptación de las pruebas	24
2.10.3. Variador de frecuencia	25
2.10.4. Tableros de arrancador -interruptor	25

2.11. Cables	25
2.11.1. Inspección visual	25
2.11.2. Métodos de prueba para cables	25
2.12. Motores y generadores	29
2.12.1. Prueba de resistencia de aislamiento	29
2.12.2. Prueba de estátor en conjunto (devanados de la armadura)	31
2.12.3. Prueba de sobretensión c.d.	31
2.12.4. Pruebas en sitio para motores verticales	32
2.12.5. Pruebas en sitio para motores horizontales	33
2.12.6. Pruebas en sitio para motores sumergibles	34
2.12.7. Pruebas en Sitio para motores acoplados a reductores de engranes	34
2.12.8. Pruebas para motores en operación	35
2.12.9. Pruebas para motores sumergibles en operación	36
2.12.10. Puesta en servicio de plantas generadoras con motor de combustión interna	38
2.13. Sistema de tierras	38
2.13.1. Pruebas en sistemas de tierra en operación	39
2.13.2. Procedimiento de medición de resistencia a tierra	39
2.13.3. Procedimiento de medición de resistencia a tierra del 62 por ciento	40
2.14. Pruebas en equipos auxiliares	40
2.14.1. Luminarias	40
2.14.2. Interruptores de nivel	40
2.14.3. Botoneras	41
2.15. Pruebas en bancos de baterías	41
2.16. Pruebas en cargador de baterías	42
2.16.1. Pruebas en sitio y puesta en operación de electroducto	42
3. Pruebas y puesta en servicio de equipo mecánico	47
3.1. Introducción	47
3.1.1. Objetivos	47
3.2. Tuberías	48
3.3. Válvulas	49
3.3.1. Válvulas de seccionamiento	49
3.3.2. Pruebas para Válvulas de no retorno (check columpio)	51
3.3.3. Prueba en válvulas de admisión y expulsión de aire	51
3.3.4. Prueba en válvulas de alivio	51
3.4. Bombas	53
3.4.1. Pruebas y puesta en servicio de bombas horizontales	54
3.4.2. Puesta en servicio bombas centrifugas verticales tipo turbina	55
3.4.3. Puesta en servicio de bombas sumergibles	56
3.4.4. Pruebas y puesta en servicio para bombas centrifugas verticales tipo flujo mixto	56
3.4.5. Pruebas y puesta en Servicio de una bomba reciprocante	57
3.4.6. Puesta en servicio de bombas tipo bote o barril	58

3.4.7. Puesta en servicio de bombas inatascables de cárcamo seco	58
3.4.8. Puesta en servicio de bombas inatascables de cárcamo húmedo	59
3.4.9. Puesta en servicio de bombas sumergibles	59
3.4.10. Monitoreo y medición de equipos	60
3.4.11. Eficiencia de bombas	61
3.5. Otros equipos	63
3.5.1. Pruebas en compuertas deslizantes tipo radial	63
3.5.2. Pruebas en carretes extremidades, codos, juntas y rejillas	63
3.5.3. Pruebas en Grúa viajera manual	64
3.5.4. Pruebas en Grúa viajera eléctrica	64
3.5.5. Inventario de piezas de repuesto	65
4. Mantenimiento de equipos eléctricos	75
4.1. Subestaciones compactas	75
4.1.1. Procedimiento de mantenimiento del equipo	75
4.2. Subestaciones tipo poste y tipo pedestal	79
4.3. Centro de control de motores	82
4.3.1. Procedimiento de mantenimiento	82
4.4. Tableros blindados	90
4.4.1. Descripción del equipo	90
4.4.2. Procedimiento de mantenimiento	90
4.5. Tableros de distribución y alumbrado	98
4.5.1. Descripción	98
4.5.2. Procedimiento de mantenimiento	98
4.5.3. Mantenimiento	99
4.6. Motores verticales: interiores y exteriores	101
4.6.1. Descripción	101
4.6.2. Procedimiento de mantenimiento	102
4.7. Motores horizontales: interiores y exteriores	107
4.7.1. Descripción	107
4.7.2. Procedimiento de mantenimiento	107
4.8. Motores sumergibles	108
4.8.1. Descripción	108
4.8.2. Procedimiento de mantenimiento	108
4.9. Motores para tratamiento de Aguas residuales acoplados a reductores de engranes o cadena de transmisión	110
4.9.1. Descripción	110
4.9.2. Procedimiento de mantenimiento	110
4.10. Mantenimiento de canalizaciones	121
4.10.1. Trincheras	121
4.10.2. Registros	121
4.10.3. Charolas	123

4.11. Mantenimiento de sistemas de tierra	125
4.11.1. Mantenimiento preventivo	125
4.12. Luminarias de poste	127
4.12.1. Procedimiento de mantenimiento	127
4.13. Luminarias suburbanas	128
4.14. Luminarias fluorescentes	128
4.14.1. Procedimiento de mantenimiento	128
4.15. Luminarias tipo arbotante	129
4.15.1. Procedimiento de mantenimiento	129
4.16. Luminarias tipo reflector	129
4.16.1. Procedimiento de mantenimiento	129
4.17. Luminarias tipo Industrial	130
4.17.1. Procedimiento de mantenimiento	130
4.18. Alumbrado de emergencia	131
4.18.1. Procedimiento de mantenimiento	131
4.19. Interruptores de nivel	132
4.19.1. Descripción	132
4.19.2. Procedimiento de mantenimiento	132
4.20. Botoneras Exteriores	133
4.20.1. Descripción	133
4.20.2. Procedimiento de mantenimiento	133
4.21. Plantas generadoras con motor de combustión interna de diésel	134
4.21.1. Descripción	134
4.21.2. Procedimiento de mantenimiento	134
4.22. Plantas generadoras con motor de combustión interna de gasolina	139
4.22.1. Descripción	139
4.22.2. Procedimiento de mantenimiento	140
4.23. Bancos de baterías	140
4.23.1. Descripción	140
4.23.2. Procedimiento de mantenimiento	140
4.24. Cargadores del banco de baterías	141
4.24.1. Descripción	141
4.24.2. Procedimiento de mantenimiento	141
5. Mantenimiento de Equipo mecánico	145
5.1. Válvulas de compuerta	145
5.1.1. Descripción general del equipo	145
5.1.2. Procedimiento de mantenimiento	147
5.2. Válvulas de mariposa	148
5.2.1. Descripción general del equipo	148
5.3. Válvulas de no retorno	150
5.3.1. Descripción general del equipo	150

5.3.2. Procedimiento de mantenimiento	151
5.4. Válvulas de admisión y expulsión de aire	152
5.4.1. Descripción general del equipo	152
5.4.2. Procedimiento de mantenimiento	152
5.5. Válvulas de alivio	153
5.5.1. Descripción general del equipo	153
5.5.2. Procedimiento de mantenimiento	154
5.6. Bombas centrífugas horizontales de carcasa bipartida	159
5.6.1. Descripción general del equipo	159
5.6.2. Procedimiento de mantenimiento	159
5.7. Bombas centrífugas verticales tipo turbina	169
5.7.1. Descripción general del equipo	169
5.7.2. Procedimiento de mantenimiento	172
5.8. Bombas centrífugas verticales tipo sumergibles	176
5.8.1. Descripción general del equipo	176
5.8.2. Procedimiento de mantenimiento	176
5.9. Bombas centrífugas verticales tipo flujo mixto	178
5.9.1. Descripción general del equipo	178
5.9.2. Procedimiento de mantenimiento	179
5.10. Bombas centrífugas verticales tipo bote o barril	181
5.10.1. Descripción general del equipo	181
5.10.2. Procedimiento de mantenimiento	181
5.11. Bombas centrífugas verticales tipo propela o flujo axial	184
5.11.1. Descripción general del equipo	184
5.11.2. Procedimiento de mantenimiento	184
5.12. Bombas reciprocantes de potencia tipo pistón	186
5.12.1. Descripción general del equipo	186
5.12.2. Procedimiento de mantenimiento	188
5.13. Bombas tipo ariete	189
5.13.1. Descripción general del equipo	189
5.13.2. Procedimiento de mantenimiento	189
5.14. Bombas rotatorias tipo tornillo	198
5.14.1. Descripción general del equipo	198
5.14.2. Procedimiento de mantenimiento	198
5.15. Bombas centrífugas verticales inatascables de cárcamo seco	203
5.15.1. Descripción general del equipo	203
5.15.2. Procedimiento de mantenimiento	203
5.16. Bombas centrífugas verticales inatascables de cárcamo húmedo	211
5.16.1. Descripción general del equipo	211
5.16.2. Procedimiento de mantenimiento	211
5.17. Bombas sumergibles para aguas residuales	213

5.17.1. Descripción general del equipo	213
5.17.2. Procedimiento de mantenimiento	213
5.18. Compuertas deslizantes	224
5.18.1. Descripción general del equipo	224
5.18.2. Procedimiento de mantenimiento	224
5.19. Compuertas deslizantes tipo radial	227
5.19.1. Descripción general del equipo	227
5.19.2. Procedimiento de mantenimiento	227
5.20. Carretes, extremidades y codos de fierro fundido	229
5.20.1. Procedimiento de mantenimiento	229
5.21. Juntas tipo Gibault y tipo Dresser	230
5.21.1. Procedimiento de mantenimiento	230
5.22. Rejillas	231
5.22.1. Procedimiento de mantenimiento	231
5.23. Múltiples y bridas	231
5.23.1. Procedimiento de mantenimiento	231
6. Mantenimiento de grúas	239
6.1. Grúa viajera manual	239
6.1.1. Descripción general del equipo	239
6.1.2. Procedimiento de mantenimiento	239
6.2. Grúa viajera eléctrica	242
6.2.1. Descripción general del equipo	242
6.2.2. Procedimiento de mantenimiento	242
7. Gestión del mantenimiento	249
7.1. Descripción general	249
7.2. Mantenimiento correctivo	249
7.2.1. Mantenimiento preventivo	250
7.3. Mantenimiento predictivo	251
7.4. Casos de mantenimiento	252
7.5. Gestión estratégica de la función mantenimiento	252
7.5.1. Excelencia en la gestión de mantenimiento	253
7.5.2. Variable de mantenimiento	253
7.5.3. Etapas en el proceso de mantenimiento	255
7.5.4. Servicios de mantenimiento	255
7.5.5. Planificación de los trabajos	255
7.5.6. Ejecución del trabajo	256
7.5.7. Finalización del trabajo	256
7.5.8. Software de mantenimiento	257
7.5.9. Ciclo virtuoso	261

Conclusiones	263
Anexos	
A. Problemas	265
B. Listado de normas	271
C. Glosario	275
D. Notas aclaratorias	289
E. Bibliografía	291
Índice de ilustraciones	293
Índice de tablas	297
Índice alfabético	300
Notas:	302



# PRESENTACIÓN

Uno de los grandes desafíos hídricos que enfrentamos a nivel global es dotar de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a la población, debido, por un lado, al crecimiento demográfico acelerado y por otro, a las dificultades técnicas, cada vez mayores, que conlleva hacerlo.

Contar con estos servicios en el hogar es un factor determinante en la calidad de vida y desarrollo integral de las familias. En México, la población beneficiada ha venido creciendo los últimos años; sin embargo, mientras más nos acercamos a la cobertura universal, la tarea se vuelve más compleja.

Por ello, para responder a las nuevas necesidades hídricas, la administración del Presidente de la República, Enrique Peña Nieto, está impulsando una transformación integral del sector, y como parte fundamental de esta estrategia, el fortalecimiento de los organismos operadores y prestadores de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento.

En este sentido, publicamos este manual: como una guía técnica especializada, que contiene los más recientes avances tecnológicos en obras hidráulicas y normas de calidad, con el fin de desarrollar infraestructura más eficiente, segura y sustentable, así como formar recursos humanos más capacitados y preparados.

Estamos seguros de que será de gran apoyo para orientar el quehacer cotidiano de los técnicos, especialistas y tomadores de decisiones, proporcionándoles criterios para generar ciclos virtuosos de gestión, disminuir los costos de operación, impulsar el intercambio de volúmenes de agua de primer uso por agua tratada en los procesos que así lo permitan, y realizar en general, un mejor aprovechamiento de las aguas superficiales y subterráneas del país, considerando las necesidades de nueva infraestructura y el cuidado y mantenimiento de la existente.

El Gobierno de la República tiene el firme compromiso de sentar las bases de una cultura de la gestión integral del agua. Nuestros retos son grandes, pero más grande debe ser nuestra capacidad transformadora para contribuir desde el sector hídrico a **Mover a México**.

**Director General de la Comisión Nacional del Agua**



## OBJETIVO GENERAL

El *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS)* está dirigido a quienes diseñan, construyen, operan y administran los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento del país; busca ser una referencia sobre los criterios, procedimientos, normas, índices, parámetros y casos de éxito que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en su carácter de entidad normativa federal en materia de agua, considera recomendable utilizar, a efecto de homologarlos, para que el desarrollo, operación y administración de los sistemas se encaminen a elevar y mantener la eficiencia y la calidad de los servicios a la población.

Este trabajo favorece y orienta la toma de decisiones por parte de autoridades, profesionales, administradores y técnicos de los organismos operadores de agua de la República Mexicana y la labor de los centros de enseñanza.



## ANTECEDENTES

Para cumplir con su objetivo, el Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (MAPAS) está estructurado en cinco módulos, los cuales están organizados de acuerdo a funciones específicas dentro del organismo operador. El Módulo tres *Proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento* incluye 32 libros de diseño para los distintos elementos que intervienen en el proceso de producción y distribución de agua potable, así como de la captación, desalojo y tratamiento de aguas residuales. Específicamente, dentro de este módulo el MAPAS ofrece cuatro libros enfocados al diseño, selección e instalación de los equipos electromecánicos, los cuales son:

- LIBRO 15. CÁLCULO, ESTUDIO Y DISEÑO DE INSTALACIONES MECÁNICAS
- LIBRO 16. CÁLCULO, ESTUDIO Y DISEÑO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS
- LIBRO 17. SELECCIÓN DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTROMECAÑICOS
- LIBRO 18. INSTALACIÓN Y MONTAJE DE EQUIPO ELECTROMECAÑICO

Por su parte el módulo cuatro *Operación y mantenimiento* cuenta con 14 libros que presentan procedimientos y recomendaciones para la operación y mantenimiento de redes de agua potable, alcantarillado y sistemas de tratamiento. Dentro de estos dos libros están enfocados al mantenimiento y optimización de los elementos y materiales electromecánicos, estos son:

- LIBRO 41. EFICIENCIA ENERGÉTICA, USO EFICIENTE Y AHORRO DE LA ENERGÍA
- LIBRO 43. PRUEBAS, PUESTA EN SERVICIO, OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO DE EQUIPO Y MATERIALES  
ELECTROMECAÑICOS

Estos seis libros se interrelacionan y se complementan entre sí y con los 49 libros restantes del manual, por lo que para una correcta interpretación de la información contenida en estos, se debe considerar de forma integral el contenido de los seis libros.

El libro de mantenimiento contiene información que sirve de apoyo a los organismos operadores y usuarios del subsector a conservar los equipos en buen estado. En los capítulos que se desarrollan se mencionan las acciones para la realización del mantenimiento programado, así como algunas sugerencias de mantenimiento correctivo de los siguientes equipos: subestaciones eléctricas, tableros de control, motores, canalizaciones, sistemas de tierra, sistemas de alumbrado, equipos auxiliares (niveles de control, botoneras, plantas generadoras, bancos de baterías), válvulas, bombas de aguas crudas y tratadas, bombas para aguas residuales, piezas especiales de acero (compuertas, carretes, codos, juntas tipo Gibault, junta Dresser, rejillas, múltiples y bridas) y grúas.

En el capítulo 7 se hace una sugerencia de la gestión del mantenimiento, utilizando herramientas para la reducción de tiempos muertos como; la planificación de los trabajos, los servicios de mantenimiento, la ejecución del trabajo, etcétera y con ayuda de software especializados

**NOTA IMPORTANTE:**

Considere que los lineamientos y recomendaciones indicadas en este libro, obedecen a la experiencia de los especialistas en el sector hídrico. En ningún caso se pretende sustituir a las normas oficiales, internacionales, extranjeras, ni la aplicación de la mejor práctica de la ingeniería por lo que debe considerarse como una guía para realizar pruebas, la puesta en servicio, la operación y dar mantenimiento a los equipos electromecánicos.

**Palabras clave:**

*Pruebas, puesta en servicio, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, mantenimiento predictivo, gestión de mantenimiento, bitácora de operación, planos de las instalaciones, manuales de operación y mantenimiento, subestaciones, tableros, centro de control de motores, motores verticales, motores horizontales, registros, trincheras, charolas, sistema de tierras, alumbrado, válvulas, bombas, compuertas, rejillas, grúas, gestión del mantenimiento.*

# 1

## INSTRUMENTOS DE GESTIÓN

En la actualidad en nuestro país enfrentamos grandes problemas energéticos, por lo que es conveniente que para resolverlos, se pueda contar con lineamientos que permitan a los organismos operadores ser más eficientes en las pruebas, puesta en servicio, operación y mantenimiento de equipo y materiales electromecánicos. Lo anterior da la oportunidad al personal del organismo de contar con las herramientas básicas para afrontar la responsabilidad de implementar procedimientos y recomendaciones para la operación y mantenimiento de redes de agua potable, alcantarillado y sistemas de tratamiento, específicamente enfocados al mantenimiento y optimización de los elementos y materiales electromecánicos, que intervienen dentro de cualquier instalación para la distribución de agua potable o de aguas residuales, para su funcionamiento, de lo contrario llevarán a una baja eficiencia sin obtener ahorros sustantivos en su operación.

El personal responsable del organismo operador deberá ser personal calificado, cuyos conocimientos y facultades específicos permitan conservar los equipos en buen estado, a través de un mantenimiento programado, así como algunas sugerencias de mantenimiento correctivo de los siguientes equipos: subestaciones eléctricas, ta-

bleros de control, motores, canalizaciones, sistemas de tierra, sistemas de alumbrado, equipos auxiliares (niveles de control, botoneras, plantas generadoras, bancos de baterías), válvulas, bombas de aguas crudas y tratadas, bombas para aguas residuales, piezas especiales de acero (compuertas, carretes, codos, juntas tipo Gibault, junta Dresser, rejillas, múltiples y bridas) y grúas.

Deberán a su vez, tomar en consideración el marco jurídico y normativo existente para justificar los criterios en la selección de equipo y material electromecánico requerido. El método utilizado para la determinación de la eficiencia electromecánica está fundamentado en Normas Oficiales Mexicanas, en tanto que para la predicción, causas de ineficiencia y otras recomendaciones, se basan en las Normas ANSI/HI, en publicaciones y experiencias.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), órgano Administrativo, normativo, técnico, consultivo y desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), para llevar a cabo las atribuciones que le han sido conferidas, y para apoyar lo anterior, trabaja en conjunto con diversas instancias en el ámbito federal, estatal y municipal;

asociaciones de usuarios y empresas; instituciones del sector privado y social así como organizaciones internacionales. Por lo que tiene la misión y visión de:

### **Misión**

Preservar las aguas nacionales y sus bienes públicos inherentes para su administración sustentable y garantizar la seguridad hídrica con la responsabilidad de los órdenes de gobierno y la sociedad en general.

### **Visión**

Ser una institución de excelencia en la preservación, administración de las aguas nacionales y la seguridad hídrica de la población.

Basado en lo anterior la CONAGUA busca apoyar a los responsables de los organismos operadores en la mejor toma de decisión en la instalación y montaje de equipo electromecánico, basados en instrumentos de gestión tanto en un marco jurídico, como en un marco normativo, de tal manera que ante cualquier eventualidad, pueda tenerse la certeza de que se procedió con base a la legislación y normatividad nacional, y reforzada por estándares internacionales.

## **1.1. MARCO JURÍDICO**

A continuación se presenta el Marco Legal a fin de considerar las normas jurídicas que se establecen, iniciando en la Constitución Política y apoyándose en las diferentes leyes de carácter general con sus respectivos reglamentos para su aplicación, en materia de proyectos de agua,

lo que debe hacerse, por lo que fundamentan el presente libro.

- Constitución política
- Ley de Aguas Nacionales
- Reforma energética en México
- Ley de Energía Geotérmica
- Ley de la Industria Eléctrica
- Ley de los órganos reguladores y coordinados en materia energética
- Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
- Ley orgánica de la Administración Pública Federal
- Ley de la Comisión Reguladora de Energía
- Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Trasmisión Energética
- Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía
- Ley del Sistema de Horario en los Estados Unidos Mexicanos
- Ley General del Cambio Climático
- Ley federal Sobre Meteorología y Normalización
- Ley de Planeación
- Reglamento de Ley de Aguas Nacionales
- Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica
- Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, en Materia de Aportaciones
- Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Trasmisión Energética
- Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía

- Reglamento de la Ley federal Sobre Meteorología y Normalización
- Otras leyes secundarias

## 1.2. MARCO NORMATIVO

A continuación se presenta el Marco Normativo que contiene los programas, normas y reglas específicas para realizar y atender proyectos de agua, obedeciendo lo señalado en el marco jurídico.

La ingeniería de selección de instalaciones mecánicas deberá estar de acuerdo a las partes apli-

cables de la siguiente normatividad, estándares y reglamentos vigentes:

- Plan Nacional de Desarrollo
- Plan Nacional Hídrico
- Programa Nacional de Normalización
- Normas Oficiales Mexicanas
- Normas Mexicanas
- Normas Internacionales
- Normas extranjeras
- Sistema General de Unidades de Medida

### Nota Importante:

Para la correcta utilización de este libro es necesario consultar las siguientes normas:

NOM	Normas Oficiales Mexicanas
NMX	Normas Mexicanas
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IEC	International Electrotechnical Commission
NEC	National Electric Code
ANSI/HI	Hydraulic Institute
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
NEC	National Electric Code



# 2

## PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE EQUIPO ELÉCTRICO

### 2.1. INTRODUCCIÓN

Ahora, más que nunca, hay factores más allá de simplemente la necesidad de evaluar equipos viejos para mantenerlos en servicio, que están creando un mayor enfoque en el mantenimiento y prueba de toda la industria de la energía eléctrica. Los fabricantes de equipos han perfeccionado los modelos de diseño asistido por ordenador hasta el punto en que puede reducir los márgenes de diseño, desgaste y deterioro con gran precisión. Esto significa que las pruebas completas y mantenimiento son fundamentales en el ciclo de la vida de los equipos y por ende en la reducción de costos.

Además, los nuevos materiales, diseños y métodos de prueba son más especializados que los que se tenían anteriormente o que no existían. Las nuevas tecnologías como el monitoreo de condición en línea crean oportunidades para mejorar las operaciones y eficiencia.

### 2.2. OBJETIVO

Verificar y apoyar los criterios de aceptación o para analizar los efectos, cuando sucedan cambios o variaciones con respecto a los valores ini-

ciales de puesta en servicio o de la última prueba. Las pruebas eléctricas son aquellas para determinar las condiciones en que se encuentra el equipo eléctrico, para determinar su operatividad.

#### Nota Importante:

No deberán energizarse los equipos si las pruebas que se realicen no son satisfactorias de acuerdo con la normatividad

### 2.3. TRANSFORMADORES TIPO PEDESTAL MONOFÁSICOS, TRIFÁSICOS, POSTE, SUBESTACIÓN, DE DISTRIBUCIÓN, POTENCIA Y TIPO SECO<sup>1</sup>

#### 2.3.1. INSPECCIÓN

Los transformadores nuevos deben ser inspeccionados por daño durante el transporte al ser recibidos. La inspección debe hacerse antes de ser retirado de los autos o camiones.

<sup>1</sup> Fuente: CFE-K0000-13, NMX-J-285-ANCE, NMX-J-351-ANCE, NMX-J-ANCE, IEEE C57.12.90, Gíll (2009)

Posteriormente, las cubiertas o paneles deben ser removidos y hacer una inspección interna por lesiones o desplazamiento de partes sueltas o conexiones rotas, porcelana agrietada, suciedad o material extraño, y por la presencia de agua o humedad. Después de haber movido un transformador, o si se almacena antes de la instalación, esta inspección debe repetirse antes de colocar el transformador en servicio.

### 2.3.2. PRUEBAS APLICABLES

Las siguientes pruebas tienen la finalidad de iniciar un historial. Las pruebas aplicables a los transformadores, son las que se indican en la Tabla 2.1 y para transformadores tipo secos se indican en la Tabla 2.2.

Las pruebas de rutina deben realizarse en todos los transformadores. Para el seguimiento del comportamiento operativo del transformador a lo largo de su vida útil.

- a) Verificación visual, dimensional y placa de datos
- b) Verificación de marcado de terminales y de polaridad
- c) Resistencia de aislamiento de los devanados a 1 min. y 10 min. Debe calcularse el índice de polarización.
- d) Factor de potencia de los aislamientos de los devanados. El factor de potencia de los aislamientos de los devanados contra tierra y entre devanados corregidos a 20 ° C, se recomienda un valor menor de 0.5 por ciento
- e) Respuesta a la frecuencia de los devanados. La medición de respuesta en frecuencia puede realizarse indistintamente por el método de barrido o por el

método de impulso

- f) Resistencia de aislamiento entre núcleo y tierra sin aceite. Cuando la conexión a tierra sea removida, la resistencia del aislamiento sin aceite entre el núcleo y tanque debe ser mayor a los 200 MΩ, medidos con una tensión de 1 000 V c. d.
- g) Medición de la capacitancia y factor de potencia a cada una de las boquillas tipo capacitivo ya instaladas en el transformador antes y después de las pruebas dieléctricas, de acuerdo a lo indicado en la norma IEC 60137
- h) Corriente de excitación en baja tensión monofásica preferentemente a 10 kV. La medición debe hacerse en cada una de las derivaciones y al final de las pruebas

### 2.3.3. PRUEBAS DE ACEPTACIÓN

Después de que el transformador ha sido instalado, las siguientes pruebas deberán realizarse para su aceptación:

Prueba de resistencia de aislamiento (*IR*): La prueba de resistencia de aislamiento es de bastante valor ya que se puede llegar a ocuparse con el propósito de una comparación futura y además para determinar la adecuada energización del transformador o aplicación de prueba de alto potencial.

Estos valores, corregidos para la prueba de fábrica y temperatura de ensayo de 20 ° C, deben ser 1 000 MW o igual o mayor que los valores mostrados en la Tabla 2.5 para tipo seco, o un mínimo de la mitad o más de los valores de prueba de fábrica. Si los valores de las pruebas corregidas a 20 °C son menos que el mínimo de los valores mencionados anteriormente, entonces la condición de aislamiento del transformador es cuestionable. En ausencia de datos de prueba previos fiables, la si-

guiente fórmula puede ser usada para transformadores monofásicos o un solo bobinado de un transformador trifásico para calcular los valores de  $IR$ .

$$IR = \frac{CE}{\sqrt{kVA}} \quad \text{Ecuación 2.1}$$

donde:

- $IR$  = Es el valor en  $M\Omega$  mínimo aplicando 500 V.c.d en un minuto al devado a tierra con otro devado o devanados protegidos
- $C$  = Es una constante para mediciones a  $20^{\circ}C$
- $E$  = Es el valor de la tensión del devanado bajo prueba
- $kVA$  = Es la capacidad nominal del devanado bajo prueba

Si el transformador bajo prueba es de tipo trifásico, y las tres bobinas están siendo probadas como una sola, entonces:

- $E$  = Es el valor de la tensión de uno de los devanados monofásicos
- $kVA$  = Es la capacidad nominal del devanado trifásico bajo prueba

### **Índice de polarización de prueba (IP)**

Se trata de una extensión de la prueba de  $IR$ . En esta prueba, se toman los dos  $IR$  medidos, la primera lectura en 1 min y la segunda lectura a los 10 min. Entonces la relación de 10 min l a 1 min se calcula para dar el valor de absorción dieléctrica  $IP$ .

- Un  $IP$  de devanado a devanado y devanado a tierra debe ser determinado
- Un  $IP$  por debajo de 2 es indicativo del

deterioro del aislamiento y la causa para una mayor investigación

### **Prueba dieléctrica C.A**

La prueba dieléctrica impone un estrés al aislamiento ya que la tensión de ensayo dieléctrico es más alta que la tensión de funcionamiento normal. La prueba de  $IR$  debe ser completada con éxito, inmediatamente antes de realizar la prueba dieléctrica para evitar la posibilidad de falla del transformador debido a la humedad. La prueba dieléctrica, complementa las pruebas de  $IR$ , mediante la adecuación del transformador para funcionar a tensión nominal. Las tensiones de prueba de campo no deben superar el 75 por ciento de los valores de las pruebas de fábrica. El equipo de prueba debe ser variable para permitir un aumento gradual de la tensión de prueba desde cero y una disminución gradual después de que se complete la prueba.

### **Prueba de relación de transformación (TTR)**

La prueba de  $TTR$  es usada para determinar la relación de transformación del transformador. Mide el número de vueltas del devanado primario con respecto al número de espiras en el devanado secundario. Los valores aceptados de la prueba de  $TTR$ , no deberán ser mayores que 0.5 por ciento en comparación con los valores calculados en el diseño de fábrica.

#### **Nota Importante:**

Es necesario que el organismo operador cuente con los instructivos de operación y mantenimiento que el fabricante proporciona. Para mayor abundamiento ver capítulo de gestión

### **Prueba de factor de potencia**

Esta prueba mide la pérdida de (watts) en el aislamiento bajo prueba. Dado que es una tensión de corriente alterna de prueba, indica con precisión la humedad de aislamiento del devanado y problemas de efecto corona.

### 2.3.4. PRUEBAS A SUBESTACIÓN COMPACTA (TRANSFORMADOR)

#### **Equipo energizado**

Antes de la puesta en operación, con el transformador conectado, se recomienda realizar cuando menos alguna de las siguientes pruebas con la finalidad de iniciar un historial para el seguimiento del comportamiento operativo del transformador a lo largo de su vida útil:

1. Prueba resistencia de aislamiento con una tensión de prueba a, ver Tabla 2.6
2. Potencial aplicado entre núcleo y tanque aplicando 2 000 V c.a. durante un minuto
3. Medición de la capacitancia y factor de potencia a cada una de las boquillas tipo capacitivo ya instaladas en el transformador antes y después de las pruebas dieléctricas
4. Tensión aplicada a 1 500 V c.a. a 60 Hz
5. Operación del equipo
6. Hermeticidad

#### **Puesta en servicio**

Antes de aplicar tensión al transformador verificar los siguientes puntos:

1. Revisión general de conexiones, apriete o ajuste de terminales y barras
2. Revisar que las barras conductoras no ejerzan presión a las boquillas del transformador
3. Revisar que los transformadores de corriente estén conectados a su carga o en cortocircuito
4. Revisar que el cambiador de derivaciones esté en la posición adecuada para proporcionar la tensión deseada
5. Remover todos los objetos extraños del transformador
6. Revisar que el neutro del transformador esté conectado a tierra
7. Revisar que el tanque del transformador esté sólidamente aterrizado
8. Revisar que la subestación compacta esté sólidamente aterrizada
9. Despejar el área

Después de energizar:

Revisar el transformador y la subestación durante 15 minutos para detectar cualquier evidencia de condición anormal, tal como: ruido excesivo y tensiones desbalanceadas ver Ilustración 2.1. e Ilustración 2.2

#### 2.3.4.1. Pruebas durante su vida útil

##### **Resistencia al aislamiento**

Las pruebas del transformador, ver Tabla 2.3, se deben realizar anualmente en condiciones libres de humedad y contaminación.

El significado de la resistencia de aislamiento generalmente requiere de cierta interpretación

Ilustración 2.1 Medición de tierra en transformador



y depende básicamente del diseño, sequedad y limpieza de los aislantes que envuelven al transformador. El procedimiento de prueba para la medición de la resistencia de aislamiento de un transformador está descrito en la norma IEEE C57.12.90 y contiene los siguientes puntos:

- La temperatura de los devanados y del líquido aislante deben estar cercanos a 20°C
- Todos los devanados deben estar inmersos en el mismo líquido aislante
- Todos los devanados deben de estar cortocircuitados
- Todas las boquillas del transformador deben estar en su lugar
- Todas las terminales que no se consideran en la prueba así como la carcasa y el tanque deberán conectarse a tierra mientras se aplique la tensión de prueba

Deben seguirse las indicaciones de cada instrumento de medición dependiendo del que se trate teniéndose como mínimas las siguientes:

**Megger analógico.** Primeramente se debe seleccionar la tensión de prueba de acuerdo a la Tabla 2.6 que son las recomendaciones del fabricante.

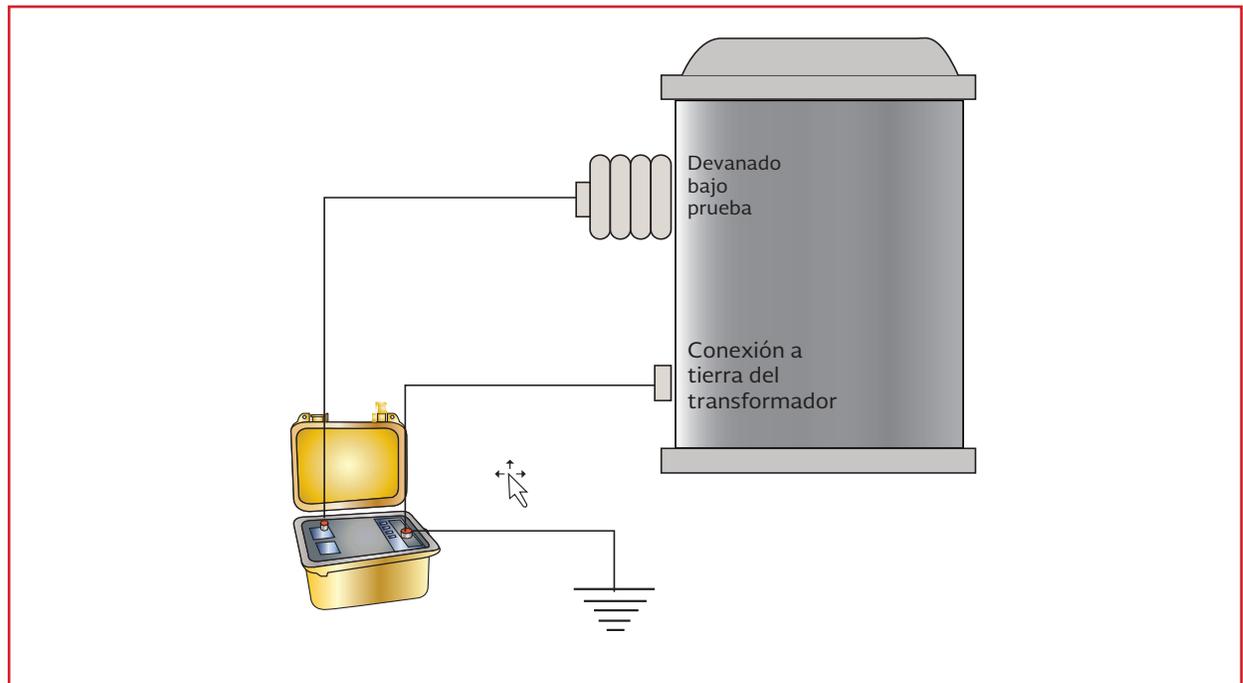
Como una regla general, la tensión de prueba debe ser aplicada hasta que se registre una lectura que no cambie en un margen de 15 segundos o la lectura final que observa en el transcurso de 60 segundos. En circuitos capacitivos se deberá ejercer la tensión de prueba por un minuto o más si es necesario completar la carga de la muestra. La norma IEEE 43 marca que es imposible de especificar el valor de la resistencia de aislamiento que debe ser medida para la cual un devanado fallará eléctricamente. La Ilustración 2.3 muestra el diagrama elemental de conexiones del Megger analógico, donde el devanado bajo prueba puede ser cualquiera de los ya mencionados antes. Una vez terminadas las conexiones se debe girar la palanca a una velocidad tal que la aguja del instrumento se estabilice y se encienda el led de color verde y tomar la lectura. Si el led de color rojo se enciende significa que el valor medido se deberá multiplicar por 10. La tensión aplicada para la medición de la resistencia de aislamiento a tierra deberá ser incrementada en un tiempo no mayor a 15 segundos y después de ser retenido en su valor de prueba durante un minuto y se deberá reducir gradualmente en no más de 5 segundos a un valor de un cuarto o menos del valor máximo que se haya registrado.

Las pruebas de resistencia de aislamiento deberán realizarse con los circuitos de igual tensión conectados entre sí y los circuitos de diferentes

Ilustración 2.2 Trasmformador



Ilustración 2.3 Conexiones del Megger analógico para la medición de la resistencia de aislamiento de un transformador



tensiones deberán ser aprobados por separado:

- Alta tensión vs Baja tensión
- Alta tensión vs Tierra
- Baja tensión vs Tierra
- Neutro vs Tierra (En el caso de que el neutro no esté conectado directamente a tierra)

La prueba debe ser interrumpida inmediatamente si la lectura de la corriente comienza a incrementarse sin estabilizarse.

Podrían presentarse descargas parciales durante las pruebas de resistencia de aislamiento que puedan causar al transformador y también arrojar resultados erróneos en los valores de las lecturas de medición, para este caso se deberá hacer una pausa y continuar posteriormente con la prueba.

Después de que la prueba haya sido completada se deberán aterrizar por un periodo de tiempo

suficiente para liberar cualquier carga que haya quedado atrapada.

### ***Rigidez dieléctrica del aceite***

Es una prueba que muestra la presencia de agentes contaminantes (agua, polvo, partículas conductoras) en el aceite, las cuales pueden ser representativas si se presentan valores bajos de rigidez (ver Ilustración 2.4). Cuando un aceite está muy contaminado tiende a presentar valores bajos de rigidez los cuales disminuyen el aislamiento del transformador por lo cual se deben tomar los siguientes puntos:

1. La temperatura ambiente debe ser mayor de 20 °C
2. Limpiar y drenar previamente la válvula de muestreo
3. Enjuagar el recipiente de prueba con el aceite que se va a analizar
4. No permitir que el interior del recipiente

Ilustración 2.4 Prueba de rigidez eléctrica del aceite



de prueba haga contacto con la válvula de muestreo, los dedos y otros dispositivos

5. Para el método ASTM D-877 (electrodos planos), llenar la copa 20 milímetros arriba del nivel de los electrodos
6. Dejar reposar la muestra de 2 a 3 minutos
7. Aplicar gradualmente la tensión de prueba a razón de 3 kV por minuto hasta que se produzca el arco entre electrodos y se abra el circuito de prueba
8. Leer el volmetro y anotar la lectura en kV
9. El valor de tensión en kilovolts a la que se presenta descarga entre los electrodos se conoce como rigidez dieléctrica y como norma general es el promedio del resultado de 5 pruebas sobre la misma muestra espaciadas un minuto. Las normas utilizadas y los valores límites permitidos para esta prueba son las siguientes:
  - a) ASTM D-877: Electrodo planos separados 2.54 mm, tensión Mínima 25 kV
  - b) ASTM D-1816: Electrodo semiesféricos separados 2.0, tensión mínima 50 kV

### Pruebas adicionales al aceite

Para tomar una muestra representativa, considerar las recomendaciones dadas para la prueba de rigidez dieléctrica.

1. Utilizar un envase limpio, seco, hermético y de preferencia que sea de cristal color ámbar
2. Reducir al mínimo el tiempo de almacenamiento o de espera para las pruebas
3. Las principales pruebas y sus valores aceptables son:
  - a) Prueba de acidez: menor de 0.2 mg KOH/gr. Referencia de la norma ASTM-D664 y D-974
  - b) Contenido de humedad: no mayor a 30 ppm. Referencia de la norma ATSM D-1533
  - c) Tensión interfacial: no menor de 25 000N/m (25 dinas/cm). Referencia de la norma ATSM D-971
  - d) Color
  - e) Factor de potencia
4. Programar mantenimiento en taller, cuando los valores de prueba están fuera de los límites aceptables. Considerar como opciones:
  - a) Deshidratar el aceite en el caso de tener:
    - Valores bajos de rigidez dieléctrica (menor de 22 kV)
    - Contenido de humedad de 20-60 mg/L (20 - 60 ppm)
    - Acidez mayor de 0.4 mg KOH/gr
  - b) Cambiar aceite y secar el transformador, ver Tabla 2.3, en el caso de tener:
    - Valor de tensión interfacial menor de 19 000 N/m (19 dinas/cm)
    - Valor de acidez mayor de 1 mg KOH /gr

- Contenido de humedad mayor de 65mg/L (65 ppm)

#### 2.3.4.2. Subestación compacta

##### **Apartarrayos**

Verificar anualmente la resistencia del aislamiento, ver Tabla 2.3, de los apartarrayos:

1. Drenar cargas estáticas
2. Desconectar los apartarrayos de la línea
3. Limpiar la porcelana
4. Colocar el probador de resistencia de aislamiento en una superficie firme y bien nivelada
5. Utilizar una tensión de prueba de 2 500 V c.d
6. Tomar la lectura al minuto y registrar su valor
7. Reponer anualmente apartarrayos con valores de aislamiento que no cumplan el mínimo establecido en la Tabla 2.4

Los valores de resistencia de aislamiento en apartarrayos son variables dependiendo de la marca y tipo; pudiendo ser desde 500 hasta 50 000 Megaohms. Comparar con apartarrayos de la misma marca, tipo y tensión. Los valores de resistencia de aislamiento mínimos se muestran en la Tabla 2.3. Cambiar apartarrayos con valores de lecturas comparativamente diferentes, o que no cumplan el mínimo establecido.

##### **Aisladores**

1. Verificar anualmente el buen estado del aislamiento, ver Tabla 2.3, con pruebas de resistencia de aislamiento para cada fase
2. Utilizar una tensión de prueba de 2 500 V c.d. Investigar valores de lecturas comparativamente menores

3. Probar por secciones para localizar y cambiar aisladores con valores menores a Tabla 2.4. Utilizar una tensión de prueba de 2 500 V c.d.

##### **Red de tierra**

1. Probar anualmente el valor de resistencia a tierra
2. Corregir valores de resistencia a tierra mayores de 10 ohms

#### 2.3.5. PUESTA EN SERVICIO DE SUBESTACIÓN TIPO POSTE

Antes de aplicar tensión al transformador, verificar los siguientes puntos:

1. Revisión general de conexiones, apriete o ajuste de terminales y conductores
2. Que el neutro del transformador esté conectado al tanque del transformador
3. Revisar que el tanque del transformador esté aterrizado
4. Revisar que el cambiador de derivaciones esté en la posición adecuada para proporcionar la tensión deseada
5. Remover todos los objetos extraños del transformador
6. Despejar el área

Después de energizar:

Revisar el transformador y la subestación durante 15 minutos para detectar cualquier anomalía.

1. Medir la resistencia de aislamiento de las fases a tierra, quitando o bloqueando los equipos de medición
2. Revisar continuidad de conexiones y barras

## 2.4. CUCHILLAS SECCIONADORAS<sup>2</sup>

### 2.4.1. PRUEBAS DE RUTINA

Las pruebas de rutina no deben afectar el funcionamiento y confiabilidad de las cuchillas y son las siguientes, ver Ilustración 2.5:

1. Pruebas dieléctricas al circuito principal
2. Prueba dieléctrica a los circuitos de control y auxiliares

#### *Medición de la resistencia del circuito principal*

3. Inspección visual y de construcción
4. Pruebas de funcionamiento mecánico
5. Prueba dieléctrica al circuito principal

#### *Prueba dieléctrica al circuito principal*

La prueba de tensión aplicada en seco a 60 Hz debe hacerse de acuerdo con NMX-J-271-ANCE, conforme a los valores indicados en la Tabla 2.6 sobre equipos completos y polos separados.

Cuando el aislamiento de las cuchillas está constituido por aisladores sólidos y aire, esta prueba puede omitirse verificando las dimensiones entre partes conductivas.

La verificación dimensional debe basarse en los dibujos de prototipo, los cuales deben tener la información dimensional necesaria, incluyendo las tolerancias permisibles.

Ilustración 2.5 Cuchillas seccionadoras



#### *Prueba dieléctrica a los circuitos de control y auxiliares*

Debe aplicarse la tensión de prueba a frecuencia del sistema (60 Hz) durante un minuto a los circuitos auxiliares y de control que forman parte de la cuchilla y el gabinete.

La tensión de prueba debe ser de 2 000 V y debe aplicarse a los circuitos auxiliares y de control, interconectados para este propósito y el bastidor de la cuchilla conectado a tierra. Se consideran un resultado satisfactorio si no ocurren descargas disruptivas durante cada prueba.

<sup>2</sup> Fuente: NMX-323-ANCE, NRF-008-CFE y Gill (2009)

### ***Medición de la resistencia del circuito principal***

Para la prueba de rutina, la resistencia de cada polo del circuito principal debe medirse bajo las condiciones siguientes: lo más cerca posible de la temperatura ambiente y los puntos de medición deben ser los mismos que los de la prueba prototipo.

La lectura de la medición no debe exceder 1.2 veces  $R_u$  donde  $R_u$  es igual a la resistencia medida antes de la prueba de elevación de la temperatura.

### ***Inspección visual y de construcción***

La cuchilla y sus circuitos auxiliares y de control deben verificarse para que cumplan con lo especificado por el fabricante.

### ***Pruebas de funcionamiento mecánico***

Las pruebas de funcionamiento mecánico se efectúan para asegurar que las cuchillas funcionan, en las condiciones de servicio dentro de los límites especificados de tensión y presión de alimentación de sus dispositivos de mando.

Durante estas pruebas, efectuadas sin tensión ni corriente en el circuito principal, debe verificarse, en particular, que las cuchillas abren y cierran correctamente cuando sus dispositivos de mando se ponen bajo tensión o bajo presión. Debe verificarse igualmente, que el funcionamiento no provoca ningún deterioro en las cuchillas.

Las pruebas deben considerar:

- a) La tensión nominal de alimentación, y/o presión nominal de alimentación del gas

comprimido, 50 ciclos de operación

- b) La tensión máxima de alimentación especificada, y/o a la presión máxima de alimentación del gas comprimido, 50 ciclos de operación
- c) La tensión mínima de alimentación especificada, y/o a la presión mínima de alimentación del gas comprimido, 50 ciclos de operación

Cuando la cuchilla se opera manualmente debe someterse a 10 ciclos de operación.

Durante estas pruebas no debe efectuarse ningún ajuste y el funcionamiento debe ser sin defectos. Las posiciones de apertura y cierre deben alcanzarse en el curso de cada ciclo de maniobras.

Después de estas, ninguna parte de la cuchilla debe tener deterioros.

Durante estas pruebas debe verificarse que la posición indicada en el dispositivo indicador, indica correctamente la posición de los contactos de movimiento.

## **2.5. BOQUILLAS DE PORCELANA**

Pruebas de rutina a boquillas de porcelana para equipos de distribución con tensiones de operación de 38 kV y menores

Las pruebas de rutina se realizan de acuerdo con la metodología establecida en la norma IEC 60672-2:

- a) Prueba de tensión de aguante 60 Hz en seco
- b) Prueba de hermeticidad

- c) Inspección visual y verificación dimensional, deben efectuarse conforme a los planos del tipo de fabricante

## 2.6. TRANSFORMADOR DE INSTRUMENTOS

### 2.6.1. PRUEBA DE POLARIDAD DE TRANSFORMADORES

La polaridad de los transformadores de instrumentos puede ser determinada por pruebas de corriente directa (c.d.) o corriente alterna (c.a).

#### ***Prueba de corriente directa***

Conectar un amperímetro de c.d de imán permanente con una capacidad de 5 A. o menos (dependiendo de la relación de transformación) a través de terminal secundario del TC. El terminal secundario marcado del transformador debe ser conectado a la terminal más (+) del amperímetro. Después conecte una batería de 7.5 V al lado primario de tal manera que la terminal negativa esté conectada a la terminal primaria sin marca del transformador. Hacer un contacto instantáneo con el terminal positivo de la batería a la terminal marcada del transformador. Un impulso o deflexión se notará en el amperímetro. Si la deflexión es en la dirección positiva al momento de realizar el contacto, los cables del transformador están marcados correctamente. Si la deflexión inicial está en la dirección negativa las marcas de polaridad no son correctas. Vea la Ilustración 2.6 (también referirse a la Ilustración 2.7) para las conexiones de esta prueba.

Los TP's se pueden probar usando un volmetro DC de imán permanente de tipo de bobina móvil que tiene una escala de 150 V. La prueba se reali-

za de una manera similar a la prueba de TCs, excepto que el volmetro está conectado a través de los terminales de alta tensión del primer transformador, y luego se aplica la tensión de la batería a los terminales de baja tensión.

#### ***Prueba de corriente alterna***

Los siguientes métodos de C.A. son usados para determinar la polaridad.

#### ***Método de excitación***

Esta prueba consiste en excitar el bobinado de alta tensión del transformador con baja tensión y comparar la tensión a través del devanado con la tensión a través de ambos devanados en serie. Este método no es muy práctico con transformadores con altas relaciones, tales como 100: 1, porque la diferencia entre las dos tensiones es muy pequeña, que no se puede medir con instrumentos ordinarios.

#### ***Método de sustitución***

Este método implica el uso de un transformador con polaridad conocida. Hacer las conexiones para el transformador de polaridad conocida, como se muestra en la Ilustración 2.8 a) y b), y luego conecte el transformador cuya polaridad se va a determinar. Si la aguja del amperímetro se desvía en la misma dirección en ambos casos, las polaridades de dos transformadores son los mismos. Al conocer la polaridad del primer transformador, se determina entonces la polaridad del segundo transformador.

#### ***Método diferencial***

El método diferencial implica excitar el primario de ambos transformadores (polaridad conocida

y desconocida) y hacer una medición diferencial con un amperímetro o un volmetro. Cuando se conectan los secundarios de dos TP' s en serie, las lecturas deben ser la suma de las tensiones de dos transformadores. Del mismo modo, cuando los dos secundarios de los transformadores de corriente están conectados en paralelo, el amperímetro debe leer la suma de las corrientes en dos transformadores. Las conexiones se muestran en la Ilustración 2.9 a) y b).

## 2.6.2. PRUEBA DE RELACIÓN DE TRANSFORMADORES

La relación de transformadores puede ser determinada generalmente por dos pruebas de aceptación:

### *Prueba método de Tensión*

Una tensión de c.a. adecuada, es decir, por debajo de la saturación, por debajo del punto de

Ilustración 2.6 Prueba de polaridad

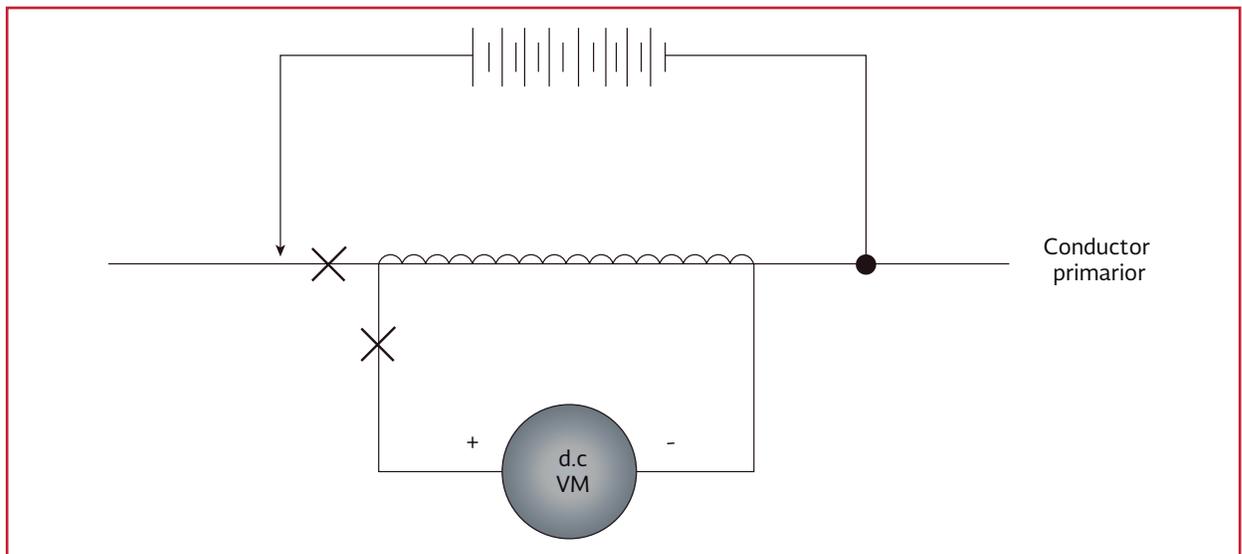


Ilustración 2.7 Prueba de polaridad utilizando el método kick

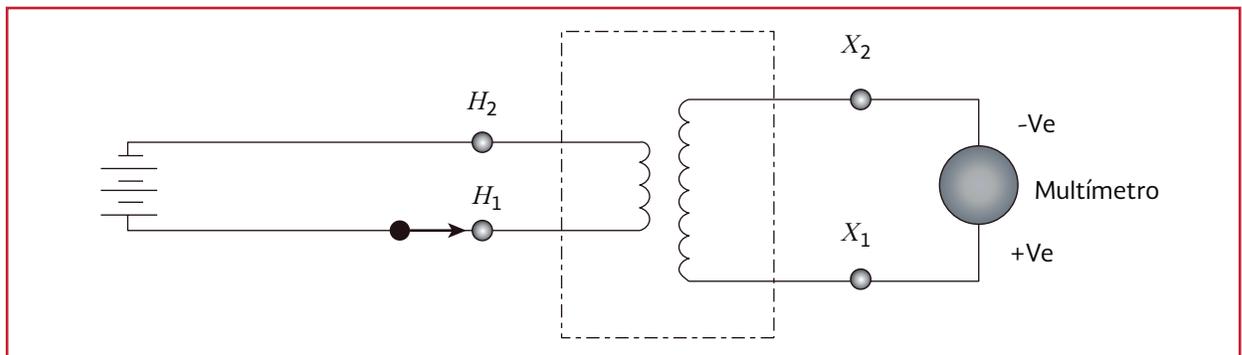


Ilustración 2.8 Conexiones para el método de sustitución

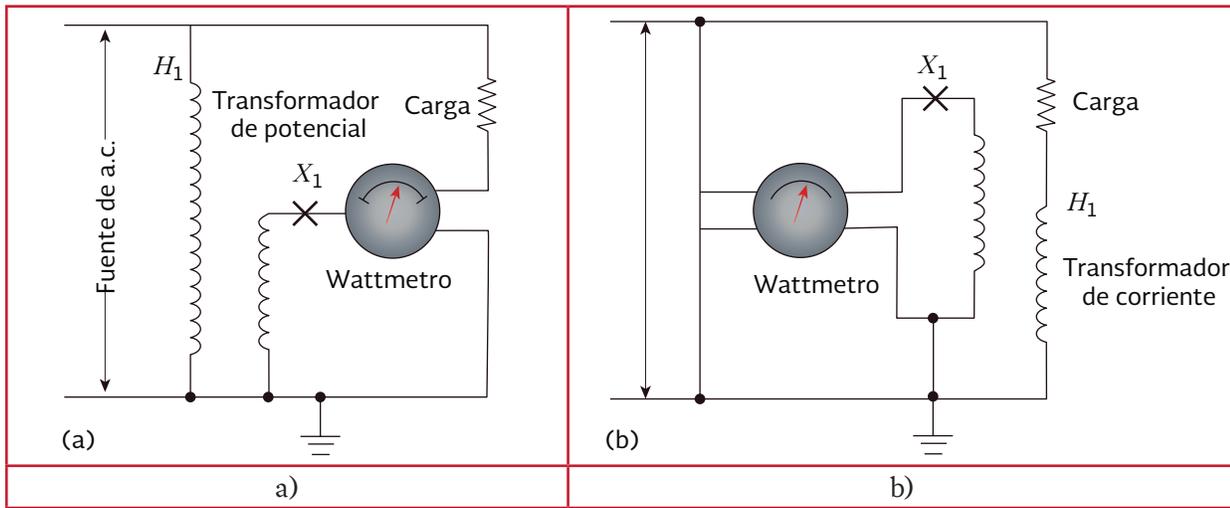
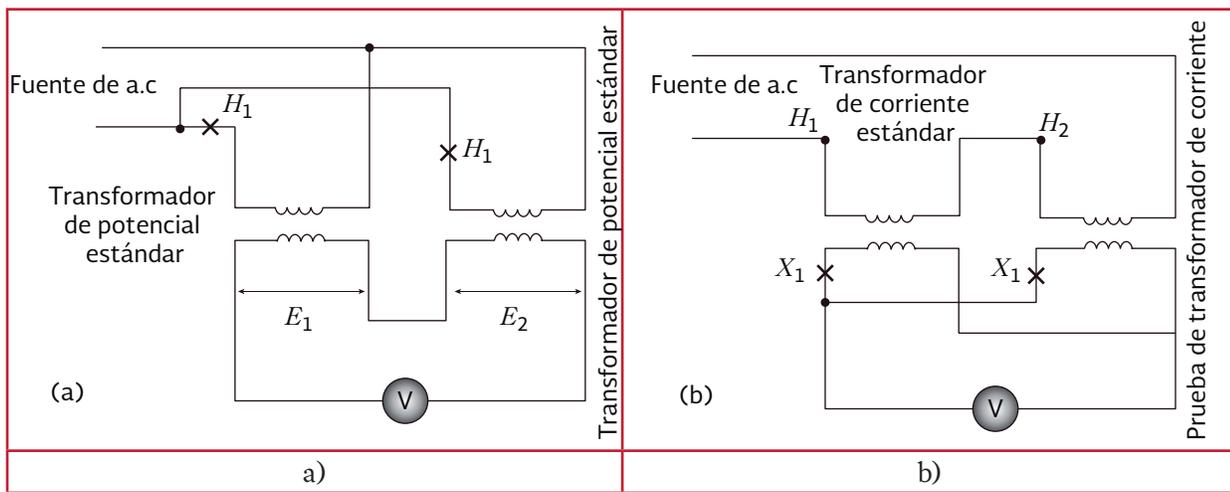


Ilustración 2.9 Conexiones para el método diferencial



la curva de saturación de TC, está conectado al devanado secundario y una alta impedancia ((20 000  $\Omega$  / V o mayor) un volmetro de bajo rango está conectado en el primario del TC. La tensión primaria se lee en el volmetro de rango bajo a medida que se aplica la tensión en el secundario al TC. La proporción a su vez es aproximadamente igual a la relación de tensión. En la mayor parte del buje de baja y media-relación de los TC, el nivel de saturación se alcanza aproximadamente a 1 V. El nivel de saturación puede ser inferior a 0.5 V por turno en el generador de alta relación de TC y TC de tipo ventana utilizados en tableros metal clad switchgear. Por muy alta relación de los TC, una aplicación de la tensión de prueba, incluso inferior a 0.5 V por turno puede ser necesario para evitar el peligro de personal y posibles daños al equipo.

#### ***Prueba método de corriente***

Este método necesita una fuente de alta corriente y un TC adicional de relación conocida con su propio amperímetro y un segundo amperímetro para el TC bajo prueba. La prueba se realiza mediante la aplicación de la fuente de alta corriente de prueba a una serie de valores en el rango deseado y registrar las dos lecturas de corrientes secundarias. La relación del TC bajo prueba es igual a la relación de vueltas del TC de referencia multiplicada por la relación de la corriente secundaria del TC de referencia a la corriente del secundario del transformador de prueba. Al llevar acabo esta prueba se evita el uso de múltiples espiras del conductor de la prueba a través del centro del TC de tipo ventana al reducir su relación, ya que puede producir una reactancia de dispersión secundaria anormal y producir resultados engañosos en la medición de la relación.

El efecto de error es impredecible y aunque es pequeño, el TC con devanado distribuido con bajo burden en el secundario, puede producir un gran error en mayores TCs particularmente cuando están conectadas altas cargas.

#### ***Prueba de excitación***

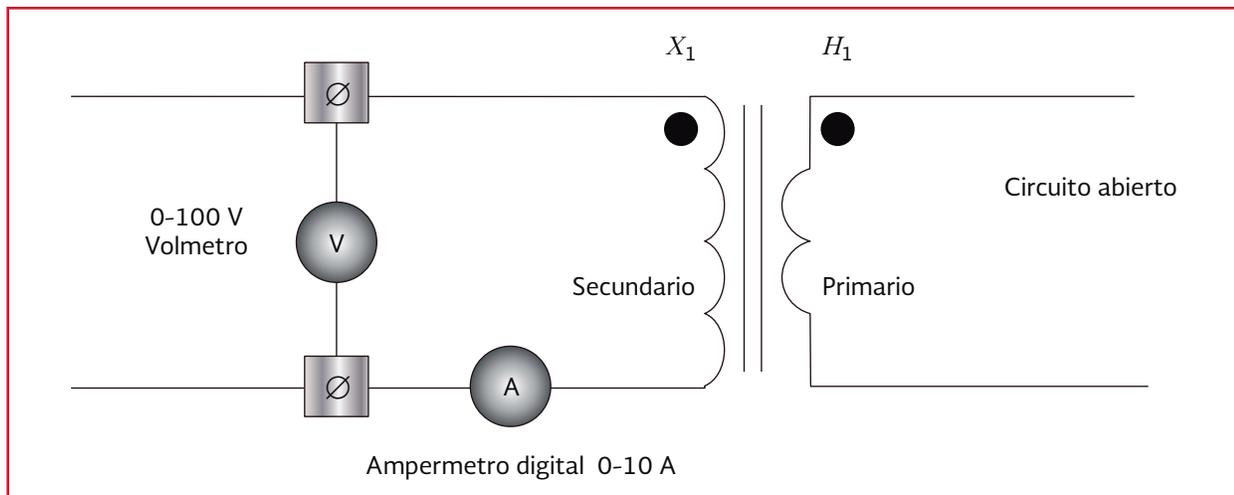
La prueba de tensión y corriente de excitación pueden hacerse ambas para TC clase tipo C y T con el propósito de evaluar si el TC se desempeña correctamente y determinar si las desviaciones están presentes. Para realizar esta prueba, una tensión c.a es aplicado al devanado secundario con el devanado primario en circuito abierto como lo muestra la Ilustración 2.10.

### 2.6.3. PRUEBAS DE TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTOS EN OPERACIÓN

Las pruebas de rutina como las descritas a continuación se deben realizar a los transformadores de instrumentos.

- Prueba de relación y ángulo de fase deben hacerse a TCs para medir el 100 por ciento y 10 por ciento de la corriente nominal en el primario, cuando energizan a la frecuencia nominal con el máximo burden estándar para el cual es clasificado
- Prueba de relación de transformación y polaridad debe hacerse a los TCs para garantizar que ellos tienen la correcta relación de transformación y transmisión de precisión

Ilustración 2.10 Prueba de tensión y corriente de excitación



## 2.7. TABLEROS

### 2.7.1. PRUEBAS DE TABLEROS BLINDADOS

#### *Pruebas al tablero blindado instalado en su base*

1. Medir la resistencia de aislamiento de las fases a tierra, quitando o bloqueando los equipos de medición
2. Revisar continuidad de conexiones y barras

#### 2.7.1.1. Puesta en Servicio de tableros blindados

##### *Inspección visual*

Antes de aplicar tensión al tablero blindado, realizar los siguientes puntos:

1. Revisión general de conexiones, apriete o ajuste de terminales y barras
2. Revisar que el sistema de tierras esté instalado

3. Revisar que todas las cubiertas estén colocadas
4. Revisar que los fusibles sean los correctos para la instalación
5. Revisar el correcto funcionamiento de mecanismos, puertas, etcétera
6. Quitar todos los objetos extraños del tablero blindado
7. Limpiar el polvo, suciedad o de contaminantes
8. Revisar que todos los accesorios estén en su lugar
9. Despejar el área

##### *Energizando el tablero blindado*

1. Revisar el tablero blindado durante 15 minutos para detectar cualquier evidencia de condición anormal
2. Revisar la operación de interruptores y tensiones en vacío a la salida
3. Revisar, ajustar y calibrar relevadores del tablero blindado
4. Revisar la tensión a equipos auxiliares

### **Desconexión**

1. Desenergizar el tablero blindado
2. Conectar los cables de fuerza y control a los equipos a controlar

### **Reenergización**

1. Energizar nuevamente el tablero blindado
2. Operar los interruptores
3. Verificar nuevamente la calibración de los relevadores por cambios de carga

### **Revisión final**

Revisar el tablero blindado mínimo 24 horas para detectar cualquier condición anormal.

## **2.7.2. TABLEROS DE ALUMBRADO Y DISTRIBUCIÓN BT<sup>3</sup>**

### **2.7.2.1. Inspección**

El aflojamiento de los tornillos y tuercas puede ocasionar la reducción de los espaciamientos requeridos, todos los tornillos y tuercas deben fijarse, voltearse de cabeza de cualquier otra forma prevenir su aflojamiento, al salir de la fábrica una sección de tablero de distribución debe estar completa, con excepción de los dispositivos y juegos para instalación en campo.

A menos que se empleen tornillos de sujeción para conductor, debe marcarse en la terminal, en el tablero de alumbrado o en el envoltorio del tablero de alumbrado, las designaciones y combinaciones de los conductores para las cuales es aceptable la terminal para puesta a tierra de equipo.

Un tablero de alumbrado dentro de un envoltorio debe marcarse con el número del tipo de envoltorio que indique las condiciones externas para las cuales es aceptable. Un tablero de alumbrado dentro de un envoltorio que cumple con los requerimientos para más de un tipo de envoltorio puede tener designaciones múltiples. El marcado puede estar en la superficie interior o exterior, pero debe ser visible después de la instalación.

Un tablero de alumbrado diseñado para instalarse en campo, en un poste o pedestal de instalación para equipo de distribución, debe marcarse para indicar el poste o pedestal con el cual debe usarse. Ya sea el poste, el pedestal, o el tablero de alumbrado deben ostentar el nombre o marca registrada del fabricante y el número de identificación de la unidad o unidades con las cuales puede usarse. La otra unidad o unidades deben ostentar la misma identificación completa de la unidad o unidades con las cuales pueden usarse o las palabras "Usar solamente con el (postes, pedestales o tableros de alumbrado) marcado para usarse con este tipo de - o número de catálogo - producto" o su equivalente.

Un tablero de alumbrado marcado para uso como equipo de acometida debe tener previsiones para la conexión del conductor del electrodo de puesta a tierra al conductor de acometida puesto a tierra. Debe suponerse que la sección transversal del conductor del electrodo de puesta a tierra está de acuerdo con NMX-J-118/1. No es aceptable una zapata soldada ni otros medios de conexión que dependan de soldaduras. Los resultados de la prueba deben registrarse en el formato de pruebas proporcionado con las instrucciones. Una sección de tablero de distribución debe construirse de manera que ninguna parte viva esté expuesta desde el frente, evitando

---

3 Fuente: NMX-J-118/1/2

que el operador tenga contacto con ésta durante la operación para la que está destinada. No debe haber ninguna abertura innecesaria en el frente del tablero de distribución. Las aberturas alrededor de un interruptor automático o de una unidad desconectadora, no deben ser mayores que lo necesario para permitir su ensamble y fabricación. Todas las conexiones eléctricas entre desconectores, portafusibles, interruptores automáticos, y similares deben terminarse, de tal forma que cuando el tablero de alumbrado se instale, solamente se necesite conectar los circuitos de línea, carga, medición, y control.

Un envolvente de tablero de alumbrado debe cumplir con las normas aplicables al país para el cual el producto es certificado, para México NMX-J-235/1-ANCE y NMX-J-235/2-ANCE (ver renglón 2 del apéndice B), excepto por las modificaciones y requerimientos adicionales que se describen específicamente en esta norma. Un tablero encerrado de 400 A nominales o más puede proporcionarse con aberturas para ventilación colocadas de la siguiente manera:

- a) En un envolvente diseñado solamente para montaje de sobreponer - en las paredes frontal, lateral, superior o inferior;
- b) En un envolvente no diseñado solamente para montaje de sobreponer - únicamente en el frente

Las aberturas de ventilación deben protegerse de modo que no permitan el acceso directo a partes vivas.

#### 2.7.2.2.Desconectores e interruptores automáticos

Los marcados que indiquen las posiciones conectado y desconectado de los desconectores

e interruptores automáticos deben ser visibles sin quitar el marco del tablero de alumbrado o la placa protectora.

No se requiere el marcado para indicar la posición de disparo en el caso de una palanca de operación externa, separada - diferente a una extensión simple de la palanca que no forme parte del interruptor automático. Tal palanca puede permanecer en la posición de conectado

Un extractor de fusibles y un desconector extraíble que incorporan un portafusibles empleado en un tablero de alumbrado, no debe tener partes vivas expuestas cuando el dispositivo está en la posición cerrado. Las juntas de unión de los fusibles de cartucho en tales dispositivos, cuando son accesibles para la inspección o el remplazo de los fusibles, deben estar desenergizadas

Para un tablero de distribución la protección contra sobrecorriente requerida puede consistir de un dispositivo principal contra sobrecorriente (un polo de un interruptor automático o un fusible) en serie con cada conductor de fase de la acometida, o no más de seis dispositivos de sobrecorriente conectados en el lado de línea de cada conductor de fase de la acometida y que alimenta cargas separadas

#### 2.7.2.3.Pruebas

##### ***Prueba de campo de la protección contra falla a tierra del tablero de BT***

Con el fin de facilitar la prueba de funcionamiento del sistema, cada relevador contra falla a tierra o aparato que incorpore un relevador contra falla a tierra o sus funciones, destinados para la protección de un servicio en estrella sóli-

damente puesto a tierra designado a más de 1 50 V a tierra, pero sin exceder 600 V de fase a fase, debe proporcionarse con hojas de información que describan las instrucciones para la prueba del sistema y con un formato para la prueba. El formato debe incluir un espacio para la fecha en que se desempeña la prueba, sus resultados y la forma en que deben guardarse estos registros por parte de los encargados de la instalación eléctrica del edificio, para poder tenerlas a disposición de las autoridades competentes. Las instrucciones deben incluir los siguientes puntos e incluir la información básica para realizar las pruebas. Las instrucciones deben estar por separado de cualquier detalle adicional que el fabricante desee proporcionar con relación a las pruebas. Las instrucciones deben especificar que:

- a) El sistema interconectado debe verificarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante del tablero de distribución y que esta verificación debe estar a cargo de personal calificado
- b) La ubicación de los sensores debe determinarse en torno a la barra del circuito que se va a proteger. Esto puede realizarse de manera visual, con el conocimiento de cual barra está involucrada.
- c) Los puntos de puesta a tierra del sistema deben verificarse para determinar que no existen trayectorias a tierra que puedan reemplazar a los sensores. Puede sugerirse el uso de probadores de alta tensión y puentes de resistencia.
- d) El sistema instalado debe probarse para una respuesta correcta mediante la aplicación de la corriente a plena escala hacia el equipo, con el fin de duplicar la condición de falla a tierra, o por medios equivalentes, tal como una corriente de falla simulada generada por:

- Una bobina cercana a los sensores
- Un devanado de prueba por separado en los sensores

#### 2.7.2.4.Puesta en Servicio

Antes de aplicar tensión al tablero, verificar los siguientes puntos:

1. Revisar que todas las conexiones a tierra estén hechas
2. Si se emplean fusibles, revisar que sean los correctos para la instalación
3. Limpiar polvo o suciedad
4. Revisar que todos los accesorios estén en su lugar
5. Hacer una prueba de resistencia de aislamiento entre fases y entre fases y tierra en las posiciones abierto y cerrado de los interruptores, verificar que no sea menor de un Mega-ohm
6. Despejar el área

#### ***Energizando el tablero***

1. Revisar el tablero durante 15 minutos para detectar cualquier evidencia de condición anormal
2. Operar interruptor general y derivados, y revisar tensión a la salida de cada interruptor
3. Si el interruptor general es de ajuste de disparo magnético, y requiere ajuste, ajustarlo

#### ***Desconexión***

1. Desenergizar el tablero
2. Conectar los cables de circuitos derivados
3. Revisión general de conexiones y aprietes de tornillería

4. Colocar y atornillar tapa frontal
5. Si el tablero se monta dentro de pared, verificar que la tapa frontal quede al ras de la pared terminada

### 2.7.3. TABLEROS DE TRASFERENCIA

Para los tableros de transferencia ver tema de especificaciones de patente de fabricante y consultar el *Libro de Selección de equipo y materiales electromecánicos del MAPAS*.

#### **Re energizar el tablero**

Energizar los interruptores derivados y esperar algunos minutos para detectar alguno anormal.

## 2.8. INTERRUPTORES<sup>4</sup>

El diseño del sistema de aislamiento interruptor se basa en una experiencia de unos 30 años. Sin embargo, condiciones ambientales, como suciedad, humedad y atmósfera corrosiva pueden acortar la vida de diseño. Humedad combinada con la suciedad es el mayor factor de deterioro de los sistemas de aislamiento debido a fugas. Por lo tanto, es importante mantener el aislamiento del interruptor y trazar las condiciones del sistema de aislamiento primario por pruebas de rutina.

El interruptor puede analizarse con tensión de c.a o c.d para comprobar la condición del aislamiento de interruptores y disyuntores. Antes de realizar otras pruebas, una prueba de resistencia de aislamiento (Megger) siempre debe ser realizado primero para determinar si es seguro para llevar a cabo otras pruebas de alto tensión. También al probar los interruptores de circuito, es importante comprobar el estado de los contactos del interruptor y disyuntor de mecanismo para

<sup>4</sup> Fuente: Gill (2009)

asegurar que el interruptor de funcionamiento es de apertura y cierre como fue diseñado. Estas pruebas se enumeran y discuten como sigue:

- Prueba de resistencia del aislamiento
- Prueba de rigidez dieléctrica con c.d. o c.a
- Prueba de factor de potencia o pérdida dieléctrica
- Prueba de resistencia de contacto del circuito interruptor
- Prueba de análisis de tiempo de funcionamiento del circuito interruptor

## 2.9. RELÉS<sup>5</sup>

### 2.9.1. INSPECCIÓN Y PRUEBAS

La instalación, mantenimiento, reparación y pequeña pruebas se realizan en el campo, mientras que la aceptación, reparación y grandes pruebas se llevan a cabo en el laboratorio. Para minimizar la responsabilidad de agregar problemas potenciales al sistema de relé o relevadores, se recomiendan los siguientes procedimientos generales.

### 2.9.2. PUNTOS DE PRUEBA EN RELÉS Y CIRCUITOS DE PRUEBA:

#### **Tiempo de sobrecorriente de relés**

La primera prueba del relé de sobrecorriente debe ser la de pickup mínima.

Pickup se define como aquel valor de la corriente cuando se acaban de cerrar los contactos del relé con el relé fijado en la posición de línea de tiempo más bajo. El mínimo de pickup debe ser dentro de  $\pm 5$  por ciento.

<sup>5</sup> Fuente: Gill (2009)

La siguiente prueba debe ser para comprobar la calibración del relé al menos en tres puntos de sincronización, como en la configuración de 2x tap, 4.5x tap y 6x tap. La inspección periódica de pickup tiene una tolerancia de  $\pm 5$  por ciento para valores de tap en relés no orientador y de  $\pm 7$  por ciento para relés orientados. Para los relés de nuevos, la tolerancia es  $\pm 1$  por ciento del valor del tap.

La prueba de un relé de sobrecorriente se realiza una fase a la vez. El relé de tierra se realiza de manera similar a los relés de fase.

### ***Corriente balanceada en relés***

Compruebe si hay condición de disparo mediante la aplicación de la misma cantidad de corriente a las bobinas opuestas. También cheque la operación en el rango del indicador entrada similar a un relé de sobre corriente.

### ***Sobretensión de relé***

Cheque el valor mínimo de pickup de la bobina de sobre tensión similar a relés de sobretensión. Seleccione tres puntos de sincronización específicamente del time dial. El pickup y los puntos de sincronización deben estar dentro de  $\pm 1$  por ciento para nuevas instalaciones y  $\pm 5$  por ciento en instalaciones existentes. Checar el pickup instantáneo y el indicador objetivo de la entrada

### ***Mínima tensión de relé***

Cheque la descarga del relé y el tiempo de disparo cuando la tensión se reduce desde la tensión nominal hasta la configuración de descarga de tensión o hasta cero. La descarga los puntos de

secuenciado deben estar dentro del  $\pm 1$  por ciento para nuevas instalaciones y  $\pm 5$  por ciento en instalaciones existentes. La unida instantánea debe ser checada para la descarga y el indicador objetivo de la entrada.

## **2.10. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES<sup>6</sup>**

Todas las pruebas que se enumeran a continuación, son de rutina, ver Ilustración 2.11.

Cada combinación de interruptor - arrancador se deberá sujetar a operaciones de cierre y apertura cinco (5) veces con tensión nominal.

### **2.10.1. PRUEBA DEL ALAMBRADO DE CONTROL Y OPERACIÓN**

El alambrado de control deberá ser verificado por los siguientes métodos:

- a) Verificación de la continuidad de los circuitos de control:
  - Operación eléctrica de los dispositivos de control que componen el CCM
  - Verificación de la continuidad de los circuitos individuales, con un probador
- b) Prueba de aislamiento del alambrado de control:
  - Esta prueba deberá efectuarse aplicando una tensión de 1 500 Volts, 60 Hz., a tierra, durante un minuto
- c) Verificar el alambrado de acuerdo a los diagramas aprobados

---

<sup>6</sup> Fuente: 01-2-5-EB-06A especificación CCM CFE

Ilustración 2.11 CCM



## 2.10.2. CRITERIO DE ACEPTACIÓN DE LAS PRUEBAS

Las pruebas que implican el rechazo del CCM, por no cumplir con lo establecido las especificaciones son las siguientes:

- a) Potencial aplicado al circuito principal de fuerza
- b) Potencial aplicado a circuitos auxiliares y de control
- c) Pruebas de operación mecánica
- d) Verificación del alambrado con relación a los dibujos aprobados

### 2.10.2.1. Puesta en servicio en CCM

#### **Verificación**

Antes de aplicar tensión a los centros de control de motores, realizar lo siguiente:

1. Revisión general de conexiones, apriete o ajuste de terminales y barras
2. Revisar que el sistema de tierras esté instalado

3. Revisar que los fusibles sean los correctos para la instalación
4. Revisar el correcto funcionamiento de mecanismos, puertas, etcétera
5. Verificar que la puerta no pueda ser abierta cuando el mecanismo está en la posición conectado
6. Quitar todos los objetos extraños del centro de control de motores
7. Limpiar el polvo, suciedad o de contaminantes
8. Revisar que los accesorios estén en su lugar
9. Despejar el área

#### **Energizando el centro de control de motores**

1. Revisar el centro de control de motores durante 15 minutos para detectar cualquier evidencia de condición anormal
2. Revisar tensiones en cada interruptor de los arrancadores
3. Revisar la operación de arrancadores en vacío y tensiones a la salida
4. Revisar, ajustar y calibrar relevadores (principales y derivados) del centro de control de motores
5. Calibrar el tiempo del segundo paso de los arrancadores a tensión reducida
6. Revisar la tensión a equipos auxiliares (transformadores de servicios, cargadores de baterías, etcétera)

#### **Desconexión**

1. Desenergizar el centro de control de motores
2. Conectar los cables de fuerza y control a los equipos a controlar

## **Reenergización**

1. Energizar nuevamente el centro de control de motores
2. Operar los arrancadores
3. Verificar nuevamente la calibración de los relevadores por cambios de carga

## **Revisión final**

Revisar el centro de control de motores mínimo 24 horas para detectar cualquier evidencia de condición anormal.

### 2.10.3. VARIADOR DE FRECUENCIA

Para los variadores de frecuencia, ver tema de especificaciones de patente de fabricante y consultar el *Libro de Selección de equipo y materiales electromecánicos del MAPAS*.

### 2.10.4. TABLEROS DE ARRANCADOR -INTERRUPTOR

Los tableros o gabinetes que contengan los interruptores - arrancadores deberán realizarse las pruebas correspondientes a de patente conforme a los manuales de fabricantes.

## 2.11. CABLES<sup>7</sup>

### 2.11.1. INSPECCIÓN VISUAL

La inspección visual se puede hacer en cables energizados, pero si los cables han de ser tocado o movido deben ser desactivados. Cables en bóvedas, subestaciones, registros, y en otros lugares

deberían ser inspeccionados por los siguientes puntos, sobre un programa anual:

1. Daño físico, dobleces y la tensión excesiva
2. Fugas de aceite, puntos débiles y expansión de aislamiento
3. Malas conexiones de tierra, deterioro de la funda metálica, soportes de cable corroídos y continuidad del sistema principal de puesta a tierra
4. Cubierta agrietada de cables sin plomo
5. Daño en la protección resistente al fuego
6. Rastreo de efecto corona
7. Manchas suaves en terminaciones y empalmes
8. Inspección de registros por desprendimientos de concreto o agua estancada
9. Las terminaciones cableado deben ser inspeccionados por fugas de compuestos o aceite (la suciedad y mugre se deben de limpiar y checar las impermeabilidad de las conexiones).

Los cables aéreos deben ser inspeccionados en busca de daños mecánicos provocados por la vibración o el deterioro del soporte y del sistema de suspensión. La inspección que debe ser hecha a los cables es para la abrasión al aislamiento y dobleces o aplastamientos (ver Ilustración 2.12).

### 2.11.2. MÉTODOS DE PRUEBA PARA CABLES

Después de que un nuevo cable ha sido instalado y antes de que energice, se debe realizar la prueba de aceptación (HV). En general, la aceptación de prueba de calidad se lleva a cabo en el 80% de la tensión de prueba de fábrica. Además,

7 Fuente: Gill (2009)

Ilustración 2.12 Cables y terminales en buen estado



las pruebas HV de mantenimiento de rutina se pueden realizar en el campo en los cables instalados como pruebas de mantenimiento. Las pruebas de mantenimiento de HV se llevan a cabo con el 60 por ciento de la tensión final de prueba de fábrica. Las siguientes pruebas pueden ser realizadas en el ámbito de aceptación y mantenimiento de cables.

El propósito de resumir los métodos de pruebas en cable es citar las ventajas y desventajas de estas de manera que el proyectista puede determinar rápidamente el método de ensayo más adecuado para aplicación. Las pruebas de cable se pueden clasificar en tres categorías: (1) Prueba de resistencia hi-pot, (2) Prueba de evaluación general de condición (GCA (Valoración de condiciones generales)) y (3).Prueba PD (descargas parciales).

Dentro de categoría resistencia de Hi-pot están: Prueba DC hi-pot, AC hi-pot, prueba resonante AC y prueba VLF, las ventajas y desventajas de la prueba que utilizan fuente de tensión alto potencial son:

### ***Prueba DC hi-pot***

#### *Ventajas*

1. Tiene una larga historia de uso
2. Muy portátil y conveniente para prueba de campo
3. Requisitos de baja potencia
4. Es buena para los defectos de tipo conductor

#### *Desventajas*

1. Demuestra que induce carga espacial que agrava los defectos de cable extruido por envejecido mucho después de la conclusión de la prueba
2. Es ciego a los defectos de alta impedancia tales como huecos y cortes
3. La distribución de la tensión no es la misma que las condiciones en servicio
4. No puede ser comparado con las pruebas de fábrica

### ***Prueba 60 Hz hi-pot y resonante AC***

#### *Ventajas*

1. Es bueno para los defectos en los conductores de impedancias altas
2. No induce cargas espaciales, con lo que reduce al mínimo la propagación de defectos en el cable extruido

3. Replica el estado de equilibrio en condiciones de servicio
4. Puede ser comparado con las pruebas de fábrica

#### *Desventajas*

1. Es más caro y no es práctico para pruebas de campo
2. Tiene mayor demanda de potencia a excepción de la prueba de resonancia de AC
3. Aumenta cierto tipo de defectos

#### **Prueba VLF hi-pot**

#### *Ventajas*

1. Portátil para pruebas de campo
2. Requisitos relativamente bajos de potencia
3. Es bueno para los defectos en los conductores de impedancias altas
4. No induce muchas cargas espaciales como DC hi-pot extruido por envejecimiento
5. Causa pocos defectos y crece rápidamente en los resultando en un menor tiempo de prueba

#### *Desventajas*

1. Agrava los defecto por envejecimiento sin desaparición de estos
2. No replicar las condiciones de servicio
3. No se puede comparar directamente con las pruebas de fábrica
4. No se recomienda para el envejecimiento del cable por que multiplica los efectos
5. La distribución de la tensión no es la misma con en las condiciones de servicio

6. No reproduce las condiciones normales de distribución de la tensión con las regiones de húmedas

#### 2.11.2.1. Prueba GCA

Las pruebas GCA son las que determinan el estado general del aislamiento del cable. Las pruebas incluyen: DF (factor de disipación)/ $\tan \delta$ /PF, prueba PD, espectroscopia dieléctrica, tensión de la despolarización de retención y relajación de la corriente de despolarización. Cada una de estas pruebas tiene sus ventajas y desventajas, pero algunas no son cubiertas en este tema. En general a siguiente se puede afirmar para PF / DF y pruebas PD:

#### **DF/PF ( $\tan \delta$ )**

#### *Ventajas*

1. Considerado como no destructivo para el aislamiento de cables
2. Las pruebas se realizan en los niveles de tensión en servicio
3. Supervisar el estado general del aislamiento del cable
4. Eficaz en la detección y evaluación de los defectos de la conducción
5. Puede ser comparado con las pruebas de fábrica
6. Portátil para pruebas de campo

#### *Desventajas*

1. Requiere tipos de cables anteriores y datos para la comparación
2. En cables extruidos es dependiente de la temperatura
3. Es ciego a los defectos de alta impedancia tales como huecos y cortes

4. No se puede detectar defectos singulares de aislamiento extruido, tal como arborescencia eléctrica
5. No es una prueba eficaz para el cable dieléctrico mixto o recién instalado
6. El equipo es costoso en comparación con equipos hi-pot

#### 2.11.2.2. Prueba PD

Se consideran dos tipos de pruebas de PD, que es la prueba en línea y pruebas PD fuera de línea. La prueba de diagnóstico de PD se considera eficaz en la localización de defectos en el blindaje de cables.

#### ***Prueba de diagnóstico PD***

##### *Ventajas*

1. Considerado como no destructivo
2. Puede detectar y localizar defecto de impedancia alta tal como cortes, árboles eléctricos, vacíos y rastreos
3. Se puede realizar en línea en aplicaciones limitadas
4. Eficaz en la localización de defectos en los sistemas dieléctricos mixtos

##### *Desventaja*

1. Limitado a los cables con una protección neutral continua
2. Requiere un analista capacitado para interpretar las mediciones
3. No se puede detectar o localizar defectos del tipo de conducción
4. No es efectivo en líneas con derivaciones

#### ***Prueba de diagnóstico en línea PD***

##### *Ventajas*

1. Se realiza mientras el circuito esta energizado
2. Detectar y localizar algunos defectos accesorios y algunos defectos de cable
3. No requiere una fuente de alimentación externa

##### *Desventajas*

1. Detecta sólo el 3 por ciento o menos de los defectos de aislamiento de cable en cable extruido
2. No es una prueba calibrada, por lo tanto, los resultados no son objetivos
3. No puede ser comparado con las pruebas de fábrica
4. No es efectivo por los datos estadísticamente significativos que correlacionan los resultados a defectos o fallas en los sistemas de cable reales
5. Requiere acceso al cable cada pocos cientos de metros, dependiendo de la construcción del cable
6. Requiere que los pozos de registro sean bombeados para tener acceso al cable
7. No se puede aplicar a tramos largos de cable enterrados directamente al piso

#### ***Pruebas de diagnóstico fuera de línea PD***

##### *Ventajas*

1. Puede ser fácilmente comparado con las pruebas iniciales de fábrica

2. Replica condiciones de funcionamiento de estado estacionario y transitorio
3. Puede localizar árboles eléctricos con PDs
4. Localiza todos los sitios de defecto en una prueba de un extremo del cable
5. Es eficaz con cables dieléctricos mixtos
6. Puede probar hasta 1 a 3 millas de cable en función de la construcción del cable
7. Proporciona informe en el sitio de los resultados de las pruebas

#### *Desventajas*

1. Necesitas interrupción de circuito para que se realice la prueba
2. El equipo es caro en comparación con otras pruebas

## 2.12. MOTORES Y GENERADORES<sup>8</sup>

El sistema de aislamiento eléctrico es la parte más importante de motores y generadores que necesita mantenimiento y pruebas periódicas. El sistema de aislamiento de las máquinas se somete a diversos grados de tensiones mecánicas, térmicas y eléctricas. La fiabilidad de una máquina depende de la integridad de su sistema de aislamiento. Por lo tanto, un programa de mantenimiento preventivo debe incluir un programa de pruebas de eficacia, junto con la inspección visual y el mantenimiento de rutina, para evaluar el sistema de aislamiento.

### 2.12.1. PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

Esta prueba se lleva a cabo con tensiones de 500 a 5 000 V y proporciona información sobre el

estado de aislamiento de la máquina. Un sistema de aislamiento limpio y seco tiene un nivel muy bajo de fugas en comparación con un sistema de aislamiento húmedo y contaminado. Esta prueba no comprueba la fuerza de alta tensión del sistema de aislamiento, pero nos proporcionan información de si el sistema de aislamiento tiene una alta resistencia a las fugas o no. Esta prueba se hace comúnmente antes de la prueba de alta tensión para identificar la contaminación de aislamiento o fallas. Esta prueba se puede realizar en todas las partes del circuito de la máquina a tierra. Los procedimientos siguientes son para hacer esta prueba en el devanado de campo, devanados del estator, y devanados de estator individuales. Las conexiones típicas de un motor síncrono o generador se muestran en la Ilustración 2.13.

#### Procedimiento de prueba de devanado de campo

La conexión de la prueba es mostrada en la Ilustración 2.14 y los procedimientos son los siguientes:

1. Levante las escobillas del rotor
2. Desconecte la terminal de neutro del dispositivo de neutro o tierra
3. Conecte a tierra todas las terminales del estátor, marcos del estátor y eje del rotor
4. Conecte a tierra  $f_1$  y  $f_2$  por 30 minutos antes de realizar la prueba para descargar por completo el devanado
5. Desconecte  $f_1$  y  $f_2$  de tierra y conecte la terminal de prueba del instrumento (megohmetro) a tierra, y dirigir la tensión de prueba a  $f_1$  y  $f_2$
6. Llevar a cabo una de las siguientes:
  - a) Prueba de 10 minutos para determinar PI (índice de polarización)
  - b) Prueba de un minuto para deter-

<sup>8</sup> Fuente: Gill (2009)

Ilustración 2.13 Conexiones típicas para motores síncronos en servicio

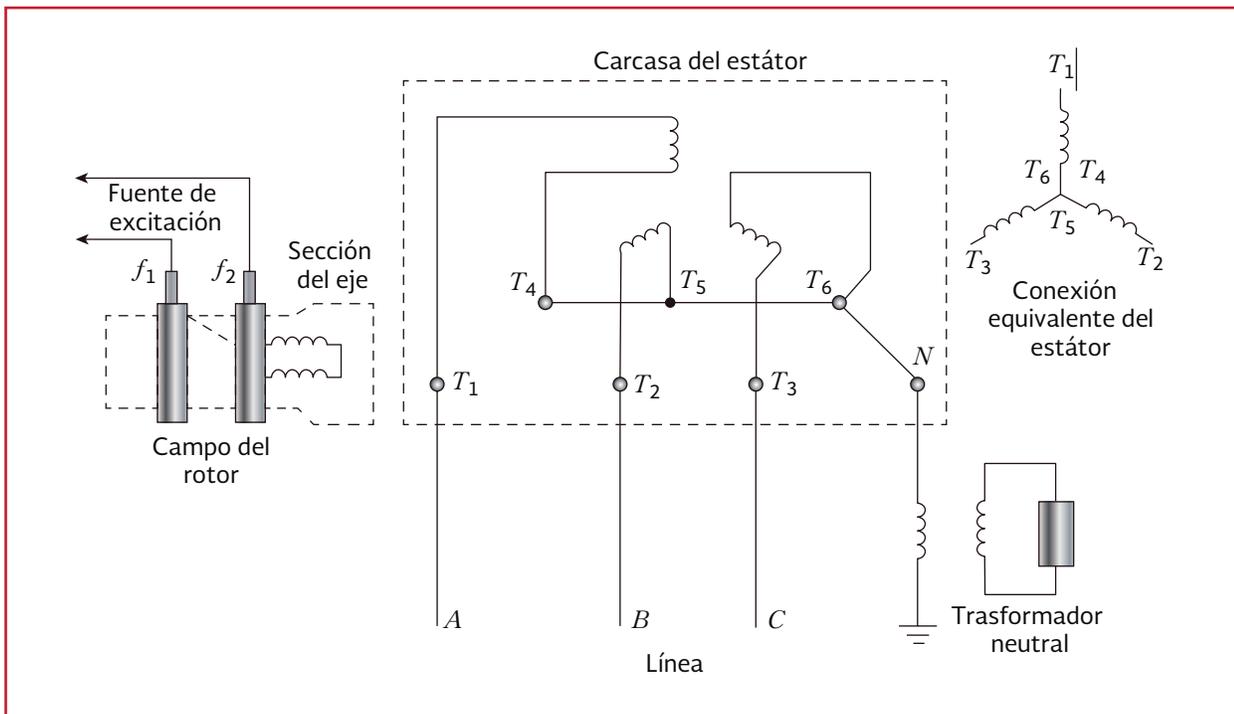
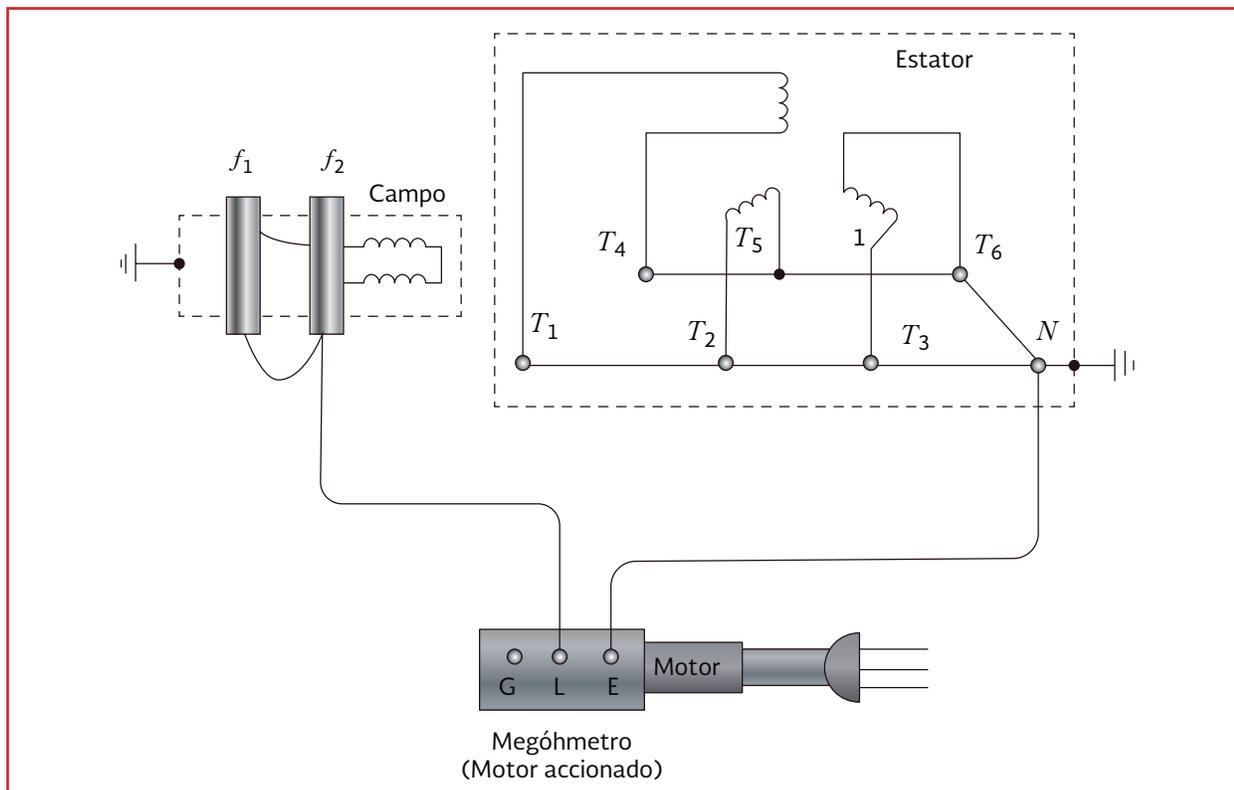


Ilustración 2.14 Conexión para prueba de devanado de campo



minar DAR (relación de absorción dieléctrica)

- c) Prueba de un minuto para determinar el valor de resistencia de aislamiento

### 2.12.2. PRUEBA DE ESTÁTOR EN CONJUNTO (DEVANADOS DE LA ARMADURA)

Los siguientes procedimientos se dan para la realización de esta prueba, y el diagrama de conexión se muestra en la Ilustración 2.15.

1. Compruebe que la carcasa del estator y ejes de rotor están conectados a tierra
2. Conecte a tierra las terminales  $f_1$  y  $f_2$  del rotor
3. Conecte el terminal de tierra del instrumento a tierra y conecte el cable de tensión de prueba para todos los terminales del motor que están conectados entre sí
4. Conecte a tierra la terminal de tierra del instrumento y conecte el cable de tensión de prueba de todas las terminales del motor que están conectadas entre si
5. Quitar la conexión de tierra del devanado del estator
6. Llevar a cabo una de las siguientes
  - a) Prueba de 10 minutos para determinar PI
  - b) Prueba de un minuto para determinar DAR
  - c) Prueba de un minuto para determinar el valor de resistencia de aislamiento

### 2.12.3. PRUEBA DE SOBRETENSIÓN C.D.

La prueba sobretensión c.d. se lleva a cabo en motores y generadores para evaluar la rigidez

dieléctrica del aislamiento. Esta prueba se puede hacer durante el mantenimiento de rutina o después de las reparaciones que se han hecho en la máquina. Ya sea a toda o partes de la máquina se puede probar a tierra para asegurar que el sistema de aislamiento tiene suficientemente alta rigidez dieléctrica para una operación segura.

Como una regla general, el tensión c.a. utilizado para la prueba de los devanados de la máquina de motores o generadores se basa en el funcionamiento nominal de operación de la maquina

Una regla usada comúnmente para establecer los valores de las pruebas de fábrica de bobinas del estator es dos veces la tensión nominal (E) mas 1 000 V. Para c.d la bobina de campo es 10 veces el tensión de excitación. Para convertir estos valores a los valores de las pruebas de c.d de sobretensión, el factor multiplicador es de 1.7. La tensión de prueba de aceptación recomendada de c.d es 75 por ciento de la tensión de c.a utilizado para los ensayos de resistencia de la fábrica, mientras que la tensión de ensayo de mantenimiento recomendado de c.d es el 65 por ciento del valor de la prueba de fábrica.

Estos valores pueden ser representados por las ecuaciones siguientes:

$$\begin{aligned} Prueba_{aceptacion\ de\ tension\ de\ c.d.} &= [(2E + 1000)(1.7)](0.75V) \\ &= (2.55E + 1.275)V \end{aligned}$$

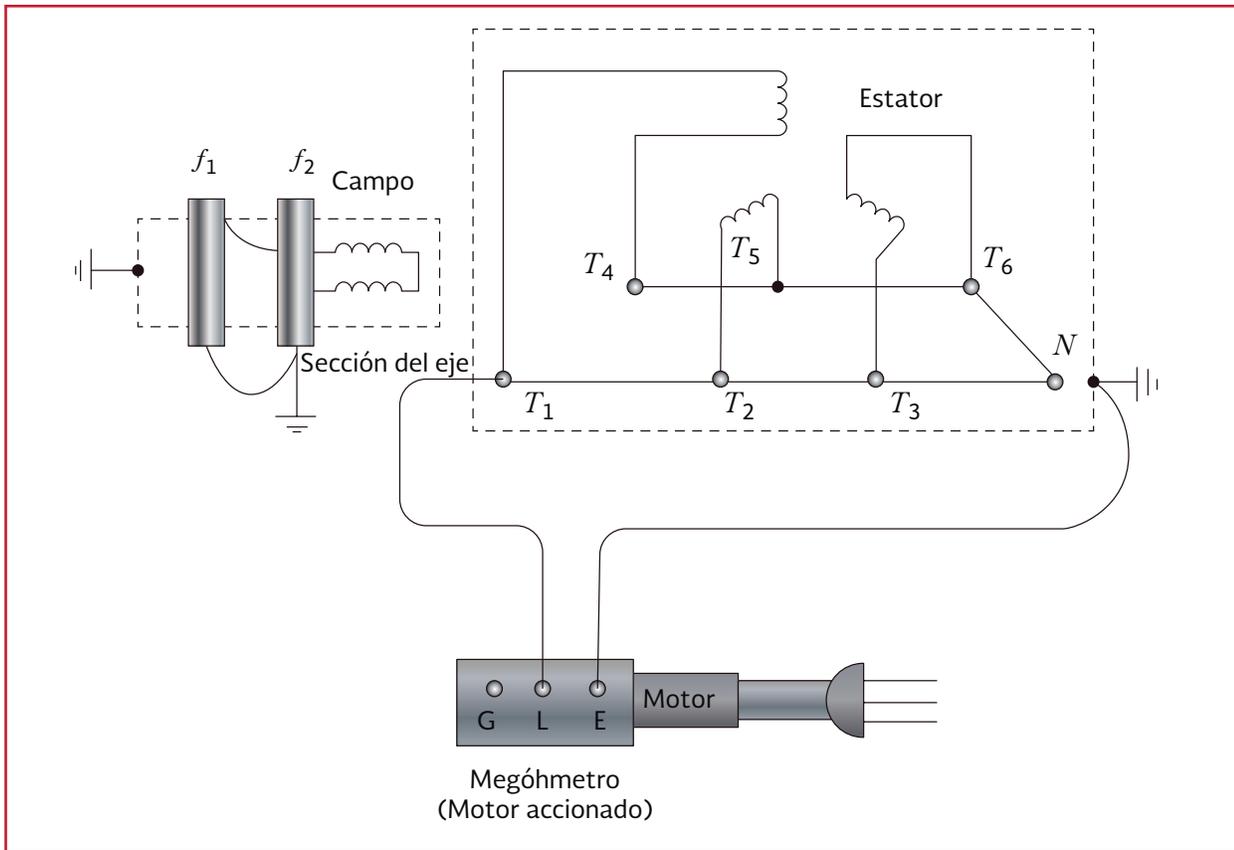
Ecuación 2.2

$$\begin{aligned} Prueba_{mantenimiento\ de\ tension\ de\ c.d.} &= [(2E + 1000)(1.7)](0.65V) \\ &= (2.21E + 1.105)V \end{aligned}$$

Ecuación 2.3

Los valores mencionados pueden variar dependiendo del tipo y tamaño de la máquina. La du-

Ilustración 2.15 Prueba de estátor en conjunto (devanados de la armadura)



ración estándar de la prueba de sobretensión de c.d. es usualmente de 1 - 5 minutos para la mayoría de las maquinas eléctricas pero puede variar dependiendo del tipo y tamaño.

#### 2.12.4. PRUEBAS EN SITIO PARA MOTORES VERTICALES

Antes de realizar las pruebas, aterrizar los devanados por un tiempo corto de tal manera que se descarguen de posibles cargas estáticas:

1. Resistencia de devanados: Verificar que la resistencia de los devanados del motor sea de 3.3 a 4 ohms. Tener cuidado al medir resistencias pequeñas
2. Resistencia de aislamiento: Verificar la resistencia de aislamiento del motor de la Tabla 2.7 y Tabla 2.8

#### 2.12.4.1. Puesta en Servicio

Antes de aplicar tensión al motor, verificar los siguientes puntos:

1. Revisión general de conexiones, apriete o ajuste de terminales
2. Verificar que la tensión, secuencia de fases, corrientes de línea y frecuencia de la línea corresponden a los de placa
3. Verificar que las chumaceras tengan lubricante
4. Remover todos los objetos extraños del motor y carga
5. Revisar que la carcasa y el cabezal de la carga estén sólidamente aterrizados
6. Verificar que las flechas del conjunto giren libremente
7. Verificar nuevamente el alineamiento del

motor y la carga (en motores de flecha sólida o flecha hueca)

Despejar el área Después de energizar:

1. Revisar el motor durante 15 minutos para detectar cualquier evidencia de condición anormal
2. Verificar que no existan fugas de aceite en las chumaceras
3. Una mala instalación puede originar:
  - a) Vibración excesiva
  - b) Ruido
  - c) Corrientes altas
  - d) Operación a altas temperaturas
  - e) Falla de chumaceras

#### 2.12.5. PRUEBAS EN SITIO PARA MOTORES HORIZONTALES

Antes de realizar las pruebas, aterrizar los devanados por un tiempo corto de tal manera que se descarguen de posibles cargas estáticas:

1. Resistencia de devanados
  - a) Verificar que la resistencia de los devanados del motor sea de 3.3 a 4 Ohm. Poner cuidado al medir resistencias pequeñas
2. Resistencia de aislamiento
  - a) Revisar la resistencia de aislamiento del estator antes del arranque. Si la resistencia es baja, secar el estator antes de arrancarlo
  - b) Verificar la resistencia de aislamiento del motor de la Tabla 2.7 y Tabla 2.8

##### 2.12.5.1. Puesta en servicio

Antes de aplicar tensión al motor, verificar los siguientes puntos:

1. Revisión general de conexiones, apriete o ajuste de terminales
2. Verificar que la tensión, secuencia de fases y frecuencia de la línea corresponden a los de placa
3. Verificar que las chumaceras tengan lubricante
4. Remover todos los objetos extraños sobre el motor
5. Revisar que la carcasa del motor esté sólidamente aterrizada
6. Si el motor está equipado con detectores de temperatura, revisar que muestren una lectura correcta
7. Despejar el área

Después de energizar:

1. Revisar el motor durante 15 minutos para detectar cualquier evidencia de condición anormal
2. Si el motor está equipado con chumaceras tipo anillo de aceite, revisar la rotación del anillo notar si los detectores de temperatura tienen cambio de temperatura
3. Revisar la dirección de rotación
4. Revisar que no existan fugas de aceite en las chumaceras
5. Revisar y registrar lo siguiente para futuras referencias:
  - a) Tiempo de aceleración
  - b) Tensión en el arranque (terminales del motor)
  - c) Tensión a velocidad nominal
  - d) Corriente en el arranque
  - e) Corriente a velocidad nominal
  - f) Revisar si hay vibración
6. Una instalación defectuosa puede originar los siguientes problemas:
  - a) Vibración excesiva
  - b) Ruido

- c) Corrientes altas
- d) Operación a altas
- e) Temperaturas
- f) Falla de chumaceras

#### 2.12.6. PRUEBAS EN SITIO PARA MOTORES SUMERGIBLES

Antes de realizar las pruebas, aterrizar los devanados por un tiempo corto de tal manera que se descarguen de posibles cargas estáticas:

1. Resistencia de devanados
  - a) Antes de la instalación, verificar que la resistencia de los devanados del motor sea de 3.3 a 4 ohms. Poner cuidado al medir resistencias pequeñas
2. Resistencia de aislamiento
  - a) Antes y después de la instalación, verificar en la Tabla 2.7 y Tabla 2.8
  - b) Si los datos son correctos con los del fabricante, los cables sumergibles y las bobinas están en buen estado

##### 2.12.6.1. Puesta en servicio

Con el motor instalado y antes de aplicar tensión al motor, verificar:

1. Revisión general de conexiones, apriete o ajuste de terminales
2. Verificar que la tensión, secuencia de fases y frecuencia de la línea corresponden a los de placa
3. Verificar que el conductor de tierra de la carcasa del motor esté aterrizado

Con el motor instalado y después de energizar, revisar y registrar lo siguiente para futuras referencias:

- a) Tensión en cada fase
- b) Corriente en cada fase
- c) Temperatura obtenida del sensor
- d) Humedad obtenida del sensor
- e) Ruido

#### 2.12.7. PRUEBAS EN SITIO PARA MOTORES ACOPLADOS A REDUCTORES DE ENGRANES

Antes de realizar las pruebas, aterrizar los devanados del motor por un tiempo corto de tal manera que se descarguen de posibles cargas estáticas:

1. Resistencia de devanados:
  - a) Verificar que la resistencia de los devanados del motor sea de 3.3 a 4 ohms. Poner cuidado al medir resistencias pequeñas
2. Resistencia de aislamiento:
  - a) Revisar la resistencia de aislamiento del estátor del motor antes del arranque. Si la resistencia es baja, secar el estátor del motor antes de arrancarlo
  - b) Verificar la resistencia de aislamiento de la Tabla 2.7 y Tabla 2.8

##### 2.12.7.1. Puesta en servicio

Antes de aplicar tensión al motor, verificar los siguientes puntos:

1. Revisión general de conexiones, apriete o ajuste de terminales
2. Verificar que la tensión, secuencia de fase y frecuencia de la línea corresponden a los de placa
3. Verificar que el motor gire libremente
4. Remover todos los objetos extraños sobre el motor

5. Revisar que la carcasa del motor esté sólidamente aterrizada

Después de energizar:

1. Revisar el motor durante 15 minutos para detectar cualquier evidencia de condición anormal
2. Revisar la dirección de rotación
3. Revisar y registrar lo siguiente para futuras referencias:
  - a) Tiempo de aceleración
  - b) Tensión en el arranque (terminales del motor)
  - c) Tensión a velocidad nominal
  - d) Corriente en el arranque
  - e) Corriente a velocidad nominal
  - f) Revisar si hay vibración
4. Una instalación defectuosa puede originar:
  - a) Vibración excesiva
  - b) Ruido
  - c) Corrientes altas
  - d) Operación a altas temperaturas
  - e) Falla de chumaceras

#### 2.12.8. PRUEBAS PARA MOTORES EN OPERACIÓN

1. Realizar las pruebas como mínimo una vez al año en condiciones libres de humedad y contaminación
2. Con el equipo desconectado y desenergizado aterrizar los devanados por un tiempo corto de tal manera que se descarguen

##### **Resistencia de devanados**

Emplear métodos conocidos para la determinación de la resistencia

1. Medir la resistencia de los devanados del motor entre cada par de terminales del estátor
2. Si la conexión es estrella, la lectura hay que dividirla entre dos para obtener la resistencia ohmica
3. Medir la temperatura a la que se hizo la medición

##### **Resistencia de aislamiento**

1. Utilizar guantes dieléctricos y equipo de seguridad adecuado a la tensión del sistema. Tomar todas las medidas necesarias para protección del personal y del equipo
2. Verificar la limpieza de las terminales
3. Verificar con un volmetro adecuado que el equipo esté sin carga remanente
4. Mantener la conexión de la carcasa a tierra
5. Colocar el equipo para prueba de aislamiento sobre una superficie firme y bien nivelada
6. Seleccionar la tensión de prueba adecuado al nivel de tensión del devanado conectado a la terminal de línea del probador. Determinar la tensión de prueba de acuerdo a la Tabla 2.8
7. Conectar las terminales de prueba al motor para medir la resistencia del aislamiento con respecto a tierra. Hacer la medición de cada fase a tierra
8. Realizar durante diez minutos cada prueba de resistencia de aislamiento. Registrar las lecturas obtenidas al minuto de prueba y a los diez minutos de prueba
9. Al terminar cada prueba, poner fuera de servicio el equipo de prueba. Colocar el selector en la posición de descarga y aterrizar la parte del equipo probado du-

rante un tiempo más o menos igual al de la prueba

10. En caso de contar con medición de temperatura, registrar la temperatura del aceite y del devanado
11. Valoración de la prueba:
  - a) Calcular el índice de polarización. Este índice se obtiene de la división de la resistencia a los diez minutos entre el valor de la resistencia al minuto
  - b) Los valores recomendados para el índice de polarización se muestran en la Tabla 2.9
  - c) Los equipos que mantienen su valor constante y mayor de la unidad se consideran en buen estado
  - d) Determinar mediante pruebas periódicas el cambio de su valor
  - e) Investigar los cambios de valor que se observan en pruebas sucesivas
  - f) Limpiar el equipo cuyo índice de polarización se ha reducido y aplicar, de ser necesario, un proceso de barnizado y secado en taller

### ***Mediciones con el equipo funcionando***

Hacer las siguientes mediciones:

1. La carga en cada fase
2. La tensión
3. La temperatura del aire en los orificios para ventilación
4. La temperatura de la carcasa
5. La temperatura de los cojinetes o chumaceras
6. La vibración
7. Valoración de las mediciones:
  - a) El tipo de aislamiento del motor establece el límite máximo de temperatura que se muestra en la Tabla 2.10

- b) La medición de la temperatura que se realiza se considera representativa, pero no es la máxima de acuerdo con la información mostrada en la Tabla 2.11
- c) Valores límites de protección se muestran en la Tabla 2.12. Evitar la operación del motor, en forma manual o automática, cuando las condiciones no sean las adecuadas

### ***Equipo de reserva***

1. Operar el equipo con la frecuencia necesaria para evitar que las piezas se peguen
2. Mantener en servicio las resistencias calefactoras
3. Medir el valor de la resistencia de aislamiento del equipo que ha estado fuera de operación por un período prolongado. Hacer la medición antes de restablecer el equipo al servicio

### **2.12.9. PRUEBAS PARA MOTORES SUMERGIBLES EN OPERACIÓN**

Con el equipo completamente desinstalado y desenergizado aterrizar los devanados por un tiempo corto de tal manera que se descarguen. Realizar pruebas al motor por lo menos una vez al año.

#### ***Resistencia de devanados***

Emplear métodos conocidos para la determinación de la resistencia.

1. Medir la resistencia de los devanados del motor entre cada par de terminales del estator

2. Si la conexión es estrella, la lectura hay que dividirla entre dos para obtener la resistencia óhmica
3. Medir la temperatura a la que se hizo la medición

La resistencia de los devanados debe ser del mismo valor que la obtenida en pruebas anteriores. En caso contrario, revisar en taller y reparar el daño.

### **Resistencia de aislamiento**

Utilizar guantes dieléctricos y equipo de seguridad adecuada a la tensión del sistema. Tomar todas las medidas necesarias para protección del personal y del equipo

1. Verificar la limpieza de las terminales
2. Verificar con un voltímetro adecuado que el equipo esté sin carga remanente
3. Mantener la conexión de la carcasa a tierra
4. Colocar el equipo para prueba de aislamiento sobre una superficie firme y bien nivelada
5. Seleccionar la tensión de prueba adecuada al nivel de tensión del devanado conectado a la terminal de línea del probador. Determinar la tensión de prueba de acuerdo a la Tabla 2.8
6. Conectar las terminales de prueba al motor para medir la resistencia del aislamiento con respecto a tierra. Se hace la medición de fases a tierra y del sensor a tierra
7. Realizar durante diez minutos cada prueba de resistencia de aislamiento. Registrar las lecturas obtenidas al minuto de prueba y a los diez minutos de prueba
8. Al terminar cada prueba, poner fuera de

servicio el equipo de prueba. Colocar el selector en la posición de descarga y aterrizar la parte del equipo probado durante un tiempo más o menos igual al de la prueba

9. En caso de contar con medición de temperatura, registrar la temperatura del aceite y del devanado
10. Valoración de la prueba:
  - a) Calcular el índice de polarización. Este índice se obtiene de la división de la resistencia a los diez minutos entre el valor de la resistencia a un minuto
  - b) Los valores recomendados para el índice de polarización se muestran en la Tabla 2.9
  - c) Los equipos que mantienen su valor constante y mayor de la unidad se consideran en buen estado
  - d) Determinar mediante pruebas periódicas el cambio de su valor
  - e) Investigar los cambios de valor que se determinen en pruebas sucesivas
  - f) Limpiar el equipo cuyo índice de polarización se ha reducido y aplicar, de ser necesario, un proceso de secado en taller

### **Con el motor conectado sin carga**

Cada tres meses:

- a) Medir la corriente en vacío
- b) Medir la tensión de suministro

### **Equipo de reserva**

Cada dos días verificar:

- a) Resistencia entre fases
- b) Aislamiento fases-tierra
- c) Considerar los valores límites

## 2.12.10. PUESTA EN SERVICIO DE PLANTAS GENERADORAS CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

Con la planta instalada y antes de aplicar tensión, verificar:

1. Revisión general de conexiones, apriete o ajuste de terminales
2. Verificar que el conductor de tierra de la carcasa del generador esté aterrizado
3. Verificar que el conductor de neutro esté aterrizado

Arranque de plantas manuales

1. Abrir el interruptor de marcha mínima para no dañar el regulador de tensión
2. Colocar el acelerador del motor en posición mínima (velocidad de holgar)
3. Arrancar el motor manualmente. Accionar el interruptor de tres posiciones en su posición momentánea y el botón de arranque hasta lograr el arranque del motor. Al arrancar el motor, se desconecta el botón de arranque y el interruptor de tres posiciones se pasa a su posición sostenida
4. Acelerar poco a poco hasta su velocidad nominal
5. Cerrar el interruptor de marcha mínima del regulador de tensión. En ese momento el generador empieza a producir tensión; Revisar la frecuencia del generador
6. Ajustar la tensión de salida al valor deseado
7. Conectar el interruptor que conecta la carga

## *Arranque de plantas automáticas*

1. Mover el selector del tablero en posición “MANUAL”
2. Simular una falla de la alimentación con el interruptor de prueba

Con la planta funcionando y generando, revisar durante 15 minutos:

1. La temperatura del agua
2. La temperatura del aceite
3. La presión del aceite
4. La corriente de carga al acumulador
5. La tensión y la frecuencia del generador
6. Las conexiones de combustible
7. Las conexiones eléctricas

## 2.13. SISTEMA DE TIERRAS<sup>9</sup>

Para mantener los valores del sistema de resistencia de puesta tierra suficientemente baja se requiere prueba periódica. La prueba consiste en la medición para asegurar que que no excedan los límites de diseño. Los métodos de medición y comprobación de la resistencia de tierra y resistividad del suelo son los siguientes:

1. Método de los dos puntos
2. Método de los tres puntos
3. Método de caída de potencial
  - a) Posición de los electrodos auxiliares en mediciones
  - b) Medición de resistencia de electrodos de tierra (método del 62%)
  - c) Espaciamiento de electrodo auxiliar
  - d) Sistema de electrodos múltiples
4. Método de relación

9

Fuente: Gill (2009)

5. Método de los cuatro puntos (Mediciones de resistividad de suelo)
6. Medidas del toque de potencial
7. Método de sujeción

La medición de las resistencias de tierra solo puede realizarse con equipo especialmente diseñado para la prueba. El método más común para medir la resistencia de tierra utiliza el principio de caída de potencial de corriente alterna (c.a) de 60 Hz o alguna frecuencia más alta que circula entre un electrodo auxiliar y el electrodo bajo tierra de prueba; la lectura se dará en ohmios y representará la resistencia del electrodo de tierra a la tierra que rodea. También, un fabricante ha introducido recientemente un probador de sujeción de tierra.

### 2.13.1. PRUEBAS EN SISTEMAS DE TIERRA EN OPERACIÓN

#### **Mediciones de continuidad**

La medición de continuidad en los sistemas de tierras permite determinar el estado de interconexión entre sus elementos y conocer el estado de aterrizamiento de los equipos eléctricos; así como la existencia de resistencias altas de contacto atribuidas a la oxidación o corrosión por factores del medio ambiente y por la falta de mantenimiento.

Para medir continuidad en una red de tierras, realizar lo siguiente de acuerdo a la NOM-022-STPS ver Ilustración 2.16:

1. Emplear un óhmetro de tierras (megger)
  - a) Puentear los bornes  $C_1P_1$  y  $P_2C_2$
2. Conectar cables a los bornes  $C_1$  y  $C_2$
3. Conectar los extremos opuestos de los cables a dos electrodos de tierra diferen-

- tes de la red de tierras
4. Medir continuidad para todos los electrodos de tierra instalados, de tal manera que se midan todos contra todos. Verificar que la resistencia en cada medición sea menor o igual a 0.08 ohms
5. Medir continuidad para todos los equipos eléctricos, cualquier equipo metálico y el punto más cercano de la red de tierras. Verificar que la resistencia en cada medición se menor o igual a 0.1 ohm

### 2.13.2. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA A TIERRA

El método para medir la resistencia de conexión a tierra de una red con electrodo múltiple es el de caída de tensión. Para medir esta resistencia, realizar lo siguiente:

1. Emplear un óhmetro de tierras (*megger*).
  - a) Ajustar a cero
  - b) Comprobación de batería
  - c) Ajuste eléctrico del cero
  - d) Comprobación de sensibilidad

La aplicación de este método, consiste en hacer circular una corriente entre dos electrodos: uno llamado  $c_1$  (que corresponde a la red de puesta a tierra) y un segundo electrodo auxiliar  $C_2$ , mismo que se introduce al terreno a una distancia mínima de 20 metros. Para realizar la primera medición se introduce en el terreno un tercer electrodo auxiliar denominado  $P_1$ , a un metro de distancia entre el electrodo bajo prueba  $c_1$  y el electrodo auxiliar  $C_2$ . El segundo punto de medición se debe realizar desplazando el electrodo auxiliar  $p_1$  de manera radial a 3 metros de la primera medición y en dirección al electrodo auxiliar  $C_2$ , los siguientes puntos

de medición se desplazarán cada 3 metros hasta complementar 19 metros.

- e) Con los valores registrados se debe elaborar una gráfica
- f) El valor de la resistencia de la red de puesta a tierra, es el que se obtiene en la intersección del eje de resistencia con la parte paralela de la gráfica al eje de las distancias
- g) Si la curva no presenta un tramo paralelo, quiere decir que la distancia entre los electrodos  $C_1$  y  $C_2$  no es suficiente, por lo que el electrodo  $C_2$  debe alejarse de la red de puesta a tierra
- h) Los valores de la resistencia de la red de puesta a tierra que se obtengan en esta prueba, deben estar comprendidos entre 0 y 25 ohms para el sistema de pararrayos, y tener un valor no mayor a 10 ohms para la resistencia de la red de puesta a tierra, con objeto de drenar a tierra las corrientes generadas por las cargas eléctricas estáticas

### 2.13.3. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA A TIERRA DEL 62 POR CIENTO

El procedimiento para medir la resistencia de conexión a tierra de un solo electrodo de tierra es el siguiente (ver Ilustración 2.16):

1. Emplear un óhmetro de tierras (megger)
  - a) Ajustar a cero
  - b) Comprobación de batería
  - c) Ajuste eléctrico del cero
  - d) Comprobación de sensibilidad
2. Emplear dos electrodos auxiliares, uno de potencial y otro de corriente
3. Dependiendo de la longitud del electro-

do bajo prueba, determinar la distancia del electrodo de potencial al electrodo de corriente. Si la longitud del electrodo es de 3 metros, entonces la distancia del electrodo de potencial al electrodo de prueba es de 17 metros y la distancia del electrodo bajo prueba al electrodo de corriente es de 27 metros

- a) Enterrar los electrodos auxiliares a las distancias determinadas y a una profundidad de 50 o 60 centímetros, colocarlos en línea recta con el electrodo de prueba
  - b) Hacer cuatro mediciones en direcciones opuestas y obtener el promedio
4. El valor máximo debe ser de 10 ohms según normas mexicanas, o el máximo valor según el diseño del sistema

## 2.14. PRUEBAS EN EQUIPOS AUXILIARES

### 2.14.1. LUMINARIAS

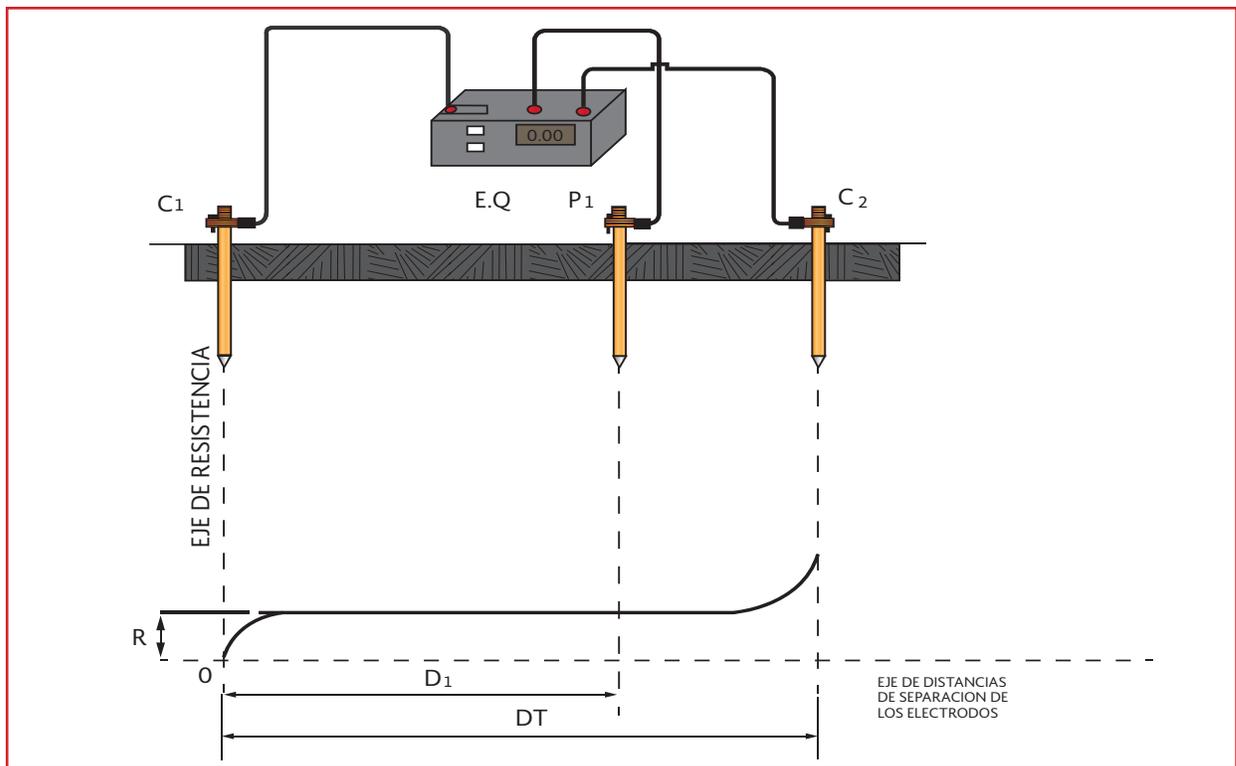
Haga las pruebas de funcionamiento de la lámpara que se indican en el instructivo. Para esto, algunas lámparas tienen un botón de prueba, así como indicadores de carga de la batería, si no es así, simplemente desconecte el circuito de electricidad y observe si la lámpara enciende.

### 2.14.2. INTERRUPTORES DE NIVEL

Antes de aplicar tensión:

Hacer una revisión general de conexiones, apriete o ajuste de terminales de los interruptores de nivel

Ilustración 2.16 Conexión para sistema de tierras



Fuente: NOM-022-STPS

Después de energizar:

Comprobar que el equipo a controlar funciona bien, es la mejor indicación de que los interruptores de nivel funcionan de manera correcta

### 2.14.3. BOTONERAS

Mediante la botonera se deberán controlar las acciones para el arranque, la operación y el paro del equipo.

Verificar que la corriente de operación normal sea menor que la capacidad de la botonera. En caso de incremento de carga, se deberá cambiar la botonera por la que cumpla las nuevas condiciones de carga.

## 2.15. PRUEBAS EN BANCOS DE BATERÍAS

Mensualmente en cada unidad del banco de baterías:

1. Medir gravedad específica:
  - a) La densidad o gravedad específica de la batería a la capacidad nominal es de 1.21 a 25 °C para baterías plomo ácido y de 1.18 a 25 °C para baterías níquel cadmio. Para corregir por temperatura considerar que por cada 1.5 °C de temperatura arriba de 25 °C, se aumenta un punto (0.001), y por cada 1.5 °C abajo de 25 °C se resta un punto (0.001) a la lectura del hidrómetro. (Manual guía de usuario baterías)
  - b) La lectura de la densidad no se debe

tomar inmediatamente después de que se agregó agua. Permitir que transcurra un día o dos para que el agua se mezcle con el electrolito

- c) Si es necesario reponer electrolito, emplear electrolito con aproximadamente la misma densidad de las otras celdas
2. Medir temperatura
  3. Medir tensión. Al terminar de aplicar una carga de igualación, medir la tensión en las terminales de cada unidad del banco y del total del banco de baterías. Tensión de referencia para una unidad del banco:
    - a) 2.15 Volts  $\pm$  0.2 % para plomo-ácido
    - b) 1.40 Volts  $\pm$  0.2 % para níquel-cadmio

## 2.16. PRUEBAS EN CARGADOR DE BATERÍAS

Se puede confirmar la operación del cargador, al observar el cambio de corriente, por un reajuste de tensión de flotación, o por la aplicación de la carga de igualación, también por el suministro de la corriente de la carga mediante el banco de baterías. En todos los casos la lectura de corriente debe ser menor o igual a la capacidad nominal de cargador.

### 2.16.1. PRUEBAS EN SITIO Y PUESTA EN OPERACIÓN DE ELECTRODUCTO

Antes de aplicar tensión, realizar lo siguiente:

1. Verificar la conexión a tierra
2. Revisar los soportes de fijación y el apriete o ajuste de terminales
3. Verificar el accionamiento de los dispositivos de protección, si existen, tales como: reductores con fusibles o con interruptor termomagnético
4. Medir la resistencia de aislamiento de cada una de las fases a tierra

#### Nota Importante:

Como se denota se indican pruebas necesarias para la puesta en servicio; así como pruebas realizadas en fábrica con objeto de que estos cumplan con los requerimientos operativos

#### PRECAUCION:

Cuando se realicen las pruebas y se pongan en servicio los equipos deberá despejarse el área y acordonarse de acuerdo con las NOM y solamente las personas idóneas serán las que tengan acceso al área de trabajo

Tabla 2.1 Pruebas a transformadores de distribución tipo poste, tipo subestación, transformadores de distribución tipo pedestal hasta 2 500 kVA

Descripción de la prueba	Tipo de prueba		
	Prototipo	Rutina	Opcional <sup>3)</sup>
1. Resistencia óhmica de los devanados	-	X	-
2. Resistencia de aislamiento(1 min) <sup>2)</sup>	-	X	-
3. Rigidez dieléctrica del líquido aislante	-	X	-
4.- Nivel de tensión de impulso por rayo	X	-	-
5.- Tensión aplicada	-	X	-
6. Tensión inducida	-	X	-
7. Relación de transformación	-	X	-
8. Polaridad y secuencia de fases	-	X	-
9. Perdidas en vacío	-	X	-
10. Corriente en vacío	-	X	-
11. Perdidas debido a la carga	-	X	-
12. Tensión de impedancia	-	X	-
13. Factor de potencia del líquido aislante	X	-	-
14. Factor de potencia de los aislamientos del conjunto	X	-	-
15. Incremento de la temperatura de los devanados	X	-	-
16. Hermeticidad	-	X	-
17. Cortocircuito <sup>1)</sup>	X	-	-
18. Nivel de ruido	-	-	X
19. Perdidas, corriente de excitación, impedancia: a tensiones, carga 0 frecuencia distinta a las nominales	-	-	X
20. Incremento de la temperatura de los devanados a capacidades distintas de las nominales	-	-	X
21. Adherencia del recubrimiento	-	-	X
22. Espesor del recubrimiento	-	-	X
23.- Desempeño mecánico del gabinete	-	-	X

1) La prueba de cortocircuito es prueba prototipo para los transformadores de distribución tipo pedestal, hasta 500 kVA, que tengan las siguientes características:

- a) Transformadores monofásicos o trifásicos;
- b) Con capacidad preferente de acuerdo con las indicadas en esta norma NMX-J-285
- c) Con tensión nominal en baja de:
  - 1) 240/120 V para transformador monofásico;
  - 2) 220 Y 1 127 V para transformador trifásico.
- d) Con tensión nominal en media de:
  - 1) 13 200 YT 1 7 620 V;
  - 2) 22 860 YTI 13 200 V;
  - 3) 23000 V

Para cualquier otro tipo de transformador, la prueba de cortocircuito se considera opcional

2) En transformadores mayores de 500 kVA la prueba de resistencia de aislamiento se realiza a 10 min

3) Las que se especifican por el usuario, previo al diseño del transformador

Fuente: NMX-J-116

Tabla 2.2 Pruebas a transformadores tipo seco

Pruebas	Clasificación		
	Rutina	Prototipo	Especial
Medición de resistencia óhmica de los devanados	X		
Relación de transformación	X		
Polaridad, desplazamiento angular y secuencia de fases	X		
Perdidas en vacío y corriente de excitación a tensión nominal	X		
Tensión de impedancia y pérdidas debidas a la carga a la tensión nominal	X		
Elevación de la temperatura de los devanados			
Pruebas dieléctricas:			
tensión aplicada	X		
tensión inducida	X		
impulso			X
factor de potencia de aislamiento		X(a)	
resistencia de aislamiento	X		X(b)
descargas parciales			
Niveles de sonido audible		X	
Capacidad de corto circuito			X

a) Si se requiere una prueba de impulso, deben realizarse las pruebas de tensión de inducido y tensión aplicada al término de la misma

b) Las pruebas de descargas parciales deben realizarse como pruebas de rutina en los devanados de los transformadores tipo seco de tensiones por encima de 3,6 kV.

Fuente: NMX-J-351

Tabla 2.3 Inspección y pruebas para subestaciones tipo compacta

Inspección	Verificar
Mensual	Nivel de aceite
	Conexión a tierra
	Ruido o temperatura anormal en conexiones o equipo
	Presión y temperatura del transformador
	Aisladores y apartarrayos
	Fusibles
Anual	Interruptor
	Aisladores y apartarrayos
	Pintura
	Transformador
	Medidores
	Pruebas al aceite
Cada cinco años	Resistencia de aislamiento
	Transformador

Tabla 2.4 Resistencia mínima de aislamiento en aceite a 20°C

Tensión entre fase kV	Megaohms
1.2	32
2.5	68
5	135
8.6	230
15	410
25	670
34.5	930

Tabla 2.5 Valores IR de transformadores tipo seco

Bobina del transformador tensión (kV)	Bobina a Tierra (MΩ)				
	20 ° C	30 ° C	40 ° C	50 ° C	60 ° C
6.6	400	200	100	50	25
6.6-19	800	400	200	100	50
22-45	1 000	500	250	250	65
≥66	1 200	600	300	300	75

Fuente: Gíll (2009)

Tabla 2.6 Selección de tensión de prueba

Tensión nominal de referencia (V)	Tensión de prueba (V)
Menos de 115	250
115	250 ó 500
230	500
460	500 ó 1 000

Fuente: IEEE C57.12.90

Tabla 2.7 Tiempo al cual se debe realizar la medición de la resistencia

Potencia Nominal, en kW	Tiempo [s]
37.5 o menor	30
Mayor de 37.5 a 150	90
Mayor de 150	120

Fuente: NOM-016-ENER

Tabla 2.8 Selección de la tensión de prueba de c.d según la tensión de la sección del equipo bajo prueba

Tensión nominal del devanado (V)	Prueba de resistencia de aislamiento cd (V)
100 Volts o menos	500
1 000 - 2 500	500 - 1 000
2 501 - 5 000	1 000 - 2500
5 001 - 12 000	2 500 - 5 000
mayor de 12 000	5 000 - 10 000

Fuente: IEEE 43

Tabla 2.9 Índice de polarización

Condición del aislamiento	Relación 30/60 segundos (índice de polarización)
Clase A	1.5
Clase B	2.0
Clase F	2.0
Clase H	2.0

Fuente: IEEE 43

Tabla 2.10 Clasificación de aislamiento de motores

Clase de aislamiento	Temperatura máxima °C
A	105
B	130
F	155
H	180

Fuente: NMX-J-075/1

Tabla 2.11 Clasificación de temperatura para devanados de motores

Clase de aislamiento	A	B	F	H
Punto caliente máximo, °C	105	130	155	180
Tolerancia para punto caliente, °C	15	20	25	30
Temperatura límite observable, °C	90	110	130	150
Ambiente estándar, °C	40	40	40	40
Elevación límite sobre la ambiente, °C	50	70	90	110
Clasificación usual, elevación en °C	40	60	75	90

Fuente: NMX-J-075/1

Tabla 2.12 Valores límites para la protección del motor

Conductores del circuito de control		Columna A Regla Básica		Protección brindada por el dispositivo de protección de circuitos derivados del motor			
				Columna B Conductores dentro del envolvente		Columna C Conductores que se extienden más allá del envolvente	
mm <sup>2</sup>	AWG	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre
0.824	18	7	-	25	-	7	-
1.31	16	10	-	40	-	10	-
2.08	14	Nota 1	-	100	-	45	-
3.31	12	Nota 1	Nota 1	120	-	60	-
5.26	10	Nota 1	Nota 1	160	-	90	-
Mayor que	Mayor						
5.26	Que 10	Nota1	Nota1	Nota 2	Nota 2	Nota 3	Nota 3

NOTA 1. Valor especificado en 310-15, según sea aplicable

NOTA 2. 400 por ciento del valor especificado en la Tabla 310-15(b)(17) para conductores a 60 °C

NOTA 3. 300 por ciento del valor especificado en la Tabla 310-15(b)(16) para conductores a 60 °C

Fuente: NOM -001-SEDE

# 3

## PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE EQUIPO MECÁNICO

### 3.1. INTRODUCCIÓN<sup>10</sup>

El mantenimiento y pruebas es un término que describe medidas para preservar, restaurar las condiciones óptimas para trabajar del equipo, para determinar y evaluar el estado actual de los componentes técnicos de un sistema, consta de:

#### *Inspección*

La inspección comprende medidas dirigidas a determinar y evaluar el estado actual de los componentes técnicos de los sistemas, para ejemplo, mediante el control, la vigilancia, la comparación y pruebas.

Una distinción debe ser hecha aquí entre las medidas continuas y programadas (intermitentes).

El seguimiento y control continuo se lleva a cabo con la ayuda de un equipo de medición en línea.

Programado (intermitente), el seguimiento y el control como regla general se realiza visualmente, de forma manual o acústicamente. Comprende las siguientes medidas:

- Elaboración de un plan para determinar el estado real. Entre otros, este plan debe contener información sobre el sitio, fecha, método, dispositivos y medidas
- Preparación de la inspección
- Realización de la inspección que debe realizarse fundamentalmente basa en la determinación cuantitativa de ciertos parámetros
- Presentación de los resultados de la inspección de la condición real
- Evaluación de resultados y la evaluación de la condición real
- Derivación de las medidas necesarias sobre la base de evaluaciones

#### 3.1.1. OBJETIVOS

Los objetivos son, por ejemplo, encaminados a preservar o aumentar:

- Salud y seguridad en el lugar de trabajo
- Disponibilidad
- Respeto al medio ambiente
- La eficiencia económica

<sup>10</sup> Fuente: DIN 31052

Los trabajos de mantenimiento y pruebas ofrecen las siguientes posibilidades para la optimización de costes en las estaciones de bombeo de agua:

- La reducción del costo de capital específica mediante la ampliación de la vida útil del sistema
- Reducción de los costos de energía mediante la preservación y a veces incluso la mejora de la eficiencia de la estación de bombeo
- Reducción de los gastos de personal por los regímenes de supervisión de expansión continua
- Reducción de personal y los gastos de material por la expansión de los sistemas de mantenimiento
- La reducción de los inventarios al disminuir las existencias de piezas de repuesto

Estos objetivos se pueden obtener mediante la aplicación de estructuras organizativas adecuadas que sean capaces de proporcionar personal bien capacitado, herramientas adecuadas y la documentación apropiada.

## 3.2. TUBERÍAS<sup>11</sup>

### 3.2.1.1.Verificación visual

La prueba visual es la observación de la parte de componentes, juntas y otros elementos de la tubería que están o pueden estar expuestos para verlos antes, durante o después del ensamblado. Este examen incluye verificación de los requisitos del y del diseño de ingeniería para materiales, componentes, dimensiones, preparación de jun-

tas, alineaciones, soldaduras, unión, soldadura “brazing”, empernado, roscado u otros métodos de unión, soportes, ensamblado y construcción.

### 3.2.1.2.Prueba requerida de fugas

Previo a la operación inicial, cada sistema de tuberías deberá examinarse para asegurar su hermeticidad. La prueba será una prueba hidrostática de fugas, el fluido deberá ser agua a menos que exista la posibilidad de daños debido al congelamiento o a efectos adversos del agua en la tubería o el proceso. En ese caso, otro líquido apropiado no tóxico podrá usarse. Si el líquido es inflamable, su punto de inflamación deberá ser por lo menos 49 °C (120 °F), y deberán tomarse en consideración las condiciones ambientales de la prueba, excepto como se disponga en este punto.

- a) A criterio del propietario, un sistema de tuberías en servicio de fluidos Categoría D puede estar sujeto a una prueba inicial de servicio de fugas en lugar de la prueba hidrostática de fugas
- b) Cuando el propietario considere que una prueba hidrostática de fugas es impracticable, esta prueba puede reemplazarse por una prueba neumática o por una prueba combinada neumática hidrostática; se deberá tener muy en cuenta el peligro que representa la energía almacenada en un gas comprimido
- c) Cuando el propietario considere que las pruebas hidrostática y neumática son impracticables, las pruebas de fuga alternativas, pueden aplicarse si las siguientes condiciones se aplican al mismo tiempo:
  - Una prueba hidrostática dañaría el revestimiento o aislamiento interno, o contaminaría un proceso, lo cual

11 Fuente: ASME B-31.3

puede tornarse peligroso, corrosivo o inoperativo por la presencia de humedad, o presentaría el peligro de fractura por fragilidad debido a la baja temperatura del metal durante la prueba

- Una prueba neumática presentaría un peligro no permitido de posible liberación de energía almacenada en el sistema o el peligro de fractura por fragilidad debido a la baja temperatura del metal durante la prueba
- d) A menos que se especifique en el diseño de ingeniería, las líneas abiertas a la atmósfera, tales como venteos y drenajes posteriores a la última válvula de cierre, no necesitan ser sometidas a pruebas de fugas.

Todas las juntas, soldaduras (incluyendo las soldaduras de anexos estructurales a componentes presurizados) y uniones pegadas se deberán dejar sin aislamiento y expuestas para ser examinadas durante la prueba de fugas, excepto las juntas previamente probadas en conformidad con la ASME B31, las cuales pueden estar aisladas o cubiertas. Todas las juntas pueden imprimarse y pintarse antes a la prueba de fugas a menos que se requiera una prueba de fugas de mayor sensibilidad.

### 3.3. VÁLVULAS<sup>12</sup>

Las válvulas son dispositivos mecánicos especialmente diseñados para dirigir, iniciar, detener, mezclar o regular el flujo, la presión o la temperatura del fluido a presión.

#### 3.3.1. VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO

Las siguientes pruebas deben aplicarse a todas las válvula de seccionamiento como las del tipo mariposa y de compuerta, ver Ilustración 3.1.

##### 3.3.1.1. Prueba visual

Una prueba visual debe ser realizada a toda válvula como: la fundición del cuerpo, bonetes, cubiertas y elementos.

##### 3.3.1.2. Prueba de cierre de baja presión

La prueba de cierre de baja presión se realiza de acuerdo a los siguientes procedimientos como sea aplicable:

- a) Para una válvula diseñada para cerrar contra presión en ambas direcciones, la presión será aplicada a cada lado de la válvula cerrada con el otro lado abierto a la atmósfera para comprobar fugas en el lado cerrado. Para una válvula diseñada para cerrar contra presión en una dirección solamente, la presión será aplicada sobre ese lado de la válvula. Para una válvula check la presión será aplicada en el lado descendente. Cualquier fuga en el asiento, detrás del anillo del asiento, o a través del disco en el lado abierto de la válvula será detectada cuando las burbujas se observan procedentes del cierre, que está cubierta, ya sea un poco con agua o con recubrimiento

12 Fuente: API 598

Ilustración 3.1 Válvulas



con jabón o solución similar

- b) Para una válvula de purga y doble bloqueo, la presión debe aplicarse sucesivamente a cada lado de cierre a través del puerto de la válvula. Las fugas entre la cavidad del cuerpo y los asientos serán comprobadas en el empaque o a través de la observación de las roscas entre los asientos

### 3.3.1.3. Prueba de cierre de alta presión

El procedimiento para la prueba de cierre de alta presión será el mismo procedimiento que para la prueba de cierre de baja presión excepto que, en el caso del líquido de prueba, la fuga será detectada cuando las gotas se observan.

### 3.3.1.4. Prueba de apertura

Una vez que se haya apretado la tornillería de la válvula y su sujeción con la tubería durante el mantenimiento preventivo, o cuando la válvula haya sido desarmada para inspeccionar y/o cambiar algunas de las partes y se ha instalado de nuevo, se procede a revisar que no existan fugas a través de las juntas y el estopero. Para esto, en funcionamiento, debe accionarse la válvula, abriendo y cerrando lentamente (siempre que sea posible). Si existen fugas, revisar nuevamente las juntas y/o el estopero.

Una vez instalada la válvula en la tubería se requiere realizar lo siguiente:

1. Revisar la sujeción de la válvula y sus mecanismos de operación
2. Probar el funcionamiento adecuado del mecanismo de cierre y apertura, abriendo y cerrando la válvula lentamente
3. En funcionamiento, verificar que no haya fugas a través de las empaquetaduras o sellos, abriendo y cerrando lentamente la válvula (siempre que sea posible). Si existen fugas, revisar nuevamente las empaquetaduras o sellos
4. Probar que no existan fugas a través de la sujeción de la válvula con la tubería (juntas). Si existen fugas revisar nuevamente los elementos de sujeción

### 3.3.2. PRUEBAS PARA VÁLVULAS DE NO RETORNO (CHECK COLUMPIO)

Una vez instalada la válvula en la tubería se requiere realizar lo siguiente:

1. En funcionamiento, verificar que no haya fugas a través de la junta de la tapa. Si existen fugas, revisar la junta y ajustar los pernos adecuadamente
2. Probar que no existan fugas a través de la sujeción de la válvula con la tubería (juntas)  
Si existen fugas revisar nuevamente los elementos de sujeción
3. Probar el funcionamiento adecuado de cierre de la válvula. Para esto, se requiere revisar que no haya flujo inverso, verificando el cierre hermético del disco y su asiento

### 3.3.3. PRUEBA EN VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y EXPULSIÓN DE AIRE

Después de haber dado mantenimiento a la válvula y una vez instalada en la tubería se requiere realizar lo siguiente:

1. Probar en funcionamiento, el mecanismo de admisión y expulsión de aire. Es necesario verificar que el flotador no permita la salida de agua
2. Verificar en funcionamiento, que no haya fugas a través de las juntas o el niple. Si existen fugas, revisar nuevamente la junta y los elementos de sujeción de las bridas o el ajuste del niple (si es el caso)

### 3.3.4. PRUEBA EN VÁLVULAS DE ALIVIO

Una vez que se haya apretado la tornillería de la tapa y de la sujeción del cuerpo de la válvula con la tubería durante el mantenimiento preventivo, o cuando la válvula haya sido desarmada para inspeccionar y/o cambiar algunas de las partes y se ha instalado de nuevo, se requiere realizar lo siguiente:

Probar que no existan fugas a través de la sujeción de la válvula con la tubería o a través de la unión del bonete con el cuerpo de la válvula. Si existen fugas revisar nuevamente los elementos de sujeción con la tubería y/o del bonete con el cuerpo de la válvula. Abrir lentamente la válvula de compuerta para que el agua llegue hasta la válvula de alivio.

## Calibración

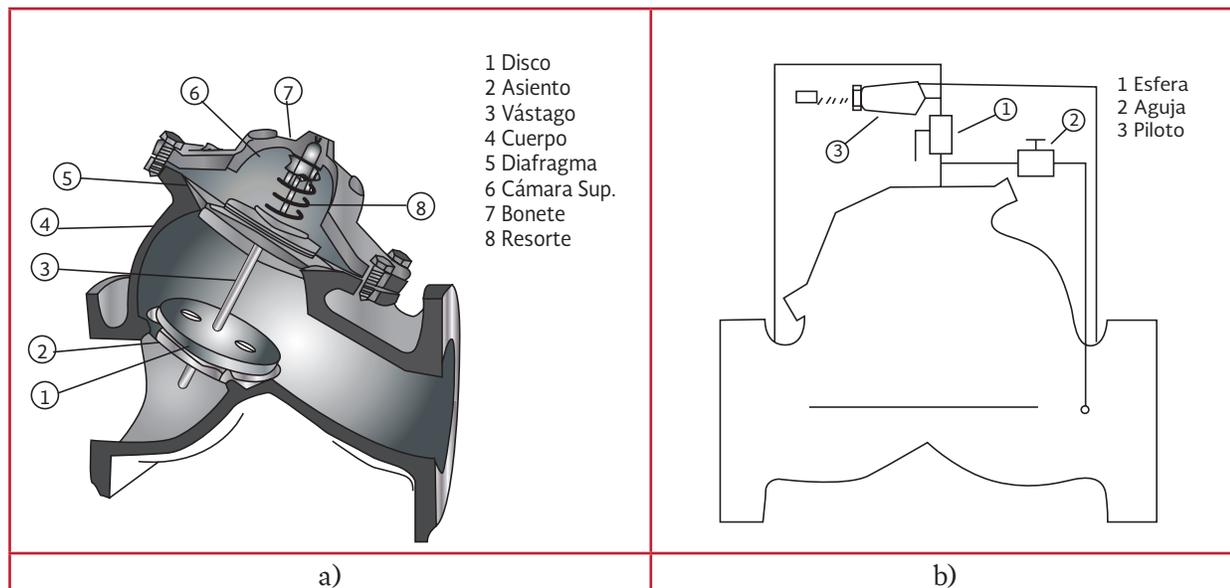
1. Cerrar la válvula de compuerta que secciona a la válvula de alivio
2. Cerrar la esfera mostrada en la Ilustración 3.2
3. Cerrar a tope la aguja mostrada en la Ilustración 3.2, y abrirla una vuelta aproximadamente
4. Abrir lentamente la válvula de compuerta para que la válvula de alivio se llene y cierre
5. Aflojar al máximo el tornillo del piloto mostrada en la Ilustración 3.2
6. Abrir la esfera (1) y cuando la válvula abra completamente, cerrar la esfera (1) mostrada en la Ilustración 3.2, para verificar que la velocidad de cierre sea lenta. Si el cierre es muy lento o no cierra, abrir la aguja (2) mostrada en la Ilustración 3.1. Si el cierre es rápido o no abre, cerrar la aguja (2) Los ajustes requeridos deben realizarse en cuartos de vuelta, considerando que mientras más cerrada esté la

aguja (2) la apertura será más rápida y sensible, así como el cierre más lento

7. Abrir la esfera (1) y proceder gradualmente el ajuste del tornillo piloto (3), posicionándolo de tal manera que la válvula abra a la presión especificada, verificándola con la del manómetro de descarga de la bomba. Cuando la válvula empiece a cerrar espere un momento para verificar que cierra totalmente, si esto no ocurre, ajustar el tornillo hasta que cierre totalmente. Para localizar el punto más sensible debe apretarse o aflojarse en octavos de vuelta, esperando de cinco a diez segundos en cada ajuste, manteniendo la esfera (1) abierta
8. De ser posible, provocar el golpe de ariete varias veces para comprobar la calibración de la válvula y asegúrese de apretar la contratuerca del piloto (3)

Para llevar a cabo este registro, se sugiere el formato de la Tabla 3.1 y atender las recomendaciones de la Tabla 3.2.

Ilustración 3.2 Válvula de alivio



**PRECAUCIÓN:**

Cuando sea necesario desmontar la válvula de la tubería, se requiere que la tubería no esté presurizada o que se haya cerrado la válvula de compuerta que secciona a la válvula de alivio.

### 3.4. BOMBAS<sup>13</sup>

Con la excepción de las máquinas necesarias para cargas de bombeo extremas o tarifas, las bombas centrífugas utilizadas en los sistemas de suministro de agua son de diseño relativamente simple. Sin embargo, incluso estos pueden estar sujetos a diferentes condiciones durante la operación. Los cambios en la condición de la bomba pueden causar perturbaciones, fallo de la máquina y variaciones en la eficiencia. Las causas son ver:

- Desgaste
- Corrosión
- Erosión
- Acumulación de depósitos
- Cavitación

Esto puede ocurrir en los rodamientos del eje y los sellos que llevan, impulsores y anillos partidos, en el cierre (eje, la manga de protección) o acoplamientos.

La corrosión puede afectar carcasas de bombas, impulsores y paletas de guía, anillos partidos y anclajes.

La erosión puede ser desencadenada por la entrega de agua que contiene sólidos y por la cavitación.

Los depósitos pueden ocurrir en carcasas de bombas, en impulsores y paletas de guía y en anillos partidos.

La cavitación puede ocurrir en impulsores y paletas de guía.

#### ***Inspección***

Las medidas que forman parte de monitoreo continuo o intermitente se establecen en la Tabla 3.3. El alcance y el tipo de tecnología de vigilancia instalado, así como la cantidad de dispositivos de enclavamiento y el grado de automatización de los dispositivos de seguridad deben basarse en:

- El peligro potencial de una máquina, de otras partes de la estación y de líneas de tubería dentro de la red de distribución (masas en movimiento, tamaño de la máquina, la velocidad, el golpe de ariete, la presión de suministro)
- La disponibilidad de unidades de reemplazo
- Posibilidades de intervención (factor tiempo) de personal
- Opciones de mantenimiento de la oferta por otros medios
- El riesgo de daño financiero

#### ***Mantenimiento***

Para minimizar el desgaste y garantizar la seguridad de las operaciones y de alta disponibilidad, el mantenimiento debe llevarse a cabo a intervalos regulares que se basan en la experiencia pasada o han sido especificadas en las instrucciones del fabricante. Actividades de prestación de servicios comprenden esencialmente:

13 Fuente: DIN 31052, ANSI/ HI

- Limpieza exterior
- Lubricación de los rodamientos; se debe tener cuidado aquí para utilizar grados y cantidades de grasa y aceite sólo recomendadas; cuando se cambia a un grado o marca diferente, se debe reemplazarlos en su totalidad la anterior
- Endurecimiento de la caja de relleno / sustitución del embalaje
- Limpieza de agua y sellado de fugas agua dreña
- Revisión de los tornillos están bien apretados (incluyendo pernos de la base)

Para las bombas especialmente las sumergidas que descarguen aguas fuertemente ferruginosas, se recomienda la extracción de este equipo para limpiezas regulares con a la base a experiencia.

### **Reparación**

Dependiendo de la condición de la bomba o aproximadamente cada 15 años o después de 40 000 horas de funcionamiento se debe llevar a cabo el desmantelamiento total de la bomba. Los rodamientos y elementos de acoplamiento elástico también deben renovarse en esta ocasión.

#### 3.4.1. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE BOMBAS HORIZONTALES

Dependiendo de las características de la tubería de succión, la tubería y la carcasa, éstas deben estar llenas de agua antes de poner en operación la bomba. En esta sección se incluyen las pruebas y verificaciones que deben considerarse para la puesta en servicio de una bomba centrífuga.

#### 3.4.1.1. Procedimiento de arranque

Los pasos a seguir para el arranque de una bomba centrífuga dependen de su tipo y el servicio en el que está aplicada. Es decir, el procedimiento de arranque es función de las características de funcionamiento del equipo en cuestión; de esta forma, existen bombas que manejan cargas altas y medianas que suben de una condición de cierre a la condición de capacidad normal de operación, por lo tanto, estas bombas deben arrancarse contra válvula de descarga cerrada. Por otra parte, en las bombas de flujo mixto la curva de consumo de energía o curva de potencia tiene una característica opuesta a las bombas de flujo radial; es decir, con bajo gasto la potencia se incrementa. Esto significa que las bombas de este tipo de deban arrancar con la válvula de descarga totalmente abierta.

En el caso en que la bomba esté accionada por un motor eléctrico y que se pueda arrancar contra una válvula de compuerta cerrada, el procedimiento de arranque es el siguiente:

1. Verificar las conexiones eléctricas del motor
2. Verificar el alineamiento entre motor y bomba
3. Cebear la bomba, abriendo la válvula de succión y cerrando las purgas
4. Abrir la válvula de suministro de agua a los estoperos si son enfriados con agua (en caso de existir)
5. Arrancar el motor
6. Abrir la válvula de descarga lentamente
7. Verificar el escurrimiento en los estoperos y ajustar la válvula de sello para tener un flujo apropiado de lubricación de la empaquetadura. En caso de utilizar una empaquetadura nueva, no se debe apretar el

prensaestopas inmediatamente, se debe permitir que se asiente el empaque antes de reducir el escurrimiento por los estoperos

8. Verificar la operación general tanto de la bomba como del motor eléctrico, efectuando una inspección visual de fugas y tratando de identificar ruidos o condiciones de operación anormales

Si la construcción de la instalación requiere que la bomba arranque contra una válvula de retención cerrada con la válvula de compuerta de la descarga abierta, se deben seguir los mismos pasos mencionados arriba, excepto que la válvula de compuerta de la descarga se deberá abrir un poco antes de arrancar el motor.

#### 3.4.1.2. Pruebas de funcionamiento

En campo, generalmente no se cuenta con toda la instrumentación para efectuar una prueba en donde se verifique el comportamiento completo de la bomba. Sin embargo, basado en la información del fabricante, como la curva de comportamiento, el equipo debe cumplir operar bajo determinadas condiciones para garantizar el buen funcionamiento de la instalación. Existen dos parámetros que determinan el punto (en la curva de comportamiento) de operación de una bomba: la carga total y el gasto o caudal. En vista de que la mayoría de las instalaciones cuentan con medidor de caudal, la tarea restante consiste en la determinación de la carga total. Conociendo esta última, la prueba de verificación del funcionamiento se realiza al localizar la intersección de estas dos variables en la curva del fabricante, la cual debe estar muy próxima al punto de diseño de la bomba.

### 3.4.2. PUESTA EN SERVICIO BOMBAS CENTRIFUGAS VERTICALES TIPO TURBINA

El arranque del equipo requiere verificar la correcta instalación del tanque de prelubricación (para el caso de bombas lubricadas por agua y que se requiera), de acuerdo a lo siguiente:

1. Conectar la válvula de compuerta al tanque de prelubricación con un niple corto
2. Conectar otro niple en la válvula (niple largo)
3. Remover el tapón macho de la conexión para prelubricación del cabezal de descarga
4. Conectar el niple largo en la conexión y apriete
5. Llenar el tanque de prelubricación con agua limpia
6. Abrir la válvula de prelubricación (para el caso de bombas lubricadas por agua)
7. Verificar que la válvula de descarga esté en una posición muy cercana a la de cerrar
10. Verificar el ajuste de los impulsores
11. Verificar que la flecha superior gira libremente con la mano
12. Arranque el motor
13. Abrir la posición de la válvula de descarga lentamente
14. Verificar que se cuente con un incremento de la presión de descarga conforme se abre la válvula de descarga. En caso contrario, detenga la operación de la bomba

En el caso de bombas lubricadas con aceite:

1. Verifique el nivel de aceite del tanque de lubricación
2. Verificar que la válvula de descarga esté en una posición muy cercana a la de cerrar
3. Verificar el ajuste de los impulsores
4. Verificar que la flecha superior gira libremente con la mano
5. Arranque el motor
6. Abrir la posición de la válvula de descarga lentamente
7. Verificar que se cuente con un incremento de la presión de descarga conforme se abre la válvula de descarga. En caso contrario, detenga la operación de la bomba

### ***Pruebas de Funcionamiento***

En campo, generalmente no se cuenta con toda la instrumentación para efectuar una prueba en donde se verifique el comportamiento completo de la bomba. Sin embargo, basado en la información del fabricante, como la curva de comportamiento, el equipo debe cumplir operar bajo determinadas condiciones para garantizar el buen funcionamiento de la instalación.

Existen dos parámetros que determinan el punto (en la curva de comportamiento) de operación de una bomba: la carga total y el gasto o caudal. En vista de que la mayoría de las instalaciones cuentan con medidor de caudal, la tarea restante consiste en la determinación de la carga total. Conociendo esta última, la prueba de verificación del funcionamiento se realiza al localizar la intersección de estas dos variables en la curva del fabricante, la cual debe estar

muy próxima al punto de diseño de la bomba. Esta prueba puede aplicarse a todos los tipos de bombas verticales (VS0, VS1, VS2, VS3, VS6, VS7 y VS8).

### **3.4.3. PUESTA EN SERVICIO DE BOMBAS SUMERGIBLES**

El arranque del equipo incluye los siguientes puntos:

1. Verificar que la válvula de descarga esté en una posición muy cercana a la de cerrar
2. Arranque el motor
3. Abrir la posición de la válvula de descarga lentamente
4. Verificar que se cuente con un incremento de la presión de descarga conforme se abre la válvula de descarga. En caso contrario, detenga la operación de la bomba y cambie la conexión eléctrica

### **3.4.4. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO PARA BOMBAS CENTRIFUGAS VERTICALES TIPO FLUJO MIXTO**

#### ***Arranque***

El arranque del equipo incluye los siguientes puntos:

1. Verificar la correcta instalación del tanque de prelubricación (para el caso de bombas lubricadas por agua), de acuerdo a lo siguiente:
  - a) Conectar la válvula de compuerta al tanque de prelubricación con un nipple corto

- b) Conectar otro niple en la válvula (niple largo)
  - c) Remover el tapón macho de la conexión para prelubricación del cabezal de descarga
  - d) Conectar el niple largo en la conexión y apriete
  - e) Llenar el tanque
2. Abrir la válvula de prelubricación (para el caso de bombas lubricadas por agua), antes de arrancar el motor
  3. Verificar que la válvula de descarga esté en una posición muy cercana a la de cerrar
  4. Verificar el ajuste de los impulsores
  5. Verificar que la flecha superior gira libremente con la mano
  6. Arranque el motor
  7. Abrir la posición de la válvula de descarga lentamente
  8. Verificar que se cuente con un incremento de la presión de descarga conforme se abre la válvula de descarga. En caso contrario, detenga la operación de la bomba

### 3.4.5. PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO DE UNA BOMBA RECIPROCANTE

#### *Verificación de Alineamiento*

Debe verificarse la alineación entre el motor y la bomba. El primer paso es el de asegurarse que giren libremente tanto el rotor o flecha de la bomba como el impulsor. Se debe colocar una regla recta a través del acoplamiento por un lado y por arriba; al mismo tiempo, las caras de las mitades del acoplamiento deberán

verificarse con un medidor cónico de espesores o con un calibrador de hojas, para saber si las caras están paralelas. Se tendrá un alineamiento adecuado cuando la distancia entre las caras es la misma en todos los puntos y una regla recta asiente bien en cualquier punto de los cantos. En el caso en que las caras no sean paralelas, tanto el medidor de espesores como el calibrador de hojas mostraran una diferencia en distintos puntos.

Por otra parte, si un acoplamiento está más alto que otro, la cantidad de desalineamiento puede determinarse utilizando una regla recta y los calibradores de hojas.

#### *Pruebas de Funcionamiento*

En campo, generalmente no se cuenta con toda la instrumentación para efectuar una prueba en donde se verifique el comportamiento completo de la bomba. Sin embargo, basado en la información del fabricante, como la curva de comportamiento, el equipo debe cumplir operar bajo determinadas condiciones para garantizar el buen funcionamiento de la instalación. Existen dos parámetros que determinan el punto (en la curva de comportamiento) de operación de una bomba: la carga total y el gasto o caudal. En vista de que la mayoría de las instalaciones cuentan con medidor de caudal, la tarea restante consiste en la determinación de la carga total.

Conociendo esta última, la prueba de verificación del funcionamiento se realiza al localizar la intersección de estas dos variables en la curva del fabricante, la cual debe estar muy próxima al punto de diseño de la bomba.

### 3.4.6. PUESTA EN SERVICIO DE BOMBAS TIPO BOTE O BARRIL

El arranque del equipo incluye los siguientes puntos:

1. Abrir la válvula de enfriamiento a sellos, antes de arrancar el motor
2. Verificar que la válvula de descarga esté en una posición muy cercana a la de cerrar
3. Verificar el ajuste de los impulsores
4. Verificar que la flecha superior gira libremente con la mano
5. Arranque el motor
6. Abrir la posición de la válvula de descarga lentamente
7. Verificar que se cuente con un incremento de la presión de descarga conforme se abre la válvula de descarga. En caso contrario, detenga la operación de la bomba

### 3.4.7. PUESTA EN SERVICIO DE BOMBAS INATASCABLES DE CÁRCAMO SECO

Para los temas de verificación de alineamientos y pruebas de funcionamiento ver información de bombas rotatorias tipo tornillo

#### ***Procedimiento de arranque***

Los pasos a seguir para el arranque de una bomba centrífuga dependen de su tipo y el servicio en el que está aplicada. Es decir, el procedimiento de arranque es función de las características de funcionamiento del equipo en cuestión; de esta forma, existen bombas que manejan cargas altas y medianas que suben de una condición de cierre a la condición de ca-

pacidad normal de operación, por lo tanto, estas bombas deben arrancarse contra válvula de descarga cerrada.

En las bombas de flujo mixto la curva de consumo de energía o curva de potencia tiene una característica opuesta a las bombas de flujo radial; es decir, con bajo gasto la potencia se incrementa. Esto sugiere que las bombas de este tipo de deban arrancar con la válvula de descarga totalmente abierta.

En el caso en que la bomba está accionada por un motor eléctrico y que se pueda arrancar contra una válvula de compuerta cerrada, el procedimiento de arranque es el siguiente:

1. Verificar las conexiones eléctricas del motor
2. Verificar el alineamiento entre motor y bomba
3. Cebear la bomba, abriendo la válvula de succión y cerrando las purgas
4. Abrir la válvula de suministro de agua a los estoperos si son enfriados con agua.
5. Arrancar el motor
6. Abrir la válvula de descarga lentamente
7. Verificar el escurrimiento en los estoperos y ajustar la válvula de sello para tener un flujo apropiado de lubricación de la empaquetadura. En caso de utilizar una empaquetadura nueva, no se debe apretar el prensaestopas inmediatamente, se debe permitir que se asiente el empaque antes de reducir el escurrimiento por los estoperos
8. Verificar la operación general tanto de la bomba como del motor eléctrico, efectuando una inspección visual de fugas y

tratando de identificar ruidos o condiciones de operación anormales

Si la configuración de la instalación requiere que la bomba arranque contra una válvula de retención cerrada con la válvula de compuerta de la descarga abierta, se deben seguir los mismos pasos mencionados arriba, excepto que la válvula de compuerta de la descarga se deberá abrir un poco antes de arrancar el motor.

#### 3.4.8. PUESTA EN SERVICIO DE BOMBAS INATASCABLES DE CÁRCAMO HÚMEDO

Dependiendo de las características de la tubería de succión, la tubería y la carcasa, éstas deben estar llenas de agua antes de poner en operación la bomba. En esta sección se incluyen las pruebas y verificaciones que deben considerarse para la puesta en servicio de una bomba centrífuga.

Para el tema de pruebas de funcionamiento se debe realizar conforme a la información mencionada en bombas centrífugas verticales de inatascables de cárcamo seco.

##### ***Procedimiento de arranque***

El arranque incluye los siguientes puntos:

1. Verificar las conexiones eléctricas del motor
2. Verificar que la válvula de descarga esté en una posición muy cercana a la de cerrar
3. Verificar el ajuste del impulsor
4. Verificar que la flecha superior gira libremente con la mano
5. Arranque el motor
6. Abrir la posición de la válvula de descar-

ga lentamente

7. Verificar que se cuente con un incremento de la presión de descarga conforme se abre la válvula de descarga. En caso contrario, detenga la operación de la bomba

Si la configuración de la instalación requiere que la bomba arranque contra una válvula de retención cerrada con la válvula de compuerta de la descarga abierta, se deben seguir los mismos pasos mencionados arriba, excepto que la válvula de compuerta de la descarga se deberá abrir un poco antes de arrancar el motor.

#### 3.4.9. PUESTA EN SERVICIO DE BOMBAS SUMERGIBLES

El arranque del equipo incluye los siguientes puntos:

1. Verificar que la válvula de descarga esté en una posición muy cercana a la de cerrar
2. Arranque el motor
3. Abrir la posición de la válvula de descarga lentamente
4. Verificar que se cuente con un incremento de la presión de descarga conforme se abre la válvula de descarga. En caso contrario, detenga la operación de la bomba

##### ***Pruebas de funcionamiento***

Para el tema de pruebas de funcionamiento se debe realizar conforme a la información mencionada en bombas centrífugas verticales de inatascables de cárcamo seco.

### 3.4.10. MONITOREO Y MEDICIÓN DE EQUIPOS

El equipo de monitoreo y medición proporciona herramientas importantes que ayudan a asegurar la correcta, fiable y económicamente eficiente operación de las estaciones de bombeo.

Los transmisores se utilizan para supervisar y controlar las secuencias funcionales y para señalar los estados de funcionamiento. Estos o bien pueden ser operados como unidades separadas o en conjunción con el equipo de medición a fin de controlar valores límite.

El propósito de los dispositivos es; convertir, indican y procesar una multitud de diferentes variables medidas y, por tanto, servir como una base importante para el control condición dependiente de secuencias funcionales.

Para el seguimiento y la medición de los dispositivos, el mantenimiento programado a través de inspecciones y servicio regular es indispensable. La frecuencia de tales medidas debe determinarse sobre la base de un equilibrio ponderado entre las consideraciones relacionadas con la seguridad y la parte económica.

En cuanto a la inspección y el mantenimiento de los dispositivos de transmisión, la función y la precisión son de especial importancia. Se debe prestar especial atención, en las mediciones que indican erróneamente el correcto funcionamiento. Los dispositivos deben ser revisados de la siguiente manera:

- Regular la inspección en sitio de los dispositivos de medición utilizando los

estándares de referencia calibrados; los intervalos de inspección deben basarse en la importancia de los mensajes que se muestran o sobre el valor medido.

- Comprobaciones y copias de seguridad para inspección y mantenimiento regular. Estos implican el análisis de las relaciones físicas de los valores medidos interrelacionados en una base continua, en momentos específicos, a intervalos regulares o a petición.

En el caso de los mensajes importantes de seguridad en relación con las inundaciones o la liberación de gas de cloro, por ejemplo, dispositivos de transmisión deben ser revisados a nivel local. Esto requiere rastreo de todo el recorrido de la información, si es posible de la activación física del evento hasta el análisis de los datos en el panel de control central. La monitorización continua de vías de transmisión por medio del principio de circuito cerrado o la vida de cero debe redondear el concepto de control, se puede decir que accesorios y válvulas que requieren poco mantenimiento, sin embargo, pueden requerir reajuste.

Actividades regulares de mantenimiento deberían llevarse a cabo principalmente en las unidades mecánicas. Esto se aplica, en particular, a las partes móviles, tales como el husillo, la tuerca de husillo y la rueda dentada o engranaje de tornillo sin fin y conjuntos de transmisión de energía. En ciertos periodos, por lo tanto, que dependen del tipo y número de elementos de accionamiento, lubricación o re-engrase se debe realizar y las piezas con desgaste ser reemplazado. Ver actividades de revisión y mediciones de equipos en la Tabla 3.4.

### 3.4.11. EFICIENCIA DE BOMBAS

#### ***Grados de aceptación de la prueba de rendimiento y tolerancias***

Los grados de punto de aceptación para la altura de la bomba, el gasto, la energía y la eficiencia se proporcionan en la Tabla 3.5. Todas las tolerancias son porcentajes de los valores garantizados.

Grados de aceptación garantizados para el cabezal de la bomba, flujo y eficiencia son proporcionados en la Tabla 3.5, todas las tolerancias son porcentajes de los valores garantizados.

#### ***Tolerancia de bombas con potencia de entrada de 10kW y menores***

Para bombas con potencia de entrada en la flecha por debajo de 10 kW, los factores de tolerancia dados en la Tabla 3.5 pueden ser demasiado estrictos.

Si no se acuerda lo contrario entre el fabricante y el comprador, los factores de tolerancia serán los siguientes:

- Tasa o gasto  $\tau Q = \pm 10 \%$
- Carga total de bombeo  $\tau H = \pm 8 \%$

#### ***Prueba de flujo***

La prueba de punto garantizado se realizara a la velocidad nominal. Los puntos de prueba no tienen que volverse a calcular sobre la base de la velocidad en los casos, en que la velocidad de prueba es idéntica a la velocidad nominal y para pruebas con un motor combinado y la bomba. Las tolerancias para flujo y altura serán aplicadas de la siguiente manera:

- Las tolerancias del flujo de la bomba será aplicado al flujo garantizado,  $Q_G$
- La tolerancia de la cabeza de la bomba se aplicará a la altura garantizada,  $H_G$ , en el flujo garantizado,  $Q_G$

La aceptación se logra si cualquiera de los flujos o altura, o ambos, se encuentran dentro de las tolerancias aplicables ver Ilustración 3.3 e Ilustración 3.4.

#### 3.4.11.1. Prueba de eficiencia o potencia

Si la eficiencia o potencia ha sido garantizada, se evaluará el factor de tolerancia de grado de aceptación aplicable, el mismo que para  $Q / H$  de la siguiente manera:

Después de un ajuste óptimo de la curva (QP-curvas  $Q-H / Q-\eta / o$ ) que se dibujó y a través de los puntos de prueba medidos, la línea recta adicional se establecerá entre el origen (0 proporción de gasto, 0 altura) y el punto garantizado (proporción de gasto/altura). Si es necesario, esta línea se extenderá hasta el cruce con la curva de la prueba.

La intersección entre la curva de la prueba y la línea recta formará la nueva proporción del / punto carga de gasto, que se utiliza para la evaluación de la eficiencia o potencia.

La potencia de entrada medida o calculada, la eficiencia en este punto se comparan con el valor garantizado y los factores de potencia o eficiencia de tolerancia aplicables (ver Ilustración 3.5, Ilustración 3.6 e Ilustración 3.7).

Ilustración 3.3 Tolerancia unilateral aceptable

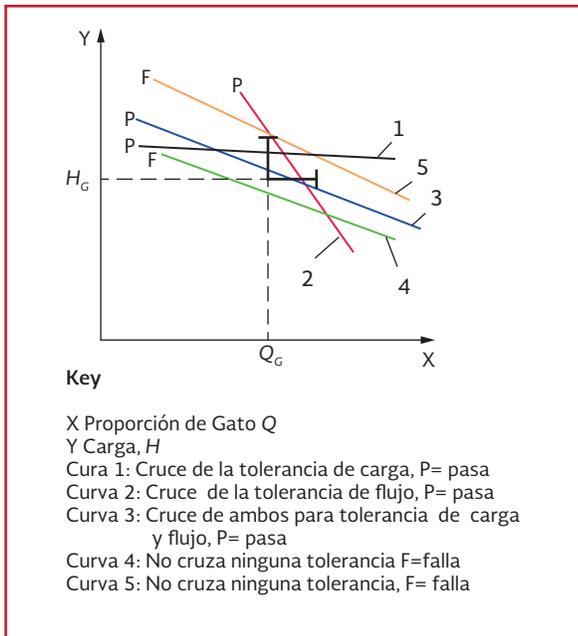


Ilustración 3.4 Tolerancia bilateral aceptable

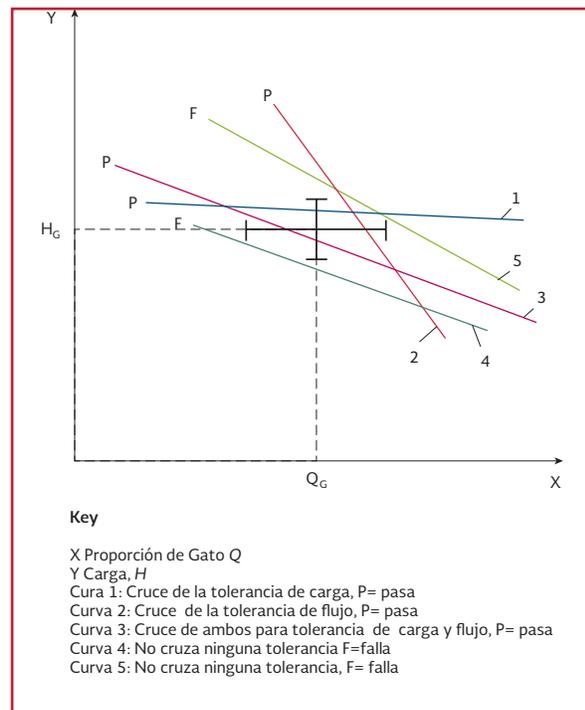


Ilustración 3.5 Grado de aceptación 1U y 2U en campo

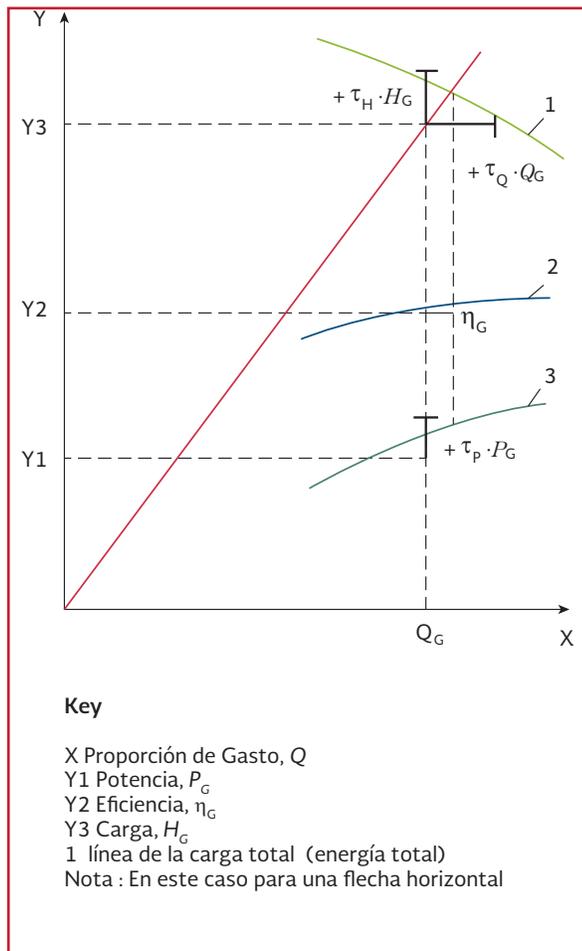


Ilustración 3.6 Grado de aceptación 1E en campo

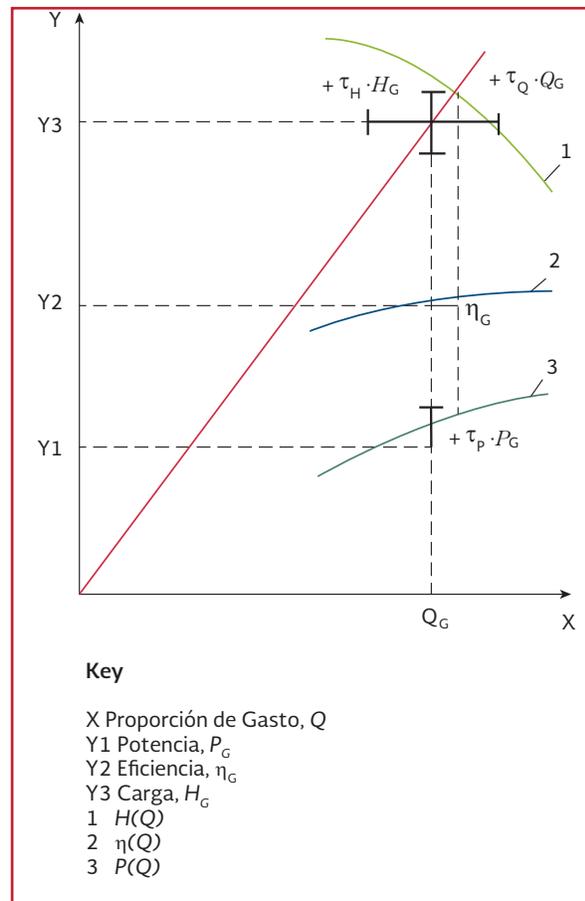
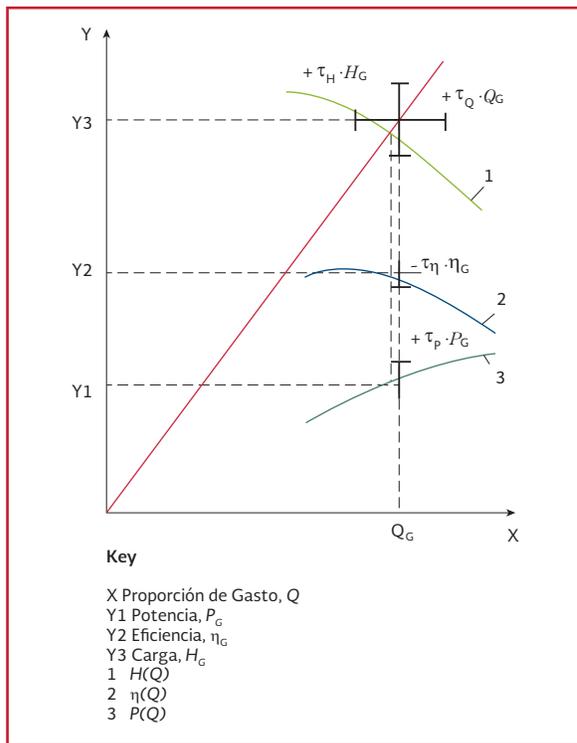


Ilustración 3.7 Grado de aceptación 1B 2B y 3B en campo



### Aplicación de grados de aceptación de bombas para prueba por defecto

Si se da un punto de garantía, pero no se especifica el grado de aceptación, en la Tabla 3.6 se aplicará, solamente el flujo y la carga que están garantizados. Se puede observar que la Tabla 3.6 sólo se aplica a situaciones en las que el comprador y el fabricante han accedido a un punto de garantía, pero no se ha especificado el grado de aceptación de la prueba.

**Nota:** la Ilustración 3.7 especifica el grado de aceptación aplicable para una bomba sobre la base de potencia máxima de la bomba y el servicio previsto del comprador para la bomba. El comprador siempre tiene la opción de especificar su propio grado de aceptación preferido en el momento que un punto de garantía que se

acuerde. Si esto se hace, éste tendrá prioridad sobre cualquier clasificación proporcionada por esta tabla y esta prueba no se utilizará.

## 3.5. OTROS EQUIPOS

Además del equipo operativo que está directamente relacionado y es necesario para subir el agua, y que es, pues, indispensable para garantizar la seguridad de funcionamiento y suministros, otros equipos complementarios de la estación también se incluirán en el régimen de mantenimiento y pruebas regulares.

### 3.5.1. PRUEBAS EN COMPUERTAS DESLIZANTES TIPO RADIAL

Una vez instalada la compuerta se requiere realizar lo siguiente:

1. Revisar la sujeción de la compuerta y sus mecanismos de operación
2. Probar el funcionamiento adecuado del mecanismo de cierre y apertura, abriendo y cerrando la compuerta lentamente
3. En funcionamiento, verificar que no haya fugas a través de las partes móviles y estacionarias, abriendo y cerrando lentamente la compuerta. Si existen fugas, hacer los ajustes necesarios

### 3.5.2. PRUEBAS EN CARRETES EXTREMIDADES, CODOS, JUNTAS Y REJILLAS

Una vez que los carretes, extremidades y codos han sido instalados, se requiere probar que no existan fugas a través de la sujeción de los carretes, extremidades y codos con la tubería (juntas)

Si existen fugas revisar nuevamente los elementos de sujeción y/o apretar.

Verificar en funcionamiento, que no haya fugas a través de las juntas y las uniones con la tubería. Si existen fugas, revisar nuevamente los elementos de sujeción con la tubería.

Verificar el funcionamiento adecuado de la rejilla una vez que haya sido puesta en servicio.

Si se requiere realizar pruebas a las soldaduras, pueden utilizarse los métodos de líquidos penetrantes y/o radiografía.

### 3.5.3. PRUEBAS EN GRÚA VIAJERA MANUAL

Se requiere que se efectúen tres tipos de pruebas para las grúas viajeras manuales:

#### ***Pruebas sin carga***

Por medio de estas pruebas se verifican los movimientos y velocidades adecuadas del puente, del carro y polipasto. Para esto se requiere:

1. Mover el gancho hacia arriba y abajo varias veces verificando el funcionamiento correcto del freno
2. Comprobar que las cadenas de maniobras efectúen con suavidad los movimientos correctos del gancho
3. Mover el carro varias veces a todo lo largo del puente en ambas direcciones verificando el sentido correcto dado por las cadenas de maniobras
4. Mover el puente varias veces a todo lo largo de la trabe carril en ambas direcciones para verificar el sistema de frenado

5. Realizar los ajustes necesarios de cada uno de los puntos anteriores, de acuerdo con las instrucciones específicas del manual de la grúa proporcionado por el fabricante

#### ***Pruebas con carga***

Las pruebas con carga se realizan para verificar que la grúa en cada uno de los movimientos maneja la carga máxima de diseño bajo control absoluto y cumpliendo con los movimientos especificados por el fabricante, tanto del gancho como del puente. Para esto, se requiere repetir los pasos descritos anteriormente en las pruebas sin carga.

#### ***Pruebas con sobrecarga***

Las pruebas con sobrecarga se realizan para comprobar los niveles de seguridad de la grúa y determinar alguna posible anomalía. Con base en las prácticas de ingeniería, estas pruebas se efectúan sobrecargando a la grúa con un 25 por ciento más de la carga máxima de diseño, lo cual representa un rango de carga del 125 por ciento que debe soportar el equipo sin sufrir ningún desperfecto en la estructura y sus equipos auxiliares. Para llevar a cabo estas pruebas, se requiere repetir los pasos descritos anteriormente en las pruebas sin carga.

### 3.5.4. PRUEBAS EN GRÚA VIAJERA ELÉCTRICA

Se requiere que se efectúen tres tipos de pruebas para las grúas viajeras eléctricas:

#### ***Pruebas sin carga***

Por medio de estas pruebas se verifican los movimientos y velocidades adecuadas del puente,

del carro y polipasto. Para esto se requiere:

1. Mover el gancho hacia arriba y abajo varias veces verificando el funcionamiento de los interruptores límite, verificando el funcionamiento correcto del freno del malacate
2. Comprobar que cada control efectúe el movimiento correcto del gancho
3. Verificar la velocidad del gancho
4. Mover el carro varias veces a todo lo largo del puente en ambas direcciones verificando el sentido correcto dado por el control de la velocidad
5. Mover el puente varias veces a todo lo largo de la trabe carril en ambas direcciones para verificar la velocidad correcta y el sistema de frenado
6. Realizar los ajustes necesarios de cada uno de los puntos anteriores, de acuerdo con las instrucciones específicas del manual de la grúa proporcionado por el fabricante

### ***Pruebas con carga***

Las pruebas con carga se realizan para verificar que la grúa en cada uno de los movimientos, maneja la carga máxima de diseño bajo control absoluto y cumpliendo con las velocidades especificadas por el fabricante, tanto del gancho como del puente. Para esto, se requiere repetir los pasos descritos anteriormente en las pruebas sin carga.

### ***Pruebas con sobrecarga***

Las pruebas con sobrecarga se realizan para comprobar los niveles de seguridad de la grúa y

determinar alguna posible anomalía. Con base en las prácticas de ingeniería, estas pruebas se efectúan sobrecargando a la grúa con un 25 por ciento más de la carga máxima de diseño, lo cual representa un rango de carga del 125 por ciento que debe soportar el equipo sin sufrir ningún desperfecto en la estructura y sus equipos auxiliares. Para llevar a cabo estas pruebas, se requiere repetir los pasos descritos anteriormente en las pruebas sin carga.

### **3.5.5. INVENTARIO DE PIEZAS DE REPUESTO**

Por razones de economía el suministro de piezas de repuesto destinadas a la conservación y reparación de las estaciones de bombeo se debe reducir al mínimo requerido. Los criterios que se aplican son

- Frecuencia de uso
- Duración con el proveedor
- Los costos unitarios

Los materiales necesarios para los trabajos de reparación, tales como cojinetes sellos mecánicos y retenes radiales son piezas estándar y como tal puede normalizarse la entrega en un plazo relativamente corto. Otras piezas de repuesto necesarias para los trabajos de reparación programadas, se pueden solicitar con suficiente antelación a los diferentes proveedores.

Tabla 3.1 Formato para la inspección del equipo

<b>Identificador de la válvula</b>	<b>Estación de bombeo</b>
Tipo de válvula:	Ubicación de la estación de bombeo:
Marca de la válvula:	
Fecha de salida de servicio (h/d/m/a):	Fecha de inicio del mantenimiento (h/d/m/a):
Descripción del tipo de falla:	
Descripción del tipo de mantenimiento:	
Refacciones requeridas:	
Fecha de terminación del mantenimiento (h/d/m/a):	Fecha de entrada en operación de la válvula (h/d/m/a):
Comentarios:	

Tabla 3.2 Descripción general de inspecciones de válvulas y accesorios en estaciones de bombeo

<b>Función</b>	<b>Diseño de la válvula y accesorios</b>	<b>Ciclo de inspección</b>	<b>Actividad</b>
Apagado	Válvula de compuerta	1 año	Inspección visual
			Daños por corrosión
			Ajuste de bridas y sellos del eje
			Pruebas de funcionamiento
			Funcionamiento de dentro de los rangos de control permisibles
			Revisión rápida del funcionamiento
			Hermeticidad de la compuerta en la posición de cerrado
Apagado	Válvula de mariposa Válvula de esfera	1 año	Inspección visual
			Daños por corrosión en el interior y fuera de la caja de engranes
			Ajuste de bridas y sellos del eje
			Pruebas de funcionamiento
			Funcionamiento de dentro de los rangos de control permisibles
			Revisión rápida del funcionamiento
			Control del indicador mecánico de posición
Controlador de Volumen, velocidad de flujo o presión	Válvula de globo, válvulas de pistón de diferentes diseños	1 año	Comprobación de posiciones de Abertura/cierre
			Comprobación de interrupciones
			Comparación de elementos mecánicos/eléctricos indicados en la posición de cerrado
			Inspección visual
			Daños por corrosión fuera y dentro de la caja de engranajes
			Ajuste de bridas y sellos del eje
			Pruebas de funcionamiento
Funcionamiento de dentro de los rangos de control permisibles			
Revisión rápida del funcionamiento			
			Si se requiere revisar las vibraciones críticas en abertura intermedia
			Hermeticidad en la posición de cerrado
			Verificar el indicador mecánico de posición
			Comprobación de posiciones de Abertura/cierre

Tabla 3.2 Descripción general de inspecciones de válvulas y accesorios en estaciones de bombeo (continuación)

Función	Diseño de la válvula y accesorios	Ciclo de inspección	Actividad	
Controlador de Volumen, velocidad de flujo o presión		2 años	Comparación de los elementos mecánicos/eléctricos indicados en todo el rango de operación	
			Inspección visual	
			Daño por corrosión	
			Hermeticidad de la brida y sellos del eje	
			Comportamiento de control ( presión inicial/ contrapresión )	
			Precisión de regulación	
			Ruido y vibración	
			Todos las líneas de control , así como los elementos de cierre de seguridad y ajustes de control se deberán incluir en la revisión	
				Inspección visual
				Daño por corrosión
Admisión y expulsión de aire	Válvulas de diferentes diseños	1 año	Inspección visual	
			Daño por corrosión	
			Hermeticidad de las juntas y elementos de sellado	
			Estado de los elementos de sellado	
			Pruebas de funcionamiento	
			Movilidad de los elementos de sellado (baleros, cilindros)	
			Aberturas no obstruidas en la zona de expulsión transversal y boquilla	
			Revisión rápida de las características y funcionamiento de válvulas y accesorios	
			Inspección visual	
			Daño por corrosión	
Prevención de contraflujo	Compuertas y válvulas de diferentes diseños	1 año	Inspección visual	
			Daño por corrosión	
			Hermeticidad de las juntas de bridas	
			Pruebas de funcionamiento	
			Revisión rápida de las características	
Funciones de seguridad	Protección de la tubería contra fisuras	2 años	Revisión del sello hermético en posición de cerrado	
			Si es necesario revisar la eficiencia del dispositivo amortiguador	
			Si se requiere, hora de cierre	
			Inspección visual	
			Daño por corrosión	
	Válvulas de control de presión	Si es necesario dependerá del sistema más frecuentemente	Daño por corrosión	
	Presión de las válvulas de descarga de presión		Hermeticidad	

Tabla 3.2 Descripción general de inspecciones de válvulas y accesorios en estaciones de bombeo (continuación)

Función	Diseño de la válvula y accesorios	Ciclo de inspección	Actividad
			Pruebas de funcionamiento
			Dispositivos de disparo
			Unidades
			Funcionamiento dentro de los rangos de control permisibles
			Verificación del daño de cierre y apertura
			Sello hermético en posición de cerrado

Fuente: DVGW German Technical and Scientific Association for Gas and Water, 2001

Tabla 3.3 Vigilancia de las bombas (supervisión continua)

Componente	Monitoreo de parámetros	Actividad	Comentarios
Bomba, universal	Presión inicial	Control del valor límite	
	Presión final	(Si un valor excede o se queda por debajo del límite, se activa una alarma en la que el sistema de ejecución control un modo de operación o sobre la que todo el sistema se apagará)	Impulso de choque en casos individuales en grandes estaciones de bombeo
	Velocidad de flujo		Temperaturas, presiones y el flujo
Cojinete, rodamiento	Temperatura		Estadística de monitoreo
	Impulso de choque		

Fuente: DIN 31052

Tabla 3.4 Resumen de seguimiento y medición de equipos (monitoreo intermitente)

Valor medido	Tipo de dispositivo	Ciclo de control	Actividades	Parte de la estación de bombeo
Volumen, caudal		1 mes		Bombas
				Tuberías
	Medidor de flujo magnético inductivo, medidor de flujo ultrasónico, medición de presión diferencial	2 años	Comprobar la conexión de electrodos a tierra	Compensador de presión
			comprobar bobinas magnéticas para la conexión a tierra	
			Verificar cables de medición	
	Controlador de flujo		conexión del simulador de transmisión	
			comprobar contra el sistema de punto cero	
			Comprobación de funcionamiento	
Presión		1 mes	Comparación de la medición con un sensor de presión eléctrico	
			Existencia de signos de desgaste (especialmente causadas por vibración)	
			Alivio de presión del sistema (admisión de aire)	

Tabla 3.3 Resumen de seguimiento y medición de equipos (monitoreo intermitente) (continuación)

Valor medido	Tipo de dispositivo	Ciclo de control	Actividades	Parte de la estación de bombeo
Volumen, caudal		1 mes		Bombas
				Tuberías
	Medidor de flujo magnético inductivo, medidor de flujo ultrasónico, medición de presión diferencial	2 años	Comprobar la conexión de electrodos a tierra	Compensador de presión
			comprobar bobinas magnéticas para la conexión a tierra	

Tabla 3.3 Resumen de seguimiento y medición de equipos (monitoreo intermitente) (continuación)

Valor medido	Tipo de dispositivo	Ciclo de control	Actividades	Parte de la estación de bombeo
			Verificar cables de medición	
	Controlador de flujo		conexión del simulador de transmisión	
			comprobar contra el sistema de punto cero	
Presión		1 mes	Comprobación de funcionamiento	
			Comparación de la medición con un sensor de presión eléctrico	
			Existencia de signos de desgaste (especialmente causadas por vibración)	
			Alivio de presión del sistema (admisión de aire)	
			Presurización del sistema (venteo)	
			Conexión en paralelo de manómetro de control	
			Si es necesario, repetir el ajuste del intervalo de medición	
Temperatura (por ejemplo en el cojinete)	termómetro de contacto mecánico	1 año	medición comparativa con termómetro de precisión	
	Termómetro de contacto eléctrico Positivo/negativo Coeficiente de temperatura (PTC/NTC)		Control y desconexión de la unidad de control	Motores eléctricos
Horas de funcionamiento	Hora de funcionamiento metro	1 mes	Comprobar indicador	Motores eléctricos, bombas
Corriente	amperímetro			
Tensión	Volmetro			
Potencia	vatímetro		Comprobar indicador	

Tabla 3.3 Vigilancia de las bombas (supervisión continua) (continuación)

Valor medido	Tipo de dispositivo	Ciclo de control	Actividades	Parte de la estación de bombeo
Velocidad	variable medida derivado del convertidor de frecuencia	1 año		Bombas, motores eléctricos
Grado de apertura, abierto, cerrado	Indicador mecánico, potenciómetro	2 años	Inspección visual	
(Indicador de posición)	Interruptor de límite		Comparación de indicador mecánico/eléctrico	
Nivel de llenado	Tubo vertical, sonda de medición, ultrasonido	2 años	Valor límite de control del transmisor	Accesorios y válvulas Compensador de presión
Temperatura ambiente	Termómetro de resistencia	1 año	Control aguas debajo de la ruta de transmisión Mediciones comparativas	Edificios
Humedad	Higrómetro	1 mes	Comprobar aguas debajo de las trayectorias de transmisión	
Inspección de fugas de agua	Interruptor de nivel	1 semana	Valores límite de desconexión	
			Comprobar aguas debajo de las trayectorias de transmisión	

Fuente: DIN 31052

Tabla 3.5 Prueba de grados de aceptación de bombas y tolerancia correspondientes

Grado	1			2		3	Exigencia de la garantía
$\tau_Q$	10 %			16 %		18 %	
$\tau_H$	6 %			10 %		14 %	
Grado de aceptación	1U	1E	1B	2B	2U	3B	Obligatorio
$\tau_Q$	+10 %	±5 %		±8 %	+16 %	±9 %	
$\tau_H$	+6 %	±3 %		±5 %	+10 %	±7 %	
$\tau_P$	+10 %	+4 %		+8 %	+16 %	-7 %	Opcional
$\tau_\eta$	≥0 %		-3 %		-5 %	-7 %	

NOTA:  $\tau_x(x = Q, H, P, \eta)$  representa la tolerancia de la cantidad indicada

Fuente: ISO 9906

Tabla 3.6 Grados de aceptación por defecto

Aplicaciones		Potencia de la flecha de la bomba, P2	
		>10 kW y ≤100 kW	>100 kW
Aplicaciones de aguas municipales		2B	1B
Aplicaciones de aguas residuales municipales		2B	1B
Bombas para drenaje		3B	2B
Industrias de energía eléctrica		1B	1B
Industrias de petróleo y gas	Bombas de acuerdo con la ISO 13709	1B	1B
	Inyección de agua	N/A <sup>a</sup>	1B
Aplicación marina		1B	1B
Industrias químicas		2B	2B
Aplicación en torres de enfriamiento		2B	2B
Aplicaciones de pulpa y papel		2B	2B
Aplicación en lodos		3B	3B
Aplicaciones generales de la industria		3B	2B
Aplicaciones de riego		3B	2B

N/A<sup>a</sup> = no aplica

Fuente: ISO 9906



# 4

## MANTENIMIENTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS

### 4.1. SUBESTACIONES COMPACTAS

Subestación autocontenida con equipo primario de protección, medición y maniobra para uso específico, interior o intemperie. Mediante este equipo se hace la conexión en alta tensión de la acometida y del transformador.

#### 4.1.1. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

1. Mantener las distancias mínimas de seguridad
2. Utilizar ropa y equipo de seguridad
3. No ejecutar ningún tipo de reparación mientras se encuentre energizado el equipo

#### ***Subestación compacta***

Inspeccionar la subestación mensualmente durante la operación normal del equipo. Tomar en cuenta las precauciones necesarias:

1. Verificar que no existan falsos contactos o chisporroteo por falta de ajuste en las conexiones

2. De ser posible, al menos una vez al año, utilizar equipos de medición de temperatura a distancia
3. Verificar que las conexiones a tierra estén en buen estado
4. Revisar la limpieza general de la subestación, para determinar si existen nidos o cualquier otro material que impida la operación adecuada del equipo
5. Revisar que no existan daños físicos o golpes en los aisladores

#### ***Transformador***

Hacer la inspección del transformador en forma visual y/o auditiva, ver la Tabla 4.1.

Incluir las siguientes actividades:

1. Revisar la conexión a tierra
2. Revisar que no existan daños físicos o golpes en: boquillas, terminales, conectores, válvulas y tanque
3. Verificar que no existan falsos contactos o “chisporroteo” por falta de torque en las conexiones. Una vez al año utilizar equipos de medición de temperatura a distancia (láser o preferentemente cámaras termográficas)

4. Revisar que no existan fugas de aceite en válvulas, radiadores, cordones de soldadura, empaques, cambiador de derivaciones, instrumentos de medición y protección del transformador, si los tiene
5. Revisar el estado de la pintura del transformador
6. Tomar lectura de equipos de medición del transformador y hacer monitoreo diario (en caso de tenerlos) ver Ilustración 4.1
7. Revisar si el transformador produce ruido o vibración anormal
8. Anualmente y antes de la fecha programada de mantenimiento preventivo, tomar una muestra representativa del aceite del transformador, para obtener los resultados de las pruebas recomendadas en la sección correspondiente

Ilustración 4.1 Medición de tierra en transformador



## **Red de tierras**

1. Verificar el buen estado de los conectores, conductores y varillas en los registros

### **4.1.1.1.Libranza**

Este servicio proporciona una interrupción temporal del suministro de la energía eléctrica, para que el mantenimiento de la subestación se pueda realizar sin ningún riesgo eléctrico.

1. Utilizar siempre el equipo de seguridad necesario de acuerdo al nivel de tensión
2. Colocar señalamiento alrededor del equipo que quedará en libranza para delimitar visualmente el área de trabajo

Para librar la subestación:

1. Abrir interruptores y a continuación cuchillas
2. Verificar la apertura física de interruptores y cuchillas
3. Conectar a tierra las posibles entradas de energía en alta y baja tensión
4. Poner etiquetas de libranza en los controles o mandos del equipo de interrupción
5. Asegurar con candado los gabinetes necesarios para evitar operaciones no deseadas del equipo

### **4.1.1.2.Transformador**

Los trabajos que requieren condiciones de limpieza y bajo contenido de humedad deben de cumplir con el programa de pruebas anual de la Tabla 4.1 y Tabla 4.2, ver tema de pruebas de transformadores en el capítulo 2.

Después de desenergizar realizar los siguientes pasos:

### ***Limpieza***

Durante la limpieza conectar las terminales del transformador a tierra. Para limpiar las boquillas realizar lo siguiente:

1. Humedecer estopa o manta de cielo en tetracloruro o thinner para la limpieza de la superficie de las boquillas. No utilizar medios abrasivos
2. Para limpiar el tanque
  - c) Retirar el polvo acumulado empleando cepillo, tela ligeramente humedecida en agua y de ser posible aire a presión

### ***Conexiones***

1. Reponer tornillería y conectores en mal estado
2. Limpiar los lugares de conexión
3. Verificar ajuste mecánico

### ***Eliminación de fugas en empaques***

1. Eliminar la fuga por un empaque mediante el ajuste adecuado y uniforme de las bridas o tornillos de sujeción. Limpiar la superficie manchada de aceite para determinar en la próxima inspección si se solucionó el problema
2. Si la fuga persiste después del ajuste, cambiar el empaque dañado por uno de características similares. El endurecimiento, las marcas y grietas en los empaques son muestra de deterioro. Prever la existencia de los repuestos necesarios

- a) Hacer la reposición del aceite, si es el caso, con las precauciones necesarias para no humedecer o contaminar el transformador. Tomar en cuenta las condiciones atmosféricas para establecer el lugar de trabajo adecuado

### ***Eliminación de fugas en tanque***

1. Limpiar la superficie
2. Reparar las fugas pequeñas utilizando productos epóxicos

### ***Reposición de boquillas***

1. Verificar la limpieza de la boquilla y de las herramientas a utilizar
2. Cambiar las boquillas dañadas
3. Verificar la hermeticidad del transformador
  - a) Hacer la reposición del aceite, si es necesario, con las precauciones necesarias para no humedecer o contaminar el aceite del transformador. Tomar en cuenta las condiciones atmosféricas para establecer el lugar de trabajo adecuado
  - b) Secar el transformador cuyo aceite estuvo expuesto a la humedad del medio ambiente

### ***Reposición de aceite***

1. Utilizar equipo, herramienta y depósitos libres de humedad y contaminación
2. Eliminar la causa de pérdida de nivel y reponer el aceite necesario para dejar el nivel correcto
3. Sellar el transformador y confirmar su hermeticidad

- a) El manejo del aceite se hará con las precauciones necesarias para no humedecer o contaminar el aceite del transformador. Tomar en cuenta las condiciones atmosféricas para establecer el lugar de trabajo adecuado
- b) En algunos casos la reposición de aceite puede dar lugar al desarrollo de sedimentación o lodo y, por esta causa, es recomendable verificar el estado del aceite mediante pruebas de acidez y tensión interfacial después de seis meses
- c) Secar el transformador, cuando el nivel de aceite no cubra completamente el ensamble del núcleo y las bobinas. Pero si únicamente se repone el nivel, hacerlo en el menor tiempo posible para evitar que la temperatura del transformador baje y la humedad se transfiera del aceite al aislamiento sólido. Operar con carga normal y programar el mantenimiento correctivo necesario

### ***Inspección interna***

Después de cinco años de servicio, inspeccionar adicionalmente la parte superior del ensamble del núcleo y bobinas:

1. Bajar el líquido aislante hasta el extremo superior de la parte viva, e inspeccionar si no han ocurrido daños. Evitar que las bobinas y aislamientos se expongan al aire
2. Revisar que no haya manchas de humedad en el extremo superior de la parte viva, en todas las superficies horizontales y la parte inferior de la tapa.

Si no hay humedad o daños proceder a ensamblar el transformador. Si los hay, determinar el alcance de los mismos. Utilizar para esto los resultados de las pruebas adicionales del aceite y de resistencia de aislamiento

- a) Cuando exista medición de la presión del tanque del transformador, verificar que no exista vacío. Revisar la medición de la presión del tanque del transformador, si se utiliza, antes de intentar aflojar o quitar el registro de mano

#### 4.1.1.3. Acciones previas al restablecimiento del servicio:

1. Confirmar que el personal ha dado por terminado el trabajo asignado
2. Revisar que todos los equipos estén listos, bien conectados y sin herramientas o materiales de trabajo
3. Para restablecer el servicio:
  - a) Abrir candados y gabinetes necesarios para operar el equipo
  - b) Retirar etiquetas de libranza de los controles o mandos del equipo de interrupción
  - c) Retirar las conexiones a tierra instaladas para protección durante el trabajo de mantenimiento.
  - d) Cerrar cuchillas
  - e) Verificar visualmente y a una distancia segura, el cierre correcto de las cuchillas
  - f) Cerrar interruptor en alta tensión
  - g) Verificar visualmente el cierre correcto del interruptor en alta tensión
  - h) Verificar medida en baja tensión

- con el equipo adecuado
- i) Cerrar interruptores en baja tensión
- j) Verificar el nivel de aceite

#### 4.1.1.4. Reporte de trabajos realizados

Elaborar el reporte de los trabajos de inspección, reparaciones y pruebas efectuadas a los equipos en el formato de la Tabla 4.3 Organizar esta información para utilizarla en las siguientes actividades:

1. Determinar el deterioro de un equipo mediante comparación contra pruebas anteriores o contra pruebas a equipos semejantes
2. Establecer necesidades de mantenimiento en base a los trabajos realizados en mantenimientos anteriores
3. Establecer un programa de reemplazo de equipo para mantenimiento correctivo

## 4.2. SUBESTACIONES TIPO POSTE Y TIPO PEDESTAL

Subestaciones cuyo equipo primario de protección se instala sobre postera. El transformador puede quedar colocado en la misma postera o en una base de concreto. Para realizar la parte de inspección y mantenimiento ver tema de subestaciones compactas.

### ***Subestación tipo poste y tipo pedestal***

Inspeccionar la subestación tipo poste o tipo pedestal en forma visual y/o auditiva. Incluir las siguientes actividades:

1. Verificar que no existan falsos contactos o chisporroteo por falta de ajuste en las

conexiones. De ser posible, al menos una vez al año, utilizar equipos de medición de temperatura a distancia

2. Revisar que los siguientes accesorios no presenten golpes, flameo o partes despostilladas visibles en la porcelana y que sus aditamentos metálicos no se encuentren flojos:
  - a) En apartarrayos
  - b) En cortacircuitos fusibles
3. Revisar la limpieza general de la subestación para determinar si existen nidos o cualquier otro material que impida la operación adecuada del equipo
4. Revisar que los postes se encuentren alineados y en buen estado
5. Revisar que la base de concreto esté en buenas condiciones

El programa de inspección se muestra en la Tabla 4.4. Para realizar la parte de inspección y mantenimiento ver este tema en subestaciones compactas.

#### 4.2.1.1. Equipos de la subestación

Cumplir con el programa anual de la Tabla 4.4.

### ***Aisladores***

1. Reponer aisladores que presenten algún daño físico, grietas, roturas o flameo
2. Limpiar el aislamiento hasta dejarlo libre de polvo y agentes extraños. Humedecer estopa, manta de cielo o cualquier tela suave en thinner o tetracloruro, y limpiar los aisladores. No utilizar medios abrasivos
3. Programar la limpieza para evitar el fenómeno de flameo que se presenta cuando en

el aislamiento sucio hay condensación de humedad

### ***Apartarrayos***

1. Reponer apartarrayos que en la inspección mensual se observen flameados, rotos, despostillados y aquellos cuyas conexiones o tapas estén dañadas o desprendidas

### ***Conexiones***

1. Reponer conectores, conductores y varillas del sistema de tierras en mal estado
2. Anualmente:
  - a) Limpiar conexiones con cepillo de hierro y otros medios abrasivos

### ***Herraje***

1. Verificar el ajuste de la tornillería y reponer piezas dañadas o faltantes

### ***Cuchillas***

Anualmente:

1. Comprobar la operación de las cuchillas
2. Reponer cuchillas con aislamiento roto o deteriorado
3. Utilizar sellador para mejorar y proteger la conexión

### ***Fusibles***

1. Revisar la capacidad del fusible utilizado y cambiarlo en caso necesario

Para información de los temas de pruebas de transformadores, restablecimiento de servicio y reporte de trabajos realizados ver los puntos de subestaciones compactas.

#### **Nota Importante:**

Aplicar previamente a toda la tornillería un producto que permita aflojar todos los elementos pegados por oxidación. Verificando que el producto no cause daños al equipo

Tabla 4.1 Mantenimiento para subestaciones tipo compacta

<b>Inspección</b>	<b>Verificar</b>
Mensual	Nivel de aceite
	Conexión a tierra
	Ruido o temperatura anormal en conexiones o equipo
	Presión y temperatura del transformador
	Aisladores y apartarrayos
	Fusibles
Anual	Interruptor
	Aisladores y apartarrayos
	Pintura
	Transformador
	Medidores
	Pruebas al aceite
	Resistencia de aislamiento
	Transformador

Tabla 4.2 Selección de tensión de prueba

<b>Tensión nominal de referencia (V)</b>	<b>Tensión de prueba (V)</b>
Menos de 115	250
115	250 ó 500
230	500
460	500 ó 1 000

Fuente: IEEE C57.12.90

Tabla 4.3 Registro de mantenimiento de subestaciones

<b>Identificador del transformador:</b>	<b>Nombre de la subestación:</b>
Datos de placa:	Ubicación de la estación de bombeo:
Anomalías:	
Fecha de inspección (hora/día/mes/año):	Fecha inicio mantenimiento (hora/día/mes/año):
Inspección de la subestación:	
Inspección del transformador:	
Descripción del tipo de falla:	
Descripción del tipo de mantenimiento:	
Refacciones requeridas:	
Fecha de terminación del mantenimiento (hora/día/mes/año):	Fecha de entrada en servicio (hora/día/mes/año):
Comentarios:	

Tabla 4.4 Control de mantenimiento de subestaciones

Inspección	Verificar
Mensual	Fugas de aceite a todo lo largo y ancho del tanque del transformador
	Conexión a tierra
	Aisladores
	Estado físico de las válvula de sobre presión
	Estado físico de los conectores separables
	Ruido en conexiones o equipo
	Estado de las agujas del Termómetro
Anual	Pintura
	Transformador
	Medidores (de contar con equipo)
	Rigidez dieléctrica del aceite
	Resistencia a tierra
	Apartarrayos
	Resistencia de aislamiento
	Transformador

### 4.3. CENTRO DE CONTROL DE MOTORES<sup>14</sup>

#### 4.3.1. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Tener los diagramas de conexión y manuales necesarios para llevar a cabo las actividades de mantenimiento proporcionados por el fabricante.

##### 4.3.1.1. Inspección

Centro de control de motores ver Ilustración 4.2.

Mensualmente

1. Revisar que el gabinete del centro de control de motores se encuentre en buenas condiciones en su pintura, acabado y ensamble. En caso necesario acondicionarlo y pintarlo
2. Revisar que no existan ruidos anormales
3. Limpiar el local del centro de control de

- motores para dejarlo libre de polvo y basura
4. Revisar el funcionamiento de las lámparas indicadoras, reponer las piezas dañadas
5. Revisar que el equipo de medición de lecturas correctas y reponer carátulas dañadas
6. De contar con el equipo, utilizar medios de análisis de infrarrojos o técnicas de termografía para localizar problemas en las conexiones o en el aislamiento eléctrico de los equipos. Estas inspecciones pueden hacerse sin abrir ninguna sección o puerta del equipo. Incluir la revisión de contactores, relevadores y solenoides ver Ilustración 4.3
7. Tocar con la palma de la mano las puertas, costados de los gabinetes y superficies de frente muerto sobre todo de los interruptores y desconectores. Cualquier calentamiento que la palma de la mano detecte puede indicar un problema serio que se deberá identificar y eliminar
8. Revisar si no existen equipos sobrecargados

<sup>14</sup> Fuente: NOM-017-STPS

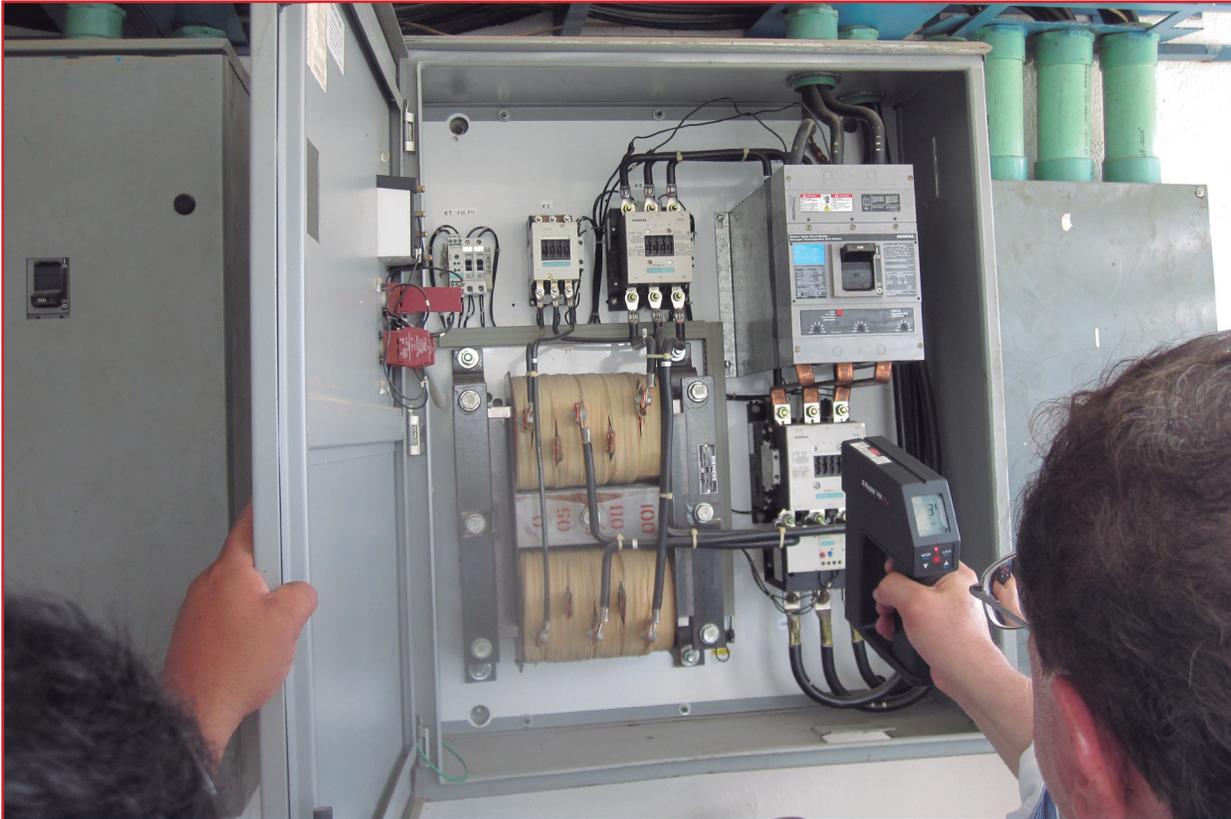
9. Revisar el buen estado de las carátulas de los equipos de medición y que no existan partículas extrañas en su interior
10. Registrar las lecturas del contador de operaciones de los interruptores

#### 4.3.1.2. Maniobras

1. Utilizar siempre el equipo de seguridad necesario de acuerdo al nivel de tensión apegado a la siguiente norma NOM-017-STPS y NOM-022-STPS
2. Colocar señalamiento alrededor del equipo en libranza para delimitar visualmente el área de trabajo
3. Para librar completamente el centro de control de motores para mantenimiento o cambio de algún componente:
  - a) Abrir interruptores y a continuación cuchillas
  - b) Verificar la apertura física de interruptores y cuchillas
  - c) Conectar a tierra las posibles entradas de energía en alta y baja tensión
  - d) Poner etiquetas de libranza en los controles o mandos del equipo de interrupción
  - e) Asegurar con candado los gabinetes necesarios para evitar operaciones no deseadas del equipo
4. Para librar un interruptor tipo removible para cambio de algún componente o mantenimiento:
  - a) Revisar que las cubiertas y las puertas estén cerradas y con seguro mecánico. Desconectar la alimentación del circuito de control. Abrir el interruptor y confirmar que sus resortes estén descargados. Después de asegurar que el interruptor tiene abier-

- tos sus contactos colocarlo en la posición de “Prueba” (Test) del estante
- b) Con el interruptor en la posición “Prueba”, abrir la puerta del compartimiento e inspeccionar la alineación del interruptor respecto a la celda, los medios de desconexión secundarios, la posición de los seguros mecánicos y cualquier condición anormal. Revisar si todos los mecanismos de operación de los interruptores funcionan correctamente. Operar el interruptor eléctricamente y mecánicamente. En ambos casos la operación debe resultar suave y sin demasiado esfuerzo. De igual forma el cierre y la apertura deberán ser adecuados
- c) De la posición de “Prueba” pasar a la posición de “Desconectado” (Disconnected). Si existen medios adecuados, levantar el interruptor del compartimiento para determinar: piezas rotas, faltantes, manchas de aceite, partes dañadas por agua o cualquier otro daño observable. Cerrar la puerta del gabinete y colocar el interruptor en una base segura para revisar sus elementos y su funcionamiento
5. Energizar parcial o total
  - a) Quitar todos los objetos extraños del centro de control de motores
  - b) Revisar que todos los accesorios estén en su lugar
  - c) Despejar el área
6. Procedimiento para energizar:
  - a) Conectar interruptor principal y revisar mediciones
  - b) Conectar interruptores derivados
7. Después de energizar:
  - a) Revisar el centro de control de moto-

Ilustración 4.2 Tablero de control



res para detectar cualquier evidencia de condición anormal

#### ***Revisión de la calibración de relevadores y contactores***

Actualizar ajuste. Revisar la operación de los relevadores. Verificar la coordinación de su operación respecto a otros equipos y que sea selectiva. Considerar el efecto del cambio de temperatura ambiente en la operación y la protección de los equipos. Registrar las condiciones encontradas, pruebas realizadas y ajustes finales.

#### 4.3.1.3. Centro de control de motores

##### ***Revisión de gabinetes y/o accesorios***

Por lo menos una vez al año:

##### Gabinete

1. Desenergizar completamente el conjunto de gabinetes, todas las fuentes de alimentación y de respaldo. Conectar a tierra, como un requisito de seguridad, las tres fases del centro de control de motores y los circuitos de control. Asegurar me-

Ilustración 4.3 Medición puntos calientes de tableros



dante candados los gabinetes necesarios para evitar operaciones no deseadas del equipo de interrupción

- b) Limpiar el polvo y basura del gabinete del equipo con una aspiradora. Limpiar también las partes del gabinete que tienen óxido para reacondicionar y pintar
- c) Corregir las fallas localizadas en las inspecciones realizadas
- d) Revisar la condición de los componentes interiores del compartimiento: rieles, guías, medios de deslizamiento, etcétera
- e) Revisar el funcionamiento de los seguros mecánicos de las puertas y los broches. Verificar que existan las barreras originales, los señalamientos de riesgo, las cubiertas y que las puertas estén apropiadamente instaladas. Reparar cualquier parte oxidada y eliminar cualquier fuente de agua

- f) Revisar el estado y la operación de las resistencias calefactoras
- g) Revisar los contactos de los medios de desconexión secundarios y revisar el alambrado
- h) Limpiar la grasa envejecida y volver a lubricar los mecanismos en la celda de acuerdo a las instrucciones del fabricante
- i) Revisar los contactos de desconexión primarios. Retirar la grasa envejecida y examinar los contactos para determinar signos de desgaste, daño, sobrecalentamiento, etc. Revisar el aislamiento. Lubricar de acuerdo al manual del equipo
- j) Revisar el ajuste de las barras y de las terminales donde existan uniones y conexiones. Ajustar conexiones en caso necesario y reponer la tornillería dañada o faltante
- k) Revisar que las terminales de los equi-

- pos no estén decoloradas o fundidas. Las piezas dañadas deberán cambiarse
- l) Revisar el funcionamiento de los bloques mecánicos de las puertas frontales, que evitan la apertura de la misma cuando los medios de desconexión están energizados
  - m) Revisar que los termostatos de las resistencias calefactoras, si existen, estén seleccionados en la temperatura deseada
  - n) Limpiar las manchas de grasa en los accesorios
  - o) Revisar los accesorios de porcelana, de resina epóxica o resina poliéster que sostienen las barras, para verificar que no presenten daños, roturas o despostilladuras o tengan alguna conexión mecánica floja
  - p) Reemplazar los aisladores rotos o dañados y dar ajuste a la tornillería

### ***Transformador de alumbrado y de servicios propios***

1. Limpiar el transformador incluidas la parte superior e inferior, para permitir libre circulación por los ductos de ventilación. De preferencia utilizar una aspiradora. Limpiar boquillas, conexiones, cambiadores de derivaciones y dar ajuste a las conexiones eléctricas. Verificar el estado de las conexiones terminales y las conexiones soldadas. Medir el aislamiento del transformador
2. Probar la resistencia de aislamiento de las fases a tierra. Probar en baja tensión con una tensión de prueba de 500 Volts de corriente directa. Durante la prueba de aislamiento desconectar los transformadores de potencial para evitar daños o medi-

ciones incorrectas. No aplicar tensión de prueba a componentes electrónicos

### ***Interruptor***

Con el interruptor colocado en una base firme, revisión y registro inicial:

1. Anotar la lectura del contador de operaciones del interruptor
2. Reponer chavetas o seguros en mal estado. Registrar las principales observaciones. De ser posible probar la unidad de disparo por sobrecorriente. Revisar y de ser necesario ajustar la protección a los valores determinados en el estudio previo de coordinación

#### **PRECAUCION:**

Si no se tiene libranza general del centro de control de motores mantener cerrada y asegurada la puerta del gabinete de alojamiento del interruptor y la tarjeta que indique que en el interior del gabinete existe tensión eléctrica

### ***Revisión de las partes portadoras de corriente y de los medios de extinción del arco***

1. Retirar las cámaras de extinción del arco, las barreras entre fases y de fase a tierra para determinar placas quebradas, dañadas o desgastadas. Reponer las placas en mal estado o el conjunto completo. Guardar las precauciones necesarias en el caso de que las placas sean de asbesto
2. Revisar con el interruptor abierto y con el interruptor cerrado, los contactos principales y los contactos de arqueo. Revisar los contactos de arqueo, para

confirmar si el deterioro es normal y aceptable. Piezas con picaduras profundas deberán cambiarse. En caso de desgaste anormal, se deberá determinar la causa y corregir la alineación de los contactos. De acuerdo al manual del equipo, se deberá verificar la correcta alineación de los contactos y que haya libertad de movimiento de estos. Algunos equipos se observan mediante el cierre del interruptor en cámara lenta

3. Limpiar las partes accesibles del interior del interruptor. Retirar y proteger las partes con óxido. De preferencia utilizar algún medio que permita aspirar las partículas extrañas al interruptor. Evitar al máximo la utilización de aire a presión. Limpiar las superficies aislantes con tela, manta de cielo, humedecida en alcohol isopropílico. Retirar acumulaciones de lubricante
4. Colocar en su lugar las cámaras de extinción del arco, las barreras entre fases y de fase a tierra
5. Al terminar la limpieza, volver a lubricar tomando en cuenta las indicaciones del manual del equipo para aplicar el lubricante en los puntos recomendados

#### ***Inspección del mecanismo de disparo electro-mecánico***

1. Revisar las bobinas en los circuitos de control y determinar si existe tornillería suelta, faltante o sobrecalentamiento en el aislamiento de las bobinas
2. Revisar los mecanismos de disparo de cada fase para verificar que su movimiento sea sin obstáculos y que sus partes estén libres de oxidación. Revisar si existen manchas de fugas de aceite en las bobinas

de amortiguamiento y corregir de acuerdo a las instrucciones del fabricante

#### ***Inspección del mecanismo de disparo electrónico***

1. Revisar la condición de los sensores de corriente
2. Examinar el accionamiento de disparo o la bobina que manda el disparo de acuerdo a la orden del dispositivo de disparo
3. Limpiar y lubricar el mecanismo o accionamiento de disparo de acuerdo a las recomendaciones del fabricante

#### ***Inspección del mecanismo de operación***

1. Revisar el mecanismo de operación para determinar si hay piezas desgastadas, rotas o dañadas, si hay partes sueltas y la condición general del mecanismo
2. Operar el interruptor varias veces para determinar si su operación es adecuada. Verificar con ayuda del manual de operación del equipo la posición y el alineamiento que deben tener los dispositivos de cerrojo de ser necesario se deberán ajustar o corregir. De acuerdo al diseño seguir las instrucciones del fabricante
3. Después de corregir los problemas encontrados, proceder a retirar la grasa envejecida. Volver a lubricar de acuerdo con las instrucciones del fabricante

#### ***Inspección de los fusibles del interruptor***

1. Probar la continuidad de los fusibles y verificar si las piezas están en buen estado y completas. Si existen daños por sobrecalentamiento, cambiar las piezas. El fusible deberá ser el adecuado

### ***Inspección general del interruptor***

1. Cuidadosamente re ensamblar la unidad
  2. Verificar que la estructura externa tenga completas sus piezas
  3. Verificar el alambrado para confirmar la firmeza de las conexiones, el buen estado del aislamiento y que el alambrado está asegurado y protegido del posible daño por partes en movimiento
  4. Operar el interruptor varias veces en forma manual y, de ser posible, eléctricamente
  5. Verificar la operación de los dispositivos auxiliares mediante las siguientes acciones:
    - a) Revisar la operación correcta de los contactos auxiliares (contacto tipo “a” cerrado cuando el interruptor está cerrado y abierto cuando el interruptor está abierto; el contacto tipo “b” cerrado cuando el interruptor está abierto y abierto cuando el interruptor está cerrado)
    - b) Verificar la operación de la bobina en derivación para disparo. Esta bobina debe disparar al interruptor cuando su tensión de control queda dentro de límites seleccionados
    - c) Verificar la operación de la bobina de cierre. Esta bobina debe cerrar al interruptor cuando su tensión de control queda dentro de los límites seleccionados
    - d) De igual forma verificar mediante el disparo del interruptor, la operación de carga del resorte de cierre por medio del motor
    - e) Verificar que la operación del circuito de anti-bombeo permite que el interruptor reciba la orden de cierre una sola vez, aunque se mantenga cerrado el mando de cierre
  - f) Verificar la operación del dispositivo de disparo por baja tensión
  - g) Revisar la condición del conjunto de “dedos” de desconexión primarios. Limpiar polvo y grasa acumulada. Revisar si existe desgaste, picaduras, deterioro de las piezas de contacto y reemplazar las que estén muy dañadas. Reponer resortes faltantes y aquellos que han perdido brío. De acuerdo al instructivo del fabricante, lubricar el conjunto de “dedos” de contacto
  - h) Lubricar el mecanismo del estante y cualquier otro que falte de acuerdo al instructivo del equipo
6. Probar la resistencia de aislamiento de las fases a tierra:
    - a) Probar en baja tensión con una tensión de prueba de 500 Volts de corriente directa. Durante la prueba de aislamiento desconectar los transformadores de potencial para evitar daños o mediciones incorrectas. No aplicar tensión de prueba a componentes electrónicos

### ***Reinstalación del interruptor***

1. Utilizar los dispositivos de manejo para colocar el interruptor en sus rieles
2. Mover el interruptor sobre los rieles de su posición externa a su posición de conectado para nuevamente sacarlo. Observar las marcas en los dedos de contacto para confirmar la alineación correcta de los contactos
3. De la posición de “Desconectado” llevar el interruptor a la posición de “Prueba”. Energizar el circuito de control para revisar la operación del interruptor manual

- y eléctricamente. Revisar que los medios de conexión secundarios hagan un contacto adecuado. Confirmar que en su posición de “Conectado” el interruptor no permite desplazamiento
4. Abrir el interruptor y colocarlo en una posición intermedia, entre la de “Prueba” y la de “Conectado”. Confirmar que el interruptor no puede ser cerrado en esta posición
  5. Colocar el interruptor en la posición de “Prueba”. Cerrar la puerta del compartimiento. Colocar y asegurar los cerrojos de la puerta
  6. Revisar la operación de los seguros-llave. Estudiar el esquema de los seguros-llave para determinar el accionamiento del sistema y probar su funcionamiento
  7. Anotar la lectura del contador de operaciones del interruptor

### **Arrancador**

Con el interruptor desenergizado, aterrizado y los circuitos de control desenergizados:

1. Revisar el desgaste de los contactos del contactor y si hay daños observables. Si los contactos tienen perforaciones o están en malas condiciones, deberán reemplazarse el par o juego
2. Dar ajuste mecánico a las conexiones eléctricas
3. Revisar que todas las partes estén limpias y libres para su accionamiento. No lubricar a menos que el instructivo del fabricante lo indique
4. Aplicar en las superficies para sellado magnético una capa delgada de aceite para evitar la corrosión
5. Limpiar los contactos del contactor y verificar el buen estado de la bobina de sombra

6. Revisar los contactos de los relevadores de control. Cambiar los contactos que se vean quemados
7. Revisar el ajuste del alambrado de control y verificar que las terminales están en buen estado
8. En resistencias para reducción de tensión, revisar el estado de las conexiones y del aislamiento de conductores
9. Revisión general y verificación de datos de placa
10. Revisar el estado de los relevadores térmicos de sobrecarga

### **Interruptor del arrancador:**

11. Revisar si el mecanismo de operación de los interruptores funciona correctamente
12. En el interruptor de navajas revisar que se encuentren los fusibles y verificar que el mecanismo de las navajas funciona bien
13. En el interruptor termomagnético revisar varias veces su operación: apertura-cierre-apertura. En caso de falla cambiarlo
14. Verificar que las conexiones del arrancador a su correspondiente interruptor y alimentación no presenten daños o falsos contactos. En caso necesario cambiar zapatas, limpiar conexiones y ajustar

### **Instrumentos de medición:**

1. Revisión general de conexiones de transformadores de corriente y potencial
2. Verificar estado general de instrumentos y datos de placa
3. Revisar con equipo de precisión la ca-

libración de la medición por lo menos cada dos años. El equipo de verificación o patrón deberá tener una exactitud de 0.5 por ciento

4. Reponer cubiertas o empaques dañados de los medidores para evitar acumulación de polvo y partículas extrañas en su interior. No utilizar aire a presión para la limpieza de los instrumentos. Llevar el equipo sucio al taller de reparación

#### ***Bobinas de control:***

Revisar que las bobinas de cierre y disparo estén en buenas condiciones, es decir, que no estén abiertas, o parte de la bobina en corto circuito. Efectuar la limpieza. Medir el valor de la resistencia de bobinas en buen estado para tener valores de referencia en verificaciones subsecuentes

#### ***Conmutadores de control y medición***

Revisar el mecanismo rotatorio de la manija tipo pistola de los conmutadores de control y la manija tipo redonda para los conmutadores de medición, así como sus conexiones. En caso de falla, limpiar, revisar conexiones y ajustar o cambiar en caso necesario

#### **4.3.1.4. Alambrado**

1. Identificar y etiquetar todos los conductores para facilitar el seguimiento de un circuito y los trabajos de mantenimiento

Precaución: Antes de desconectar cualquier dispositivo, verificar que el circuito de control y cualquier otro posible circuito, no puedan suministrar energía en forma remota.

## **4.4. TABLEROS BLINDADOS**

### **4.4.1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO**

Gabinete compuesto de una o más secciones o cubículos con barreras metálicas individuales, las cuales separan a las celdas una de otra. Estas pueden contener equipos de protección, medición, interruptores y barras conductoras , ver Ilustración 4.4.

### **4.4.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO**

Tener los diagramas de conexión y manuales necesarios para llevar a cabo las actividades de mantenimiento

#### **4.4.2.1. Inspección**

#### ***Tablero blindado***

Mensualmente:

1. Revisar que el gabinete del tablero blindado se encuentre en buenas condiciones en su pintura, acabado y ensamble. En caso necesario programar los trabajos para acondicionarlo y pintarlo
2. Revisar que no existan ruidos anormales
3. Limpiar el local del centro de control de motores para dejarlo libre de polvo y basura
4. Revisar el funcionamiento de las lámparas indicadoras, reponer las piezas dañadas
5. Revisar que el equipo de medición de lecturas correctas y reponer carátulas dañadas
6. De contar con el equipo, utilizar medios de análisis de infrarrojos o técnicas de ter-

Ilustración 4.4 Tableros blindados



mografía, para localizar problemas en las conexiones o en el aislamiento eléctrico de los equipos. Estas inspecciones pueden hacerse sin abrir ninguna sección o puerta del equipo. Incluir la revisión de contactores, relevadores y solenoides

7. Tocar con la palma de la mano las puertas, costados de los gabinetes y superficies de frente muerto sobre todo de los interruptores y desconectores. Cualquier calentamiento que la palma de la mano detecte puede indicar un problema serio. El problema se deberá identificar y eliminar
8. Revisar si no existen equipos sobrecargados
9. Revisar el buen estado de las carátulas de los equipos de medición y la limpieza interior
10. Registrar las lecturas del contador de operaciones de los interruptores

#### 4.4.2.2. Maniobras

1. Utilizar siempre el equipo de seguridad necesario de acuerdo al nivel de tensión
2. Colocar señalamiento alrededor del equipo en libranza y verificar que sirva para delimitar visualmente toda el área de trabajo

#### ***Para librar completamente el tablero blindado para mantenimiento o cambio de algún componente***

- a) Abrir interruptores y a continuación cuchillas
- b) Verificar con las precauciones necesarias la apertura física de interruptores y cuchillas
- c) Conectar firmemente a la red de tierra las posibles entradas de energía en alta y baja tensión
- d) Poner etiquetas de libranza en los controles o mandos del equipo de interrupción
- e) Asegurar con candado los gabinetes necesarios para evitar operaciones no deseadas del equipo
- f) Mantenimiento o cambio de componentes

#### ***Para librar un interruptor tipo removible para cambio de algún componente o mantenimiento***

- a) Revisar que sus cubiertas y puertas estén cerradas y con seguro mecánico. Desconectar la alimentación del circuito de control. Abrir el interruptor y confirmar que sus resortes es-

tén descargados. Después de asegurar que el interruptor tiene abiertos sus contactos colocarlo en la posición de “Prueba” (Test) del estante

- b) Con el interruptor en la posición “Prueba”, abrir la puerta del compartimiento e inspeccionar la alineación del interruptor respecto a la celda, los medios de desconexión secundarios, la posición de los seguros mecánicos y si no existen condiciones anormales. Revisar si todos los mecanismos de operación de los interruptores funcionan correctamente. Operar el interruptor eléctricamente y mecánicamente. En ambos casos la operación debe resultar suave y sin demasiado esfuerzo. El cierre y la apertura no deberán producir esfuerzos o vibración excesiva
- c) De la posición de “Prueba” pasar a la posición de “Desconectado” (Disconnected). Si existen medios adecuados, levantar el interruptor del compartimiento para determinar: piezas rotas, faltantes, manchas de aceite, partes dañadas por agua, o cualquier otro daño observable. Cerrar la puerta del gabinete y colocar el interruptor en una base segura para revisar sus elementos y su funcionamiento

### ***Energización parcial o total***

1. Quitar todos los objetos extraños del tablero blindado
2. Revisar que todos los accesorios estén en su lugar
3. Despejar el área
4. Procedimiento para energizar:

- a) Conectar interruptor principal y revisar mediciones

- b) Conectar interruptores derivados

5. Después de energizar:

- a) Revisar el tablero blindado para detectar cualquier evidencia de condición anormal

### ***Revisión de la calibración de relevadores y contactores***

1. Actualizar ajustes
2. Revisar la operación de los relevadores y verificar la coordinación de su operación respecto a otros equipos y que sea selectiva
3. Considerar el efecto del cambio de temperatura ambiente en la operación y la protección de los equipos
4. Registrar las condiciones encontradas, pruebas realizadas y ajustes finales

#### ***4.4.2.3. Tablero blindado***

Revisión de gabinetes y/o accesorios Por lo menos una vez al año.

### ***Gabinete***

1. Desenergizar completamente el conjunto de gabinetes, incluyendo todas las fuentes de alimentación y de respaldo. Conectar a tierra, como un requisito de seguridad, las tres fases del centro de control de motores y desenergizar y conectar a tierra los circuitos de control. Asegurar mediante candados los gabinetes necesarios para evitar operaciones no deseadas del equipo de interrupción
2. Limpiar el polvo y basura del gabinete del equipo con una aspiradora. Limpiar

- también las partes del gabinete que tienen óxido para reacondicionarlas y pintarlas
3. Corregir las fallas localizadas en las inspecciones realizadas
  4. Revisar la condición de los componentes interiores del compartimiento: rieles, guías, medios de deslizamiento, etcétera
  5. Revisar el funcionamiento de los seguros mecánicos de las puertas y los broches. Verificar que existan las barreras originales, los señalamientos de riesgo, las cubiertas y que las puertas estén apropiadamente instaladas. Reparar cualquier parte oxidada y eliminar cualquier fuente de agua
  6. Revisar el estado y la operación de las resistencias calefactoras
  7. Revisar los contactos de los medios de desconexión secundarios y revisar el estado del alambrado
  8. Limpiar la grasa envejecida. Volver a lubricar los mecanismos en la celda de acuerdo a las instrucciones del fabricante
  9. Revisar los contactos de desconexión primarios. Retirar la grasa envejecida para examinar los contactos y determinar daños por desgaste o sobrecalentamiento, etc. Revisar el aislamiento. Lubricar de acuerdo al manual del equipo
  10. Revisar el ajuste de las barras conductoras y de las terminales donde existan uniones y conexiones. Ajustar conexiones, en caso necesario reponer la tornillería dañada o faltante
  11. Revisar que las terminales de los equipos no estén decoloradas o fundidas. Las piezas dañadas deberán cambiarse
  12. Revisar que los bloqueos mecánicos de las puertas frontales eviten la apertura de las mismas cuando los interruptores están energizados

13. Revisar que los termostatos de las resistencias calefactoras, si existen, estén seleccionados para la temperatura deseada
14. Limpiar las manchas de grasa en los accesorios
15. Revisar los accesorios de porcelana, de resina epóxica o resina poliéster que soporten barras. Revisar que no presenten daños, roturas o despostilladuras, o conexiones mecánicas flojas. Reemplazar los aisladores rotos o dañados y dar ajuste a la tornillería

### ***Tableros de alumbrado y de servicios propios***

1. Limpiar el transformador incluidas la parte superior e inferior para permitir libre circulación por los ductos de ventilación. De preferencia, utilizar para la limpieza una aspiradora. Limpiar boquillas, conexiones, cambiadores de derivaciones. Ajustar las conexiones eléctricas. Verificar el estado de las conexiones terminales y las conexiones soldadas y medir el aislamiento del transformador
2. Probar la resistencia de aislamiento de las fases a tierra. Probar en baja tensión con una tensión de prueba de 500 Volts de corriente directa. Durante la prueba de aislamiento desconectar los transformadores de potencial para evitar daños o mediciones incorrectas. No aplicar tensión de prueba a componentes electrónicos

### ***Interruptor***

Precaución: Si no se tiene libranza general del tablero blindado mantener cerrada y asegurada la puerta del gabinete de alojamiento del interruptor y una tarjeta que indique que en el interior del

gabinete existe potencial eléctrico y alto riesgo. Con el interruptor colocado en una base firme:

### ***Revisión y registro inicial***

1. Anotar la lectura del contador de operaciones del interruptor
2. Reponer chavetas o seguros en mal estado. Registrar las principales observaciones. De ser posible probar la unidad de disparo por sobrecorriente. Revisar y de ser necesario ajustar la protección a los valores determinados en el estudio previo de coordinación

### ***Revisión de las partes portadoras de corriente y de los medios de extinción del arco***

1. Retirar las cámaras de extinción del arco, las barreras entre fases y de fase a tierra para determinar placas quebradas, dañadas o desgastadas. Reponer las placas en mal estado o el conjunto completo. Guardar las precauciones necesarias en el caso de que las placas sean de asbesto
2. Revisar con el interruptor abierto y con el interruptor cerrado los contactos principales y los contactos de arqueo. Revisar los contactos de arqueo y ver si el deterioro es normal y aceptable. Piezas con picaduras profundas deberán cambiarse. En caso de desgaste anormal, se deberá determinar la causa y corregir la alineación de los contactos. De acuerdo al manual del equipo, verificar la correcta alineación de los contactos y el movimiento libre de estos. La operación de algunos equipos se debe observar mediante el cierre del interruptor en cámara lenta
3. Limpiar las partes accesibles del interior del interruptor. Retirar y proteger las

partes con óxido. De preferencia utilizar algún medio que permita aspirar las partículas extrañas al interruptor. Evitar al máximo la utilización de aire a presión. Utilizar tela, manta de cielo, humedecida en alcohol isopropílico para limpiar las superficies aislantes y retirar acumulaciones de lubricante

4. Colocar en su lugar las cámaras de extinción del arco y las barreras entre fases y de fase a tierra
5. Al terminar la limpieza volver a lubricar tomando en cuenta las indicaciones del manual del equipo y aplicar la lubricación en los lugares recomendados

### ***Inspección del mecanismo de disparo electromecánico***

1. Revisar las bobinas en los circuitos de control y determinar si existe tornillería suelta, faltante o sobrecalentamiento en el aislamiento de las bobinas
2. Revisar que el movimiento de los mecanismos de disparo de cada fase esté libre de obstáculos y que sus partes no presenten oxidación. Verificar si existen manchas de fugas de aceite en las bobinas de amortiguamiento. De existir anomalías, corregir de acuerdo a las instrucciones del fabricante

### ***Inspección del mecanismo de disparo electrónico***

- a) Revisar la condición de los sensores de corriente
- b) Examinar que el accionamiento de disparo y la bobina manden la apertura del interruptor de acuerdo a la orden del dispositivo de disparo
- c) Limpiar y lubricar el mecanismo o

accionamiento de disparo de acuerdo a las recomendaciones del fabricante

### ***Inspección del mecanismo de operación***

1. Revisar el mecanismo de operación. Determinar si algunas piezas están desgastadas, rotas o dañadas, si hay partes sueltas y la condición general del mecanismo.
2. Operar el interruptor varias veces para determinar si su operación es adecuada. Verificar con ayuda del manual de operación del equipo la posición y el alineamiento que deben tener los dispositivos de cerrojo. De ser necesario se deberán ajustar o corregir. De acuerdo al diseño, seguir las instrucciones del fabricante
3. Después de corregir los problemas encontrados, proceder a retirar la grasa envejecida y volver a lubricar de acuerdo con las recomendaciones del fabricante

### ***Inspección de los fusibles del interruptor***

1. Probar la continuidad de los fusibles y verificar si las piezas están en buen estado y completas. Cambiar las piezas si existen daños por sobrecalentamiento. El fusible que se deje deberá ser el adecuado

### ***Inspección general del interruptor***

1. Cuidadosamente reensamblar la unidad
2. Verificar que la estructura externa tenga completas sus piezas
3. Verificar el alambrado. Confir-

mar la firmeza de las conexiones, el buen estado del aislamiento y que el alambrado está asegurado y protegido del posible daño por partes en movimiento

4. Operar el interruptor varias veces en forma manual y, de ser posible, eléctricamente
5. Verificar la operación de los dispositivos auxiliares mediante las siguientes acciones:
  - a) Revisar la operación correcta de los contactos auxiliares (contacto tipo “a” cerrado cuando el interruptor está cerrado y abierto cuando el interruptor está abierto; el contacto tipo “b” cerrado cuando el interruptor está abierto y abierto cuando el interruptor está cerrado)
  - b) Verificar la operación de la bobina en derivación para disparo. Esta bobina debe disparar al interruptor cuando su tensión de control es de un valor igual o mayor al límite indicados al fabricante
  - c) Verificar la operación de la bobina de cierre. Esta bobina debe cerrar al interruptor cuando se aplica una tensión de control de un valor igual o mayor al indicado al fabricante
  - d) De igual forma verificar mediante el disparo del interruptor la operación de carga del resorte de cierre por medio del motor
  - e) Verificar la operación del circuito de anti-bombeo que permite que el interruptor reciba la orden de cierre una sola vez, aunque se mantenga cerrado el mando de cierre
  - f) Verificar la operación del dispositivo de disparo por bajo tensión

- g) Revisar la condición del conjunto de “dedos” de desconexión primarios. Limpiar polvo y grasa acumulada. Revisar si existe desgaste, picaduras, deterioro de estas piezas de contacto y reemplazar las que estén muy dañadas. Revisar si hay resortes faltantes, o piezas que han perdido brío y reponer en ambos casos. De acuerdo al instructivo del fabricante, de ser necesario, lubrique el conjunto de “dedos” de contacto
- h) Lubricar el mecanismo del estante y cualquier otro que falte de acuerdo al instructivo del equipo
- i) Probar la resistencia de aislamiento de las fases a tierra
- j) Probar en baja tensión con una tensión de prueba de 500 Volts de corriente directa. Durante la prueba de aislamiento, desconectar los transformadores de potencial para evitar daños o mediciones incorrectas. No aplicar tensión de prueba a componentes electrónicos

### **Reinstalación del interruptor**

1. Utilizar los dispositivos de manejo para colocar el interruptor en sus rieles
2. Mover el interruptor sobre los rieles de su posición externa a su posición de conectado para nuevamente sacarlo. Observar las marcas en los dedos de contacto y confirmar la alineación correcta de los contactos
3. De la posición de “Desconectado” llevar el interruptor a la posición de “Prueba”. Energizar el circuito de control. Revisar la operación del interruptor manual y

eléctricamente. Revisar que los medios de conexión secundarios hagan un contacto adecuado. Confirmar que en su posición de “conectado” el interruptor no permite desplazamiento

4. Abrir el interruptor y colocarlo en una posición intermedia entre la de “Prueba” y la de “Conectado”. Confirmar que el interruptor no puede ser cerrado en esta posición
5. Colocar el interruptor en la posición de “Prueba”. Cerrar la puerta del compartimiento. Colocar y asegurar los cerrojos de la puerta
6. Revisar la operación de los seguros-llave. Estudiar el esquema de los seguros-llave para determinar el accionamiento del sistema y probar su funcionamiento
7. Anotar la lectura del contador de operaciones del interruptor

### **Arrancador**

Con el interruptor desenergizado, aterrizado y con los circuitos de control también desenergizados:

1. Revisar desgaste en contactos del contactor y los daños observables. Si los contactos tienen perforaciones o están en malas condiciones, reemplazar el par o juego
2. Dar ajuste mecánico a las conexiones eléctricas
3. Revisar que todas las partes estén limpias y libres para su accionamiento. No lubricar a menos que el instructivo del fabricante lo indique
4. Aplicar en las superficies para sellado magnético una capa delgada de aceite para evitar la corrosión
5. Limpiar los contactos del contactor y verificar el buen estado de la bobina de sombra

6. Revisar los contactos de los relevadores de control. Cambiar los contactos que se vean quemados
7. Revisar el ajuste del alambrado de control y verificar que las terminales están en buen estado
8. En resistencias para reducción de tensión, revisar el estado de las conexiones y del aislamiento de los conductores
9. Revisión general de conexiones y datos de placa
10. Revisar el estado de los relevadores térmicos de sobrecarga

### ***Interruptor del arrancador***

1. Revisar si el mecanismo de operación de los interruptores funciona correctamente
2. En el interruptor de navajas revisar que se encuentren los fusibles y verificar que el mecanismo de las navajas funciona bien
3. En el interruptor termomagnético revisar varias veces su operación: apertura-cierre-apertura. En caso de falla cambiarlo
4. Verificar que las conexiones del arrancador a su correspondiente interruptor y alimentación no presenten daños o falsos contactos. En caso necesario cambiar zapatas, limpiar conexiones y ajustar

### ***Instrumentos de medición***

1. Revisión general de conexiones de transformadores de corriente y potencial
2. Verificar estado general de instrumentos y datos de placa
3. Revisar con equipo de precisión la calibración de la medición por lo menos cada dos años. El equipo de verificación

o patrón deberá tener una exactitud de 0.5 por ciento

4. Reponer cubiertas o empaques dañados de los medidores para evitar acumulación de polvo y partículas extrañas en su interior. No utilizar aire a presión para la limpieza de los instrumentos. Llevar el equipo sucio al taller de reparación

### ***Bobinas de control***

1. Revisar que las bobinas de cierre y disparo estén en buenas condiciones, es decir, que no estén abiertas, o parte de la bobina en corto circuito. Efectuar la limpieza. Medir el valor de la resistencia de bobinas en buen estado para tener valores de referencia en verificaciones subsecuentes

### ***Conmutadores de control y medición***

1. Revisar el mecanismo rotatorio de la manija tipo pistola de los conmutadores de control y la manija tipo redonda para los conmutadores de medición, así como sus conexiones. En caso de falla, limpiar, revisar conexiones y ajustar o cambiar en caso necesario

#### **4.4.2.4. Alambrado**

1. Identificar y etiquetar todos los conductores para facilitar el seguimiento de un circuito y facilitar trabajos de mantenimiento

Precaución. Antes de desconectar cualquier dispositivo, verificar que el circuito de control y cualquier otro posible circuito, no puedan suministrar energía en forma remota.

## 4.5. TABLEROS DE DISTRIBUCIÓN Y ALUMBRADO

### 4.5.1. DESCRIPCIÓN

Conjunto de interruptores instalados en una misma caja metálica, soportada normalmente en la pared ver Ilustración 4.5.

### 4.5.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Tener los diagramas de conexión y manuales necesarios para llevar a cabo las actividades de mantenimiento.

#### 4.5.2.1. Mantenimiento de tablero de distribución y alumbrado

1. Verificar la conexión física del tablero a tierra
2. Antes de desenergizar el tablero de alumbrado, revisar un gabinete que haya estado funcionando con su carga normal por lo menos durante tres horas para determinar condiciones anormales
3. Tocar con la palma de la mano la guardación, el frente muerto, las puertas y los interruptores. Cualquier calentamiento que la palma de la mano detecte puede indicar un problema que se debe identificar y eliminar

**Precaución:** Antes de realizar otras inspecciones o pruebas, dejar desenergizado completamente el gabinete de alumbrado, y después verificar con un volmetro que no exista potencial.

### *Gabinete*

1. Revisar que el gabinete esté firmemente atornillado y alineado
2. Revisar que la canalización no se utilice con demasiados conductores y el desgaste o deterioro de los cables. Revisar que existan sellos en los conduits y en las aberturas del gabinete
3. Revisar si hay evidencia de humedad, contaminación, polvo, etcétera
4. Revisar si el gabinete o el ensamble interior tiene toda su tornillería, reponer la necesaria
5. Revisar que exista una distancia adecuada entre las partes metálicas a tierra y a los conductores de fase

### *Aislamiento*

1. Revisar si hay aislamiento dañado o carbonizado

### *Interruptor*

1. Verificar si los interruptores o switches están en buen estado y con todas sus partes
2. Revisar que los seguros y candados de los interruptores o medios de switcheo funcionen correctamente. De ser necesario lubricar y ajustar el mecanismo
3. Revisar los fusibles y la firmeza de sus grapas o soportes. Revisar si existe decoloración en los soportes de los fusibles. Revisar que sea adecuado el tipo de fusible, su tensión y su capacidad de interrupción
4. Revisar si existe decoloración en algún dispositivo

Ilustración 4.5 Tableros de distribución y alumbrado



5. Operar todos los mecanismos de interrupción o switchero

2. Verificar estado general de instrumentos y datos de placa

#### **Conexiones**

1. Revisar que él o los conectores de tierra estén instalados en el gabinete o en su marco
2. Revisar los puntos de conexión o uniones eléctricas

#### **Letreros**

1. Revisar que existan letreros en todos los interruptores que indiquen: tensión, corriente, su capacidad para alimentar motores y la carga que alimentan

#### **Instrumentos de medición**

1. Revisión general de conexiones de transformadores de corriente y potencial

### 4.5.3. MANTENIMIENTO

#### **Gabinete**

1. Limpiar el polvo acumulado, de ser posible, hacer uso de una aspiradora
2. Sellar los lugares que permitan la entrada de agua y los conduits con sello deteriorado. Verificar que existan medios para drenar la humedad acumulada en el recorrido de la canalización

#### **Aislamiento**

1. Cambiar aislamiento dañado por humedad
2. Determinar la causa del deterioro del aislamiento. Corregir y cambiar el aislamiento dañado por temperaturas elevadas

## **Conexiones**

1. Ajustar para que las conexiones sean firmes. Ajustar tuercas y tornillería en general
2. Limpiar las superficies de conexiones de cobre que estén sucias o con capa de óxido
3. Aplicar en conexiones con piezas o conductores de aluminio sustancias selladoras y anti-oxidantes
4. Cambiar las piezas o conductores que estén recocidos o decolorados

## **Interruptores**

1. Reajustar los fusibles tipo enchufe
2. Verificar que todas las fases del interruptor abran completamente sus contactos. Revisar si hay piezas desgastadas, oxidadas, rotas, resortes sin brío, y la operación libre de sus piezas
3. Cambiar los soportes de los fusibles que hayan perdido brío. Cambiar los fusibles de capacidad o características inadecuadas de acuerdo al diagrama de la instalación
4. Limpiar, ajustar, lubricar y reemplazar las zapatas y conexiones dañadas del interruptor. Nota: Los interruptores de caja moldeada sellados se lubrican al hacer trabajar varias veces sus contactos.

## **Letreros**

1. Colocar etiquetas con las características del interruptor y su carga

## **Pruebas de mantenimiento**

Con el interruptor desenergizado y desconectado:

1. Resistencia de aislamiento
  - a) Utilizar un probador de resistencia de aislamiento que tenga una salida (500 V.c.d)
  - b) Con el interruptor cerrado, revisar el aislamiento entre fases y de fase a tierra. Con el interruptor abierto, revisar el aislamiento entre las terminales de línea y las terminales de carga
  - c) La resistencia de fase a tierra debe ser de aproximadamente 50 Megaohms
2. Resistencia de contactos
  - a) Utilizar de preferencia un probador digital para bajos valores de resistencia que suministre 10 A c.d y que tenga una resolución de 1 microhm
  - b) Con el interruptor cerrado medir la resistencia de contacto
  - c) Investigar el interruptor cuyos valores de resistencia de contacto tengan desviaciones del 50 por ciento respecto a otros polos
  - d) Esperar 20 minutos en caso de realizar primeramente la prueba de sobrecorriente, en interruptores que utilicen un dispositivo de disparo térmico/magnético. De no esperar el incremento de temperatura del elemento bimetálico tendría un efecto en la medición de resistencia de contacto
3. Sobrecarga
  - a) Verificar el disparo por sobrecarga, al aplicar a tensión reducido una corriente del 300 por ciento de la capacidad nominal o continua
  - b) Al aplicar la prueba de sobrecarga es importante considerar el tiempo que transcurre entre la aplicación de la corriente y el disparo del interruptor

Precaución: Efectuar la medición de resistencia de contacto antes de efectuar la prueba de disparo por sobrecorriente.

4. Disparo instantáneo
  - a) Utilizar de preferencia pulsos de corriente. Los pulsos de corriente de prueba se ajustan a un valor ligeramente inferior al punto de disparo instantáneo. La corriente se incrementa hasta que el interruptor dispara
  - b) La medición de campo son de importancia para determinar únicamente que el interruptor abra contactos. Los valores obtenidos pueden variar de + 40 por ciento en el lado de alta y de - 30 por ciento en el lado de baja

#### ***Equipo de medición***

1. Revisar con equipo de precisión la calibración de la medición por lo menos cada dos años. El equipo de verificación o patrón deberá tener una exactitud de 0.5 por ciento
2. Reponer las cubiertas de los medidores para evitar acumulación de polvo y partículas extrañas en su interior. No utilizar aire a presión para la limpieza de los instrumentos

#### ***Conmutadores de control y medición***

1. Revisar el mecanismo rotatorio de la manija tipo pistola de los conmutadores de control y la manija tipo redonda para los conmutadores de medición, así como sus

conexiones. En caso de falla, limpiar, revisar conexiones y ajustar o cambiar en caso necesario

#### ***Alambrado***

1. Identificar y etiquetar todos los conductores para facilitar el seguimiento de un circuito y los trabajos de mantenimiento.

Precaución: Antes de desconectar cualquier dispositivo, verificar que el circuito de control y cualquier otro posible circuito, no pueda suministrar energía en forma remota.

Para los variadores de frecuencia y tableros de transferencia ver tema de especificaciones de patente de fabricante y consultar el *Libro de Selección de equipo y materiales electromecánicos del MAPAS*.

## **4.6. MOTORES VERTICALES: INTERIORES Y EXTERIORES<sup>15</sup>**

### **4.6.1. DESCRIPCIÓN**

Motor soportado y acoplado verticalmente en el eje de su carga. La carcasa del motor aloja y protege los componentes eléctricos y mecánicos. Las conexiones eléctricas se hacen en la caja de conexiones. Dependiendo de las condiciones ambientales y el riesgo que representa el tipo de contaminación, se fabrican carcasas para diferentes usos desde el tipo interior hasta el tipo intemperie o exterior, ver Ilustración 4.6.

<sup>15</sup> Fuente: IEEE 43, NOM- 001-SEDE y NMX-J-075/1.

Ilustración 4.6 Motores verticales.



## 4.6.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

### 4.6.2.1. Inspección visual

#### **Condiciones de seguridad**

La tensión eléctrica alta y las partes giratorias pueden producir lesiones serias o fatales. La instalación, la operación y el mantenimiento deberán de ser llevados al cabo con seguridad por personal calificado. Se recomienda la familiarización del personal con los reglamentos y códigos aplicables, y su cumplimiento. Es importante la observancia de las prácticas de seguridad y la toma de precauciones para proteger al personal de posibles lesiones. El personal deberá ser instruido para:

1. Leer completamente los instructivos y familiarizarse con el equipo antes de instalarlo o efectuar cualquier trabajo en él
2. Observar buenos hábitos de seguridad en todo momento para evitar lesiones personales o daño al equipo
3. Evitar la exposición prolongada a equipo con un nivel alto de ruido

4. Evitar el contacto con partes giratorias
5. Actuar cuidadosamente, de acuerdo a los procedimientos prescritos en este manual para el manejo e instalación de este equipo
6. Observar todas las instrucciones presentadas en placas sujetas al equipo y a retirar los accesorios de embarque antes de energizar la unidad
7. Desconectar la energía al motor y a sus accesorios y asegurar las desconexiones con candados antes de iniciar la instalación, cualquier actividad de mantenimiento o reparación. Asegurarse que el equipo accionado, acoplado al eje del motor, no lo hará girar (viento en el caso de abanicos o regreso de la columna de agua en el caso de bombas, etcétera)
8. Asegurarse de que la unidad y sus accesorios estén aterrizados, y que la instalación del cableado eléctrico y los controles, sean usados de acuerdo a los reglamentos. Emplear electricistas calificados

Inspeccionar el motor diariamente durante la operación normal del equipo. Tomar en cuenta las siguientes precauciones necesarias:

1. Mantener las distancias mínimas de seguridad con partes energizadas o en movimiento
2. Utilizar ropa y equipo de seguridad
3. No efectuar ningún tipo de reparación

En la inspección diaria revisar:

- a) El ajuste de la tornillería de anclaje del equipo
- b) Que el equipo no presente vibración o ruido anormal
- c) Que las aperturas para ventilación estén

- limpias y libres de cualquier obstrucción
  - d) Que esté instalada la cubierta superior del motor
  - e) Que el recubrimiento y los acabados estén en buenas condiciones
  - f) Que la carcasa del motor no tenga abolladuras, grietas u otras señas de daño
  - g) El sello de la caja de conexiones
  - h) Que el motor y su carga estén aterrizados
  - i) El estado de la canalización de los cables de fuerza
  - j) Que el nivel del lubricante sea el adecuado
  - k) Que no haya fugas o manchas de lubricante
4. El horario de trabajo del motor y registrarlo

Precaución: Evitar el contacto con el equipo en operación, ya que la temperatura de la superficie puede ser superior a la que soporta la piel.

#### 4.6.2.2.Libranza

Para revisar el motor internamente o reponer lubricantes:

1. Desconectar el motor abriendo el interruptor y cuchillas
2. Asegurar con candado el mando del interruptor
3. Colocar tarjetas de libranza en los controles del equipo de interrupción
4. Descargar el motor y el capacitor, si se tiene, antes de hacer cualquier trabajo de mantenimiento al motor
5. Poner señalamiento para delimitar el área de trabajo

#### 4.6.2.3.Mantenimiento preventivo

##### *Con el equipo desconectado y desenergizado*

Eliminar las principales causas de daño y realizar el mantenimiento periódico:

1. Limpiar la superficie exterior del motor y la rejilla de ventilación
2. Ajustar y reponer la tornillería de anclaje
3. Medir del lado de la carga, con un medidor apropiado, la distancia de separación entre el rotor y el estátor. Verificar la separación cada 90°. En máquinas pequeñas revisar el desgaste de los cojinetes
4. Revisar la alineación y el desgaste de las piezas del acoplamiento
5. Cambiar chumaceras o cojinetes en mal estado, utilizar el repuesto indicado
  - a) Mantener la pieza dentro de su bolsa hasta que se haga el cambio
  - b) Mantener un ambiente de limpieza y evitar que la pieza de repuesto quede sucia con grasa de las manos
  - c) Instalar el repuesto teniendo cuidado de no dañar ninguno de sus elementos
6. Cambiar la grasa seca y sin aceite que ha perdido propiedades:
  - a) Quitar, limpiar e instalar el tubo de desahogo de grasa. Después de aplicar la grasa nueva, quitar el tubo de desahogo o descarga varias veces hasta que se vea que hay grasa en él. Cuando el tubo esté lleno con grasa, no agregar más. Limpiar otra vez e instalar el tubo que sirve para rete-

ner el exceso de grasa cuando se expanda durante el funcionamiento del motor

- b) Para motores pequeños, quitar las cubiertas, limpiar la cavidad para grasa y llenar hasta tres cuartas partes de su circunferencia con la grasa recomendada. En las cajas de lubricación de algunos motores pequeños se emplean tapones de rosca que se quitan temporalmente para instalar una grasera sin necesidad de desarmar
7. Cumplir con el programa de mantenimiento de los lubricantes
- a) La aplicación de grasa nueva expulsa la grasa deteriorada, rara vez se necesita una limpieza más a fondo
  - b) La Tabla 4.5 muestra un programa de engrase para condiciones de operación normales
  - c) Considerar intervalos de la mitad del tiempo indicado en la Tabla 4.5 en caso de tener ambientes críticos, tales como: demasiada humedad, exposición a la intemperie, alta temperatura, ambiente químico, etcétera
8. Si el aceite está de color claro y no contiene impurezas, ajustar el nivel con la adición del aceite recomendado. Por lo general, la comprobación de nivel se debe hacer con el motor parado, porque la rotación de un anillo para aceite u otro componente puede ocasionar un cambio de nivel
9. La única limpieza necesaria en la mayor parte de los motores lubricados con aceite es quitar el tapón de drenado para vaciar el aceite. Con esto saldrán agua, mugre o sedimentos que se hayan asentado en el fondo de una cubierta de cojinete o depósito de aceite. Antes de instalar el tapón de drenado, limpiar, después

aplicar un compuesto sellador y apretar bien para evitar fugas de aceite a lo largo de las cuerdas

10. Cambiar el aceite a intervalos periódicos según el tipo de trabajo del motor (de 3 a 6 meses) y cuando la inspección muestra que se ha degradado. Considerar que la contaminación o el cambio de color del aceite son características de aceite degradado

**Precaución:** La reposición de nivel deberá hacerse hasta la marca correspondiente. No añadir aceite en exceso por el riesgo que representa para el embobinado. La Tabla 4.6 muestra sugerencias para eliminar daños en motores (mantenimiento correctivo).

### ***Limpieza exterior***

1. Eliminar el óxido de las carcasa y retocar o repintar
2. Limpiar la caja de conexiones
3. Revisar y ajustar la conexión a tierra en la caja de conexiones
4. Revisar las terminales del cable de fuerza, el estado del aislamiento y la firmeza de las conexiones
5. Revisar y en caso necesario reponer el sello en la canalización
6. Sellar la caja de conexiones

**Precauciones:**

- a) Antes de ajustar, aplicar a toda la tornillería un producto que permita aflojar las piezas pegadas por oxidación y evitar daños adicionales
- b) Proteger el motor durante las actividades de limpieza, para evitar que el aislamiento se deteriore por residuos de polvo, solvente, grasa o partículas de metal

## **Limpieza Interior**

Por cada año de servicio, por bajo valor de aislamiento, por aislamiento sucio, contaminación, o vibración, realizar lo siguiente:

1. Parte eléctrica
  - a) Limpiar o soplear la superficie del motor (tipo abierto) y sus partes internas con aire limpio y seco a una presión menor de 294 199.56 Pa (3 kg/cm<sup>2</sup>)
  - b) En caso que el aislamiento este severamente contaminado hay que proceder a lavarlo y secarlo en hornos, para mayor abundamiento ver *libro de lineamientos electromecánicos contra fenómenos hridrometeorológicos* de CONAGUA
  - c) Revisar el estado de los medios de sujeción de las bobinas. Reponer los que estén en malas condiciones
2. Parte mecánica
  - a) Si es necesario, limpiar con cuidado los cojinetes con un solvente adecuado, por ejemplo tricloro etileno. No desmontar los cojinetes para limpieza para reducir el peligro de dañarlos. Después de secar con cuidado cada cojinete y la cavidad en su cubierta, llenar más o menos hasta la mitad o tres cuartas partes con grasa nueva. No hacer girar el cojinete con aire a presión al limpiarlo. No reutilizar ningún cojinete que se haya sacado del eje con un extractor que actúe contra la pista externa
  - b) Limpiar la chumacera con un solvente adecuado. Secarla y aplicar una película de aceite en el eje y en la chumacera

## **Barnizado**

1. Aplicar barniz para reponer aislamiento ligeramente agrietado
2. Secar el barniz a la temperatura y con las precauciones necesarias

### 4.6.2.4. Restablecimiento del servicio

Antes de aplicar tensión al motor, verificar los siguientes puntos:

1. Revisión general de conexiones, apriete o ajuste de terminales
2. Medir la tensión de suministro ver Ilustración 4.7
3. Medir la carga de consumo suministro ver Ilustración 4.8
4. Verificar que los cojinetes tengan lubricante
5. Remover todos los objetos extraños sobre el equipo
6. Revisar que la carcasa del motor y el cabezal de la bomba estén sólidamente aterrizados
7. Verificar que las flechas del conjunto giren libremente
8. Despejar el área

Después de energizar, observar de cerca el motor durante los primeros 15 minutos para detectar cualquier evidencia de condición anormal, tal como: ruido o vibración excesiva.

### 4.6.2.5. Reporte de trabajos realizados

Elaborar el reporte de los trabajos de inspección, reparaciones y pruebas efectuadas a los equipos Organizar la información y utilizarla en las siguientes actividades:

Ilustración 4.7 Medición de tensión en motores

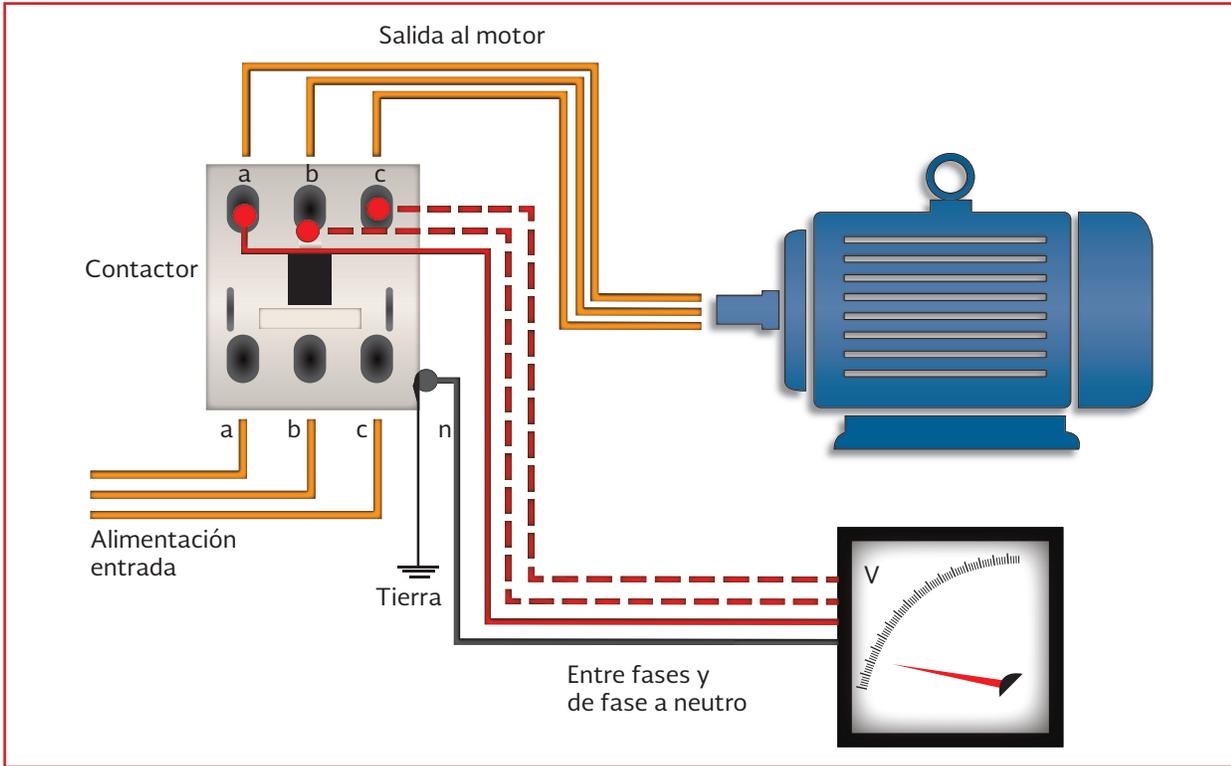
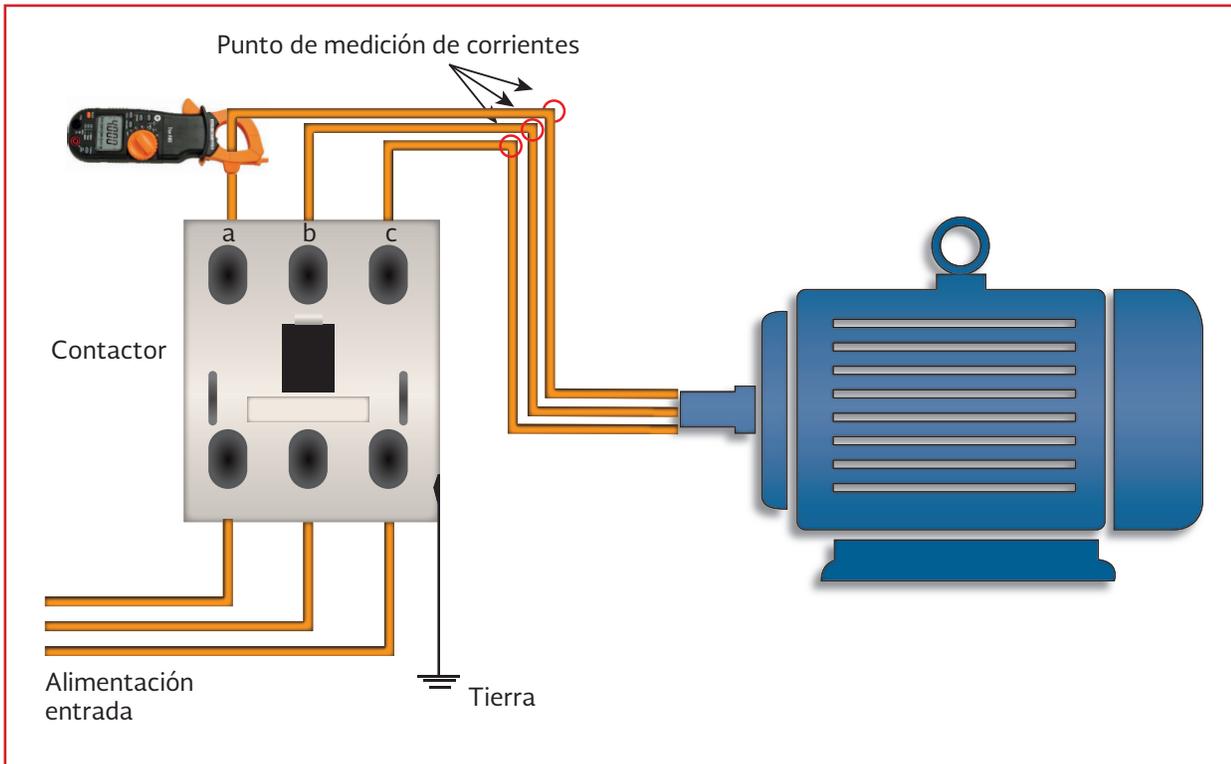


Ilustración 4.8 Medición de corriente eléctrica en motores



1. Determinar el deterioro de un equipo mediante comparación contra pruebas anteriores o contra pruebas a equipos semejantes
2. Establecer necesidades de mantenimiento en base a los trabajos realizados en mantenimientos anteriores
3. Establecer un programa de reemplazo de equipo para mantenimiento correctivo

#### 4.7. MOTORES HORIZONTALES: INTERIORES Y EXTERIORES<sup>16</sup>

##### 4.7.1. DESCRIPCIÓN

Motor acoplado horizontalmente a su carga. La carcasa del motor aloja y protege los componentes eléctricos y mecánicos. Las conexiones eléctricas se hacen en la caja de conexiones. Dependiendo de las condiciones ambientales y el riesgo que representa la contaminación, se fabrican carcasas para diferentes usos desde el tipo interior hasta el tipo intemperie o exterior ver Ilustración 4.9.

##### 4.7.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

###### 4.7.2.1. Inspección visual

Inspeccionar el motor diariamente durante la operación normal del equipo. Tomar en cuenta las siguientes precauciones necesarias:

1. Mantener las distancias mínimas de seguridad con partes energizadas o en

movimiento

2. Utilizar ropa y equipo de seguridad
3. No efectuar ningún tipo de reparación

En la inspección diaria revisar:

- a) El ajuste de la tornillería de anclaje del equipo
  - b) Que el equipo no presente vibración o ruido anormal
  - c) Que las aperturas para ventilación estén limpias y libres de cualquier obstrucción
  - d) Que esté instalada la cubierta superior del motor
  - e) Que el recubrimiento y los acabados estén en buenas condiciones
  - f) Que la carcasa del motor no tenga abolladuras, grietas u otras señas de daño
  - g) El sello de la caja de conexiones
  - h) Que el motor y su carga estén aterrizados
  - i) El estado de la canalización de los cables de fuerza
  - j) Que el nivel del lubricante sea el adecuado
  - k) Que no haya fugas o manchas de lubricante
4. El horario de trabajo del motor y registrarlo

Precaución: Evitar el contacto con el equipo en operación, ya que la temperatura de la superficie puede ser superior a la que soporta la piel. Los valores de protección están indicados en la Tabla 4.7 indica los valores límite para la operación del equipo.

16 Fuente: IEEE 43, NOM- 001-SEDE, NMX-J-075/1.

Ilustración 4.9 Motores horizontales



#### 4.7.2.2.Libranza

Para el tema de información punto de libranza de motores verticales

#### 4.7.2.3.Mantenimiento preventivo

Con el equipo desconectado y desenergizado se proceden a eliminar las principales causas de daño, esto mediante la implementación de un mantenimiento periódico, ver tema de mantenimiento preventivo de motores verticales. La Tabla 4.9 muestra un programa de engrase para condiciones de operación normales de motores horizontales, El tipo de grasa deberá ser de acuerdo a las recomendaciones del mismo fabricante del equipo instalado.

Para los diferentes temas como, pruebas, restablecimiento de equipos se recomienda tomar el texto indicado en motores verticales.

Por cada año de servicio, por bajo valor de aislamiento, por aislamiento sucio, contaminación, o vibración, realizar indicado en la Tabla 4.10

#### 4.7.2.4. Reporte de trabajos realizados

Para reportes de trabajos realizados ver tema de motores verticales. La Tabla 4.13 presenta una lista de sugerencias para el mantenimiento correctivo de motores horizontales.

### 4.8. MOTORES SUMERGIBLES<sup>17</sup>

#### 4.8.1. DESCRIPCIÓN

El motor sumergible tiene las terminales de conexión internas, el cable de alimentación y la tapa se pueden retirar sin tener que desensamblar el motor, ver Ilustración 4.10.

El motor sumergible es un medio confiable, eficiente y sin problemas para accionar una bomba. Los requisitos para una vida prolongada del motor son sencillos y son los siguientes:

1. Un ambiente de operación apropiado
2. Un suministro de electricidad adecuado
3. Un flujo adecuado de agua refrigerante sobre el motor
4. Una carga apropiada de la bomba

#### 4.8.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

##### 4.8.2.1.Inspección

1. Utilizar ropa y equipo de seguridad
2. No efectuar ningún tipo de reparación

La inspección diaria consiste en:

1. Revisar el ajuste de la tornillería de anclaje del equipo

<sup>17</sup> Fuente: IEEE 43 y NOM- 001-SEDE

2. Revisar que el equipo no presente vibración o ruido anormal
3. Registrar el horario de trabajo del motor
4. Medir la corriente de carga en cada fase
5. Medir las tensiones de suministro
6. Registrar el gasto
7. Registrar la presión manométrica

Los valores de tensión y corriente deben ser balanceados y la operación sin ruido o vibración anormal. La Tabla 4.11 indica cada cuando se debe hacer esta inspección. La Tabla 4.7 indica los valores límites para la operación del equipo.

Para el tema de libranza se recomienda tomar el texto indicado en motores verticales

#### 4.8.2.2. Mantenimiento preventivo

Con el equipo desconectado y desenergizado eliminar las principales causas de daño: ruido, vibración anormal, tensión desbalanceada o corriente desbalanceada. Realizar el mantenimiento periódico indicado en la Tabla 4.12:

1. Limpiar la superficie exterior del motor
2. Cumplir con el programa de mantenimiento periódico
3. Revisar y ajustar la conexión a tierra en la caja de conexiones
4. Revisar las terminales del cable de fuerza, el estado del aislamiento y la firmeza de las conexiones
5. Revisar y en caso necesario reponer el sello en las tapas y en los cables
6. Revisar y en caso necesario reponer el aceite del cárter y del motor
7. Revisar la operación del termostato

#### 4.8.2.3. Restablecimiento del servicio

Para restablecimiento del servicio ver tema de motores verticales.

Antes de aplicar tensión al motor, verificar los siguientes puntos:

1. Revisión general de conexiones, apriete o ajuste de terminales

Ilustración 4.10 Motor sumergible



2. Verificar que la tensión, secuencia de fase y frecuencia de la línea corresponden a los de placa
3. Verificar que el conductor de tierra de la carcasa del motor esté aterrizado

#### 4.8.2.4. Reporte de trabajos realizados

Para reportes de trabajos realizados ver tema de motores verticales.

### 4.9. MOTORES PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ACOPLADOS A REDUCTORES DE ENGRANES O CADENA DE TRANSMISIÓN<sup>18</sup>

#### 4.9.1. DESCRIPCIÓN

El motor y la carga se acoplan mediante un reductor de engranes. El acoplamiento puede ser directo o mediante cadenas de transmisión, ver Ilustración 4.11.

La carcasa del motor aloja y protege los componentes eléctricos y mecánicos. La carcasa del reductor de engranes aloja dispositivos mecánicos y medios de lubricación.

#### 4.9.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

##### 4.9.2.1. Inspección visual

Inspeccionar diariamente durante la operación normal del equipo. Tomar en cuenta las siguientes precauciones necesarias:

1. Mantener las distancias mínimas de seguridad con partes energizadas o en movimiento
2. Utilizar ropa y equipo de seguridad
3. No efectuar ningún tipo de reparación
4. El ajuste de la tornillería de anclaje del equipo
5. Que el equipo no presente vibración o ruido anormal
6. Que las aperturas para ventilación estén limpias y libres de cualquier obstrucción
7. Que esté instalada la cubierta superior del motor
8. Que el recubrimiento y los acabados estén en buenas condiciones
9. Que la carcasa del motor no tenga abolladuras, grietas u otras señas de daño
10. El sello de la caja de conexiones
11. Que el motor y su carga estén aterrizados
12. El estado de la canalización de los cables de fuerza
13. Que el nivel del lubricante sea el adecuado en el motor y en el reductor de engranes
14. Que no haya fugas o manchas de lubricante
15. Que existan cubiertas protectoras para las cadenas de transmisión
16. El horario de trabajo del motor, del reductor de engranes, y registrarlos

En la Tabla 4.14 se muestran sugerencias para mantenimiento correctivo en motores.

Los valores de tensión y corriente deben ser balanceados y la operación sin ruido o vibración anormal.

<sup>18</sup> Fuente: IEEE 43, NOM- 001-SEDE y NMX-J-075/1.

Ilustración 4.11 Caja reductora



#### 4.9.2.2. Libranza

Para revisar el reductor de engranes, el motor o reponer lubricantes:

1. Desconectar el motor abriendo el interruptor y cuchillas
2. Asegurar con candado el mando del interruptor
3. Colocar tarjetas de libranza en los controles del equipo de interrupción
4. Descargar el motor y el capacitor antes de hacer cualquier trabajo de mantenimiento
5. Poner señalamiento para delimitar el área de trabajo

#### 4.9.2.3. Mantenimiento preventivo

Con el equipo desconectado y desenergizado eliminar las principales causas de daño, ver la Tabla 4.15, Tabla 4.16 y Tabla 4.17 que se observaron en la inspección mensual. Realizar el mantenimiento periódico.

Ver mantenimiento preventivo de motores verticales tome en cuenta que también se debe de poner atención en al revisar que el juego de la cadena de acoplamiento sea el adecuado de estos motores.

#### 4.9.2.4. Pruebas de mantenimiento

Ver tema de pruebas de pruebas de motores verticales.

Evitar la operación del motor, en forma manual o automática, cuando las condiciones no sean las adecuadas. La temperatura del reductor de engranes no debe incrementarse más de 38°C arriba de la temperatura ambiente.

#### 4.9.2.5. Restablecimiento del servicio

Para restablecimiento del servicio ver tema de motores verticales

#### 4.9.2.6. Reporte de trabajos realizados

Elaborar el reporte de los trabajos de inspección, reparaciones y pruebas efectuadas a los equipos en el formato de la Tabla 4.8. Organizar la información y utilizarla en las siguientes actividades:

Determinar el deterioro de un equipo mediante comparación contra pruebas anteriores o contra pruebas a equipos semejantes

6. Para la selección del material del reductor de engranes, cuando es necesario su

reposición:

- a) Solicitar del mismo tipo de material si el tiempo de vida útil es satisfactorio
- b) Solicitar piezas si es conveniente para el inventario
- c) Establecer necesidades de mantenimiento en base a los trabajos realizados en mantenimientos anteriores
- d) Establecer un programa de reemplazo de equipo para mantenimiento correctivo

Las siguientes tablas son recomendaciones generales, sin embargo deberá consultarse la información técnica de fabricante referente a las especificaciones del mismo.

**PRECAUCION:**

Evitar el contacto con el equipo en operación, ya que la temperatura de la superficie del motor puede ser superior a la que soporta la piel.

Tabla 4.5 Programa de engrase para motores

Número de rodamiento		Cantidad de grasa a reponer cm <sup>3</sup> (Oz Fl)	Intervalo de lubricación		
62XX, 72XX	63XX, 7300		1801 a 3600 min <sup>-1</sup>	1201 a 1800 min <sup>-1</sup>	1200 y menos min <sup>-1</sup>
03 a 07	03 a 06	6.25 (0.2)	1 Año	2 Años	2 Años
08 a 12	07 a 09	12.50 (0.4)	6 Meses	1 Año	1 Año
13 a 15	10 a 11	18.75 (0.6)	6 Meses	1 Año	1 Año
16 a 20	12 a 15	31.25 (1.0)	3 Meses	6 Meses	6 Meses
21 a 28	16 a 20	56.25 (1.8)	3 Meses	6 Meses	6 Meses

Tabla 4.6 Sugerencias para eliminar daños en motores

Síntoma	Causa probable	Análisis
El motor no arranca	Fuente de alimentación defectuosa	Verificar la tensión en todas las fases, antes del interruptor de seguridad
	Fusibles primarios defectuosos o quemados	
	Fusibles secundarios defectuosos o quemados	Verificar la tensión después de los fusibles en todas las fases, con el interruptor de seguridad cerrado
	Circuito de control abierto	Oprimir el botón de restablecimiento
	Protectores de sobrecarga abiertos	
	Bobina de retención del contactor magnético defectuosa	Oprimir el botón de arranque y permitir que transcurra el tiempo suficiente para que opere el retardo, si éste se usa, entonces verifique la tensión en la bobina de retención magnética. Si la tensión medida es correcta, la bobina de retención está defectuosa. Si no hay lectura, el circuito de control está abierto
	Conexiones sueltas o mal apretadas en el circuito de control	Inspeccionar visualmente todas las conexiones del circuito de control
	No cierra el contactor magnético	Abrir el interruptor de seguridad, cerrar manualmente el contactor magnético y examinar los contactos y resortes
	El contactor magnético no hace buen contacto	
	Circuito abierto en el tablero de control	Verificar la tensión en T1, T2 y T3
	Circuito abierto en las líneas del motor	Verificar la tensión en las terminales del motor
	Terminales mal conectadas	Verificar la numeración y conexión de terminales
El motor no alcanza su velocidad	Tensión baja o incorrecta	Verificar tensión en T1, T2 y T3 el panel de control y en las terminales del motor
	Conexiones incorrectas en el motor	Verificar la conexión correcta del motor y comparar con el diagrama de conexiones
	Sobrecarga - mecánica	Verificar el ajuste de los impulsores. Verificar que el eje no este bloqueado o apretado
	Sobrecarga - hidráulica	Verificar el ajuste de los impulsores. Comparar el gasto contra capacidad y carga de la bomba
El motor vibra	Desalineamiento del eje de la bomba	Remover el cople y verificar la alineación entre el motor y la bomba
	Chumaceras del eje de la bomba desgastadas o eje de la bomba pando	Desacoplar la bomba del motor y operar el motor para tratar de determinar la fuente de la vibración
	Disturbio hidráulico en el tubo de descarga	Verificar la junta aislante en el tubo de descarga cerca del cabezal de la bomba
	Vibración ambiental	Verificar el nivel de la vibración de la base con el motor parado
	Frecuencia natural del sistema (resonancia)	Revisar la rigidez de la estructura de soporte
El motor está ruidoso	Rodamiento(s) de empuje desgastado(s)	Retire la cubierta contra polvo, gire manualmente el rotor y examine visualmente las bolas y las pistas del rodamiento. El ruido de los rodamientos generalmente se acompaña de vibración de alta frecuencia y/o aumento de temperatura
	Ruido eléctrico	La mayoría de los motores eléctricos presentan ruido eléctrico durante el arranque. Este ruido disminuirá conforme el motor alcance su velocidad plena

Tabla 4.7 Valores límites para la protección del motor

Conductores del circuito de control		Columna A Regla Básica		Protección brindada por el dispositivo de protección de circuitos derivados del motor			
				Columna B Conductores dentro del envolvente		Columna C Conductores que se extienden más allá del envolvente	
mm <sup>2</sup>	AWG	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre	Cobre	Aluminio o aluminio recubierto de cobre
0.824	18	7	-	25	-	7	-
-1.31	16	10	-	40	-	10	-
2.08	14	Nota 1	-	100	-	45	-
3.31	12	Nota 1	Nota 1	120	-	60	-
5.26	10	Nota 1	Nota 1	160	-	90	-
Mayor que	Mayor						
5.26	Que 10	Nota1	Nota1	Nota 2	Nota 2	Nota 3	Nota 3

NOTA 1. Valor especificado en 310-15, según sea aplicable

NOTA 2. 400 por ciento del valor especificado en la Tabla 310-15(b)(17) para conductores a 60 °C

NOTA 3. 300 por ciento del valor especificado en la Tabla 310-15(b)(16) para conductores a 60 °C

Fuente: NOM -001-SEDE

Tabla 4.8 Control de mantenimiento de motores

Identificador del motor:	Tipo:
Datos de placa:	Ubicación de la estación de bombeo:
Anomalías:	
Fecha de inspección (hora/día/mes/año):	Fecha inicio mantenimiento (hora/día/mes/año):
Descripción del tipo de falla:	
Descripción del tipo de mantenimiento:	
Refacciones requeridas:	
Fecha de terminación del mantenimiento (hora/día/mes/año):	Fecha de entrada en servicio (hora/día/mes/año):
Comentarios:	

Tabla 4.9 Plan de mantenimiento para motores horizontales

Rodamiento	Cantidad de grasa (g)	Rotación Límite de la Grasa [r/min] Motores horizontales				
		Stamina RL2	LGHP 2	Unirex N3	Alvania RL3	Lubrax Industrial GMA-2
6 220	30	3 000	3 000	1 800	1 800	1800
6 232	70	1 800	1 800	1 500	1 200	1 200
6 236	85	1 500	1 500	1 200	1 200	1 200
6 240	105	1 200	1 200	1 200	1 000	1 000
6 248	160	1 200	1 200	1 500	900	900
6 252	190	1 000	1 000	900	900	900
6 315	30	3 000	3 000	3 000	1 800	1 800
6 316	35	3 000	3 000	1 800	1 800	1 800
6 317	40	3 000	3 000	1 800	1 800	1 800
6 319	45	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
6 320	50	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
63 22	60	1 800	1 800	1 800	1 500	1 500
6 324	75	1 800	1 800	1 800	1 500	1 500
6 326	85	1 800	1 800	1 500	1 500	1 500
6 328	95	1 800	1 800	1 500	1 200	1 200
6 330	105	1 500	1 500	1 500	1 200	1 200
NU 232	70	1 500	1 500	1 200	1 200	1 200
NU 236	85	1 500	1 500	1 200	1 000	1 000
NU 238	95	1 200	1 200	1 200	1 000	1 000
NU 240	105	1 200	1 200	1 000	900	900
NU 248	160	1 000	1 000	900	750	750
NU 252	195	1 000	1 000	750	750	750
NU 322	60	1 800	1 800	1 800	1 500	1 500
NU 324	75	1 800	1 800	1 500	1 200	1 200
NU 326	85	1 800	1 800	1 500	1 200	1 200
NU 328	95	1 500	1 500	1 200	1 200	1 200
NU 330	105	1 500	1 500	1 200	1 000	1 000
NU 336	145	1 200	1 200	1 000	900	900

Tabla 4.10 Programa de mantenimiento.

Equipo	Semanal	Mensual	3 meses	6 meses	Anual	3 Años
<b>Acoplamiento</b>						
Inspección del alineado					x	
Inspección de la fijación					x	
<b>Motor completo</b>						
Inspección de ruido y vibración	x					
Drenar el agua condensada			x			
Reajustar los tornillos					x	
Limpiar las cajas de conexión					x	
Reajustar las conexiones eléctricas y de puesta a tierra					x	

Tabla 4.11 Tabla de inspección periódica

Actividad	Efectuar cada: (Horas)	Límite
Corriente de operación en cada fase	8	15% de desbalance
Tensión de operación en cada fase	8	+/- 10% del nominal
Gasto	220	+/- 10% del especificado
Presión manométrica	220	+/- 10% de la especificada
Ruido	8	Sin golpeteo

Tabla 4.12 Programa de mantenimiento para motor sumergible (desinstalado y desconectado)

Actividad	Efectuar cada: (horas)	Valores aceptables
Resistencia entre fases	2 000	+/- 5 % desbalanceado
Aislamiento fases-tierra	2 000	2 Megaohms a 500 V
Aislamiento sensor (de humedad o temperatura)	2 000	2 Megaohms a 500 V
Revisión de aceite en el cárter	2 000	Cristalino y sin carbón
Revisión de aceite en el motor	2 000	Color ámbar claro y cristalino
Revisión de sello inferior	2 000	Sin rayas ni despostilladuras
Revisión de sello superior	2 000	Sin rayas ni despostilladuras
Revisión de impulsor	2 000	Consulte a la fábrica
Revisión de carcasa	2 000	Consulte a la fábrica
Revisión de anillo de desgaste	2 000	Consulte a la fábrica
Revisión de tapa de cárter	2 000	Consulte a la fábrica
Revisión de cables	2 000	Sin cortes ni estiramientos
Revisión de fundición	2 000	Sin fracturas, soldaduras o poros
Revisión de tornillería	2 000	Sin fracturas, soldaduras o poros
Continuidad de termostatos	2 000	0 ohms
Aislamiento termostatos-tierra	2 000	2 Megaohms a 500 V
Cambio de aceite	5 000	
Cambio de sellos	8 000	
Cambio de baleros	30 000	
Cambio de anillo de desgaste	8 000	

Tabla 4.13 Sugerencia de corrección de daños

Anormalidad	Posibles causas	Corrección
El motor no arranca ni acoplado ni desacoplado	Como mínimo dos cables de alimentación están interrumpidos, sin tensión	Verificar el panel de comando, los cables de alimentación, los terminales, el asiento de las escobillas
	El rotor está bloqueado	Destruir el rotor
	Problemas en las escobillas	Las escobillas pueden estar desgastadas, sucias o colocadas incorrectamente
El motor arranca vacío, pero falla cuando se aplica carga. Arranca muy lentamente y no logra la rotación nominal	Cojinete dañado	Reemplazar el cojinete
	Par de carga muy elevado durante el arranque	No aplicar carga en la máquina accionada durante el arranque
	Tensión de alimentación muy baja	Medir la tensión de alimentación, ajustar el valor correcto
	Caída de tensión muy alta en los cables de alimentación	Verificar dimensionamiento de la instalación (transformador, sección de los cables, verificar relés, disyuntores, etcétera)
	Rotor con barras falladas o interrumpidas	Verificar y reparar la bobina del rotor, testear el dispositivo de cortocircuito (anillos)
La corriente del estator oscila en carga con el doble de frecuencia de deslizamiento o el motor presenta un zumbido en el arranque	Un cable alimentación se interrumpió después del arranque	Verificar los cables de alimentación
	La bobina del rotor está interrumpida	Verificar y reparar la bobina del rotor y el dispositivo de cortocircuito
Corriente a vacío está muy alta	Problemas en las escobillas	Las escobillas pueden estar desgastadas, sucias o colocadas incorrectamente
	Tensión de alimentación muy alta	Medir la tensión de alimentación y ajustarla al valor correcto
Calentamientos localizados en la bobina del estator	Cortocircuito entre espiras	Rebobinar
	Interrupción de los hilos paralelos o fases de la bobina del estator	
Calentamientos localizados en el rotor	Conexión deficiente	Rehacer la conexión
	Interrupciones en la bobina del rotor	Reparar la bobina del rotor o reemplazarlo
Ruido anormal durante la operación con carga	Causas mecánicas	El ruido normalmente disminuye con la caída de la rotación; vea también: "operación ruidosa cuando está desacoplado"
	Causas eléctricas	El ruido desaparece cuando se desconecta el motor. Consultar a fabricante
Cuando está acoplado aparece un ruido, desacoplado el ruido desaparece	Defecto en los componentes de transmisión o en la máquina accionada	Verificar la transmisión de fuerza, el acoplamiento o el alineado
	Defecto en la transmisión por engranaje	Alinear el accionamiento
	Base desalineada/desnivelada	Realignar/nivelar el motor y la máquina accionada
	Balaceado deficiente de los componentes o de la máquina accionada	Hacer nuevo balanceado
	Acoplamiento defectuoso	Reparar o reemplazar el acoplamiento
	Sentido de rotación del motor erróneo	Invertir la conexión de 2 fases entre sí

Tabla 4.14 Sugerencias para eliminar daños en motores

<b>El Motor No Arranca</b>		
<b>Posible Causa</b>	<b>Procedimientos de Revisión</b>	<b>Acción correctiva</b>
No hay energía o la tensión es incorrecta	Revisar la tensión en las terminales de la línea La tensión debe estar a $\pm 10\%$ de tensión nominal	Contactar a la compañía de energía si la tensión es incorrecta
Fusibles quemados o interruptor automático desconectado	Revisar que los fusibles sean del tamaño indicado y revisar que las conexiones del recipiente de fusibles no estén flojas, sucias u oxidadas. Revisar que los circuitos automáticos, no estén desconectados	Reemplazar con fusibles adecuados o restablecer los interruptores automáticos
Interruptor de presión defectuoso	Revisar la tensión en los puntos de contacto El contacto inadecuado de los puntos del interruptor puede provocar menor tensión que la tensión de la línea	Reemplazar el interruptor de presión o limpiar los puntos
Alambrado defectuoso	Revisar que las conexiones no estén flojas u oxidadas o que el alambrado no esté defectuoso	Corregir las fallas de conexiones o alambrado
Bomba trabada	Revisar que la bomba y el motor estén alineados o que la bomba esté trabada con arena. Las lecturas del amp. deben ser de 3 a 6 veces mayores que lo normal hasta que se interrumpa la sobrecarga	Sacar la bomba y corregir el problema. Operar la nueva instalación hasta que se disperse el agua
<b>El Motor Arranca con Frecuencia</b>		
<b>Posible Causa</b>	<b>Procedimientos de Revisión</b>	<b>Acción correctiva</b>
Interruptor de presión	Revisar el ajuste del interruptor de presión y examinar si existen defectos	Restablecer el límite o reemplazar el interruptor
Válvula de retención atascada	Una válvula de retención dañada o defectuosa no mantendrá la presión	Reemplazar si está defectuosa
Tanque inundado	Revisar la carga de aire	Reparar o reemplazar
Fuga en el sistema	Revisar que el sistema no tenga fugas	Reemplazar las tuberías dañadas o reparar las fugas
<b>El Motor Arranca Continuamente</b>		
<b>Posible Causa</b>	<b>Procedimientos de Revisión</b>	<b>Acción correctiva</b>
Interruptor de presión	Revisar que los contactos del interruptor no estén soldados. Revisar la instalación del interruptor	Limpiar los contactos, reemplazar el interruptor o ajustar la instalación
Bajo nivel de agua en el pozo	La bomba excede la capacidad del pozo. Apagar la bomba y esperar a que el pozo se recupere. Revisar el nivel estático y el dinámico desde el cabezal del pozo	Estrangular la salida de la bomba o restablecer la bomba a un nivel bajo. No bajar el equipo si la arena atasca la bomba
Fuga en el sistema	Revise que el sistema no tenga fugas	Reemplazar tuberías dañadas o reparar las fugas
Bomba deteriorada	Los síntomas de una bomba deteriorada son similares a los de una fuga en la tubería sumergible o al bajo nivel de agua en el pozo. Reducir el ajuste del interruptor de presión, si se apaga la bomba, las piezas gastadas pueden ser la falla	Sacar la bomba y reemplazar las partes gastadas
Cople flojo o eje del motor roto	Revisar si el cople está flojo o el eje dañado	Reemplazar las partes gastadas o dañadas
Colador de la bomba tapado	Revisar si el colador de admisión está atascado	Limpiar el colador y restablecer la profundidad de la bomba
Válvula de retención atascada	Revisar el funcionamiento de la válvula de retención	Reemplazar si está defectuosa
Falla en la caja de control	Revisar procedimiento para control monofásico	Reparar o reemplazar

Tabla 4.13 Programa de mantenimiento para motor sumergible (desinstalado y desconectado) (continuación)

El Motor Arranca Pero el Protector de Sobrecarga se Dispara		
Posible Causa	Procedimientos de Revisión	Acción correctiva
Tensión incorrecto	Usando un volmetro, revisar las terminales de línea	Contactar a la compañía de energía si la tensión es incorrecta
	La tensión debe ser de $\pm 10\%$ de tensión indicado	
Protectores sobrecalentados	La luz directa de sol o de otra fuente de calor puede aumentar la temperatura de la caja de control provocando la desconexión de los protectores. La caja no debe estar caliente al tacto	Poner la caja en sombra, proporcionar ventilación o alejar la caja de la fuente de calor
Bomba o motor deteriorados	Revisar la corriente de operación	Reemplazar bomba y/o motor

Tabla 4.15 Causas de falla en reductores de engranes

Síntoma	Causas
Calentamiento	Unidad sobrecargada. Nivel de aceite muy alto o muy bajo. Acoplamiento mal alineados. Ajuste incorrecto de los cojinetes. Sellos o estopero en mal estado. Aceite muy sucio. Filtro sucio. Bomba del aceite no funciona
Falla del eje	Alineación. Acoplamiento muy rígido. Unidad sobrecargada. Golpeo repetitivo de la carga, mayor que el esperado
Falla de cojinete	Formación de óxido por humedad o entrada de agua. Lubricante inadecuado. Carga anormal con deflexión excesiva causa: descascamiento, grietas y facturas. Carga anormal por cojinete pegado o demasiado libre. Depende del tipo de cojinete y la posible falta de lubricación
Fuga de aceite	Sellos de aceite, estopero, ajuste del indicador de nivel y otros dispositivos
Desgaste	Contra-golpe insuficiente. Pérdida de alineamiento debida a un cojinete dañado. Lubricación incorrecta. Lubricación insuficiente. Lubricante contaminado (polvo abrasivo, partículas de metal, etc.). Temperatura excesiva. Velocidad excesiva. Carga excesiva
Ruido o vibración	a) Mala alineación, b) Cojinetes sueltos o gastados, c) Lubricación insuficiente, d) Lubricación excesiva

Tabla 4.16 Programa de engrase para motores

Método de accionamiento	Horas de operación	Intervalos de engrase		
		8 diarias	16 diarias	24 diarias
Acoplamiento directo (1 800 r/min o menos)	2 000	8 meses	4 meses	10 semanas
Acoplamiento directo (1 800 r/min a 3 600 r/min)	1 000	4 meses	2 meses	5 semanas

Tabla 4.17 Sugerencias para eliminar daños en motores

Problema	Causa	Solución	Solución
El motor no arranca	Problemas de alimentación	Controlar alimentación	Cambiar el motor eléctrico. Controlar la aplicación
	Motor defectuoso		
	Tamaño erróneo del motor		
La absorción del motor eléctrico es superior a la de los valores nominales	Tamaño erróneo del motor	Controlar la aplicación	Cambiar el motor eléctrico y también el reductor/variador si es necesario
La temperatura medida en la caja del motor es alta	Motor defectuoso	Controlar la aplicación	Cambiar el motor eléctrico y también el reductor/variador si es necesario
	Tamaño erróneo del motor		
La temperatura medida en la caja del reductor/variador es alta	Tamaño erróneo del reductor/variador. Posición de montaje	Controlar la aplicación	Restablecer las correctas condiciones operativas: posición de montaje y/o nivel del lubricante
Las revoluciones del árbol de salida del reductor/variador no corresponden a las previstas	La relación del reductor/variador no corresponde a la prevista	Controlar la relación del reductor/variador	Cambiar el reductor/variador y/o el motor eléctrico
	La polaridad del motor no corresponde a la prevista	Controlar la polaridad del motor	
Pérdidas de aceite por el retén	Retén defectuoso	Cambiar el retén	Cambiar el componente
	Retén dañado durante el transporte Asiento del árbol dañado	Si el asiento del árbol resulta dañado, repararlo si es posible	
Pérdidas de aceite por las superficies planas	Junta plana o tórica dañada	Cambiar la junta plana o tórica	Contactar con el proveedor
El árbol de salida del reductor/variador gira en sentido contrario	Error de conexión del motor eléctrico	Invertir dos fases de la alimentación del motor eléctrico	
Ruido cíclico del mecanismo cinemático	Abolladuras en los engranajes	Ningún problema práctico si el ruido no es determinante en la aplicación en cuestión	Contactar con el proveedor si el ruido es importante en la aplicación en cuestión
Ruido no cíclico del mecanismo cinemático	Suciedad dentro del reductor/variador	Ningún problema práctico si el ruido no es determinante en la aplicación en cuestión	Contactar con el proveedor si el ruido es importante en la aplicación en cuestión
Ruido (silbido) procedente del mecanismo cinemático	Rodamientos descalibrados	Controlar la cantidad de lubricante	Contactar con el proveedor
	Errores de engranaje entre las piezas		
	Escasa cantidad de lubricante		
Vibraciones en el motor eléctrico	Errores geométricos de acoplamiento entre el motor y el reductor/variador	Controlar las tolerancias geométricas de la brida del motor eléctrico Controlar la tolerancia y geometría de la chaveta del árbol motor	Cambiar el motor eléctrico

## 4.10. MANTENIMIENTO DE CANALIZACIONES

### 4.10.1. TRINCHERAS

#### 4.10.1.1. Procedimiento de mantenimiento

1. Inspección y mantenimiento de, ver Ilustración 4.12
2. Seguridad del personal
3. Reporte de trabajo

#### *Cuidado de las trincheras*

Trimestralmente

1. Revisar el aislamiento de los conductores para determinar si existen daños físicos
2. Limpiar las trincheras para dejarlas libres de polvo y basura
3. Revisar que exista identificación para cada conductor en la trinchera y reportar si falta alguna
4. Aplicar cebos envenenados, cuando se requiera

5. Sellar las filtraciones o condiciones de humedad
6. Revisar si hay tapas dañadas o faltantes, y de ser el caso, reponerlas
7. Encintar para reparar provisionalmente un daño local de aislamiento

#### Precauciones

1. Utilizar ropa y equipo de seguridad (botas dieléctricas, guantes, etcétera)
2. Evitar al máximo humedecer la ropa de trabajo mientras se revisa o hace limpieza
3. Manejar con los cuidados necesarios los cebos de veneno y los restos de animales envenenados

### 4.10.2. REGISTROS

#### 4.10.2.1. Descripción

Local de mampostería, concreto vaciado o placas prefabricadas de concreto que está enterrado en el suelo y preparado para contener conductores, su tapa es sólida. Sirve como punto intermedio para inspección y mantenimiento de conductores y empalmes, cuando se utilizan bancos de ductos, ver Ilustración 4.13.

Ilustración 4.12 Trincheras



Ilustración 4.13 Registro de instalación eléctrica



#### 4.10.2.2. Procedimiento de mantenimiento

##### **Aspectos de interés**

1. Inspección y mantenimiento
2. Seguridad del personal
3. Reporte de trabajo

##### **Cuidado de los registros**

Trimestralmente

1. Revisar con las precauciones necesarias el aislamiento de los conductores y de los

- empalmes, para determinar daños físicos
2. Limpiar los registros para dejarlos libres de polvo y basura
3. Revisar que exista identificación para cada conductor en el registro y reportar si falta alguna
4. Aplicar cebos envenenados, cuando se requiera
5. Sellar si hay filtraciones o condiciones de humedad excesivas
6. Revisar si hay tapas dañadas o faltantes y, de ser necesario, cambiarlas
7. Encintar para reparar provisionalmente un daño local de aislamiento

8. Asegurar el sello de la tapa para evitar la entrada de agua

Precauciones:

1. Utilizar ropa y equipo de seguridad (guantes, botas dieléctricas, etcétera)
2. Evitar al máximo humedecer la ropa de trabajo mientras se revisa o hace limpieza
3. Manejar con los cuidados necesarios los cebos de veneno y los restos de animales envenenados

### 4.10.3. CHAROLAS

#### 4.10.3.1. Descripción

Conjunto de secciones acopladas mecánicamente para formar una estructura rígida continua que está soportada del techo, pared, estructura o piso y que a su vez soporta conductores de energía eléctrica, ver Ilustración 4.14.

#### 4.10.3.2. Procedimiento de mantenimiento

##### **Aspectos de interés**

1. Inspección y mantenimiento
2. Seguridad del personal
3. Reporte de trabajo

##### **Cuidado de las charolas**

Trimestralmente

1. Revisar con las precauciones necesarias el aislamiento de los conductores y de los

- empalmes para determinar daños físicos
2. Revisar que exista identificación para cada conductor en la charola y reportar si falta alguna
3. Mantener las charolas libres de polvo y basura
4. Limpiar el local de charolas para eliminar polvo y basura
5. Aplicar cebos envenenados, cuando se requiera
6. Revisar si hay filtraciones o condiciones de humedad excesivas, buscar la manera de eliminar la causa
7. Revisar si hay tramos o accesorios dañados o faltantes y, de ser el caso, reponerlos
8. Dar ajuste a la tornillería de la charola
9. Revisar la colocación y el estado de las barreras protectoras
10. Revisar con detectores de temperatura a distancia que las uniones de conductores estén firmemente conectadas
11. Encintar para reparar provisionalmente un daño local de aislamiento
12. Mantener las charolas libres de polvo y basura
13. Cambiar o reponer tramos o accesorios de la charola dañados o faltantes
14. Ajustar con las precauciones necesarias tornillería de las conexiones eléctricas
15. Cambiar (con libranza: sin energía y con la instalación aterrizada) conductores, barreras, aisladores dañados

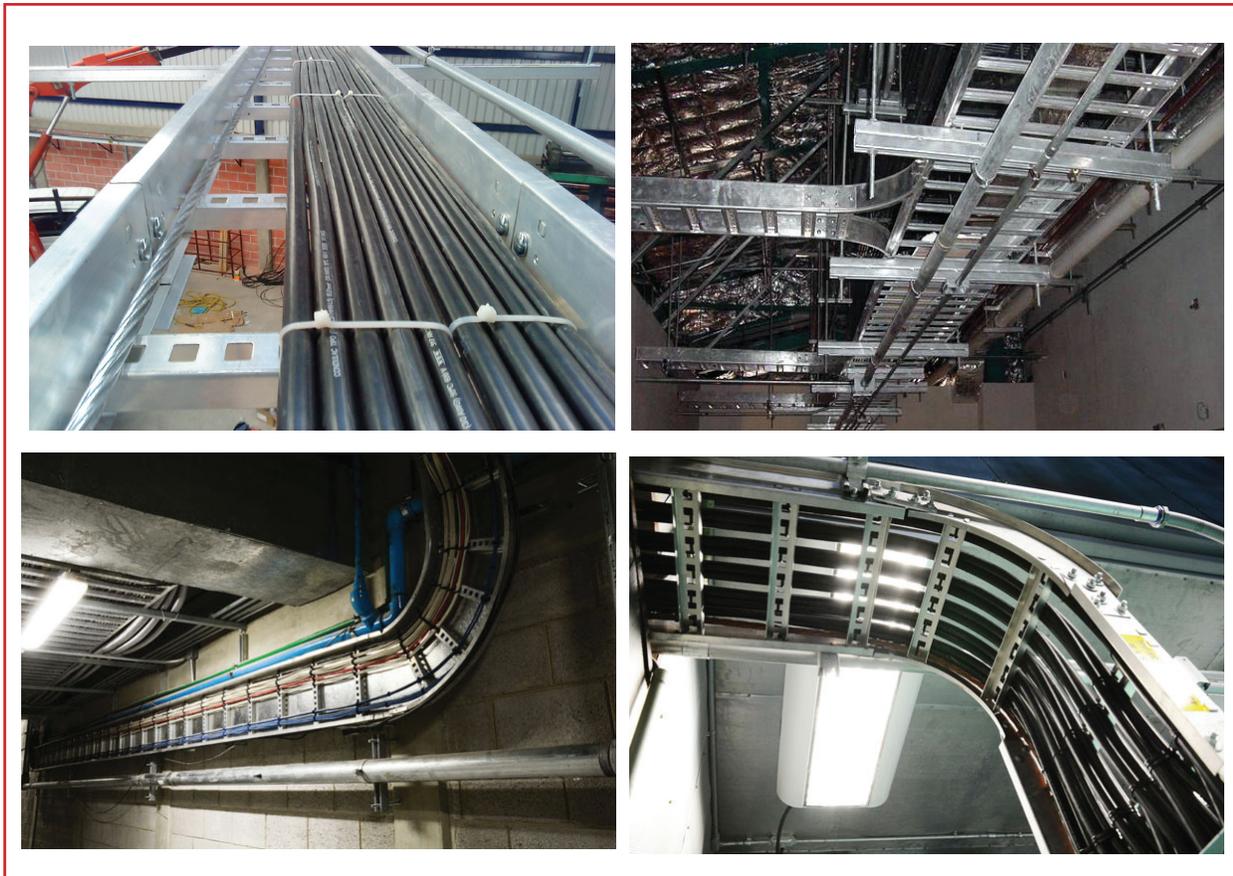
Precauciones:

1. Utilizar ropa y equipo de seguridad (guantes, botas dieléctricas, etcétera)
2. Evitar al máximo humedecer la ropa de trabajo mientras se revisa o hace limpieza

3. Manejar con los cuidados necesarios los cebos de veneno y los restos de animales envenenados
4. Utilizar siempre bandola y cinturón de seguridad

5. Marcar el área de trabajo para evitar accidentes
6. Asegurar siempre la escalera que se utiliza durante la inspección o el mantenimiento

Ilustración 4.14 Charola de instalación eléctrica



## 4.11. MANTENIMIENTO DE SISTEMAS DE TIERRA<sup>19</sup>

Una red de tierras tiene por objeto reducir la resistencia de tierra. Está formada por un conjunto de conductores enterrados a una profundidad de 50 o 60 centímetros, espaciados en forma uniforme y conectada a varillas (electrodos).

### 4.11.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Realizar el mantenimiento preventivo de acuerdo a lo siguiente, ver Ilustración 4.15:

#### *Durante el primer año*

1. Medir mensualmente la resistencia a tierra para determinar sus variaciones y estabilidad durante un ciclo climatológico completo
2. Si se emplean sustancias químicas, medir mensualmente la resistencia a tierra para

- determinar si es necesario reemplazarla
3. Si existen modificaciones al sistema de tierras, verificar que la integridad del sistema no ha sido alterada

#### *Una vez al año*

Revisar la interconexión entre cables de aterrizamiento, con la finalidad de detectar y corregir resistencias altas de contacto por corrosión

4. Realizar mediciones de resistencia de conexión a tierra del sistema de tierras
5. Realizar mediciones de continuidad entre los elementos principales del sistema de tierras, tales como, ver Ilustración 4.16:
  - a) Entre electrodos principales (varillas de tierras)
  - b) Entre equipo eléctrico y el cable de conexión al sistema de tierras
  - c) Entre las barras de tierra de los tableros y las varillas de tierra

<sup>19</sup> Fuente: NOM-022-STPS

Ilustración 4.15 Sistema de tierras



Estas mediciones registran resistencias altas de contacto, que pueden alterar la correcta operación de los dispositivos de protección contra fallas a tierra y descargas atmosféricas.

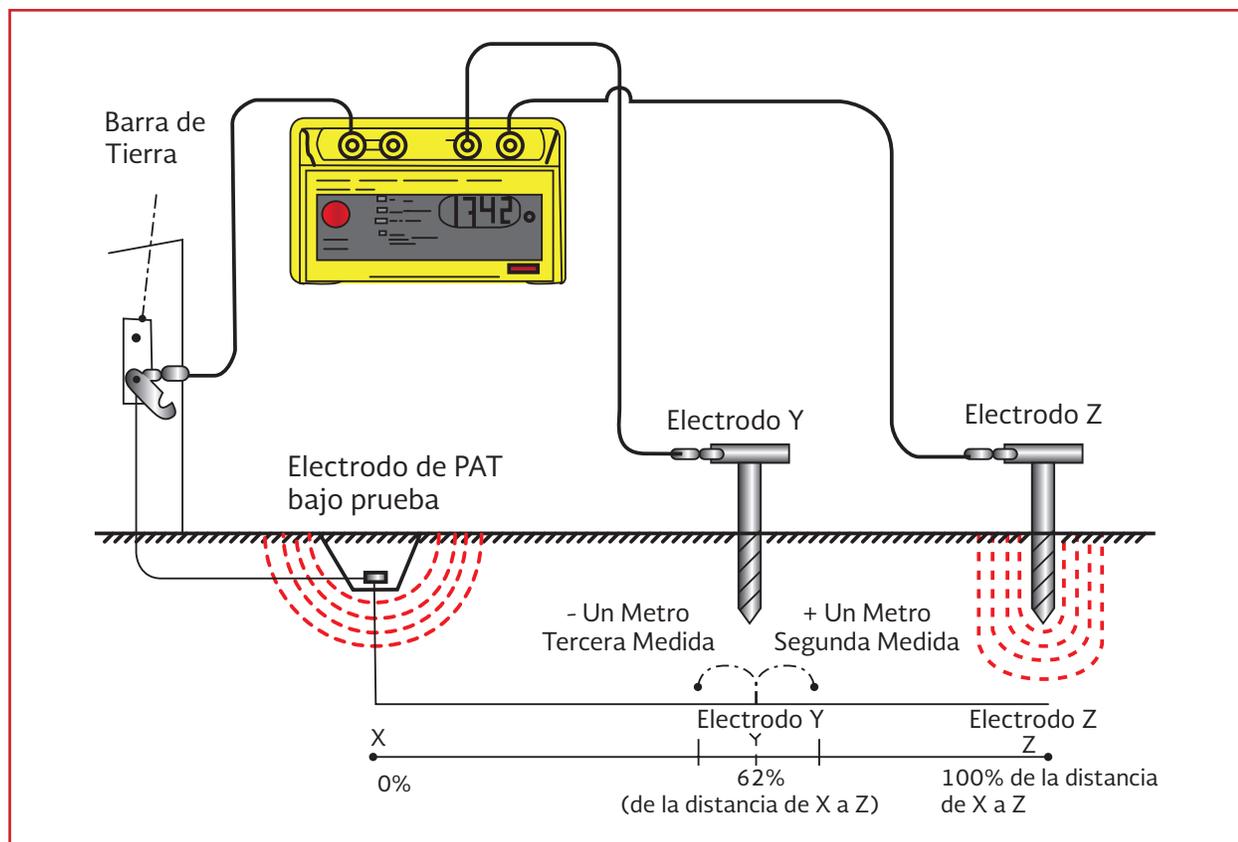
### Dos veces al año

Revisar los registros de los electrodos de tierras (varillas) con objeto de verificar que el estado

de las conexiones con los cables principales sea el adecuado y/o establecer medidas de corrección.

Para ampliaciones, uniones y derivaciones futuras entre los diversos elementos del sistema de tierras, emplear conexiones del tipo soldable y que en los registros de tierras se utilicen conectores de alta presión.

Ilustración 4.16 Conexión para sistema de tierras 62 por ciento



Fuente: Paul Gíll (2009)

## 4.12. LUMINARIAS DE POSTE

### 4.12.1. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

#### 4.12.1.1. Inspección del equipo

1. Verificar que no existan componentes rotos
2. Verificar que los elementos de sujeción de la luminaria con el poste estén ajustados correctamente, ver Ilustración 4.17
3. Verificar que la luminosidad de la lámpara sea la adecuada
4. Verificar limpieza de la luminaria

#### 4.12.1.2. Mantenimiento

1. Observar los procedimientos recomendados para el manejo de alta tensión cuando se realizan los trabajos de mantenimiento, ya que estas unidades trabajan con tensiones peligrosas
2. Apagar la luminaria y dejarla enfriar
3. Limpiar el vidrio exteriormente
4. Limpiar el reflector con un trapo seco. En caso de que cualquier mancha no pueda

ser removida frotando con dicho trapo, limpiarla con un trapo humedecido con agua-detergente (tipo casero no abrasivo). Después de remover la mancha deben quitarse los restos de detergente, empleando otro trapo humedecido con agua limpia

Para tener acceso al balastro realizar lo siguiente

1. Abrir la cubierta
2. Desconecte el conector rápido del cable que entra en la cubierta metálica
3. Remueva los tornillos que sujetan el soporte transversal
4. Retire el reflector cónico con este último soporte con lo cual el balastro queda al descubierto
5. Para volver a cerrar, efectuar la operación inversa

#### 4.12.1.3. Pruebas de mantenimiento

Probar el funcionamiento adecuado de la luminaria accionando el switch correspondiente, en caso de que la iluminación baje su intensidad revisar la NOM-025 STPS y hacer las pruebas de luxes según aplique.

Ilustración 4.17 Luminarias punta de poste



### 4.13. LUMINARIAS SUBURBANAS

En la Ilustración 4.18 se muestra un ejemplo de iluminación suburbana. Para los diferentes temas como, inspección mantenimiento y pruebas, se recomienda consultar el texto indicado en luminarias de poste.

3. Verificar que la sujeción del balastro sea la adecuada
4. Verificar el balastro con respecto al ruido
5. Verificar que la luminosidad de la lámpara sea la adecuada
6. Verificar la limpieza del refractor de la luminaria (si existe)

### 4.14. LUMINARIAS FLUORESCENTES

#### 4.14.1. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

##### 4.14.1.1. Inspección del equipo

1. Verificar que no existan componentes rotos
2. Verificar que los elementos de sujeción de la luminaria estén ajustados correctamente, ver Ilustración 4.19

##### 4.14.1.2. Mantenimiento

1. Observar los procedimientos recomendados para el manejo de alta tensión cuando se realizan los trabajos de mantenimiento si se requieren en caso de que la iluminación baje su intensidad revisar la NOM-025 STPS y hacer las pruebas de luxes según aplique
2. Apagar la luminaria
3. Limpiar la lámpara con un trapo seco. En caso de que cualquier mancha no

Ilustración 4.18 Luminarias suburbanas



Ilustración 4.19 Luminaria Fluorescentes



pueda ser removida frotando con dicho trapo, limpiarla con un trapo humedecido con agua-detergente (tipo casero no abrasivo). Después de remover la mancha deben quitarse los restos de detergente, empleando otro trapo humedecido con agua limpia

4. Limpiar la cubierta (si existe), siguiendo el mismo procedimiento del inciso anterior
5. Si la lámpara está ennegrecida debe ser cambiada
6. Si el balastro está dañado debe reemplazarse

Para el tema de, pruebas, se recomienda consultar el texto indicado en luminarias punta de poste.

#### 4.15. LUMINARIAS TIPO ARBOTANTE

En la Ilustración 4.20 se muestra un ejemplo de iluminación tipo arbotante.

##### 4.15.1. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Para los diferentes temas como, inspección y pruebas, se recomienda consultar la información indicado en luminarias punta de poste.

###### 4.15.1.1. Mantenimiento

1. Observar los procedimientos recomendados para el manejo de alta tensión cuando se realizan los trabajos de mantenimiento
2. Apagar la luminaria y dejarla enfriar
3. Limpiar la lámpara con un trapo seco. En caso de que cualquier mancha no pueda ser removida frotando con dicho trapo, limpiarla con un trapo humedecido con agua-detergente (tipo casero no abra-

sivo). Después de remover la mancha deben quitarse los restos de detergente, empleando otro trapo humedecido con agua limpia

4. Limpiar el reflector, siguiendo el mismo procedimiento del inciso anterior
5. Si la lámpara está dañada debe cambiarse

#### 4.16. LUMINARIAS TIPO REFLECTOR

En la Ilustración 4.21 se muestra un ejemplo de iluminación tipo reflector.

##### 4.16.1. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Para los diferentes temas como, inspección y pruebas, se recomienda consultar la información indicado en luminarias punta de poste.

###### 4.16.1.1. Mantenimiento

1. Observar los procedimientos recomendados para el manejo de alta tensión cuando se realizan los trabajos de mantenimiento, ya que estas unidades trabajan con tensiones peligrosas, en caso de que la iluminación baje su intensidad revisar la NOM-025 STPS y hacer las pruebas de luxes según aplique
2. Apagar la luminaria y dejarla enfriar
3. Limpie periódicamente el exterior del vidrio. Este puede limpiarse con jabón, solución limpia-vidrios o detergente
4. Limpiar el reflector (si es necesario), utilizando detergente neutral (pH 6-8) no abrasivo. Si utiliza otro tipo de soluciones de limpieza no deberán contener hidrocarburos clorinados o aromáticos
5. Enjuagar el vidrio con agua fría y secarlo

Ilustración 4.20 Luminarias arbotantes

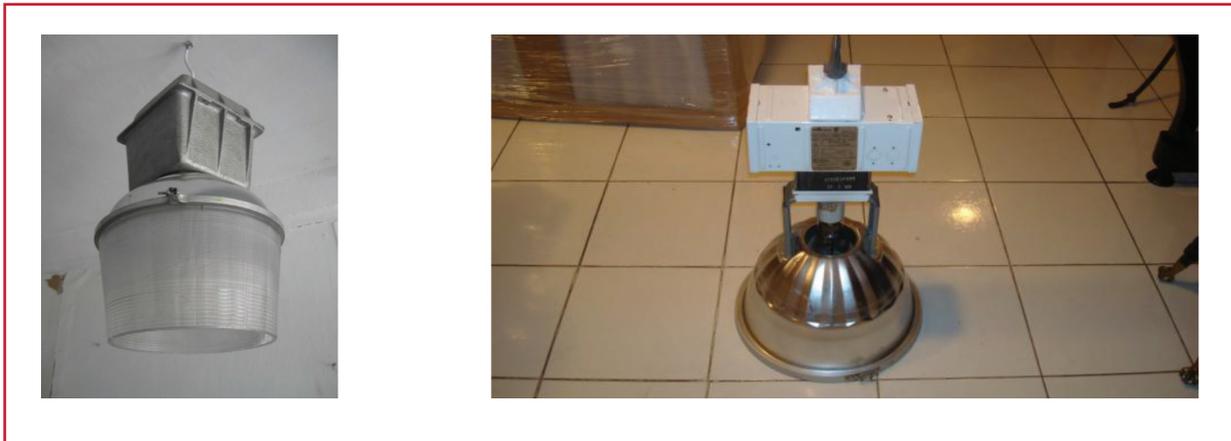


Ilustración 4.21 Luminarias tipo reflector



## 4.17. LUMINARIAS TIPO INDUSTRIAL

En la Ilustración 4.22 se muestra un ejemplo de iluminación tipo industrial.

### 4.17.1. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Para los diferentes temas como, inspección y pruebas, se recomienda consultar la información indicado en luminarias punta de poste.

#### 4.17.1.1. Mantenimiento

1. Observar los procedimientos recomendados para el manejo de alta tensión

cuando se realizan los trabajos de mantenimiento, ya que estas unidades trabajan con tensiones peligrosas, en caso de que la iluminación baje su intensidad revisar la NOM-025 STPS y hacer las pruebas de luxes según aplique.

2. Apagar la luminaria y dejarla enfriar
3. La frecuencia de limpieza dependerá del nivel de suciedad en el ambiente y el nivel luminoso mínimo requerido. El vidrio deberá limpiarse con cualquier solución para limpieza de vidrios, jabón o detergente no abrasivo y enjuagarse con agua limpia
4. Limpiar el interior (si es necesario), de la misma manera que en el inciso anterior, teniendo la precaución de cambiar

aquellos empaques que se hayan dañado. Para limpiar el reflector en las luminarias abiertas, deberá emplearse detergente no abrasivo, neutral (pH 6-8)

#### 4.18. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

En la Ilustración 4.23 se muestra un ejemplo de iluminación de emergencia.

##### 4.18.1. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

###### 4.18.1.1. Inspección del equipo

1. Verificar que no existan componentes rotos

2. Verificar que los elementos de sujeción de la lámpara y batería estén ajustados correctamente
3. Verificar que la luminosidad de la lámpara
4. Verificar la carga de la batería (algunas lámparas tienen botón de prueba)

###### 4.18.1.2. Mantenimiento

1. Limpiar periódicamente la unidad, eliminando grasa, cochambre o sustancias similares tanto en el exterior como en el interior. Esta puede limpiarse con jabón, solución limpia-vidrios o detergente, en caso de que la iluminación baje su intensidad revisar la NOM-025 STPS y hacer las pruebas de luxes según aplique

Ilustración 4.22 Luminarias industrial



Ilustración 4.23 Luminaria de emergencia



## 4.19. INTERRUPTORES DE NIVEL

### 4.19.1. DESCRIPCIÓN

En aguas residuales se utiliza el detector de nivel tipo pera. Este contiene una gota de mercurio que al cambiar de posición cierra o abre su circuito. Un contrapeso colocado aproximadamente a 10 centímetros de la punta hace que tome una posición horizontal cuando queda sumergido en agua. El mercurio y los conductores de señalización están sellados y cubiertos por poliuretano. Si la instalación es de agua limpia, se utiliza un par de electrodos que cierran el circuito a través del agua, Ilustración 4.24.

### 4.19.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

#### 4.19.2.1. Inspección diaria

Inspeccionar diariamente para observar:

1. El estado físico de los detectores de nivel y del cable de señalización
2. Que la colocación del detector no se haya modificado por alguna causa

#### 4.19.2.2. Mantenimiento preventivo

**Con el equipo de control completamente desconectado y desenergizado:**

1. Retirar ramas, trapos o cualquier obstáculo que impida la libre operación del detector de nivel
2. Para electroniveles, limpiar la superficie

- de los contactos que estén sulfatadas
3. Para tipo “pera”, limpiar las peras y verificar su flotación
4. Reponer electroniveles faltantes
5. Reubicar los detectores próximos a los equipos para evitar operaciones en falso por la formación de turbulencias, torbellinos o vórtices
6. Reponer sellos a la salida de los cables

**Precauciones:**

1. No utilizar solventes que deterioren los electroniveles tipo pera
2. No utilizar los indicadores de nivel cuando la temperatura del agua sea elevada (90 °C)
3. En lugares con flujos violentos utilizar tubo de ademe ranurado

**Prueba de operación:**

1. Verificar el cierre, apertura y la continuidad del cable de los detectores de nivel

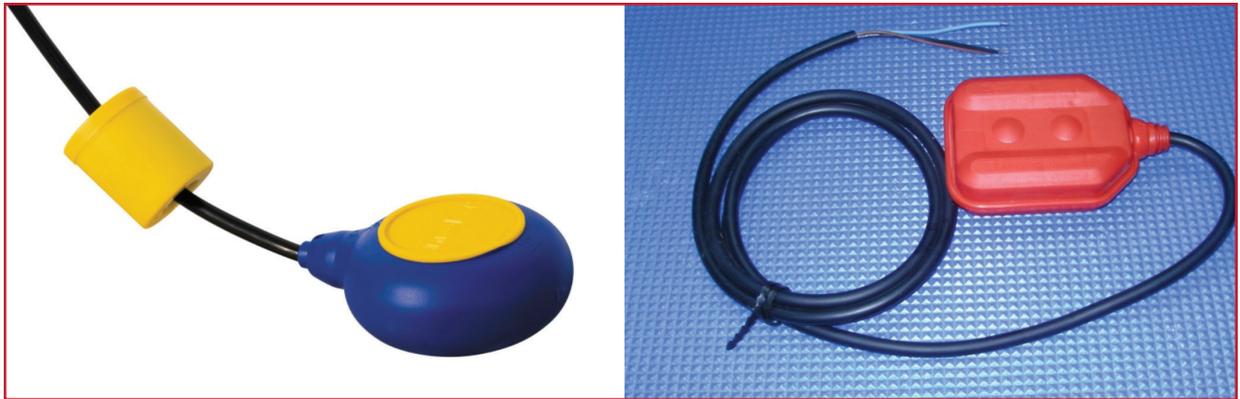
**Resistencia de aislamiento:**

1. Verificar el aislamiento entre los conductores del detector tipo pera
2. Realizar estas pruebas como mínimo una vez al año

**Valoración de las mediciones:**

1. El aislamiento del cable de dos polos debe ser de 2 megaohms. La cubierta protectora de PVC debe estar en buen estado

Ilustración 4.24 Interruptores de nivel tipo pera



#### 4.19.2.3. Detección de unidades dañadas

1. Reponer conductores con aislamiento bajo o cubierta protectora deteriorada
2. Cambiar detectores de nivel que no operen correctamente o que se hayan deformado

## 4.20. BOTONERAS EXTERIORES

### 4.20.1. DESCRIPCIÓN

Dispositivo de control manual para el cierre o apertura de un circuito. Consiste de contactos, medios de accionamiento, terminales de conexión y caja sellada para alojamiento y protección de las partes, ver Ilustración 4.25.

### 4.20.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

#### 4.20.2.1. Inspección visual

1. La botonera debe estar fija y bien soportada
2. La señalización de la botonera debe ser clara, indicar el estado del circuito y el

equipo que controla

3. La tapa o cubierta protectora debe estar bien atornillada o asegurada
4. La entrada de los cables debe ser mediante una canalización adecuada

#### 4.20.2.2. Mantenimiento

*Cuando el equipo que se controla está completamente desconectado y desenergizado:*

1. Revisar y de ser necesario dar ajustar a las terminales
2. Cambiar tornillería en mal estado
3. Limpiar y pintar la caja
4. Revisar el sello de la caja, en caso necesario cambiar
5. Reponer zapatas terminales deterioradas
6. Probar mediante la operación manual para confirmar con un probador de continuidad que la apertura y cierre de contactos sea adecuada
7. Cambiar botoneras que tengan piezas dañadas que no se puedan cambiar
8. Cambiar botoneras cuya vida útil se haya terminado

Ilustración 4.25 Ejemplo de botonera exterior



## 4.21. PLANTAS GENERADORAS CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE DIÉSEL

### 4.21.1. DESCRIPCIÓN

Unidad de generación a base de diésel y con elementos auxiliares para el arranque, la medición y la protección de los equipos, ver Ilustración 4.26.

### 4.21.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

#### 4.21.2.1. Inspección

Cada día o después de 8 horas de servicio.

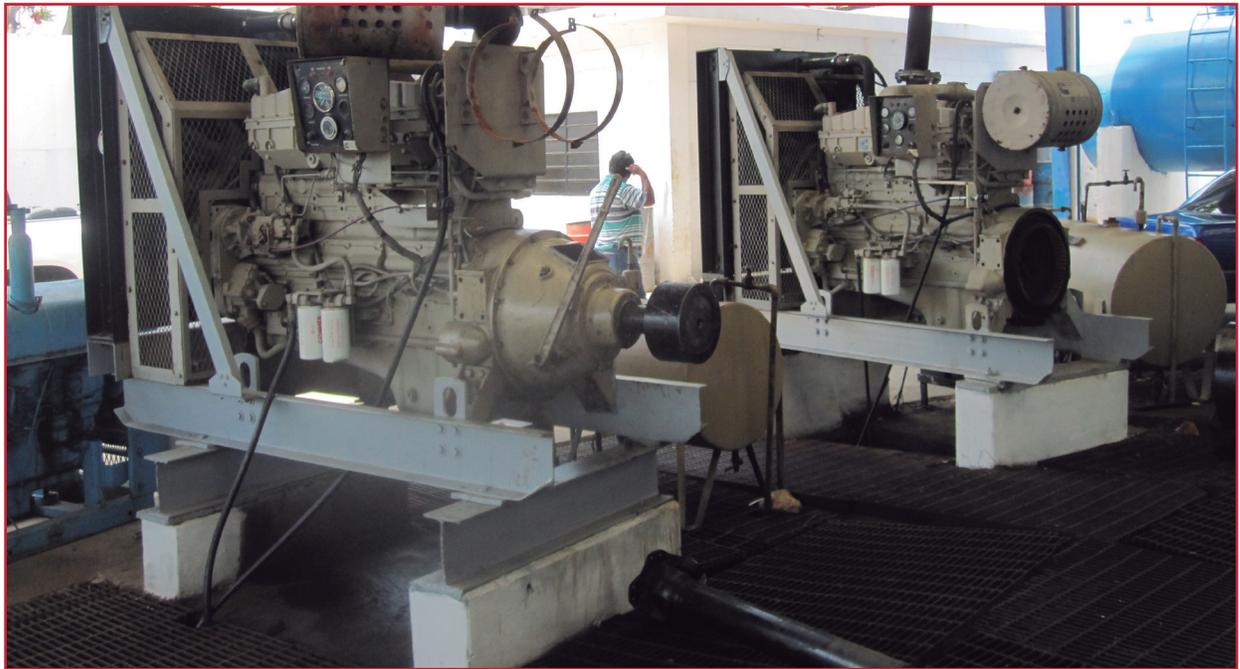
#### **Planta eléctrica:**

1. Revisar detenidamente que los siguientes sistemas no presenten daños y que sus recubrimientos y acabados estén en

buenas condiciones. Ninguna parte debe tener abolladuras, rayones u otras señas de daño y ningún cable debe estar suelto o con falso contacto:

- a) Sistema de enfriamiento
  - b) Sistema de protección contra alta temperatura del agua
  - c) Sistema de baja presión del aceite y sobrevelocidad
  - d) Sistema de motor de arranque
  - e) Sistema de controles de arranque y paro
  - f) Sistema de válvulas de purga
  - g) Sistema de bomba de inyección de combustible
  - h) Sistema de filtros de aire
  - i) Sistema de aceite y combustible
2. Revisar que el silenciador y su tubo flexible de conexión al escape del motor no presenten daños
  3. Revisar que los amortiguadores antivibratorios estén completos y no presenten daños. Verificar que los pernos de anclaje estén completos

Ilustración 4.26 Plantas generadoras con motor de combustión interna de diésel



**Tablero de control:**

1. Revisar detenidamente el tablero de control, de tal manera que los siguientes circuitos no presenten daños y que no se encuentre algún cable suelto o con falso contacto:
  - a) Circuito de control de arranque y paro automático
  - b) Circuito del mantenedor de carga de baterías
  - c) Circuito de fusibles de protección
  - d) Circuito de relevador de transferencia
  - e) Circuito de relevador de paro del motor
  - f) Circuito de reloj programador
  - g) Circuito de relevadores sensitivos de tensión
2. Revisar los instrumentos de medición, de tal manera que los siguientes instrumentos no presenten daños y que no se

encuentre algún cable suelto o con falso contacto:

- a) Volmetro
- b) Amperímetro
- c) Frecuencímetro
- d) Horómetro
- e) Conmutadores de fases para el volmetro y el amperímetro
- f) Kilowattthorímetro (si existe)

**Interruptor de transferencia:**

1. Revisar detenidamente el interruptor de transferencia, de tal manera que los siguientes circuitos no presenten daños y que no se encuentre algún cable suelto o con falso contacto:
  - a) Circuito de contactor de alimentación normal
  - b) Circuito de contactor de alimentación de emergencia
  - c) Mecanismo del juego de palancas de

bloqueo mecánico

- d) Circuito de lámpara piloto de la alimentación normal (verde)
  - e) Circuito de lámpara piloto de la alimentación de emergencia (roja)
2. Revisar los instrumentos de medición, de tal manera que no presenten daños y que no se encuentre algún cable suelto o con falso contacto

#### **Baterías:**

1. Revisar que las baterías no tengan daño y que no presenten derrame de electrolito. Revisar también que los cables de conexiones no presenten daños, estén flojos o sin conectar
2. Verificar que las baterías estén bien sujetas para evitar vibraciones y con ello rompimientos internos

#### 4.21.2.2. Mantenimiento de niveles y preventivo

Efectuar el mantenimiento indicado en la Tabla 4.18, con el equipo sin funcionar:

1. Revisar el nivel de aceite del motor. Mantener el nivel lo más cerca posible a la marca alta de la varilla de medición, pero no sobrellenar el cárter. Si el motor estaba trabajando esperar 15 minutos antes de revisar el nivel de aceite, esto permite que el aceite en la parte superior del motor se vacíe de vuelta al cárter
2. Cambiar el aceite. Usar el aceite que cumpla con los requerimientos del fabricante del motor de viscosidad y clasificación
3. Cambiar el filtro cada vez que se vacíe el aceite

#### **Para el sistema de enfriamiento:**

1. Limpiar a fondo el sistema de enfriamiento si hay acumulación de oxidación e incrustación en los conductos de agua del motor o del radiador. La oxidación e incrustación retardan la absorción del calor y pueden impedir el flujo del refrigerante. Usar un buen limpiador como bisulfato de sodio o ácido oxálico, y seguir las instrucciones suministradas por el proveedor. Después, neutralizar y enjuagar con agua limpia
2. Enjuagar el radiador y el bloque después de la limpieza o antes de volver a llenar el sistema con refrigerante nuevo. Abrir las conexiones de las mangueras superior e inferior, e instalar la tapa del radiador. Colocar la boquilla de una pistola de enjuague a la abertura para la manguera inferior y dejar que corra el agua hasta llenar el radiador. Una vez llenado, aplicar aire comprimido, pero hacerlo lentamente para evitar dañar el núcleo del radiador. Cortar el aire comprimido y dejar que el radiador se llene. Repetir el procedimiento de enjuague hasta que el agua del radiador salga limpia
3. Para enjuagar el bloque del motor, sacar primero el termostato para dejar que el agua llene el bloque, colocar una pistola de enjuague en la manguera superior del radiador y llenar el bloque con agua. Tapar la abertura inferior de la manguera del radiador hasta que el bloque esté lleno. Aplicar aire comprimido y forzar el agua por la abertura inferior. Repetir hasta que el agua salga limpia por la manguera inferior del radiador
4. Volver a colocar el termostato y las mangueras. Volver a llenar el sistema de enfriamiento

5. Revisar el nivel de refrigerante
6. Retirar la tapa del radiador después de dejar que el motor se enfríe, y si es necesario, agregar el refrigerante hasta que el nivel esté cerca de la parte superior del radiador. Usar una solución refrigerante que cumpla con los requerimientos del fabricante
7. Revisar el nivel del refrigerante. El refrigerante debe estar aproximadamente 50 milímetros debajo de la abertura de la tapa del radiador. No hacer la revisión cuando el motor está caliente
8. Precauciones:
  - a) No hacer funcionar el equipo si el nivel de refrigerante no es adecuado
  - b) Dejar que el sistema se enfríe antes de liberar la presión y quitar la tapa del radiador
  - c) El dispositivo de parada por alta temperatura del motor apagará el motor solamente si el nivel de refrigerante está lo suficientemente alto para tocar el interruptor de corte. Una pérdida de refrigerante puede causar que el motor se sobrecaliente sin la protección del dispositivo de corte, y podría resultar en daños serios para el motor
9. Revisar los tapones de zinc del termointercambiador y cambiar si están erosionados a menos de la mitad de su longitud original. La frecuencia de cambio depende de la reacción química que ocurra cuando los tapones quedan en contacto con el agua “bruta”

***Para el sistema de combustible:***

1. Tomar las precauciones necesarias para evitar que durante el manejo del com-

bustible entre suciedad, agua u otros contaminantes al sistema. Al llenar el tanque filtrar o colar el combustible

2. Llenar los tanques de combustible cada vez que se utilice la unidad para evitar problemas por condensación. La condensación puede obturar los filtros de combustible y también causar problemas de congelación
3. Los filtros de combustible que se utilizan son tipo atornillable o botable. Hay un tapón de drenaje en el fondo de un filtro

***Para el cambio de filtro:***

1. Llenar los filtros nuevos con combustible diésel y aplicar una capa delgada de combustible en la empaquetadura. Instalar y apretarlos a mano hasta que la empaquetadura toque apenas el cabezal del filtro. Luego apretar de media a tres cuartos de vuelta adicional

***Para el filtro de aire:***

1. Cambiar el filtro de aire anualmente o más a menudo si hay restricción del caudal de aire
2. Inspeccionar todos los elementos del sistema de filtro, incluyendo mangueras y conductos. Verificar que todas las conexiones y abrazaderas estén apretadas. Inspeccionar cada componente en busca de grietas, abolladuras u otros daños. Reparar o dar servicio según se requiera
3. Revisar las condiciones de las baterías de arranque. Asegurar que las conexiones estén firmes y protegidas contra la corrosión. Agregar agua destilada para mantener el electrolito al nivel correcto sobre las

placas. Revisar la gravedad específica con un hidrómetro y recargar la batería si la indicación es inferior a 1 260

4. Revisar que toda la tornillería de anclaje está bien apretada. Apretar los soportes y abrazaderas. Mantener los protectores en posición sobre los ventiladores, correas, impulsores, etcétera
5. Retirar de la unidad toda la grasa y aceite innecesarios. La acumulación de grasa y aceite puede causar recalentamiento y daño subsiguiente del motor y puede constituir un riesgo potencial de incendio
6. Mantener el equipo y la zona circundante limpia y libre de obstrucciones. Quitar la mugre u otros objetos sueltos del equipo y mantener el piso limpio y seco
7. Retirar trapos aceitosos que estén en o cerca del motor
8. Revisar si hay correas o conexiones sueltas, empaquetaduras y mangueras con fuga o cualquier señal de daño mecánico. Si encuentra algún problema, corregir de inmediato

#### Precauciones:

1. Bloquear la operación de la planta, cambiar su control a la posición de “desconectado” (OFF)
2. Desconectar las baterías antes de comenzar a trabajar en el equipo generador. Comenzar con el cable negativo (-). Esto evitará poner en marcha accidentalmente el equipo
3. No llenar los tanques de combustible mientras el motor está funcionando a menos que los tanques estén fuera del compartimiento del motor. Existe peli-

gro de incendio cuando el combustible toca un motor o tubo de escape caliente

4. No fumar o usar llama expuesta cerca del equipo o tanque de combustible. Los combustibles usados en motores de combustión son altamente inflamables
5. Los conductos de combustible deben estar bien sujetos y no deben tener fugas. Se debe usar una tubería flexible aprobada para los conductos en el motor. No usar tubería de cobre para los conductos flexibles porque el cobre se endurece y se torna quebradizo
6. Asegurar que la fuente de combustible tiene una válvula de corte positivo
7. No hacer funcionar el motor con el nivel de aceite debajo de la marca baja o sobre la marca alta. Al sobrellenar el cárter, se podría formar espuma o mezclar aire con aceite
8. No fumar mientras se da servicio a las baterías. Las baterías de plomo emiten hidrógeno, un gas altamente explosivo, que puede encenderse por un arco eléctrico o por un cigarrillo

#### *Operación semanal sin emergencia*

Verificar los siguientes puntos:

1. Nivel del aceite del motor
2. Nivel del refrigerante
3. Horario de funcionamiento al final de la semana
4. Ejercitar el equipo por lo menos una vez a la semana por un mínimo de treinta minutos y dejarlo alcanzar las temperaturas de funcionamiento normal. Se puede utilizar la opción programable en los conmutadores de transferencia auto-

mática si están disponibles y fijar la hora de arranque, duración de funcionamiento y día de la semana

5. Cuando el equipo está trabajando:
  - a) Mantener las manos, la ropa y las joyas alejadas de piezas en movimiento
  - b) Tener mucho cuidado si hay que hacer ajustes mientras la unidad está trabajando. Tomar las precauciones necesarias para protegerse por ejemplo del múltiple caliente, piezas en movimiento, etcétera
  - c) No inhalar los gases del escape
  - d) Inspeccionar visual y audiblemente todo el sistema de escape incluyendo: el múltiple, silenciador y tubo de escape. Revisar todas las conexiones, soldaduras, empaquetaduras y juntas en busca de fugas. Los tubos de escape no deben calentar demasiado las zonas circundantes. Apagar la unidad si se detecta alguna fuga y corregirla de inmediato
  - e) Medir la carga de las líneas con el medidor de c.a.
  - f) Revisar que la frecuencia de generación esté estable en el valor de placa especificado
  - g) Mover el selector de fase a cada posición de medición entre fases (L1-L2, L2-L3 y L3-L1). Leer la escala alta o baja del volmetro según indicador de escala alta/baja. Cuando la unidad está sin carga, las tensiones deben igualar el valor especificado en la placa de identificación del equipo
  - h) Escuchar si hay algún ruido poco común que pueda indicar problemas mecánicos y revisar con frecuencia

la presión del aceite. Investigar en cualquier caso la causa del problema mecánico y corregir de inmediato

- i) Verificar la operación de las luces de avería. Presionar el conmutador RESET/LAMP en el tablero de control. Todas las luces deben iluminarse. Soltar el conmutador después de verificar que todas estén iluminadas. Cambiar las que no se iluminen
- j) Lubricar chumacera o chumaceras del motor, generador y excitatriz

Precaución: No revisar el aceite mientras el equipo está trabajando. La presión formada en el cárter podría expulsar aceite caliente y causar graves quemaduras.

#### 4.21.2.3. Reporte de trabajos ejecutados

1. Llevar el registro de los trabajos efectuados en la planta para establecer un control del mantenimiento que permita programar acciones preventivas posteriores. La información debe registrarse en un formato de inspección diaria similar al mostrado en la Tabla 4.19.

## 4.22. PLANTAS GENERADORAS CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA DE GASOLINA

### 4.22.1. DESCRIPCIÓN

Unidad de generación a base de gasolina, con elementos auxiliares para el arranque, la medición y la protección de los equipos.

## 4.22.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

### 4.22.2.1. Inspección

Cada día o después de 8 horas de servicio, asegurar el mismo procedimiento de mantenimiento indicado para las platas generadoras de diésel y utilizar las mismas tablas.

## 4.23. BANCOS DE BATERÍAS

### 4.23.1. DESCRIPCIÓN

La batería tiene entre sus principales componentes: dos electrodos diferentes, un electrolito, un medio para conducir la potencia eléctrica y un contenedor.

### 4.23.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

#### 4.23.2.1. Inspección

1. Revisar que el electrolito cubra totalmente las placas del electrodo
2. Revisar que el cuarto de baterías esté ventilado
3. Revisar las conexiones del banco de baterías: limpieza y conexiones
4. Revisar que las baterías tengan una identificación
5. Revisar que los tapones estén firmemente colocados en las celdas

#### 4.23.2.2. Mantenimiento de niveles y preventivo

1. Añadir, cuando se requiera, agua destilada para mantener el electrolito entre los niveles alto y bajo

- a) Usar equipo de seguridad: lente, mandil de hule o plástico, guantes y botas
2. Limpiar el cuarto de baterías
  - a) Cuando se limpie el electrolito en las cubiertas de las celdas o conectores, neutralizar y enjuagar para evitar corrosión y cortocircuitos
3. Mantener limpias y secas las baterías
4. Ajustar conexiones flojas
5. Reponer tapones con filtros anti-exposición
6. Mantener en buen estado el equipo de ventilación
7. Reponer letreros de seguridad, para evitar condiciones de riesgo
8. Reponer identificación de las baterías

Anualmente verificar los siguientes puntos:

- a) Reponer conductores del banco con aislamiento dañado
- b) Limpieza y engrasado general de conexiones
- c) Limpieza de cada unidad del banco, especialmente junto a las terminales, teniendo cuidado de que no se contamine el electrolito

Precauciones:

- a) No acercar ningún tipo de flama o cigarrillo encendido a las baterías. El gas que se forma dentro de las celdas es altamente explosivo
- b) No colocar herramientas ni ningún objeto capaz de producir un cortocircuito encima de las celdas
- c) No permitir que caiga electrolito en la piel, ropa, u otro material que se pueda dañar. Si se derrama algo de electrolito en la piel, enjuagar en seguida con agua limpia y lavar con jabón

#### 4.23.2.3. Detección de unidades dañadas

1. Reemplazar las baterías que se descargan o tienen fugas
2. Reemplazar las baterías que tienen tensiones y densidad bajas, que no se han recuperado mediante cargas de igualación
3. Se recomienda cambiar el banco cuya capacidad está por debajo del 80 por ciento de su capacidad nominal. Las características físicas, como desprendimiento de plomo poroso y rompimiento de los tubos de fibra de vidrio, son determinantes para reemplazar el banco
4. Considerar que con mantenimiento preventivo adecuado la vida promedio del banco según el tipo de celda es de aproximadamente:

a) Níquel-cadmio 25 años

Llevar el historial de ciclos de carga y descarga, así como descargas profundas para determinar la reposición de los elementos de la batería. Indicar si en el curso del mes se le agregó agua a alguna celda.

### 4.24. CARGADORES DEL BANCO DE BATERÍAS

#### 4.24.1. DESCRIPCIÓN

Gabinete metálico con rectificadores de corriente y dispositivos para regular la tensión que mantiene en condiciones adecuadas la capacidad de un banco de baterías.

### 4.24.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

#### 4.24.2.1. Inspección mensual

##### **Revisar**

1. Que la conexión a tierra del gabinete esté bien ajustada
2. Las lecturas del amperímetro y del voltímetro del cargador
3. Que el interior del gabinete esté libre de insectos y polvo
4. Que el sello de la puerta esté en buenas condiciones
5. Los seguros de soporte del gabinete

#### 4.24.2.2. Mantenimiento

1. Mantener limpio y seco
2. Mantener todas las conexiones firmes
3. Ajustar los tornillos de soporte, cuando se requiera
4. Reponer el empaque de la puerta para asegurar la limpieza del interior del gabinete

#### 4.24.2.3. Reporte de piezas dañadas

1. Elaborar el reporte de las piezas que se han reemplazado, fusibles, tarjetas electrónicas, etcétera
2. Utilizar este reporte para solicitar las refacciones utilizadas y contar con la mayoría de las refacciones que el fabricante recomienda para el cargador

Las siguientes tablas son recomendaciones generales, sin embargo deberá consultarse la información técnica de fabricante referente a las especificaciones del mismo.

Tabla 4.18 Mantenimiento de plantas de emergencia

Acciones	Tiempo de servicio				
	Cada día o después de 8 horas	Cada semana o después de 50 horas	Cada mes o después de 100 horas	Cada 3 meses o después de 250 horas	Cada 6 meses o después de 500 horas
Inspeccionar grupo	x <sup>1</sup>				
Revisar calentador, refrigerante	x				
Revisar nivel de aceite	x				
Revisar nivel refrigerante	x				
Vaciar agua filtro combustible	x <sup>4</sup>				
Revisar (limpiar) filtro de aire		x <sup>2</sup>			
Revisar sistema carga batería		x			
Vaciar agua/sedimento tanque comb.		x <sup>4</sup>			
Revisar anticongelante			x		
Revisar tensión correas			x <sup>3</sup>		
Revisar nivel combustible			x		
Vaciar trampa agua escape			x		
Revisar nivel/grav. esp. electrolito			x		
Revisar salida de aire generador			x		
Revisar y limpiar conjunto generador				x	
Cambiar aceite y filtro cárter				x <sup>2</sup>	
Revisar tapones de termointercambiador				x	
Revisar ajuste gobernador				x	
Cambiar elemento filtro aire					x <sup>2</sup>
Cambiar filtros combustible					x
Limpiar sistema de enfriamiento					x
Ajustar juego de válvulas	Después de 1 000 horas				

1. Revisar si hay fugas de aceite, refrigerante y gas de escape. Revisar el sistema de escape (audible y visualmente) con el motor funcionando. Apagar el motor y hacer de inmediato las reparaciones necesarias
2. Hacer el cambio más a menudo cuando las condiciones son muy polvorientas
3. Revisar las correas visualmente en busca de señales de patinaje
4. Vaciar una taza o más de combustible para quitar el agua y los sedimentos

Tabla 4.19 Reporte de inspección para la planta auxiliar

Unidad			Planta		
Nombre del personal				Fecha	
Total de horas		Carga	Horario		A.M.
P.M.					
Interrupción	Sobre velocidad mecánica	Sobre velocidad eléctrica		Temperatura J W	Presión del sistema de lubricación.
Trabajando					
Defectuosa					
No acoplada					
Muestra lubricación.	Si	No	Cambio lubricación.	Si	No
Cambio lubricación (h)			Cambio filtro	Si	No
Lectura de anticongelante			Adición refrigerante	Si	No
Panel radiador	Limpio	Sucio		Acción	
Mirilla tanque	Limpia	Sucia		Acción	
Condición mangueras (Indique la sección defectuosa)					
Ubicación fuga de combustible					Acción
Ubicación fuga de agua					Acción
Ubicación fuga de lubricante					Acción
Separador de agua drenado		Si		No	
Agua drenada del tanque diario		Si		No	
Agua drenada del tanque principal		Si		No	
Postes batería	Limpios	Sucios		Ajustados	Sueltos
Banda Ventilador	Tensión correcta		Floja		Gastada
Humo escape		Claro		Color	
Máquina	Limpia		Sucia		Acción
Revisión de la vibración			Carga		kW
Punto		1		11	
Horizontal					
Vertical					
Axial					



# 5

## MANTENIMIENTO DE EQUIPO MECÁNICO

### 5.1. VÁLVULAS DE COMPUERTA

#### 5.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Las válvulas de compuerta se diseñan para operar totalmente abiertas o cerradas. Cuando la válvula está completamente abierta (compuerta en la posición más alta), el fluido se mueve en línea recta con pérdidas de presión mínimas. Estas válvulas no se deben utilizar para servicios de estrangulación de flujo, porque la com-

puerta y el sello tienden a sufrir erosión rápida cuando restringen la circulación y producen turbulencia con la compuerta parcialmente abierta, ver Ilustración 5.1. Las compuertas, generalmente, se fabrican con disco macizo, cuñas flexibles (disco macizo en el centro y ambas superficies de asentamiento flexibles), disco de cuña dividido (diseño de bola y asiento, en el cual, los dos discos espalda con espalda se pueden ajustar a ambas superficies de asiento) o discos dobles (discos separados con expansores o cuñas), ver Ilustración 5.2 e Ilustración 5.3.

Ilustración 5.1 Ejemplo de válvulas de compuerta

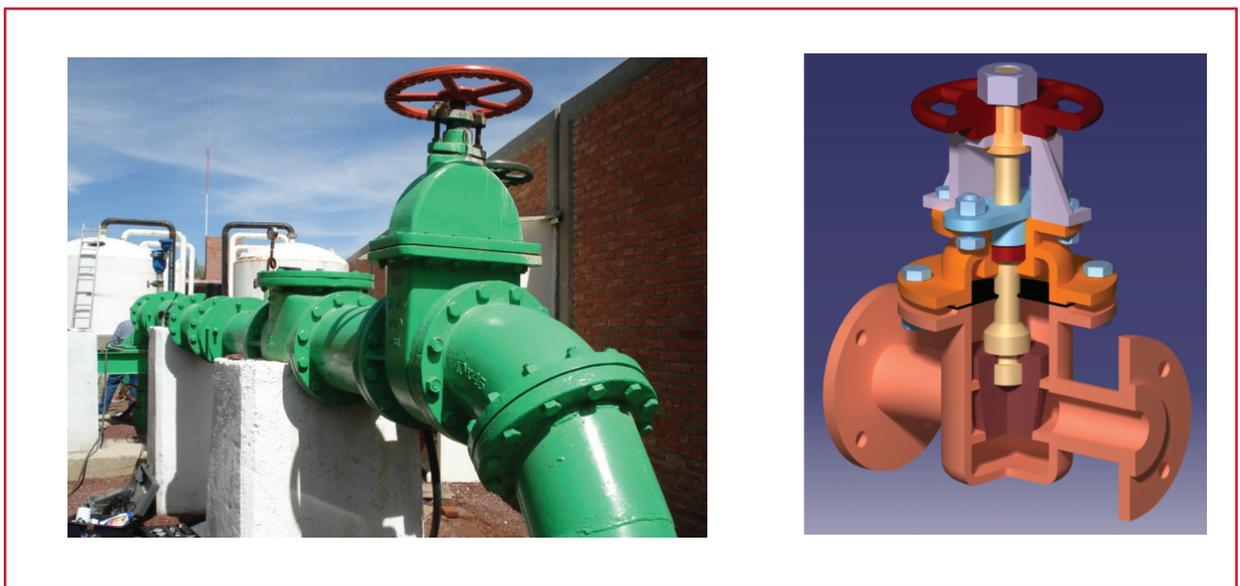


Ilustración 5.2 Válvula de compuerta de vástago saliente

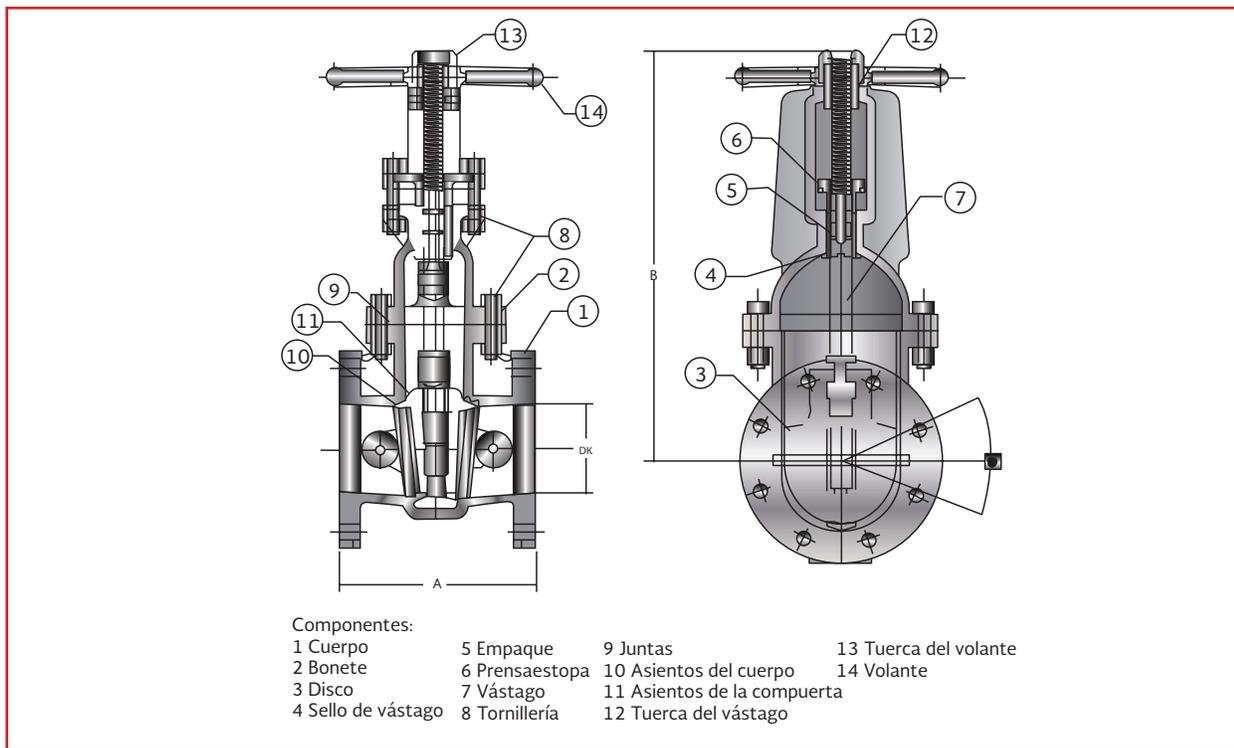
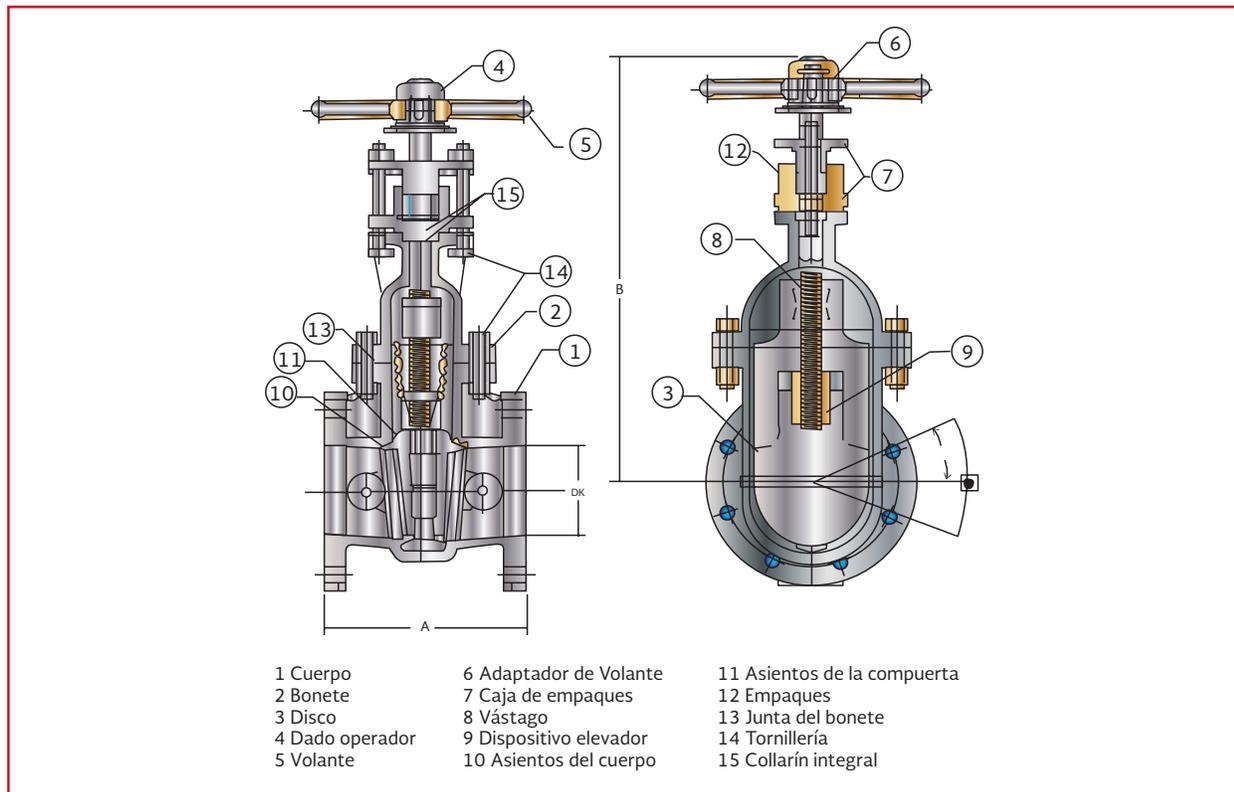


Ilustración 5.3 Válvula de compuerta de vástago fijo



## 5.1.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

### 5.1.2.1. Inspección del equipo

1. Verificar fugas a través de las empaquetaduras o sellos
2. Verificar la sujeción de la válvula y sus mecanismos de operación
3. Verificar la aparición de grietas
4. Verificar la lubricación del vástago de la válvula
5. Verificar la nivelación de la válvula
6. Verificar la pintura del recubrimiento de la válvula

Se puede auxiliar también con ayuda del formato ilustrado en la Tabla 5.1.

### 5.1.2.2. Mantenimiento

1. Apretar los tornillos de la válvula
2. Reponer los elementos de sujeción faltantes o deteriorados (pernos, tornillos y tuercas)
3. Accionar los mecanismos y motores (si existen) una vez por mes para evitar atascamientos, adherencia y mal funcionamiento
4. Lubricar las cuerdas del vástago y mantenerlas limpias y libres de polvo. La grasa de lubricación debe cambiarse una vez que se haya degradado, según los requerimientos impuestos por el medio ambiente
5. Recubrir con pintura la válvula cuando el recubrimiento se haya deteriorado para evitar la oxidación y su consecuente deterioro

Cuando se requiera cambiar el estopero de la válvula:

- a) Quitar los tornillos que permiten el acceso a la caja del estopero
- b) Quitar el estopero
- c) Reemplazar el estopero
- d) Colocar los tornillos nuevamente y apretarlos adecuadamente
- e) Revisar el mecanismo de elevación de la compuerta abriendo y cerrando

Para el mejor funcionamiento de la válvula se requiere desarmarla periódicamente, para inspeccionar sus partes internas (cada año aproximadamente, siempre que sea posible). Es necesario revisar:

- a) Las superficies del disco o discos
- b) Los asientos para asegurar su contacto completo con el disco
- c) La aparición de grietas
- d) La formación de corrosión que puede llegar a deteriorar la válvula

Si el asiento y el disco que quedan localizados aguas abajo se han rayado, puede suceder que los asientos del lado opuesto se encuentren en buenas condiciones, por lo cual, si se invierte la válvula, dándole un viraje de 180 grados, quedará prácticamente como nueva.

Si es necesario reemplazar los anillos de los asientos (si es el caso), desmóntese la válvula de la tubería, desármela y proceda a cambiarlos. Los discos nuevos tienen que ser instalados con anillos de asiento invariablemente. Es preciso que el disco entalle perfectamente con los asientos.

### 5.1.2.3.Registro de mantenimiento

Se requiere elaborar un registro del mantenimiento efectuado a la válvula, que incluya:

1. Inspección
2. Mantenimiento preventivo
3. Mantenimiento correctivo y datos generales del equipo:
  - a) La identificación de la válvula
  - b) Tipo de válvula
  - c) Marca de la válvula
  - d) La estación de bombeo
  - e) El lugar de ubicación
  - f) La fecha en que salió de servicio la válvula
  - g) Descripción del tipo de falla
  - h) Fecha en que se inició el mantenimiento
  - i) La fecha en que se terminó de efectuar el mantenimiento
  - j) La fecha de entrada en operación de la válvula
  - k) Descripción del mantenimiento efectuado
  - l) Refacciones requeridas

Para llevar a cabo este registro, se sugiere el formato de la Tabla 3.1.

## 5.2. VÁLVULAS DE MARIPOSA

### 5.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Las válvulas de mariposa se utilizan para servicio de corte y regulación de grandes volúmenes de líquidos a presiones relativamente bajas, con operación frecuente. La regulación del flujo se efectúa con un disco que sella contra un asiento. Existen tres tipos principales de válvulas de mariposa.

La primera, denominada de disco plano, que se sujeta entre dos bridas de tubo con tornillos que unen las bridas y pasan por los agujeros en el cuerpo de la válvula. La segunda, conocida como de brida, la cual, se sujeta al tubo por medio de bridas. La tercera, denominada de rosca, la cual, se atornilla directamente al tubo. En general, los sellos de las válvulas de mariposa consisten en un estopero con sellos anulares. Las partes principales de la válvula de mariposa se muestran en la Ilustración 5.4 e Ilustración 5.5.

Para todos los temas que involucra el procedimiento de mantenimiento como son; inspección del equipo, mantenimiento, pruebas y registro de mantenimiento se recomienda consultar los puntos indicados para las válvulas de compuertas

Se puede auxiliar también con ayuda del formato ilustrado en la Tabla 5.1 y para llevar a cabo este registro, se sugiere el formato de la Tabla 5.2.



## 5.3. VÁLVULAS DE NO RETORNO

### 5.3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

#### 5.3.1.1. Válvulas de columpio (bisagra)

La válvula de retención de bisagra consiste en un disco embisagrado colocado sobre un orificio de válvula. Cuando no hay flujo, el disco se mantiene contra el asiento por gravedad o con pesos montados en palancas externas. El flujo en el sentido normal hará que el disco gire y se aleje del asiento. Cuando se invierte el flujo, se empuja el disco contra el asiento y lo retiene la presión diferencial. Esta válvula funciona por gravedad, cosa que debe tenerse en cuenta para instalarla. Por lo general, la válvula se instala en posición horizontal, pero también se puede instalar en tuberías verticales con flujo ascendente. Estas válvulas se utilizan para bajas velocidades de líquidos con inversiones poco frecuentes. Ver Ilustración 5.6.

Ilustración 5.6 Ejemplo de válvulas de no retorno



#### 5.3.1.2. Válvulas de bisagra de disco dividido (dúo check)

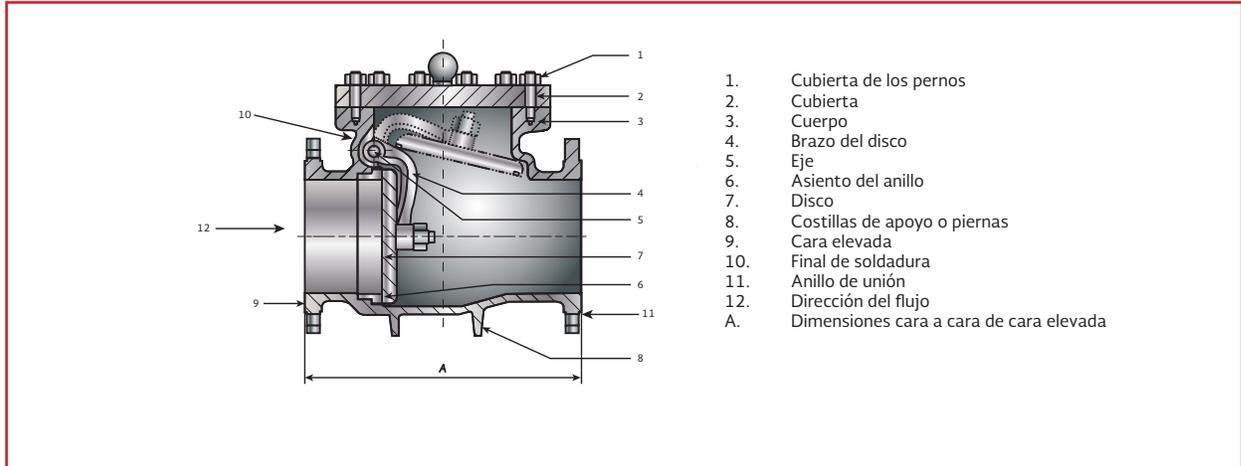
La válvula de bisagra con disco dividido es una variante de la válvula de columpio. El cuerpo es un anillo macizo para atornillarlo en bridas de tubo. Las dos mitades del disco están embisagradas con un pasador y tienen un resorte para mantenerlas cerradas cuando no hay flujo.

Esta válvula no funciona por gravedad, lo cual permite más flexibilidad en su instalación. Es adecuada para instalaciones con inversiones frecuentes de flujo porque, al contrario de la válvula de bisagra, no cierra de golpe ni ocasiona choques de presión. Ver Ilustración 5.7.

Para todos los temas que involucra el procedimiento de mantenimiento como son; inspección del equipo y registro de mantenimiento se recomienda consultar los puntos indicados para las válvulas de compuertas.



Ilustración 5.7 Esquema de válvula de no retorno



Fuente: API 6D-ISO14313

### 5.3.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Se puede auxiliar también con ayuda del formato ilustrado en la Tabla 5.3.

#### 5.3.2.1. Mantenimiento

1. Apretar los tornillos de la tapa de la válvula
2. Apretar los tornillos de sujeción del cuerpo de la válvula con la tubería (si es el caso)
3. Recubrir con pintura la válvula cuando el recubrimiento se haya deteriorado para evitar la oxidación y su consecuente deterioro

Para el mejor funcionamiento de la válvula se requiere desarmarla periódicamente, para inspeccionar sus partes internas (cada año aproximadamente, siempre que sea posible). Para esto es necesario:

1. Quitar los tornillos de la tapa y removerla
2. Revisar la superficie del disco y su asiento
3. Revisar la aparición de grietas

4. Revisar la formación de corrosión que puede llegar a deteriorar la válvula
5. Revisar el pasador de la bisagra
6. Revisar la tuerca que une el disco al colgador
7. Revisar el resorte que mantiene cerradas las dos mitades del disco. Esto aplica únicamente para la válvula dúo check

El servicio de mantenimiento también puede requerir otras acciones de corrección:

1. Asentar el disco contra su asiento. Para esto se utiliza un desarmador que se hace pasar por el barreno localizado en la parte de arriba y con él se presiona al disco, usándose pasta de esmeril para la ejecución del trabajo de rectificación del asiento
2. Si el perno guía, los pasadores laterales o la guía del disco se han desgastado, pueden ser fácilmente sustituidos por piezas nuevas a bajo costo

Estas sugerencias sobre mantenimiento son aplicables también a las válvulas de columpio con cuerpo de hierro y asiento de bronce.

Para llevar a cabo este registro, se sugiere el formato de la Tabla 5.2.

## 5.4. VÁLVULAS DE ADMISIÓN Y EXPULSIÓN DE AIRE

### 5.4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

#### *Válvulas de admisión y expulsión de aire*

En general, las válvulas de admisión y expulsión de aire tienen un flotador interno, un orificio de venteo para admitir y expulsar el aire en las cantidades requeridas, durante el llenado o vaciado del sistema, ver Ilustración 5.8.

#### *Válvulas eliminadoras de Aire*

Es posible que las válvulas de admisión y expulsión de aire, se llenen parcial o totalmente de aire y no lo expulsen cuando el sistema se encuentra en operación y bajo presión. Para eliminar estas pequeñas cantidades de aire, se uti-

lizan las válvulas eliminadoras de aire, como la mostrada en la Ilustración 5.9.

#### *Válvulas de admisión, expulsión y eliminación de aire*

Las válvulas de admisión, expulsión y eliminación de aire resultan de combinar una válvula de admisión y expulsión de aire con una eliminadora, permitiendo la admisión y expulsión de aire durante el llenado o vaciado de la tubería, así como la eliminación del aire que se acumule cuando el sistema se encuentra en operación y bajo presión.

### 5.4.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Para todos los temas que involucra el procedimiento de mantenimiento como son; inspección del equipo, y registro de mantenimiento se recomienda consultar los puntos indicados para las válvulas de compuertas

Se puede auxiliar también con ayuda del formato ilustrado en la Tabla 5.4.

Ilustración 5.8 Válvula de admisión y expulsión de aire

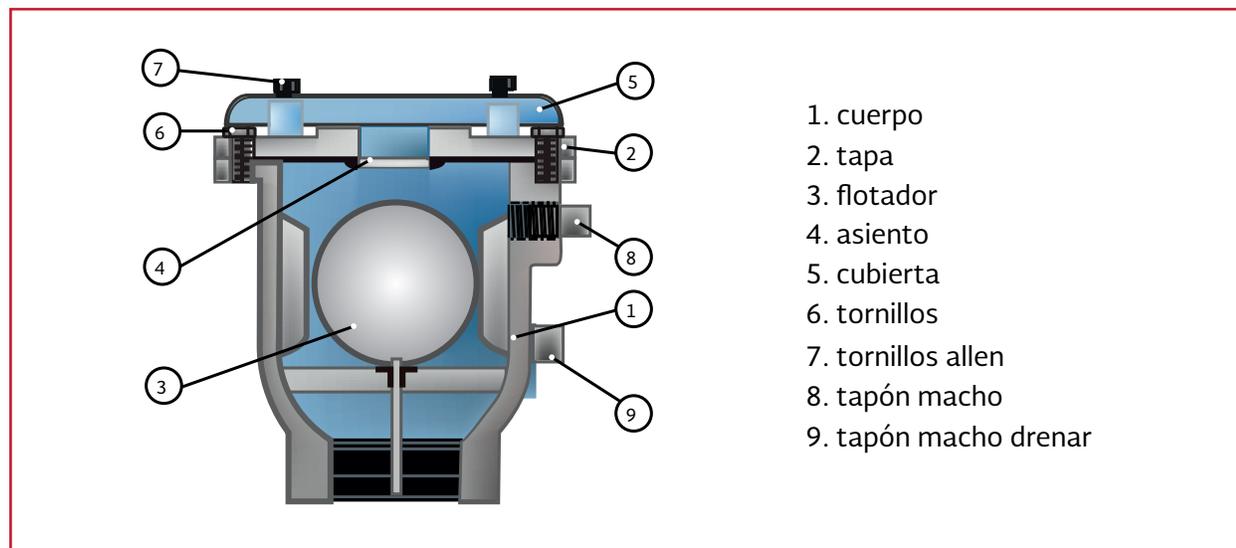
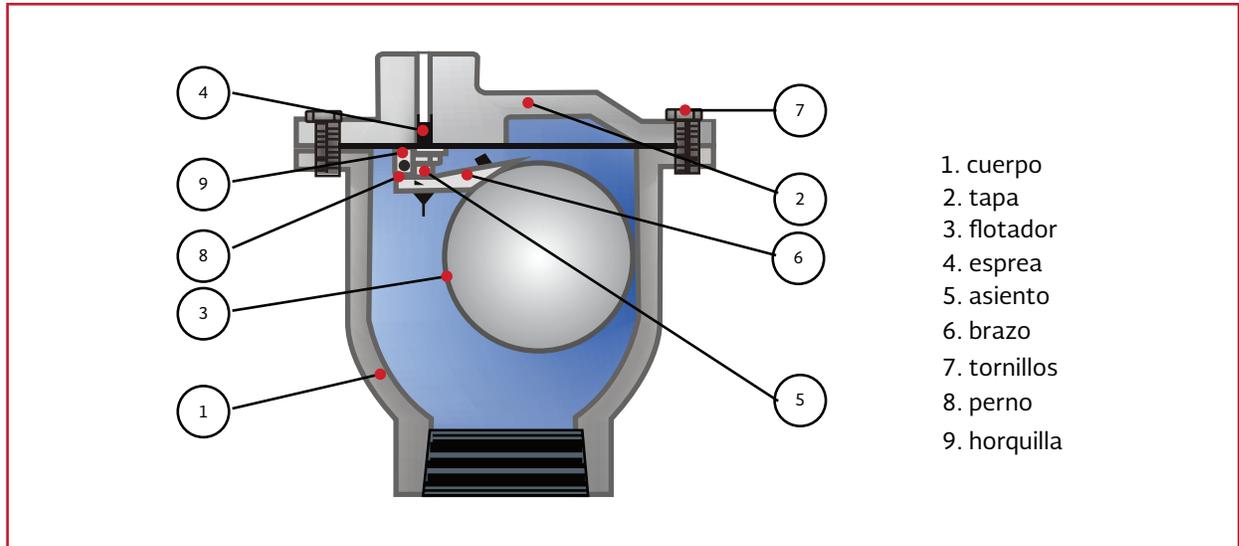


Ilustración 5.9 Válvula de eliminación de aire



#### 5.4.2.1. Mantenimiento

1. Apretar los tornillos de sujeción del cuerpo de la válvula con la tubería. Si la unión de la válvula con la tubería es por medio de rosca apretar el niple (si es el caso)
2. Apretar los tornillos de sujeción de la cubierta y/o la tapa
3. Reponer los elementos de sujeción faltantes o deteriorados (pernos, tornillos y tuercas)
4. Recubrir con pintura la válvula cuando el recubrimiento se haya deteriorado para evitar la oxidación y su consecuente deterioro

Para el mejor funcionamiento de la válvula se requiere desarmarla periódicamente, para inspeccionar sus partes internas (cada año aproximadamente, siempre que sea posible). Para esto es necesario:

1. Cerrar la válvula de seccionamiento
2. Quitar los pernos de la cubierta y retirarla

3. Quitar los pernos de la tapa y retirarla
4. Revisar el asiento. Limpiarlo y/o rectificarlo o cambiarlo si es necesario
5. Revisar el flotador y su guía (si es el caso). Limpiarlos o cambiarlos si es necesario
6. Revisar la aparición de grietas internas
7. Revisar la formación de corrosión. Si se requiere, limpiar el interior de la válvula
8. Invertir el procedimiento para volver a montar

Para llevar a cabo este registro, se sugiere el formato de la Tabla 5.2.

## 5.5. VÁLVULAS DE ALIVIO

### 5.5.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

El elemento esencial de la válvula de alivio es un disco, que se presiona contra el asiento por medio de un resorte, con lo cual se logra el cierre hermético de la válvula. El disco se abre debido a la presión del fluido, antes de que dicha presión

sobrepase la presión máxima de trabajo de la tubería, Ilustración 5.10 e Ilustración 5.11.

## 5.5.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Para todos los temas que involucra el procedimiento de mantenimiento como son; inspección del equipo, y registro de mantenimiento se recomienda consultar los puntos indicados para las válvulas de compuertas.

Se puede auxiliar también con ayuda del formato ilustrado en la Tabla 5.5.

### 5.5.2.1. Mantenimiento

1. Cierre la válvula de seccionamiento
2. Limpiar la aguja indicada en la, pero antes de hacerlo se requiere contar a cuantas vueltas está abierta, para que posteriormente sea regresada a su calibración original
3. Aflojar al máximo el tornillo del piloto indicado en la Ilustración 3.1
4. Abrir lentamente la compuerta (válvula de seccionamiento) para que el fluido limpie la válvula y vuelva a cerrar la compuerta
5. Recalibrar la válvula (ver pruebas)
6. Apretar los tornillos de sujeción del cuerpo de la válvula con la tubería o el elemento de sujeción
7. Apretar los tornillos de la válvula
8. Reponer los elementos de sujeción faltantes o deteriorados (pernos, tornillos y tuercas)
9. Recubrir con pintura la válvula cuan-

do el recubrimiento se haya deteriorado para evitar la oxidación y su consecuente deterioro

Para el mejor funcionamiento de la válvula se requiere desarmarla periódicamente, para inspeccionar sus partes internas (cada año aproximadamente). Para esto es necesario:

1. Cerrar la válvula de seccionamiento
2. Desmontar la válvula si es necesario

#### ***Mantenimiento del piloto:***

1. Desconectar la toma de presión y descarga conectada al piloto
2. Retirar el piloto de la válvula
3. Aflojar la contratuerca del tornillo de ajuste
4. Aflojar el tornillo de ajuste del piloto
5. Aflojar y quitar los tornillos del cuerpo del piloto
6. Sustituir los componentes que lo requieran, que generalmente son: resorte y/o diafragma
7. Invertir el procedimiento para volver a montar

#### ***Mantenimiento de las partes internas de la válvula:***

1. Aflojar el tornillo de ajuste del disco de cierre de la válvula (si existe), colocar marca que indique la posición de ajuste
2. Aflojar y quitar los tornillos de sujeción del bonete y retirarlo
3. Quitar el resorte de ajuste del disco de cierre de la válvula

Ilustración 5.10 Ejemplo de válvulas de alivio

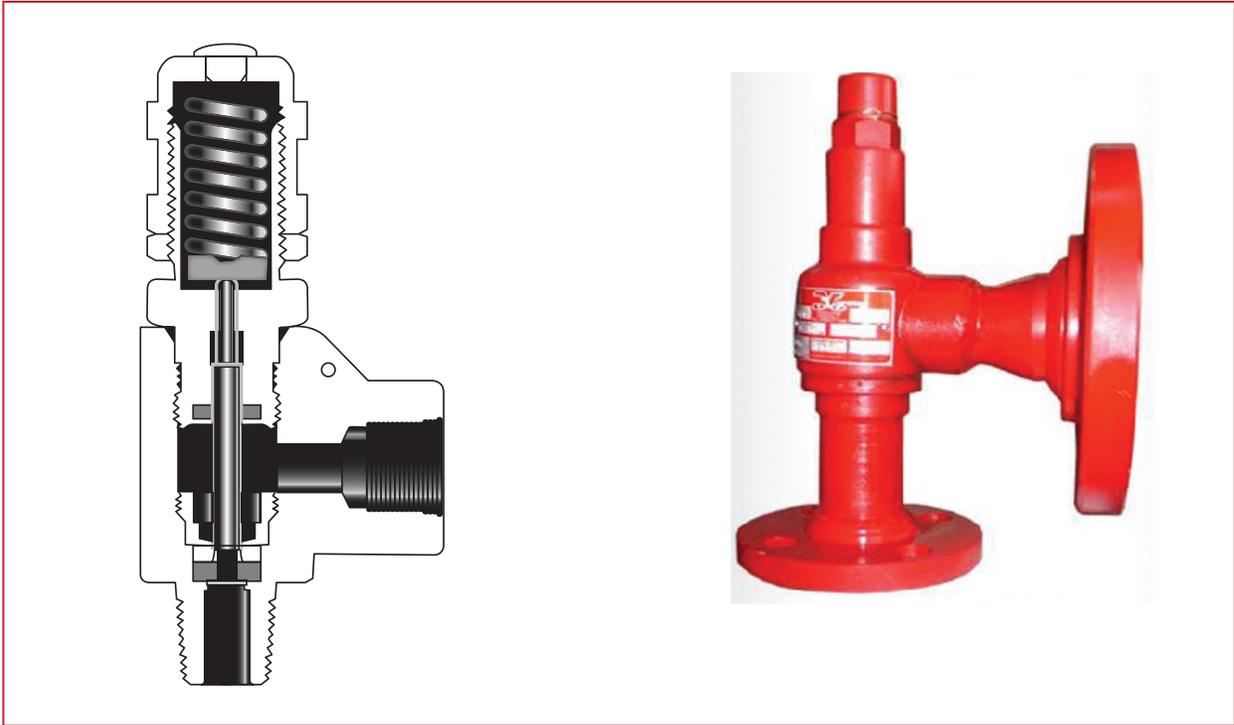


Ilustración 5.11 Válvula de alivio sostenedora de presión



4. Quitar el diafragma de cierre del disco
5. Retirar el disco de cierre
6. Revisar la superficie del disco de cierre y su asiento
7. Revisar la aparición de grietas
8. Revisar la formación de corrosión
9. Asentar el disco contra su asiento. Si se requiere, utilizar pasta de esmeril para la ejecución del trabajo de rectificación del asiento
10. Sustituir los componentes que lo requieran, que generalmente son: disco, resorte o diafragma
11. Invertir el procedimiento para volver a montar

Para llevar a cabo este registro, se sugiere el formato de la Tabla 5.2.

Las siguientes tablas son recomendaciones generales, sin embargo deberá consultarse la información técnica de fabricante referente a las especificaciones del mismo.

**PRECAUCION:**

Cuando sea necesario desmontar la válvula de la tubería, se requiere que la tubería no esté presurizada o que se haya cerrado la válvula de compuerta que secciona a la válvula de alivio.

Tabla 5.1 Registro de mantenimiento

<b>Inspección del Equipo</b>	<b>Bien</b>	<b>Regular</b>	<b>Mal</b>
Fugas a través de empaquetaduras o sellos			
Sujeción de la válvula y sus mecanismos de operación			
Aparición de grietas			
Lubricación del vástago de la válvula			
Nivelación de la válvula			
Recubrimiento de la válvula			
<b>Mantenimiento Preventivo</b>		Si	No
Se apretaron tornillos de la válvula			
Se repusieron elementos de sujeción faltantes (pernos, tornillos y tuercas).			
Se accionaron los mecanismos y motores de la válvula			
Se lubricaron las cuerdas del vástago			
Se apretaron tornillos de la válvula			
Se recubrió la válvula			
<b>Mantenimiento Correctivo</b>		Si	No
Se cambió el estopero o sello de la válvula			
Se rectificaron o limpiaron las superficies del disco			
Se rectificaron o limpiaron los asientos			

Tabla 5.2 Formato para la inspección del equipo

Identificador de la válvula	Estación de bombeo
Tipo de válvula:	Ubicación de la estación de bombeo:
Marca de la válvula:	
Fecha de salida de servicio (h/d/m/a):	Fecha de inicio del mantenimiento (h/d/m/a):
Descripción del tipo de falla:	
Descripción del tipo de mantenimiento:	
Refacciones requeridas:	
Fecha de terminación del mantenimiento (h/d/m/a):	Fecha de entrada en operación de la válvula (h/d/m/a):
Comentarios:	

Tabla 5.3 Registro de mantenimiento válvula de no retorno

Inspección del Equipo	Bien	Regular	Mal
Fugas a través de la junta de la tapa			
Fugas a través de la sujeción de la válvula con la tubería			
Aparición de grietas			
Nivelación de la válvula			
Recubrimiento de la válvula			
<b>Mantenimiento Preventivo</b>		Si	No
Se apretaron tornillos de la tapa			
Se apretaron los tornillos de sujeción de la válvula con la tubería (o se ajustó el niple, si es roscada)			
Se recubrió la válvula			
<b>Mantenimiento Correctivo</b>		Si	No
Se rectificaron o limpiaron las superficies del disco			
Se rectificaron o limpiaron los asientos			
Se cambiaron componentes internos (tuercas, pasador, colgador, resortes)			

Tabla 5.4 Registro de mantenimiento de válvula de admisión y expulsión de aire

<b>Inspección del Equipo</b>	<b>Bien</b>	<b>Regular</b>	<b>Mal</b>
Fugas a través del venteo de la válvula			
Fugas a través de la sujeción de la válvula con la tubería			
Aparición de grietas			
Recubrimiento de la válvula			
<b>Mantenimiento Preventivo</b>		Si	No
Se apretaron los elementos de sujeción de la válvula con la tubería			
Se apretaron tornillos de la cubierta y/o la tapa			
Se repusieron elementos de sujeción faltantes (pernos, tornillos y tuercas)			
Se recubrió la válvula			
<b>Mantenimiento Correctivo</b>		Si	No
Se limpió, rectificó o cambió el asiento			
Se limpió o cambió el flotador y/o guía			
Se revisó la formación de grietas			
Se limpió el interior de la válvula			
Se cambió la junta de la tapa			

Tabla 5.5 Registros de mantenimiento de válvula de alivio

<b>Inspección del Equipo</b>	<b>Bien</b>	<b>Regular</b>	<b>Mal</b>
Fugas a través de la junta de la tapa			
Sujeción de la válvula con la tubería			
Aparición de grietas			
Nivelación de la válvula			
Recubrimiento de la válvula			
<b>Mantenimiento Preventivo</b>		Si	No
Se apretaron los elementos de sujeción de la válvula con la tubería			
Se apretaron tornillos de la válvula			
Se repusieron elementos de sujeción faltantes (pernos, tornillos y tuercas)			
Se recubrió la válvula			
<b>Mantenimiento Correctivo</b>		Si	No
Se revisó la superficie del disco y su asiento			
Se revisó la aparición de grietas			
Se revisó la formación de corrosión			
Se rectificó o limpió la superficie del disco			
Se rectificó o limpió el asiento del disco			
Se sustituyeron componentes (disco, resorte, juntas)			

## 5.6. BOMBAS CENTRÍFUGAS HORIZONTALES DE CARCASA BIPARTIDA

### 5.6.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Las bombas horizontales son de diseño compacto que permite el fácil acceso para la inspección, remoción o instalación de la mayoría de sus componentes. En este tipo de equipos, no se requiere desacoplar el motor o las tuberías de succión y descarga, para efectuar algunas actividades de mantenimiento, Ilustración 5.12.

### 5.6.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Dadas las diferencias en diseño y materiales de construcción de las bombas centrífugas horizontales de carcasa bipartida, los procedimientos de mantenimiento deben apegarse a las instrucciones del fabricante antes de su puesta en servicio. Sin embargo en esta sección se indican los aspectos principales que deben considerarse. Ver Ilustración 5.13.

#### 5.6.2.1. Inspección y diagnóstico

En esta sección se incluyen las acciones periódicas para asegurar la adecuada operación del equipo, así como la relación entre los síntomas principales de un mal funcionamiento y las posibles causas de falla en las bombas, para ayudar al diagnóstico de fallas en estos equipos. Cabe mencionar que las acciones de inspección semestral y anual se realizan con el equipo desarmado.

#### *Observación diaria*

Los equipos deben inspeccionarse cada hora durante operación. El formato de la Tabla 5.6 apoya el registro de la observación diaria de las condiciones o parámetros de operación de la bomba, en el que la persona encargada de la inspección podrá reportar cualquier irregularidad relacionada con su funcionamiento.

1. Verifique si hay niveles inusuales de ruido, vibraciones y de temperaturas en los cojinetes
2. Inspeccione la bomba y la tubería viendo si tienen fugas
3. Verifique que no haya fugas en la cámara de sello

Ilustración 5.12 Bombas con carcasa bipartida



### Inspección semestral

La inspección semestral debe incluir:

1. El estopero
2. La empaquetadura
3. El prensaestopas
4. El alineamiento entre el motor y la bomba
5. El estado de lubricación de los baleros
6. El estado de la cubierta
7. Verifique la cimentación y los pernos de sujeción viendo si están apretados
8. Si la bomba tiene empaque y ha sido dejada sin funcionar, verifique el empaque. Cambie si es necesario
9. El aceite se debe cambiar por lo menos cada 3 meses (2 000 horas) o más frecuentemente si hay condiciones atmosféricas adversas u otras condiciones que puedan contaminar o descomponer el aceite, o si éste es turbio o está contami-

nado visto por la inspección a través del indicador de nivel (Referencia tomada de fabricante)

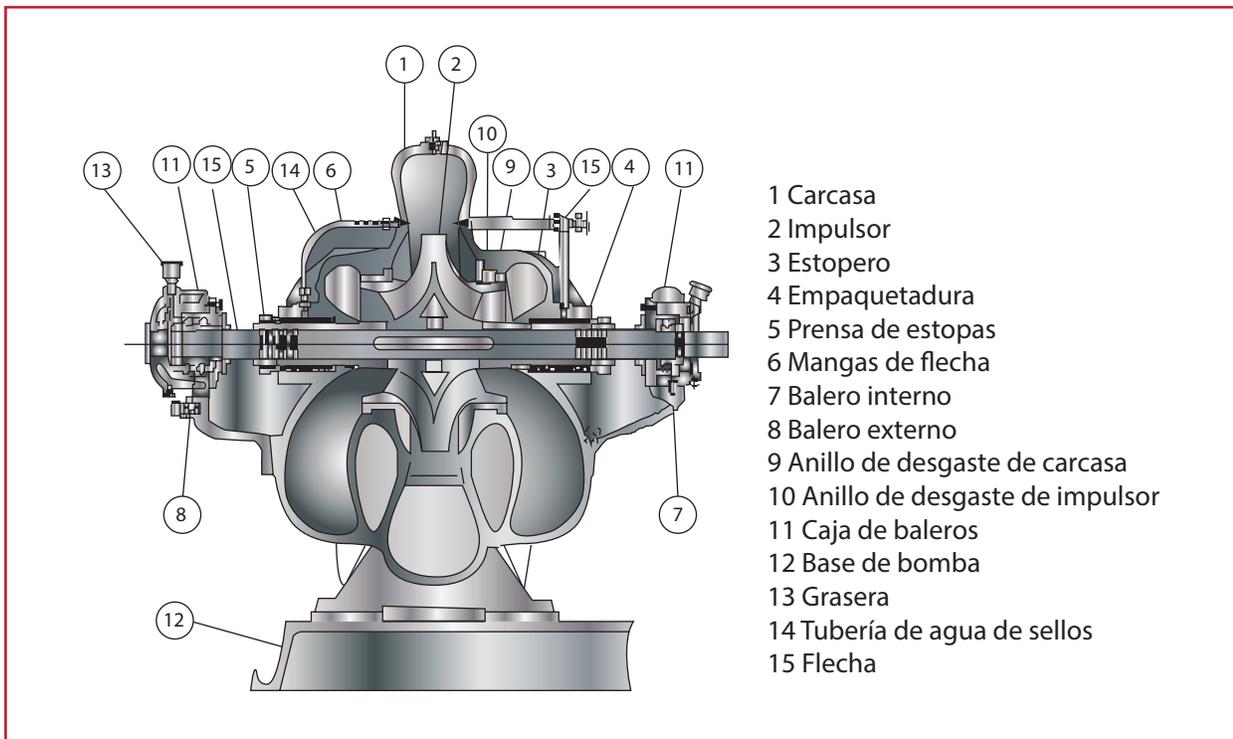
10. Verifique la alineación y realinee si se requiere

### Inspección anual

Generalmente, debe efectuarse una inspección cuidadosa y completa de la bomba una vez al año. Además de realizar las actividades de mantenimiento semestral, se recomienda:

1. Desconectar el acoplamiento con el motor y verificar su alineamiento
2. Revisar y destapar con aire comprimido los drenes, la tubería de agua de sello, la tubería de agua de enfriamiento, así como las venas de la cubierta
3. Revisar las cubiertas para identificar si existe desgaste excesivo. Una buena

Ilustración 5.13 Bomba centrífuga horizontal, doble succión de carcasa bipartida axialmente



- práctica es la de limpiar y pintar anualmente las vías de agua de la cubierta
4. Examinar cuidadosamente en todas sus superficies del impulsor para ver si hay desgaste, la inspección también debe incluir el cubo y el cuñero
  5. Desmontar y revisar la empaquetadura para determinar el grado de desgaste, generalmente deben reempacar los estoperos
  6. Desmontar y revisar las mangas de flecha para determinar el grado de desgaste
  7. Desmontar y revisar cuidadosamente la flecha para ver si hay de desgaste o irregularidades, especialmente en todos los ajustes importantes, como los calibres de los cubos del impulsor, debajo del manguito de la flecha y en los cojinetes así como en los cuñeros. La flecha debe inspeccionarse para ver si hay grietas por fatiga, aunque éstas son raras
  8. Desmontar, limpiar y revisar los baleros para determinar la existencia de defectos y su grado de desgaste. Inmediatamente después de la inspección los baleros deben cubrirse con una capa de aceite o grasa para evitar que se empolven o humedezcan. Nunca deje los baleros o la caja de baleros sin este tipo de protección o en lugares inadecuados, las condiciones de almacenamiento y cuidado de las partes, son muy importantes para evitar limpiar nuevamente y garantizar su buen estado al momento de su instalación
  9. Limpiar adecuadamente las cajas de baleros
  10. El nivel de ruido del conjunto Bomba-Motor, debe ser máximo de 85 dB(A) a un metro y medio de distancia, cumpliendo con la NOM-011-STPS última versión

Después de cualquier reparación a los componentes internos de la bomba deberá probarse nuevamente el equipo al terminar la reparación.

#### 5.6.2.2. Diagnóstico de fallas

Además de las inspecciones periódicas, la revisión y comparación del funcionamiento de la bomba en relación con sus condiciones normales de operación, constituye una buena práctica de mantenimiento. Estas acciones permitirán identificar las medidas correctivas para corregir los problemas que se presenten. Es importante mencionar que el funcionamiento de una bomba centrífuga puede afectarse tanto por dificultades mecánicas como hidráulicas. Cabe recordar que con frecuencia existe una relación bien definida entre estas dificultades.

Generalmente, existen diez síntomas principales a los cuales están asociadas las posibles causas de fallas o problemas en una bomba centrífuga. La Tabla 5.7 y Tabla 5.8 muestran esta relación, y pueden usarse como tablas de verificación de operación, cada vez que se vigile el equipo.

#### 5.6.2.3. Desarmado completo

En general, las bombas centrífugas deben desarmarse con mucho cuidado siguiendo el siguiente procedimiento, en caso de que la bomba no pueda operar con válvula de descarga cerrada:

1. Desconectar el suministro de energía al motor
2. Cerrar las válvulas de descarga
3. Cerrar la válvula de suministro de agua de enfriamiento a estoperos (en caso de existir)
4. Cerrar la válvula de succión
5. Drenar la cubierta de la bomba

6. Remover el empaque, el farol de sello y el prensaestopas
7. Aflojar y retire las tuercas que aseguran la carcasa
8. Levantar la mitad superior de la carcasa verticalmente
9. Desmontar el anillo de desgaste de la carcasa y la junta de la carcasa
10. Aflojar el tornillo o tuerca del impulsor
11. Desmontar el impulsor y la cuña del impulsor
12. Retirar las tuercas de la caja de empaques al soporte de baleros
13. Desmontar el anillo de desgaste de la caja de empaques y el buje de garganta del estopero
14. Desmontar la manga
15. Separar las tapas de los baleros radiales y axiales
16. Extraer el conjunto flecha y baleros
17. Desmontar los baleros de la flecha

Es importante recordar que durante el proceso de desarmado de la bomba, se deben marcar todas las partes removidas para asegurar su correcta instalación al volverse a armar.

#### 5.6.2.4. Mantenimiento de partes,

##### **Cubiertas**

Generalmente, las bombas para aguas limpias y tratadas no están sujetas a desgaste excesivo de las cubiertas. Sin embargo, las vías de agua de la cubierta deben pintarse y limpiarse durante una reparación general. Se debe utilizar una pintura adecuada que se adhiera firmemente al metal de manera que la velocidad del agua no la lave o arrastre.

Una pintura de acabado de esmalte es la más eficiente. Cabe mencionar que desde un punto de vista preventivo se debe establecer un programa de limpieza y pintura basado en las condiciones de trabajo. Esto evitará que la capa protectora se desgaste completamente antes de reponerla, evitando así la corrosión.

Si la cubierta está picada o gastada en algunos lugares, se puede reparar con soldadura de latón, de plata o metalizado a chorro, dependiendo del material de construcción y de los equipos e instalaciones disponibles.

Se debe tener cuidado especial para examinar y reacondicionar los ajustes de metal a metal en los que las partes estacionarias (anillos de cubierta, difusores) se asientan en la cubierta.

##### **Impulsores**

Generalmente, los impulsores de las bombas para manejo de aguas limpias y tratadas son de bronce, y tienen una vida razonablemente larga. Sin embargo, cuando una bomba trabaja en elevaciones de succión altas o a capacidades parciales se reduce la vida útil del impulsor.

En caso de que sea identificado un elevado grado de desgaste, y sea necesaria el cambio de un impulsor, será necesario evaluar la sustitución de los materiales, así como el aumento en su costo.

##### **Balanceo del impulsor**

Siempre que se saque durante una reparación un impulsor, debe balancearse antes de ser instalado nuevamente. Para un balanceo manual del impulsor siga el siguiente procedimiento:

1. Montar el impulsor en un eje (flecha) cuyos extremos se colocan en dos filos de navaja a nivel
2. Observar, si el impulsor está desbalanceado, que gire el eje y quede en reposo con su parte más pesada hacia abajo
3. Eliminar un poco de material de la parte del impulsor que quedó hacia abajo. Evite a toda costa la elaboración de agujeros en el exceso de material

En bombas de impulsores semi-abiertos, el metal que se elimina puede tomarse de la caja si el diseño lo permite o debajo de los álabes si los que están en lado más pesado son más gruesos que los otros. Este mismo método es el que se usa para balancear impulsores abiertos.

### ***Anillos de desgaste***

El mantenimiento de los anillos de desgaste involucra la instalación, las normas y tolerancias para el espacio libre (juego), una evaluación del desgaste permisible, así como de los procedimientos para medir y restaurar los espacios libres. Revisar Ilustración 5.14.

### ***Instalación***

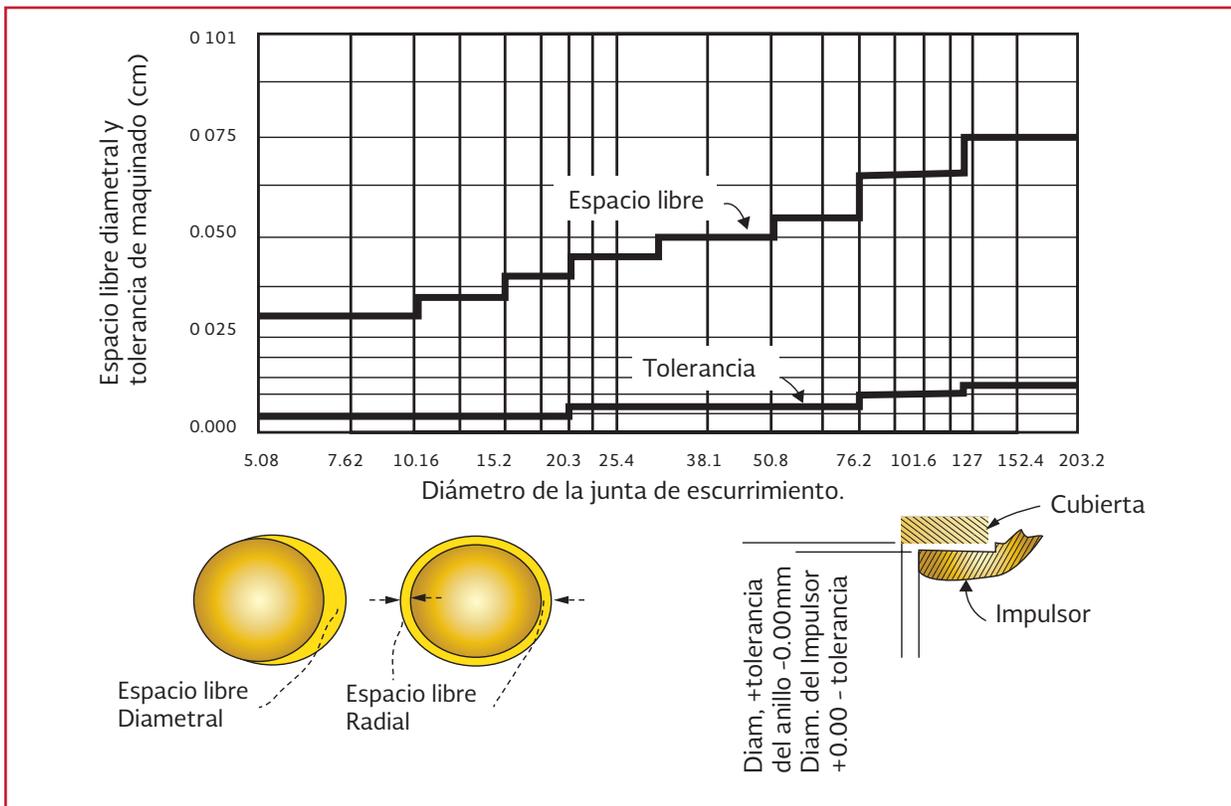
La mayoría de los anillos se prensan actualmente en los impulsores. Dado que puede presentarse una deformación durante el proceso de montaje, se recomienda verificar el impulsor o conjunto de impulsores y la flecha en su centros para ver si las nuevas superficies de los anillos están alineadas (ovaladas-excéntricas con respecto al eje “cabeceo”) y si no, se deben alinear. Si se cuenta con los recursos adecuados, será fácil adquirir anillos de un tamaño ligeramente mayor y ajustar, con una máquina-herramienta, las superficies de desgaste al diámetro correcto después de ser montados.

### ***Espacio Libre (Juego)***

Las recomendaciones del fabricante para el juego de los anillos de desgaste y su tolerancia de una bomba centrífuga, deberán aceptarse y seguirse.

Una estimación de los claros originales del anillo de desgaste, que puede llevarse a cabo en el taller de mantenimiento, está basada en normas y tolerancias para el espacio libre (típico) de juntas de desgaste de materiales en bombas para servicio general. Estas normas se aplican a las siguientes combinaciones de materiales: a) bronce con otro bronce distinto, b) hierro fundido con bronce, c) acero con bronce, y d) hierro fundido con hierro fundido. En metales como los aceros al cromo, los valores deberán aumentarse en aproximadamente 0.0508 mm. En bombas para agua de carcasa bipartida axialmente de varios pasos, el espacio libre o claro del diámetro básico deberá aumentarse en 0.075 mm para anillos de desgaste grandes. Cabe mencionar que la tolerancia es en “más” (+) para el anillo de la cubierta y en “menos” (-) para el cubo o el anillo del impulsor. Es importante mencionar, que las recomendaciones del fabricante, la temperatura del líquido bombeado, las condiciones de la succión y las características de expansión y rugosidad de los materiales utilizados, son tomadas en cuenta para determinar el espacio libre. Para materiales de hierro fundido, bronce, acero al cromo y otros materiales con bajas tolerancias de rugosidad, el claro diametral mínimo en función del diámetro anillo o elemento rotatorio es mostrado en la Tabla 5.9, cabe mencionar que los valores indicados en la tabla anterior deben incrementarse en 0.127 mm cuando se usen materiales para tolerancias mayores de rugosidad y/o condiciones de operación mayores de 260 °C.

Ilustración 5.14 Espacios libres en los anillos de desgaste



### Desgaste Permisible

En vista de que intervienen muchos factores (eficiencia, operación, costo de reparación, entre otros), es difícil generalizar en la cantidad de desgaste aceptable antes de que una bomba tenga que desarmarse y sea removida la junta de desgaste. No obstante, la reposición de anillos se justifica, como guía general, cuando el aumento en el espacio libre es del 100 por ciento en el juego.

Durante las actividades de mantenimiento, aun cuando el espacio libre no sea excesivo y la bomba pueda volverse a ensamblar, sin haber removido los anillos de la junta de desgaste, siempre se debe verificar el diámetro del cubo del impulsor y el diámetro interior del anillo de

desgaste fijo para determinar si existe excentricidad en el desgaste.

### 5.6.2.5. Flechas y mangas de flecha

#### Flechas

Generalmente, es raro reponer una flecha de una bomba centrífuga. Después de una inspección visual, la flecha debe colocarse en centros y verificar su concentricidad. No debe corregirse una flecha doblada o deformada, pues el proceso es difícil aún en la fábrica especialmente equipada para hacer el trabajo. Tampoco debe soldarse una flecha que haya sido dañada, porque siempre se deformará. Las flechas dobladas o deformadas deben reponerse siempre.

## ***Mangas de Flecha***

Estos componentes son la parte de la bomba que se desgasta más rápidamente y la que requiere más frecuentemente reponerse. Las mangas gastadas excesivamente, rasgan y marcan cualquier empaquetadura nueva tan pronto como se coloca, por ello, las mangas requieren reparación o reposición.

El grado de acanalamiento por desgaste permisible de la manga depende del tipo de acanalamiento. Generalmente, la superficie de la manga está bien pulida por la acción de la empaquetadura, y el acanalamiento es ondulado en vez de estar compuesto de canales separados precisos bajo cada uno de los diversos anillos de empaque. En algunas ocasiones, es permitido un ligero esmerilado de estas mangas para volver a utilizarlas, si el servicio de la bomba no es muy severo. Las mangas reparadas deben tener una superficie lisa y las partes restauradas no deben tener defectos ni deformaciones.

El diámetro exterior de la manga de la flecha no deberá reducirse a tal punto, que el espacio libre excesivo en el fondo del estopero permita que cualquier empaquetadura sea forzada dentro de la bomba cuando se apriete el prensaestopas. Generalmente, las mangas de flecha no deben esmerilarse más de 0.625 a 0.75 mm (0.25" a 0.30") en el diámetro y se les debe dar un acabado de 0.0004 mm.

### **5.6.2.6. Estoperos y empaquetaduras**

El mantenimiento de los estoperos consiste en los siguientes puntos:

1. Extraer el empaque viejo completamente, usando un extractor de empaqueta-

duras, si se tiene a mano. Es importante limpiar perfectamente la caja de empaque así como sus conductos (venas de la cubierta) de enfriamiento al farol (jaula de sello). Nunca se debe agregar uno o dos anillos al empaque viejo

2. Revisar el prensaestopas; verificar su sujeción además de holgura que conserve entre éste y la manga o la flecha, que no debe exceder de 0.762 mm (0.030 pulgadas)
3. Reponer las empaquetaduras. Para reempacar un estopero se recomienda seguir el siguiente procedimiento:
  - a) Revisar la manga de flecha para asegurarse que está en condiciones aceptables
  - b) Revisar que la empaquetadura nueva sea del tipo adecuado para el líquido, presión y temperatura de operación
  - c) Insertar cada anillo de empaquetadura por separado. Los anillos de empaque sucesivos deberán girarse para que sus juntas queden separadas 120 o 180 grados
  - d) Cuando se use una jaula de sello, se debe asegurar de que se sea instalada entre los dos anillos de empaque apropiados
  - e) Instalar el prensaestopas y apriete firmemente las tuercas del mismo, después de que se han insertado todos los anillos de empaquetadura requeridos. Se debe revisar que el casquillo penetre en el estopero de tal forma que toda la periferia de la empaquetadura tenga una presión uniforme
4. Retroceder las tuercas del prensaestopas hasta que sólo estén apretadas con los dedos, esto debe efectuarse después del primer apriete. Arrancar la bomba con el estopero flojo, de modo que haya un

escurrimiento inicial excesivo. Apretar ligeramente y en forma pareja las tuercas del prensaestopas, a intervalos de 15 a 20 minutos de modo que el escurrimiento se reduzca a lo normal después de varias horas

#### 5.6.2.7. Cojinetes de bolas y rodillos

##### **Lubricación, limpieza y cambio**

Los cojinetes de bolas y rodillos no requieren una gran cantidad de lubricante. Por el contrario, para producir una lubricación satisfactoria por un período considerable de tiempo, basta una pequeña cantidad de aceite o la cantidad correspondiente de grasa distribuidas sobre la superficie de las bolas o rodillos del balero. En las bombas centrífugas de carcasa bipartida, las copas graseras son las más frecuentemente utilizadas para la lubricación de baleros (cojinetes) de bolas y de rodillos. Para relubricar los baleros lubricados con grasa, que tienen cajas con tapones de drenaje, la práctica usual es quitar el tapón de drenaje y forzar grasa por el balero hasta que empieza a salir grasa nueva por la abertura de drenaje. Esta acción se puede realizar recargando la copa, esto se efectúa destornillando la tapa, llenándola de grasa y volviéndola a rosca en la base. A medida que se va atornillando la tapa, la grasa es forzada a través del agujero para hacerla llegar al área del cojinete. Cabe mencionar que se debe permitir que la bomba trabaje por lo menos 20 minutos antes de volver a colocar el tapón de drenaje, para que pueda escapar el exceso de lubricante de la caja.

##### **Limpieza**

Si se desea limpiar los baleros (cojinetes de bolas) sin sacarlos de las bombas, se sugiere el siguiente procedimiento:

1. Limpiar con un trapo la caja del balero y retire la graseras y el tapón de drenaje
2. Limpiar las aberturas de grasa endurecida
3. Inyectar algún solvente, como tetracloruro de carbono, en la caja del balero mientras la bomba está trabajando; al adelgazarse la grasa, saldrá por la abertura del dren; agréguese solvente hasta que salga limpio
4. Desalojar el solvente con un aceite ligero
5. Agregar grasa nueva y colocar el tapón de drenaje y la graseras

En caso de requerirse una limpieza de los baleros una vez que han sido desmontados de la bomba, se deben seguir los siguientes puntos:

1. Lavar los baleros en querosén claro mientras que mueve el anillo interior hacia atrás y hacia delante para aflojar la grasa
2. Limpiar con aire comprimido
3. Enjuagar nuevamente los baleros y vuelva a limpiar con aire comprimido
4. Lubricar el balero para evitar oxidación
5. Verificar que el balero (cojinete) gire en forma muy silenciosa

##### **Cambio de baleros**

En caso del reemplazo de algún tipo de cojinete de bolas o rodillos, debe tenerse particular cuidado de que el nuevo cojinete a utilizar sea del tipo, características y condiciones de operación necesarias para el equipo.

Los aspectos que se deben tener en cuenta al manejar estos componentes son:

1. Extraer los baleros (cojinetes de bolas) de su caja hasta que estén listos para instalarse, esto evitará su contaminación
2. Mantener las manos y las herramientas limpias
3. Evitar la eliminación de la grasa de empaque de un balero nuevo
4. Mantener cubierta la lata de grasa
5. Usar trapos limpios para la limpieza de los baleros
6. Conservar limpio el banco de trabajo
7. Colocar los baleros sobre periódicos limpios
8. Limpiar perfectamente los asientos de la caja y la flecha
9. Verificar que los interiores de los alojamientos de los baleros estén libres de arenilla, polvo o partículas extrañas
10. Cubrir los baleros expuestos si se dejan así durante la noche

La vida de los cojinetes de bolas y de rodillos depende del fabricante, generalmente, para bombas que están en servicio las 24 horas, la vida en horas de operación de los cojinetes es de 40 000 a 50 000. Sin embargo, los equipos que se encuentran en estaciones de bombeo pueden tener una vida de aproximadamente 100 000 horas de operación.

#### 5.6.2.8.Verificación de alineamiento

Debe verificarse la alineación entre el motor y la bomba. El primer paso es el de asegurarse que giren libremente tanto el rotor o flecha de la bomba como del motor. Se debe colocar una regla recta a través del acoplamiento por un lado y por arriba; al mismo tiempo, las caras de las mitades del acoplamiento deberán verificarse con un medidor cónico de espesores o con un calibrador de hojas, para saber si las caras están

paralelas. Se tendrá un alineamiento correcto cuando la distancia entre las caras sea la misma en todos los puntos y una regla recta asienta bien en cualquier punto de los cantos. En el caso en que las caras no sean paralelas, tanto el medidor de espesores como el calibrador de hojas mostrarán una diferencia en distintos puntos. Por otra parte, si un acoplamiento está más alto que otro, la cantidad de desalineamiento puede determinarse utilizando una regla recta y los calibradores de hojas.

#### 5.6.2.9.Procedimiento de arranque

Los pasos a seguir para el arranque de una bomba centrífuga dependen de su tipo y el servicio en el que está aplicada. Es decir, el procedimiento de arranque es función de las características de funcionamiento del equipo en cuestión; de esta forma, existen bombas que manejan cargas altas y medianas que suben de una condición de cierre a la condición de capacidad normal de operación, por lo tanto, estas bombas deben arrancarse contra válvula de descarga cerrada. Por otra parte, en las bombas de flujo mixto la curva de consumo de energía o curva de potencia tiene una característica opuesta a las bombas de flujo radial; es decir, con bajo gasto la potencia se incrementa. Esto significa que las bombas de este tipo de deben arrancar con la válvula de descarga totalmente abierta.

En el caso en que la bomba esté accionada por un motor eléctrico y que se pueda arrancar contra una válvula de compuerta cerrada, el procedimiento de arranque es el siguiente:

1. Verificar las conexiones eléctricas del motor
2. Verificar el alineamiento entre motor y bomba

3. Cebiar la bomba, abriendo la válvula de succión y cerrando las purgas
4. Abrir la válvula de suministro de agua a los estoperos si son enfriados con agua (en caso de existir)
5. Arrancar el motor
6. Abrir la válvula de descarga lentamente
7. Verificar el escurrimiento en los estoperos y ajustar la válvula de sello para tener un flujo apropiado de lubricación de la empaquetadura. En caso de utilizar una empaquetadura nueva, no se debe apretar el prensaestopas inmediatamente, se debe permitir que se asiente el empaque antes de reducir el escurrimiento por los estoperos
8. Verificar la operación general tanto de la bomba como del motor eléctrico, efectuando una inspección visual de fugas y tratando de identificar ruidos o condiciones de operación anormales

Si la construcción de la instalación requiere que la bomba arranque contra una válvula de retención cerrada con la válvula de compuerta de la descarga abierta, se deben seguir los mismos pasos mencionados arriba, excepto que la válvula de compuerta de la descarga se deberá abrir un poco antes de arrancar el motor.

#### 5.6.2.10. Pruebas de funcionamiento

En campo, generalmente no se cuenta con toda la instrumentación para efectuar una prueba en donde se verifique el comportamiento completo de la bomba. Sin embargo, basado en la información del fabricante, como la curva de comportamiento, el equipo debe cumplir operar bajo determinadas condiciones para garantizar el buen funcionamiento de la instalación. Existen dos parámetros que determinan el punto (en la curva de comportamiento) de operación de

una bomba: la carga total y el gasto o caudal. En vista de que la mayoría de las instalaciones cuentan con medidor de caudal, la tarea restante consiste en la determinación de la carga total. Conociendo esta última, la prueba de verificación del funcionamiento se realiza al localizar la intersección de estas dos variables en la curva del fabricante, la cual debe estar muy próxima al punto de diseño de la bomba.

#### 5.6.2.11. Registros de mantenimiento

Debe generarse un archivo del registro de mantenimiento de la bomba, en el que se incluyan los formatos del programa de actividades de las inspecciones anuales o semestrales. Se sugiere el formato de la Tabla 5.10.

En muchos casos es recomendable obtener fotografías de las partes con desgaste excesivo antes de que sean reemplazadas; este tipo de registro gráfico proporciona más información del daño que una descripción. Cabe mencionar que el mantenimiento adecuado a una bomba no termina con el trabajo de reparación de las partes gastadas o dañadas.

El registro escrito de las condiciones de las partes a reparar, de la velocidad y aspecto del desgaste y el método que se utilizó para la reparación, es tan importante como el propio trabajo de reparación. Adicionalmente, la adecuada documentación de los trabajos contribuye al mejoramiento y planeación tanto de medidas preventivas como de diagnóstico, para reducir la frecuencia y los costos del mantenimiento. Se recomienda utilizar el formato de la Tabla 5.11 para documentar los trabajos de mantenimiento de partes. No debe olvidarse que el conservar y analizar los registros completos de los costos de mantenimiento y reparación de la bomba, jun-

to con un registro de horas de operación, puede indicar si un cambio de materiales o un cambio mínimo de diseño es el plan más económico a seguir.

#### 5.6.2.12. Partes de repuesto

El número mínimo de partes de repuesto que se deberán tener en existencia en el sitio de la instalación depende del tipo de servicio y en buena medida de la relación que se tenga en cuanto al tipo y calidad del mantenimiento y la calidad de los componentes involucrados. En el caso de las bombas de carcasa bipartida se deberá incluir:

1. Un juego de anillos de desgaste
2. Un juego de manas de flecha (o una flecha si no se usan mangas)
3. Un juego de cojinetes
4. Empaquetadura suficiente
5. Material para juntas

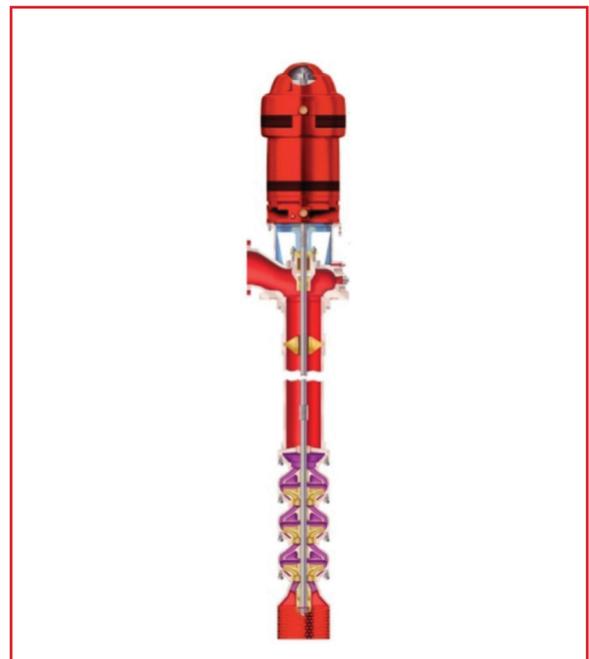
Cabe mencionar que se deben tener disponibles los datos necesarios para elaborar los pedidos de refacciones a los diferentes proveedores o fabricantes de los componentes. Entre estos se incluyen el número de serie y tamaño de la bomba indicado en la placa del fabricante, así como los números de parte de los componentes.

## 5.7. BOMBAS CENTRÍFUGAS VERTICALES TIPO TURBINA

### 5.7.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Las bombas centrífugas verticales tipo turbina están dedicadas a la operación sumergida y están desarrolladas para bombear, generalmente, agua de pozos. Estas bombas están diseñadas con una flecha que pueda fácilmente subirse o bajarse desde arriba para permitir el ajuste apropiado de la posición del impulsor en el tazón, Ilustración 5.15.

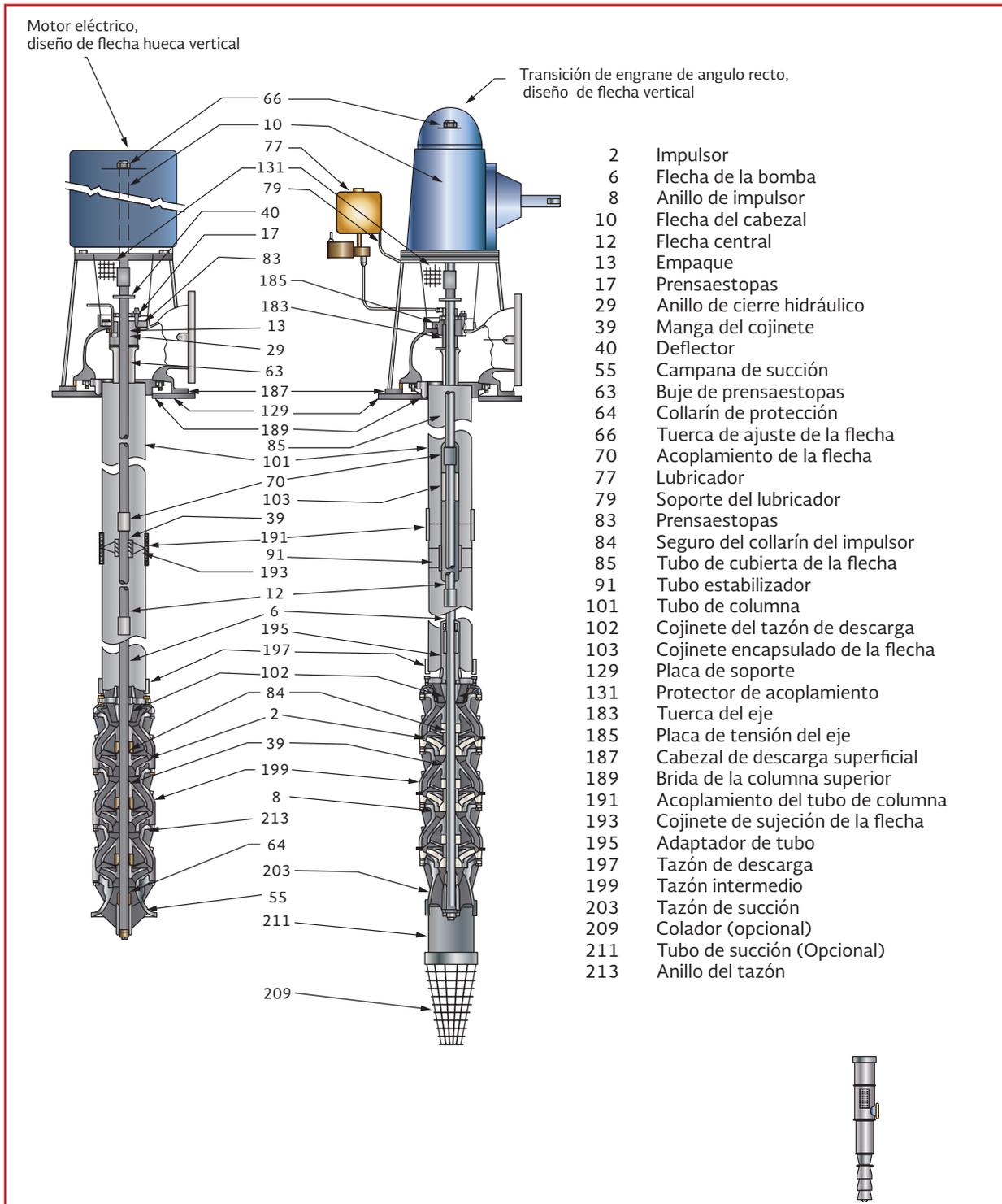
Ilustración 5.15 Ejemplo de bombas centrífugas verticales tipo turbina



Existen dos tipos principales, en la Ilustración 5.16 se muestra un esquema típico de una bomba centrífuga vertical tipo turbina con impulsores cerrados con línea de flecha cubierta (lubricación

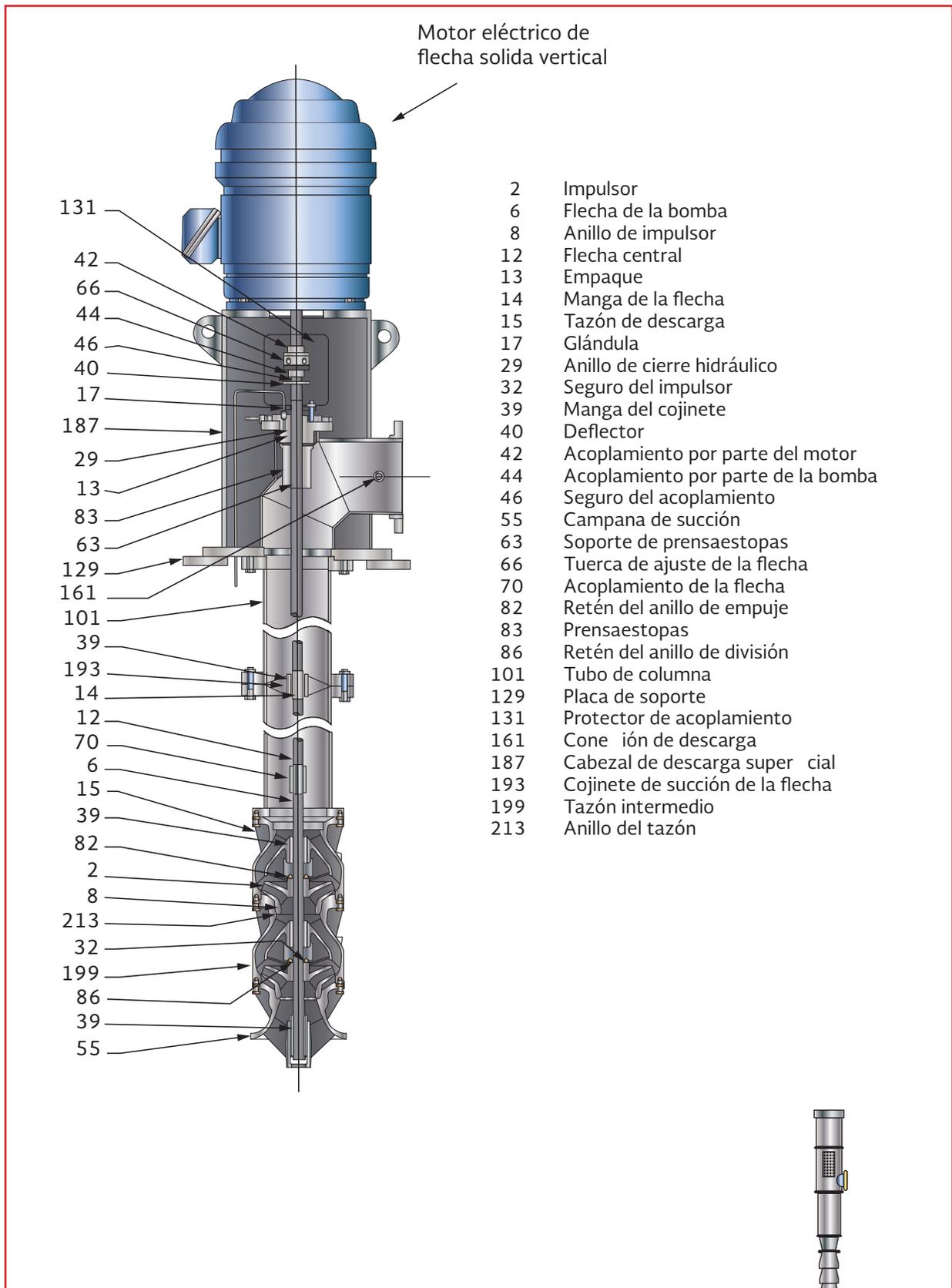
de aceite), y en la Ilustración 5.17 se muestra un esquema típico de una bomba centrífuga vertical tipo turbina con impulsores semi-abiertos con línea de flecha abierta (lubricación con agua).

Ilustración 5.16 Bomba vertical de pozo profundo (VS1)



Fuente:ANSI/HI 2.1-2.2

Ilustración 5.17 Bomba vertical de una sola etapa o multietapa, conjunto corto de flecha de línea abierta (VS1)



Fuente:ANSI/HI 2.1-2.2

## 5.7.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Para los temas de: inspección y diagnóstico, observación diaria, inspección semestral, inspección anual, mantenimiento de partes, diagnóstico de fallas, pruebas y puesta en servicio y registro de mantenimiento se debe consultar la información y utilizar los formatos de bombas horizontales de carcasa bipartida.

### 5.7.2.1. Desarmado y ensamble del cuerpo de tazones

En esta sección se incluyen las instrucciones para desarmar y ensamblar el cuerpo de tazones de una bomba centrífuga vertical tipo turbina lubricada por agua. Cabe mencionar, que los procedimientos dependen del tipo de impulsores utilizados así como del fabricante del equipo.

#### ***Desarmado del cuerpo de tazones con impulsores cerrados:***

1. Colocar la flecha de bomba en posición vertical
2. Verifique que la flecha debe estar en su posición más alta antes de intentar retirar un impulsor
3. Desmontar el tazón de descarga del último tazón intermedio
4. Desmontar el último impulsor
  - a) Sujetar la flecha de bomba en una mordaza con una cubierta de metal suave (por ejemplo, lámina de cobre), esto evitará dañar la flecha
  - b) Desmontar el impulsor de la flecha
5. Aflojar el cono de fijación
6. Deslizar el impulsor y el cono de fijación

(manga de flecha) sobre el extremo de la flecha de bomba

7. Afloje la flecha, destornillando el tornillo de fijación o tope de la flecha, y proceda a desmontar los demás tazones intermedios e impulsores hasta completar el número total de etapas
8. Remover la flecha del buje de la cabeza de succión
9. Con los tazones fuera del ensamble remover las chumaceras o bujes en los tazones. En el caso de utilizar doble buje (bronce y hule), remover primero el buje de hule

#### ***Ensamble del cuerpo de tazones con impulsores cerrados:***

1. Identificar las partes del cuerpo de tazones y verificar de acuerdo a la lista de partes y cantidades
2. Verificar el diámetro de los impulsores de acuerdo con las condiciones de operación requeridos
3. Instalar las chumaceras o bujes en los tazones. En el caso de utilizar doble buje (bronce y hule), coloque primero el buje de bronce. Utilice un adhesivo para colocar la chumacera de hule en su lugar, pero asegúrese de que no se obstruyan las venas de lubricación. Es importante mencionar que también debe instalarse el buje de bronce en la cabeza de succión. En algunas bombas el buje se extiende sobre el cubo de la cabeza
4. Instalar el primer impulsor (inferior). Siga los siguientes puntos:
  - a) Colocar el impulsor en la flecha
  - b) Sujetar la flecha de bomba en una mordaza con una cubierta de metal

- suave (por ejemplo, lámina de cobre), esto evitará dañar la flecha
- c) Deslizar el impulsor y el cono de fijación (manga de flecha) sobre el extremo de la flecha de bomba y fíjelo en su posición utilizando un martillo para conos de fijación. Cuando el cono esté en su posición se proyectará aproximadamente 3.2 mm sobre el cubo del impulsor
  5. Verificar que el anillo de desgaste del impulsor esté alineado. Si se requiere algún ajuste, remueva el impulsor utilizando un martillo. Si el diseño de la bomba incluye un collar arenoso, éste debe instalarse en la flecha abajo del impulsor
  6. Insertar la flecha en el buje de la cabeza de succión en la posición donde el impulsor quede localizado en el asiento de la cabeza de succión
  7. Colocar la flecha de bomba en posición horizontal sobre soportes ajustables
  8. Instalar el tornillo de fijación en el extremo inferior de la flecha y la cabeza de succión. Este tornillo debe permanecer apretado
  9. Insertar el tazón intermedio y el cono de fijación en la flecha y fíjelo en su posición en el asiento del tazón
  10. Verificar el juego axial con el recomendado por el fabricante para el tipo de bomba utilizado. Esta verificación se puede obtener destornillando el tornillo de fijación o tope de la flecha y midiendo el recorrido de la flecha (juego axial). Posteriormente, fije nuevamente la flecha y proceda a instalar los demás tazones intermedios e impulsores hasta completar el número total de etapas
  11. Instalar el último tazón intermedio con el tazón de descarga, después de instalar el último impulsor
  12. Efectuar una nueva verificación del juego axial
  13. Verifique la proyección de la flecha de la bomba. Esta proyección está definida como la distancia del extremo de la flecha al asiento del tubo de columna en el tazón de descarga, cuando la flecha está en la posición más baja
  14. Aplicar grasa en el cubo inferior del cabezal de succión y coloque el tapón roscaado. Esta actividad debe efectuarse cuando la flecha está en su posición más baja
  15. Verificar la fácil rotación de la flecha haciéndola girar con la mano
- #### 5.7.2.2. Montaje del motor eléctrico
- Los motores verticales utilizados en plantas de bombeo pueden ser de flecha hueca o flecha sólida. Los motores de flecha hueca se usan casi exclusivamente en aplicaciones de bombas verticales tipo turbina para pozo. Cabe mencionar que este diseño de flecha está hecho para soportar cargas externas de empuje.
- El procedimiento general para el montaje de un motor de flecha hueca es el siguiente:
1. Manejar los motores con algún tipo de grúa, malacates, gatos, rodillos o ganchos
  2. Revisar que las superficies del cabezal de descarga, en la base de instalación del motor estén limpias y libres de elementos extraños

3. Remover la cubierta o tapa del motor
4. Levantar y colocar el motor en su base insertando la flecha motriz en la flecha hueca del motor
5. Girar el plato de acoplamiento e insertar la cuña en el cuñero de la flecha de ajuste y el plato de acoplamiento
6. Ajustar la tuerca de ajuste de la flecha

El procedimiento general para el montaje de un motor de flecha sólida es el siguiente:

1. Manejar los motores con algún tipo de grúa, malacates, gatos, rodillos o ganchos
2. Verificar que las superficies del cabezal de descarga, en la zona donde se instala el motor, estén limpias y libres de elementos extraños
3. Instalar la mitad inferior del cople, rosándolo totalmente en la flecha superior
4. Instalar la mitad superior del cople, el anillo retén bipartido y la cuña en la extensión de la flecha del motor
5. Levantar el motor sobre el cabezal de descarga
6. Bajar lentamente el motor sobre el cabezal de descarga o pedestal de la bomba, alineando los barrenos de ambos elementos
7. Verificar el alineamiento angular de las dos mitades del cople
8. Colocar los tornillos para fijar el motor al cabezal de descarga o pedestal, sin apretar (flojos)
9. Verificar el sentido de rotación del mo-

- tor, el cual debe ser contrario a las manecillas del reloj, visto desde la parte superior del motor. Cabe mencionar que acción debe realizarse antes de unir las dos mitades del cople
10. Efectuar el alineamiento longitudinal (vertical) del acoplamiento. Esta actividad incluye los siguientes puntos:
    - a) Colocar un indicador de carátula sobre la extensión de la flecha sólida del motor
    - b) Ajustar el indicador, haciendo contacto con la flecha superior
    - c) Girar lentamente con la mano la flecha del motor, y registrar las lecturas en cuatro puntos opuestos (generalmente a 0°, 90°, 180° y 270°), para determinar la posición relativa entre la flecha del motor y la flecha superior de la bomba
    - d) Ajustar la posición del motor sobre el cabezal de descarga o pedestal de acuerdo a las lecturas del indicador de carátula, hasta obtener el alineamiento vertical de las flechas
    - e) Girar la mitad inferior del cople sobre la flecha superior de la bomba hasta que la distancia entre las dos mitades sea de aproximadamente 19.05 mm del juego axial de la bomba y coloque la cuña
    - f) Colocar los tornillos que unen las dos mitades del cople y apriete firmemente
  11. Verificar nuevamente el alineamiento de las flechas

### 5.7.2.3. Arranque

El arranque del equipo incluye los siguientes puntos:

1. Verificar la correcta instalación del tanque de pre-lubricación (en caso de existir), de acuerdo a lo siguiente:
  - a) Conectar la válvula de compuerta al tanque de pre-lubricación con un niple corto
  - b) Conectar otro niple en la válvula (niple largo)
  - c) Remover el tapón macho de la conexión para pre-lubricación del cabezal de descarga
  - d) Conectar el niple largo en la conexión y apriete
  - e) Llenar el tanque de pre-lubricación con agua limpia
2. Abrir la válvula de pre-lubricación y permita que el agua fluya aproximadamente durante un minuto por cada 30.48 m de columna, antes de arrancar el motor
3. Verificar que la válvula de descarga esté en una posición muy cercana a la de cerrar
4. Proporcionar un arranque instantáneo al motor. Esto se requiere únicamente después de una instalación inicial o de un mantenimiento que haya requerido desacoplar las flechas intermedias
5. Verificar el ajuste de los impulsores
6. Verificar que la flecha superior gira libremente con la mano
7. Arranque el motor
8. Abrir la posición de la válvula de descarga lentamente
9. Verificar que se cuente con un incremen-

to de la presión de descarga conforme se abre la válvula de descarga. En caso contrario, detenga la operación de la bomba

### 5.7.2.4. Partes de repuesto

Las partes de repuesto o refacciones que es conveniente mantener en el almacén del taller de mantenimiento dependen de diferentes factores que involucran la frecuencia de falla de los componentes, los materiales utilizados y las condiciones de operación del equipo.

Para solicitar u ordenar una o más partes de repuesto al fabricante, se puede seguir el siguiente procedimiento:

1. Indicar el número de serie de la bomba
2. Indicar el tipo de bomba vertical
3. Indicar el tipo de lubricación
4. Listar las partes de repuesto. Esto debe incluir:
  - a) Indicar el tipo de parte de acuerdo al manual del fabricante
  - b) Indicar una breve descripción de la parte en cuestión
  - c) Especificar la cantidad de partes solicitada

Generalmente en las bombas verticales tipo turbina, las partes que están más sujetas a desgaste son:

1. Chumaceras (bujes) para tazón
2. Bujes o conos de fijación
3. Buje de estopero
4. Anillos de desgaste
5. Empaquetadura
6. Impulsores

Tomando en cuenta que el tiempo para que el equipo entre en operación sea crítico, se recomienda tener en almacén las siguientes partes de repuesto:

1. Empaques y juntas
2. Impulsores
3. Flechas
4. Anillos de desgaste
5. Bujes
6. Tazones

## 5.8. BOMBAS CENTRÍFUGAS VERTICALES TIPO SUMERGIBLES

### 5.8.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Las bombas centrífugas verticales tipo sumergible están dedicadas a la operación sumergida y están desarrolladas para bombear, generalmente, agua de pozos, Ilustración 5.18 e Ilustración 5.19

### 5.8.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Para los temas de: inspección y diagnóstico, observación diaria, inspección semestral, inspección anual, mantenimiento de partes, diagnóstico de fallas, pruebas y puesta en servicio y registro de mantenimiento se debe consultar la información y utilizar los formatos de bombas horizontales de carcasa bipartida, algunos temas se complementan a continuación para este tipo de bombas

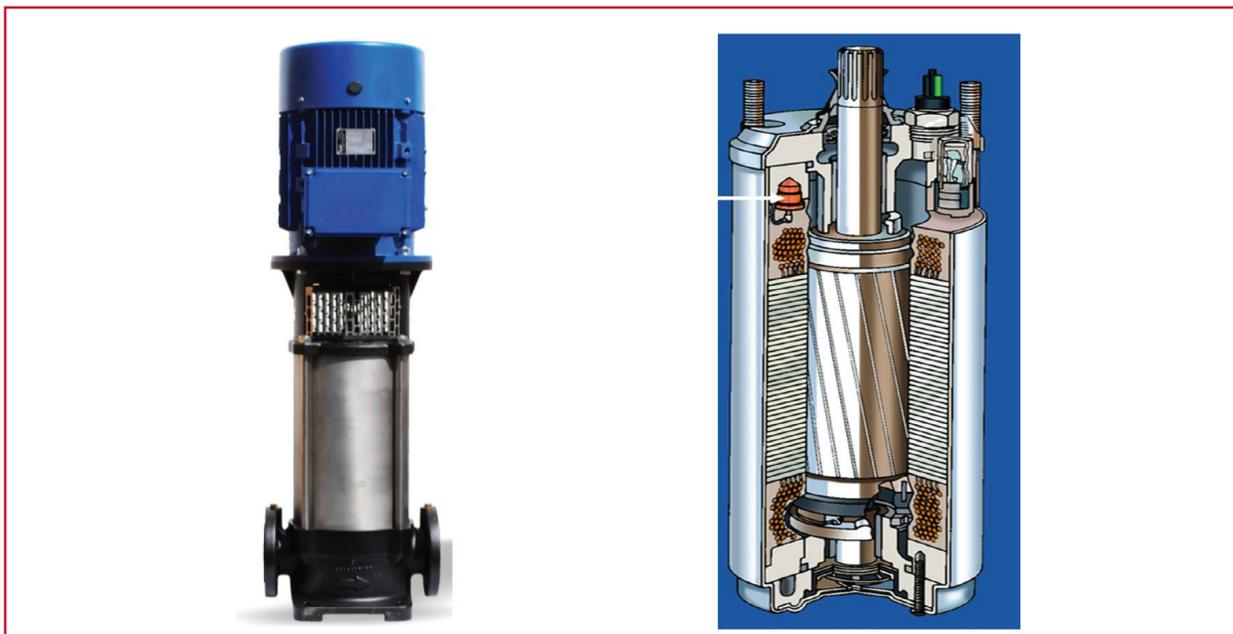
#### 5.8.2.1. Inspección y diagnóstico

##### *Inspección semestral*

La inspección semestral debe incluir:

1. El estado de bujes
2. El estado de los conos de fijación
3. Estado general de la flecha de bomba

Ilustración 5.18 Ejemplo de bombas centrífugas verticales tipo sumergibles





### **Inspección anual**

Generalmente, debe efectuarse una inspección cuidadosa y completa de la bomba una vez al año.

Además de realizar las actividades de mantenimiento semestral, se recomienda:

1. Revisar el codo de descarga para identificar si existe desgaste excesivo. Una buena práctica es la de limpiar y pintar anualmente este componente
2. Examinar cuidadosamente en todas sus superficies los impulsores para ver si hay desgaste, la inspección también debe incluir el cubo
3. Desmontar y revisar los conos de fijación para determinar el grado de desgaste
4. Desmontar y revisar cuidadosamente las flechas para ver si hay desgaste o irregularidades, especialmente en todos los ajustes importantes, como los calibres de los cubos de impulsores, debajo del cono de fijación. La flecha debe inspeccionarse para ver si hay grietas por fatiga, aunque éstas son raras

Después de cualquier reparación a los componentes internos de la bomba deberá probarse nuevamente el equipo al terminar la reparación.

#### **5.8.2.2. Partes de repuesto**

Las partes de repuesto o refacciones que es conveniente mantener en el almacén del taller de mantenimiento dependen de diferentes factores que involucran la frecuencia de falla de los componentes, los materiales utilizados y las condiciones de operación del equipo. Para solicitar u ordenar una o más partes de repuesto al fabricante, se puede seguir el siguiente procedimiento:

1. Indicar el número de serie de la bomba
2. Indicar el tipo de bomba vertical
3. Indicar el tipo de lubricación
4. Listar las partes de repuesto. Esto debe incluir:
  - a) Indicar el tipo de parte de acuerdo al manual del fabricante
  - b) Indicar una breve descripción de la parte en cuestión
  - c) Especificar la cantidad de partes solicitada

Generalmente en las bombas verticales tipo sumergible, las partes que están más sujetas a desgaste son:

1. Chumaceras (bujes) para tazón
2. Bujes o conos de fijación
3. Anillos de desgaste
4. Impulsores

Tomando en cuenta que el tiempo para que el equipo entre en operación sea crítico, se recomienda tener en almacén las siguientes partes de repuesto:

1. Impulsores
2. Flechas
3. Anillos de desgaste
4. Bujes
5. Tazones

## **5.9. BOMBAS CENTRÍFUGAS VERTICALES TIPO FLUJO MIXTO**

### **5.9.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO**

Las bombas centrífugas verticales tipo flujo mixto están dedicadas a la operación sumergi-

da y están desarrolladas para bombear, generalmente, agua de pozos. Ilustración 5.20.

La Ilustración 5.21 se muestra un esquema típico de una bomba centrífuga vertical tipo flujo mixto con línea de flecha abierta (lubricación con agua). El diseño de este tipo de bombas incluye la utilización de un motor de flecha sólida.

### 5.9.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Para los temas de: inspección y diagnóstico, observación diaria, inspección semestral, inspección anual, mantenimiento de partes, diagnóstico de fallas, pruebas y puesta en servicio y registro de mantenimiento se debe consultar la información y utilizar los formatos de bombas horizontales de carcasa bipartida, algunos temas se complementan a continuación para este tipo de bombas.

#### 5.9.2.1. Montaje del motor eléctrico

El procedimiento general para el montaje de un motor de flecha sólida es el siguiente:

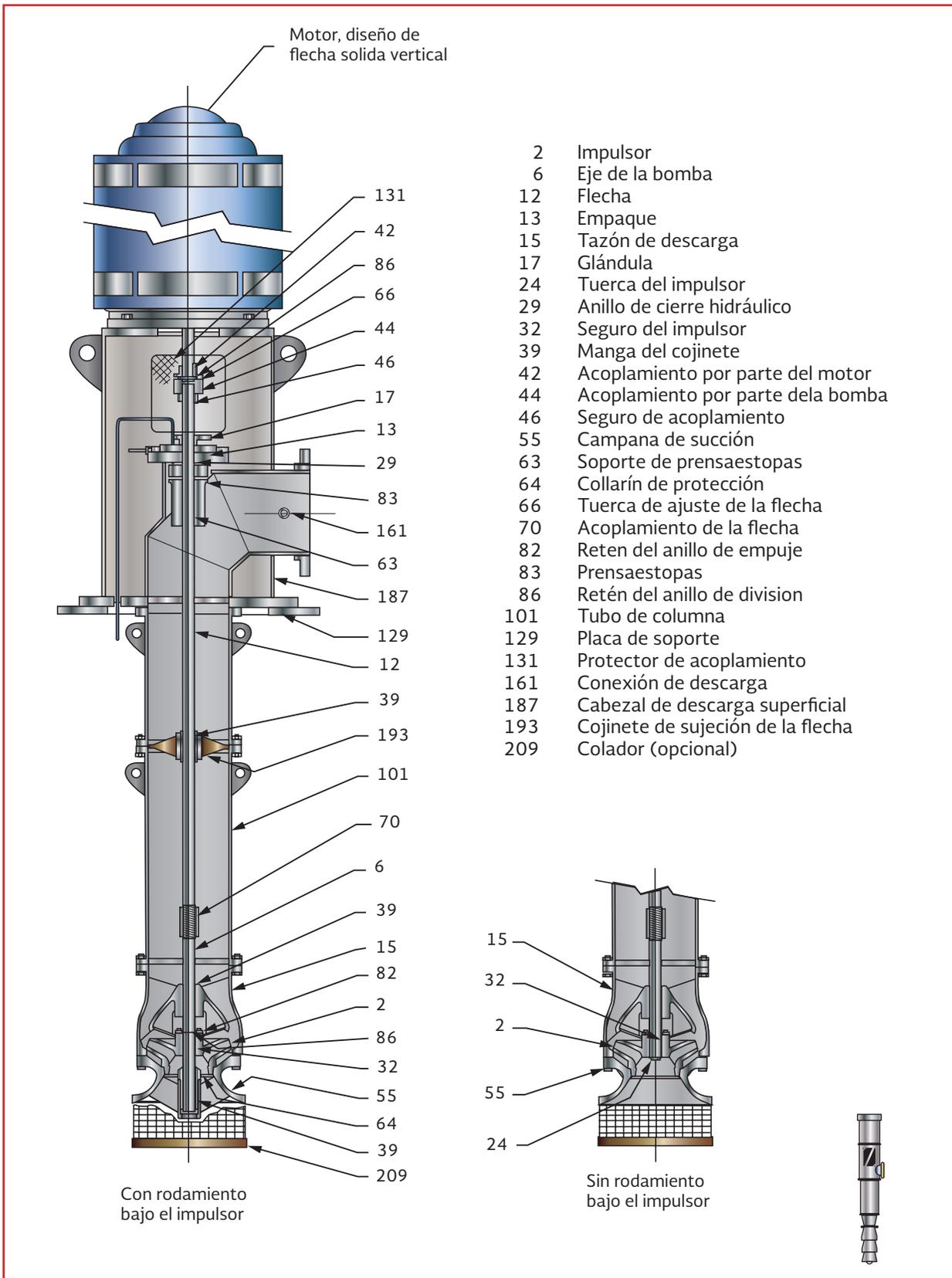
1. Verificar que las superficies del cabezal de descarga, en la zona donde se instala el motor, estén limpias y libres de elementos extraños
2. Instalar la mitad inferior del cople, rosándolo totalmente en la flecha superior
3. Instalar la mitad superior del cople, el anillo retén bipartido y la cuña en la extensión de la flecha del motor
4. Levantar el motor sobre el cabezal de descarga
5. Bajar lentamente el motor sobre el cabezal de descarga o pedestal de la bomba,

Ilustración 5.20 Ejemplo de bombas centrífugas verticales tipo flujo mixto



- alineando los barrenos de ambos elementos
6. Verificar el alineamiento angular de las dos mitades del cople
7. Colocar los tornillos para fijar el motor al cabezal de descarga o pedestal, sin apretar (flojos)
8. Verificar el sentido de rotación del motor, el cual debe ser contrario a las manecillas del reloj, visto desde la parte superior del motor. Cabe mencionar que acción debe realizarse antes de unir las dos mitades del cople
9. Efectuar el alineamiento longitudinal (vertical) del acoplamiento. Esta actividad incluye los siguientes puntos:
  - a) Colocar un indicador de carátula sobre la extensión de la flecha sólida del motor
  - b) Ajustar el indicador, haciendo contacto con la flecha superior
  - c) Girar lentamente con la mano la fle-

Ilustración 5.21 Bomba vertical de flujo mixto de flecha de línea abierta (VS1)



Fuente: ANSI/HI 2.1-2.2

cha del motor, y registre las lecturas en cuatro puntos opuestos (generalmente a 0°, 90°, 180° y 270°), para determinar la posición relativa entre la flecha del motor y la flecha superior de la bomba

- d) Ajustar la posición del motor sobre el cabezal de descarga o pedestal de acuerdo a las lecturas del indicador de carátula, hasta obtener el alineamiento vertical de las flechas
  - e) Girar la mitad inferior del cople sobre la flecha superior de la bomba hasta que la distancia entre las dos mitades sea de aproximadamente 19.05 mm del juego axial de la bomba y coloque la cuña
  - f) Colocar los tornillos que unen las dos mitades del cople y apriete firmemente
10. Verificar nuevamente el alineamiento de las flechas

#### 5.9.2.2. Pruebas y puesta en servicio

##### **Arranque**

El arranque del equipo incluye los siguientes puntos:

1. Verifique que la válvula de descarga este en una la posición cercana a la cerrada
2. Arrancar el motor
3. Abrir la posición de la válvula de descarga lentamente
4. Verificar que se cuente con un incremento de la presión de descarga con-

forme se abre la válvula de descarga. En caso contrario, detenga la operación de la bomba

## 5.10. BOMBAS CENTRÍFUGAS VERTICALES TIPO BOTE O BARRIL

### 5.10.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

La Ilustración 5.22 e Ilustración 5.23 muestra un esquema típico de una bomba centrífuga vertical tipo bote con línea de flecha abierta (lubricación con agua). El diseño de este tipo de bombas incluye la utilización de un motor de flecha sólida.

### 5.10.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Para los temas de: inspección y diagnóstico, observación diaria, inspección semestral, inspección anual, mantenimiento de partes, diagnóstico de fallas, pruebas y puesta en servicio y registro de mantenimiento se debe consultar la información y utilizar los formatos de bombas horizontales de carcasa bipartida, algunos temas se complementan a continuación para este tipo de bombas.

#### **Observación diaria**

El formato de la Tabla 5.12 apoya el registro de la observación diaria de las condiciones o parámetros de operación de la bomba, en el que la persona encargada de la inspección podrá reportar cualquier irregularidad relacionada con su funcionamiento.

Ilustración 5.22 Ejemplo de bombas centrífugas verticales tipo bote o barril



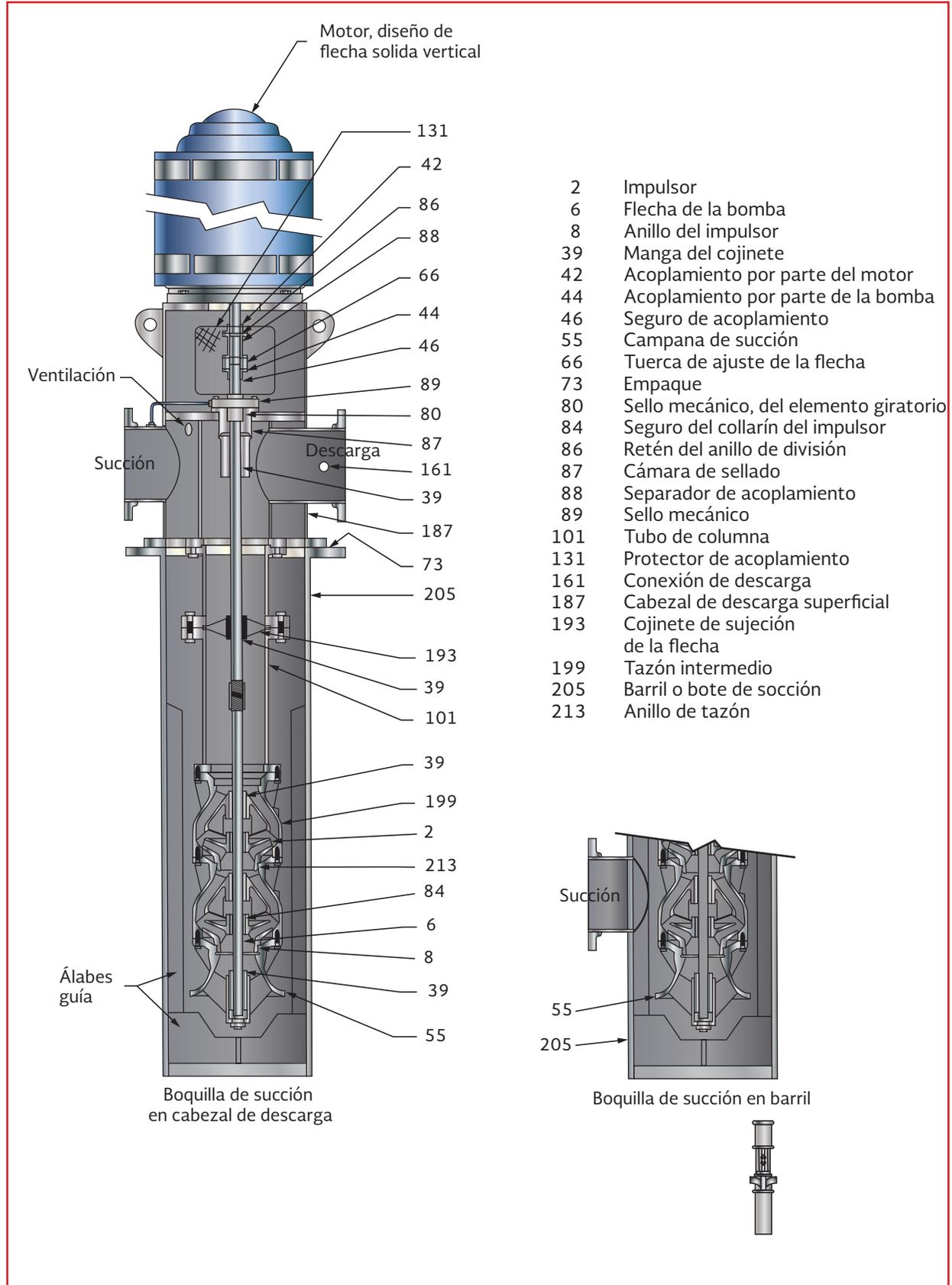
#### 5.10.2.1. Mantenimiento de partes

##### ***Estoperos y empaquetaduras***

El mantenimiento de los estoperos consiste en los siguientes puntos:

1. Extraer el empaque viejo completamente, usando un extractor de empaquetaduras, si se tiene a mano. Es importante limpiar perfectamente la caja de empaque así como sus conductos de enfriamiento a los sellos mecánicos
2. Reponer las empaquetaduras. Para reempacar un estopero se recomienda seguir el siguiente procedimiento:
  - a) Revisar la manga de flecha para asegurarse que está en condiciones aceptables. Si se pone empaquetadura nueva en un estopero contra una manga áspera o bastante desgastada no se obtendrá un servicio satisfactorio
  - b) Revisar que la empaquetadura nueva sea del tipo adecuado para el líquido, presión y temperatura de operación
  - c) Insertar cada anillo de empaquetadura por separado, empujándolo derecho dentro de la caja y asentándolo firmemente, usando anillos divididos de empuje de tamaño apropiado, que se ajusten perfectamente a la caja. Los anillos de empaque sucesivos deberán girarse para que sus juntas queden separadas 120 ó 180 grados

Ilustración 5.23 Bombas verticales de una etapa o multietapas de difusor tipo bote ó barril (VS6)



Fuente: ANSI/HI 2.1-2.2

## 5.11. BOMBAS CENTRÍFUGAS VERTICALES TIPO PROPELA O FLUJO AXIAL

### 5.11.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Estas bombas están diseñadas con una flecha que pueda fácilmente subirse o bajarse desde arriba para permitir el ajuste apropiado de la posición de la propela en el tazón. Ilustración 5.24.

### 5.11.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Para los temas de: inspección y diagnóstico, observación diaria, inspección semestral, inspección anual, mantenimiento de partes, diagnóstico de fallas, pruebas y puesta en servicio y registro de mantenimiento se debe consultar la información y utilizar los formatos de bombas horizontales de carcasa bipartida, algunos temas se complementan a continuación para este tipo de bombas.

#### 5.11.2.1. Inspección y diagnóstico

##### **Observación diaria**

Los equipos deben inspeccionarse cada hora durante operación.

El formato de la Tabla 5.13 apoya el registro de la observación diaria de las condiciones o parámetros de operación de la bomba, en el que la persona encargada de la inspección podrá reportar cualquier irregularidad relacionada con su funcionamiento.

##### **Inspección semestral**

La inspección semestral debe incluir:

1. El estopero
2. El estado de bujes

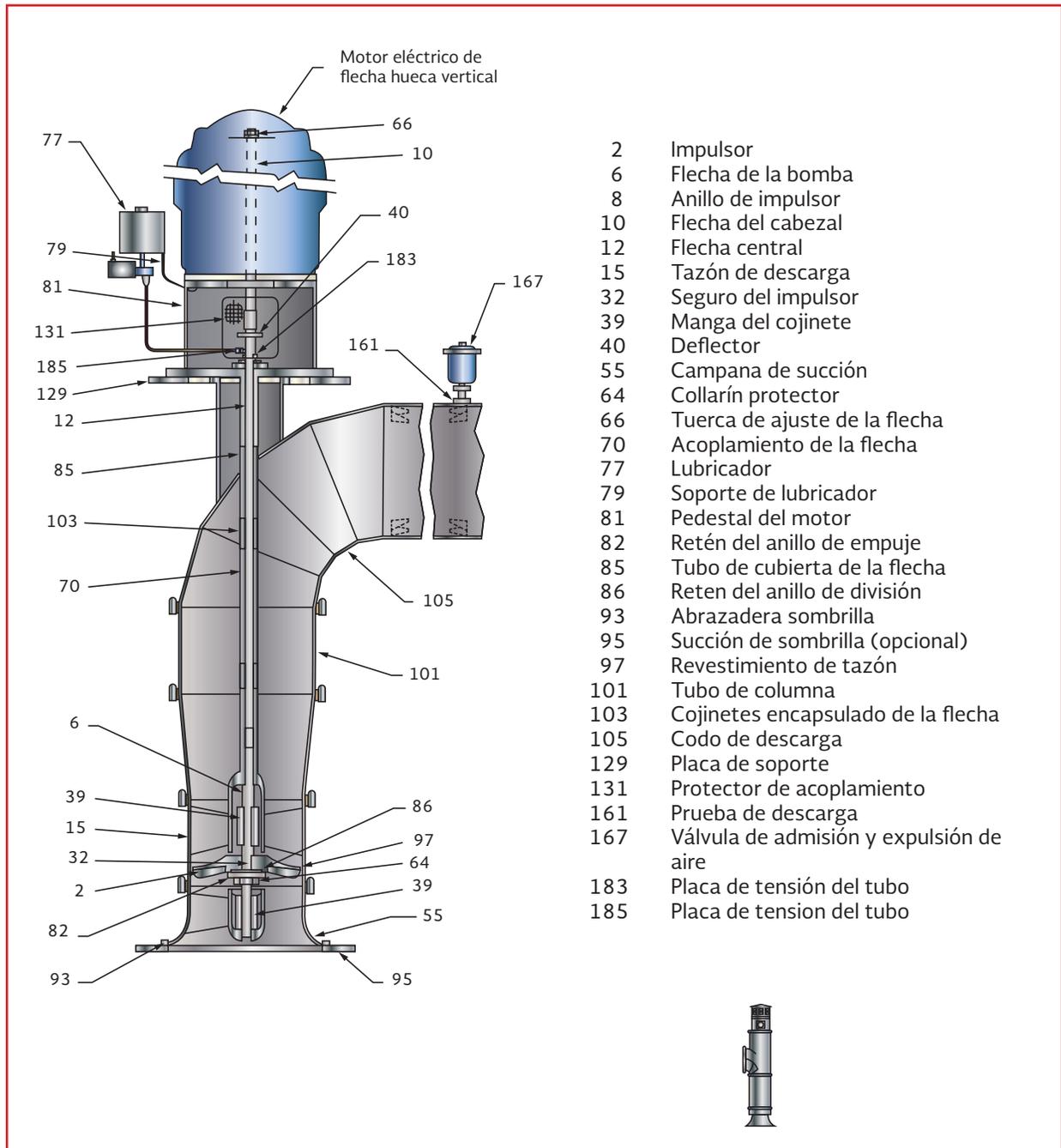
##### **Inspección anual**

Generalmente, debe efectuarse una inspección cuidadosa y completa de la bomba una vez al año. Además de realizar las actividades de mantenimiento semestral, se recomienda:

1. Remover la tuerca de ajuste
2. Revisar y destapar con aire comprimido la tubería de lubricación
3. Revisar el codo de descarga para identificar si existe desgaste excesivo. Una buena práctica es la de limpiar y pintar anualmente este componente
4. Examinar cuidadosamente en todas sus superficies la propela para ver si hay desgaste, la inspección también debe incluir el cubo
5. Desmontar y revisar los bujes para determinar el grado de desgaste
6. Desmontar y revisar cuidadosamente todas las flechas para ver si hay desgaste o irregularidades, especialmente en todos los ajustes importantes, como los calibres del cubo de la propela y en los bujes. La flecha debe inspeccionarse para ver si hay grietas por fatiga, aunque éstas son raras

Después de cualquier reparación a los componentes internos de la bomba deberá probarse nuevamente el equipo al terminar la reparación.

Ilustración 5.24 Bomba vertical con impulsor de flujo axial (propela), flecha cubierta, configuración de descarga debajo de piso (VS3) I



Fuente: ANSI/HI 2.1-2.2

#### 5.11.2.2. Registros de mantenimiento

El registro escrito de las condiciones de las partes a reparar, de la velocidad y aspecto del desgaste y el método que se utilizó para la reparación, es tan importante como el propio trabajo de reparación. Adicionalmente, la adecuada documentación de los trabajos contribuye al mejoramiento y planeación tanto de medidas preventivas como de diagnóstico, para reducir la frecuencia y los costos del mantenimiento. Se recomienda el formato de la Tabla 5.14 para la documentación de los trabajos de mantenimiento de partes. No debe olvidarse que el conservar y analizar los registros completos de los costos de mantenimiento y reparación de la bomba, junto con un registro de horas de operación, puede indicar si un cambio de materiales o un cambio mínimo de diseño es el plan más económico a seguir.

#### 5.11.2.3. Partes de repuesto

Generalmente en las bombas verticales tipo turbina, las partes que están más sujetas a desgaste son:

1. Bujes de flecha
2. Bujes de estopero
3. Empaquetadura
4. Propela

Tomando en cuenta que el tiempo para que el equipo entre en operación sea crítico, se recomienda tener en almacén las siguientes partes de repuesto.

1. Empaques y juntas
2. Propela
3. Flechas
4. Bujes

## 5.12. BOMBAS RECIPROCANTES DE POTENCIA TIPO PISTÓN

### 5.12.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

El funcionamiento de una bomba recíproca depende del llenado y vaciado sucesivo de recipientes de volumen fijo, para lo cual cierta cantidad de agua es obligada a entrar al cuerpo de la bomba en donde queda encerrada momentáneamente, para después ser forzada a salir por la tubería de descarga.

De lo anterior se deduce, en términos generales, que el gasto de una bomba recíproca es directamente proporcional a su velocidad de rotación y casi independiente de la presión de bombeo. Como el proceso de llenado y vaciado sucesivo de recipientes de volumen fijo requiere fricción por resbalamiento entre las paredes estacionarias del recipiente y las partes móviles, estas bombas no son apropiadas para manejar líquidos que contengan arenas o materias en suspensión. Además, la variación cíclica del gasto de descarga puede obligar al empleo de cámaras de aire y de grandes tuberías.

Estas bombas son relativamente de baja velocidad de rotación, de tal manera que cuando tienen que ser movidas por motores eléctricos deben ser intercaladas transmisiones de engranes o poleas para reducir la velocidad entre el motor y la bomba. En la Ilustración 5.25 e Ilustración 5.26 se muestra un esquema típico de una bomba recíproca horizontal de potencia tipo pistón.

Ilustración 5.25 Ejemplo de bombas reciprocantes de potencia tipo pistón

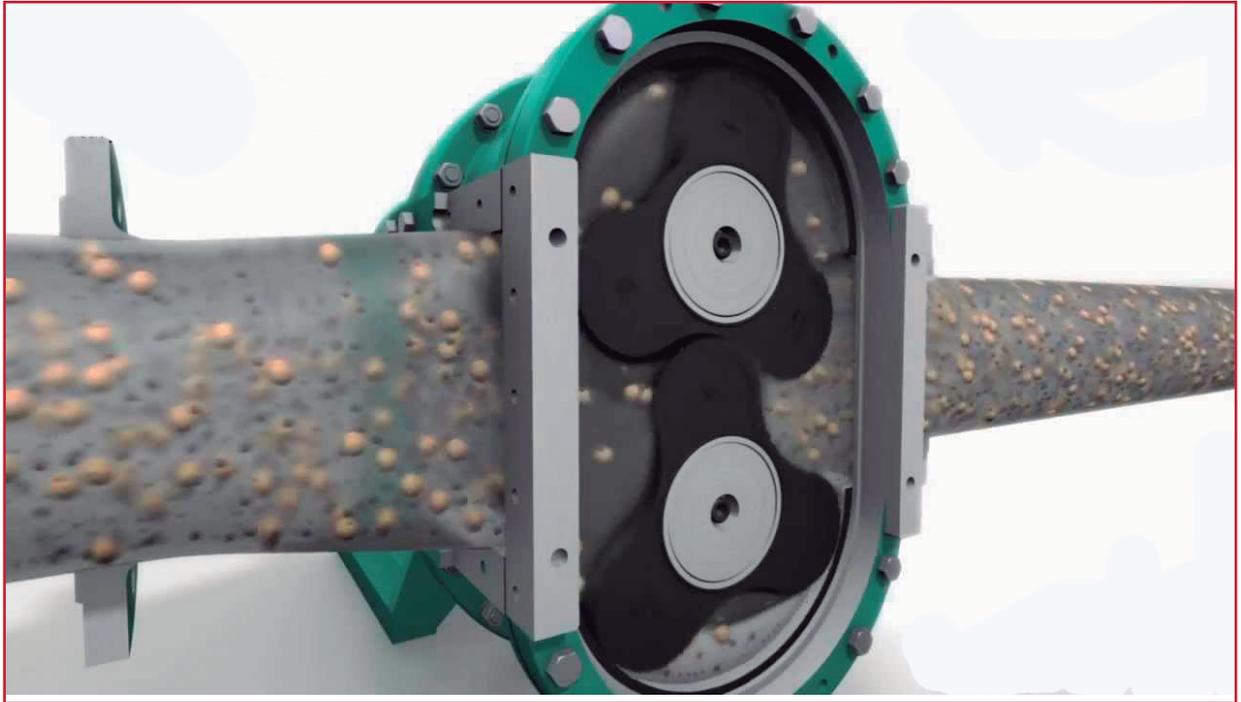
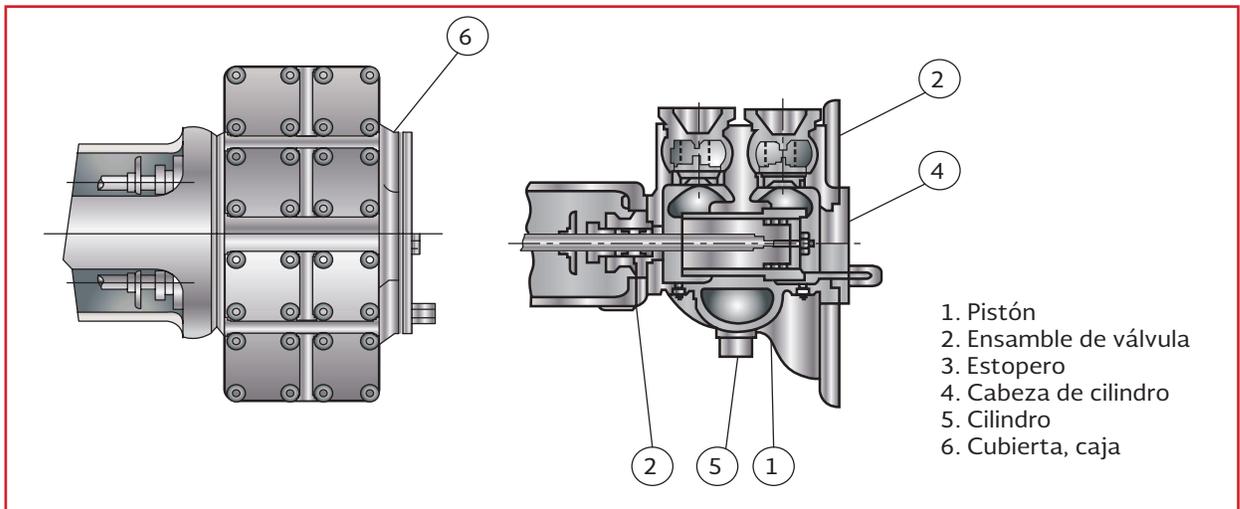


Ilustración 5.26 Esquema de bomba reciprocante tipo pistón



## 5.12.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Para los temas de: inspección y diagnóstico, observación diaria, inspección semestral, inspección anual, mantenimiento de partes, diagnóstico de fallas, pruebas y puesta en servicio y registro de mantenimiento se debe consultar la información y utilizar los formatos de bombas horizontales de carcasa bipartida, algunos temas se complementan a continuación para este tipo de bombas.

### 5.12.2.1. Inspección y diagnóstico

#### ***Inspección semanal***

Los equipos deben inspeccionarse al menos una vez a la semana.

El formato de la Tabla 5.15 apoya el registro de la inspección periódica de las condiciones o parámetros de operación de la bomba, en el que la persona encargada de la inspección podrá reportar cualquier irregularidad relacionada con su funcionamiento.

#### ***Inspección anual***

Generalmente, debe efectuarse una inspección cuidadosa y completa de la bomba una vez al año.

Además de realizar las actividades de mantenimiento semestral, se recomienda:

1. Desconectar el acoplamiento con el motor debe desconectarse y verificar su alineamiento

2. Revisar las cubiertas para identificar si existe desgaste excesivo. Una buena práctica es la de limpiar y pintar anualmente las vas de agua de la cubierta
3. Examinar cuidadosamente en todas sus superficies del pistón para ver si hay desgaste
4. Desmontar y revisar la empaquetadura para determinar el grado de desgaste, generalmente deben re empacar los estoperos
5. Revisar las camisas del cilindro para determinar el grado de desgaste
6. Desmontar y revisar cuidadosamente la caja de engranes para ver si hay desgaste o irregularidades, especialmente en todos los ajustes importantes, como los huelgos o juegos entre las flechas y los baleros. Las flechas y los engranes debe inspeccionarse para ver si hay grietas por fatiga
7. Desmontar, limpiar y revisar los baleros para determinar la existencia de defectos y su grado de desgaste. Inmediatamente después de la inspección los baleros deben cubrirse con una capa de aceite o grasa para evitar que se empolven o humedezcan. Nunca deje los baleros o la caja de baleros sin este tipo de protección o en lugares inadecuados, las condiciones de almacenamiento y cuidado de las partes, son muy importantes para evitar limpiar nuevamente y garantizar su buen estado al momento de su instalación
8. Limpiar adecuadamente las cajas de baleros

Después de cualquier reparación a los componentes internos de la bomba deberá probarse nuevamente el equipo al terminar la reparación.

### ***Diagnóstico de fallas***

La Tabla 5.16 muestra la relación entre los principales problemas, las posibles causas y las acciones correctivas.

#### 5.12.2.2. Registros de mantenimiento

Debe generarse un archivo del registro de mantenimiento de la bomba, en el que se incluyan los formatos del programa de actividades de las inspecciones anuales o semestrales. Se sugiere el formato de la Tabla 5.10 y Tabla 5.17 para el registro de las acciones de mantenimiento.

#### 5.12.2.3. Partes de repuesto

El número mínimo de partes de repuesto que se deberán tener en existencia en el sitio de la instalación depende del tipo de servicio y en buena medida de la relación que se tenga en cuanto al tipo y calidad del mantenimiento y la calidad de los componentes involucrados. Se recomienda contar con:

1. Un juego de ensambles de válvula
2. Un juego de cojinetes

## **5.13. BOMBAS TIPO ARIETE**

### **5.13.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO**

En la Ilustración 5.27 e Ilustración 5.28 se muestra un esquema típico de una bomba tipo ariete. El principio de funcionamiento de la bomba se basa en la transformación repentina de la energía cinética del agua a una energía de presión, provocada por el

cierre instantáneo de una válvula en un ducto cerrado, fenómeno conocido como golpe de ariete.

### **5.13.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO**

Generalmente, las bombas tipo golpe de ariete que son instaladas adecuadamente y que cuentan con un mantenimiento razonable, deben operar satisfactoriamente durante períodos prolongados de tiempo.

Para los temas de: inspección y diagnóstico, observación diaria, inspección semestral, inspección anual, mantenimiento de partes, diagnóstico de fallas, pruebas y puesta en servicio y registro de mantenimiento se debe consultar la información y utilizar los formatos de bombas horizontales de carcasa bipartida, algunos temas se complementan a continuación para este tipo de bombas.

#### 5.13.2.1. Inspección y diagnóstico

##### ***Inspección semanal***

El formato de la Tabla 5.18, apoya el registro de la inspección periódica de las condiciones o parámetros de operación de la bomba, en el que la persona encargada de la inspección podrá reportar cualquier irregularidad relacionada con su funcionamiento.

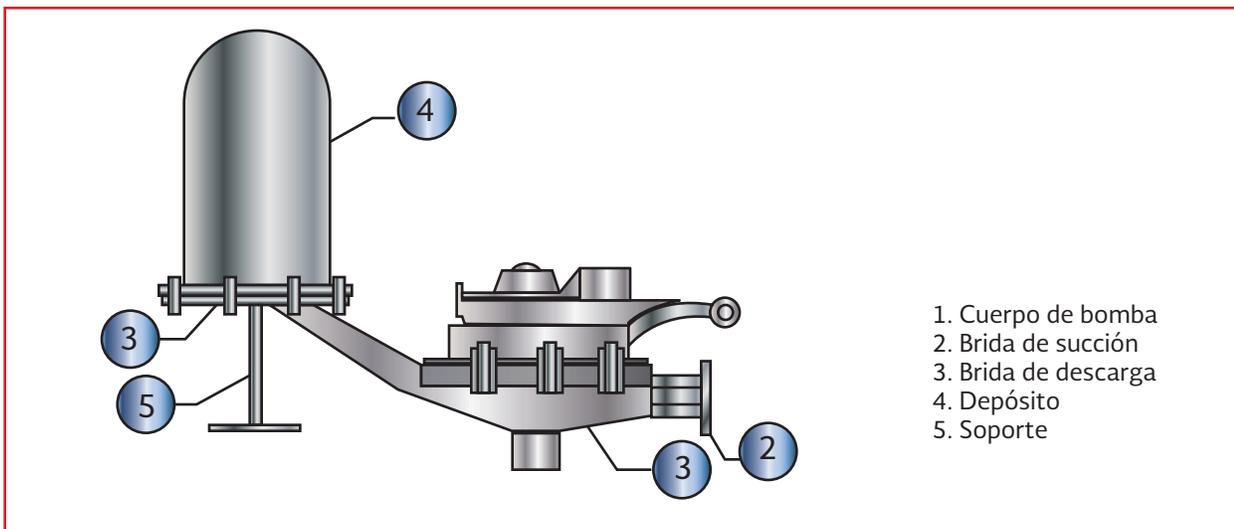
##### ***Diagnóstico de fallas***

Si la bomba no entrega el gasto, se debe revisar la línea de succión y el abastecimiento del líquido.

Ilustración 5.27 Ejemplo de bombas tipo ariete



Ilustración 5.28 Esquema típico de una bomba tipo ariete



### 5.13.2.2. Mantenimiento de partes

#### **Depósito**

Las superficies del depósito deben tenerse limpias y repintarse periódicamente y durante una reparación general. Cabe mencionar que desde un punto de vista preventivo se debe establecer un programa de limpieza y pintura basado en las condiciones de trabajo.

#### **Cuerpo**

Las superficies del cuerpo deben tenerse limpias y repintarse periódicamente y durante una reparación general. Desde un punto de vista preventivo se debe establecer un programa de limpieza y pintura basado en las condiciones de trabajo.

Las siguientes tablas son recomendaciones generales, sin embargo deberá consultarse la información técnica de fabricante referente a las especificaciones del mismo.

Tabla 5.6 Registro de inspección de bombas

Registro de inspección		
Bomba No:		
Fecha:		Hora:
Estado General	Normal	Excesivo
Ruido en la succión de la bomba		
Temperatura de cojinetes		
Esgurrimiento en estoperos		
Ruido en el motor		
Observaciones:		
Operación de la Instrumentación	Adecuada	Inadecuada
Operación del medidor de carga en succión		
Operación del manómetro en descarga		
Operación del indicador de flujo en descarga		
Observaciones:		

Tabla 5.7 Síntomas de causas de fallas en bomba centrífuga de carcasa bipartida

Síntoma	Posible causa de falla
La bomba no descarga agua	1,2,3,4,6,11,14,16,17,22,23
Flujo o gasto insuficiente	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,14,17,20,22,23,29,30,31
Presión de descarga insuficiente	5,14,16,17,20,22,29,30,31
Se pierde el cebado después de arrancar	2,3,5,6,7,8,11,12,13
Excesivo consumo de energía	15,16,17,18,19,20,23,24,26,27,29,33,34,37
Fuga excesiva en el estopero	13,24,26,32,33,34,35,36,38,39,40
El empaque dura poco	12,13,24,26,28,32,33,34,35,36,37,38,39,40
La bomba vibra o hace ruido	2,3,4,9,10,11,21,23,24,25,26,27,28,30,35,36,41,42,43,44,45,46,47
Los baleros duran poco	24,26,27,28,35,36,41,42,43,44,45,46,47
La bomba se sobrealimenta y se pega	1,4,21,22,24,27,28,35,36,41.

Tabla 5.8 Posibles causas de fallas en bomba centrífuga de carcasa bipartida

Problemas en la Succión
1. La bomba no está cebada
2. La bomba o la tubería de succión no está completamente llena de agua
3. Elevación de succión muy alta
4. Margen insuficiente entre la presión de succión y la presión de vapor del agua
5. Cantidad excesiva de aire o gas en el agua
6. Bolsa de aire en la tubería de succión
7. Entrada de aire en la tubería de succión
8. Entrada de aire a la bomba por los estoperos
9. Válvula de pie (zapata) muy chica
10. Válvula de pie (zapata) parcialmente bloqueada
11. Instalación deficiente (sumersión insuficiente) del tubo de entrada de succión
12. Tubería del sello de agua tapada
13. Mala instalación de la jaula de sello en el estopero, evita que el agua entre para formar el sello
Problemas en el Sistema
14. Velocidad de rotación de la flecha muy baja
15. Velocidad de rotación de la flecha muy alta
16. Dirección de rotación invertida
17. Carga total del sistema más alta que la carga de diseño de la bomba
18. Carga total del sistema más baja que la carga de diseño de la bomba
19. Peso específico del agua diferente al de diseño
20. Viscosidad del agua distinta de la que se usó para el diseño
21. Operación a capacidad muy baja
22. Operación inadecuada de bombas en paralelo para esa operación
Problemas Mecánicos
23. Presencia de cuerpos extraños en el impulsor
24. Desalineamiento entre el motor y la bomba
25. Problemas en la cimentación, no rígida
26. Flecha doblada
27. Rozamiento entre una parte giratoria una parte estacionaria
28. Baleros o cojinetes gastados

Tabla 10.3 Posibles causas de fallas (continuación)

<b>Problemas Mecánicos</b>
29. Anillos de desgaste gastados
30. Impulsor dañado
31. Junta de la cubierta defectuosa
32. Flechas o mangas de flecha gastados o rayados en la empaquetadura
33. Empaquetadura incorrectamente instalada
34. Tipo incorrecto de empaquetadura para las condiciones de operación
35. Flecha que opera descentrada a causa del desgaste de baleros o cojinetes
36. Rotor desbalanceado que causa vibración excesiva
37. Prensaestopas muy apretado, dando como resultado un adecuado flujo de agua para lubricar la empaquetadura
38. Falta de alimentación del líquido (agua) de enfriamiento a estoperos enfriados por agua
39. Espacio libre excesivo en el fondo del estopero entre la flecha y la cubierta, permitiendo que el empaque se mueva al interior de la bomba
40. Partículas de polvo o tierra en el agua de sellos, ocasionando que se raye la flecha o la manga de flecha
41. Excesivo empuje causado por una falla mecánica dentro de la bomba
42. Cantidad excesiva de grasa o aceite en la caja de baleros o falta de enfriamiento ocasionando calentamiento excesivo del balero
43. Falta de lubricación
44. Instalación inadecuada de baleros
45. Baleros con partículas extrañas (sucios)
46. Oxidación en baleros debido a la entrada de agua a la caja
47. Enfriamiento excesivo de baleros enfriados por agua, dando como resultado la condensación de la humedad de la atmósfera en la caja de baleros

Tabla 5.9 Claro diametral para bombas centrifugas de carcasa bipartida

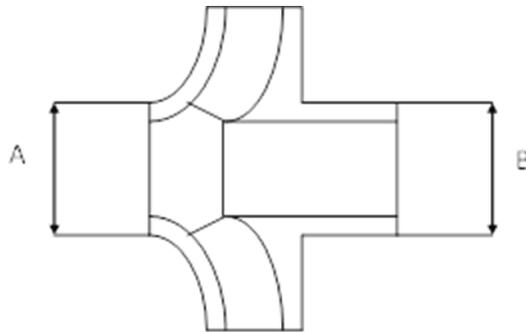
<b>Diámetro del Anillo Rotatorio (mm)</b>	<b>Claro Diametral Mínimo (mm)</b>
Menor de 50.8	0.254
50.80 a 63.47	0.279
63.50 a 76.17	0.304
76.20 a 88.87	0.355
88.90 a 101.57	0.406
101.6 a 114.27	0.406
114.3 a 126.97	0.406
127.0 a 152.37	0.431
152.4 a 177.77	0.457
177.8 a 203.17	0.482
203.2 a 228.57	0.508
228.6 a 253.97	0.533
254.0 a 279.37	0.558

Tabla 5.10 Registro de piezas a reparar de bombas

Bomba No.:	Localización:
Tipo:	Serie No.:
Fabricante:	
Salida de Servicio	Inicio de Mantenimiento
Fecha (día/mes/año):	Fecha (día/mes/año):
Hora (h:min):	Hora (h:min):
Tipo de Falla	
Acciones de Mantenimiento:	
Refacciones Requeridas:	
Terminación de Mantenimiento	Entrada en operación
Fecha (día/mes/año):	Fecha (día/mes/año):
Hora (h:min):	Hora (h:min):
Comentarios y Observaciones:	

Tabla 5.11 Registro de inspección de bombas centrífugas de carcasa bipartida

Bomba No.:	Localización:
Tipo:	Serie No.:
Fabricante:	



Etapa	A	B	Estado	
			Adecuado	Inadecuado
1a				
2a				
Observaciones				

Impulsor

Fecha:

Tabla 5.12 Registro de inspección de bombas centrífugas verticales tipo bote o barril

Registro de inspección		
Bomba No:		
Fecha:	Hora:	
Estado General	Normal	Inadecuado
Ruido en la bomba		
Escurrimiento en estopero		
Temperatura de cojinetes del motor		
Ruido en el motor		
Observaciones:		
Operación de la Instrumentación	Adecuada	Inadecuada
Operación del manómetro en descarga		
Operación del indicador de flujo en descarga		
Observaciones:		

Tabla 5.13 Registro de mantenimiento de piezas de bombas centrífugas verticales tipo propela o flujo axial

Registro de inspección		
Bomba No:		
Fecha:	Hora:	
Estado General:	Normal	Inadecuado
Ruido en la bomba:		
Escurrimiento en estopero:		
Temperatura de cojinetes del motor:		
Ruido en el motor:		
Nivel de aceite (si aplica):		
Observaciones:		
Operación de la Instrumentación:	Adecuada	Inadecuada
Operación del manómetro en descarga:		
Operación del indicador de flujo en descarga:		
Observaciones:		

Tabla 5.14 Registro de inspección de bombas

Bomba No.:	Localización:		
Tipo:	Serie No:		
Fabricante:			
			
Flecha	A	B	Estado
			Adecuado      Inadecuado
1a			
2a			
Observaciones			
Fecha		Fecha:	

Tabla 5.15 Registro 1 de inspección de bombas recíprocas de potencia tipo pistón

Registro de inspección		
Bomba No.:		
Fecha:	Hora:	
Estado General	Normal	Excesivo
Temperatura en el lado potencia de la bomba		
Esgurrimiento en estoperos		
Ruido en el motor		
Ruido en la caja de engranes		
Observaciones:		
Operación de la Instrumentación	Adecuada	Inadecuada
Operación del medidor de carga en succión		
Operación del manómetro en descarga		
Operación del indicador de flujo en descarga		
Observaciones:		

Tabla 5.16 Cuadro para encontrar causas que originan fallas de una bomba recíprocas de potencia tipo pistón

Problema	Causa Probable	Acciones
La bomba no proporciona la capacidad	Velocidad incorrecta	Verifique la velocidad de rotación
Alta vibración en tuberías de succión y descarga	Tubería demasiado corta o larga	Incremento o reduzca la longitud
	Válvulas o asientos gastados	Reemplace o ajuste
Calentamiento excesivo en el lado potencia	Sobrecarga	Verifique las condiciones de servicio
Alta vibración en la bomba	Elevada velocidad de la bomba	Reducir
	Resortes de válvulas dañados	Reemplazar

Tabla 5.17 Registro 2 de mantenimiento de bombas reciprocantes de potencia tipo pistón

Bomba No.:		Localización:	
Tipo:		Serie No.:	
Fabricante:			
			
Etapa	A	B	Estado
			Adecuado      Inadecuado
1a			
2a			
Observaciones			
Pistón		Fecha:	

Tabla 5.18 Registro de mantenimiento de bombas tipo ariete

Registro de inspección		
Bomba No.:		
Fecha:		Hora:
Estado General	Normal	Excesivo
Fugas en bridas, cilindro o cuerpo de la bomba		
Observaciones:		

## 5.14. BOMBAS ROTATORIAS TIPO TORNILLO

### 5.14.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

En la Ilustración 5.29 e Ilustración 5.30 se muestra un esquema típico de una bomba rotatoria tipo tornillo. En este tipo de bombas, cuando gira el elemento de bombeo, se abre en el lado de entrada para producir vacío que se llena con el líquido que entra. Al seguir la rotación del rotor el líquido se encierra entre el elemento de bombeo o entre el elemento y el cilindro o carcasa. En este momento, el rotor está a la presión de entrada hasta que se abre la parte encerrada hacia el conducto de salida.

### 5.14.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Generalmente, las bombas rotatorias que son instaladas adecuadamente y que cuentan con un mantenimiento razonable, deben operar satisfactoriamente durante períodos prolongados de tiempo.

Dadas las diferencias en diseño y materiales de construcción de las bombas rotatorias tipo tornillo, los procedimientos de mantenimiento deben apearse a las instrucciones del fabricante antes de su puesta en servicio. Sin embargo en esta sección se indican los aspectos principales que deben considerarse.

#### 5.14.2.1. Inspección y diagnóstico

En esta sección se incluyen las acciones periódicas para asegurar la adecuada operación del equipo, así como la relación entre los síntomas

principales de un mal funcionamiento y las posibles causas de falla en las bombas, para ayudar al diagnóstico de fallas en estos equipos. Cabe mencionar que las acciones de inspección semestral y anual se realizan con el equipo desarmado.

#### *Inspección semanal*

Los equipos deben inspeccionarse al menos una vez a la semana. El formato reflejado en la Tabla 5.19 apoya el registro de la inspección periódica de las condiciones o parámetros de operación de la bomba, en el que la persona encargada de la inspección podrá reportar cualquier irregularidad relacionada con su funcionamiento.

#### *Inspección semestral*

La inspección semestral debe incluir:

1. El estopero
2. La empaquetadura
3. El prensaestopas
4. El alineamiento entre el motor y la bomba
5. El estado de lubricación de los baleros

#### *Inspección anual*

Generalmente, debe efectuarse una inspección cuidadosa y completa de la bomba una vez al año. Además de realizar las actividades de mantenimiento semestral, se recomienda:

1. Desconectar el acoplamiento con el motor y verificar su alineamiento
2. Revisar el cilindro para identificar si existe desgaste excesivo. Una buena práctica es la de limpiar y pintar anualmente este componente
3. Examinar todas las superficies del rotor para ver si hay desgaste

Ilustración 5.29 Ejemplo de bombas rotatorias tipo tornillo

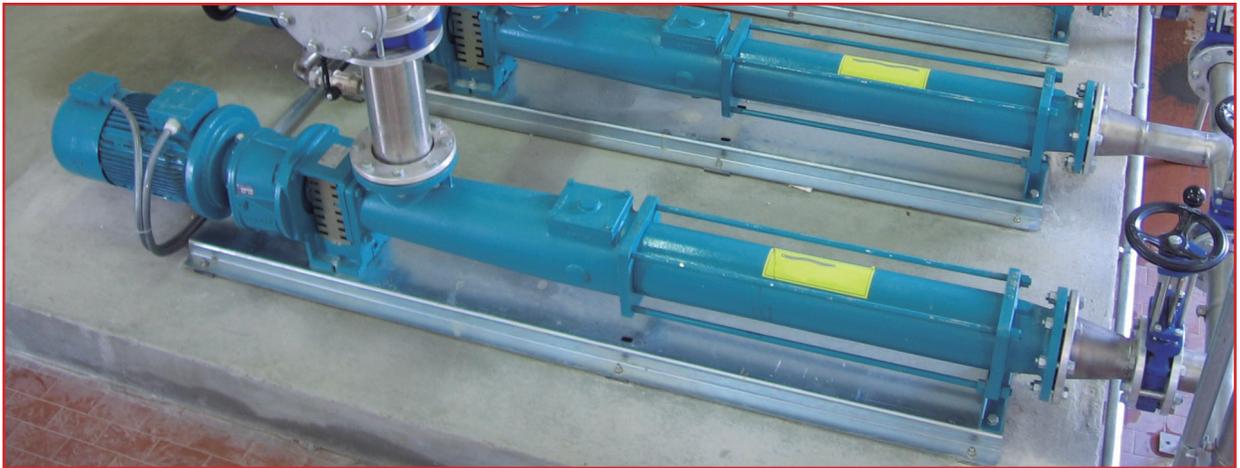
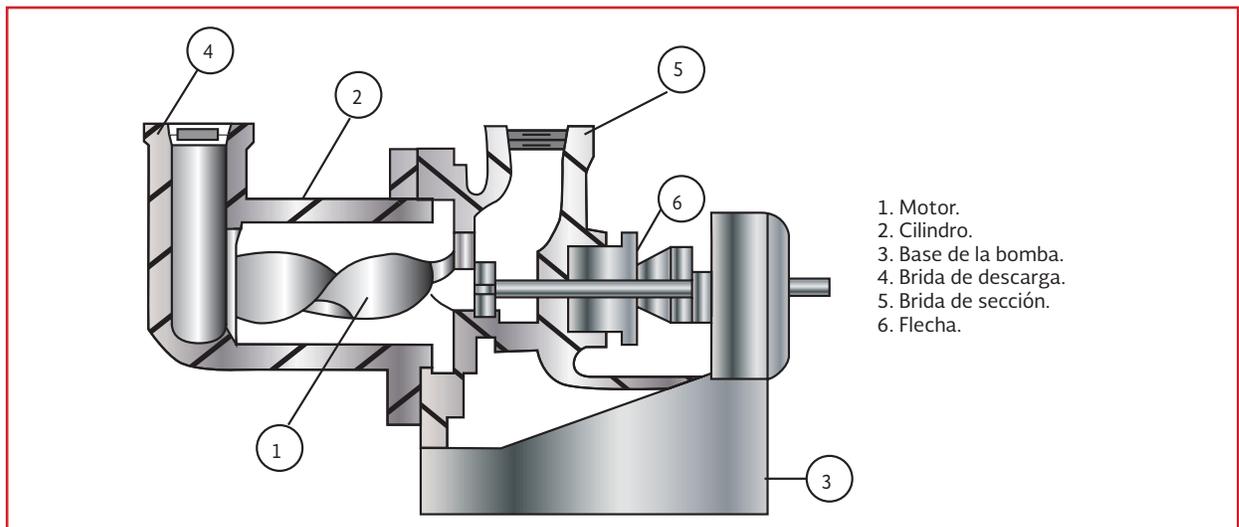


Ilustración 5.30 Esquema típico de una bomba rotatoria tipo tornillo



4. Desmontar y revisar la empaquetadura para determinar el grado de desgaste, generalmente deben reempacar los estoperos
5. Desmontar y revisar cuidadosamente la caja de baleros para ver si hay desgaste o irregularidades, especialmente en todos los ajustes importantes, como los huelgos o juegos entre las flechas y los baleros. Las flechas deben inspeccionarse para ver si hay grietas por fatiga
6. Desmontar, limpiar y revisar los baleros para determinar la existencia de defectos y su grado de desgaste. Inmediatamen-

te después de la inspección los baleros deben cubrirse con una capa de aceite o grasa para evitar que se empolven o humedezcan. Nunca deje los baleros o la caja de baleros sin este tipo de protección o en lugares inadecuados, las condiciones de almacenamiento y cuidado de las partes, son muy importantes para evitar limpiar nuevamente y garantizar su buen estado al momento de su instalación

7. Limpiar las cajas de baleros
8. De ser necesario y aplicable, remplazo de correas

Después de cualquier reparación a los componentes internos de la bomba deberá probarse nuevamente el equipo al terminar la reparación.

### **Diagnóstico de fallas**

Además de las inspecciones periódicas, la revisión y comparación del funcionamiento de la bomba en relación con sus condiciones normales de operación, constituye una buena práctica de mantenimiento. Estas acciones permitirán identificar las medidas correctivas para corregir los problemas que se presenten.

Es importante mencionar que el funcionamiento de una bomba centrífuga puede afectarse tanto por dificultades mecánicas como hidráulicas. Por ejemplo, las dificultades mecánicas pueden producir ruido, vibración y desgaste severo de la bomba, entre otras.

Por otra parte, los problemas hidráulicos pueden hacer que la bomba no entregue la cantidad de flujo o gasto adecuado, o bien, que el equipo tenga un consumo de energía elevado.

Cabe recordar que con frecuencia existe una relación o conexión definida entre las dificultades mecánicas e hidráulicas.

En la Tabla 5.20 se muestran algunos síntomas de fallas y algunas posibles causas.

#### 5.14.2.2. Mantenimiento de partes

### **Cilindro**

Las superficies del cilindro deben tenerse limpias y repintarse durante una reparación ge-

neral. Cabe mencionar que desde un punto de vista preventivo se debe establecer un programa de limpieza y pintura basado en las condiciones de trabajo.

Si la cubierta está picada o gastada en algunos lugares, se deberá evaluar su reparación o su reemplazo.

### **Empaquetaduras**

La instalación de una empaquetadura incluye:

1. Extraer el empaque viejo completamente
2. Limpiar perfectamente la superficie de la cabeza
3. Reponer las empaquetaduras:
  - a) Revisar el estopero para asegurarse que está en condiciones aceptables
  - b) Revisar que la empaquetadura nueva sea del tipo adecuado para el líquido, presión y temperatura de operación
  - c) Insertar cada anillo de empaquetadura por separado, empujándolo derecho dentro de la caja y asentándolo firmemente, usando anillos divididos de empuje de tamaño apropiado, que se ajusten perfectamente a la caja. Los anillos de empaque sucesivos deberán girarse para que sus juntas queden separadas 120 ó 180 grados
4. Instalar el prensaestopas y apretar firmemente las tuercas del mismo, después de que se han insertado todos los anillos de empaquetadura requeridos. Se debe revisar de que el casquillo penetre en el estopero derecho sin ladearse, para que toda la periferia de la empaquetadura tenga una presión uniforme

## ***Cojinetes de bolas y rodillos***

Lubricación, limpieza y cambio.

Los cojinetes de bolas y rodillos no requieren una gran cantidad de lubricante. Por el contrario, para producir una lubricación satisfactoria por un período considerable de tiempo, basta una pequeña cantidad de aceite o la cantidad correspondiente de grasa distribuidas sobre la superficie de las bolas o rodillos del balero.

Limpieza

En caso de requerirse una limpieza de los baleros una vez que han sido desmontados de la bomba, se deben seguir los siguientes puntos:

1. Lavar los baleros en querosén claro mientras que mueve el anillo interior hacia atrás y hacia delante para aflojar la grasa
2. Limpiar con aire comprimido
3. Enjuagar nuevamente los baleros y limpiar nuevamente con aire comprimido
4. Lubricar el balero para evitar oxidación
5. Verificar que el balero (cojinete) gire en forma muy silenciosa

Cambio de baleros

En caso del reemplazo de algún tipo de cojinete de bolas o rodillos, debe tenerse particular cuidado de que el nuevo cojinete a utilizar sea del tipo, características y condiciones de operación necesarias para el equipo.

Los aspectos que se deben tener en cuenta al manejar estos componentes son:

1. Extraer los baleros (cojinetes de bolas) de su caja hasta que estén listos para instala-

larse, esto evitará su contaminación

2. Mantener las manos y las herramientas limpias
3. Evitar la eliminación de la grasa de empaque de un balero nuevo
4. Mantener cubierta la lata de grasa
5. Usar trapos limpios para la limpieza de los baleros
6. Conservar limpio el banco de trabajo
7. Colocar los baleros sobre periódicos limpios
8. Limpiar perfectamente los asientos de la caja y la flecha
9. Verificar que los interiores de los alojamientos de los baleros estén libres de arenilla, polvo o partículas extrañas
10. Cubrir los baleros expuestos si se dejan así durante la noche

### **5.14.2.3. Pruebas y puesta en servicio**

Dependiendo de las características del sistema, si la bomba trabaja con una elevación de succión, debe introducirse líquido antes de poner en operación la bomba. En esta sección se incluyen las pruebas y verificaciones que deben considerarse para la puesta en servicio de la bomba.

#### ***Verificación de alineamiento***

Debe verificarse la alineación entre el motor y la bomba.. Se debe colocar una regla recta a través del acoplamiento por un lado y por arriba; al mismo tiempo, las caras de las mitades del acoplamiento deberán verificarse con un medidor cónico de espesores o con un calibrador de hojas, para saber si las caras están paralelas.

Cuando las periferias de las mitades del acoplamiento son círculos perfectos del mismo diámetro y las caras están planas, existe un ali-

neamiento adecuado cuando la distancia entre las caras es la misma en todos los puntos y una regla recta asiente bien en cualquier punto de los cantos. En el caso en que las caras no sean paralelas, tanto el medidor de espesores como el calibrador de hojas mostrarán una diferencia en distintos puntos. Por otra parte, si un acoplamiento está más alto que otro, la cantidad de desalineamiento puede determinarse utilizando una regla recta y los calibradores de hojas.

### ***Pruebas de funcionamiento***

En campo, generalmente no se cuenta con toda la instrumentación para efectuar una prueba en donde se verifique el comportamiento completo de la bomba. Sin embargo, basado en la información del fabricante, como la curva de comportamiento, el equipo debe cumplir operar bajo determinadas condiciones para garantizar el buen funcionamiento de la instalación.

Existen dos parámetros que determinan el punto (en la curva de comportamiento) de operación de una bomba: la carga total y el gasto o caudal. En vista de que la mayoría de las instalaciones cuentan con medidor de caudal, la tarea restante consiste en la determinación de la carga total. Conociendo esta última, la prueba de verificación del funcionamiento se realiza al localizar la intersección de estas dos variables en la curva del fabricante, la cual debe estar muy próxima al punto de diseño de la bomba.

#### **5.14.2.4. Registros de mantenimiento**

Debe generarse un archivo del registro de mantenimiento de la bomba, en el que se incluyan los formatos del programa de actividades de las inspecciones anuales o semestrales. Se sugiere

el formato de la Tabla 5.21 para el registro de las acciones de mantenimiento.

En muchos casos es recomendable obtener fotografías de las partes con desgaste excesivo antes de que sean reemplazadas; este tipo de registro gráfico proporciona más información del daño que una descripción. Cabe mencionar que el mantenimiento adecuado a una bomba no termina con el trabajo de reparación de las partes gastadas o dañadas.

El registro escrito de las condiciones de las partes a reparar, de la velocidad y aspecto del desgaste y el método que se utilizó para la reparación, es tan importante como el propio trabajo de reparación. Adicionalmente, la adecuada documentación de los trabajos contribuye al mejoramiento y planeación tanto de medidas preventivas como de diagnóstico, para reducir la frecuencia y los costos del mantenimiento. No debe olvidarse que el conservar y analizar los registros completos de los costos de mantenimiento y reparación de la bomba, junto con un registro de horas de operación, puede indicar si un cambio de materiales o un cambio mínimo de diseño es el plan más económico a seguir.

#### **5.14.2.5. Partes de repuesto**

El número mínimo de partes de repuesto que se deberán tener en existencia en el sitio de la instalación depende del tipo de servicio y en buena medida de la relación que se tenga en cuanto al tipo y calidad del mantenimiento y la calidad de los componentes involucrados. Se recomienda contar con:

1. Un juego de sellos mecánicos
2. Un juego de cojinetes
3. Empaquetadura suficiente

Cabe mencionar que se deben tener disponibles los datos necesarios para elaborar los pedidos de refacciones a los diferentes proveedores o fabricantes de los componentes. Entre estos se incluyen el número de serie y tamaño de la bomba indicado en la placa del fabricante, así como los números de parte de los componentes.

## 5.15. BOMBAS CENTRÍFUGAS VERTICALES INATASCABLES DE CÁRCAMO SECO

### 5.15.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Las bombas centrífugas verticales inatascables de cárcamo seco generalmente permiten el fácil acceso para la inspección, remoción o instalación de la mayoría de sus componentes.

En la Ilustración 5.31 e Ilustración 5.32 se muestra un esquema típico de una bomba vertical inatascable tipo cárcamo seco.

### 5.15.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Dadas las diferencias en diseño y materiales de construcción de las bombas centrífugas verticales inatascables de cárcamo seco, los procedimientos de mantenimiento deben apegarse a las instrucciones del fabricante antes de su puesta en servicio. Sin embargo en esta sección se indican los aspectos principales que deben considerarse.

#### 5.15.2.1. Inspección y diagnóstico

En esta sección se incluyen las acciones periódicas para asegurar la adecuada operación del equipo, así como la relación entre los síntomas

principales de un mal funcionamiento y las posibles causas de falla en las bombas, para ayudar al diagnóstico de fallas en estos equipos.

#### *Observación diaria*

Los equipos deben inspeccionarse cada hora durante operación. El formato de la Tabla 5.22 apoya el registro de la observación diaria de las condiciones o parámetros de operación de la bomba, en el que la persona encargada de la inspección podrá reportar cualquier irregularidad relacionada con su funcionamiento.

#### *Inspección semestral*

La inspección semestral debe incluir:

1. El estopero
2. La empaquetadura
3. El prensaestopas
4. El alineamiento entre el motor y la bomba
5. El estado de lubricación de los baleros

#### *Inspección anual*

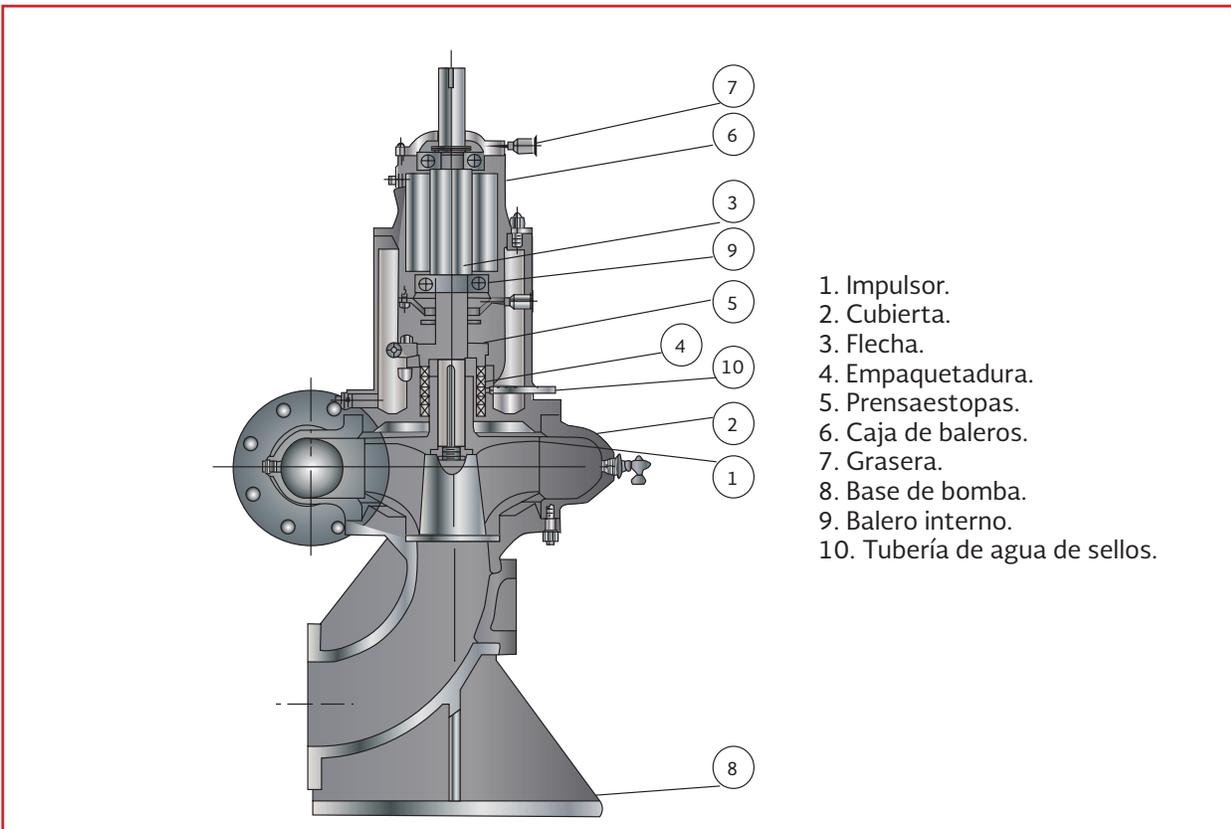
Generalmente, debe efectuarse una inspección cuidadosa y completa de la bomba una vez al año. Además de realizar las actividades de mantenimiento semestral, se recomienda:

1. Desconectar el acoplamiento con el motor y verificar su alineamiento
2. Revisar y destapar con aire comprimido los drenes, la tubería de agua de sello, la tubería de agua de enfriamiento, así como las venas de la cubierta
3. Revisar las cubiertas para identificar si existe desgaste excesivo. Una buena práctica es la de limpiar y pintar anualmente las vías de agua de la cubierta

Ilustración 5.31 Ejemplo de bombas centrífugas verticales inatascables de cárcamo seco



Ilustración 5.32 Bomba centrífuga vertical inatascable de cárcamo seco



4. Examinar cuidadosamente en todas sus superficies del impulsor para ver si hay desgaste, la inspección también debe incluir el cubo y el cuñero
5. Desmontar y revisar la empaquetadura para determinar el grado de desgaste, generalmente deben reempacar los estoperos
6. Desmontar y revisar las mangas de flecha para determinar el grado de desgaste
7. Desmontar y revisar cuidadosamente la flecha para ver si hay desgaste o irregularidades, especialmente en todos los ajustes importantes, como los calibres de los cubos del impulsor, debajo del manguito de la flecha y en los cojinetes así como en los cuñeros. La flecha debe inspeccionarse para ver si hay grietas por fatiga, aunque éstas son raras
8. Desmontar, limpiar y revisar los baleros para determinar la existencia de defectos y su grado de desgaste. Inmediatamente después de la inspección los baleros deben cubrirse con una capa de aceite o grasa para evitar que se empolven o humedezcan. Nunca deje los baleros o la caja de baleros sin este tipo de protección o en lugares inadecuados, las condiciones de almacenamiento y cuidado de las partes, son muy importantes para evitar limpiar nuevamente y garantizar su buen estado al momento de su instalación
9. Limpiar adecuadamente las cajas de baleros

Después de cualquier reparación a los componentes internos de la bomba deberá probarse nuevamente el equipo al terminar la reparación.

#### 5.15.2.2. Diagnóstico de fallas

Además de las inspecciones periódicas, la revisión y comparación del funcionamiento de la bomba en relación con sus condiciones normales de operación, constituye una buena práctica de mantenimiento. Estas acciones permitirán identificar las medidas correctivas para corregir los problemas que se presenten.

Es importante mencionar que el funcionamiento de una bomba centrífuga puede afectarse tanto por dificultades mecánicas como hidráulicas. Cabe recordar que con frecuencia existe una relación bien definida entre estas dificultades.

Generalmente, existen diez síntomas principales a los cuales están asociadas las posibles causas de fallas o problemas en una bomba centrífuga. La Tabla 5.19 y Tabla 5.21 muestran esta relación, y pueden usarse como tablas de verificación de operación, cada vez que se vigile el equipo.

#### 5.15.2.3. Desarmado completo

En general, las bombas centrífugas deben desarmarse con mucho cuidado siguiendo el siguiente procedimiento, en caso de que la bomba no pueda operar con válvula de descarga cerrada:

1. Desconectar el suministro de energía al motor
2. Cerrar las válvulas de descarga
3. Cerrar la válvula de suministro de agua de enfriamiento a estoperos (en caso de existir)

4. Cerrar la válvula de succión
5. Drenar la cubierta de la bomba
6. Desacople la flecha de la bomba de la flecha de transmisión
7. Remover el empaque, el farol de sello y el prensaestopas
8. Aflojar y retire las tuercas que aseguran la carcasa
9. Levantar la parte de la bomba que incluye la caja de baleros y voluta
10. Desmontar el anillo de desgaste de la carcasa y la junta de la carcasa
11. Aflojar el tornillo o tuerca del impulsor
12. Desmontar el impulsor y la cuña del impulsor
13. Retirar las tuercas de la caja de empaques al soporte de baleros
14. Desmontar el anillo de desgaste de la caja de empaques y el buje de garganta del estopero
15. Desmontar la manga
16. Separar las tapas de los baleros
17. Extraer el conjunto flecha y baleros
18. Desmontar los baleros de la flecha

Es importante que durante el proceso de desarmado de la bomba, se marquen todas las partes removidas para asegurar su armado correcto.

#### 5.15.2.4. Mantenimiento de partes

##### **Cubiertas**

Generalmente, las bombas para aguas residuales están sujetas a desgaste moderado de las cubiertas. Sin embargo, las vías de agua de la cubierta deben tenerse perfectamente limpias y repintarse durante una reparación general. Se debe utilizar una pintura adecuada que se ad-

hiera firmemente al metal de manera que la velocidad del agua no la lave o arrastre.

Una pintura de acabado de esmalte es la más eficiente. Cabe mencionar que desde un punto de vista preventivo se debe establecer un programa de limpieza y pintura basado en las condiciones de trabajo. Esto evitará que la capa protectora se desgaste completamente antes de reponerla, evitando así la corrosión. Se debe tener cuidado especial para examinar y reacondicionar los ajustes de metal a metal en los que las partes estacionarias (anillos de cubierta, difusores) se asientan en la cubierta.

##### **Impulsores**

En caso de que sea identificado un elevado grado de desgaste, y sea necesario el cambio de un impulsor, será necesario evaluar la sustitución de los materiales, así como el aumento en su costo.

##### **Balanceo del impulsor**

Siempre que se saque durante una reparación un impulsor, debe balancearse antes de ser instalado nuevamente. Para un balanceo manual del impulsor siga el siguiente procedimiento:

1. Montar el impulsor en un eje (flecha) cuyos extremos se colocan en dos filos de navaja a nivel
2. Observar, si el impulsor está desbalanceado, que gire el eje y quede en reposo con su parte más pesada hacia abajo
3. Eliminar un poco de material de la parte del impulsor que quedó hacia abajo. Evite a toda costa la elaboración de agujeros en el exceso de material

### ***Anillos de desgaste***

El mantenimiento de los anillos de desgaste involucra la instalación, las normas y tolerancias para el espacio libre (juego), una evaluación del desgaste permisible, así como de los procedimientos para medir y restaurar los espacios libres.

### ***Instalación***

La mayoría de los anillos se presan actualmente en los impulsores. Dado que puede presentarse una deformación durante el proceso de montaje, se recomienda verificar el impulsor o conjunto de impulsores y la flecha en su centros para ver si las nuevas superficies de los anillos están alineadas (ovaladas-excéntricas con respecto al eje “cabeceo”) y si no, alinearlas. Si se cuenta con los recursos adecuados, será fácil adquirir anillos de un tamaño ligeramente mayor y ajustar, con una máquina-herramienta, las superficies de desgaste al diámetro correcto después de ser montados.

### ***Espacio Libre (Juego)***

Deberán aceptarse y seguirse las recomendaciones del fabricante para el juego de los anillos de desgaste y su tolerancia.

### ***Desgaste Permisible***

Es difícil generalizar en la cantidad de desgaste aceptable antes de que una bomba tenga que desarmarse y sea removida la junta de desgaste. No obstante, la reposición de anillos se justifica, como guía general, cuando el aumento en el espacio libre es del 100 por ciento en el juego. Durante las actividades de mantenimiento, aun cuando el espacio libre no sea excesivo y la bomba pueda volverse a ensamblar, sin haber removido

los anillos de la junta de desgaste, siempre se debe verificar el diámetro del cubo del impulsor y el diámetro interior del anillo de desgaste fijo para determinar si existe excentricidad en el desgaste.

### ***Flechas y mangas de flecha***

#### ***Flechas***

Generalmente, es raro reponer una flecha de una bomba centrífuga. Después de una inspección visual, la flecha debe colocarse en centros y verificar su concentricidad. No debe corregirse una flecha doblada o deformada, pues el proceso es difícil aún en la fábrica especialmente equipada para hacer el trabajo. Tampoco debe soldarse una flecha que haya sido dañada, porque siempre se deformará. Las flechas dobladas o deformadas deben reponerse siempre.

#### ***Mangas de Flecha***

Generalmente, las mangas requieren reparación o reposición. Algunos diseños de bombas utilizan mangas con ranuras exteriores, de modo que se puede utilizar un extractor de mangas. Las mangas reparadas deben tener una superficie lisa y las partes restauradas no deben tener defectos ni deformaciones.

### ***Estoperos y empaquetaduras***

El mantenimiento de los estoperos consiste en los siguientes puntos:

1. Extraer el empaque viejo completamente, usando un extractor de empaquetaduras, si se tiene a mano. Es importante limpiar perfectamente la caja de empaque así como sus conductos (venas de la cubierta) de enfriamiento al farol (jaula

de sello). Nunca se debe agregar uno o dos anillos al empaque viejo, esto es falsa economía

2. Revisar el prensaestopas. Verificar su sujeción además de holgura que conserve entre éste y la manga o la flecha, y que no debe exceder de 0.762 mm (0.030 pulgadas)
3. Reponer las empaquetaduras. Para reempacar un estopero se recomienda seguir el siguiente procedimiento:
  - a) Revisar la manga de flecha para asegurarse que está en condiciones aceptables. Si se pone empaquetadura nueva en un estopero contra una manga áspera o bastante desgastada no se obtendrá un servicio satisfactorio
  - b) Revisar que la empaquetadura nueva sea del tipo adecuado para el líquido, presión y temperatura de operación
  - c) Insertar cada anillo de empaquetadura por separado, empujándolo uniformemente dentro de la caja y asentándolo firmemente, usando anillos divididos de empuje de tamaño apropiado, que se ajusten perfectamente a la caja. Los anillos de empaque sucesivos deberán girarse para que sus juntas queden separadas 120 ó 180 grados
  - d) Cuando se use una jaula de sello, se debe asegurar de que éste se instala entre los dos anillos de empaque apropiados, para que maneje correctamente el suministro de líquido cuando el estopero está totalmente empacado y ajustado
4. Instalar el prensa estopas y apriete firmemente las tuercas del mismo, después de que se han insertado todos los anillos de empaquetadura requeridos
5. Retroceder las tuercas del prensa estopas hasta que sólo estén apretadas con los

dedos, esto debe efectuarse después del primer apriete. Arrancar la bomba con el estopero flojo, de modo que haya un escurrimiento inicial excesivo. Apretar ligeramente y en forma pareja las tuercas del prensa estopas, a intervalos de 15 a 20 minutos de modo que el escurrimiento se reduzca a lo normal después de varias horas

### ***Cojinetes de bolas y rodillos***

#### **Lubricación**

Los cojinetes de bolas y rodillos no requieren una gran cantidad de lubricante. Por el contrario, para producir una lubricación satisfactoria por un período considerable de tiempo, basta una pequeña cantidad de aceite o la cantidad correspondiente de grasa distribuidas sobre la superficie de las bolas o rodillos del balero. En las bombas centrífugas verticales inatascables de cárnamo seco, las copas graseras son las más frecuentemente utilizadas para la lubricación de baleros (cojinetes) de bolas y de rodillos. Para lubricar los baleros lubricados con grasa, se puede recargar la copa, esto se efectúa destornillando la tapa, llenándola de grasa y volviéndola a roscar en la base. A medida que se va atornillando la tapa, la grasa es forzada a través del agujero para hacerla llegar al área del cojinete. Cabe mencionar que se debe permitir que la bomba trabaje por lo menos 20 minutos antes de volver a colocar el tapón de drenaje, para que pueda escapar el exceso de lubricante de la caja.

#### **Limpieza**

Si se desea limpiar los baleros (cojinetes de bolas) sin sacarlos de las bombas, se sugiere el siguiente procedimiento:

1. Limpiar con un trapo la caja del balero y retire la grasera y el tapón de drenaje
2. Limpiar las aberturas de grasa endurecida con un desarmador, punzón o una herramienta parecida
3. Inyectar algún solvente, como tetracloruro de carbono, en la caja del balero mientras la bomba está trabajando; al adelgazarse la grasa, saldrá por la abertura del dren; agréguese solvente hasta que salga limpio
4. Desalojar el solvente con un aceite ligero
5. Agregar grasa nueva y colocar el tapón de drenaje y la grasera

En caso de requerirse una limpieza de los baleros una vez que han sido desmontados de la bomba, se deben seguir los siguientes puntos:

1. Lavar los baleros en querosén claro mientras que mueve el anillo interior hacia atrás y hacia delante para aflojar la grasa
2. Limpiar con aire comprimido
3. Enjuagar nuevamente los baleros y limpiar nuevamente con aire comprimido
4. Lubricar el balero para evitar oxidación
5. Verificar que el balero (cojinete) gire en forma muy silenciosa

#### Cambio de baleros

En caso del reemplazo de algún tipo de cojinete de bolas o rodillos, debe tenerse particular cuidado de que el nuevo cojinete a utilizar sea del tipo, características y condiciones de operación necesarias para el equipo.

Los aspectos que se deben tener en cuenta al manejar estos componentes son:

1. Extraer los baleros (cojinetes de bolas) de su caja hasta que estén listos para instalarse, esto evitará su contaminación
2. Mantener las manos y las herramientas limpias
3. Evitar la eliminación de la grasa de empaque de un balero nuevo
4. Mantener cubierta la lata de grasa
5. Usar trapos limpios para la limpieza de los baleros
6. Conservar limpio el banco de trabajo
7. Colocar los baleros sobre periódicos limpios
8. Limpiar perfectamente los asientos de la caja y la flecha
9. Verificar que los interiores de los alojamientos de los baleros estén libres de arenilla, polvo o partículas extrañas
10. Cubrir los baleros expuestos si se dejan así durante la noche

La vida de los cojinetes de bolas y de rodillos depende del fabricante, de acuerdo con, para bombas que están en servicio las 24 horas, la vida en horas de operación de los cojinetes es de 40 000 a 50 000. Sin embargo, los equipos que se encuentran en estaciones de bombeo pueden tener una vida de aproximadamente 100 000 horas de operación.

#### 5.15.2.5. Registros de mantenimiento

Debe generarse un archivo del registro de mantenimiento de la bomba, en el que se incluyan los formatos del programa de actividades de las inspecciones anuales o semestrales. Se sugiere el formato de la Tabla 5.21 para el registro de las acciones de mantenimiento.

En muchos casos es recomendable obtener fotografías de las partes con desgaste excesivo antes de que sean reemplazadas; este tipo de registro gráfico proporciona más información del daño que una descripción. Cabe mencionar que el mantenimiento adecuado a una bomba no termina con el trabajo de reparación de las partes gastadas o dañadas. El registro escrito de las condiciones de las partes a reparar, de la velocidad y aspecto del desgaste y el método que se utilizó para la reparación, es tan importante como el propio trabajo de reparación. Adicionalmente, la adecuada documentación de los trabajos contribuye al mejoramiento y planeación tanto de medidas preventivas como de diagnóstico, para reducir la frecuencia y los costos del mantenimiento. Se propone el formato de la Tabla 5.23 para el registro de las acciones de mantenimiento de partes.

No debe olvidarse que el conservar y analizar los registros completos de los costos de mantenimiento y reparación de la bomba, junto con un registro de horas de operación, puede indicar si un cambio de materiales o un cambio mínimo de diseño es el plan más económico a seguir.

#### 5.15.2.6. Partes de repuesto

El número mínimo de partes de repuesto que se deberán tener en existencia en el sitio de la instalación depende del tipo de servicio y en buena medida de la relación que se tenga en cuanto al tipo y calidad del mantenimiento y la calidad de los componentes involucrados. Las partes de repuesto o refacciones se ordenan por el siguiente procedimiento:

1. Anotar el número de serie de la bomba
2. Anotar el número de parte de acuerdo con la lista del manual
3. Anotar la cantidad
4. Dar la descripción completa de la lista del manual

Las partes sujetas a desgaste son las siguientes:

1. Chumaceras para tazón
2. Chumacera de línea
3. Buje para estopero
4. Anillos de desgaste
5. Un juego de manas de flecha (o una flecha si no se usan mangas)
6. Un juego de cojinetes
7. Empaquetadura suficiente
8. Material para juntas
9. Impulsores

Se recomienda tener en el almacén las siguientes partes si el tiempo de paro es crítico.

1. Empaques y juntas
2. Partes rotatorias (impulsores, flechas)
3. Anillos de desgaste
4. Rodamiento

Referencias tomadas de manuales de instalación operación y mantenimiento de bombas verticales

Se deben tener disponibles los datos necesarios para elaborar los pedidos de refacciones a los diferentes proveedores o fabricantes de los componentes. Entre éstos se incluyen el número de serie y tamaño de la bomba indicado en la placa del fabricante, así como los números de parte de los componentes. Revisar la Tabla 5.24 y Tabla 5.25.

## 5.16. BOMBAS CENTRÍFUGAS VERTICALES INATASCABLES DE CÁRCAMO HÚMEDO

### 5.16.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Las bombas centrífugas verticales inatas cables de cárcamo húmedo tienen la flecha en posición vertical. Su diseño incluye una voluta de admisión de fondo con impulsores capaces de manejar materiales sólidos y fibrosos con un atascamiento mínimo.

En la Ilustración 5.33 e Ilustración 5.34 se muestra un esquema típico de una bomba vertical inatas cable tipo cárcamo húmedo.

### 5.16.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

Ver tema de bombas centrífugas verticales de inatas cables de cárcamo seco.

#### 5.16.2.1. Inspección y diagnóstico

Para el tema de inspección semestral se debe realizar conforme a la información mencionada en bombas centrífugas verticales de inatas cables de cárcamo seco.

#### *Observación diaria*

Los equipos deben inspeccionarse cada hora durante operación. El formato de la Tabla 5.26 apoya el registro de la observación diaria de las condiciones o parámetros de operación de la bomba, en el que la persona encargada de la inspección podrá reportar cualquier irregularidad relacionada con su funcionamiento.

#### *Inspección anual*

Generalmente, debe efectuarse una inspección cuidadosa y completa de la bomba una vez al año. Además de realizar las actividades de mantenimiento semestral, se recomienda:

1. Desconectar el acoplamiento con el motor y verificar su alineamiento
2. Revisar las cubiertas para identificar si existe desgaste excesivo. Una buena práctica es la de limpiar y pintar anualmente las vías de agua de la cubierta
3. Examinar cuidadosamente en todas sus superficies del impulsor para ver si hay desgaste, la inspección también debe incluir el cubo y el cuñero
4. Desmontar y revisar la empaquetadura para determinar el grado de desgaste, generalmente deben reempacar los estoperos
5. Desmontar y revisar las mangas de flecha para determinar el grado de desgaste
6. Desmontar y revisar cuidadosamente la flecha para ver si hay desgaste o irregularidades, especialmente en todos los ajustes importantes, como los calibres de los cubos del impulsor, debajo del manguito de la flecha y en los cojinetes así como en los cuñeros. La flecha debe inspeccionarse para ver si hay grietas por fatiga, aunque éstas son raras

Después de cualquier reparación a los componentes internos de la bomba deberá probarse nuevamente el equipo al terminar la reparación.

#### 5.16.2.2. Diagnóstico de fallas

Para el tema de diagnóstico de fallas se debe realizar conforme a la información menciona-

Ilustración 5.33 Ejemplo de bombas centrífugas verticales inatascables de cárcamo húmedo

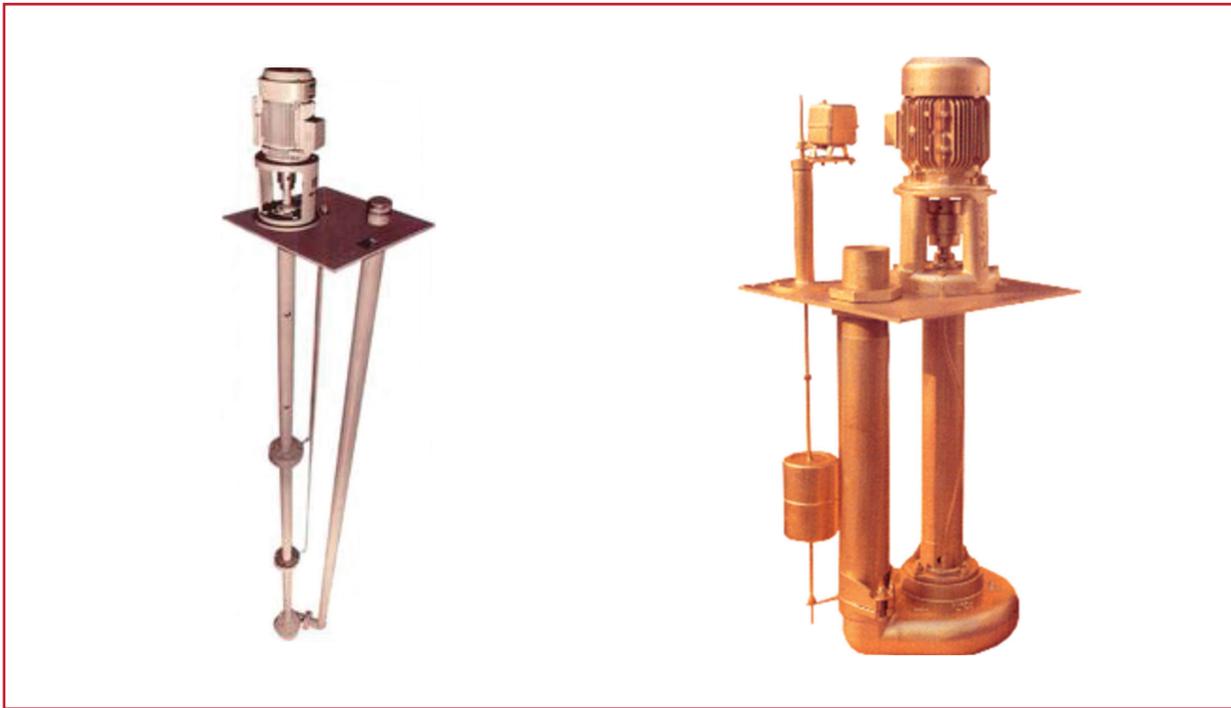
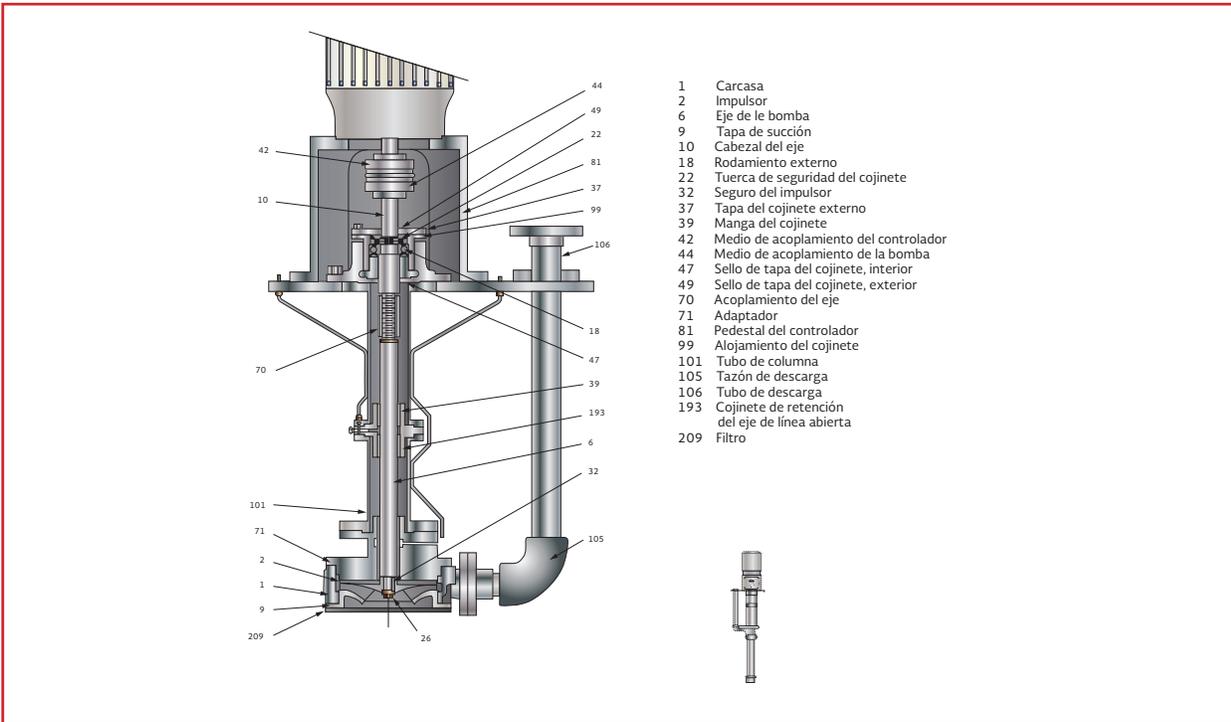


Ilustración 5.34 Esquema de bomba centrífuga vertical inatascable de cárcamo húmedo



Fuente: ANSI/ HI 2.1-2.2

da en bombas centrifugas verticales de inatascables de cárcamo seco.

La Tabla 5.24 y Tabla 5.25 muestran esta relación, y pueden usarse como tablas de verificación de operación, cada vez que se vigile el equipo.

#### 5.16.2.3. Mantenimiento de partes

Para el tema de cubiertas, impulsores, balanceo del impulsor, anillo de desgaste, espacio libre, desgaste permisible, flechas, mangas de flechas, estoperos y empaquetaduras se debe realizar conforme a la información mencionada en bombas centrifugas verticales de inatascables de cárcamo seco.

#### 5.16.2.4. Registros de mantenimiento

Para el tema de registro de mantenimiento se debe realizar conforme a la información mencionada en bombas centrifugas verticales de inatascables de cárcamo seco

#### 5.16.2.5. Partes de repuesto

El número mínimo de partes de repuesto que se deberán tener en existencia en el sitio de la instalación depende del tipo de servicio y en buena medida de la relación que se tenga en cuanto al tipo y calidad del mantenimiento y la calidad de los componentes involucrados.

En el caso de las bombas verticales inatascables de cárcamo húmedo se deberá incluir:

1. Un juego de anillos de desgaste
2. Un juego de mangas de flecha (o una flecha si no se usan mangas)
3. Empaquetadura suficiente

#### 4. Material para juntas

Cabe mencionar que se deben tener disponibles los datos necesarios para elaborar los pedidos de refacciones a los diferentes proveedores o fabricantes de los componentes. Entre éstos se incluyen el número de serie y tamaño de la bomba indicado en la placa del fabricante, así como los números de parte de los componentes.

### 5.17. BOMBAS SUMERGIBLES PARA AGUAS RESIDUALES

#### 5.17.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Este tipo de bombas están diseñadas para manejar aguas de drenaje y aguas residuales, pero no deben utilizarse para aguas residuales ácidas. Generalmente las bombas de 60, 75 y 100 h.p., se alimentan con 480 volts, Para mayores potencias arriba de 300 h.p se alimentan 4160 volts ver Ilustración 5.35 e Ilustración 5.36.

#### 5.17.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

##### ***Inspección y diagnóstico***

En esta sección se incluyen las acciones periódicas para asegurar la adecuada operación del equipo, así como la relación entre los síntomas principales de un mal funcionamiento y las posibles causas de falla en las bombas, para ayudar al diagnóstico de fallas en estos equipos.

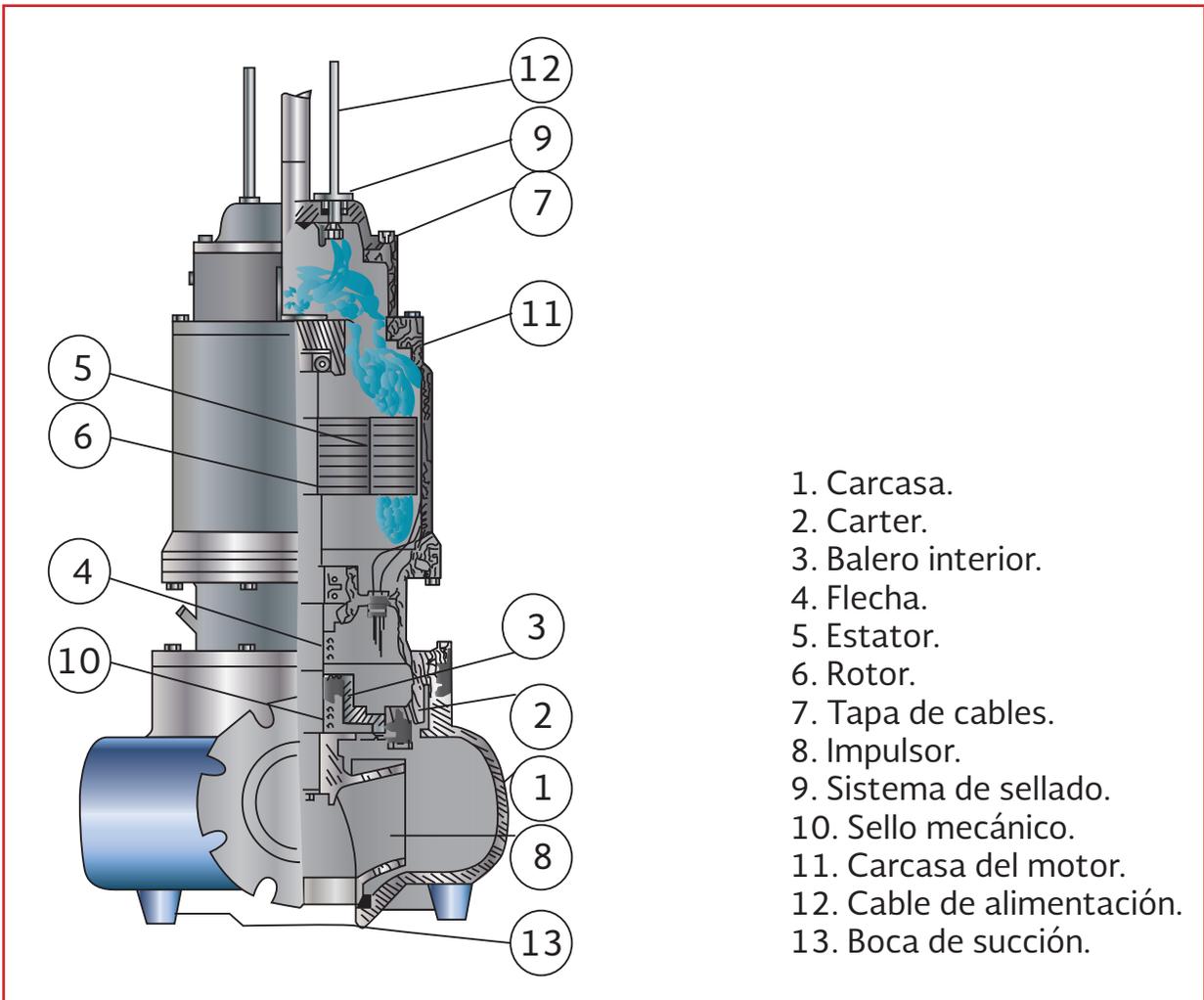
##### ***Observación diaria***

Los equipos deben inspeccionarse cada ocho horas durante operación. El formato de la Tabla 5.27 apoya el registro de la observación diaria

Ilustración 5.35 Ejemplo de bombas sumergibles para aguas residuales



Ilustración 5.36 Bomba sumergible para aguas residuales



de las condiciones o parámetros de operación de la bomba, en el que la persona encargada de la inspección podrá reportar cualquier irregularidad relacionada con su funcionamiento.

El formato de la Tabla 5.28 es aplicable a la inspección de los parámetros de comportamiento cada 10 días, adicional a la inspección anterior.

### ***Inspección trimestral***

La inspección trimestral debe incluir:  
Con el equipo desconectado y energizado:

1. Corriente en vacío en cada fase
2. Tensión en cada fase
3. El sentido de rotación del motor
4. Ruido
5. Vibración
6. Resistencia entre fases
7. Aislamiento fases-tierra
8. Revisión de aceite en el cárter
9. Revisión de aceite en el motor
10. Revisión del sello interior
11. Revisión del sello superior
12. Revisión del impulsor
13. Revisión de la carcasa
14. Revisión del anillo de desgaste
15. Revisión de la tapa de cárter
16. Revisión de cables
17. Revisión de continuidad en termostatos
18. Revisión de aislamiento termostatos-tierra

### ***Inspección semestral***

Además de realizar las actividades de mantenimiento trimestral, se recomienda:

1. Cambio de aceite
2. Cambio de anillo de desgaste
3. Purga de la voluta

### 5.17.2.1. Diagnóstico de fallas

Además de las inspecciones periódicas, la revisión y comparación del funcionamiento de la bomba en relación con sus condiciones normales de operación, constituye una buena práctica de mantenimiento. Estas acciones permitirán identificar las medidas correctivas para corregir los problemas que se presenten.

Generalmente, existen síntomas principales a los cuales están asociadas las posibles causas de fallas o problemas en una bomba sumergible para aguas residuales.

La Tabla 5.29 y Tabla 5.30 muestran esta relación, y pueden usarse como tablas de verificación de operación, cada vez que se vigile el equipo.

### 5.17.2.2. Mantenimiento de partes

#### ***Anillos de desgaste***

El mantenimiento de los anillos de desgaste involucra la instalación, las normas y tolerancias para el espacio libre (juego), una evaluación del desgaste permisible, así como de los procedimientos para medir y restaurar los espacios libres.

#### ***Instalación***

Para instalación de este tipo de equipos ver *libro de Instalación, montaje de equipo electromecánico del MAPAS*.

#### ***Espacio Libre (Juego)***

Las recomendaciones del fabricante para el juego de los anillos de desgaste y su tolerancia de una bomba centrífuga, deberán aceptarse y seguirse.

## **Lubricación**

La lubricación de las bombas sumergibles depende del tipo de motor que se utilice: Las unidades de 3 a 40 HP se pueden surtir con motores de cámara seca o inundados en aceite. Las unidades de 2.75 y 100 Hp se surten únicamente con motores en cámara seca. Las unidades de 60 Hp se surten únicamente con motor inundado en aceite.

Las características de los lubricantes son:

**Grasa:** la grasa utilizada en la lubricación de los baleros es del tipo S.K.F. GRA-AT3 o equivalente, que es grasa para alta temperatura, 150°C.

**Aceite 1:** el aceite que se utiliza en la lubricación de los sellos en las bombas es aceite para motor SAE10W40 o equivalente.

**Aceite 2:** en el caso de las bombas con motor inundado en aceite, el aceite que inunda al motor es el mismo que lubrica los sellos, es aceite dieléctrico tipo transformador equivalente, para tensión de 30 000 volts (en caso de duda, consulte al fabricante).

## **Limpieza**

Durante mantenimiento, es necesario lavar la bomba cada vez que sea retirada de la instalación, para evitar que la bomba se pegue con los residuos sólidos contenidos en el líquido bombeado (lodos, basura, entre otros).

## **Almacenamiento de la bomba**

La bomba debe almacenarse en un lugar seco cuando permanezca mucho tiempo fuera de servicio.

## **Desensamblaje de la carcasa de la bomba y el impulsor**

En caso de desgaste, daño debido a caída, taponamiento de la bomba o reemplazo del motor, la carcasa de la bomba y el impulsor pueden ser desensamblados en campo.

A continuación se proponen las instrucciones generales para el desensamble de la carcasa de la bomba y el impulsor.

1. Retire los tornillos que unen al cárter con la carcasa, así el motor y el impulsor pueden ser retirados como una unidad
2. Si es necesario retirar el impulsor, recueste la bomba y retire el tornillo de sujeción a la flecha. El impulsor está ensamblado a la flecha por un ajuste recto con cuñero. Hacer palanca cuidadosamente en los lados opuestos del impulsor con dos desarmadores largos o con barras pequeñas por detrás del impulsor. Si esta acción es demasiado fuerte, puede llegar a fracturar el impulsor
3. Coloque el motor con la flecha hacia arriba para evitar que el aceite se salga a través del sello inferior, asegúrese de que el sello mecánico esté en su lugar antes de reinstalar el impulsor, aplique grasa en la flecha cuando reinstale el impulsor. Es conveniente adhesivo para roscas tipo loctite No. 222 ó 242 en la rosca del tornillo de sujeción del impulsor, si el impulsor se cae durante la operación debido al aflojamiento del tornillo, se producirán daños muy severos

### **Baleros y sellos mecánicos**

La vida útil de los baleros de las bombas sumergibles es, generalmente, de 30,000 horas. Este número de horas está calculado en el punto de máximo rendimiento de la bomba. Las bombas, usualmente, cuentan con 2 sellos mecánicos para el sellado de la flecha; ambos con caras de contacto de carbón cerámica, elastómeros de vitón, carcasa y resorte de acero inoxidable.

#### 5.17.2.3. Registros de mantenimiento

Para el tema de registro de mantenimiento se debe realizar conforme a la información mencionada en bombas centrifugas verticales de inatascables de cárcamo seco

#### 5.17.2.4. Partes de repuesto

Las partes de repuesto o refacciones que es conveniente mantener en el almacén del taller de mantenimiento dependen de diferentes factores que involucran la frecuencia de falla de los componentes, los materiales utilizados y las condiciones de operación del equipo.

Para solicitar u ordenar una o más partes de repuesto al fabricante, se puede seguir el siguiente procedimiento:

1. Indicar el número de serie de la bomba
2. Indicar el tipo de bomba
3. Indicar el tipo de lubricación
4. Listar las partes de repuesto. Esto debe incluir:
  - a) Indicar el tipo de parte de acuerdo al manual del fabricante

- b) Indicar una breve descripción de la parte en cuestión
- c) Especificar la cantidad de partes solicitada

Generalmente en las bombas verticales tipo sumergible, las partes que están más sujetas a desgaste son:

1. Chumaceras (bujes) para impulsor
2. Sellos mecánicos
3. Anillos de desgaste
4. Impulsores
5. Empaques

Tomando en cuenta que el tiempo para que el equipo entre en operación sea crítico, se recomienda tener en almacén las siguientes partes de repuesto:

1. Impulsor
2. Empaques y juntas
3. Flecha
4. Anillos de desgaste
5. Bujes
6. Balero
7. Rodamientos

Las siguientes tablas son recomendaciones generales, sin embargo deberá consultarse la información técnica de fabricante referente a las especificaciones del mismo.

#### Nota Importante:

El servicio para mantenimientos mayor o rempalzo de piezas de bombas sumergibles debe realizarse de fabrica.

Tabla 5.19 Registro de inspección de bombas rotatorias tipo tornillo

Registro de inspección		
Bomba No:		
Fecha:	Hora:	
Estado General	Normal	Excesivo
Temperatura en el lado potencia de la bomba		
Esgurrimiento en estoperos		
Ruido en el motor		
Ruido en la bomba		
Vibración en la bomba		
Fugas del fluido bombeado		
Nivel de presión		
Caudal		
Observaciones:		

Tabla 5.20 Cuadro para encontrar causas que originan fallas en bombas rotatorias tipo tornillo

Síntoma	Posible causa de falla
La bomba no descarga	<ul style="list-style-type: none"> <li>* La bomba no está cebada</li> <li>* Presión neta de entrada muy baja</li> <li>* Dirección de rotación equivocada</li> <li>* Entrada bloqueada</li> </ul>
Flujo o gasto insuficiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Entrada de aire en la tubería de succión</li> <li>* Velocidad de rotación de la flecha muy baja</li> <li>* Presión neta de entrada muy baja</li> <li>* Válvula de pie (zapata) muy chica o parcialmente bloqueada.</li> <li>* Entrada de aire a la bomba por los estoperos</li> </ul>
Excesivo consumo de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Velocidad de rotación de la flecha muy alta</li> <li>* Línea de succión o descarga obstruida</li> <li>* Desalineamiento</li> <li>* Presión de trabajo mayor que la especificada</li> </ul>
Ruido, Vibración	<ul style="list-style-type: none"> <li>* Aire o gas en el fluido bombeado. Esto puede ser causado por fuga en la línea de succión o una inadecuada sumergencia de la línea de succión</li> <li>* Cavitación. Esta puede ser causada por elevación estática demasiado alta o elevadas velocidades en la succión</li> </ul>

Tabla 5.21 Registro de mantenimiento a piezas de bombas rotatorias tipo tornillo

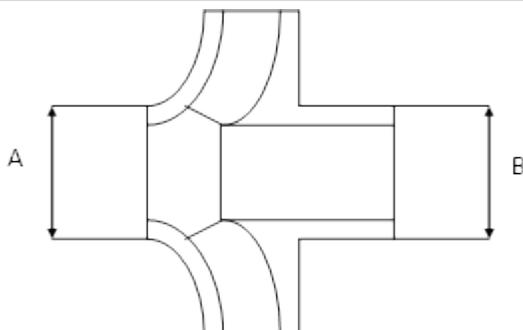
Bomba No.:		Localización:	
Tipo:		Serie No.:	
Fabricante:			
Salida de Servicio		Inicio de Mantenimiento	
Fecha (día/mes/año):		Fecha (día/mes/año):	
Hora (h:min):		Hora (h:min):	
Tipo de Falla:			
Acciones de Mantenimiento:			
Refacciones Requeridas:			
Terminación de Mantenimiento		Entrada en operación	
Fecha (día/mes/año):		Fecha (día/mes/año):	
Hora (h:min):		Hora (h:min):	
Comentarios y Observaciones:			

Tabla 5.22 Registro de inspección de bombas centrífugas verticales inatascables de cárcamo seco

Registro de inspección		
Bomba No:		
Fecha:	Hora:	
Estado General	Normal	Excesivo
Ruido en la succión de la bomba		
Temperatura de cojinetes		
Ecurrimiento en estoperos		
Ruido en el motor		
Observaciones:		
Operación de la Instrumentación	Adecuada	Inadecuada
Operación del medidor de carga en succión		
Operación del manómetro en descarga		
Operación del indicador de flujo en descarga		
Observaciones:		

Tabla 5.23 Registro de mantenimiento a piezas de bombas centrífugas verticales inatascables de cárcamo seco

Bomba No.:	Localización:
Tipo:	Serie No.:
Fabricante:	



No de Parte	A	B	Estado	
			Adecuado	Inadecuado

Observaciones

Impulsor

Fecha:

Tabla 5.24 Cuadro para encontrar causas que originan fallas en bomba centrífuga vertical inatascable de cárcamo húmedo

Síntoma	Posible causa de falla
La bomba no descarga agua	1,2,3,4,6,11,14,16,17,22,23
Flujo o gasto insuficiente	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,14,17,20,22,23,29,30,31
Presión de descarga insuficiente	5,14,16,17,20,22,29,30,31
Se pierde el cebado después de arrancar	2,3,5,6,7,8,11,12,13
Excesivo consumo de energía	15,16,17,18,19,20,23,24,26,27,29,33,34,37
Fuga excesiva en el estopero	13,24,26,32,33,34,35,36,38,39,40
El empaque dura poco	12,13,24,26,28,32,33,34,35,36,37,38,39,40
La bomba vibra o hace ruido	2,3,4,9,10,11,21,23,24,25,26,27,28,30,35,36,41,42,43,44,45,46,47
Los baleros duran poco	24,26,27,28,35,36,41,42,43,44,45,46,47
La bomba se sobrealimenta y se pega	1,4,21,22,24,27,28,35,36,41

Tabla 5.25 Posibles causas de falla de bomba centrífuga vertical inatascable de cárcamo húmedo

Problemas en la Succión
1. La bomba no está cebada
2. La bomba o la tubería de succión no está completamente llena de agua
3. Elevación de succión muy alta
4. Margen insuficiente entre la presión de succión y la presión de vapor del agua
5. Cantidad excesiva de aire o gas en el agua
6. Bolsa de aire en la tubería de succión
7. Entrada de aire en la tubería de succión

Tabla 5.25 Posibles causas de falla de bomba centrífuga vertical inatascable de cárcamo húmedo (continuación)

<b>Problemas en la Succión</b>
8. Entrada de aire a la bomba por los estoperos
9. Válvula de pie (zapata) muy chica
10. Válvula de pie (zapata) parcialmente bloqueada
11. Instalación deficiente (sumersión insuficiente) del tubo de entrada de succión
12. Tubería del sello de agua tapada
13. Instalación incorrecta de la jaula de sello en el estopero, esto evita que el agua de sello entre para formar el sello
<b>Problemas en el Sistema</b>
14. Velocidad de rotación de la flecha muy baja
15. Velocidad de rotación de la flecha muy alta
16. Dirección de rotación invertida
17. Carga total del sistema más alta que la carga de diseño de la bomba
18. Carga total del sistema más baja que la carga de diseño de la bomba
19. Peso específico del agua diferente al de diseño
20. Viscosidad del agua distinta de la que se usó para el diseño
21. Operación a capacidad muy baja
22. Operación inadecuada de bombas en paralelo para esa operación
23. Presencia de cuerpos extraños en el impulsor
24. Desalineamiento entre el motor y la bomba
25. Problemas en la cimentación, no rígida
26. Flecha doblada
27. Rozamiento entre una parte giratoria una parte estacionaria
28. Baleros o cojinetes gastados
29. Anillos de desgaste gastados
30. Impulsor dañado
31. Junta de la cubierta defectuosa
32. Flechas o mangas de flecha gastados o rayados en la empaquetadura
33. Empaquetadura incorrectamente instalada
34. Tipo incorrecto de empaquetadura para las condiciones de operación
35. Flecha que opera descentrada a causa del desgaste de baleros o cojinetes
36. Rotor desbalanceado que causa vibración excesiva
37. Prensaestopas muy apretado, dando como resultado un adecuado flujo de agua para lubricar la empaquetadura
38. Falta de alimentación del líquido (agua) de enfriamiento a estoperos enfriados por agua
39. Espacio libre excesivo en el fondo del estopero entre la flecha y la cubierta, permitiendo que el empaque se mueva al interior de la bomba
40. Partículas de tierra en el agua de sellos, ocasionando que se raye la flecha o la manga de flecha
41. Excesivo empuje causado por una falla mecánica dentro de la bomba
42. Cantidad excesiva de grasa o aceite en la caja de baleros o falta de enfriamiento ocasionando calentamiento excesivo del balero
43. Falta de lubricación
44. Instalación inadecuada de baleros
45. Baleros con partículas extrañas (sucios)
46. Oxidación en baleros debido a la entrada de agua a la caja
47. Enfriamiento excesivo de baleros enfriados por agua, dando como resultado la condensación de la humedad de la atmósfera en la caja de baleros

Tabla 5.26 Registro de inspección de bomba centrífuga vertical inatascable de cárcamo húmedo

Registro de inspección		
Bomba No:		
Fecha:		Hora:
Estado General	Normal	Inadecuado
Nivel de aceite de lubricación		
Ruido en el motor		
Observaciones:		
Operación de la Instrumentación	Adecuada	Inadecuada
Operación del manómetro en descarga		
Operación del indicador de flujo en descarga		
Observaciones:		

Tabla 5.27 Registro de inspección de bombas sumergibles para aguas residuales

Registro de inspección		
Bomba No:		
Fecha:		Hora:
Estado General	Normal	Inadecuado
Ruido en la succión de la bomba		
Tensión de operación en cada fase		
Corriente de operación en cada fase		
Humedad del interior del cárter		
Observaciones:		
Operación de la Instrumentación	Adecuada	Inadecuada
Operación del manómetro en descarga		
Operación del indicador de flujo en descarga		
Observaciones:		

Tabla 5.28 Registro de inspección cada 10 días de bombas sumergibles para aguas residuales

Registro de inspección cada 10 días		
Bomba No:		
Fecha:		Hora:
Estado General	Normal	Inadecuado
Gasto de la bomba		
Presión de descarga de la bomba		
Observaciones:		

Tabla 5.29 Causas que originan fallas en bombas sumergibles para aguas residuales

Síntoma	Posible causa de falla
La bomba no arranca	1,2
La bomba gira pero no proporciona el gasto	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
Disparo del interruptor de sobrecarga y el zumbador de la alarma o la luz roja parpadea debido a alto nivel de agua en el cárcamo.	10, 11
Luz indicadora de operación permanece encendida siempre	12, 13, 14, 15, 16
Interruptor termomagnético se dispara	17, 18, 19
Bomba ruidosa y entregando poca carga	20, 21, 22
Grasa y sólidos acumulados alrededor de la bomba y no son bombeados fuera del cárcamo	23, 24, 25
El control se dispara sin causa aparente	26, 27

Tabla 5.30 Posibles causas de falla y acciones correctivas de bombas sumergibles para aguas residuales

1	La línea puede estar desenergizada. Verifique que la línea tenga tensión, verifique los fusibles o el interruptor
2	El cable de alimentación puede estar roto. Verificar
3	La bomba puede tener aire atrapado, esto puede ocurrir ocasionalmente en una instalación nueva. Arrancar y parar la bomba varias veces con la válvula de descarga abierta
4	La bomba no está sumergida, se debe permitir que entre más agua en el cárcamo de manera que la bomba quede sumergida
5	La rotación del impulsor puede estar invertida
6	Si la bomba no ha operado durante algún tiempo pero ha estado instalada puede haberse atascado la succión Retirar la bomba y eliminar la obstrucción
7	La válvula de descarga puede estar cerrada. Verificar la apertura de la misma
8	La carga dinámica total puede ser muy alta. Verificar la altura. La carga al cierre de la bomba está indicada por el fabricante
9	Si la instalación tiene válvula de retención es posible que esté obstruida o tenga el disco roto
10	Motor sobrecargado debido al bloqueo del impulsor o puede existir falla en el motor
11	Posible falla en los componentes de la caja de control
12	Interruptor "Manual-Auto" en posición manual
13	Interruptor de control de nivel con posible falla, causando que la bomba continúe operando aun cuando no hay nivel mínimo de agua
14	El impulsor puede estar parcialmente tapado operando la bomba a una capacidad muy baja
15	Posible taponamiento de la válvula de compuerta o de la válvula de retención ocasionando un bajo gasto de la bomba
16	La bomba puede tener aire atrapado. Arrancar y parar varias veces la bomba con la válvula de descarga totalmente
17	Sobrecarga en el sistema. Restablezca el interruptor colocándolo en la posición de apagado y después en la posición de encendido. Si el interruptor se dispara inmediatamente se trata de un corto circuito en el motor o en la caja de control
18	Sobre tensión en el motor o en el control
19	Posible daño en el motor o en la caja de control. La medición de la resistencia eléctrica del motor con los cables desconectados de la caja de control determinará donde se encuentra el daño
20	Impulsor parcialmente bloqueado con materiales extraños causando ruido y sobrecarga al motor
21	El impulsor puede estar rozando en el anillo de desgaste debido a que la flecha está flexionada
22	Bomba operando muy cerca de su carga de cierre. Revisar el cálculo de la carga dinámica total
23	El interruptor de nivel mínimo está colocado demasiado alto
24	Operar la bomba en posición manual varios minutos permitiendo que los sólidos del cárcamo se remuevan y puedan ser bombeados
25	La grasa y la basura se han acumulado en las peras de control causando que la bomba no trabaje adecuadamente.
26	La bomba se encuentra parcialmente sumergida provocando que se disparen los detectores de temperatura
27	Bajo nivel de agua. Verificar el nivel del líquido

## 5.18. COMPUERTAS DESLIZANTES

### 5.18.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Las compuertas deslizantes pueden tener dos tipos de izaje por medios mecánicos y manual. Como consecuencia de esta variante, los procedimientos de mantenimiento varían ligeramente, dependiendo del tipo de izaje utilizado en la compuerta, Ilustración 5.37 e Ilustración 5.38.

### 5.18.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

#### 5.18.2.1. Inspección del equipo

1. Verificar el grado de corrosión, su extensión y el deterioro del recubrimiento anticorrosivo
2. Verificar las deformaciones de la compuerta
3. Verificar el atascamiento por obstrucción de las guías de deslizamiento, por falta de maniobra durante tiempo prolongado
4. Verificar la lubricación de las guías, su deterioro y desprendimientos
5. Verificar visualmente todas las uniones

soldadas, indicando sus condiciones de corrosión, grietas o posibles desprendimientos, marcándolos con pintura visible para su reparación posterior

6. Verificar fugas entre el marco y la pared y el marco y la compuerta

Para las compuertas deslizantes con izaje por medios mecánicos:

1. Verificar que las asas de izaje, las guías tope para la viga pescadora y los pasadores, se encuentren libres de deformaciones o desprendimientos
2. Verificar que las compuertas que operan permanentemente abiertas, queden apoyadas y sujetas debidamente en las estructuras propias para ello y que su extremo inferior quede dentro de las guías laterales
3. Verificar que el mecanismo de izaje se encuentre en el mismo plano de la compuerta para evitar torsión en la estructura de izaje y facilitar la operación de la compuerta

Para las compuertas deslizantes con izaje manual (ver Ilustración 5.37 e Ilustración 5.39):

Ilustración 5.37 Compuerta deslizante



Ilustración 5.38 Compuerta deslizante de hierro fundido

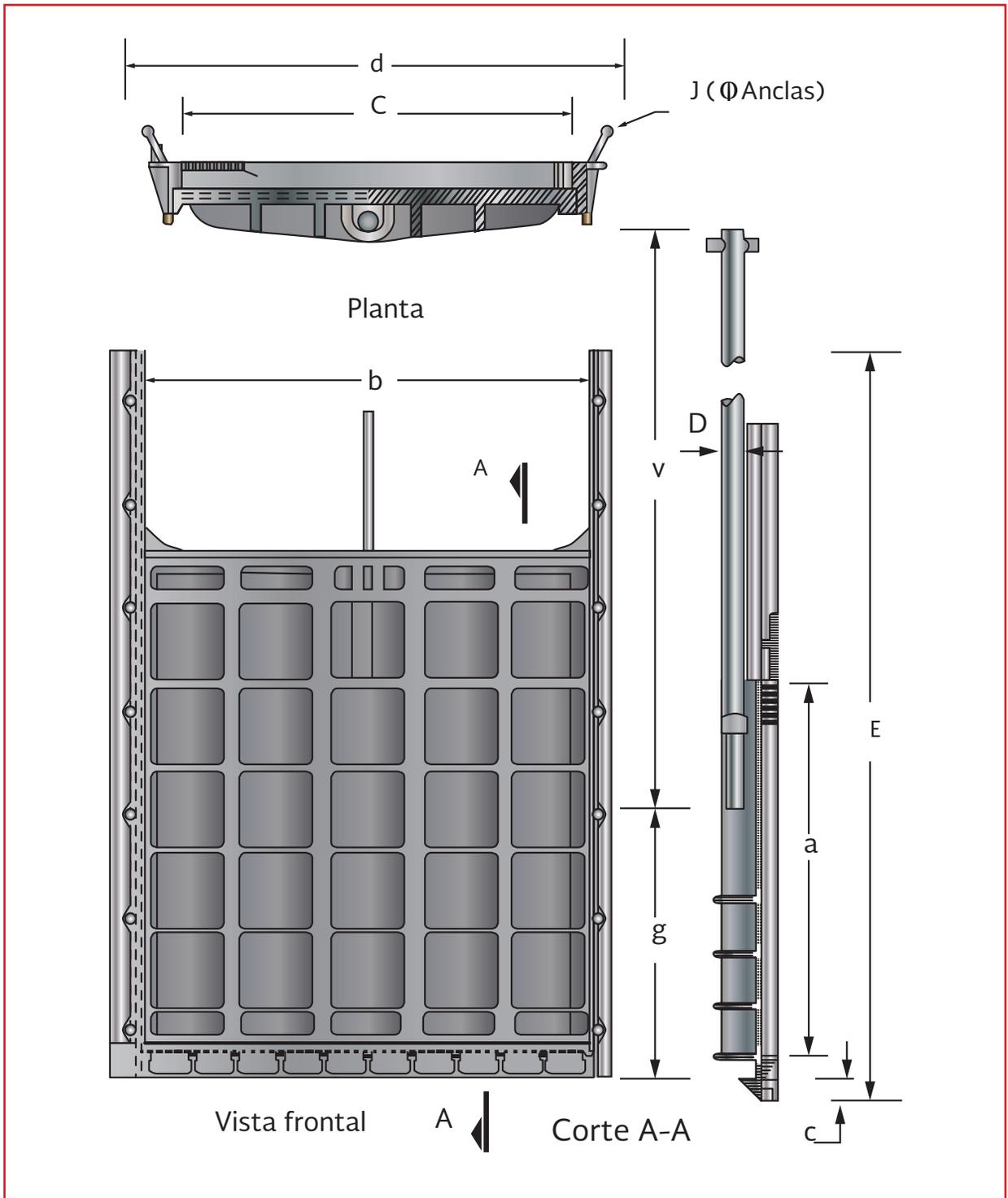
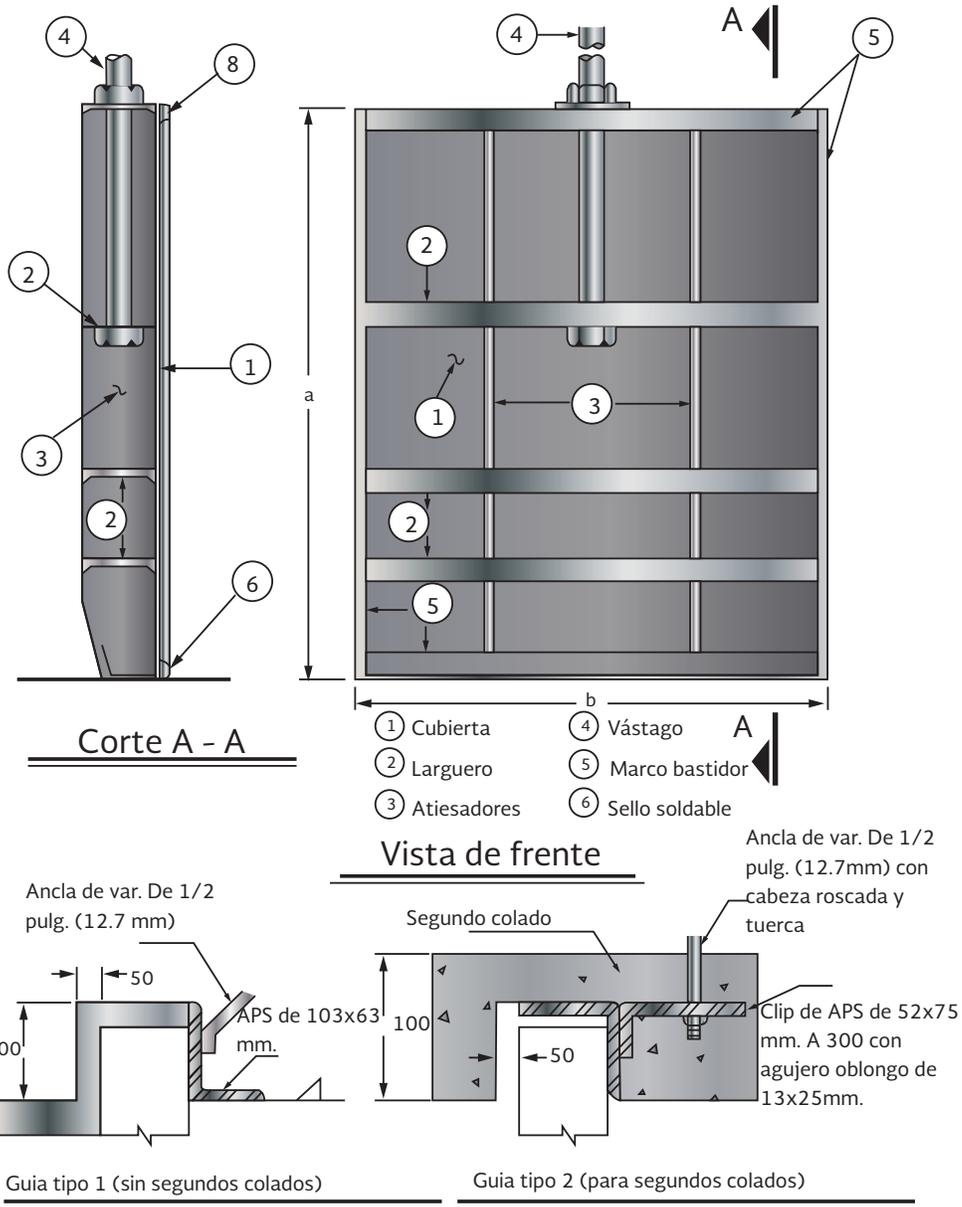


Ilustración 5.39 Compuerta deslizante de placa



1. Verificar que el dispositivo de izaje se encuentre perfectamente fijo y seguro en la estructura de apoyo y que su funcionamiento sea el correcto
2. Verificar la alineación de la estructura de apoyo con respecto al plano de la compuerta
3. Verificar que la compuerta no se impacte sobre su estructura de alojamiento (por balanceo o deformación de la estructura de izaje)

#### 5.18.2.2. Mantenimiento

1. Reparar o sustituir cada elemento deformado y las partes dañadas por la corrosión
2. Retirar y reparar el sistema de rodamiento (rodillos, ruedas u orugas atoradas)
3. Colocar refuerzos adicionales en placas y perfiles del tablero de la compuerta, si se requieren por análisis estructural
4. Alinear, ajustar y anclar las guías de deslizamiento desprendidas; remover y reponer el concreto deteriorado
5. Limpiar y lubricar las guías
6. Retirar y reemplazar los sellos dañados
7. Remover el recubrimiento anticorrosivo dañado o viejo y limpiar todo indicio de salpicaduras de soldadura, rebabas de metal y corrosión, al término de todas las reparaciones y antes de aplicar una nueva capa protectora
8. Evaluar la condición actual de las soldaduras para asegurar su calidad
9. Engrasar los mecanismos de operación de las compuertas

#### 5.18.2.3. Pruebas

1. Revisar la sujeción de la compuerta y sus mecanismos de operación

2. Probar el funcionamiento adecuado del mecanismo de cierre y apertura, abriendo y cerrando la compuerta lentamente
3. En funcionamiento, verificar que no haya fugas a través de las partes móviles y estacionarias, abriendo y cerrando lentamente la compuerta. Si existen fugas, hacer los ajustes necesarios

#### 5.18.2.4. Registros de mantenimiento

Se requiere elaborar un registro del mantenimiento efectuado a la compuerta deslizante, que incluya: inspección, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y datos generales del equipo, se puede ayudar de la Tabla 5.31 y Tabla 5.32 para realizar el registro.

## 5.19. COMPUERTAS DESLIZANTES TIPO RADIAL

### 5.19.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

Las compuertas deslizantes pueden tener dos tipos de izaje, por medios mecánicos y manual. Como consecuencia de esta variante, los procedimientos de mantenimiento varían ligeramente, dependiendo del tipo de izaje utilizado en la compuerta, ver Ilustración 5.40 e Ilustración 5.41.

### 5.19.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

#### 5.19.2.1. Inspección del equipo

1. Verificar el grado de corrosión, su extensión y el deterioro del recubrimiento anticorrosivo
2. Verificar las deformaciones de la compuerta
3. Verificar fugas

Ilustración 5.40 Ejemplo de compuertas deslizantes tipo radial

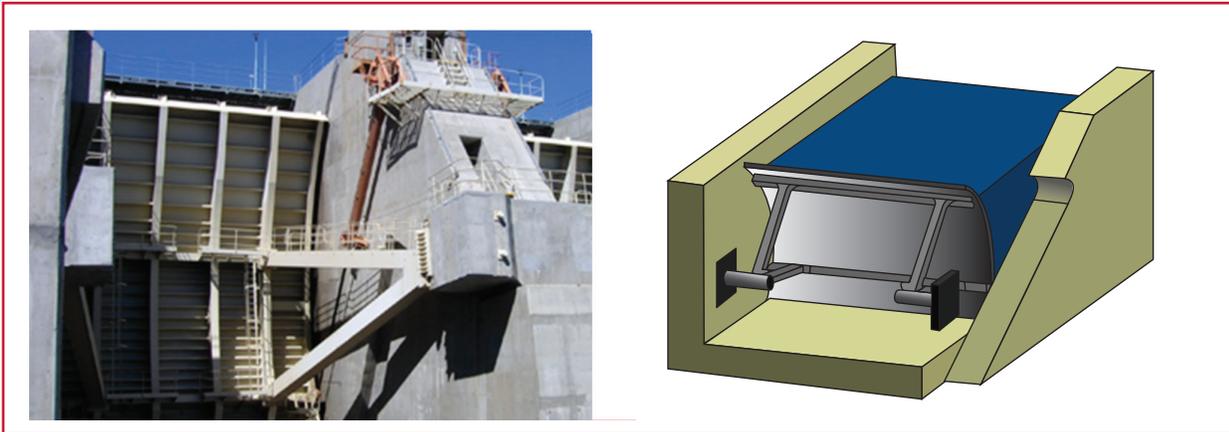
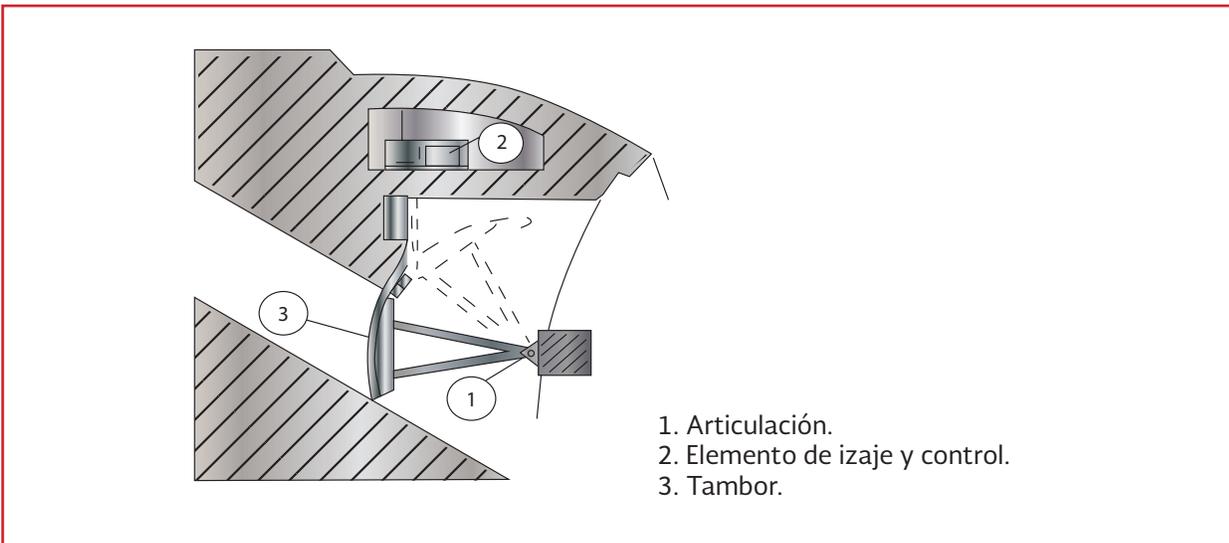


Ilustración 5.41 Compuerta deslizante tipo radial



4. Verificar el atascamiento por obstrucción de las guías de deslizamiento, por falta de maniobra durante tiempo prolongado
5. Verificar la lubricación de las guías, su deterioro y desprendimientos
6. Verificar visualmente todas las uniones soldadas, indicando sus condiciones de corrosión, grietas o posibles desprendimientos, marcándolos con pintura visible para su reparación posterior
7. Verificar que no exista espacio libre entre las guías y carretillas laterales
8. Verificar que el enrollamiento de los cables de izaje sea simétrico para evitar tensiones irregulares en ellos
9. Verificar el estado de conservación de los tramos de cable de izaje que están a la intemperie
10. Verificar la lubricación del mecanismo de operación de la compuerta
11. Verificar que la alineación del cojinete y del tambor de embobinado del cable sea la correcta
12. Verificar que las divisiones y números de apertura de las escalas de lectura de apertura de las compuertas, estén lim-

pías y protegidas con laca transparente (si es el caso)

13. Verificar que el eje y la caja de engrase del muñón de giro estén libres de obstrucciones y debidamente engrasados

#### 5.19.2.2. Mantenimiento

1. Reparar o sustituir cada elemento deformado y las partes dañadas por la corrosión
2. Retirar y reparar el sistema de rodamiento (rodillos, ruedas u orugas atoradas)
3. Colocar refuerzos adicionales en placas y perfiles del tablero de la compuerta, si se requieren por análisis estructural
4. Alinear, ajustar y anclar las guías de deslizamiento desprendidas; remover y reponer el concreto deteriorado
5. Retirar y reemplazar los sellos dañados
6. Remover el recubrimiento anticorrosivo dañado o viejo y limpiar todo indicio de salpicaduras de soldadura, rebabas de metal y corrosión, al término de todas las reparaciones y antes de aplicar una nueva capa protectora
7. Engrasar el mecanismo de operación de la compuerta
8. Evaluar la condición actual de las soldaduras para asegurar su calidad

#### 5.19.2.3. Pruebas

Para el tema de pruebas se debe realizar conforme a la información mencionada en compuertas deslizantes.

#### 5.19.2.4. Registros de mantenimiento

Para el tema de pruebas se debe realizar conforme a la información y formatos mencionados en compuertas deslizantes.

## 5.20. CARRETES, EXTREMIDADES Y CODOS DE FIERRO FUNDIDO

### 5.20.1. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

#### 5.20.1.1. Inspección del equipo

1. Verificar el grado de corrosión (Ilustración 5.42 e Ilustración 5.43), su extensión y el deterioro del recubrimiento anticorrosivo
2. Verificar fugas a través de las uniones
3. Verificar tuercas y/o tornillos faltantes
4. Verificar el apriete de tornillería

#### 5.20.1.2. Mantenimiento

1. Remover corrosión, limpiar y aplicar una nueva capa de recubrimiento anticorrosivo
2. Cambiar las juntas deterioradas de las bridas
3. Apretar tornillería
4. Reponer tuercas y/o tornillos faltantes

#### 5.20.1.3. Pruebas

Probar que no existan fugas a través de la sujeción de los carretes, extremidades y codos con la tubería (juntas). Si existen fugas revisar nuevamente los elementos de sujeción y/o apretar.

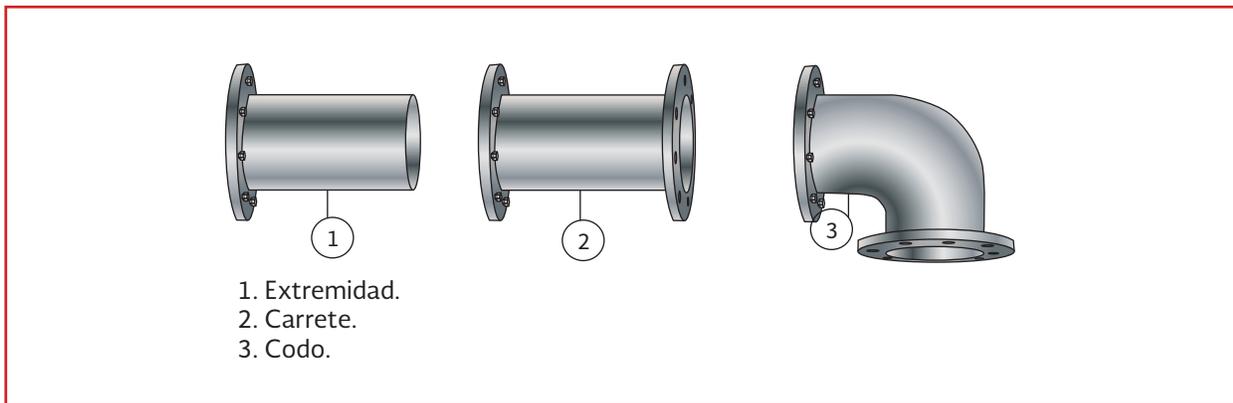
#### 5.20.1.4. Registros de mantenimiento

Se requiere elaborar un registro del mantenimiento efectuado a los carretes, extremidades y codos, que incluya: inspección, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y datos generales del equipo, se puede ayudar de la Tabla 5.33 y Tabla 5.34 para realizar el registro.

Ilustración 5.42 Ejemplo de carretes, extremidades y codos de fierro fundido



Ilustración 5.43 Carrete, extremidad y codo



## 5.21. JUNTAS TIPO GIBAUT Y TIPO DRESSER

### 5.21.1. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

En la Ilustración 5.44 se muestra un ejemplo de juntas.

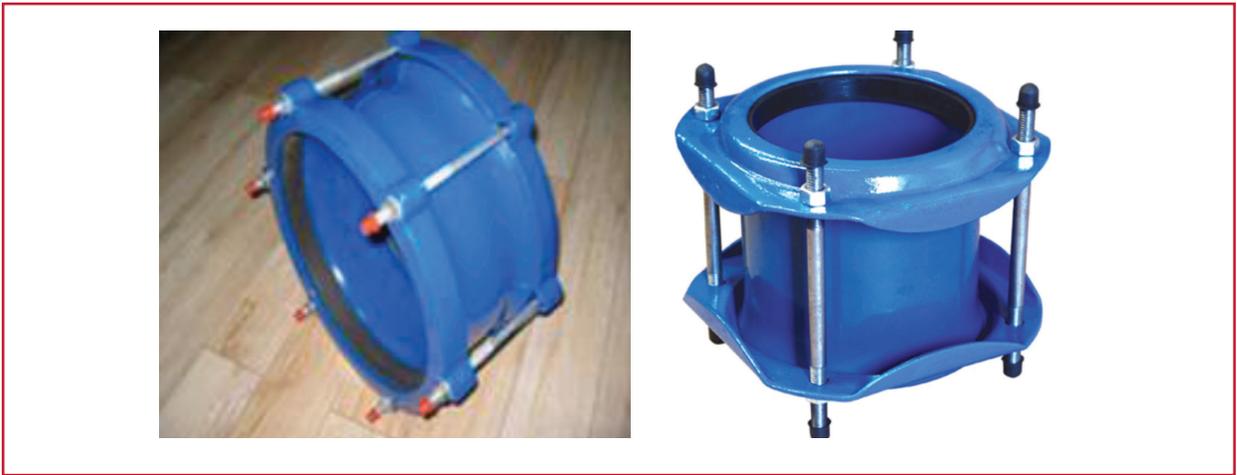
Para el tema de inspección del equipo y mantenimiento se debe realizar conforme a la infor-

mación mencionada en carrete, extremidades y codos de fierro fundido.

#### 5.21.1.1. Registros de mantenimiento

Se requiere elaborar un registro del mantenimiento efectuado a las juntas tipo Gibault y tipo Dresser, que incluya: inspección, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y datos generales del equipo, se puede ayudar de la Tabla 5.35 y Tabla 5.36 para realizar el registro.

Ilustración 5.44 Juntas tipo Dresser y Gibault



## 5.22. REJILLAS

### 5.22.1. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

#### 5.22.1.1. Inspección del equipo

1. Verificar el grado de corrosión, su extensión y el deterioro del recubrimiento anticorrosivo (Ilustración 5.45 e Ilustración 5.46)
2. Verificar tuercas, tornillos faltantes y/o soldaduras
3. Verificar soleras y/o marcos
4. Verificar deformación de barrotes

#### 5.22.1.2. Mantenimiento

1. Remover corrosión y/o soldaduras en las uniones
2. Soldar nuevamente (si es necesario)
3. Remover corrosión, limpiar y aplicar una nueva capa de recubrimiento anticorrosivo
4. Cambiar soleras y/o marcos (en caso de ser necesario)
5. Apretar tornillería (si es el caso)

#### 5.22.1.3. Registros de mantenimiento

Se requiere elaborar un registro del mantenimiento efectuado a rejillas, que incluya:

Inspección, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y datos generales del equipo, se puede ayudar de la Tabla 5.37 y Tabla 5.38 para realizar el registro.

## 5.23. MÚLTIPLES Y BRIDAS

### 5.23.1. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

#### 5.23.1.1. Inspección del equipo

1. Verificar el grado de corrosión, su extensión y el deterioro del recubrimiento anticorrosivo del múltiple (Ilustración 5.47)
2. Verificar tuercas, tornillos faltantes y/o soldaduras
3. Verificar el apriete de tornillería
4. Verificar fugas en bridas y tubería de succión o descarga

Ilustración 5.45 Ejemplo de rejillas



Ilustración 5.46 Rejilla con separadores de tubo y perno

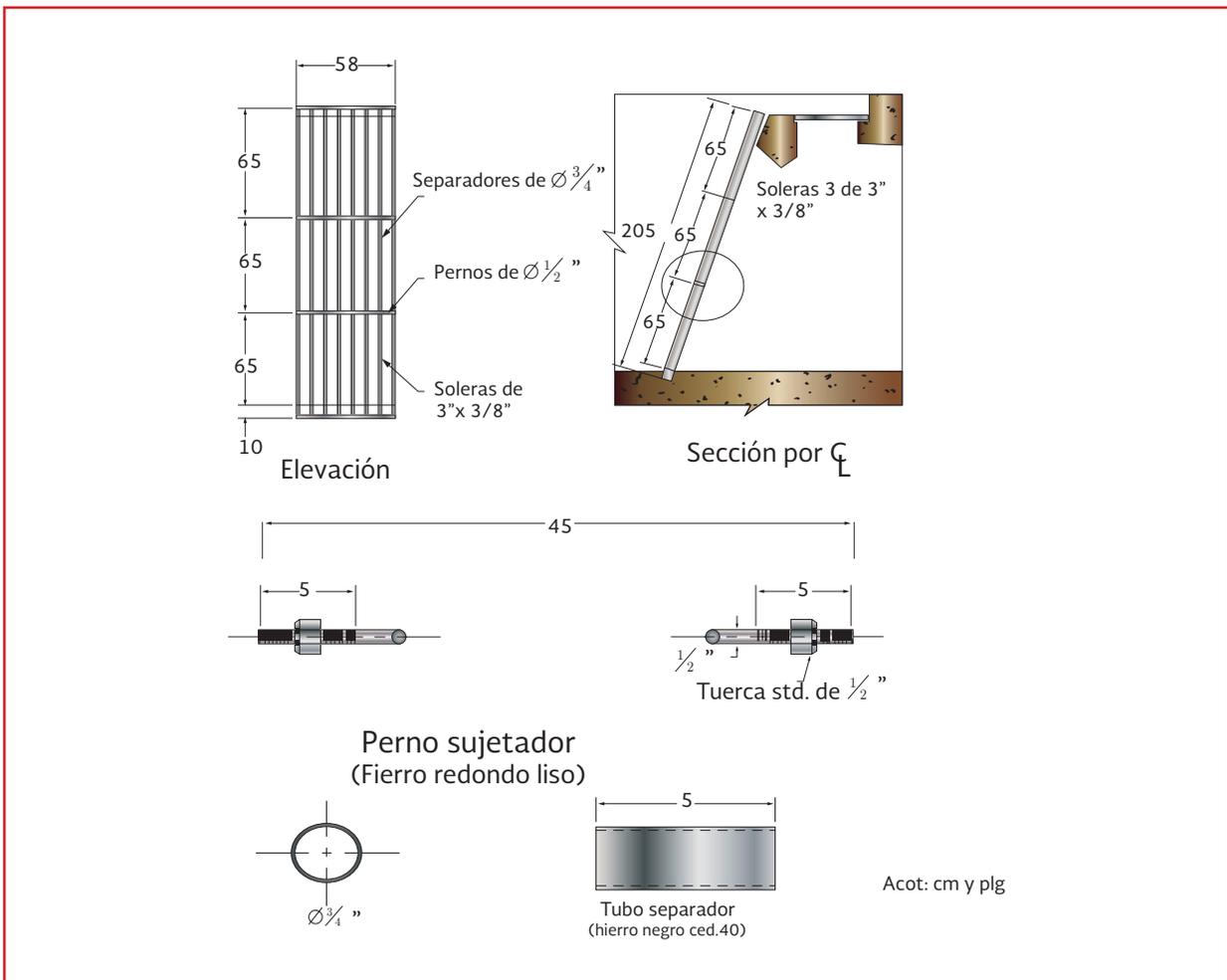
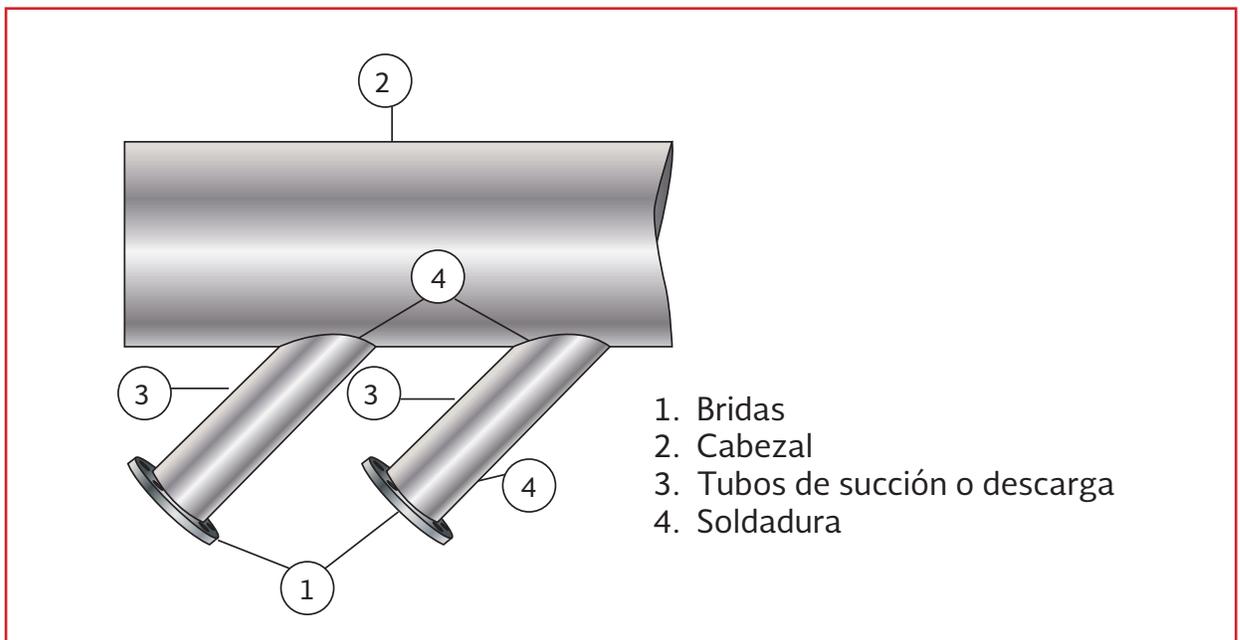


Ilustración 5.47 Ejemplo de múltiples y bridas



Ilustración 5.48 Múltiple y bridas para estación



5.23.1.2. Mantenimiento

1. Remover corrosión y/o soldaduras en las uniones ( Ilustración 5.48)
2. Soldar nuevamente (si es necesario)
3. Remover corrosión, limpiar y aplicar una nueva capa de recubrimiento anticorrosivo
4. Cambiar juntas (si es necesario)
5. Apretar tornillería en las bridas

5.23.1.3. Registros de mantenimiento

Se requiere elaborar un registro del mantenimiento efectuado a múltiples y bridas, que incluya: inspección, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y datos generales del equipo, se puede ayudar de la Tabla 5.39 y Tabla 5.40 para el registro.

Las siguientes tablas son recomendaciones generales, sin embargo deberá consultarse la información técnica de fabricante referente a las especificaciones del mismo.

Tabla 5.31 Registro de mantenimiento

Identificador de la compuerta:	Estación de bombeo:
Identificador de la compuerta:	Estación de bombeo:
Tipo de compuerta:	Ubicación de la estación de bombeo:
Marca de la compuerta:	
Fecha de salida de servicio (h/d/m/a):	Fecha de inicio del mantenimiento (h/d/m/a):
Descripción del tipo de falla:	
Descripción del tipo de mantenimiento:	
Refacciones requeridas:	
Fecha de terminación del mantenimiento (h/d/m/a):	Fecha de entrada en operación (h/d/m/a):
Comentarios:	
<hr/>	
<hr/>	
<hr/>	

Tabla 5.32 Registro de Inspección del equipo

<b>Inspección del Equipo</b>	<b>Bien</b>	<b>Regular</b>	<b>Mal</b>
Corrosión y deterioro del recubrimiento			
Deformaciones de la compuerta			
Atascamiento de las guías			
Lubricación de las guías			
Uniones soldadas			
Fugas entre el marco y la pared y el marco y la compuerta			
Comp. con izaje por medios mecánicos:			
Asas de izaje, guías tope para viga pescadora y pasadores			
Compuertas apoyadas y sujetas debidamente			
Mecanismo de izaje alineado			
Compuertas deslizantes con izaje manual			
Dispositivo de izaje fijo y seguro en la estructura			
Alineación de la estructura de apoyo con respecto al plano de la compuerta			
Impacto de la compuerta sobre la estructura de alojamiento			
<b>Mantenimiento Preventivo</b>		Si	No
Se limpiaron y lubricaron las guías			
Se engrasaron los mecanismos de operación de la compuerta			
Se recomienda no sacar las tapas de protección para que no se contaminen el eje con polvos corrosivos			
Se recomienda que si va a trabajar a bajos ciclos o de uso no frecuente realizar ciclos periódicos para asegurarse que los componentes no este engrifados			
<b>Mantenimiento Correctivo</b>		Si	No
Se repararon o sustituyeron elementos deformados y/o dañados por la corrosión			
Se retiró y reparó el sistema de rodamiento (rodillos, ruedas u orugas)			
Se colocaron refuerzos adicionales en placas y perfiles del tablero de la compuerta			
Se alinearon, ajustaron y anclaron las guías de deslizamiento desprendidas y/o se removió y repuso el concreto deteriorado			
Se retiraron y reemplazaron los sellos dañados			
Se removió el recubrimiento dañado o viejo y limpiaron salpicaduras de soldadura, rebabas y corrosión y se aplicó una nueva capa protectora anticorrosiva			
Se evaluó la condición actual de las soldaduras y/o se removieron y se volvieron a aplicar			

Tabla 5.33 Registro de mantenimiento

<b>Identificador</b>	<b>Estación de bombeo:</b>
Tipo del carrete / extremidad / codo	Ubicación de la estación de bombeo:
Marca del carrete / extremidad / codo	
Fecha de salida de servicio (h/d/m/a):	Fecha de inicio del mantenimiento (h/d/m/a):
Descripción del tipo de falla :	
Descripción del tipo de mantenimiento :	
Refacciones requeridas:	
Fecha de terminación del mantenimiento (h/d/m/a):	Fecha de entrada en operación (h/d/m/a):
Comentarios:	

Tabla 5.34 Registro de inspección del equipo

<b>Inspección del Equipo</b>	<b>Bien</b>	<b>Regular</b>	<b>Mal</b>
Corrosión, extensión y el deterioro del recubrimiento anticorrosivo			
Fugas a través de las uniones con los tubos			
Tuercas y/o tornillos faltantes			
Verificar apriete de tornillería			
<b>Mantenimiento Preventivo</b>		Si	No
Se removió, limpió y aplicó nueva capa			
Se apretó tornillería			
<b>Mantenimiento Correctivo</b>		Si	No
Se cambiaron juntas deterioradas			
Se repusieron tornillos y/o tuercas faltantes			

Tabla 5.35 Registro Mantenimiento

<b>Identificador de la junta:</b>	<b>Estación de bombeo:</b>
Tipo de junta:	Ubicación de la estación de bombeo:
Marca de la junta:	
Fecha de salida de servicio (h/d/m/a):	Fecha de inicio del mantenimiento (h/d/m/a):
Descripción del tipo de falla:	
Descripción del tipo de mantenimiento:	
Refacciones requeridas:	
Fecha de terminación del mantenimiento (h/d/m/a):	Fecha de entrada en operación (h/d/m/a):
Comentarios:	

Tabla 5.36 Registro de inspección del equipo

<b>Inspección del Equipo</b>	<b>Bien</b>	<b>Regular</b>	<b>Mal</b>
Corrosión, extensión y el deterioro del recubrimiento anticorrosivo			
Fugas a través de las uniones con los tubos			
Tuercas y/o tornillos faltantes			
Apriete de tornillería			
<b>Mantenimiento Preventivo</b>		Si	No
Se removió, limpió y aplicó nueva capa			
Se apretó tornillería			
<b>Mantenimiento Correctivo</b>		Si	No
Se cambió la junta			
Se repusieron tuercas y/o tornillos faltantes			

Tabla 5.37 Registro de mantenimiento

Identificador de la rejilla	Estación de bombeo
Tipo de rejilla	Ubicación de la estación de bombeo:
Marca de rejilla	
Fecha de salida de servicio (h/d/m/a):	Fecha de inicio del mantenimiento (h/d/m/a):
Descripción del tipo de falla:	
Descripción del tipo de mantenimiento:	
Refacciones requeridas:	
Fecha de terminación del mantenimiento (h/d/m/a):	Fecha de entrada en operación (h/d/m/a):
Comentarios:	

Tabla 5.38 Registro de inspección del equipo

Inspección del Equipo	Bien	Regular	Mal
Corrosión, extensión y deterioro del recubrimiento anticorrosivo			
Tuercas, tornillos faltantes			
Soldaduras			
Soleras y/o marcos con respecto a roturas			
<b>Mantenimiento Preventivo</b>		Si	No
Se removió corrosión de las uniones			
Se removió corrosión de los elementos de la rejilla			
Se aplicó una nueva capa de recubrimiento anticorrosivo			
Se apretó tornillería (si es el caso)			
<b>Mantenimiento Correctivo</b>		Si	No
Se cambiaron soleras y/o marcos			
Se soldaron las uniones (si es el caso)			
Se repusieron tuercas y/o tornillos (si es el caso)			
Se limpió la rejillas y aplicó una nueva capa de recubrimiento anticorrosivo			

Tabla 5.39 Registro de mantenimiento

Identificador de múltiple:	Estación de bombeo:
Tipo de múltiple (si aplica)	Ubicación de la estación de bombeo:
Marca de múltiple (si aplica)	
Fecha de salida de servicio (h/d/m/a):	Fecha de inicio del mantenimiento (h/d/m/a):
Descripción del tipo de falla:	
Descripción del tipo de mantenimiento:	
Refacciones requeridas:	
Fecha de terminación del mantenimiento (h/d/m/a):	Fecha de entrada en operación (h/d/m/a):
Comentarios:	

Tabla 5.40 Registro de inspección del equipo

Inspección del Equipo	Bien	Regular	Mal
Corrosión, extensión y el deterioro del recubrimiento anticorrosivo			
Tuercas, tornillos faltantes en bridas			
Soldaduras			
Apriete de tornillería			
Fugas en bridas y tubería de succión o descarga.			
<b>Mantenimiento Preventivo</b>		Si	No
Se removió corrosión de las uniones			
Se removió corrosión de los elementos soldados			
Se apretó tornillería			
Se aplicó una nueva capa de recubrimiento anticorrosivo			
<b>Mantenimiento Correctivo</b>		Si	No
Se soldaron las uniones			
Se repusieron tuercas y/o tornillos			
Se limpió y aplicó una nueva capa de recubrimiento anticorrosivo			
Se cambiaron juntas			

# 6

## MANTENIMIENTO DE GRÚAS

### 6.1. GRÚA VIAJERA MANUAL

#### 6.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

La conformación de las grúas viajeras manuales varía según el diseño y el fabricante; pero en general, se integran de los sistemas: trabe carril, carro, puente, sistema motriz manual y sistema de elevación de la carga. Conviene mencionar que existen algunos diseños de grúas viajeras manuales con una sola trabe carril, en las cuales no existe el puente. También, existen algunos diseños que combinan movimientos manuales y por medio de motores eléctricos. Ilustración 6.1 e Ilustración 6.2.

#### 6.1.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

##### 6.1.2.1. Inspección del equipo

La grúa debe inspeccionarse con frecuencia para mantenerla en condiciones óptimas de operación. Para esto, se sugiere el siguiente procedimiento:

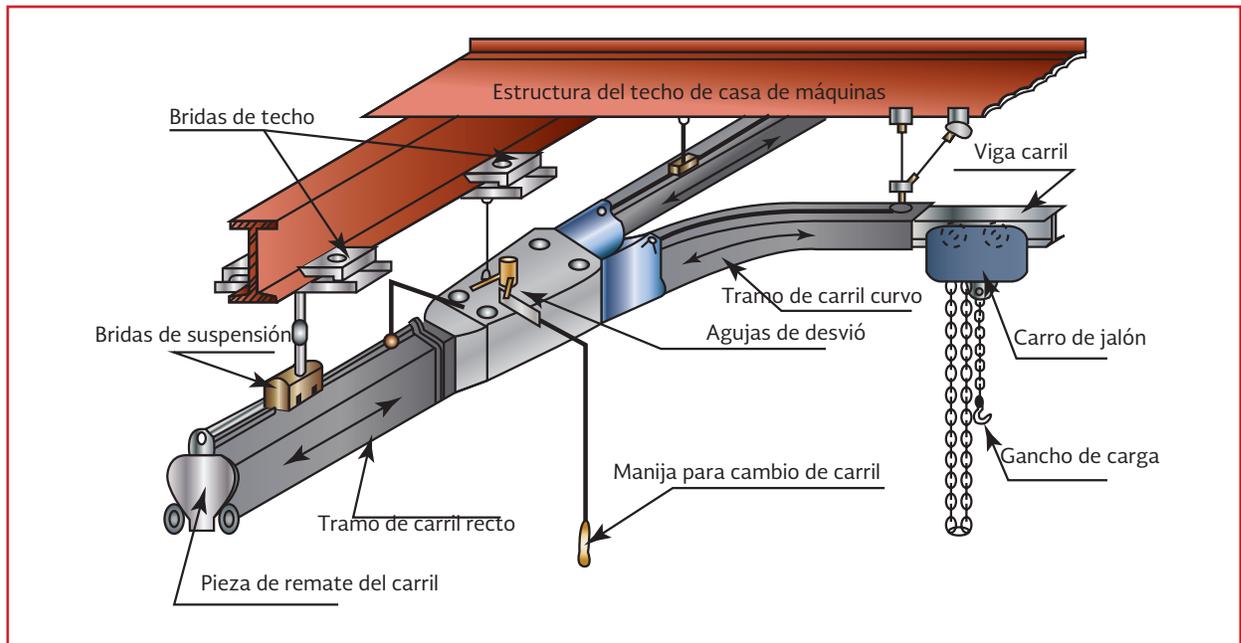
1. Verificar las conexiones entre las vigas y los carros de traslación con respecto a sujetadores flojos
2. Verificar las cajas de engranajes con res-

- pecto a niveles de aceite apropiados y/o fugas de aceite
3. Verificar el tope límite superior en cuanto a funcionamiento
4. Verificar las cadenas de carga con respecto a desgaste, alargamiento y corrosión
5. Verificar las cadenas de maniobras con respecto a desgaste, alargamiento y corrosión
6. Verificar los frenos con respecto al ajuste correcto
7. Verificar el alineamiento apropiado de los carriles, para evitar que las ruedas de los carros se desgasten rápidamente
8. Verificar el carro con respecto a ruedas y si es posible revisar ejes, cojinetes, engranajes y piñones
9. Verificar el puente con respecto a ruedas y si es posible revisar ejes, cojinetes, engranajes y piñones
10. Verificar limpieza y lubricación de las cadenas de carga
11. Verificar el cable de carga con respecto a desgaste (rompimiento de hilos) si es el caso
12. Verificar que la grúa ejecute cada uno de sus movimientos durante unos cuantos minutos cada semana (si es posible diariamente) y hacer cualquier ajuste que sea necesario

Ilustración 6.1 Ejemplo de grúa viajera manual



Ilustración 6.2 Esquema de grúa viajera manual



### **Recomendaciones sobre el uso y mantenimiento de eslingas**

1. Colocar las eslingas de manera que la carga siempre quede sobre el asiento del gancho y no sobre la punta del mismo
2. Almacenar las eslingas colgadas sobre un gancho cuando no estén en uso
3. Colocar un letrero sobre el gancho, indicando las capacidades de las eslingas bajo diferentes condiciones de uso; tales letreros se obtienen usualmente de los fabricantes de las eslingas
4. Preparar y mantener un registro de cada eslinga, conteniendo su historia completa de mantenimiento desde el día en que se puso en servicio
5. Delegar a un solo individuo la responsabilidad del mantenimiento de las eslingas

### **Inspección de eslingas**

1. Verificar la abertura de los ganchos o de los anillos de los extremos
2. Verificar si existen eslabones doblados
3. Verificar si existen secciones rígidas
4. Verificar si existen eslabones alargados
5. Verificar si existen muescas y entalladuras en los eslabones y ganchos
6. Verificar si existen eslabones gastados en los puntos de giro
7. Verificar si existe alargamiento de toda la eslinga

### **Inspección de ganchos**

1. Verificar la aparición de estrías, entalladuras y desgaste
2. Verificar la abertura de los ganchos. Esto se debe usualmente a la aplicación de las cargas sobre o cerca de la pun-

ta del gancho, se debe reemplazar éste cuando sea necesario

#### 6.1.2.2. Mantenimiento

1. Ajustar los sujetadores flojos entre las vigas y los carros de traslación
2. Agregar aceite a las cajas de engranajes hasta el nivel adecuado y reparar fugas de aceite
3. Reparar el tope límite superior en cuanto a funcionamiento
4. Limpiar, engrasar o cambiar las cadenas de carga
5. Limpiar las cadenas de maniobras
6. Ajustar los frenos
7. Alinear los carriles
8. Cambiar o ajustar ruedas del carro, ejes, cojinetes, engranajes y piñones
9. Cambiar o ajustar ruedas del puente, ejes, cojinetes, engranajes y piñones
10. Lubricar el cable de carga (si es el caso)
11. Cambiar el cable de carga (si es el caso)
12. Ejecutar cada uno de sus movimientos durante unos cuantos minutos cada semana (si es posible diariamente) y hacer cualquier ajuste que sea necesario

#### ***Mantenimiento de las eslingas***

1. Limpiar las eslingas
2. Cambiar las eslingas

#### ***Mantenimiento de los ganchos***

Confirmar que no exista deformación o fractura de lo contrario cambiar el gancho.

#### 6.1.2.3.Registros de mantenimiento

Se requiere elaborar un registro del mantenimiento efectuado a la grúa, que incluya: inspección, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y datos generales del equipo. Para llevar a cabo este registro, se sugieren los formatos Tabla 6.1, Tabla 6.2 y Tabla 6.3.

## 6.2. GRÚA VIAJERA ELÉCTRICA

### 6.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO

La conformación de las grúas viajeras eléctricas varía según el diseño y el fabricante; pero en general, se integran de los sistemas: trabe carril, carro, puente, sistema eléctrico y sistema de elevación de la carga. Ver Ilustración 6.3.

### 6.2.2. PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO

#### 6.2.2.1. Inspección del equipo

La grúa debe inspeccionarse con frecuencia para mantenerla en condiciones óptimas de operación. Para esto, se sugiere el siguiente procedimiento:

1. Verificar las conexiones entre las vigas y los carros de traslación con respecto a sujetadores flojos
2. Verificar los colectores o anillos deslizantes, escobillas y portaescobillas de los motores en cuanto a contactos apropiados
3. Verificar los contactos y dedos de los reguladores por picaduras o quemaduras
4. Verificar las cajas de engranajes con respecto a niveles de aceite apropiados y/o fugas de aceite

5. Verificar el tope límite superior en cuanto a funcionamiento
6. Verificar los cables con respecto a alambres rotos
7. Verificar los frenos con respecto al ajuste correcto
8. Verificar el alineamiento apropiado de los carriles, para evitar que las ruedas de los carros se desgasten rápidamente
9. Verificar todos los puntos y contactos de los interruptores con respecto a posibles quemaduras
10. Verificar el carro con respecto a ruedas y si es posible revisar ejes, cojinetes, engranajes y piñones
11. Verificar el puente con respecto a ruedas y si es posible revisar ejes, cojinetes, engranajes y piñones
12. Verificar el sistema eléctrico con respecto a motor y si es posible revisar cojinetes, ejes y resistencias Revisar también el tablero de interrupción, alambrado y aisladores de tensión
13. Verificar la lubricación del cable de carga
14. Verificar el cable de carga con respecto a desgaste (rompimiento de hilos)
15. Verificar que la grúa ejecute cada uno de sus movimientos durante unos cuantos minutos cada semana (si es posible diariamente) y hacer cualquier ajuste que sea necesario

***Recomendaciones sobre el uso y mantenimiento de eslingas***

Para el tema de recomendaciones sobre el uso y mantenimiento de eslingas, inspección de eslingas e inspección de ganchos se debe realizar conforme a la información de grúas viajeras manuales.

En la Tabla 6.4 se muestran recomendaciones de fabricante, manual de instalación y mantenimiento de polipastos

**6.2.2.2. Mantenimiento**

1. Ajustar los sujetadores flojos entre las vigas y los carros de traslación
2. Ajustar los contactos entre los colectores o anillos deslizantes, escobillas y porta escobillas de los motores
3. Reparar los contactos y dedos de los reguladores picados o quemados
4. Agregar aceite a las cajas de engranajes hasta el nivel adecuado y reparar fugas de aceite
5. Reparar el tope límite superior en cuanto a funcionamiento
6. Cambiar cables debido a alambres rotos
7. Ajustar los frenos
8. Alinear los carriles
9. Limpiar o cambiar contactos de los interruptores
10. Cambiar o ajustar ruedas del carro, ejes, cojinetes, engranajes y piñones
11. Cambiar o ajustar ruedas del puente, ejes, cojinetes, engranajes y piñones
12. Cambiar, limpiar y/o engrasar el motor, cojinetes, ejes y resistencias, tablero de interrupción, alambrado y aisladores de tensión
13. Lubricar el cable de carga
14. Cambiar el cable de carga
15. Ejecutar cada uno de sus movimientos durante unos cuantos minutos cada semana (si es posible diariamente) y hacer cualquier ajuste que sea necesario

Para el tema de mantenimiento de eslingas y mantenimiento de ganchos se debe realizar

Ilustración 6.3 Ejemplo de grúa viajera eléctrica



conforme a la información de grúas viajeras manuales.

### 6.2.2.3. Pruebas

Se requiere que se efectúen tres tipos de pruebas para las grúas viajeras eléctricas:

#### **Pruebas sin carga**

Por medio de estas pruebas se verifican los movimientos y velocidades adecuadas del puente, del carro y polipasto. Para esto se requiere:

1. Mover el gancho hacia arriba y abajo varias veces verificando el funcionamiento de los interruptores límite, verificando el funcionamiento correcto del freno del malacate
2. Comprobar que cada control efectúe el movimiento correcto del gancho
3. Verificar la velocidad del gancho
4. Mover el carro varias veces a todo lo largo del puente en ambas direcciones verificando el sentido correcto dado por el control de la velocidad
5. Mover el puente varias veces a todo lo

largo de la trabe carril en ambas direcciones para verificar la velocidad correcta y el sistema de frenado

6. Realizar los ajustes necesarios de cada uno de los puntos anteriores, de acuerdo con las instrucciones específicas del manual de la grúa proporcionado por el fabricante

Para el tema de pruebas con carga y pruebas con sobre carga se debe realizar conforme a la información de grúas viajeras manuales.

### 6.2.2.4. Registros de mantenimiento

Se requiere elaborar un registro del mantenimiento efectuado a la grúa, que incluya: inspección, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y datos generales del equipo. Para llevar a cabo este registro, se sugieren los formatos de la Tabla 6.1, a la Tabla 6.5.

Las siguientes tablas son recomendaciones generales, sin embargo deberá consultarse la información técnica de fabricante referente a las especificaciones del mismo.

Tabla 6.1 Registro de mantenimiento de grúas

Identificador de la grúa	Estación de bombeo
Tipo de grúa:	Ubicación de la estación de bombeo:
Marca de la grúa:	
Fecha de salida de servicio (h/d/m/a):	Fecha de inicio del mantenimiento (h/d/m/a):
Descripción del tipo de falla:	
Descripción del tipo de mantenimiento:	
Refacciones requeridas:	
Fecha de terminación del mantenimiento (h/d/m/a):	Fecha de entrada en operación de la grúa (h/d/m/a):
Comentarios:	

Tabla 6.2 Registro de inspección del equipo

<b>Inspección del Equipo</b>	<b>Bien</b>	<b>Regular</b>	<b>Mal</b>
Revisar conexiones entre las vigas y los carros de traslación			
Revisar colectores o anillos deslizantes, escobillas y portaescobillas de motores			
Revisar contactos y dedos de los reguladores			
Revisar nivel de aceite de cajas de engranajes y/o fugas			
Revisar cables (con alambres rotos)			
Revisar el ajuste de frenos			
Revisar el alineamiento de los carriles			
Revisar puntos y contactos de los interruptores			
Revisar ruedas del carro, ejes, cojinetes, engranajes y piñones			
Revisar ruedas del puente, ejes, cojinetes, engranajes y piñones			
Revisar el sistema eléctrico: motor, cojinetes, ejes, resistencias, tablero de interrupción, alambrado y aislamientos.			
Revisar lubricación del cable de carga			
Revisar desgaste del cable de carga			
Revisar movimientos de la grúa			
Inspección de eslingas:			
Revisar abertura de los ganchos y anillos de los extremos			
Revisar eslabones doblados			
Revisar secciones rígidas			
Revisar eslabones alargados			
Revisar muescas y entalladuras en los eslabones y ganchos			
Revisar eslabones gastados			
Revisar alargamiento de toda la eslinga			
Inspección de ganchos:			
Revisar aparición de estrías, entalladuras y desgaste			
Revisar apertura de los ganchos			

Tabla 6.3 Registro de mantenimiento a equipos.

<b>Mantenimiento</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>
Se ajustaron sujetadores entre vigas y carros de traslación		
Se agregó aceite a las cajas de engranajes y repararon fugas		
Se limpiaron, engrasaron o cambiaron las cadenas de carga		
Se limpiaron o cambiaron las cadenas de maniobras		
Se reparó el tope límite superior		
Se ajustaron los frenos		
Se alinearon los carriles		
Se cambiaron o ajustaron ruedas del carro, ejes, cojinetes, engranajes y piñones		
Se cambiaron o ajustaron ruedas del puente, ejes, cojinetes, engranajes y piñones		
Se lubricó el cable de carga (si es el caso)		
Se cambió el cable de carga (si es el caso)		
Se ejecutaron cada uno de los movimientos de la grúa		
Mantenimiento de eslingas		
Se limpiaron las eslingas		
Se cambiaron las eslingas		
Mantenimiento de los ganchos		
Se reparó o cambió el gancho		
Observaciones		

Tabla 6.4 Recomendaciones para inspección y mantenimiento de polipastos

<b>Revisión de</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Persona calificada</b>
Operación del freno para sostener y liberar	Diario	Operador
Cadena de carga, por daños	Diario	Operador
Soporte de suspensión de conjunto de pulsadores	Diario	Operador
Limpieza y lubricación de la cadena de carga	Mensual	Operador
Interruptores limitadores de subida / bajada	Diario	Operador
Revisión de la cadena de carga por desgaste - medición y registro	Trimestral	Inspector calificado
Revisión de ganchos de carga por desgaste - medición y registro	Trimestral	Inspector calificado
Revisión de la tornillería del aparejo de carga, para verificar el apriete	Trimestral	Operador
Revisión de tornillería del gancho superior y acoplamiento, para verificar apriete	Trimestral	Operador
Revisión del ajuste del embrague de deslizamiento y freno del polipasto	Trimestral	Mecánico calificado
Revisión de la lubricación de engranajes de la rueda abierta	Trimestral	Mecánico calificado
Revisión del apriete de terminales de cables	Semestral	Mecánico calificado
Lubricación de la rueda guía de carga para dos ramales	Anual	Operador
Revisión de toda la tornillería, por apriete y corrosión	Anual	Mecánico calificado
Limpieza de aletas de refrigeración del motor	Anual	Mecánico calificado
Lubricación de todos los engranajes	Anual	Mecánico calificado
Inspección de cojinete de empuje en aparejo de carga	Anual	Mecánico calificado

Tabla 6.5 Registro de inspección del equipo

<b>Inspección del Equipo</b>	<b>Bien</b>	<b>Regular</b>	<b>Mal</b>
Revisar conexiones entre las vigas y los carros de traslación			
Revisar colectores o anillos deslizantes, escobillas y portaescobillas de motores			
Revisar contactos y dedos de los reguladores			
Revisar nivel de aceite de cajas de engranajes y/o fugas			
Revisar cables (con alambres rotos)			
Revisar el ajuste de frenos			
Revisar el alineamiento de los carriles			
Revisar puntos y contactos de los interruptores			
Revisar ruedas del carro, ejes, cojinetes, engranajes y piñones			
Revisar ruedas del puente, ejes, cojinetes, engranajes y piñones			
Revisar el sistema eléctrico: motor, cojinetes, ejes, resistencias, tablero de interrupción, alambrado y aislamientos.			
Revisar lubricación del cable de carga			
Revisar desgaste del cable de carga			
Revisar movimientos de la grúa			
Inspección de eslingas:			
Revisar abertura de los ganchos y anillos de los extremos			
Revisar eslabones doblados			
Revisar secciones rígidas			
Revisar eslabones alargados			
Revisar muescas y entalladuras en los eslabones y ganchos			
Revisar eslabones gastados			
Revisar alargamiento de toda la eslinga			
Inspección de ganchos:			
Revisar aparición de estrías, entalladuras y desgaste			
Revisar apertura de los ganchos			

# 7

## GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO

### 7.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El objetivo del Mantenimiento es conservar todos los bienes que componen los activos, en las mejores condiciones de funcionamiento, con un muy buen nivel de confiabilidad, calidad y al menor costo posible. No sólo deberá mantener las máquinas sino también las instalaciones de, ver Ilustración 7.1:

- a) Iluminación, redes de computación
- b) Sistemas de energía eléctrica, aire comprimido, agua, aire acondicionado, calles internas
- c) Pisos, depósitos, etcétera
- d) Se deberá coordinar con jefe directo para la capacitación continua del personal

Una concepción del mantenimiento es la estructura organizacional mediante la cual las políticas específicas del mantenimiento de las instalaciones son desarrolladas. Es la materialización de la forma de cómo se piensa acerca del rol del mantenimiento como una función operativa. La concepción del mantenimiento es un conjunto de variadas intervenciones de mantenimiento (correctivo, preventivo, etcétera.) y la estructura general en las cuales esas intervenciones son previstas.

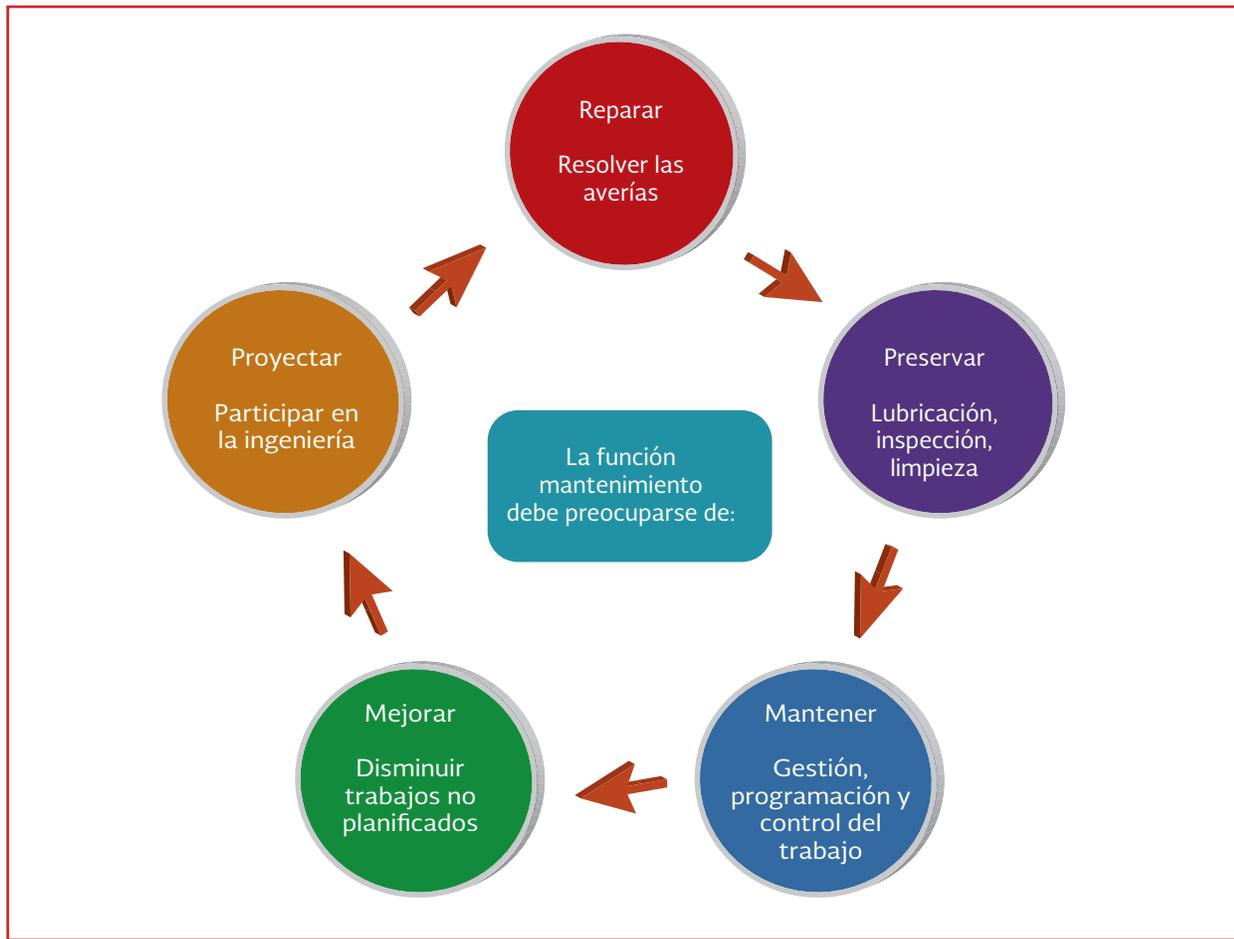
### 7.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

El mantenimiento correctivo es aquel en que sólo se interviene en el equipo después de su fallo. Este tipo de mantenimiento, aplicado en muchas situaciones, tiene como principal ventaja la reducción de costos de inspecciones y reparaciones.

Es evidente que sólo se aplicará en aquellas situaciones en que los elementos sean de bajo costo y baja criticidad de funcionamiento. Este mantenimiento por tanto resulta ideal en casos en que la restitución o reparación no afecte en gran medida o cuando la puesta en práctica de un sistema más complejo resulte menos rentable que una práctica correctiva. El mantenimiento correctivo, sin embargo, no debe estar exento de tareas rutinarias de engrase, lubricación y/o sustitución de componentes que permitan alargar la vida útil del ítem, a menos que se trate de una instalación o componente en las fases finales de su vida útil.

Los principales inconvenientes están relacionados con la imprevisibilidad de las averías y fallos que resultan inoportunas. Debido a que las tareas no están programadas es esperable que cuando se produzca el fallo se tarde más y se ne-

Ilustración 7.1 Funciones de mantenimiento



cesite más mano de obra para corregirlo que en caso de tener un programa de mantenimiento que planee esta situación. Otro grave inconveniente que presenta este tipo de mantenimiento es que el problema que ha causado el fallo no se resuelve por lo que éste puede repetirse en situaciones posteriores en la misma máquina sin aumentar su confiabilidad, es por ello que el mantenimiento correctivo normalmente viene acompañado de un acortamiento de periodos de reparación en la misma máquina.

### 7.2.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo es un conjunto de técnicas que tiene como finalidad disminuir y/o evitar las reparaciones de los ítems con tal de asegurar su total disponibilidad y rendimiento al menor costo posible. Para llevar a cabo esta práctica se requiere rutinas de inspección y renovación de los elementos malogrados y deteriorados. Las inspecciones son los procesos por

el cual se procede al desmontaje total o parcial del equipo a fin de revisar el estado de sus elementos. Durante la inspección se reemplazan aquellos elementos que no cumplan con los requisitos de funcionamiento de la máquina. Los elementos también pueden ser sustituidos tomando como referencia su vida útil o su tiempo de operación con tal de reducir su riesgo de fallo.

Los periodos de inspección son cruciales para que el mantenimiento preventivo tenga éxito ya que un periodo demasiado corto comportará costos innecesarios mientras que un periodo demasiado largo conlleva a un aumento del riesgo de fallo. El principal inconveniente del mantenimiento preventivo es el coste de las inspecciones. En algunos casos el paro en el equipo puede comportar grandes pérdidas y realizar un desmontaje e inspección de un equipo que funciona correctamente puede resultar superflua.

El mantenimiento preventivo también está comprendido por el llamado mantenimiento rutinario, conjunto de técnicas que sin llegar al desmontaje de los equipos los conserva en el mejor estado posible por medio de engrases, limpiezas, sustituciones periódicas, etcétera.

El mantenimiento preventivo se aplicará en aquellos casos en que éste sea económicamente rentable frente a un programa de reparaciones de tipo correctivo. En algunas situaciones es posible que se dé la situación contraria, pero es frecuente que una avería en algún componente comporte deterioros y fallos en otros elementos de la maquinaria empleada. Los programas de mantenimiento preventivo requieren también que exista una prioridad en función de la vida esperada de algunos componentes y de su importancia para el funcionamiento del conjunto. De igual manera los elementos más utilizados

pueden ser almacenados para ser restituidos en caso de fallo de manera sistemática.

### 7.3. MANTENIMIENTO PREDICTIVO

El mantenimiento predictivo es el conjunto de técnicas que permiten, reduciendo los costos del programa de mantenimiento tradicional, preventivo y correctivo, asegurar la disponibilidad y rendimiento de los equipos. Este tipo de mantenimiento se basa en la realización de un seguimiento del estado del equipo mediante monitorizaciones que permiten realizar sustituciones y reparaciones cuando estos no se encuentren en buen estado, sin necesidad de realizar ciertas inspecciones, y reducir los fallos imprevistos por medio de un programa de detección de anomalías.

Uno de los puntos más importantes que el mantenimiento preventivo conlleva es el planeamiento adecuado de las tareas que deben realizarse en la planta. Si esto se consigue se podrá atacar al problema y a su raíz antes que éste se produzca. Será importante que se acompañe al mantenimiento con un historial que indique cuánto tiempo y cuantos operarios son necesarios para llevar a cabo las tareas, de manera que el programa mejore a medida que se lleve a cabo.

Este tipo de programas de mantenimiento reporta un gran ahorro de costos ya que además de detectar los fallos de manera precoz permite programar con suficiente antelación el tiempo de reparación y los suministros y mano de obra que requerirá la tarea. Dado además que el mantenimiento predictivo se basa en la monitorización de los parámetros que están relacionados con fallos en los equipos puede aprenderse a medida que se operan los equipos, de manera que los fallos reiterados pueden llegar a erradicarse.

Estas técnicas requieren que los elementos gocen de indicadores suficientemente relacionados con el estado del equipo además de la posibilidad de que éstos sean vigilados y medidos, durante su vida útil. Su principal inconveniente es la dificultad que conlleva obtener una respuesta clara y segura ya que no existe ningún parámetro ni conjunto de parámetros que revele a la perfección el estado del equipo. La vigilancia continua no es viable, tampoco, en la mayoría de elementos y sólo supone una ventaja realizarla en elementos muy críticos por lo que en general la vigilancia resulta periódica.

#### 7.4. CASOS DE MANTENIMIENTO

Los problemas a resolver tienden a aumentar de forma drástica en función de diversas variables, entre los cuales están las siguientes:

- Definición de los tipos de mantenimiento
- Atención conforme a criticidad de cada equipamiento
- Cronogramas de parada de los equipamientos
- Definición de la calidad de la mano de obra y su obtención
- Evaluación de los servicios de terceros
- Introducción de nuevas tecnologías
- Decisión sobre la eliminación de equipos y su substitución
- Definición de canales logísticos
- Definición del sistema de información y de administración, etcétera

El aspecto más relevante que debe ser conocido es la madurez del equipo de personas y de la organización, con la finalidad de contar con

el apoyo suficiente para evolucionar conforme cambian las condiciones del entorno.

#### 7.5. GESTIÓN ESTRATÉGICA DE LA FUNCIÓN MANTENIMIENTO

Se puede conceptuar gestión estratégica como un proceso sistemático, planeado, gerenciado, ejecutado e acompañado bajo el liderazgo de la alta administración de la institución, involucrando y comprometiendo todos los gerentes, responsables y personal de la organización.

Es un trabajo en equipo que tiene por finalidad asegurar el crecimiento de su nivel tecnológico y administrativo, la continuidad de su gestión asegurando la eficiencia de sus servicios, vía adecuación continua de su estrategia, de su capacitación y de su estructura, posibilitándole enfrentarse y anticiparse a los cambios observados o previsibles en su ambiente externo.

Existen formas usadas para incrementar la eficiencia de la función del mantenimiento. Algunas filosofías o técnica de mantenimiento más publicadas son:

- a) MCC (mantenimiento centrado en la confiabilidad),
- b) TPM (mantenimiento productivo total),
- c) MBC (mantenimiento centrado en la condición)
- d) CMMS (sistemas de administración del mantenimiento computacional) entre otras

### 7.5.1. EXCELENCIA EN LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

La excelencia es hacer muchas cosas bien:

- Eficiencia del equipo
- Calidad del producto
- Costos del mantenimiento versus ganancias
- Nivel del servicio
- Rotación del inventario
- Alta confiabilidad de los activos

Para alcanzar esa excelencia la organización debe primero comprender todos los elementos requeridos para alcanzar este estatus. Es fundamental tener las bases en una estrategia coherente con las metas y una política de recursos humanos, control, mejoramiento continuo, y por último direccionarse hacia la excelencia en la gestión de los activos.

Se requiere un desempeño superior en:

#### ***Capacidad y habilidad de la fuerza de trabajo***

El personal del mantenimiento está altamente capacitado y sus conocimientos son transmitidos.

#### ***Competencia en la administración y la técnica***

Los administradores son, en general, ingenieros y los demás tienen grados técnicos.

#### ***Evidencia por la calidad***

El mantenimiento siempre debe buscar el alineamiento de sus servicios y procedimientos

para sostener las necesidades de los equipamientos.

#### ***Participación de la fuerza de trabajo***

Debe desarrollarse una cultura de confianza entre el personal de varios departamentos, trabajadores y administradores.

#### ***Mejoramiento continuo de la ingeniería***

Hay una fuerte atención en la contribución al mejoramiento de la eficiencia global de la tecnología usada en la industria.

#### ***Enfoques para mejoramientos***

La función mantenimiento se preocupa en avanzar en la tecnología de la información con el fin de evaluar con datos precisos su desempeño y tener las bases para proponer e implementar acciones correctivas.

Ver el siguiente modelo para alcanzar la excelencia en el mantenimiento ver Ilustración 7.2.

### 7.5.2. VARIABLE DE MANTENIMIENTO

Las distintas variables de significación que repercuten en el desempeño de los sistemas de la empresa:

- a) Confiabilidad
- b) Disponibilidad
- c) Mantenibilidad
- d) Calidad
- e) Seguridad
- f) Costo
- g) Entrega / Plazo

La Confiabilidad: es la probabilidad de que las instalaciones, máquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar, durante un período determinado, bajo condiciones específicas.

La Disponibilidad: es la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado.

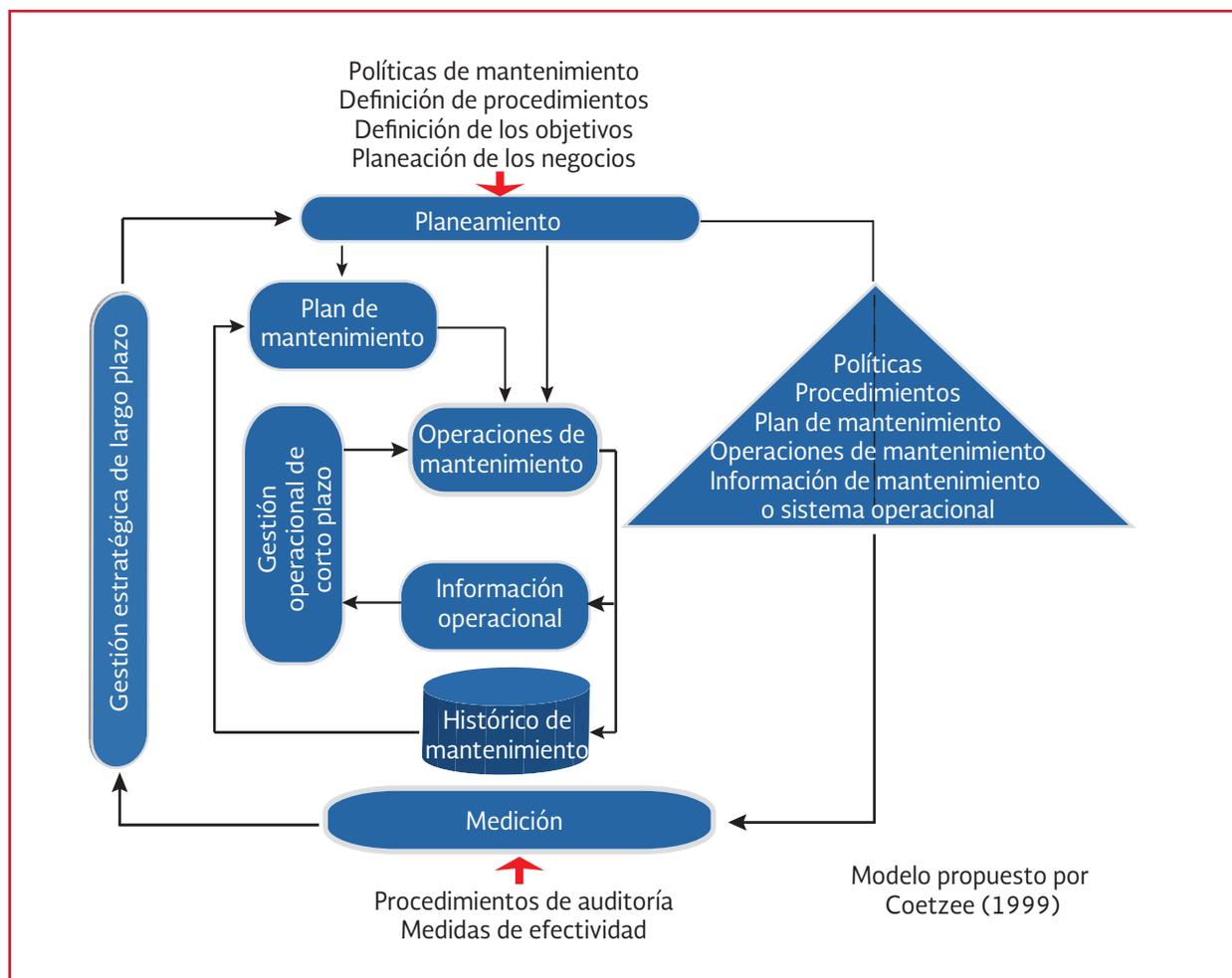
La Mantenibilidad: es la probabilidad de que una máquina, equipo o un sistema pueda ser reparado a una condición especificada en un

período de tiempo dado, en tanto su mantenimiento sea realizado de acuerdo con ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad.

La Seguridad: está referida a la integridad del personal, instalaciones, equipos, sistemas, máquinas y sin dejar de lado el medio ambiente.

El tiempo de entrega y el cumplimiento de los plazos previstos son variables que tienen también su importancia, y para el mantenimiento, el tiempo es un factor preeminente.

Ilustración 7.2 Modelo de mantenimiento



### 7.5.3. ETAPAS EN EL PROCESO DE MANTENIMIENTO

A continuación se observa las etapas del proceso de mantenimiento, ver Ilustración 7.3.

### 7.5.4. SERVICIOS DE MANTENIMIENTO

Los servicios de mantenimiento se pueden establecer mediante:

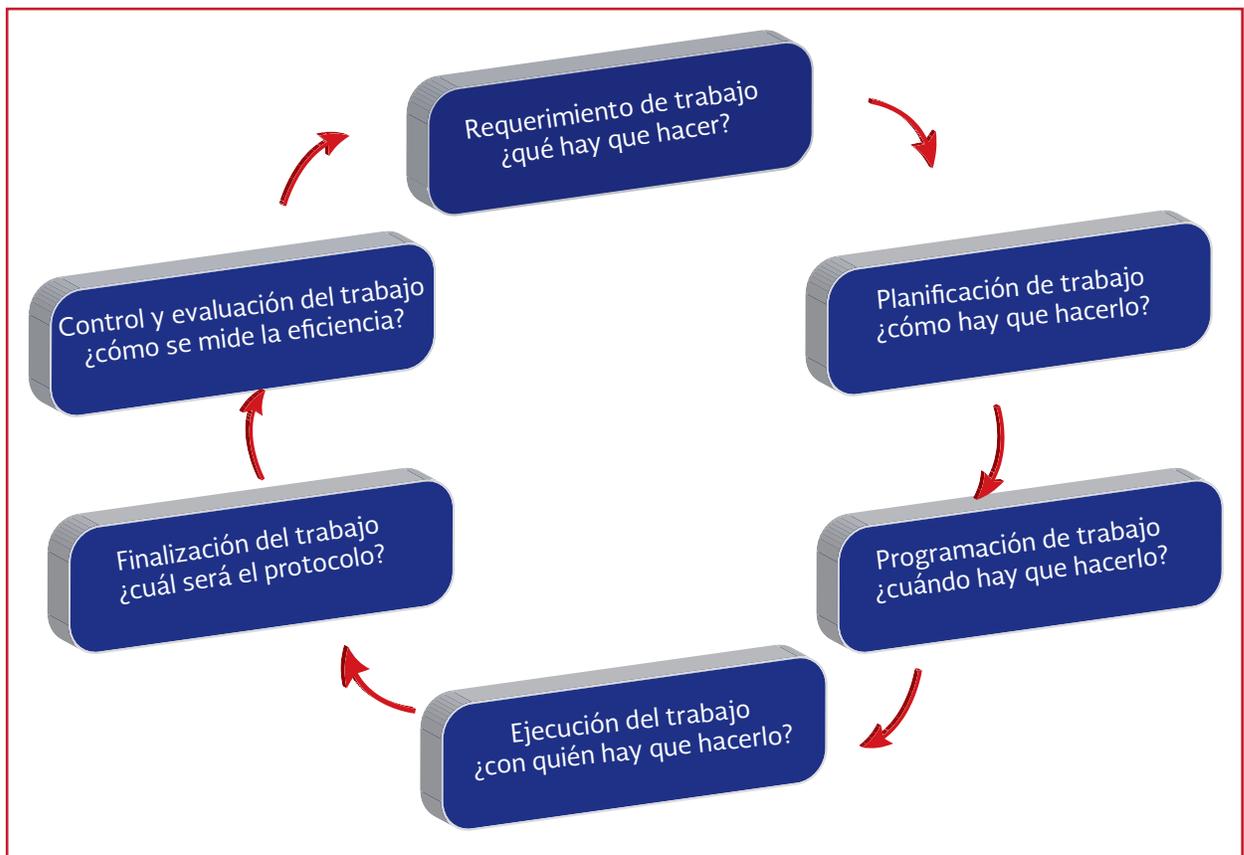
- a) Frecuencia indicada por el fabricante de la maquina o el repuesto
- b) Experiencia de los operadores o gente de experiencia de mantenimiento de la planta.
- c) Quejas del operador
- d) Rondas de inspección

- e) Programas anteriores y análisis de desviaciones
- f) Políticas de abastecimiento de la demanda
- g) Actualización del equipo

### 7.5.5. PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS

Planificar es decidir con anticipación el cómo hacer, el qué hacer, cuándo hacerlo, y quién debe hacerlo. Esto con el fin de contribuir al logro de los objetivos de la organización, considerando su visión y seleccionando estrategias a seguir. Es la base para poder llevar a cabo las acciones de mantenimiento, sin importar de que tipo sea el mismo, y así mejorar y tener de una manera ordenada los pasos a seguir, para que se cumpla el trabajo en sinergia.

Ilustración 7.3 Etapas en el proceso de mantenimiento



La planificación se realiza a través de la jerarquización de planes como propósitos objetivos, estrategias, políticas, procedimientos, reglas, programas, presupuestos, entre otros.

1. Determinar los objetivos
2. Determinar los recursos necesarios y la cantidad suficiente a utilizar
3. Tiempo en el que se usarán los recursos
4. Determinar el tiempo en el cual se usarán los equipos
5. Emitir órdenes por escrito que permitan el uso de los recursos, en los tiempos estipulados
6. Hacer seguimiento y control de los recursos y actividades para verificar que sean utilizados tal como fueron planificadas
7. Estudiar los resultados de este procedimiento para aplicar acciones correctivas y superar las deficiencias
8. Estrategias para eliminar radicalmente averías e incidencias en equipos industriales
9. Estudio del modelo de Mantenimiento Excelente
10. Diagnóstico del punto de partida para mejorar las operaciones de mantenimiento
11. Organización y desarrollo del pilar Mantenimiento Planificado
12. Principios fundamentales de gestión de averías
13. Auditorias de progreso
14. Estandarización del trabajo de mantenimiento
15. Hacer el perfil de los recursos humanos y tecnológicos que se requieren para el funcionamiento óptimo de la organización

16. Definición de las técnicas de Mantenimiento

#### 7.5.6. EJECUCIÓN DEL TRABAJO

Es llevar a cabo las instrucciones escritas en los órdenes de trabajo, verificando el correcto uso de las herramientas y solucionar problemas imprevistos, ver Ilustración 7.4.

1. Distribución del trabajo:
  - Coordinar con producción el momento de intervenir
  - El seguimiento del avance de las intervenciones
2. Realización de las intervenciones
  - Movilización de recursos
  - Consignación de las instalaciones
  - Medidas de seguridad
  - Intervención misma
  - Transferencia del equipo a producción
  - Rendición de cuentas: causa que originó la intervención, descripción de dificultades encontradas para cumplir los plazos previstos de intervención. La idea es resaltar los puntos que causan la pérdida de eficiencia de la función mantenimiento
3. Gestión de personal
  - Datos para el salario (HH, bonificaciones, etcétera)
  - Motivación del personal

#### 7.5.7. FINALIZACIÓN DEL TRABAJO

Son las pruebas necesarias para asegurar la confiabilidad de los equipos, una vez terminadas estas pruebas se descargará la actividad y las refacciones utilizadas en el software utilizado para

la gestión de mantenimiento, ver Ilustración 7.4 e Ilustración 7.5.

Pruebas:

- a) Pruebas en vacío y con carga y medición de las variables de control.
- b) Análisis del comportamiento basado en conocimientos del experto.
- c) Diseñar experimentos para comprobar la eficiencia del equipo.
- d) Fijar período de prueba, ajustes y observación.

#### 7.5.8. SOFTWARE DE MANTENIMIENTO

El mantenimiento es una de las partes más importantes en una organización y afecta a todos los activos de la empresa, representando normalmente entre un 5 y un 20 por ciento de los costos totales. Mantenimiento no es sólo reparar. El incremento en los costos y la complejidad del mantenimiento, así como su efecto final en la producción, establece la necesidad de la planificación, administración y seguimiento de los procesos de mantenimiento. Para realizar esta tarea, se ha ido evolucionando en el tiempo pasando de sistemas manuales a sistemas de gestión del mantenimiento informatizado, ver Ilustración 7.6.

La mayoría de estos sistemas incluyen módulos básicos para identificación y codificación de activos, ordenes de trabajo, mantenimiento preventivo, historial de eventos de equipos, administración de compras y gestión de almacén de repuestos así como herramientas para el análisis de la cantidad de información que genera el día a día de cualquier proceso industrial. Estos módulos básicos pueden proporcionar los cimien-

tos de un efectivo sistema de administración de mantenimiento.

Generalmente los beneficios visibles, son los que derivan de automatizar las tareas repetitivas para saber si el mantenimiento ha sido efectuado, teniendo un control de los costos y recursos empleados. Aun tratándose de algo sumamente importante, quedarse sólo con esta idea, resulta muy pobre y no permitirá agilizar el retorno de la inversión que supone la implantación del sistema. Identificar por qué y cómo los equipos se desgastan y fallan, permitirá a los responsables del mantenimiento desarrollar estrategias para tratar de eliminar las causas del fallo, en definitiva, eliminar tiempos de no producción. A la hora de amortizar la inversión, éste sí es un factor importante, por no decir el principal.

La implantación del sistema, proporcionará beneficios fácilmente medibles, que justificarán el gran esfuerzo y recursos necesarios para ponerlo en marcha. Entre estos se incluirán:

- a) Mejor control del trabajo
- b) Mejor planificación y programación del trabajo
- c) Mejores prácticas de mantenimiento Preventivo y Predictivo
- d) Programación automática de tareas e inspecciones
- e) Posibilidad de monitorizar las tendencias en los equipos para reconocer las causas de fallo
- f) Menor inventario de partes de trabajo, menos papeleo
- g) Mejor análisis de la información para determinar las causas de fallos
- h) Mejor estimación de los costes de mantenimiento y por consiguiente, mejor administración del presupuesto

Ilustración 7.4 Orden de mantenimiento

Fecha de programación	Horario de inicio	Lugar:
Fecha de ejecución	Hora de término	Tipo:

Parte	Frecuencia	Num. Act	Actividad	Ejecución	
				Si	No
Subestación	Mensual	63	Checar condiciones físicas de la cuchilla de paso		
Subestación	Mensual	64	Checar condiciones físicas de apartarrayos		
Subestación	Mensual	65	Checar condiciones físicas de desconectadores		
Subestación	Mensual	66	Checar condiciones físicas de aisladores		
Subestación	Mensual	67	Checar condiciones físicas de cortacircuito fusible		
Subestación	Mensual	74	Revisión de lectura de consumo kW/hr		
Subestación	Mensual	75	Revisión de lectura de consumo kVAR/ hr		
Subestación	Mensual	76	Revisión de lectura de demanda máxima promedio del mes		
Subestación	Mensual	77	Lectura del factor de potencia		
Subestación	Mensual	78	Revisión de puntos calientes con termómetro infrarrojo		



Ilustración 7.6 Ejemplo de software de mantenimiento

PLANIFICACIONES DE MAN. x

web1/coreapps/wic\_iman/formauto\_sjsp?code=gman\_planpreh&user=jrl&dbms=demo\_sports&cond=gman\_planpreh.cabid+%3D+3736&meta=&sort=gman\_p

miércoles 16 de mayo de 2012 17:22:52 CEST

gman\_planpreh: 62 cempresa: 10 gdelegac: 35 gdeparta: 48 gman\_equidefs: 28 gman\_gamadefs: 7 total: -1

Planificaciones preventivo Órdenes trabajo

Identificación

Sociedad: ACME ACME SPORTS  
 Delegación: D01 DELEGACIÓN SPORTS SHOP MADRID  
 Departamento: 0 GENERICO

Equipo

Equipo: 14089 RED DISTRIBUIDA DE ALTA VELOCIDAD  
 Gama: A0025 Limpieza de cabezales  
 Modo generación: Automática

Fechas

Inicio operación: 02-01-2012 Fin operación:  
 Inicio prevista: 02-01-2012 Fin prevista:

Información auxiliar

Estado: Activa  
 Motivo:

Vista

	Sociedad	Delegación	Departamento	Equipo	Gama	Inicio operación	Fin operación	Inicio prevista	Fin prevista	Modo generación	Estado
1	ACME	D01	0	14089	A0025	02-01-2012		02-01-2012		Automática	Activa

Líneas

Inicio operación	Fin operación	Servicio	Tercero	Operario	Minutos	Estado	Motivo
02-01-2012 08:00:00	02-01-2012 08:30:00	OPE		07051N00001	30	Cerrada	
02-01-2012 08:00:00	02-01-2012 08:30:00	PN		TC00004	30	Cerrada	
11-05-2012 00:00:00	12-05-2012 00:00:00	ELE		OP00001	30	Activa	
18-05-2012 10:00:00	11-05-2012 10:00:00	OPE		07051N00001	60	Activa	
20-05-2012 09:00:00	20-05-2012 00:00:00	ELE		OP00001	30	Activa	
21-05-2012 09:05:00	21-05-2012 09:05:00	PN		TC00004	30	Activa	

Órdenes trabajo

Orden	Fecha prevista inicio	Fecha prevista fin	Instalación	Equipo	Servicio	Operario	Encargado	Contrato	SAT	Estado	Bloqueo
1	02-01-2012 08:00:00	02-01-2012 08:30:00	IN0023	14089	PN	TC00004				Validada	0
2	02-01-2012 08:00:00	02-01-2012 08:30:00	IN0023	14089	OPE	07051N00001				Validada	0

Diagrama planificación

Planificaciones preventivo

Generar orden trabajo

- i) Mejor capacidad para medir el desempeño de las actividades de mantenimiento
- j) Mejor nivel de información de mantenimiento, creación de base de datos histórica
- k) Optimización y reducción de stocks de repuestos
- l) Trabajo dentro de los estándares de calidad y medio ambiente, certificaciones.
- m) Integración de la prevención de riesgos laborales. Certificación

La decisión de informatizar el mantenimiento es una responsabilidad muy seria, implica imponer una disciplina de trabajo al grupo de técnicos de mantenimiento, tradicionalmente independientes y difíciles de controlar. Por otro lado, los datos de mantenimiento tendrían que ser extremadamente detallados y no provenientes de diferentes personas con diferentes criterios que utilizan nomenclaturas inconsistentes.

Es necesario preparar formatos para estandarizar la información y asegurar que los datos sean lo más reales posible. Cuando decida implantar un sistema de este tipo, tenga en cuenta esta consideración ya que la obtención de buenos resultados dependerá de cómo se han introducido los datos en el sistema. Es necesario hacer una evaluación de nuestras prácticas actuales de mantenimiento, para definir las necesidades de prácticas mejores. Desarrolle un plan estratégico, preferiblemente a largo plazo, basado en prioridades por acción. No intente implantar el sistema de un día para otro.

Establezca un equipo humano para la implantación y puesta en marcha, implique personal de mantenimiento, producción, administración

etc. De la aceptación y convencimiento del personal afectado, dependerá el éxito futuro del sistema.

La implantación y uso de un sistema informatizado para la gestión del mantenimiento es un trabajo difícil que puede conducir a un fracaso en sus resultados si no se planea cuidadosamente desde el principio.

Tradicionalmente al departamento de mantenimiento se le mide por lo que gasta y no se le atribuyen posibilidades de producir. Esto es debido a la imposibilidad de demostrar con datos y económicamente que mantenimiento realmente produce.

Cuando se decida a implantar un sistema informatizado de gestión, mida los efectos de su sistema de mantenimiento y logre demostrar que mantenimiento también puede “producir” beneficios.

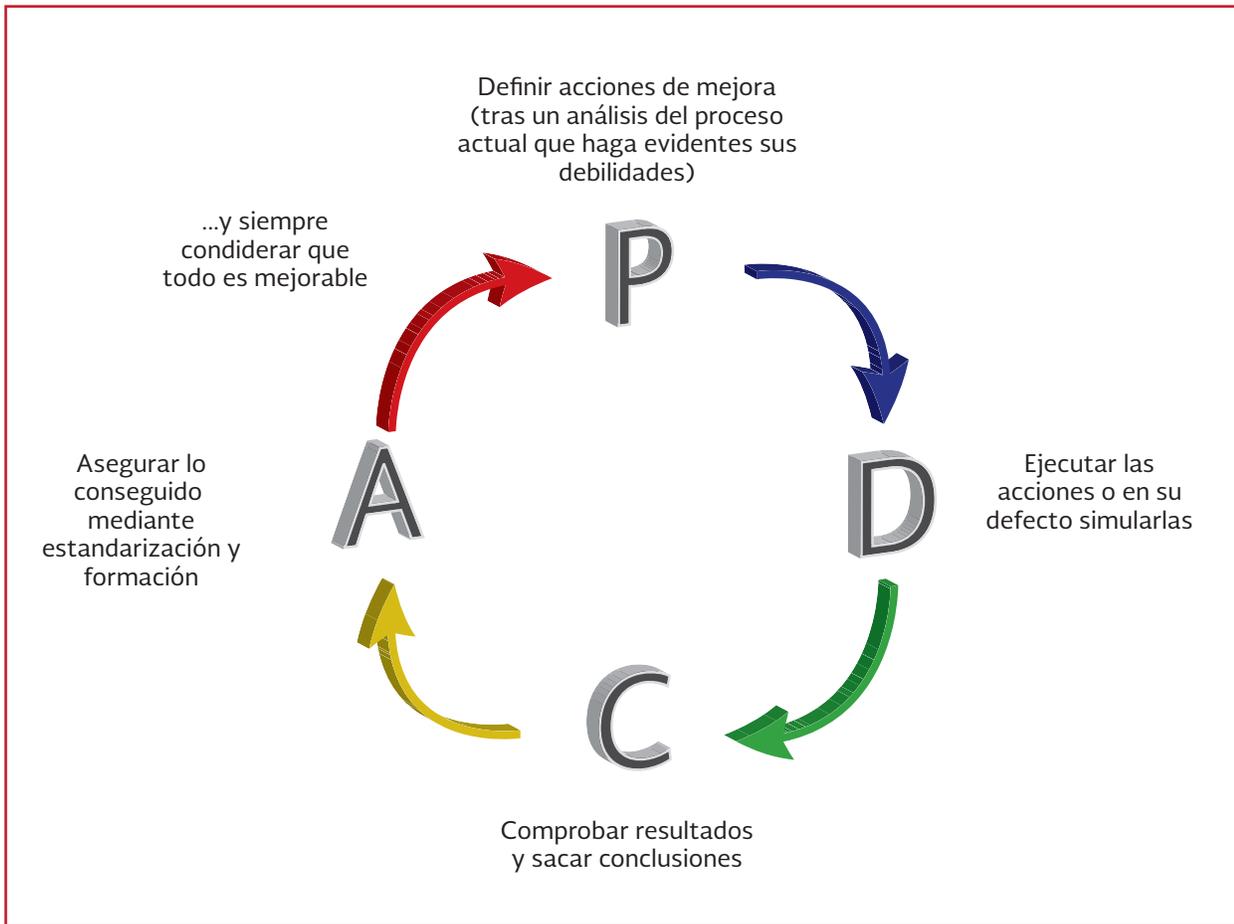
### 7.5.9. CICLO VIRTUOSO

Un ciclo virtuoso es un conjunto de eventos que se refuerza a través de un circuito de retroalimentación. Un ciclo virtuoso tiene resultados favorables. Éste tiene un ciclo de retroalimentación en el que cada iteración del ciclo refuerza la primera (retroalimentación positiva).

Utilice metodología que le ayude a alcanzar los objetivos requeridos, Ilustración 7.7.

Las tablas utilizadas en este capítulo son recomendaciones generales; Sin embargo deberá consultarse la información técnica de fabricante referente a las recomendaciones del mismo

Ilustración 7.7 Ejemplo de metodología de PDCA



**Nota Importante:**

Cada organismo operador deberá desarrollar sus procedimientos de operación a través de manuales específicos de la propia instalación. Anexar formato de bitácora

# CONCLUSIONES

Con el presente documento se dan a los organismos operadores las recomendaciones para organizar, ejecutar y documentar un adecuado proceso de mantenimiento a todos los componentes de un sistema electromecánico; en busca de alargar la vida útil y productiva de las instalaciones.

Es la intención mayor tener control total de los momentos de vida útil para reemplazar una pieza antes de que se dañe; es decir, enfocarse al mantenimiento preventivo y eliminar en la medida de lo posible el mantenimiento correctivo.

El mantenimiento preventivo es la visión en toda gran empresa ya que se busca utilizar un componente en su total capacidad, reemplazándolo en el momento inmediatamente anterior a su falla.

Por el contrario, el mantenimiento correctivo se presenta justo cuando un elemento se ha dañado y ocasiona tiempos muertos que se reflejan en las finanzas de la empresa. Por todo lo anterior se ha elaborado el presente libro, para definir procedimientos de mantenimiento eficientes, homogenizar los criterios de reparación e identificar técnicas rápidas y económicas de llevarlo al cabo.

Como se denota, es menos costoso el mantenimiento preventivo y predictivo que el correctivo por lo que se recomienda no esperar a que fallen los equipos.

Se han recopilado el material y las normas actualizadas, tanto nacionales como extranjeras, que rigen en la materia y que se consideran representativas de cada caso en específico, procurando reunir las en una sola publicación, dando las recomendaciones que se consideran pertinentes para lograr un buen funcionamiento y se incluyen tablas e ilustraciones como apoyo visual de diseño al proyectista, así mismo se incluyen las referencias de la literatura consultada y que puede resultar de ayuda al usuario para lograr una mayor profundidad en algún tema en específico al aplicar sus conocimientos.

Recuerde que los procedimientos, datos y elementos presentados en este libro, obedecen a la experiencia vertida a lo largo del tiempo por parte de los especialistas en la materia y de los proyectos en que se han trabajado. Sin embargo, en ningún caso debe considerarse esta información, como reglamento o norma oficial, más bien debe ser considerado una guía para el proceso de mantenimiento de los equipos electromecánicos de redes de distribución de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

Cabe destacar que para lograr un funcionamiento eficiente y la duración de los equipos electromagnéticos se recomienda apegarse a las especificaciones y procedimientos de operación, mantenimiento y reparación de cada fabricante o proveedor y siempre cuidar y garantizar el cumplimiento de normas y procedimientos de calidad y seguridad en el trabajo.

# A

## PROBLEMAS

1. ¿Por qué es necesario realizar pruebas a los motores antes de energizarlos? Indique cuatro razones

---

---

2. ¿Indique por qué es importante realizar la inspección de transformadores antes de ser recibidos, en sitio o almacén?

---

---

3. ¿Qué pruebas son necesarias realizar a los motores eléctricos?

---

---

4. ¿Por qué es importante inspeccionar y probar los equipos antes de energizarlos? Indique las razones

---

---

5. Mencione las principales pruebas que se realizan anualmente a transformadores tanto de distribución como de potencia

---

---

6. ¿Cuáles son las pruebas que se deben realizar a un transformador de distribución, para su aceptación?

---

---

7. Defina que es la resistencia de aislamiento

---

---

8. Explique en qué consiste la prueba de aislamiento

---

---

9. ¿Qué es Rigidez Dieléctrica?

---

---

10. ¿En qué consiste la prueba de Rigidez Dieléctrica de un transformador?

---

---

11. ¿Cuándo debe realizarse la prueba de resistencia de aislamiento a transformadores?

---

---

12. ¿Qué recomendaciones indica la norma sobre cuándo debe realizarse las pruebas de aislamiento a transformadores?

---

---

13. ¿En la prueba de resistencia de aislamiento de un transformador de distribución, cual es el valor que indica que éste está en buenas condiciones?

---

---

14. ¿Qué significan las siglas TTR, en la prueba de un transformador?

---

---

15. ¿Qué pruebas básicas se deben aplicar a motores horizontales en campo o sitio?

---

---

16. Después de energizar el motor, ¿qué parámetros mecánicos y eléctricos se deben revisar?

---

---

17. ¿Qué pruebas se deben realizar a un motor ya instalado, si se tienen dudas con respecto a su instalación?

---

---

18. ¿Cuál es el valor aceptable de rigidez dieléctrica del aceite?

---

---

19. Mencione que pruebas mecánicas se deben realizar a los interruptores de potencia

---

---

20. Mencione que pruebas se deben realizar a los conductores

---

---

21. ¿Qué pruebas se deben realizar a una bomba vertical?

---

---

22. ¿Por qué es importante la medición en el sistema de tierras?

---

---

23. Explique la importancia de localizar los puntos calientes en una instalación eléctrica

---

---

24. Explique la importancia de la medición de corrientes en las fases

---

---

25. ¿Qué pruebas se le deben realizar a los apartarrayos?

---

---

26. ¿El Organismo Operador cuenta con un manual de operación y mantenimiento?

---

---

27. El Organismo Operador maneja una bitácora de operación.

---

---

28. ¿Qué recomendaciones haría usted para mejorar la operación de sus instalaciones tanto de agua potable como de tratamiento?

---

---

29. ¿Qué clase de mantenimiento se realiza en sus instalaciones marque con una X su respuesta?

a) Preventivo

b) Predictivo

c) Correctivo

30. En que consiste el mantenimiento que le dan a las bombas sumergibles.

---

---

---

31. ¿Cada cuando le da mantenimiento a las válvulas?

---

---

32. Indique que tipo de mantenimiento efectúa a:

Transformadores:

Motores:

Tableros:

Apartarrayos:

Conductores:

Canalizaciones:

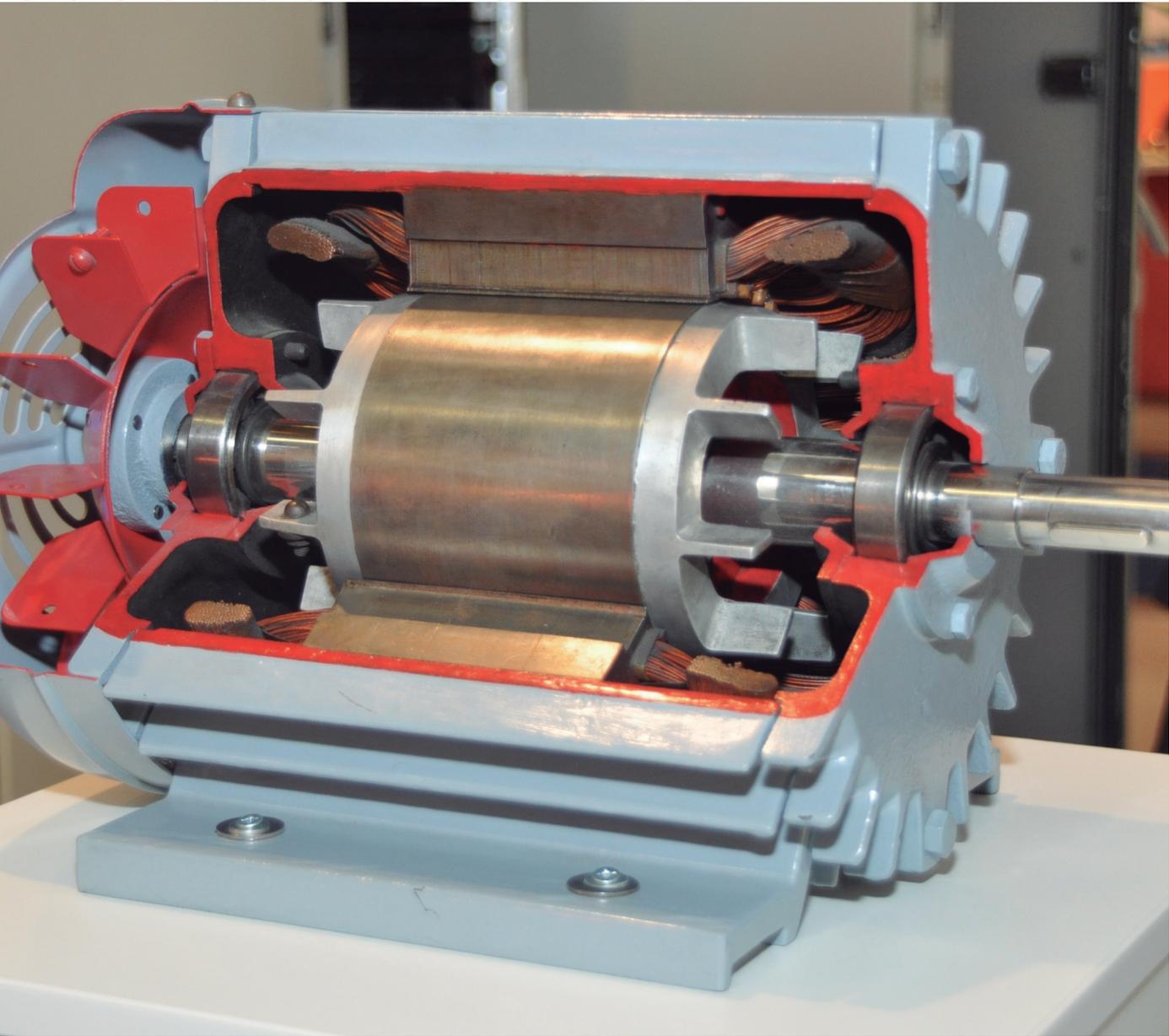
Trincheras:

Registros:

34. ¿El mantenimiento que realiza lo hace de acuerdo a un programa basado en las recomendaciones de las normas?

---

---



# B

## LISTADO DE NORMAS

Normatividad Nacional	
NMX J-075/1-ANCE	Aparatos Eléctricos - Máquinas Rotatorias - Parte 1
NMX-J-116-ANCE	Transformadores de distribución tipo poste y tipo subestación - especificaciones
NMX-J-118/1-ANCE	Productos eléctricos - tableros de alumbrado y distribución en baja tensión - especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-118/2-ANCE	Tableros - tableros de distribución de baja tensión - especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-136-ANCE	Abreviaturas y símbolos para diagramas, planos y equipos eléctricos
NMX-J-142/1	Conductores - cables de energía con pantalla metálica, aislados con polietileno de cadena cruzada o a base de etileno - propileno para tensiones de 5 kv a 35 kv - especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-150/1-ANCE	Coordinación de aislamiento – parte 1: definiciones, principios y reglas
NMX-J-150/2-ANCE	Coordinación de aislamiento - parte 2: guía de aplicación
NMX-J-235/1-ANCE	Envolventes – Envolventes para Uso en Equipo Eléctrico. – Parte 1
NMX-J-235/2-ANCE	Envolventes – Envolventes para Uso en Equipo Eléctrico. – Parte 2
NMX-J-245-ANCE	Aisladores tipo suspensión de porcelana o vidrio templado - especificaciones y métodos de prueba.
NMX-J-271-1-ANCE	Técnicas de Prueba en Alta Tensión Parte 1
NMX-J-284-ANCE	Transformadores y autotransformadores de potencia – especificaciones
NMX-J-285-ANCE	Trasformador tipo pedestal monofásico trifásico para distribución subterránea – especificaciones
NMX-J-323-ANCE	Cuchillas seccionadoras de operación con carga para media tensión - especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-351-ANCE	Trasformadores de distribución y potencia
NMX-J-409-ANCE	Trasformadores –guía de carga de trasformadores de distribución y potencia sumergidos en aceite
NMX-J-515-ANCE	Equipos de control y distribución - requisitos generales de seguridad - especificaciones y métodos de prueba
NMX-J-538/1-ANCE	Productos de distribución y de control de baja tensión - parte 1: reglas generales
NMX-J-538/2-ANCE	Productos de distribución y de control de baja tensión parte 2: interruptores automáticos (norma alternativa a la nmx-j-266-ance)
NMX-J-538/3-ANCE	Productos de distribución y de control de baja tensión - parte 3: desconectores, seccionadores, desconectores - seccionadores y unidades combinadas con fusibles (norma alternativa a la nmx-j-162-ance)
NMX-J-562/1-ANCE	Guía para la selección de aisladores con respecto a condiciones de contaminación - parte - 1: aisladores de vidrio y porcelana

NMX-J-580/1-ANCE	Ensamblados de tableros de baja tensión - parte 1: ensambles con pruebas tipo y ensambles con pruebas tipo parciales
NOM-001-SEDE	Instalaciones eléctricas (utilización)
NOM-002-STPS	Condiciones de seguridad-prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo
NOM-003-SEGOB	Señales y avisos para protección civil.- colores, formas y símbolos a utilizar
NOM-011-STPS	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido
NOM-016-ENER	Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado
NOM-017-STPS	Equipo de protección personal-Selección, uso y manejo en los centros de trabajo
NOM-022-STPS	Electricidad estática en los centros de trabajo- Condiciones de seguridad
NOM-025-STPS	Condiciones de iluminación en los centros de trabajo

<b>Normatividad Internacional</b>	
ANSI C37.43	Especificaciones estándar para alta tensión expulsión, distribución de limitadores de corriente, y combinación- tipo y el poder de clase fusibles externos, con tensiones nominales desde 1 kv a 38 kv, utilizado para la protección de derivación condensadores
ANSI/IEEE C57.13	Requerimientos estándar para transformadores de instrumentos
ANSI-C57-16	Reactores, requisitos, terminología y código de ensayo para limitador de corriente
API 598	Valve Inspection and Testing
ASME B31.1	Code for Pressure Piping
ASTM D1816	Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage of Insulating Liquids Using VDE Electrodes
ASTM D971	Standard Test Method for Interfacial Tension of Oil Against Water by the Ring Method
ASTM D974	Standard Test Method for Acid and Base Number by Color-Indicator Titration
ASTM-D877	Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage of Insulating Liquids Using Disk Electrodes
IEC 60071-1	Coordinación de aislamiento - parte 1: definiciones, principios y reglas
IEC 60071-2	Coordinación de aislamiento - parte 2: guía de aplicación
IEC 60672-2	Ceramic and glass insulating materials – Part 2: Methods of test
IEEE 43	Recommended Practice for Testing Insulation Resistance of Electric Machinery
IEEE C57.12.90	Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers
IEEE Std 141	Práctica recomendada para la distribución de energía eléctrica para plantas industriales
IEEE Std 141	Práctica recomendada para la distribución de energía eléctrica para plantas industriales
IEEE STD 80	Guía para la seguridad
IEEE-STD-242	Práctica recomendada para la protección y coordinación de sistemas eléctricos industriales y comerciales
ISO 9906	Bombas rotodinámicas. Ensayos de rendimiento hidráulico de aceptación
NEC	National electric code
NEMA MG1	Motores y generadores
DIN 31052	Maintenance; instructions for maintenance

<b>Normatividad ANSI/HI</b>	
ANSI/HI 9.1-9.5	Reglas generales para tipos, definiciones , aplicación, medición y documentación para equipos de bombeo
ANSI/HI 9.6.2	Evaluación de cargas aplicadas en bombas rotodinámicas
ANSI/HI 9.6.4	Medición y parámetros permisibles de vibración en bombas rotodinámicas
ANSI/HI 9.6.5	Reglas generales para el monitoreo en bombas centrifugas y verticales
ANSI/HI 1.4.6	Pruebas de rendimiento hidráulico en bombas rotodinámicas
ANSI/HI 2.4	Manual de instalación , operación, mantenimiento para bombas verticales rotodinámicas
ANSI/HI 2.3	Diseño y aplicación para bombas verticales rotodinamicas de tipo de flujo radial, mixto y axial
ANSI/HI 9.6.3	Bombas rotodinámicas (centrifuga y vertical)- guía permitida para zona de operación
ANSI/HI 1.4	Manual de instalación , operación, mantenimiento para bombas centrifugas rotodinámicas
ANSI/HI 1.3	Diseño y aplicación para bombas centrifugas rotodinámicas
ANSI/HI 1.1-1.2	Nomenclatura y definiciones para bombas centrifugas rotodinámicas
ANSI/HI 2.1-2.2	Definiciones y nomenclatura para bombas verticales rotodinamicas de tipo de flujo radial, mixto y axial
ANSI/HI 9.6.1	Guía de margen de NPSH para bombas rotodinámicas



# C

## GLOSARIO

**Aceite aislante.** Aceite mineral utilizado como aislante entre devanados y para enfriamiento del transformador.

**Alumbrado de emergencia.** Dispositivo con lámpara utilizado para iluminación durante interrupciones de energía eléctrica.

**Anillo de desgaste de la carcasa.** Anillo reemplazable estacionario, para protección de la carcasa del rozamiento del anillo de desgaste del impulsor o del impulsor.

**Anillo de desgaste del impulsor.** Anillo reemplazable montado en uno o ambos lados del impulsor, para protegerlo del rozamiento con las partes estacionarias.

**Anillo de desgaste del tazón.** Anillo reemplazable estacionario, para protección del tazón del rozamiento del anillo de desgaste del impulsor o del impulsor.

**Aparejo inferior (mufla).** Conjunto de poleas y armazón que forman parte del sistema para devanar el cable (o cadena) de carga de la grúa.

**Aparejo superior (polipasto).** Conjunto de poleas que se instala en la estructura del carro portante y que forma parte del sistema para devanar el cable (o cadena) de carga de la grúa.

**Apartarrayos.** El apartarrayos es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones de las

subestaciones eléctricas contra sobretensiones de tipo atmosférico.

**Arrancador.** Arreglo de desconectador electromecánico y protección térmica para conexión de un motor eléctrico.

**Articulación.** Elemento utilizado para unir dos componentes que permite movimiento de rotación pero impide el movimiento de traslación relativo.

**Asiento del resorte (arandela).** Plato que permite el alojamiento del resorte.

**Asiento.** Superficie donde se logra el sello entre el disco y el cuerpo de la válvula, y está formado por el anillo del asiento.

**Autotransformador.** Transformador en el que los dos devanados están interconectados eléctricamente.

**Balastro.** Dispositivo empleado con las lámparas de descarga para el arranque y la estabilización de la descarga.

**Balero externo o rodamiento externo.** Es el rodamiento más alejado del cople de una bomba centrífuga de doble succión y carcasa bipartida. Estos rodamientos son de tipo radial.

**Balero interno o rodamiento interno.** Es el rodamiento más alejado del cople de la bomba. Este rodamiento es de tipo radial.

**Balero o rodamiento.** Chumaceras de tipo antifricción. Estos rodamientos son de tipo radial.

**Barra.** Conductor rígido desnudo.

**Barril de succión.** Elemento cilíndrico utilizado para conducir el líquido a la bomba.

**Base de la bomba.** Elemento o bastidor metálico integral sobre el cual la bomba y su accionador son montados.

**Batería.** Dispositivo compuesto de una o más celdas recargables de plomo-ácido o níquel-cadmio.

**Boca de succión.** Sección abocinada para direccionar el flujo del líquido dentro de la bomba.

**Bomba centrífuga vertical tipo bote o barril.** Diseño específico de bomba centrífuga que opera con una flecha en posición vertical. La aplicación de este tipo de bombas es el manejo de agua entre tanques de almacenamiento para abastecimiento municipal e industrial.

**Bomba centrífuga vertical tipo flujo mixto.** Diseño específico de bomba centrífuga que opera con una flecha en posición vertical. La aplicación de este tipo de bombas es el manejo de agua de pozos profundos para abastecimiento municipal e industrial.

**Bomba centrífuga vertical tipo propela o de flujo axial.** Diseño específico de bomba centrífuga que opera con una flecha en posición

vertical. La aplicación de este tipo de bombas es el manejo de agua de pozos para abastecimiento municipal e industrial.

**Bomba centrífuga vertical tipo sumergible.** Diseño específico de bomba centrífuga que opera con una flecha en posición vertical. La aplicación de este tipo de bombas es el manejo de agua de pozos profundos para abastecimiento municipal e industrial.

**Bomba centrífuga vertical tipo turbina.** Diseño específico de bomba centrífuga que opera con una flecha en posición vertical. La aplicación de este tipo de bombas es el manejo de agua de pozos profundos para abastecimiento municipal e industrial.

**Bomba reciprocante de potencia tipo pistón.** Diseño particular de una bomba reciprocante, que consiste de una sección lado líquido y de otro lado potencia. El lado líquido consta de un puerto de entrada y otro de salida, válvulas y pistones. El lado potencia incluye una cubierta o caja, un cigüeñal, una biela, baleros y una caja de engranes.

**Bomba rotatoria tipo tornillo.** Diseño particular de una bomba rotatoria, que consiste de un rotor que gira dentro de un cilindro con lo cual se forman cavidades en el sentido de descarga para mover aguas residuales y lodos.

**Bomba sumergible.** Diseño específico de bomba construida especialmente para trabajar acoplada directamente a un motor eléctrico sumergible.

**Bomba tipo golpe de ariete.** Diseño particular de una bomba que permite elevar agua a grandes al-

turas sin utilizar ninguno de los energéticos convencionales.

**Bomba vertical inatascable tipo cárcamo húmedo.** Diseño particular de bomba con flecha en posición vertical para el manejo de aguas residuales. Su diseño incluye una voluta de admisión de fondo con impulsores capaces de manejar materiales sólidos y fibrosos con un atascamiento mínimo.

**Bomba vertical inatascable tipo cárcamo seco.** Diseño particular de bomba con flecha en posición vertical para el manejo de aguas residuales.

**Bomba.** Máquina hidráulica que convierte energía mecánica en energía de presión, transferida al agua.

**Bonete (cubierta).** Tapa superior del cuerpo de la válvula.

**Botón (pulsador).** Dispositivo de operación que funciona por medio de una presión manual generalmente en la dirección de su eje.

**Botonera.** Ensamble formado por una o más unidades básicas, operadas exteriormente, incluyendo otros dispositivos como lámparas indicadoras o selectores, en una caja o gabinete adecuado.

**Brazo.** Elemento que sujeta el flotador con el perno de la esprea.

**Brida.** Es el elemento que une dos componentes de un sistema de tuberías, permitiendo ser desmontado sin operaciones destructivas, gracias a una circunferencia de agujeros a través de los cuales se montan pernos de unión. Las bridas son aquellos elementos de la línea de tuberías, destinados a

permitir la unión de las partes que conforman esta instalación, ya sean tubería, válvulas, bombas u otro equipo que forme parte de estas instalaciones.

**Buje.** Cilindro reemplazable estacionario usado para evitar el rozamiento entre el tazón y flecha en rotación.

**Cabeza de succión.** Dispositivo utilizado para recibir el líquido (agua) y guiarlo al primer impulsor.

**Cabeza.** La cabeza cubre el extremo del cilindro en una bomba de pistón.

**Cabezal de descarga.** Elemento a través del cual el líquido (agua) sale de la bomba y que constituye el soporte del motor y del tubo de columna.

**Cable de carga.** Cable de acero que sirve para soportar la carga. Este cable se devana a través de un sistema formado por un tambor, mufla y polipasto.

**Cadena de carga.** Cadena de acero utilizada para soportar la carga. Esta cadena se devana a través de un sistema formado por ruedas (o tambores), mufla y polipasto.

**Cadena de maniobras.** Elemento utilizado para el accionamiento manual de aparejos que se encuentran elevados con respecto al piso.

**Caja de baleros.** Cuerpo en el que se montan los baleros.

**Caja de lubricación.** Recipiente que contiene y suministra el lubricante.

**Caja reductora.** Se denomina caja reductora a un mecanismo que consiste, generalmente, en

un grupo de engranajes, con el que se consigue mantener la velocidad de salida en un régimen cercano al ideal para el funcionamiento del generador. Usualmente una caja reductora cuenta con un tornillo sin fin el cual reduce en gran cantidad la velocidad.

**Camisa de cilindro.** Es un elemento cilíndrico hueco y reemplazable que se monta en el cilindro de una bomba de pistón.

**Camisa de flecha o Tubo de flecha.** Tubo que protege la línea de flecha y proporciona un medio o elemento para el montaje de los rodamientos o bujes.

**Campana de succión.** Sección abocinada para direccionar el flujo del líquido dentro de la bomba.

**Carcasa o Cubierta.** Cubierta de la bomba con espesor adecuado para soportar diferentes presiones y que incluye el espacio para el impulsor, y las boquillas de succión y descarga.

**Carga de igualación.** Medio de restauración de los materiales activos dentro de una celda, hasta llevarla a la condición de plena carga.

**Cargador de batería.** Dispositivo que permite cargar la batería.

**Cargador.** Dispositivo que permite mantener en los niveles adecuados la capacidad de un banco de baterías.

**Carrete.** Segmento corto de tubo recto con bridas en ambos extremos. Se destinan principalmente para facilitar el montaje y desmontaje de válvulas y bombas y acoplar tuberías que tengan movimien-

tos axiales y angulares siendo principalmente utilizadas en redes de distribución de agua y desagües, sistemas de aire acondicionado, conducción de líquidos con materiales abrasivos, líneas de gas. La estanqueidad se realiza mediante anillos de goma o juntas especiales.

**Carro cabezal.** Parte de la estructura del puente de la grúa ubicado en sus extremos, que le permite su desplazamiento longitudinal.

**Carro portante (trole).** Parte de la grúa que se compone de los mecanismos de elevación de la carga y permite el movimiento transversal.

**Centro de control de motores.** Gabinete compuesto de una o más secciones que contienen protecciones, medición y arrancadores.

**Cigüeñal.** Elemento utilizado para transmitir potencia y movimiento del motor a la biela. Los rodamientos de bolas o rodillos y bielas del equipo se instalan en este componente.

**Cilindro.** Es un elemento cilíndrico hueco de la bomba con espesor adecuado para soportar diferentes presiones y en el cual el rotor gira para formar cavidades para impartir movimiento a las aguas residuales.

**Clase de aislamiento.** Clasificación de un material aislante acorde a la temperatura que se espera que soporte.

**Codo de descarga.** Elemento a través del cual el líquido (agua) sale de la bomba.

**Cojinetes (chumaceras).** Piezas que sirven para ejercer puntos de apoyo y giro para el rotor.

**Colador o coladera.** Elemento instalado en el extremo inferior de la tubería de succión, utilizado para prevenir la entrada de objetos que puedan dañar a los componentes internos de la bomba.

**Colgador.** Elemento que permite colgar el disco desde el cuerpo de la válvula.

**Compuerta deslizante tipo radial.** Elemento que opera transversalmente al flujo para regulación de gastos deslizándose sobre guías y girando sobre un eje de rotación (articulación), la cara curva se fija a las secciones horizontales por medio de un proceso de soldado, al que se le realizan pruebas internacionales de soldadura.

**Compuerta deslizante.** Elemento que opera transversalmente al flujo para regulación de gastos, deslizándose en sus guías de apoyo. La capacidad de carga depende del tamaño de la apertura y de la disponibilidad de miembros estructurales, se puede realizar de aluminio, acero al carbón, acero galvanizado y de acero inoxidable. Aplicaciones: Control de inundaciones, proyectos de irrigación, depósitos de carga baja, sistemas de drenaje, proyectos de conservación del suelo, plantas tratadoras, plantas tratadoras de aguas residuales.

**Conductor de tierra.** Conductor de cobre que conecta a tierra las cubiertas metálicas de los equipos eléctricos. También se emplea para formar una red de tierras.

**Conector mecánico.** Dispositivo metálico en el que se unen conductores de igual o diferente tipo con ajuste de tornillería o mediante herramienta de compresión.

**Conector soldable.** Unión reforzada de conductores de igual o diferente tipo que se realiza por medio de soldadura.

**Cono de fijación.** Collar cónico utilizado para asegurar o fijar el impulsor a la flecha de la bomba.

**Cono de fijación.** Collar en forma cónica utilizado para asegurar o fijar el impulsor a la flecha de la bomba.

**Contactador.** Dispositivo electromecánico de conexión, capaz de cerrar o abrir repetidamente cargas en condiciones normales y de sobrecarga.

**Contratuercas.** Tuerca del tornillo de ajuste.

**Cople de flecha.** Mecanismo utilizado para transmitir potencia de una sección de flecha a otra, o para unir (conectar) dos secciones de flecha.

**Cubierta o caja de bomba.** Cubierta de la bomba con espesor adecuado para soportar diferentes presiones y que incluye el espacio para los elementos que generan el movimiento alternativo que acciona el pistón.

**Cuchilla.** Dispositivo capaz de cerrar, conducir e interrumpir corrientes especificadas.

**Cuerpo.** Elemento en el que se ensamblan los demás componentes de la válvula y cuyos extremos se conectan a la tubería.

**Cuña del impulsor.** Pieza que previene el movimiento relativo del impulsor sobre la flecha.

**Charola.** Unidad o ensamble de unidades o secciones con sus accesorios asociados, que forman un sistema estructural utilizado para asegurar o soportar cables y canalizaciones.

**Chumacera.** La chumacera se fija a la estructura a la estructura de concreto en las paredes del hueco ya sea del canal o de la presa. Las chumaceras se instalan a un nivel aguas abajo donde no tendrán contacto con el agua por lo que necesitan ser lubricadas.

**Depósito.** Es un elemento de la bomba con espesor adecuado para soportar diferentes presiones.

**Diafragma.** Elemento elastómero que permite aislar la cámara superior de la válvula.

**Disco (compuerta).** Elemento que opera transversalmente al flujo, evitando o permitiendo el paso de éste.

**Electrodo de tierra.** Conductor (generalmente varillas, tubos o placas) enterrado en el suelo con el propósito de disipar corrientes de falla.

**Electrodo.** Material de aporte utilizado en la soldadura de arco.

**Elevación de temperatura del motor.** Dato de placa que expresa la diferencia o incremento máximo de temperatura del motor respecto a un valor promedio de temperatura ambiente.

**Elevación de temperatura del transformador.** Dato de placa que expresa la tolerancia en el incremento de temperatura del transformador respecto a la temperatura ambiente.

**Elevación de temperatura.** La diferencia de temperatura entre el motor y el aire que lo rodea. Característica de trabajo del motor que forma parte de su especificación eléctrica.

**Empaque o empaquetadura.** Anillos de asbesto grafitado o de metal suave presionados entre sí lateralmente contra la flecha o manga, para proveer un sellado alrededor de la flecha.

**Ensamble de válvula.** Un ensamble de válvula puede consistir de un asiento, la válvula, un resorte y el retén del resorte. El conjunto permite al líquido entrar y salir del cilindro.

**Envejecimiento del aislamiento.** Disminución de la calidad del aislamiento (OMH's) y en consecuencia de la vida útil del conductor.

**Eslingas.** Cadenas de suspensión que se utilizan para sujetar las cargas.

**Esprea.** Elemento mecánico que permite la salida de aire del interior de la válvula.

**Estator (carcasa).** Parte del motor que no se mueve cuya función es la de servir de cubierta y base a la parte giratoria.

**Estopero.** Elemento removible (generalmente cilindro hueco) que aloja varios anillos de em-

paque, usado para proteger la bomba contra escurrimientos o fugas de líquido, en el punto en el que la flecha atraviesa la cubierta de la bomba.

**Extremidad.** Segmento corto de tubo con brida en uno de sus extremos.

**Faro o lámpara.** Fuente luminosa artificial construida con el objeto de producir luz.

**Flecha de bomba o flecha de impulsores.** Elemento cilíndrico en donde se monta el impulsor y a través del cual se transmite la potencia de entrada al impulsor.

**Flecha intermedia o flecha de línea o flecha de transmisión.** Barra cilíndrica (flecha) que transmite la potencia de la flecha motriz o del motor a la flecha de bomba.

**Flecha motriz o flecha superior.** Barra cilíndrica (flecha) de una bomba vertical que transmite la potencia del motor a la flecha intermedia o línea de flecha.

**Flecha.** Elemento cilíndrico en donde se monta el impulsor y a través del cual la potencia de entrada es transmitida al impulsor.

**Flotador.** Elemento que permite la admisión y expulsión del aire. También impide la salida del agua.

**Fotocontrol.** Dispositivo electrónico sensible a la luz, capaz de abrir o cerrar un circuito eléctrico como resultado de la acción de la cantidad de energía luminosa que recibe.

**Gancho.** Dispositivo sobre el cual se soporta directamente la carga o los accesorios para manejar la misma.

**Grasera.** Contenedor que suministra el lubricante.

**Grúa.** Equipo estructurado, compuesto por un conjunto de mecanismos, para elevar y transportar cargas.

**Guías.** Elementos formados por piezas que se ajustan y nivelan mediante anclas que quedan embebidas en el primer colado y permiten que las piezas se muevan en una u otra dirección hasta que quedan en su posición correcta.

**Horómetro.** Registra las horas de funcionamiento de la unidad. La indicación es acumulativa y no debe reposicionarse. El registro periódico se utiliza para determinar las necesidades de mantenimiento.

**Impulsor.** Elemento rotativo de la bomba con álabes donde entra el líquido y es impulsado.

**Interruptor de nivel.** Dispositivo sumergible de dos posiciones cuyos contactos son operados por el nivel de un fluido para abrir o cerrar un circuito de control que automatiza funciones de arranque, paro de equipo y señales de alarma.

**Interruptor termomagnético:** Dispositivo de interrupción capaz de conectar, conducir e interrumpir corrientes bajo condiciones normales del circuito y conectar, conducir corrientes por un tiempo especificado e interrumpir corrientes en condiciones anormales especificadas del circuito, como las de cortocircuito.

**Interruptor.** Dispositivo con capacidad para desconectar un circuito eléctrico con carga.

**Junta tipo Dresser.** Elemento utilizado para unir dos tuberías permitiendo desplazamien-

tos de flexión. Este tipo de juntas son elementos para unir tubería sin necesidad de ocupar uniones como contrabridas, conexiones roscadas o soldables.

**Junta tipo Gibault.** Elemento utilizado para unir dos tuberías permitiendo desplazamientos axiales.

**Junta.** Elemento elastómero u otro material similar utilizado para lograr la hermeticidad o sellado entre las uniones mecánicas.

**Lámpara.** Fuente luminosa artificial construida con el objeto de producir luz.

**Luminaria fluorescente.** Luminaria con lámpara de descarga, en la cual la luz es emitida, sobre todo, por una capa de materia fluorescente excitada por las radiaciones ultravioletas de la descarga.

**Luminaria punta de poste.** Luminaria diseñada para colocarse en la punta de un poste, utilizada generalmente para alumbrado exterior.

**Luminaria suburbana.** Luminaria diseñada para instalarse en tubos de ménsula, utilizada para alumbrado exterior.

**Luminaria tipo arbotante.** Dispositivo con lámpara que se utiliza generalmente para alumbrado interior o decorativo.

**Luminaria tipo industrial.** Dispositivo con lámpara utilizado generalmente en lugares donde existe suciedad, tizne y vapores.

**Luminaria tipo reflector.** Dispositivo con lámpara que se instala generalmente sobre un marco o rótula para permitir su orientación.

**Luminaria.** Unidad completa de iluminación que consiste en una fuente de luz, con una o varias lámparas, junto con las partes diseñadas para posicionar la fuente de luz y conectarla a la fuente de alimentación. También puede incluir las partes que protegen la fuente de luz o el balastro y aquellas para distribuir la luz. Un portalámpara por sí mismo no es una luminaria.

**Malacate abierto.** Dispositivo para elevar la carga, cuyos componentes no forman una unidad compacta y se encuentran distribuidos en forma adecuada sobre la estructura de un carro portante.

**Manga de flecha.** Pieza cilíndrica montada sobre la flecha de la bomba para proteger la flecha de las partes estacionarias.

**Metal base.** Metales que se unen o juntan por medio de soldadura.

**Motor de combustión interna de diésel.** Es un motor que aprovecha la energía térmica contenida en el combustible diésel para producir un movimiento que se aprovecha con algún fin determinado.

**Motor de combustión interna de gasolina.** Es un motor que aprovecha la energía térmica contenida en el combustible gasolina para producir un movimiento que se aprovecha con algún fin determinado.

**Motor sumergible.** Motor diseñado para funcionar dentro de un fluido.

**Motor.** Máquina diseñada para convertir energía eléctrica en trabajo mecánico.

**Múltiple.** Tubo con varias entradas y una salida, en el cual descargan o succionan las bombas de una estación de bombeo.

**Pasador.** Elemento que permite fijar el colgador al cuerpo de la válvula, permitiendo su rotación libre.

**Pedestal del motor.** Elemento metálico para el soportar e instalar el motor.

**Pistón.** Elemento cilíndrico unido a una biela que actúa en el interior de un cilindro y que imparte movimiento al líquido en direcciones alternantes.

**Planta automática.** Es aquella que solamente al inicio se opera manualmente, ya que después, ésta cumple sus funciones automáticamente. Dicha planta es utilizada sólo en servicio de emergencia.

**Planta de emergencia manual.** Es aquella que requiere para su operación que se opere manualmente un interruptor para arrancar o parar dicha planta.

**Planta de emergencia.** Conjunto de equipo para producir electricidad con el movimiento de un motor de combustión interna.

**Polispasto.** Es una máquina compuesta por dos o más poleas y una cuerda, cable o cadena que

alternativamente va pasando por las diversas gargantas de cada una de aquellas. Se utiliza para levantar o mover una carga con una gran ventaja mecánica, porque se necesita aplicar una fuerza mucho menor que el peso que hay que mover.

**Poner a tierra.** Conectar un conductor a tierra.

**Potencial de tierra.** Es el potencial de referencia que la tierra mantiene en ausencia de influencias eléctricas externas.

**Prensaestopas.** Plato ajustable, que comprime al empaque dentro del estopero o retiene el elemento estacionario del sello mecánico.

**Profundidad de la red de tierra principal.** Es la distancia vertical que tiene la zanja que aloja en el fondo cable de cobre desnudo.

**Propela.** Elemento rotativo de la bomba vertical de flujo axial con álabes que imparte la fuerza principal al líquido bombeado.

**Puente.** Estructura de la grúa formada por traveses, cabezales y sistema motriz manual, sobre la cual opera el carro portante (trole).

**Punto caliente.** Punto de máxima temperatura del motor. El motor no se deteriora si la temperatura del punto caliente es menor que el valor límite recomendado de elevación de temperatura.

**Red o malla de tierra.** Porción metálica subterránea de un sistema que disipa a tierra corrientes de falla. La red se compone en general de varias mallas interconectadas con conductores longitudinales y conductores transversales.

**Registro de tierras.** Cubo de mampostería que aloja un electrodo de tierra.

**Registro.** Envoltorio para uso en sistemas subterráneos que tienen un fondo abierto o cerrado, dimensionado de tal forma que permite al personal alcanzar lo que hay dentro, pero no ingresar en él, con el propósito de instalar, operar o mantener el equipo o el alambrado, o ambos.

**Rejilla.** Estructura formada por barrotes que tiene por objeto impedir la entrada en los ductos, de cuerpos que flotan en el agua.

**Relevador.** Dispositivo electromagnético con varios contactos para usos de control y de baja corriente de paso.

**Resistencia de aislamiento.** Resistencia ofrecida por un material aislante al flujo de la corriente eléctrica producida al aplicarle una tensión continúa.

**Resistencia de la malla de tierras.** Es la resistencia óhmica entre la malla de tierras y un electrodo de tierras remoto de resistencia cero. En ocasiones puede considerarse como la resistencia de contacto de la malla de una tierra de resistencia cero.

**Resorte.** Elemento que permite ajustar la presión de apertura de la válvula.

**Rigidez dieléctrica.** Propiedad de un dieléctrico de oponerse a una descarga, se mide por la intensidad del campo eléctrico.

**Rotor.** Elemento que actúa en el interior de un cilindro y que imparte movimiento al líquido.

**Sello mecánico (elemento estacionario).** Elemento estacionario con superficies altamente pulidas que se desliza sobre la parte giratoria del sello mecánico para proporcionar un sello hermético entre ambos elementos.

**Sello mecánico (elemento giratorio).** Elemento montado sobre la flecha con superficies altamente pulidas que se desliza sobre la parte estacionaria del sello mecánico para proporcionar un sello hermético entre ambos elementos.

**Sistema de elevación de la carga.** Sistema integrado por todos los componentes que permiten la suspensión y elevación de la carga. Se compone básicamente por los aparejos superior e inferior, ruedas o tambores y gancho.

**Sistema eléctrico.** Sistema integrado por todos los componentes eléctricos que requiere la grúa.

**Soldadura con llama.** Se utiliza el calor de los gases en combustión para fundir los metales y soldarlos.

**Soldadura de arco.** Se emplea el calor creado por una corriente eléctrica para elevar la temperatura de los metales a la requerida para soldarlos.

**Soldar.** Proceso de unir o juntar metales, ya sea que se calienten las piezas de metal hasta que se fundan y se unan entre sí o que se calienten a una temperatura inferior a su punto de fusión y se unan o liguen con un metal fundido como relleno.

**Sombrilla de succión.** Elemento sujeto al tazón de succión usado para reducir las perturbacio-

nes en la entrada de la bomba y para reducir la sumergencia de la bomba.

**Soporte de Buje.** Elemento utilizado para soportar la flecha.

**Subestación compacta.** Es una de las partes que interactúa en el proceso de generación, transporte y consumo de la energía eléctrica, por lo cual se puede enunciar la siguiente definición: Es un conjunto de máquinas, aparatos y circuitos, que permiten cambiar las características de la energía eléctrica sin cambiar de frecuencia, y tienen la función de transmitir o distribuir la energía eléctrica de manera continua y segura, brindando seguridad para el sistema eléctrico, para los mismos equipos y para el personal de operación y mantenimiento. Se pueden clasificar por el tipo de instalación o construcción, por ejemplo: subestaciones de tipo intemperie, subestaciones de tipo interior y Subestaciones de tipo blindado

**Tablero blindado.** Tablero totalmente cerrado, en el cual partes vivas, dispositivos de interrupción, instrumentos de medición, relevadores, dispositivos de control secundario y alumbrado están instalados en compartimientos metálicos individuales.

**Tablero de alumbrado.** Panel sencillo o grupo de paneles unitarios diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, accesible únicamente desde el frente, que incluye barras conductoras de conexión común y dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y otros dispositivos de protección, y está equipado con o sin desconectores para el control de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; diseñado para instalarlo dentro de un gabinete o caja de cortacircuitos ubicada dentro o sobre

un muro o pared divisora y accesible únicamente desde el frente.

**Tablero de distribución.** Panel grande sencillo, estructura o conjunto de paneles, donde se montan, por el frente o por la parte posterior o por ambos lados: desconectores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y otras protecciones, barras conductoras de conexión común y usualmente instrumentos. Los tableros de distribución son accesibles generalmente por la parte frontal y la posterior, y no están destinados para ser instalados dentro de gabinetes.

**Tanque de prelubricación.** Depósito de agua utilizado para proporcionar lubricación al ensamble de columna en el arranque de la bomba.

**Tapa.** Elemento que permite el acceso al colgador y el disco.

**Tazón de descarga.** Cámara que recibe el fluido (agua) del último tazón intermedio y lo conduce al tubo de columna.

**Tazón intermedio.** Cámara donde se aloja y gira el impulsor, la cual sirve de guía al fluido (agua) de un impulsor a otro.

**Tazón.** Cámara donde se aloja y gira el impulsor.

**Tornillo de ajuste.** Elemento que permite ajustar la fuerza de tensión del resorte.

**Trabe carril.** Parte estructural sobre la cual se montan los rieles para el desplazamiento de los carros cabezales del puente de la grúa.

**Transformador de distribución tipo pedestal.** Conjunto formado por un transformador de dis-

tribución con un gabinete integrado en el cual se incluyen accesorios para conectarse en sistemas de distribución subterránea, este conjunto está destinado para instalarse en un pedestal y para servicio en intemperie.

**Transformador de distribución tipo poste.** Es aquel transformador de distribución que por su configuración externa está dispuesto en forma adecuada para sujetarse o instalarse en un poste o en alguna estructura similar.

**Transformador inmerso en líquido aislante.** Transformador en el cual el núcleo y los devanados se encuentran inmersos en líquido aislante.

**Transformador.** Dispositivo eléctrico, que por inducción electromagnética transfiere energía eléctrica de uno o más circuitos, a uno o más circuitos a la misma frecuencia y transforma usualmente los valores de tensión y corriente.

**Trinchera.** Canalización sencilla con tapa generalmente de forma rectangular, donde se instalan gran cantidad de cables de corta longitud que unen a equipos o dispositivos eléctricos. El fondo debe estar limpio, relativamente plano y compactado a 90 por ciento para banquetas y a 95 por ciento para calles. Cuando la excavación se haga en terreno rocoso, el ducto o banco de ductos debe colocarse sobre una capa protectora de material de relleno limpio y compactado. El material de relleno debe estar libre de materiales que puedan dañar a los ductos o bancos de ductos y compactado a 90 por ciento.

**Tubería de agua de sellos o tubería de agua de enfriamiento.** Tubería usada para introdu-

cir líquido dentro del espacio del empaque a través de las venas o conductos de la cubierta de la bomba.

**Tubería de descarga.** Elemento a través del cual el líquido (agua) sale de la bomba.

**Tubo de columna.** Tubería vertical que conduce el líquido (agua) desde el tazón de descarga hasta el cabezal de descarga.

**Tubo de flecha o camisa de flecha.** Tubo que protege la flecha de línea y proporciona un medio o elemento para el montaje de los rodamientos o bujes.

**Tubo de succión.** Tramo recto de tubería que conduce el líquido al interior de la bomba, y que se localiza entre el colador (coladera) y la cabeza de succión.

**Tuerca de ajuste de flecha.** Pieza roscada para ajustar la posición de la flecha superior que transmite la potencia del motor a la flecha de línea.

**Válvula de admisión y expulsión de aire.** Dispositivo mecánico que permite la admisión y expulsión de aire durante el llenado y vaciado de la tubería.

**Válvula de alivio.** Dispositivo mecánico que regula la presión de un líquido en una tubería, al permitir la salida del fluido cuando la presión sobrepasa un valor predeterminado.

**Válvula de compuerta.** Dispositivo mecánico que permite u obstruye totalmente el paso del agua en la tubería.

**Válvula de mariposa.** Dispositivo mecánico que controla o regula el paso del agua en la tubería.

**Válvula de no retorno.** Dispositivo mecánico que impide la inversión de flujo del agua en la tubería.

**Válvula eliminadora de aire.** Dispositivo mecánico que permite la eliminación de pequeñas cantidades de aire que se acumula en la tubería.

**Varilla de tierra.** Conductor de bronce enterrado en el suelo con el propósito de disipar corrientes de falla.

**Vástago.** Elemento que acciona el disco o compuerta.

**Volante.** Elemento que se utiliza para operar manualmente el vástago.

**NOTA IMPORTANTE:**

Para abundamiento consulte los glosarios de las normas NOM, NMX, IEEE, IES



# D

## NOTAS ACLARATORIAS

Además de los temas presentados, existen otros parámetros y consideraciones que involucran pruebas, puesta en servicio y el mantenimiento de equipo electromecánico que no se indican en este libro. Sin embargo esto no significa que no sean importantes o imprescindibles para la correcta operación de los equipos.

Para garantizar un funcionamiento correcto de los equipos electromecánicos, la metodología a utilizar para las pruebas, puesta en marcha, la operación y mantenimiento de estos, debe estar fundamentada y apegada a las especificaciones de diseño y las condiciones del sitio de donde se opera el equipo. En todo caso deberá atender las recomendaciones del fabricante y de ser posible, ser éste quien realice las pruebas iniciales, ponga en marcha el equipo y brinde el mantenimiento preventivo y correctivo, además se debe atender la normatividad vigente, nacional e internacional; y debe tenerse en cuenta que la normatividad presentada en este libro solo representa una pequeña porción del total de normas existentes y disponibles para la selección de equipo electromecánico.

### NOTA IMPORTANTE:

Este libro, así como el MAPAS en su conjunto, debe tomarse como una introducción a los criterios para pruebas, puesta en marcha, operación y mantenimiento de equipos electromecánicos en los sistemas de agua potable y debe tenerse muy en cuenta que la información presentada no es de ninguna forma absoluta y no debe tomarse como ley o norma obligatoria que deba cumplirse o limitarse a lo expuesto en este documento.



# E

## BIBLIOGRAFÍA

- ABB. (s.f.). Instalación, Operación y Mantenimiento de Motores Eléctricos y Motorreductores. ABB.
- AWWA E 101. (s.f.). Vertical turbine pumps-line shafts and sumersibles types.
- BNJ, B. v. (s.f.). Manual de instalación, operación y mantenimiento para bombas verticales lubricación por agua.
- Bornemann. (2009). Seminario sobre selección de equipo y mantenimiento preventivo bombas.
- C57.12.90, I. (2010). Standard Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers.
- CFE. (n.d). Procedimiento de Pruebas de Campo para Equipo Primario de Subestaciones de Distribución, Bancos de Baterías y Cargadores. CFE.
- CFE. (s.f). Normas de distribución - construcción. Líneas aéreas. México: CFE.
- Conductores monterrey. (2011). Manual eléctrico. Monterrey: Viakon.
- CONAGUA (2008.)Lineamientos de acciones electromecánicas contra fenómenos hidrometeorológicos
- D-1533, A. (2012). Standard Test Method for Water in Insulating Liquids by Coulometric Karl Fischer Titration.
- D-877, A. (2013). Standard Test Method for Dielectric Breakdown Voltage of Insulating Liquids Using Disk Electrodes.
- D-971, A. (s.f.). Test Method for Interfacial Tension of Oil Against Water by the Ring Method.
- D-974, A.-D. y. (2011). Standard Test Method for Acid Number of Petroleum Products by Potentiometric Titration.
- Domingo Almendarez Amador. (s.f.). Circuitos lógicos combinatorios. IPN.
- Enríquez Harper, G. (1984). El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales. México: Limusa.
- Enríquez Harper, G. (2000). Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión. México: Limusa.
- Enríquez Harper., G. (s.f.). Instalación y control de motores de corriente alterna. México: Limusa.
- Goulds Pump. (2011). Goulds V-Series, Bombas de turbina verticales. Goulds Pump.
- H. Watt, J., L. Carr, C., & Croft, T. (2009). Manual del montador electricista. Barcelona: Reverté S.A.
- I.L. Kosow. (s.f.). Control of electric machines. Prentice Hall.
- IDYSSA. (s.f.). Equipos Hidráulicos riego nacional.
- IMCA. (2013). Manual de Construcción en Acero. (5ª. Edición ed.). (A. C. Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, Ed.) México: Limusa.
- IMPEL. (s.f.). Bombas Sumergibles para Aguas Residuales. IMPEL.
- IMPEL. (s.f.). Bombas Sumergibles para Aguas

- Residuales. IMPEL.
- IR.I. Mc Intrye. (s.f.). Electric motor control fundamentals. Alfa Omega-Marcombo.
- KSB. (s.f.). Centrifugal pumps.
- Lazar, I. (1980). Electrical system analysis for industrial plants. Mc Graw-hill.
- Lazar, I. (1988). Análisis y diseño de sistemas eléctricos para plantas industriales. México: Limusa.
- Paul Gíll (2009.). Electrical Power Equipment And Testing second edition.
- Partland., J. (s.f.). Practical electrical calculations. Electrical construction and maintenance.
- PROLEC. (s.f.). Manual de recepción, instalación y mantenimiento para transformadores sumergidos en aceite. PROLEC.
- Sanks, R. (1989). Pumping Station Design. Boston: Butterworths.
- SELMEC. (s.f.). Manual de Operación y Mantenimiento de Plantas Eléctricas de Emergencia. SELMEC.
- Siemens. (s.f.). Subestaciones Normalizadas Compactas para 13.8 kV. Siemens.
- Siemens. (s.f.). Subestaciones Normalizadas Compactas para 23 kV. Siemens.
- SOLDEXEL. (s.f.). Catálogo, Botonera NEMA 4. SOLDEXEL.
- Square D. (s.f.). Compendio No. 23. Equipos de Distribución Eléctrica, Electroductos. Square D.
- Tali, B. (s.f.). Jornadas técnicas para el mantenimiento de válvulas de compuerta y de mariposa.
- TIME, J. G. (s.f.). Manual on Electrical Insulation Testing for the Practical Man, using Megger Test Instruments. 2ª Edición.
- WEG. (2010). Motores eléctricos, Guía de especificación. WEG.

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1 Medición de tierra en transformador	7
Ilustración 2.2 Transformador	8
Ilustración 2.3 Conexiones del Megger analógico para la medición de la resistencia de aislamiento de un transformador	9
Ilustración 2.4 Prueba de rigidez eléctrica del aceite	10
Ilustración 2.5 Cuchillas seccionadoras	12
Ilustración 2.6 Prueba de polaridad	15
Ilustración 2.7 Prueba de polaridad utilizando el método kick	15
Ilustración 2.8 Conexiones para el método de sustitución	16
Ilustración 2.9 Conexiones para el método diferencial	16
Ilustración 2.10 Prueba de tensión y corriente de excitación	18
Ilustración 2.11 CCM	24
Ilustración 2.12 Cables y terminales en buen estado	26
Ilustración 2.13 Conexiones típicas para motores síncronos en servicio	30
Ilustración 2.14 Conexión para prueba de devanado de campo	30
Ilustración 2.15 Prueba de estátor en conjunto (devanados de la armadura)	32
Ilustración 2.16 Conexión para sistema de tierras	41
Ilustración 3.1 Válvulas	50
Ilustración 3.2 Válvula de alivio	52
Ilustración 3.3 Tolerancia unilateral aceptable	62
Ilustración 3.4 Tolerancia bilateral aceptable	62
Ilustración 3.5 Grado de aceptación 1U y 2U en campo	62
Ilustración 3.6 Grado de aceptación 1E en campo	62
Ilustración 3.7 Grado de aceptación 1B 2B y 3B en campo	63
Ilustración 4.1 Medición de tierra en transformador	76
Ilustración 4.2 Tablero de control	84

Ilustración 4.3 Medición puntos calientes de tableros	85
Ilustración 4.4 Tableros blindados	91
Ilustración 4.5 Tableros de distribución y alumbrado	99
Ilustración 4.6 Motores verticales.	102
Ilustración 4.7 Medición de tensión en motores	106
Ilustración 4.8 Medición de corriente eléctrica en motores	106
Ilustración 4.9 Motores horizontales	108
Ilustración 4.10 Motor sumergible	109
Ilustración 4.11 Caja reductora	111
Ilustración 4.12 Trincheras	121
Ilustración 4.13 Registro de instalación eléctrica	122
Ilustración 4.14 Charola de instalación eléctrica	124
Ilustración 4.15 Sistema de tierras	125
Ilustración 4.16 Conexión para sistema de tierras 62 por ciento	126
Ilustración 4.17 Luminarias punta de poste	127
Ilustración 4.18 Luminarias suburbanas	128
Ilustración 4.19 Luminaria Fluorescentes	128
Ilustración 4.20 Luminarias arbotantes	130
Ilustración 4.21 Luminarias tipo reflector	130
Ilustración 4.22 Luminarias industrial	131
Ilustración 4.23 Luminaria de emergencia	131
Ilustración 4.24 Interruptores de nivel tipo pera	133
Ilustración 4.25 Ejemplo de botonera exterior	134
Ilustración 4.26 Plantas generadoras con motor de combustión interna de diésel	135
Ilustración 5.1 Ejemplo de válvulas de compuerta	145
Ilustración 5.2 Válvula de compuerta de vástago saliente	146
Ilustración 5.3 Válvula de compuerta de vástago fijo	146
Ilustración 5.4 Ejemplo de válvulas de mariposa	149
Ilustración 5.5 Válvula de mariposa	149
Ilustración 5.6 Ejemplo de válvulas de no retorno	150
Ilustración 5.7 Esquema de válvula de no retorno	151
Ilustración 5.8 Válvula de admisión y expulsión de aire	152
Ilustración 5.9 Válvula de eliminación de aire	153
Ilustración 5.10 Ejemplo de válvulas de alivio	155
Ilustración 5.11 Válvula de alivio sostenedora de presión	155
Ilustración 5.12 Bombas con carcasa bipartida	159
Ilustración 5.13 Bomba centrífuga horizontal, doble succión de carcasa bipartida axialmente	160
Ilustración 5.14 Espacios libres en los anillos de desgaste	164

Ilustración 5.15 Ejemplo de bombas centrífugas verticales tipo turbina	169
Ilustración 5.16 Bomba vertical de pozo profundo (VS1)	170
Ilustración 5.17 Bomba vertical de una sola etapa o multietapa, conjunto corto de flecha de línea abierta (VS1)	171
Ilustración 5.18 Ejemplo de bombas centrífugas verticales tipo sumergibles	176
Ilustración 5.19 Bomba sumergible de pozo profundo (VS0)	177
Ilustración 5.20 Ejemplo de bombas centrífugas verticales tipo flujo mixto	179
Ilustración 5.21 Bomba vertical de flujo mixto de flecha de línea abierta (VS1)	180
Ilustración 5.22 Ejemplo de bombas centrífugas verticales tipo bote o barril	182
Ilustración 5.23 Bombas verticales de una etapa o multietapas de difusor tipo bote ó barril (VS6)	183
Ilustración 5.24 Bomba vertical con impulsor de flujo axial (propela), flecha cubierta, configuración de descarga debajo de piso (VS3) I	185
Ilustración 5.25 Ejemplo de bombas reciprocantes de potencia tipo pistón	187
Ilustración 5.26 Esquema de bomba recíprocante tipo pistón	187
Ilustración 5.27 Ejemplo de bombas tipo ariete	190
Ilustración 5.28 Esquema típico de una bomba tipo ariete	190
Ilustración 5.29 Ejemplo de bombas rotatorias tipo tornillo	199
Ilustración 5.30 Esquema típico de una bomba rotatoria tipo tornillo	199
Ilustración 5.31 Ejemplo de bombas centrífugas verticales inatascables de cárcamo seco	204
Ilustración 5.32 Bomba centrífuga vertical inatascable de cárcamo seco	204
Ilustración 5.33 Ejemplo de bombas centrífugas verticales inatascables de cárcamo húmedo	212
Ilustración 5.34 Esquema de bomba centrífuga vertical inatascable de cárcamo húmedo	212
Ilustración 5.35 Ejemplo de bombas sumergibles para aguas residuales	214
Ilustración 5.36 Bomba sumergible para aguas residuales	214
Ilustración 5.37 Compuerta deslizante	224
Ilustración 5.38 Compuerta deslizante de fierro fundido	225
Ilustración 5.39 Compuerta deslizante de placa	226
Ilustración 5.40 Ejemplo de compuertas deslizantes tipo radial	228
Ilustración 5.41 Compuerta deslizante tipo radial	228
Ilustración 5.42 Ejemplo de carretes, extremidades y codos de fierro fundido	230
Ilustración 5.43 Carrete, extremidad y codo	230
Ilustración 5.44 Juntas tipo Dresser y Gibault	231
Ilustración 5.45 Ejemplo de rejillas	232
Ilustración 5.46 Rejilla con separadores de tubo y perno	232
Ilustración 5.47 Ejemplo de múltiples y bridas	233
Ilustración 5.48 Múltiple y bridas para estación	233
Ilustración 6.1 Ejemplo de grúa viajera manual	240
Ilustración 6.2 Esquema de grúa viajera manual	241

Ilustración 6.3 Ejemplo de grúa viajera eléctrica	244
Ilustración 7.1 Funciones de mantenimiento	250
Ilustración 7.2 Modelo de mantenimiento	254
Ilustración 7.3 Etapas en el proceso de mantenimiento	255
Ilustración 7.4 Orden de mantenimiento	258
Ilustración 7.5 Reporte de inspección diaria	259
Ilustración 7.6 Ejemplo de software de mantenimiento	260
Ilustración 7.7 Ejemplo de metodología de PDCA	262

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Pruebas a transformadores de distribución tipo poste, tipo subestación, transformadores de distribución tipo pedestal hasta 2 500 kVa	43
Tabla 2.2 Pruebas a transformadores tipo seco	44
Tabla 2.3 Inspección y pruebas para subestaciones tipo compacta	44
Tabla 2.4 Resistencia mínima de aislamiento en aceite a 20°C	44
Tabla 2.5 Valores IR de transformadores tipo seco	45
Tabla 2.6 Selección de tensión de prueba	45
Tabla 2.7 Tiempo al cual se debe realizar la medición de la resistencia	45
Tabla 2.8 Selección de la tensión de prueba de c.d según la tensión de la sección del equipo bajo prueba	45
Tabla 2.9 Índice de polarización	45
Tabla 2.10 Clasificación de aislamiento de motores	46
Tabla 2.11 Clasificación de temperatura para devanados de motores	46
Tabla 2.12 Valores límites para la protección del motor	46
Tabla 3.1 Formato para la inspección del equipo	66
Tabla 3.2 Descripción general de inspecciones de válvulas y accesorios en estaciones de bombeo	67
Tabla 3.3 Vigilancia de las bombas (supervisión continua)	69
Tabla 3.4 Resumen de seguimiento y medición de equipos (monitoreo intermitente)	70
Tabla 3.5 Prueba de grados de aceptación de bombas y tolerancia correspondientes	73
Tabla 3.6 Grados de aceptación por defecto	73
Tabla 4.1 Mantenimiento para subestaciones tipo compacta	81
Tabla 4.2 Selección de tensión de prueba	81
Tabla 4.3 Registro de mantenimiento de subestaciones	81
Tabla 4.4 Control de mantenimiento de subestaciones	82
Tabla 4.5 Programa de engrase para motores	112
Tabla 4.6 Sugerencias para eliminar daños en motores	113
Tabla 4.7 Valores límites para la protección del motor	114
Tabla 4.8 Control de mantenimiento de motores	114
Tabla 4.9 Plan de mantenimiento para motores horizontales	115
Tabla 4.10 Programa de mantenimiento.	116
Tabla 4.11 Tabla de inspección periódica	116
Tabla 4.12 Programa de mantenimiento para motor sumergible (desinstalado y desconectado)	116
Tabla 4.13 Sugerencia de corrección de daños	117
Tabla 4.14 Sugerencias para eliminar daños en motores	118
Tabla 4.15 Causas de falla en reductores de engranes	119
Tabla 4.16 Programa de engrase para motores	119

Tabla 4.17 Sugerencias para eliminar daños en motores	120
Tabla 4.18 Mantenimiento de plantas de emergencia	142
Tabla 4.19 Reporte de inspección para la planta auxiliar	143
Tabla 5.1 Registro de mantenimiento	156
Tabla 5.2 Formato para la inspección del equipo	157
Tabla 5.3 Registro de mantenimiento válvula de no retorno	157
Tabla 5.4 Registro de mantenimiento de válvula de admisión y expulsión de aire	158
Tabla 5.5 Registros de mantenimiento de válvula de alivio	158
Tabla 5.6 Registro de inspección de bombas	191
Tabla 5.7 Síntomas de causas de fallas en bomba centrífuga de carcasa bipartida	192
Tabla 5.8 Posibles causas de fallas en bomba centrífuga de carcasa bipartida	192
Tabla 5.9 Claro diametral para bombas centrífugas de carcasa bipartida	193
Tabla 5.10 Registro de piezas a reparar de bombas	194
Tabla 5.11 Registro de inspección de bombas centrífugas de carcasa bipartida	194
Tabla 5.12 Registro de inspección de bombas centrífugas verticales tipo bote o barril	195
Tabla 5.13 Registro de mantenimiento de piezas de bombas centrífugas verticales tipo propela o flujo axial	195
Tabla 5.14 Registro de inspección de bombas	196
Tabla 5.15 Registro 1 de inspección de bombas reciprocantes de potencia tipo pistón	196
Tabla 5.16 Cuadro para encontrar causas que originan fallas de una bomba reciprocantes de potencia tipo pistón	196
Tabla 5.17 Registro 2 de mantenimiento de bombas reciprocantes de potencia tipo pistón	197
Tabla 5.18 Registro de mantenimiento de bombas tipo ariete	197
Tabla 5.19 Registro de inspección de bombas rotatorias tipo tornillo	218
Tabla 5.20 Cuadro para encontrar causas que originan fallas en bombas rotatorias tipo tornillo	218
Tabla 5.21 Registro de mantenimiento a piezas de bombas rotatorias tipo tornillo	219
Tabla 5.22 Registro de inspección de bombas centrífugas verticales inatascables de cárcamo seco	219
Tabla 5.23 Registro de mantenimiento a piezas de bombas centrífugas verticales inatascables de cárcamo seco	220
Tabla 5.24 Cuadro para encontrar causas que originan fallas en bomba centrífuga vertical inatascable de cárcamo húmedo	220
Tabla 5.25 Posibles causas de falla de bomba centrífuga vertical inatascable de cárcamo húmedo	220
Tabla 5.26 Registro de inspección de bomba centrífuga vertical inatascable de cárcamo húmedo	222
Tabla 5.27 Registro de inspección de bombas sumergibles para aguas residuales	222
Tabla 5.28 Registro de inspección cada 10 días de bombas sumergibles para aguas residuales	222
Tabla 5.29 Causas que originan fallas en bombas sumergibles para aguas residuales	223
Tabla 5.30 Posibles causas de falla y acciones correctivas de bombas sumergibles para aguas residuales	223
Tabla 5.31 Registro de mantenimiento	234
Tabla 5.32 Registro de Inspección del equipo	235
Tabla 5.33 Registro de mantenimiento	235

Tabla 5.34 Registro de inspección del equipo	236
Tabla 5.35 Registro Mantenimiento	236
Tabla 5.36 Registro de inspección del equipo	236
Tabla 5.37 Registro de mantenimiento	237
Tabla 5.38 Registro de inspección del equipo	237
Tabla 5.39 Registro de mantenimiento	238
Tabla 5.40 Registro de inspección del equipo	238
Tabla 6.1 Registro de mantenimiento de grúas	245
Tabla 6.2 Registro de inspección del equipo	246
Tabla 6.3 Registro de mantenimiento a equipos.	246
Tabla 6.4 Recomendaciones para inspección y mantenimiento de polipastos	247
Tabla 6.5 Registro de inspección del equipo	248

# ÍNDICE ALFABÉTICO

- Alumbrado de emergencia 131
- Bancos de baterías 140
- Bombas 53
- Bombas centrífugas horizontales de carcasa bipartida 159
- Bombas centrífugas verticales inatascables de cárcamo húmedo 211
- Bombas centrífugas verticales inatascables de cárcamo seco 203
- Bombas centrífugas verticales tipo bote o barril 181
- Bombas centrífugas verticales tipo flujo mixto 178
- Bombas centrífugas verticales tipo propela o flujo axial 184
- Bombas centrífugas verticales tipo sumergibles 176
- Bombas centrífugas verticales tipo turbina 169
- Bombas reciprocantes de potencia tipo pistón 186
- Bombas rotatorias tipo tornillo 198
- Bombas sumergibles para aguas residuales 213
- Bombas tipo ariete 189
- Boquillas de porcelana 13
- Botoneras Exteriores 133
- Cables 25
- Cargadores del banco de baterías 141
- Carretes, extremidades y codos de fierro fundido 229
- Centro de control de motores 23
- Compuertas deslizantes 224
- Compuertas deslizantes tipo radial 227
- Cuchillas seccionadoras 12
- Gestión del mantenimiento 249
- Gestión estratégica de la función mantenimiento 252
- Grúa viajera eléctrica 242
- Grúa viajera manual 239
- Instrumentos de gestión 1
- Interruptores 22
- Interruptores de nivel 132
- Juntas tipo Gibault y tipo Dresser 230
- Luminarias de poste 127
- Luminarias fluorescentes 128
- Luminarias suburbanas 128
- Luminarias tipo arbotante 129
- Luminarias tipo Industrial 130
- Luminarias tipo reflector 129
- Mantenimiento correctivo 249
- Mantenimiento de canalizaciones 121
- Mantenimiento de Equipo mecánico 145
- Mantenimiento de equipos eléctricos 75
- Mantenimiento de grúas 239
- Mantenimiento de sistemas de tierra 125
- Mantenimiento predictivo 251
- Motores horizontales: interiores y exteriores 107
- Motores para tratamiento de Aguas residuales acoplados a reductores de engranes o cadena de transmisión 110
- Motores sumergibles 108
- Motores verticales: interiores y exteriores 101
- Motores y generadores 29
- Múltiples y bridas 231
- Plantas generadoras con motor de combustión interna de diésel 134
- Plantas generadoras con motor de combustión interna de gasolina 139
- Pruebas en bancos de baterías 41
- Pruebas en cargador de baterías 42
- Pruebas en equipos auxiliares 40
- Pruebas y puesta en servicio de equipo eléctrico 3

Pruebas y puesta en servicio de equipo mecánico 47

Rejillas 231

Relés 22

Sistema de tierras 38

Subestaciones compactas 75

Subestaciones tipo poste y tipo pedestal 79

Tableros 18

Tableros blindados 90

Tableros de distribución y alumbrado 98

Transformadores tipo pedestal monofásicos, trifásicos, poste, subestación, de distribución, potencia y tipo seco 3

Trasformador de instrumentos 14

Tuberías 48

Válvulas 49

Válvulas de admisión y expulsión de aire 152

Válvulas de alivio 153

Válvulas de compuerta 145

Válvulas de mariposa 148

Válvulas de no retorno 150



