



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA



...: Mecánica e Industrial

# CURSOS ABIERTOS

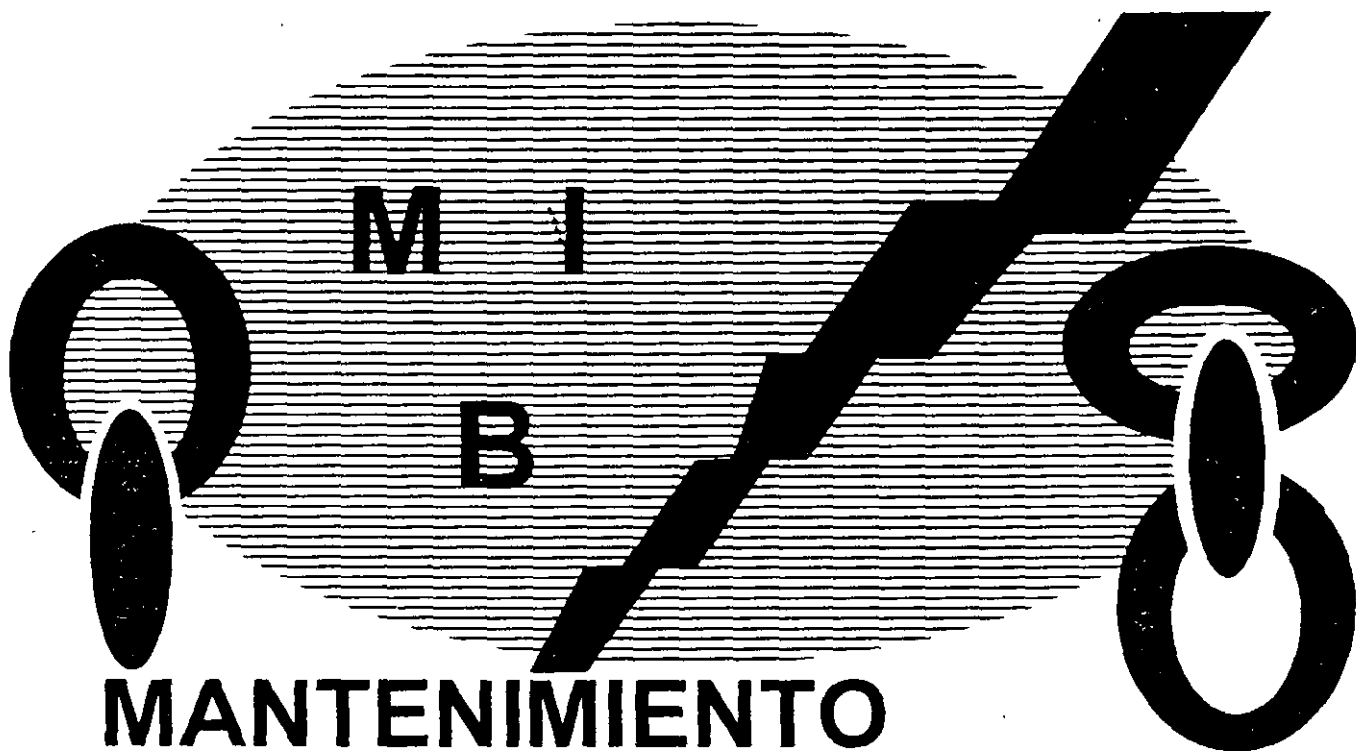
## DIPLOMADO EN ADMINISTRACIÓN DEL MANTENIMIENTO

### **CA-363 MANTENIMIENTO A INSTALACIONES BÁSICAS**

#### **TEMA**

#### **MANTENIMIENTO A INSTALACIONES BÁSICAS**

**EXPOSITOR: ING. JORGE ÍÑIGUEZ MERAZ**  
**DEL 25 AL 29 DE JULIO DE 2005**  
**PALACIO DE MINERÍA**



**MANTENIMIENTO**

**A  
INSTALACIONES  
BÁSICAS.**

Serie AE  
Libro ROJO

JESÚS A.  
ÁVILA ESPINOSA

1<sup>Edición</sup>  
20 de abril del 2002.

**Registro # 0012-440605**

Edición	Año		
1ª	1984		
2ª	1985		
3ª	1986		
4ª	1988		
5ª	1990		
6ª	1991		
7ª	1993		
8ª	1995		
9ª	1998		
10ª	2000	(Pemex / DEC) Curso a distancia	100
11ª	2000	SEDENA	
12ª	2002	Inst. Tecnológico de Puebla	200

**DERECHOS RESERVADOS:**

Esta publicación no debe ser reproducida en forma alguna por medios gráficos mecánicos o electrónicos o cualquier tipo de grabación, almacenamiento y recuperación de datos, con fines comerciales, promocionales o publicitarios sin permiso previo del autor

## MI - 01

**PRESENTACIÓN DEL LIBRO.**

Este libro de **Mantenimiento a Instalaciones Básicas**, ya en su décima segunda edición en el 19º aniversario de la fundación de SOMMAC, tiene como objetivo presentar en forma resumida y de fácil comprensión los conceptos sobre los cuales se desarrolla esta actividad.

Este libro, se ha utilizado en el Diplomado a distancia para Pemex para Ciudad del Carmen y Dos Bocas, así como en el Centro de Estudios del Ejército y la Fuerza Aérea de la SDN,

Se sugiere complementar con los libros de "Mantenimiento a Instalaciones Especiales" (Libro Guinda), "Instalaciones Electromecánicas" (Libro Azul) y en general los de Mantenimiento de SOMMAC (serie AE).

Desde 1983 inicié los cursos de Mantenimiento, con la participación de la Sociedad Mexicana de Mantenimiento, A.C. (SOMMAC), que se han impartido en la División de Educación Continua de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Este libro comprende algunos de los temas que se han incluido en el curso de "Mantenimiento a Instalaciones", en los Diplomados en Administración del Mantenimiento y Gestión del Mantenimiento.

Las instalaciones electromecánicas (IEM) suministran los medios para el funcionamiento de las máquinas, procesos y operación de las empresas, brindando los servicios al hombre para una estancia cómoda y confortable en todas sus actividades, que por su característica dinámica y función de servicio demandan un Mantenimiento de calidad y oportunidad, con la participación de personal competente y polifásico. Así esta actividad es fundamental desarrollar en México, para ser más productivos y competitivos como personas, empresas y país.

En este libro se tratan de las IEM Básicas, es decir aquellas que proporcionan los servicios mínimos más comunes en la industria, comercio y en general en la vida diaria:

- Eléctricas.
- Hidráulicas y sanitarias.

Cada tema puede ser presentado en forma más detallada y profunda a través de un tratado específico, sin embargo en este texto se pretende presentarlo en forma accesible, clara, concreta y general que permita una fácil y rápida consulta, para obtener un conocimiento básico general y un auxilio en las tareas del Mantenimiento. Espero sus comentarios, ilustre lector, que permitan mejorar el contenido del presente libro.

Quiero hacer patente mi reconocimiento a los diferentes Especialistas que han colaborado en la realización de este libro, destacando:

Ing. Rubén Ávila Espinosa	Ing. Verónica Ávila Chavero
Ing. Andrés Chávez Sañudo	Ing. Arturo López Arce
Ing. Juan Francisco Lugo Juárez	

En el Instituto Tecnológico de Puebla se inició este año el Diplomado en Gestión del Mantenimiento, gracias al apoyo y entusiasmo del M. en I. Gerardo Lara

La armonía con Gra y la comprensión de Marius, Veros y mi madre para en esta fecha editar este libro.

Jesús A. Ávila Espinosa

## MI - 02

## ÍNDICE

<b>MI</b>		
0.1	Presentación del libro.	01
0.2	Índice	04
0.3	Presentación de temas.	07
<b>MI-1</b>	<b>MANTENIMIENTO A INSTALACIONES. CONCEPTOS</b>	
1.1	Instalaciones en una empresa	1- 01
1.2	Funciones del Mantenimiento	1- 01
1.3	Reglamentación para el Mantenimiento	1- 05
1.4	Personal	1- 06
1.5	Errores de Ingeniería	1- 07
1.6	Mantenimiento rediseña	1- 09
	Pags.	9
<b>BE-1</b>	<b>INSTALACIONES ELÉCTRICAS.</b>	
1 1	Generalidades del mantenimiento eléctrico	1- 01
1 2	Recursos para el mantenimiento	1- 03
1.3	Mantenimiento Eléctrico preventivo.	1- 11
1.4	Tareas de MEP	1- 13
1.5	Pruebas eléctricas	1- 19
1.6	Mecanismos	1- 21
1 7	Entrega	1- 22
	Pags.	22
<b>BE-2</b>	<b>PRUEBAS ELÉCTRICAS.</b>	
2 1	Pruebas de aislamiento	2- 01
2.2	Megger	2- 01
2 3	Factores que afectan el aislamiento	2- 03
2.4	Prueba de resistencia de tierras	2- 07
2.5	Probador de resistencia de contactos "ducter"	2- 09
2 6	Relación de transformación	2- 11
2.7	Factor de potencia de los aislamientos	2- 13
2.8	Tiempo de apertura y cierre de interruptores	2- 19
2 9	Aplicaciones y pruebas	2- 20
	Pags	22
<b>BE-3</b>	<b>EQUIPO ELÉCTRICO.</b>	
3 1	Mantenimiento a subestaciones	3- 01
3.2	Equipo de Seccionamiento	3- 03
3.3	Mantenimiento a los Sistemas de tierras	3- 05
	Pags.	8
<b>BE-4</b>	<b>MANTENIMIENTO A TRANSFORMADORES.</b>	
4.1	Fallas en el aceite	4- 03
4.2	Fallas en el equipo auxiliar	4- 03
4.3	Fallas en los devanados	4- 05
4.4	Consumo excesivo de energía eléctrica	4- 09
	Pags.	9

**BE-5 MANTENIMIENTO A INSTALACIONES ELÉCTRICAS.**

5.1	Balanceo de cargas	5-	01
5.2	Caida de tensión	5-	03
5.3	Protecciones en baja tensión	5-	03
			Pags. 4

**BE-6 MANTENIMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS.**

6.1	Motor bloqueado al arranque	6-	03
6.2	Sobrecalentamiento de las chumaceras	6-	03
6.3	Sobrecalentamiento de las bobinas o devanados	6-	05
6.4	Motor sucio	6-	05
6.5	Motor mojado o húmedo	6-	05
6.6	Consumo excesivo de energía eléctrica	6-	07
6.7	Mantenimiento por Sistema	6-	09
6.8	Motores eléctricos de alta eficiencia	6-	10
			Pags. 10

**BE-7 INSTALACIONES DE ALUMBRADO**

7.1	Objetivos primordiales del alumbrado	7-	03
7.2	Diseño de alumbrado	7-	03
7.3	Cálculo de iluminación	7-	07
7.4	Tipos de lámpara	7-	07
7.5	Coficiente de utilización	7-	11
7.6	Factor de mantenimiento (FM)	7-	11
7.7	Mantenimiento Planeado	7-	11
7.8	Reemplazo en Grupo	7-	13
7.9	Concepto del costo de luz	7-	15
			Pags. 17

**BE-8 EQUIPO ELÉCTRICO CONTAMINADO CON BPC**

8.1	Propiedades	8-	03
8.2	Soluciones para la destrucción	8-	03
8.3	Opciones para la captación	8-	05
8.3	¡El riesgo es muy alto!	8-	05
			Pags. 7

**BH-1 INSTALACIONES HIDRÁULICAS.**

1.1	Flujo de agua	1-	03
1.2	Color en el agua	1-	05
1.3	Temperatura del agua caliente	1-	07
1.4	Sabor y olor	1-	07
1.5	Agua dura o suave	1-	10
1.6	Fugas en las tuberías	1-	12
			Pags. 16

**BH-2 INSTALACIONES SANITARIAS.**

2.1	Malos olores	2-	01
2.2	Operación de Muebles	2-	05
2.3	Fugas	2-	09
2.4	Drenaje municipal	2-	09
2.5	Filtraciones	2-	11
2.6	Mantenimiento	2-	15
			Pags. 16

**BH-3 MANTENIMIENTO DE BOMBAS.**

3.1	Bomba sin suministrar agua	3-	01
3.2	Rendimiento menor de la bomba	3-	01
3.3	Mayor gasto de bombeo	3-	03
3.4	Retardo en el bombeo	3-	03
3.5	Presión insuficiente	3-	05
3.6	Fugas en el prensaestopas	3-	05
3.7	Consumo excesivo de energía	3-	07
3.8	Bombeo irregular	3-	07
3.9	Montaje y alineamiento	3-	07
3.10	Juntas de expansión	3-	09
3.11	Golpe de ariete	3-	11
3.12	Alta temperatura	3-	12
3.13	Operación	3-	12

Pags. 12

**BH-4 MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS. PRONTUARIO**

4.1	Instalación	4-	01
4.2	Operación	4-	01
4.3	Mantenimiento	4-	03

Pags. 3

**BH-5 PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO**

5.1	Introducción	5-	01
5.2	Definición del fuego	5-	03
5.3	Extintores portátiles	5-	05
5.4	Fuentes de suministro de agua	5-	07
5.5	Sistemas de hidrantes	5-	11
5.6	Sistemas de rociadores	5-	13
5.7	Sistemas de detección, actuación y de alarma	5-	24
5.8	Sistemas especiales	5-	24
5.9	Salidas de emergencia	5-	30
5.10	Formación de brigadas	5-	31
5.11	Metales combustibles	5-	31
5.11	Simulacro	5-	33

Pags 36

**Z2 \* BIBLIOGRAFÍA.**

Z.1	Ahorro de energía	Serie AE / SOMMAC
Z.2	Mantenimiento	Serie AE / SOMMAC
Z.3	Ingeniería	Serie AE / SOMMAC
Z.4	Instalaciones	Serie AE / SOMMAC
Z.5	Calidad	
Z.6	Fuera de serie	
Z.7	Manuales	
Z.8	Textos de referencia	
Z.9	Referencias para Mantenimiento	
Z.10	Instituciones de referencia	
Z.11	Normas	
Z.12	Instituciones Internacionales	
Z.13	Reglamentos	
Z.14	Sociedades Mexicanas de Consulta	

\* Representa el 2 el año de actualización (2001) de la Bibliografía Pags 16

## MI - 03

**PRESENTACIÓN DE TEMAS.**

Se ha tratado de aplicar en este libro, en lo posible, la nomenclatura más usual en el Mantenimiento en México, cuando ésta se considera adecuada, clara y precisa. En otras ocasiones se han adaptado algunos términos para las condiciones de la actividad del Mantenimiento, así como se han adoptado palabras de otras disciplinas. Cuando ha sido necesario, incluso se ha inventado algún término para expresar una actividad, función y/o condición que se presenta en el Mantenimiento. De esta forma se pretende obtener una terminología común, simple, actual y dinámica en el área del Mantenimiento, que se irá enriqueciendo en términos y concretando en su interpretación.

SOMMAC en su Diccionario de Términos Técnicos (Libro Plata) irá incorporando los conceptos que representan las palabras y expresiones más usuales.

Los capítulos se identifican con letra (concepto) "B" (Instalaciones Básicas), la especialidad (E eléctrica y H hidráulica) y un número progresivo que indica el capítulo (consultar índice).

En este libro se han preparado tablas que permiten una fácil búsqueda e identificación de algún concepto, tratando de eliminar al máximo posible los textos innecesarios (paja).

Las tablas y las figuras se han colocado en general en las páginas pares, para simplificar su estudio e independizarlo del texto, facilitando su consulta.

Los listados, tanto en el texto como en las tablas, se efectuaron en forma alfabética, salvo aquellos casos en los cuales era necesario definir un orden, por las características del tema tratado. Los números de las tablas y figuras son progresivos por capítulo.

Considerando que debe limitarse la extensión del texto, se profundizó en los temas hasta el nivel que se estimó permite su claro entendimiento, como se ha constatado a través de cursos nacionales en la UNAM (desde 1983), Ejército y Fuerza Aérea Mexicana, Comisión Federal de Electricidad, PEMEX, Instituto Mexicano del Petróleo, Coca Cola, Metro y Comisión de Fomento Minero, bancos (Banamex y Bancomer) y otras instituciones y empresas, así como a nivel internacional en los cursos sobre Administración del Mantenimiento en Aeropuertos para la Organización Aeronáutica Civil Internacional, OACI (ONU) y pláticas en Honduras.

Se han ampliado los temas sobre Mantenimiento y han desarrollado otros temas relacionados con éste, por lo cual se han preparado otros libros que se enlistan en la bibliografía, como serie AE.



## Capítulo MI - 1

## MANTENIMIENTO A INSTALACIONES. CONCEPTOS

### 1.1 INSTALACIONES EN UNA EMPRESA.

Las "instalaciones" dentro de los bienes físicos de la Empresa (bifs) son elementos **dinámicos** y el medio para proporcionar los servicios (consultar el Libro Gris).

Por lo tanto, el Mantenimiento a las Instalaciones (MI) reviste primordial importancia para el cumplimiento de los objetivos de la Empresa.

Por su característica dinámica demanda atención continua de mantenimiento y como medio requiere de operar en forma económica (fiable, eficiente y segura FES).

### 1.2 FUNCIONES DEL MANTENIMIENTO.

Por medio de los conceptos conocidos en México sobre Mantenimiento Preventivo, desde la década de los 60 (Consejo Nacional de la Productividad) y la propuesta de aplicación para los puertos mexicanos (trabajo que realice en 1973 para el Banco Mundial), en el que planteo el **Mantenimiento Total (MT)** ahora conocido como **TPM**.

Sin embargo, desafortunadamente no se realizó una aplicación eficaz del MT por carecer de planeación con sus fundamentos de las CCC (Contundencia, continuidad y consistencia)

Con los conceptos de Productividad, nuevamente esgrimido (30 años después), Planeación Estratégica (PE), Calidad Total (TQ) y el TPM (Total Productive Maintenance) en el Japón) el **MT** es la opción obligada para operar "económicamente" (LCC- life cycle cost) como lo he planteado en SOMMAC desde 1983 .

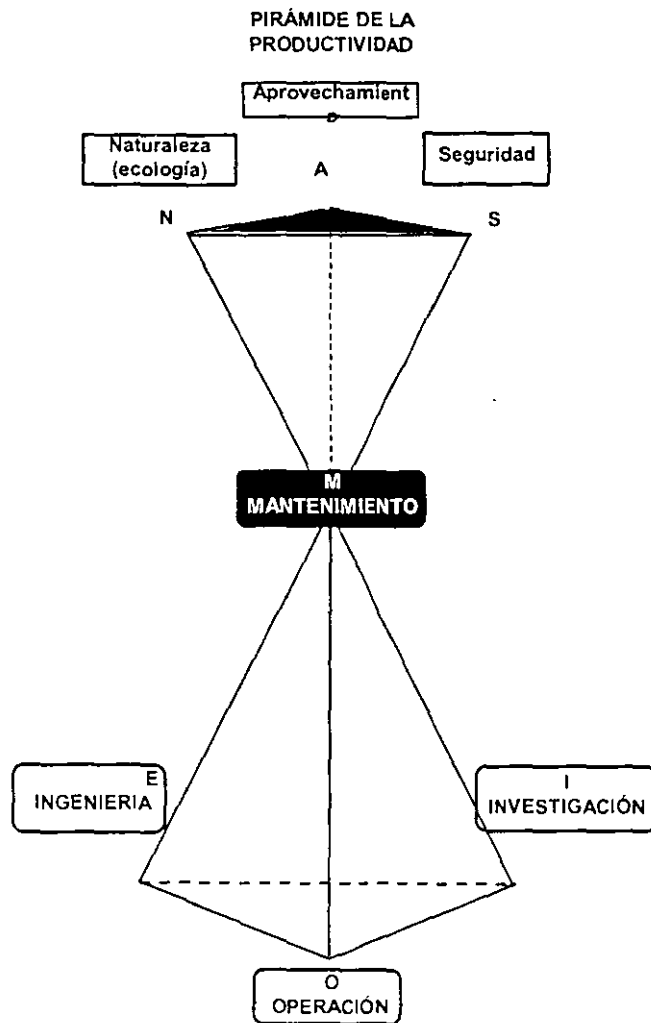
Mantenimiento, área que en México, es la indicada para tomar la responsabilidad de controlar parámetros que han cobrado máxima importancia a nivel mundial y que relacionan en la Tabla MI 1.1.

En los países desarrollados esto son áreas de responsabilidad de departamentos independientes. Estas actividades en México son funciones del Mantenimiento el cual debe ser reconocido por la Dirección de la empresa, retabulado (remuneración justa a la importancia y valor de los bifs bajo elucidado de mantenimiento) y armado (integrado por cuadro de profesionistas capaces).

Tabla MI 1.1

**DISCIPLINAS FUNDAMENTALES**

- Seguridad	Personal Bifs		<b>S</b>
- Ahorro de	Agua Energía		<b>A</b>
- Naturaleza	Mejoramiento del ambiente o Control de la contaminación		<b>N</b>
- Basura	Disposición de desechos	Sólidos — Líquidos Gaseosos	<b>B</b>



Por lo tanto, es necesario conocer el diseño (consultar el libro azul), la operación y mantenimiento de las operaciones.

### **1.2.1 Seguridad**

**S**

El concepto de seguridad de la empresa y sus bienes, es responsabilidad del Mantenimiento excluyendo posiblemente las funciones policiales.

Esta responsabilidad es lógicamente asignada a Mantenimiento por el conocimiento de los bif, se estado, riesgo que representan y procedimientos para la operación normal y fundamentalmente en condiciones de emergencia.

Con el desarrollo tecnológico se tiene Sistemas Inteligentes (SI) que cubren esta acción, como es el caso de los edificios inteligentes y baños inteligentes ( Consultar el libro Indigo) bajo la responsabilidad de Mantenimiento.

### **1.2.2 Ahorro**

**A**

Agua. Este recurso, escaso en México, es necesario cuidarlo evitando dispendio y procurando su máximo aprovechamiento. Por lo tanto, el uso racional además de ser una actividad productiva es HES y debido a la necesidad del bombeo y su tratamiento implica también un ahorro de energía.

Energía. La necesidad de ahorro de energéticos y ser competitivos, obliga a las empresas a revisar su mantenimiento, como primera y básica área para conseguir sus objetivos.

Mantenimiento se deberá enfocar básicamente a las áreas de :

- Electricidad
- Térmica.

### **1.2.3 Naturaleza**

**N**

El mejoramiento del ambiente y control de la contaminación es una obligación humanitaria, ética y de supervivencia (HES), indispensable en algunas zonas como es la ciudad de México , para aliviar su situación crítica. Por lo tanto, obliga a las empresas a prestar atención particular a la operación deficiente de los equipos y sus instalaciones ya que estas condiciones necesariamente traen aparejada un proceso inadecuado que representa en la inmensa mayoría de los casos "contaminación".

Es imprescindible cubrir la función del control de la contaminación en las empresas para el bienestar de los propios trabajadores y de la población en general.

Tabla MI 1.2

## PROCEDIMIENTOS LEGALES PARA EL MANTENIMIENTO

<b>Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.</b>
<p><b>Art. 282, Título VIII: Obligación del Mantenimiento</b>            Los propietarios de edificaciones y predios tienen obligación de conservarlas en buenas condiciones de estabilidad, servicio, aspecto e higiene, evitar que se conviertan en molestia o peligro para las personas o los bienes, repara y corregir los desperfectos, fugas y consumos excesivos de las instalaciones.</p>
<p><b>Art.- 283 Título VIII: Bitácora.</b>            Los propietario de las edificaciones deberán conservar y exhibir, cuando sea requerido por las autoridades los planos y memorias de diseño actualizados y el libro de bitácora que avalen la seguridad estructural de la edificación de su proyecto original y en sus posibles modificaciones.</p>
<p><b>Art. 43. Manuales.</b>            Son obligaciones del Director Responsable.            VIII.- Elaborar y entregar al propietario de la obra al término de esta los manuales de operación y mantenimiento...</p>
<p><b>Art. 284 Título VIII: Manuales</b>            Las edificaciones que requieran licencia de uso del suelo o dictaminen aprobatorio ( Art. 53) requerirán de manuales de operación y mantenimiento.</p>
<p><b>Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEMP-1994) relativa a las Instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica:</b></p>
<p><b>Art. 100:</b></p>
<p>Personal autorizado. Es aquella persona idónea que cuenta con facultades especiales para intervenir en la operación y mantenimiento para una determinada instalación eléctrica *.</p>
<p>Persona idónea o calificada. Aquella familiarizada con la construcción y manejo del bif, así como con los riesgos existentes.</p>
<p><b>Artículo 110. Requisitos para instalaciones eléctricas</b></p>
<p><b>Art. 102.12.d (NTIE)</b></p>
<p>Toda instalación eléctrica debe ejecutarse de acuerdo con un plano previamente elaborado; además, cualquier modificación a la instalación debe anotarse en el mismo o en un nuevo plano. El plano actualizado debe conservarse en poder del propietario del inmueble para fines de <b>mantenimiento</b>.</p>

#### 1.2.4 Disposición de desechos

**B**

El control de la contaminación implica la adecuada disposición de los desechos de la Empresa y su basura (B), pero que por su importancia debe dársele atención particular y profesional.

Mantenimiento conoce de los "Insumos servidos".

- Materiales de desecho
- Servicios (agua servidas, lubricantes quemado, retrolavados)
- Desperdicios del mantenimiento (partes de cambio y recambio, elementos obsoletos, usados { producto de reparaciones y término de vida útil}, empaques, basura).

De todos estos desechos mantenimiento debe definir su disposición a:

- Basurero municipal
- Reciclaje interno
- Adecuación para:
  - . Retiro(basura)
  - . Almacenamiento temporal.
- Confinamiento controlado

### 1.3 REGLAMENTACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO.

Es imprescindible que el mantenimiento estudie y comprenda las normas, reglamentos y disposiciones oficiales a que están sujetos los bif. Con la política de adecuar la normatividad para obtener compatibilidad con la de los otros países del Tratado de Libre Comercio.

Se tiene en proceso (1998), esta adecuación en la que se multiplican los trámites y no se erradica la corrupción, así se tendrá la necesidad de sujetar a verificaciones prácticamente todas las instalaciones de la empresa complicando su operación.

Se presentan en la tabla MI 1.2 algunas consideraciones del Reglamento de Construcciones del DDF vigente, pero que no se aplican, pero que son un buen elemento de referencia.

El concepto que debe ser la base de todas las disposiciones oficiales, es:

**El propietario es responsable de su empresa.**

## **1.4 PERSONAL**

Debido a las presiones de tiempo, efectividad y economía es necesario que la Alta Dirección de la Empresa, valúe el Mantenimiento, asignándole recursos económicos, técnicos y humanos para darle inmediata atención a las funciones indicadas (SAN), en adición a las del mantenimiento.

Cualquier acción positiva en estas actividades será productiva por las economías que sus resultados traen aparejadas de inmediato.

### **1.4.1 Directivos de mantenimiento.**

Los recursos humanos requeridos para ese Mantenimiento Productivo, contemplan la incorporación de Directivos Profesionales, Experimentados, capaces de efectuar una actividad multidisciplinaria de continuos avances tecnológicos y presiones como son las disciplinas del Mantenimiento y estas otras (SAN).

Estos directivos deben ser "Ingenieros" de mantenimiento (de aplicación práctica) con formación empresarial (Administración) y de sistemas, quienes evidentemente se apoyarán en los actuales encargados del Mantenimiento (maistros); estos efectúan adecuadamente las "tareas" primarias y puntuales, pero no tienen los conocimientos requeridos de alto directivo que demanda el moderno Mantenimiento.

### **1.4.2 Asesores**

Por las características anteriormente indicadas es necesario de que la empresa esté consiente de la conveniencia de contar con Asesores en Mantenimiento en diferentes disciplinas que le permitan aprovechar las experiencias obtenidas en el ejercicio de aplicación de métodos y procesos.

En particular es fundamental la participación de asesores en las funciones indicadas (SAN).

### **1.4.3 Consultores**

El apoyo de empresas de consultoría, adecuadamente seleccionadas, permite capitalizar las experiencias de resultados en otra obras, los avances tecnológicos y las características reales (sus ventajas, limitantes y desventajas) de los productos disponibles en el mercado.

## 1.5 ERRORES DE INGENIERÍA

Desafortunadamente es frecuente encontrar en las obras de operación elementos de baja eficiencia y alta probabilidad de contaminación, consecuencia de un error y "horror" de la ingeniería.

Estos errores obtenidos de proyectos realizados, como resultado de aplicación de la "moda", corrupción, incapacidad o simplemente superficialidad.

Estos errores deben ser "limpiados" a través del Mantenimiento en su desarrollo.

A continuación se enuncian algunos errores:

### 1.5.1 Eliminar el askarel

Es obligación de Mantenimiento retirar del servicio todos aquellos equipos eléctricos ( transformadores, interruptores ), que contengan como dieléctrico el ASKAREL, por el alto riesgo que representa el medio ambiente por contaminación de los gases, producto de su quemado, fugas y evaporación en general.

Este dieléctrico es altamente venenoso, no biodegradable que debe ser retirado y que adicionalmente obliga a confinamiento controlado, que representa pago de renta (\$ 1000 / mes transformador de 1 000 kVA en el año de 1991).

### 1.5.2 Uso de fluxómetros

La necesidad de ahorro de agua, obliga al cambio de muebles sanitarios por aquellos que tengan una descarga de 6 litros / servicio.

He planteado en innumerables ocasiones los inconvenientes del empleo de estos elementos por su demanda de agua, alta inversión, difícil y costoso mantenimiento ruido e insalubridad, prácticamente tendrán que subsistir por muebles con tanque de capacidad de 6 litros, por requerimiento oficial. Este último caso tiene el grave inconveniente de un mal diseño, ya que es necesario efectuar dos descargas en lugar de una para obtener su limpieza, invalidando su objetivo.

### 1.5.3 Tanques hidroneumáticos.

El ahorro de energía y la necesidad de mantener el agua limpia y no contaminarla con la atmósfera obligará a la substitución de estos elementos por el uso de tanques elevados.

Para casos muy particulares se justificará el uso de los hidroneumáticos.

Los tanques hidroneumáticos tienen las siguientes desventajas:

- No es registrable el tanque
- No es posible limpiarlo
- Alto riesgo de explosión.
- Control complicado.
- Mantenimiento difícil.
- Ubicación en áreas de alto costo.

#### **1.5.4 Superpostes de alumbrado.**

La instalación de superpostes (Alturas de 30 m o más) representa una baja inversión, baja eficiencia (el nivel de iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la altura), y la dificultad del mantenimiento hace este tipo de alumbrado absurdo.

El mecanismo de izaje resulta peligroso y de baja fiabilidad por su poco uso.

#### **1.5.5 Sistemas automáticos.**

Con los avances tecnológicos es frecuente abusar de los sistemas automáticos que para operaciones simples no se justifican.

Los sistemas automáticos requieren de mayor respaldo (refacciones, servicio) y mantenimiento. Su uso cuando nuevos, son cómodos y atractivos.

Cuando viejos los sistemas automáticos generalmente son de baja fiabilidad, que origina su desmantelamiento para operarlos en forma manual.

Los sistemas inteligentes (por ejemplo, edificios) pueden ser aplicados siempre y cuando se cuente con:

- Proyecto inteligente.  
Es fundamental que sea realizado por ingenieros, con amplios conocimientos en instalaciones.
- Operación inteligente
- Mantenimiento inteligente.



## 1.6 MANTENIMIENTO REDISEÑA.

El inadecuado comportamiento de un bif, fallas frecuentes, baja fiabilidad, obliga a revisar su remplazo o substitución.

La necesidad de efectuar ampliaciones de la empresa representa una posibilidad que debe aprovecharse, de realizar las adecuaciones que se han detectado vía operación y el mantenimiento.

A estas condiciones debe agregarse que Mantenimiento conoce los bif de la empresa y su comportamiento (fallas, rendimientos, respaldo), que determinan la demanda real de éstos a satisfacer vía su modificación (Mantenimiento de mejora) y rediseño.

En México siempre se ha venido realizando la tarea de modificación, pero sin "trascender". En el Japón actualmente se le da primordial atención a esta tarea, que es objetivo de los círculos de mantenimiento (CIM).

En el mantenimiento e instalaciones debe rediseñarse, capitalizando las experiencias que se han obtenido a través del mantenimiento.

## Capítulo BE 1

**INSTALACIONES ELÉCTRICAS.****1.1 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.**

Las Instalaciones Eléctricas deben ser proyectadas por ingenieros competentes, operadas correctamente por personal capacitado y contar con Sistemas en la Empresa que determinen las secuencias, procedimientos y precauciones de su funcionamiento, con el respaldo indispensable de un Mantenimiento Eléctrico Preventivo (MEP).

El mantenimiento inadecuado de las Instalaciones Eléctricas de una Empresa es la principal causa de incendios como lo identificó la Asociación Nacional de Protección contra Incendio de los Estados Unidos (National Fire Protection Association), además de reducir la fiabilidad y vida de los bifs, ocasionando fallas que provocan interrupciones en el suministro de energía eléctrica, cuando operan los elementos de protección e incluso siniestros cuando éstos también fallan.

Estas interrupciones, no programadas, son causa de pérdidas costosas para la Empresa por las consecuencias que se listan en la tabla BE 1.1:

La trascendencia de las fallas eléctricas generó la necesidad para la NFPA de elaborar y publicar el National Electrical Code, documento que fue fusilado para la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994 (Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica), anteriormente Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas (NTIE).

El grave inconveniente de la NOM es que en México su aplicación es obligatoria (en ocasiones absurdamente), mientras que en los Estados Unidos el NEC son recomendaciones que se justifican aplicar en función de la relación beneficio costo de la inversión adicional en instalaciones más seguras contra el pago de primas de seguros más altas. También se debe cumplir con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal.

Los avances tecnológicos en los Equipos (#), han dado por resultado alta fiabilidad, mayor eficiencia y mejor control y protección. Sin embargo, todos los bienes físicos (bif) tienen un proceso natural de deterioro, incluso sin entrar en operación, que puede ser acelerado por una operación inadecuada y / o condiciones adversas.

\* Este capítulo tuvo como referencia los apuntes y conferencias del Ing. Andrés D. Chávez Sañudo.

# En este texto se empleará indistintamente la palabra bif o Equipo, considerando que éste es eléctrico y comprende fundamentalmente a las subestaciones, motores, canalizaciones, controles y tableros.

Tabla BE 1.1

**PRECIO DE LAS FALLAS ELÉCTRICAS.**

1	Paro de la producción.	
2	Rearranque. Actividades adicionales por:	
2.1	– Limpieza de la falla	Inspección Reparación Pruebas.
2.2	– Limpieza del proceso de operación:	Equipos Material
2.3	– Recuperación del ritmo de operación (armonía).	Calentamiento de maquinaria Sincronización de equipo Reactivación del personal
2.4	– Desperdicio del material en proceso.	
3	Daño adicional a los bifs	
4	Peligro para la seguridad del personal.	
5	Reparaciones más costosas al bif dañado (directamente en la falla y alrededores).	

El Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronic Engineers - IEEE) determinó que el mantenimiento inadecuado de los bifs eléctricos en las plantas industriales es causa significativa de las fallas, aprox. 1/6 parte de ellas (16.5 %). Ver tablas BE 1.2, BE 1.3 y BE 1.4.

La necesidad imperiosa de Ahorro de Energía para incrementar la productividad de la Empresa y ser más competitivos, obliga a revisar su Mantenimiento Eléctrico, como actividad fundamental para conseguir estos objetivos. Adicionalmente demanda que los mantenentes capaciten en la operación de los equipos e instalaciones eléctricas a los usuarios para tratar de evitar las fallas y procurar el uso racional de la energía.

## 1.2 RECURSOS PARA EL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.

El Mantenimiento Eléctrico Preventivo (MEP) requiere para su desarrollo de los recursos (tabla BE 1.6) siguientes:

### 1.2.1 Bitácora.

Debe efectuarse la documentación de las fallas eléctricas en la Empresa, incluyendo en su análisis:

- Determinación de la causa
- Procedimiento de erradicación.

Adicionalmente se deben asentar los riesgos que representan las instalaciones eléctricas inadecuadas como **advertencia a la directiva de la Empresa**, conforme a lo que establece el Reglamento de Construcciones en el DF y las obligaciones de la UVIE (estos requerimientos no se observan)..

### 1.2.2 Equipo de medición y prueba.

En función del tipo, complejidad y tamaño de la Empresa y las características de sus bifs se definirán los equipos eléctricos de medición y prueba requeridos, con los cuales se debe de contar. Se consideran en general los indicados en la tabla BE 1.5, enumerado el orden de prioridad de adquisición.

**¡ Sin equipo de medición y prueba no es posible dar mantenimiento !**

Conviene en ocasiones, por el alto costo de algunos de estos equipos y la baja frecuencia de su uso, la contratación de empresas que cuenten con los equipos y la experiencia necesaria para obtener un adecuado Diagnóstico, que proporcione las bases para la toma de decisiones de:

- . Reemplazo total
- . Reparación
- . Mantenimiento menor.

Tabla BE 1.2

**FALLAS DE EQUIPO ELECTRICO.**

Clave	EQUIPO	Causas (%)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Transformadores	40	2	5	3	15	10	2	3	20
2	Interruptores	20	0	4	3	20	7	5	1	40
3	Arrancadores	20	0	50	0	10	5	0	0	15
4	Motores	15	3	15	1	20	5	0	1	40
5	Generadores	20	2	5	3	20	5	0	5	40
6	Cuchillas desconectadoras	25	0	7	5	15	40	1	0	7
7	Tableros bus aislado	5	0	45	10	35	0	0	0	5
8	Tableros bus desnudo	10	0	5	15	25	0	20	18	7
9	Bus ducto	25	0	15	5	20	0	5	0	30
10	Línea aérea	0	0	3	10	30	2	5	20	30
11	Cable de fuerza	15	0	10	15	10	3	7	5	35
12	Empalme	0	0	0	50	20	0	7	3	20
13	Terminales de cable	0	0	25	30	25	0	0	10	10
	Promedio	15	1	15	12	20	6	4	5	23

**RESPONSABILIDAD DE LA FALLA:**

	ORIGEN	CAUSA	A *	AJUSTE #
1	Fabricante	Componente defectuoso	=	
2	Transportación	Mal manejo	+	Daños frecuentes
3	Ingeniería de Aplicación	Inadecuada	+	Sobrecapacidad instalada
4	Instalación (Pruebas y Puesta en Servicio)	Incorrecta	=	
5	Mantenimiento	Inadecuado	+	
6	Procedimientos de Operación	Inadecuado		Falta de manuales
7	Causa externa al Equipo	Personal		Incompetencia
8	Causa externa al Equipo	Otras		Cambio de funciones
9	Otras causas		-	

Fuente: Comité de Fiabilidad del IEEE en Plantas Industriales.

Nota.

# Los valores fueron ajustados conforme a la experiencia del autor en México, calificados con referencia a los datos de la fuente original.

A \* Incremento +  
 Decremento -  
 Sin variación =

### 1.2.3 Información técnica.

Para el adecuado desarrollo del Mantenimiento se requiere de la información técnica correspondiente, destacando en el MEP la siguiente:

#### – Diagrama unifilar.

Por su integración, simplicidad y fácil interpretación, ésta es la información más importante para el conocimiento y comprensión de la operación de las instalaciones eléctricas, identificando los bifs paralelos, reservas y respaldos, determinando las redundancias del sistema.

#### **No es posible un Mantenimiento adecuado sin el Diagrama Unifilar.**

Todos los elementos del Diagrama Unifilar debieran ser codificados y referenciados a los planos eléctricos, así como identificados con las máquinas accionadas, indicando las cargas, tanto en los planos como en campo.

Los principales elementos que deben considerarse en el Diagrama Unifilar (fig. BE 1.1) son:

- Distribución primaria (alimentadores)
- Elementos de seccionamiento, control y protección.
- Tableros.
- Distribución secundaria (circuitos derivados).

El Diagrama Unifilar debe estar actualizado para brindar seguridad al personal que lo emplea, cuando se hacen las libranzas para mantenimiento, sin causar pérdidas en la producción, daños a otros bifs ó accidentes al personal

#### – Capacidad de carga por circuito y equipo:

- Capacidad instalada I
- Carga máxima esperada M
- Factor de demanda D
- Factor de diversidad d
- Capacidad Disponible, remanente ó reserva R

$$M = I \times D / d$$

$$R = I - M$$

En las Empresas se tienen modificaciones y ampliaciones que representan incrementos de la carga eléctrica en algunos circuitos e incluso en el total de la carga suministrada, sin tomar en cuenta la capacidad y diseño de la instalación existente. Por lo cual,

**Mantenimiento debiera revisar y aprobar cualquier incremento de carga, en función del comportamiento del Sistema Eléctrico, para acotar sí está dentro de los límites de la carga disponible (R).**

Tabla BE 1.3

**MANTENIMIENTO DE EQUIPO ELÉCTRICO.**

#	EQUIPO	Tiempo entre MEP *				PARTE DAÑADA A LA FALLA #										
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Transformadores	34	38	22	5	68	13	3	0	0	3	1	7	1	1	3
2	Interruptores	18	60	5	16	0	2	19	1	11	6	28	1	0	6	26
3	Arrancadores	67	17	16	0	5	0	10	0	16	13	2	0	0	2	52
4	Motores	22	57	19	2	50	0	3	29	3	3	0	0	0	1	11
5	Generadores	58	42	0	0	7	0	0	2	7	10	1	0	0	4	69
6	Cuchillas desconecta	8	5	21	66	0	1	14	0	9	8	1	0	0	30	38
7	Tableros bus aislado	10	35	55	0	0	5	90	0	0	5	0	0	0	0	0
8	Tableros bus desnudo	35	30	13	22	0	8	71	0	0	0	0	0	0	0	21
9	Bus ducto	25	45	10	20	15	10	65	0	0	0	0	0	0	0	10
10	Línea aérea	1	8	81	9	0	1	6	0	0	3	3	0	0	4	84
11	Cable de fuerza	11	13	10	66	5	0	84	3	0	1	1	0	0	1	6
12	Empalme	18	20	2	60	0	0	91	0	0	0	0	0	0	0	9
13	Terminales de cable	12	12	36	40	0	12	75	0	0	0	0	0	0	4	10
	PROMEDIO	25	29	22	24	12	4	41	3	4	4	3	1	0	4	26

PARTE DAÑADA A LA FALLA		
#	Función	Parte
1	AISLAMIENTO	Devanado
2		Boquilla
3		Otras
4	MECANICAS	Cojinetes
5		Otras partes móviles
6		Otras
7	ELECTRICA	Dispositivos auxiliares
8		Dispositivos de Protección
9		Cambiador con carga
10		Cambiador sin carga
11	OTRAS	

TIEMPO ENTRE MANTENIMIENTOS		
Mes		
1	-	12
2	12	a 24
3	+	24
4	Sin MEP	

Fuente: Comité de Fiabilidad del IEEE en Plantas Industriales

Conociendo el área en que se incorporará el incremento de carga, deberán determinarse las modificaciones y mejoras requeridas en ésta, identificadas durante la operación regular y / o el diagnóstico eléctrico.

Así Mantenimiento determinará la capacidad remanente, después del aumento de carga y en aquellos casos en que se tienen valores de sobrecarga (desafortunadamente muy frecuentes), se determinará el riesgo que representaría operar bajo esta condición inadecuada, en caso de subsistir y no incrementar la capacidad.

#### 1.2.4 Ingeniería.

Mantenimiento requiere del apoyo de Ingeniería, incorporada dentro de su plantilla, adicionalmente a la conveniencia de la contratación de una consultoría actualizada. A través de la ingeniería se debe:

- Calificación del elemento.

La falla causada por un componente "malo", implica que todo el bif similar debe ser revisado, modificado y / o reemplazado tan pronto como sea posible. Se dice que es malo por no cumplir con el requerimiento de operación por:

- Mal diseño
- Calidad deficiente
- Selección inadecuada.

- Aplicación incorrecta

La Empresa debe contar con respaldo eficiente y oportuno para el desarrollo del mantenimiento del bif con Ingenieros de campo y mantenedores certificados por:

- Recursos humanos propios (interno)
- Respaldo externo (consultores e instaladores).

Estas dos alternativas no son excluyentes entre sí.

#### 1.2.5 Medidas de seguridad.

Deben estar asentadas en el Manual de Mantenimiento, entre las que destacan:

- Identificación y señalización de las instalaciones eléctricas.
- Capacitación básica al personal de operación sobre el uso de la electricidad y sus equipos en particular.
- Equipo de seguridad para el personal (tabla BE 1.7)
- Mano de obra (parejas). Por su peligrosidad para la integridad humana los trabajos con electricidad se recomiendan realizarlos mediante brigadas de dos trabajadores.
  - Así en caso de accidente a uno de ellos, el otro estará en posibilidad de dar aviso y proceder a iniciar los primeros auxilios, siempre y cuando haya sido capacitado al respecto, particularmente en resucitación cardio pulmonar, para el caso de electrocución.
  - Trabajar solo con electricidad impide verificar las propias tareas y no advertir cualquier acto inseguro que se pudiera cometer.



Tabla BE 1.4

**CAUSAS DE FALLA \***

<b>Tipo</b>	<b>Acción</b>	<b>Participación</b>
Pudieron ser evitados totalmente	Programa MEP Pruebas	25%
Pudieron haberse detectado (caso específico de circuitos de control)	Diagnóstico de Pruebas Inspección	65 %
No era posible determinar previamente que fallarían, sino hasta su ocurrencia	Fallas en bifs durante su operación	10 %

\* Muestra de 10 000 casos de falla estudiados en sistemas de Control y Protección de una compañía eléctrica de EE.UU., hecha por Douglas S. Sheliga (IEEE - Transactions on Industry Applications, septiembre - octubre 1981).

Tabla BE 1.5

**EQUIPOS BÁSICOS DE PRUEBA.**

1	Probador de existencia de tensión (tester)	
2	<b>Multímetro</b>	<b>&amp;</b>
3	<b>Amperímetro de gancho</b>	*
4	Voltímetro	*
5	Ducter	Cables de conexiones <b>&amp;</b>
	Megger	Garrochas falseadoras
	Medidor FP en aislamientos	Ronógrafo
	Probador de rigidez dieléctrica del aceite	Termómetro.
	<b>Omnipotencihorímetro</b>	<b>#</b> TTR

& Indispensable

\* Mínimo recomendable

# Diagnóstico Energético

### 1.2.6 Personal capacitado.

Las Empresas, generalmente no cuentan con personal capacitado para el mantenimiento eléctrico, por ahorros mal entendidos. Los electricistas empleados en las empresas son:

- Trabajadores **"valerosos"**  
(**que se arriesgan a trabajar con electricidad**),  
pero incompetentes en muchos de los casos.
- La auto calificación de los electricistas es:  
**"No le tienen miedo a la electricidad"**
- Un electricista competente debe respetar y manejar con precaución la electricidad.  
Se autocapacitan, "echando a perder".
- Los "supuestos" electricistas **desconocen**:
  - Equipos de prueba adecuados y necesarios para su trabajo.
  - Desconocimiento de la importancia del bif eléctrico.
- Cubren únicamente el tipo de mantenimiento correctivo, con la consecuencia de:
  - Altos riesgos para la Empresa
  - Peligrosidad para el trabajador

Nota:

El tachado indica que deben ser erradicados estos conceptos.

### 1.2.7 Procedimientos (manual de mantenimiento):

En el Sistema de Mantenimiento es necesario establecer con claridad y detallé los procedimientos, secuencias y métodos por aplicar en el desarrollo del MEP, asentado en el Manual de Mantenimiento, destacando en él:

- Acciones preventivas para minimizar las fallas presentadas.  
Generalmente se encontrará que un adecuado y oportuno mantenimiento (MEP) pudo haber evitado la falla. El soporte para este desarrollo es:
  - Bitácora donde se asienta la información básica.
  - Documentación de las fallas
  - Solución via ingeniería.
- Atención a las restricciones legales
- Inspección.
- Inventarios de refacciones requeridas.  
Deben determinarse básicamente los elementos críticos para la operación y / o con tiempos prolongados de suministro (importación, baja demanda, obsolescencia, fuera de producción).

Tabla BE 1.6

**RECURSOS BÁSICOS.**

<b>BITÁCORA:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Documentación de las fallas.</li> <li>- Expedientes (récores) de los bifs, indicando las reparaciones requeridas por éstos a lo largo del tiempo.</li> </ul>
<b>EQUIPO DE MEDICIÓN Y PRUEBA:</b>
Adecuado y suficiente.
<b>INFORMACIÓN TÉCNICA.</b>
<b>Ingeniería:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recursos propios (dentro de la Empresa).</li> <li>- Respaldo de contratistas y consultores especialistas en el ramo.</li> <li>- Corresponsable de obra. Las instalaciones eléctricas deben ser autorizadas por éste (art.44 RCDF).</li> </ul>
<b>Medidas de seguridad:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipo de seguridad. (guantes para alta tensión, mangas o chaquetas protectoras de arco, cascos, barreras para la cara, pértigas).</li> <li>- Cartelones de aviso de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipo peligroso</li> <li>• Uso de procedimientos de cerradura</li> <li>• Aterrizaje del equipo.</li> </ul> </li> <li>- Emplear materiales seguros</li> <li>- Disponer de protecciones eléctricas confiables.</li> </ul>
<b>PERSONAL CAPACITADO:</b>
<p>Lista del personal autorizado (idóneo) para:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cerrar los interruptores (fundamentalmente alimentadores y los principales bifs).</li> <li>- En caso de emergencia, en general, es conveniente abrir los circuitos, lo que puede efectuar cualquier persona).</li> </ul>
<b>PROCEDIMIENTOS (MANUAL DE MANTENIMIENTO):</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Secuencia para librar los circuitos y el equipo.</li> <li>- Lista de verificación (check - list) de campo.</li> <li>- Secuencias de verificación y pruebas.</li> <li>- Inventario de materiales y refacciones (stock).</li> </ul>

### 1.3 MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO (MEP).

El MEP es el conjunto de tareas en el bif tendientes a:

- Minimizar sus efectos
- Reducir su frecuencia
- Tratar de evitar la presencia de fallas
- Mantenimiento para esto debe conocer:
  - . Recursos disponibles Tabla BE 1.7
  - . Requerimientos legales Tabla BE 1.8
  - . Información técnica suficiente Tabla BE 1.9
- Criterios para establecer los factores que definen la frecuencia del MEP para su realización Tabla BE 1.9
- Soporte para desarrollar las tareas Tabla BE 1.10

Por lo tanto, en el MEP el bif eléctrico se debe:

- Jerarquizar  
Elementos clave a establecer dentro del Programa de Mantenimiento..
- Frecuencia del mantenimiento.

Como resultado de estos dos conceptos se debe establecer:

- Calendario de trabajos
- Materiales y refacciones requeridas
- Herramental necesario
- Personal:
  - . Número
  - . Calificación.
- Afectaciones al proceso productivo (tiempo de interrupción).
- Pruebas eléctricas de campo.

En el bif eléctrico es muy importante su inspección programada. El costo de la inspección, pruebas y mantenimiento, es normalmente menor al 1% del valor del bif involucrado y representa un incremento importante en la fiabilidad.

El MEP es resultado de haber establecido en la empresa una Administración del Mantenimiento, creando un Sistema de Mantenimiento y elaborando el Manual de Mantenimiento.

<b>MEP</b>	<b>Bifs</b>
<b>Sistema de</b>	Operación
<b>Mantenimiento</b>	Fiabilidad
Tarea	Cointinuidad
Ingeniería	Disponibili-
Administración	dad

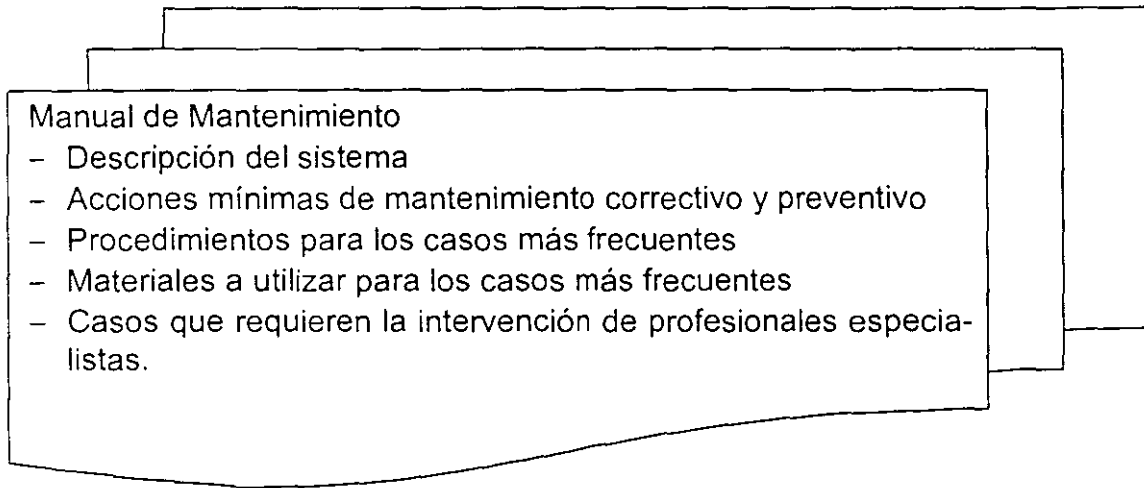


Fig. BE 1.2

Tabla BE 1.7

**EQUIPO MÍNIMO DE SEGURIDAD.**

<b>PERSONAL</b>	<b>INSTALACIÓN</b>
Bandolas	Cubeta de arena
Botas aislantes	Extintidor (fuego C).
Casco de material plástico	Tapete aislante
Cinturón de seguridad.	Tarima de madera
Guantes de hule para alto voltaje (probados y garantizados)	

## 1.4 TAREAS DEL MEP.

Las "tareas de servicio" del Mantenimiento, indispensables para evitar que se presenten las fallas más comunes en el bif son las correspondientes fundamentalmente a lo que denomino **SAL** (secado, apriete y limpieza), además de antifricción en algunos casos.:

### 1.4.1 Secado (s).

La humedad y las sales depositadas como consecuencia de la evaporación de la humedad, provoca arqueos y flameo entre elementos. Los bifs en general deberían de ser operados en una atmósfera seca, para obtener mejores resultados, pero esto frecuentemente no es posible, por lo cual deben tomarse precauciones para minimizar la entrada de la humedad.

La condensación de la humedad en los bifs eléctricos causa oxidación en los elementos conductores (cobre o aluminio) y por lo tanto, fallas en los puntos de contacto (baja conductividad).

### 1.4.2 Apriete (a).

Las conexiones eléctricas deben conservar la conductividad, por lo que deben de mantenerse apretadas, de otra forma son la principal causa de:

- Fallas eléctricas por el flameo
- Incendios por el chisporroteo.

Normalmente en el bif se encontrarán conexiones flojas ocasionadas por las vibraciones y cambios de temperatura.

Las estructuras de soporte, mecanismos y otras partes complementarias, no conductoras, debe ser verificado su apriete durante el mantenimiento rutinario (MR).

El recorrido de aprietes en el MEP es:

- Buses (barras eléctricas colectoras)
- Barra y conexiones de tierra
- Conexiones:
  - Deben estar apretadas.
  - Si están oxidadas o corroídas, muestran signos de calentamiento o tienen un contacto muy pobre y alta resistencia se debe:
    - Desensamblar.
    - Limpiar (con lija de agua muy fina) y
    - Montar nuevamente.
- Tornillería de los gabinetes de lámina.

Tabla BE 1.8

INFORMACIÓN TÉCNICA. MEP.	
Capacidad de carga.	Lista de partes. Listas de verificación.
Diagramas esquemáticos.	
<b>Diagrama Unifilar.</b>	Boletines.
Planos de proyecto.	
Manual de Operación	
Manual de Mantenimiento	Bitácora Reportes y análisis de fallas

Tabla BE 1.9

FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO. FACTORES PRINCIPALES	
<b>Características del bif.</b>	<b>Operación:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Calidad</li> <li>. Despiece: partes y componentes</li> <li>. Edad</li> <li>. Eficiencia</li> <li>. Estado</li> <li>. Fiabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Forma: continuidad, disponibilidad</li> <li>. Sobrecargas</li> </ul>
	<b>Desarrollo de las tareas</b>
<b>Proceso:</b>	<b>Personal:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Diagrama de flujo</li> <li>. Balance de energía</li> <li>. Balance de materiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Escolaridad</li> <li>. Experiencia</li> <li>. Competencia</li> </ul>
<b>Mecánica:</b>	<b>Medio ambiente:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Calor</li> <li>. Ruido</li> <li>. Vibración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Atmósferas corrosivas.</li> <li>. Atmósferas contaminadas</li> <li>. Temperatura.</li> </ul>

### 1.4.3 Limpieza (I).

La suciedad creada por acumulación de polvo (pelusa), restos de insectos, polvo químico, vapores y otros residuos, forman depósitos en los aislamientos que combinados con aceite y / o condensaciones (humedad) provocan:

- Arqueos ó flameos (se vuelven conductores las partes del bif)
- Desgaste y / o calentamiento (reducen la vida de los bifs).

Por lo tanto, se debe considerar en el MEP:

- **Ubicación:**

Revisar la adecuada localización y colocación de los bifs dentro de la Empresa evita:

- Polvo excesivo.

Normalmente el local donde se instala el bif no se encuentra debidamente protegido, como pudiera ser un cuarto presurizado.

Selección inadecuada del bif a prueba de polvo.

- Humedad, goteo y / o salpicaduras.

Ésta penetrará en los bifs y originará corrosión, tanto a las partes conductoras como a la soportería.

- **Frecuencia:**

La limpieza al bif se recomienda efectuar con una periodicidad regular de 3, 6, y 12 meses, ajustada en función del medio ambiente.

En las instalaciones en que se generan atmósferas contaminadas con polvo, humos o gases corrosivos (cementeras, fundidoras, industria química), debe efectuarse una limpieza más frecuente, dada su acumulación.

- **Inspección:**

Antes de proceder a la limpieza y cualquier mantenimiento en general, debe efectuarse una inspección minuciosa al bif, observando los puntos indicados en la tabla BE 1.11.

- **Procedimientos:**

La limpieza se lleva a efecto mediante el uso de franela y aspiradora, retirando minuciosamente el polvo y / o los contaminantes sólidos.

- **Selladores:**

Para su limpieza debe emplearse solvente que se haya determinado por ingeniería, con un trapo muy suave, que no suelte pelusa.



Tabla BE 1.10

<b>TAREAS PRINCIPALES EN EL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO</b>	
<b>SERVICIO:</b>	<b>INSPECCIÓN:</b>
<b>Secado:</b>	Aislamientos
Humedad	Ajustes
<b>Apriete.</b>	Arqueo
<b>Limpieza:</b>	Caída de tensión
Insectos	Capacidad de carga
Polvo	Continuidad
Suciedad	Detección de tierras
<b>Antifricción</b>	Pruebas
	Regulación de voltaje
<b>CAMBIO:</b>	Temperatura
Aislamientos.	Vigilancia o monitoreo.
Elementos que:	
han fallado y / o	<b>MODIFICACIÓN:</b>
ha concluido su vida.	Aislamientos
Fusibles.	Conductividad.
	Cubiertas de protección
<b>REPARACIÓN:</b>	Protecciones eléctricas
Mayores.	
Menores (dentro del MEP)	

– **Aisladores:**

Para remover el óxido de los depósitos de suciedad, nunca use agua, soluciones cáusticas, abrasivos, lana ó cepillos de acero.

Para remover esta suciedad, utilice turco, thinner de pintura ó alcohol.

Aproveche la limpieza para verificar si se observan fracturas.

– **Boquillas** (bushings) de los transformadores:

Las recomendaciones para aisladores son aplicables

#### 1.4.4 Antifricción (f).

Se requiere limpieza y / o revisión de los mecanismos en general (elementos en movimiento) para operaciones de apertura y cierre.

La fricción excesiva dificulta la operación y reduce la velocidad de acción de los dispositivos eléctricos, lo que puede provocar fallas mayores.

Por lo tanto, debe verificarse en forma regular, sistematizada y reglamentada la operación mecánica de los dispositivos, accionándolos manual o eléctricamente, principalmente aquellos que se accionan con poca frecuencia (bif de seccionamiento).

Se sugiere complementar este capítulo con el correspondiente a Mantenimiento de Equipo Electrónico (k-1).

Tabla BE 1 11

**INSPECCIÓN EN LA LIMPIEZA**

<b>INDICIOS DE ARQUEOS:</b>
– Superficie de los aisladores, hacia el bif o gabinete
– Depósitos de carbón en algunas partes.
<b>PRESENCIA DE HUMEDAD.</b>
– Principalmente en los aisladores o barras.
<b>PRESENCIA DE INSECTOS O EXCREMENTOS DE RATAS.</b>
– Proceder a sellar los posibles accesos, tales como trincheras, ductos y puertas
– Utilizar venenos (fuera del gabinete) para control de plagas y roedores.
– Tener un gato ó elementos para ahuyentar los roedores.

Tabla BE 1.12

**INSPECCIÓN DE MECANISMOS.**

<b>CORRECTA APERTURA Y CIERRE:</b>
– Ajustes.
– Checar libertad de movimiento.
– Fricción en partes móviles.
– Lubrique de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, no lubrique en exceso.
– Pérdida de alguna pieza, tales como tornillos, chavetas, anillos de retención.
<b>DETECCIÓN DE POSIBLES SOBRECALENTAMIENTOS.</b>
<b>ESTADO DE LAS SUPERFICIES DE CONTACTO:</b>
– Deben limpiarse minuciosamente, dejándolas libres del óxido y la corrosión.
– Acoplamiento (embonamiento) de los contactos.
– Presión de los contactos.
<b>PRESENCIA DE FLAMAZOS EN LOS AISLADORES.</b>
<b>REVISIÓN DEL BIF EN CONJUNTO.</b>
– En los ciclos de apertura y cierre.

## **1.5 PRUEBAS ELÉCTRICAS.**

### **1.5.1 Prueba de fábrica.**

En general todo el bif eléctrico es probado en fábrica, como control de calidad interno para garantizar éste al usuario.

Frecuentemente es necesario desarmar parte del bif para su transporte al lugar de su instalación, donde las condiciones de los aislamientos cambian a las determinadas en fábrica, que hace necesario efectuar las pruebas en sitio o de campo.

### **1.5.2 Prueba en sitio.**

Todo bif deberá ser revisado al llegar al sitio de su instalación y realizar ahí las pruebas necesarias, fundamentalmente a los aislamientos, a los cuales les afecta en forma muy importante la humedad. En algunos casos los aislamientos no deben ser expuestos directamente al ambiente.

Conforme se ensambla el bif se deben realizar las pruebas por componentes.

El daño al bif durante el transporte es muy alto en México, razón por la cual debe revisarse cuidadosamente a la recepción.

### **1.5.3 Puesta en servicio.**

Una vez concluido el ensamble y la conexión del bif, inicial o de mantenimiento, en el Sistema donde funcionará se deben realizar las pruebas de puesta en servicio para asegurarse que no sufrirá ningún daño ó exista riesgo alguno al entrar en operación, como pudiera ser:

- Cortocircuitos
- Falsos contactos
- Contactos a tierra  
(salvo la conexión a tierra del Sistema para fines de protección).

### **1.5.4 Suministro.**

Es necesario verificar que las características del suministro de energía eléctrica a la Empresa son las adecuadas, confirmando:

- Tensión:
  - . Valor
  - . Regulación.
- Balanceo de fases.
- Secuencia de fases.  
Asegurar el sentido de rotación de los motores.

### 1.5.5 Valores iniciales de referencia.

Todos los valores obtenidos de las pruebas de puesta en servicio del bif, deben ser registrados y entregados a Mantenimiento, como elemento de referencia, para ser elemento de comparación con los resultados que se obtengan en las pruebas periódicas, y poder así detectar cualquier posible falla antes de que se presente y pueda ser corregida oportunamente.

El mejor Diagnóstico para evitar fallas imprevistas en los bifs es el análisis de los resultados de las pruebas.

Las pruebas revelan los riesgos de la instalación y del Sistema.

### 1.5.6 Continuidad.

Todos los bifs e instalaciones deben sujetarse a la prueba de continuidad eléctrica, en la que se compruebe:

- Conexión:
- Cortocircuito
- Conexión equivocada.
- Circuito abierto:
  - . Franco
  - . Falso contacto.
- Tensión adecuada.  
Caída de tensión dentro de los límites.  
De esta forma se verifica la capacidad adecuada de los conductores y la resistencia del circuito.
- Resistencia normal.  
Se mide la resistencia del circuito en prueba y así se verifica su correcta conexión y el apriete de los elementos de contacto.
- Temperatura.  
Se mide la temperatura de los elementos del circuito para asegurarse que no existe:
  - . Bloqueo mecánico en la operación (motores trabados).
  - . Capacidad inadecuada de los conductores.
  - . Falta de disipación adecuada del calor.
  - . Falsos contactos
  - . Ubicación incorrecta del bif o instalación.

### 1.5.7 Aislamiento.

La resistencia de aislamiento en la instalación deberá conservarse dentro de los límites adecuados de acuerdo a sus características (NTIE art. 102.5); en condiciones húmedas deben revisarse estos valores (capítulo de Pruebas Eléctricas).

## 1.6 MECANISMOS.

### 1.6.1 Inspección.

En la inspección de los bifs eléctricos deben observarse las condiciones enlistadas en la tabla BE 1.12 correspondiente a Inspección de Mecanismos.

### 1.6.2 Contactos.

- Área de contacto:  
Esta debe ser una superficie de contacto mínima del 80%.  
Esta revisión se puede hacer con base a la secuencia:
  - Aplicar una película de grasa grafitada sobre el contacto móvil o navaja.
  - Cerrar y abrir el seccionador.
  - Determinar el área donde hubo remoción de la grasa.

- Presión en los contactos:  
Verificar de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Si no se cuenta con esta información, se deben de ajustar de manera de no sobreforzar las superficies en contacto (desgaste o excesiva fricción) o no excederse en el brío de los resortes de los contactos.

Una forma práctica de llevar a efecto esta verificación es usar una lana de 0.13 mm (0.005") entre contactos, la cual se podrá retirar con cierta dificultad, una vez que se tenga el interruptor cerrado y los contactos embonados.

- Sobreviaje de los contactos y su parada.  
Se recomienda un sobreviaje de 2.4 a 4.8 mm (1/16 a 1/32").  
Una vez cerrados los contactos, debe verificarse que el enganche del aparato y sus dispositivos de bloqueo y seguridad hayan funcionado.
- Diferencia de operación de los contactos:  
Un ajuste frecuente es de 4.8 mm (1/16") de diferencia.  
En el caso de los interruptores, debe verificarse la secuencia de los contactos de arqueo de manera que:
  - Durante el "cierre" - cierren antes que los de corriente.
  - Durante la "apertura" - abran después que los de corriente.

En los seccionadores de operación multipolar, todos los contactos de arqueo deben estar alineados y contactar uniformemente para evitar arqueo eléctrico en un polo, que puede brincar a otros polos y causar una falla.

Es necesario verificar:

- Portafusibles.
  - . Brío
  - . Punto de contacto (inspeccionar y limpiar)
- Mecanismo.  
Funcionamiento para abrir el interruptor en el caso en que opere un fusible.

### **1.6.3 Mecanismo de bloqueo.**

Por lo general los mecanismos de bloqueo consisten en:

- Trabar la apertura de las puertas con seccionadores cerrados.
- Bloquear la operación del seccionador de operación sin carga cuando esté cerrado el interruptor de operación bajo carga.

Estas condiciones deben verificarse completamente, checando además aprietes y lubricación.

## **1.7 ENTREGA.**

Una vez efectuado el mantenimiento al bif se recomiendan lo siguiente:

### **1.7.1 Pruebas.**

- Resistencia de contactos en seccionadores (microrresistencia), mediante dúcter.
- Resistencia (megger) a todo el conjunto.
- Pérdidas dieléctricas a todo el conjunto.
- Verificación de la red de tierras de la subestación, mediante el uso del método de 3 puntas; ésta no deberá ser mayor a 5 ohms.

### **1.7.2 Mecánica.**

Frecuentemente las instalaciones eléctricas no son revisadas desde el punto de vista mecánico o simplemente no se les da importancia. Así se debe efectuar la entrega con:

- Complementados todos los tornillos faltantes.
- Cubiertas de bif montadas adecuadamente.
- Identificados todos los elementos de conexión.
- Limpio todo el bif e instalación.

## Capítulo BE 2

**PRUEBAS ELÉCTRICAS.****2.1 PRUEBAS DE AISLAMIENTO.**

El propósito de un aislamiento en un circuito eléctrico es confinar el campo eléctrico y la corriente en áreas y trayectorias previamente establecidas. Todo aislamiento tiene las siguientes características principales:

- Resistencia de aislamiento.

El valor en un material dieléctrico tiende a infinito, en función de su calidad.

- Resistencia eléctrica.

Se define como la resistencia que ofrece un material al paso de corriente, cuando se le aplica una diferencia de potencial.

- Rigidez dieléctrica.

Es la capacidad del material para soportar la tensión eléctrica, sin que se presente la ruptura dieléctrica. Es la tensión eléctrica que soporta un material por unidad de longitud en el instante en que se presente la ruptura.

Pérdidas dieléctricas.

Son las pérdidas producidas por la corriente que circula a través del dieléctrico al aplicar una diferencia de potencial, que se transforman en calor.

- Capacitancia del aislamiento.

El valor de un buen material dieléctrico tiende a cero, en función de su calidad.

**2.2 MEGGER.**

La resistencia de aislamiento se define como la resistencia que ofrece un aislamiento al aplicarle una tensión de CD, durante un tiempo dado (como referencia se utilizan los valores de 1 a 10 min), la que se mide con un megger (ver tabla BE 2.1)

- Absorción dieléctrica.

La resistencia de aislamiento varía directamente con el espesor del aislamiento e inversamente con el área del mismo. Cuando repentinamente se aplica un voltaje de CD a un aislamiento, la resistencia se inicia con un valor bajo y gradualmente aumenta con el tiempo hasta estabilizarse.

La curva de absorción dieléctrica es la resistencia de aislamiento contra tiempo y su pendiente indica el grado relativo de secado o suciedad del aislamiento.

Sí el aislamiento está húmedo o sucio se alcanzará un valor estable en uno o dos minutos después de haber iniciado la prueba y se obtendrá una curva con baja pendiente.



Tabla BE 2.1

### INSTRUCCIONES PARA UTILIZAR EL MEGHŃOHMETRO. (MEGGER).

1	Coloque al aparato en una base bien nivelada.
2	Seleccione y ajuste el voltaje de prueba a utilizar.
3	Verifique el infinito del aparato operándolo en vacío ó ajustándolo con el tornillo de ajuste.
4	Conecte en corto circuito las terminales de línea y tierra para verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>. Que los cables no estén abiertos.</li> <li>. Ajuste del cero en el aparato (con el potenciómetro de ajuste).</li> </ul>
5	En caso de haber desenergizado el equipo a probar, se deberá aterrizar y dejar por lo menos 10 minutos para eliminar toda carga capacitiva que pueda afectar la medición.
6	Registre la temperatura del equipo bajo prueba, anotándola en el formato de prueba.
7	Al efectuar pruebas de absorción en equipos con un volumen grande de aislamiento, se deberá tomar la precaución de descargar toda corriente capacitiva y de absorción después de la prueba y antes de remover las terminales de prueba.

Tabla BE 2.2

### ÍNDICES DE ABSORCIÓN Y POLARIZACIÓN.

ÍNDICE DE POLARIZACIÓN	CLASIFICACIÓN
1.0	Peligroso
1.5	Pobre
1.5 a 2.0	Dudoso
2.0 a 3.0	Aceptable
3.0 a 4.0	Bueno
4.0	Excelente

– Índices de absorción y polarización.

La pendiente de la curva de absorción dieléctrica puede expresarse mediante la relación de dos lecturas de resistencia de aislamientos tomados a diferentes intervalos de tiempo durante la prueba y se les conoce como:

- Índice de absorción: es la relación de 60 a 30 segundos.
- Índice de polarización: es la relación de 10 a 01 minuto.

El índice de polarización es muy útil para la evaluación del aislamiento de devanados de generadores y transformadores y es indispensable que se obtenga antes de efectuar la prueba de alta tensión en máquinas rotatorias. Ver tabla BE 2.2.

### 2.3 FACTORES QUE AFECTAN EL AISLAMIENTO.

Los factores que afectan principalmente la resistencia de aislamiento son:

– Contaminación.

Originada por partículas de carbón, polvo o aceites depositados en las superficies. Este factor es particularmente importante cuando se tienen superficies aislantes relativamente grandes, expuestas al medio ambiente contaminante.

El polvo depositado sobre las superficies aislantes, ordinariamente no es conductor cuando está seco. Pero cuando se expone a la humedad se vuelve parcialmente conductor y baja la resistencia de aislamiento, por lo que se deberá eliminar toda materia extraña que esté depositada sobre el mismo antes de efectuar la prueba.

– Humedad.

Influye en los materiales utilizados en los aislamientos como son aceite, papel, cartón y algunas cintas, por ser materiales higroscópicos capaces de absorber humedad, ocasionando reducción de la resistencia.

– Temperatura.

La resistencia de aislamiento, varía inversamente con la temperatura en la mayoría de los materiales aislantes. Normalmente todas las pruebas de resistencia de aislamiento, se refieren a una temperatura estándar llamada temperatura base. Las bases recomendadas por las normas son:

- Máquinas rotatorias 40 °C
- Transformadores 2 °C
- Cables 15.6 °C

Para los demás equipos, como interruptores, apartarrayos, boquillas pasamuros, etc., no existe temperatura base, ya que la variación de la resistencia de aislamiento con respecto a la temperatura no es notable.

Tabla BE 2.3

**POTENCIAL DE PRUEBA APLICADO.**

Tensión de	
Prueba de megger	Equipo a probar
100 V y 250 V	Hasta 100 V incluye algunos tipos de equipo de señalización y control
500 V	de 100 a 400 V.
1 000 V	de 400 a 1 000 V.
2 500 V	de 1 000 V en adelante.

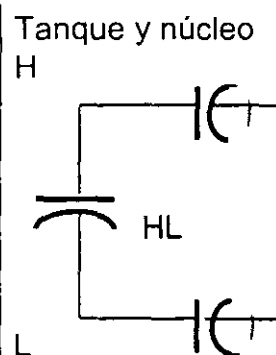
Tabla BE 2.4

**COMPARACIÓN DE VALORES DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.**

Clase de aislamiento	Regla 1 M / kVA	Según fabricante	Pruebas y C Calidad
kV	M	M	M
0.220	11	6	37
6	288	162	300
23	1 104	621	1 000
85	4 080	2 295	3 100
230	11 040	6 210	8 500
400	19 200	10 800	15 000
K	48	27	37.5

Tabla BE 2.5

Prueba	Energizar	Tierra	Guarda	UST	Medición
1	H L	-	-	H+HL	alta
2	H -	L	-	H	
3	H -	-	L + HL	I	
4	L -	H	-	L	
5	Prueba		-	HL	
6	Prueba	1 - 2	-	HL	
7	H -	3 - 4	L	HL	
8	L -	-	H	HL	Baja



Al realizar pruebas de resistencia de aislamiento, es muy importante la medición de la temperatura en los equipos, ya sea por medio de termopares o detectores de temperatura.

– Potencial de prueba aplicado.

La medición de resistencia de aislamiento es una prueba de potencial y debe restringirse a valores apropiados, dependiendo de la tensión nominal de operación del equipo que se va a probar y de las condiciones en que se encuentre su aislamiento, ya que si la tensión de prueba es alta se puede provocar fatiga en el aislamiento. Los potenciales de prueba más utilizados son tensiones de 500 a 5 000 VCD.

Las lecturas de resistencia de aislamiento, disminuyen al utilizar potenciales más altos, sin embargo para aislamientos en buenas condiciones y perfectamente secos, se obtendrán valores muy próximos para diferentes tensiones de prueba, siempre que no sobrepasen el valor nominal de operación del equipo que se esté probando.

En la tabla BE 2 3 se presentan los valores de prueba, los cuales brindan un margen seguro, ya que el equipo se fabrica con un grado de seguridad considerable.

– Duración de voltaje aplicado de prueba.

Este efecto tiene una importancia notable en el caso de las grandes máquinas rotatorias y transformadores de potencia con aislamiento en buenas condiciones. Sin embargo en el caso de los interruptores, apartarrayos, cables de pequeña longitud, este efecto carece de importancia y por lo tanto, es recomendable efectuar las pruebas al minuto.

Utilización de la conexión de guarda.

Todos los megger con rango mayor de 1 000 megohms están equipados con una terminal de guarda.

El propósito de esta terminal, es el contar con un medio para efectuar mediciones en mallas de tres terminales, en tal forma que puede determinarse directamente el valor de una de las dos trayectorias posibles.

Concretamente puede decirse que la corriente de fuga de todo componente de un sistema de aislamiento conectada a la terminal de guarda no interviene en la medición.

Así en el caso de la fig. BE 2.6, usando las conexiones indicadas, se medirá la resistencia R12 directamente, ya que las otras dos no entran en la medición, por estar la terminal 3 en guarda.

Tabla BE 2.6

**MÉTODOS DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.**

<b>1</b>	<b>Método de tiempo corto.</b>
	Aplicable para las pruebas de rutina rápida; principalmente en equipos pequeños y en aquellos que no tienen una característica notable de absorción, como: interruptores, cables, apartarrayos.
	Se aplica el voltaje de prueba durante 60 segundos, para fines de normalización, que permitan efectuar comparaciones con una base común para los datos de prueba existentes y futuros.
<b>2</b>	<b>Método tiempo - resistencia o absorción dieléctrica.</b>
	Aplica el voltaje de prueba durante un periodo de 10 minutos, tomando lecturas a intervalos de un minuto.
	Permite evaluar el estado de aislamiento en aquellos equipos con características de absorción notable (grandes máquinas rotatorias y transformadores de potencia), sobre todo cuando no existe historia de pruebas anteriores.
<b>3</b>	<b>Método de voltajes múltiples.</b>
	Aplicable principalmente en la evaluación de aislamientos de las máquinas rotatorias y en menor grado para el de los transformadores.
	Requiere del uso de un instrumento con varios voltajes para poder aplicar dos o más voltajes en pasos, por ejemplo 500 V y después con 1 000 V.
	Este método se basa en el hecho de a mayor voltaje de prueba, se aumentan los esfuerzos eléctricos sobre el aislamiento, al aproximarse o superarse las condiciones de operación.
	La influencia de los puntos débiles del aislamiento en las lecturas de resistencia adquirirá mayor importancia hasta hacerse decisiva al sobrepasar cierto límite; cuando esto ocurre se tendrá una caída pronunciada en el valor de la resistencia de aislamiento que se aprecia claramente al graficar las lecturas obtenidas contra el voltaje aplicado.
	Se recomienda aplicar voltajes con relación de 1 a 5 o mayor (por ejemplo 500 y 2 500 V). Un cambio del 25% en el valor de la resistencia de aislamiento generalmente se debe a excesiva humedad u otros contaminantes en los aislamientos.
	La prueba se realiza aplicando cada paso de voltaje durante el tiempo necesario para que desaparezca la corriente de absorción, descargando el aislamiento en cada paso.
	Se considera que el aislamiento está en buenas condiciones, si la relación entre resistencia y voltaje permanece constante.

## 2.4 PRUEBA DE RESISTENCIA DE TIERRAS.

El probador de resistencia de tierra es un megger de tierras.

Las instalaciones deben contar con medios efectivos para conectar a tierra todas aquellas partes metálicas del equipo eléctrico a otros elementos, que normalmente no conduzcan corriente y que estén expuestos a energizarse si ocurre un deterioro en el aislamiento de los conductores.

La conexión a tierra tiene como objetivo:

- Limitar las sobretensiones debidas a:
  - . Descargas atmosféricas.
  - . Fenómenos transitorios en el propio circuito.
- Contactos accidentales con líneas de mayor tensión.
- Limitar la tensión a tierra del circuito durante su operación normal.

Una conexión sólida a tierra facilita también la operación de los dispositivos de protección, como la protección contra sobrecorriente, en caso de fallas a tierra.

Las canalizaciones y cubiertas metálicas de conductores o equipos (ajenos al circuito eléctrico) son puestos a tierra con el objetivo de evitar que éstas tengan un potencial mayor que el de tierra en un momento dado y representen riesgos para las personas.

### 2.4.1 Resistencias a tierra de diferentes tipos de instalaciones:

- Electrodoos artificiales.
  - . No debe ser mayor a 25 ohms en las condiciones más desfavorables.  
Se recomienda probar la resistencia a tierra de los electrodos al instalarse y repetir la prueba periódicamente.
  - . Sistemas de tubería metálica continua y subterránea para agua.  
Tiene en general una resistencia a tierra menor de 3 ohms.
  - . Estructura de edificios.  
Tiene en general una resistencia a tierra considerablemente menor de 25 ohms.
- Subestaciones.  
La resistencia eléctrica total del sistema de tierras deberá conservar el valor más bajo posible (el rango de valores aceptables es de 10 ohm a 1 ohm).

Incluyendo todos los elementos que forman el sistema de tierras (malla, electrodos y conductores de puesta a tierra), para reducir su resistencia total se puede:

- Aumentar el área total de la malla
- Reducir el espaciamiento entre los conductores de la malla.
- Usar un mayor número de electrodos.

Tabla BE 2.7

**SECUENCIA DE PRUEBAS CON DÚCTER**

1	Los circuitos a probar deben estar desenergizados y desconectados de la fuente de alimentación o de cualquier otro aparato. Colocar el ducter sobre una base nivelada, impidiendo que el instrumento quede cerca de campos magnéticos fuertes.
2	Verificar que las terminales duplex estén bien conectadas, donde las terminales de corriente (C1 y C2) y las terminales rojas conectadas a terminales de potencial (P1 y P2).
3	Si el valor de resistencia bajo prueba no se conoce, seleccione el rango mayor (20 ohms) y después vaya ajustando hasta obtener su valor real.
4	Colocar las terminales de prueba en los lugares a medir y presionar hacia abajo para obtener un buen contacto, tomando la lectura obtenida y anotarla en su reporte.

Tabla BE 2.8

**ANALIZADOR TTR - MODO DE EMPLEO**

1	Desconecte y aisle el transformador bajo prueba, observando siempre las precauciones de seguridad.
2	Conecte, como se muestra en el diagrama (fig.2.7), cerciorándose que las conexiones hagan buen contacto con las terminales del transformador bajo prueba.
3	La prensa X-2 y la pinza H-2 (marcadas con rojo) tienen la misma polaridad instantánea. En transformadores con polaridad: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Substractiva: las conexiones rojas deben estar en el mismo lado (opuestas una a otra).</li> <li>• Aditiva: deben de estar cruzadas (diagonalmente).</li> </ul>
4	Coloque los 4 conmutadores giratorios en la posición de cero (0.000), gire la manivela muy lentamente de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ vuelta. La aguja del detector (instrumento de la derecha) deberá de flexionar bruscamente hacia la izquierda, indicando que la polaridad es sustractiva; si la aguja deflexiona hacia la derecha, las conexiones están invertidas, esto indica que el transformador tiene polaridad invertida, es decir polaridad aditiva, y es necesario intercambiar las conexiones H1 por H2, manteniendo los conmutadores giratorios en cero durante esta prueba.
5	Mientras gira la manivela muy lentamente, incrementa la relación en el primer conmutador giratorio (izquierda), hasta que la aguja del detector deflexione hacia la derecha. Regrese el conmutador a la posición más alta en donde la aguja deflexione a la izquierda.
6	De la misma manera incremente la relación sucesivamente en los conmutadores segundo y tercero.
7	Incrementa la relación en el cuarto conmutador, ajustando hasta alcanzar un equilibrio en cero en el detector, mientras la velocidad se eleva y se mantiene a un valor tal que se obtengan aproximadamente 8 V de excitación.
8	La relación de vueltas del transformador bajo prueba se lee directamente en las mirillas que indican la posición de cada conmutador.

### 2.4.2 Tipos de megger.

Para medir la resistencia del sistema de tierras, por su funcionamiento puede ser:

- Manual o de manivela.  
El probador contiene un generador de CA impulsado manualmente, el cual hace circular una corriente a través de la resistencia bajo prueba conectada entre las terminales C1 y C2.
- Electrónico (de baterías).  
La caída de potencial en la resistencia, se aplica a las terminales P1 y P2 provocando una deflexión del galvanómetro.

Esta caída de potencial se contrarresta con otra igual y opuesta que se produce en una resistencia variable contenida en el aparato, de manera que en condiciones de balance no fluye corriente en el circuito de potencial.

### 2.4.3 Prueba.

El aparato tiene 4 bornes (C1, P1 y C2, P2), conectándose de la manera indicada en la fig. BE 2.4. Conectando los electrodos cortos a las terminales P2 y C2, el aparato deberá conectarse a una distancia media entre C1 y P2.

Para una medición de un sistema de tierras más compleja, se deberá aumentar bastante las distancias marcadas anteriormente cuando se dispone de "tierras muertas". En áreas construidas (zonas urbanas) en donde es imposible colocar los electrodos P2 y C2, se utiliza alguna tierra de baja resistencia, por ejemplo una tubería de agua como se indica en la fig. BE 2.2. Esta prueba da la resistencia de tierra del electrodo de prueba, más la resistencia de la tubería y si ésta última es despreciable entonces las lecturas se toman como la de resistencia a tierra del electrodo.

Si la tubería está muy cerca del electrodo de prueba, los resultados no son buenos, por lo cual es más conveniente el método anterior.

## 2.5 PROBADOR DE RESISTENCIA DE CONTACTOS "DUCTER"

La finalidad del ducter es poder medir bajas resistencias por el método de caída de tensión con CD.

Tiene varios usos como medición de juntas de rieles, juntas soldadas, resistencias de contacto, microrresistencias, etc.

Para la medición de resistencias de contacto en interruptores y cuchillas desconectadoras, tiene cinco rangos para medición desde 20 ohms hasta 2 mohms.



**RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.**

Tabla BE 2.9

**SECUENCIA DE PRUEBA.**

- Checar la calibración entre los electrodos y ajustarse, si es necesario.  
La calibración depende de:
  - . Normas aplicadas.
  - . Electrodo.
  - . Celda.
  - . Tiempo entre prueba y prueba.
  - . Número de pruebas
- La muestra de aceite a probar, llenando la copa, se toma de la válvula inferior del tanque (del transformador o interruptor), ya que allí es en donde se encuentran las impurezas.
- Se deja reposar el aceite por lo menos tres minutos, para que no contenga espuma ni burbujas de aire.
- Se aplica voltaje, que parte desde cero hasta el valor de ruptura.
- En el instante de la ruptura del aislamiento, la lectura de tensión máxima queda indicada en el voltímetro, la cual se anotará en el protocolo de pruebas.
- Posteriormente se agitará el aceite y se deja reposar otro minuto (cuidando que no existan burbujas).
- El valor final de rigidez dieléctrica del aceite (en kV) será el promedio de las cinco lecturas efectuadas.

Ver normas ASTM-877 y ASTM-1816, base de la norma CONNIE 8.8.1

Tabla BE 2.10

<b>VALORES</b>				
<b>Norma</b>	<b>u</b>	<b>ASTM B77</b>	<b>ASTM 1816</b>	<b>CONNIE 3.8.1</b>
Forma del electrodo		Tipo disco	Semi esférico	Normas ASTM
Dimensión del electrodo	mm (in)	Diam. 25.4 1	Radio 25.4 1	
Separación entre electrodos	mm (in)	2.54 0.10	2.03 0.08	1.02 0.04
Elevación de tensión	kV/s +/- %	3 20	0.5 20	
Reposo entre llenado y primera prueba	min	3	3	
Número * de pruebas efectuadas		5	6	
Reposo entre prueba y prueba	min	1	1	
Tensión de ruptura dieléctrica	kV/min	30	35	
Temperatura mínima de la muestra	°C °F	20 68	20 68	

\* La primera prueba no cuenta.

Está equipado con una fuente (interna o externa), la cual se recarga continuamente a través de su cargador, las terminales o pincks deberán colocarse de la manera indicada en la fig. BE 2.3 al efectuar la prueba.

En la prueba de resistencia de contactos en interruptores y cuchillas, es muy variable su valor con respecto a la marca o tipo.

Actualmente no existe ninguna norma que indique los valores máximos permisibles por punto de contacto, pero una regla convencional para pruebas en campo se ha adoptado con un valor máximo permisible de 30  $\mu$ ohms por punto de contacto.

Todos los fabricantes de interruptores y cuchillas entregan su protocolo de pruebas especificando el valor de resistencia de contactos total obtenido en fábrica, lo cual hay que comprobar en campo con estas pruebas.

La secuencia y precauciones que se deben seguir al realizar una prueba es la indicada en la tabla BE 2.7.

### **2.5.1 Circuitos inductivos.**

Cuando se trabaje con circuitos inductivos es muy importante desconectar primero las puntas de las terminales de potencial y después las de corriente, con el objeto de evitar un alto voltaje en las terminales de potencial del instrumento y después retire las terminales de corriente.

## **2.6 RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.**

El analizador "TTR" está diseñado para determinar con exactitud la relación de vueltas de los devanados de los transformadores de tipo convencional, de potencia y distribución, así como de los autotransformadores, en los que la relación de las tensiones nominales de placa sea la misma que la relación real de vueltas.

Los núcleos de los transformadores a probar deben ser normales y todo el núcleo de hierro activo, debe estar colocado en su lugar correspondiente (laminación apretada y sin salientes).

La capacidad del TTR para probar transformadores es de una relación máxima de 130, sin embargo utilizando equipo auxiliar, es posible unir transformadores que tengan relación hasta 330, en la lectura directa. Durante la prueba de relación, se determina la polaridad y se detectan fácilmente espiras abiertas o en corto circuito.

Por su facilidad de transportación, el TTR es de poco peso y compacto, se facilita su uso en los lugares de utilización como plantas generadoras, subestaciones, industrias, etc.

Tabla BE 2.11

**RESISTENCIA DE AISLAMIENTO. \***

Instalación circuitos con conductores		Resistencia aislamiento (Ohms)
Cal. 14 ó 12 AWG		1,000,000
Cal. 10 AWG ó mayores		(A)
Capacidad de corriente	25 a 50	250,000
	51 a 100	100,000
	101 a 200	50,000
	201 a 400	25,000
	401 a 800	12,000
	más de 800	5,000

\* Valores mínimos recomendados para instalaciones hasta de 1 000 V.

- Los valores de esta tabla deben medirse con todos los equipos, instalados en su lugar y conectados, que normalmente forman .
- parte de los circuitos como: tableros, portafusibles, medios de desconexión y dispositivos de protección contra sobrecorriente.
- Cuando estén conectados a los circuitos derivados, lámparas y aparatos de utilización, la resistencia mínima de aislamiento puede calcularse como la mitad de la anotada en esta tabla.

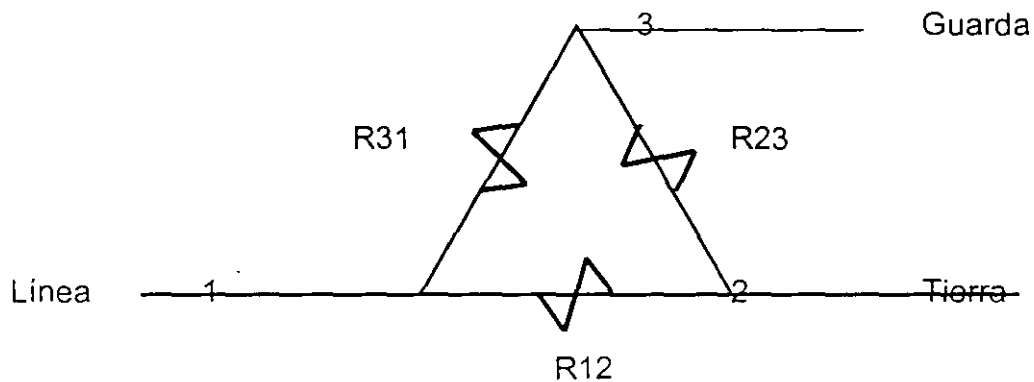


Fig BE 2.1

**Conexión de guarda**

Cuando el devanado de baja tensión no se pueda usar como primario durante la prueba, debido a que la corriente magnetizante es muy alta y la tensión de excitación indicada en el voltímetro no alcanza la nominal (8 V), porque de hacerlo el amperímetro rebasaría su escala, en estos casos el devanado de alta tensión puede conectarse como primario.

Sí el TTR se utiliza de esta manera, la lectura será inversa de la relación de vueltas, hasta con tres cifras decimales de aproximación.

También se utiliza el equipo para pruebas de contraste o de comparación en transformadores especiales, en los que el TTR no determinará con precisión la relación de vueltas de sus devanados. Estos transformadores pueden ser:

- Transformadores de potencial.
- Transformadores de corriente.
- Transformadores para anuncios luminosos.

## **2.7 FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS.**

El factor de potencia en la actualidad es la principal herramienta para juzgar con mayor criterio, las condiciones de los aislamientos de los diferentes equipos eléctricos, siendo particularmente recomendada para la detección de la degradación, envejecimiento y contaminación de los mismos, pudiéndose afirmar que por estas características es más reveladora que la prueba de resistencia de aislamiento.

El propósito de esta prueba es detectar fallas peligrosas en aislamientos por el método no destructivo, antes de que la falla ocurra, lo cual de esta manera previene pérdidas por falta de continuidad de servicio y permite el reacondicionamiento oportuno de dicho aislamiento.

El principio básico de esta prueba no destructiva es la detección de algunos cambios medibles en las características de un aislamiento que puede asociarse con los efectos de agentes destructivos como la humedad, el agua, el calor, el efecto corona y en general un incremento apreciable de las pérdidas dieléctricas en CA de volts - amperes (VA) o factor de potencia de un aislamiento, es una indicación clara de deterioro.

Para ejecutar una prueba de factor de potencia con un probador de la Dobe Engineering, es necesario en primer lugar conectarle sus cuatro terminales que son:

- Cable de alimentación al probador.
- Interruptor de mano para seguridad.
- Cable de alta tensión (gancho).
- Cable de baja tensión (guarda).

Por seguridad, siempre debe estar aterrizado el aparato con una tierra firme, que está previsto en cada equipo.

Tabla BE 2.12

**RELACIÓN DE PRUEBAS A EQUIPO ELÉCTRICO.**  
(Subestación Normalizada)

	Descripción	Tensión (kV)	C	FP	HR	PD	RA	RC	RD	RT	TO	VM
6	interruptor	230	-	1	1	1	1	1	1	-	1	1
12	cuchillas	230	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
36	transf.corriente	230	1	1	-	-	1	-	-	1	-	-
16	transf.potencial		1	-	-	-	-	-	1	1	-	-
2	condensador acop.	230	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-
2	trampa de onda		1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
12	apartarrayos	230	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
8	bushings	230	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
2	transf. de potencia		-	1	1	1	1	-	1	1	-	-
8	bushings	23	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
14	interruptores	23	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1
28	cuchillas	23	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
4	cuchilla fusible	23	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
94	transf.corriente	23	1	1	-	-	1	-	-	1	-	-
6	transf. de potencial		1	1	-	-	1	-	-	1	-	-
2	transf. de distribución		1	1	-	-	1	-	1	1	-	-
6	apartarrayos	23	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
2	reactores		1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
2	banco de capacitores		-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
			ME	MEU		MEU						
	EQUIPO UTILIZADO			MH	PAM	MH	ME	DUC	BAUR	TTR	MAF	
			MU	M2H		M2H						

1	PRUEBAS EFECTUADAS
C	Continuidad
FP	Factor de Potencia
HR	Humedad Residual
PD	Pérdidas dieléctricas
RA	Resistencia de Aislamiento
RC	Resistencia de Contactos
RD	Rigidez dieléctrica
RT	Relación de Transformación
TO	Tiempo de Operación
VM	Voltaje mínimo

MEU

MH

M2H

MAF = Multigraf, Analiz., Fabab

ME = Megger motorizado o eléctrico

DU = Dúcter: pilas o eléctrico

F = Factorímetro

MU = Multímetro

PA = Panametric

Estando conectado el probador, deben conectarse las terminales de prueba al aparato a probar, el gancho al devanado por probar para energizarlo y la guarda al devanado o devanados por aterrizar o guardar.

Antes de operar el interruptor general, debe verificarse:

- Reóstato para ajustar tensión esté en cero.
- Selector en la posición check.
- Rangos en los valores más altos para MVA y MW.
- Selector de baja tensión en la posición tierra (GROUND).
- Interruptor reversible en la posición dentro (ON).

Comprobado lo anterior, se procede a energizar el equipo a probar, para lo cual es necesario cerrar el interruptor de mano primero, si no sucede esto, significa que la polaridad de la alimentación al equipo está invertida, debiendo invertir la clavija de alimentación.

Por medio del reóstato de tensión, se eleva el voltaje hasta obtener el valor requerido, ajustando al mismo tiempo la escala del medidor de MVA y MW por medio de su perilla de ajuste (Meter Adjustment).

El selector se pone en la posición MW y selecciona el rango más legible y se toma la lectura, ésta se comprueba con el interruptor reversible (reversin switch) en ambas posiciones.

En seguida el selector se pasa a la posición MW y se selecciona el rango más legible, se registra y se comprueba con el interruptor reversible en ambas posiciones. Con esto queda terminada la medición, debiendo regresar todos los controles a su posición original.

Por tratarse de una medición de aislamiento, los parámetros por medir en los devanados son los anteriores. Sin embargo las conexiones de prueba presentan ciertas variaciones debido a que este probador tiene únicamente dos terminales externas y un selector, con lo que se está en condiciones de tener tres posiciones en la terminal de baja tensión; la terminal de alta tensión siempre tendrá como función energizar el devanado bajo prueba.

El hacer una prueba de factor de potencia, representa efectuar la medición de las pérdidas de un aislamiento dado y por lo tanto no es necesario dar un período determinado de tiempo más que el necesario para hacer las lecturas.

Con este aparato se obtienen lecturas de milivoltamperes (mVA) y miliwatts (mW), con las cuales basta únicamente dividir las para obtener el factor de potencia correspondiente.

$$\% \text{ FP} = (\text{MW} / \text{MVA}) \times 100$$

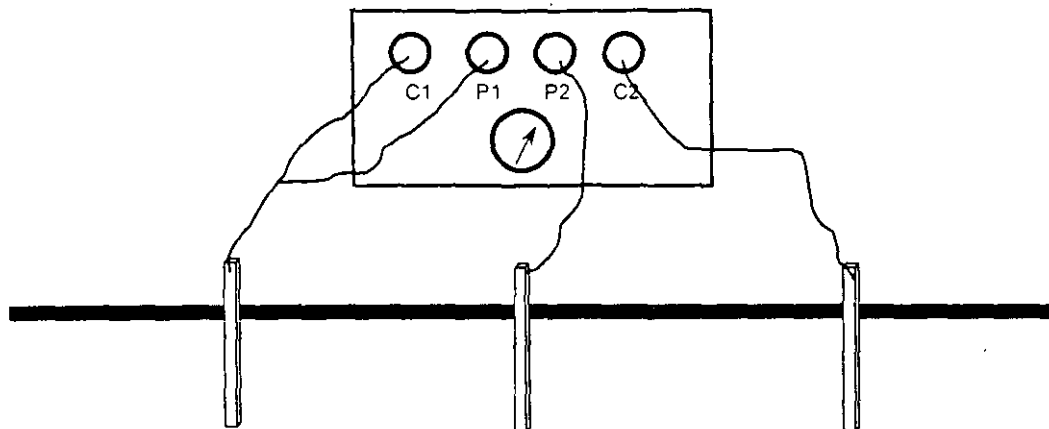


Fig. BE 2.2

C = Corriente  
P = Potencia

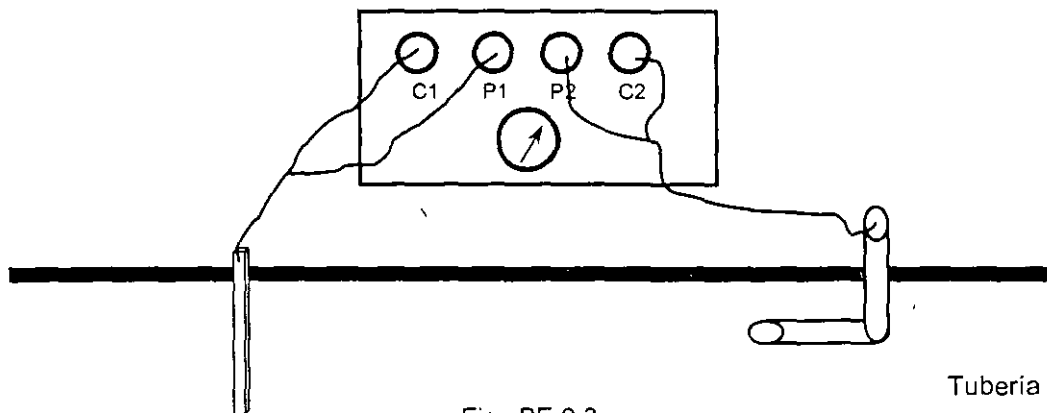
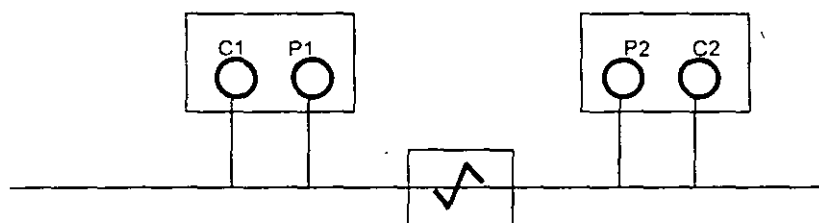


Fig. BE 2.3

Tubería de agua



Resistencia.

Fig. BE 2.4

### 2.7.1 Rigidez dieléctrica del aceite.

Los dieléctricos líquidos se utilizan como aislantes o refrigerantes en transformadores, interruptores, seccionadores, reactores, reguladores, cable de energía, capacitores, boquillas, etc. La finalidad del aceite aislante utilizado en el equipo eléctrico es:

- Proveer un aislamiento eléctrico adecuado.
- Conducir y disipar el calor generado en el equipo.
- Extinguir el arco eléctrico y arrastrar las partículas que se forman durante el mismo.
- Proteger a los aislamientos sólidos contra la humedad y el aire.

El aceite aislante usado en transformadores e interruptores debe poseer ciertas propiedades, que deben mantenerse durante la operación para que cumpla con su múltiple función:

- Aislante eléctrico.
- Agente que transfiere calor al medio ambiente.
- Extingue el arco eléctrico.
- Adecuada rigidez dieléctrica para soportar los esfuerzos dieléctricos impuestos durante su operación.

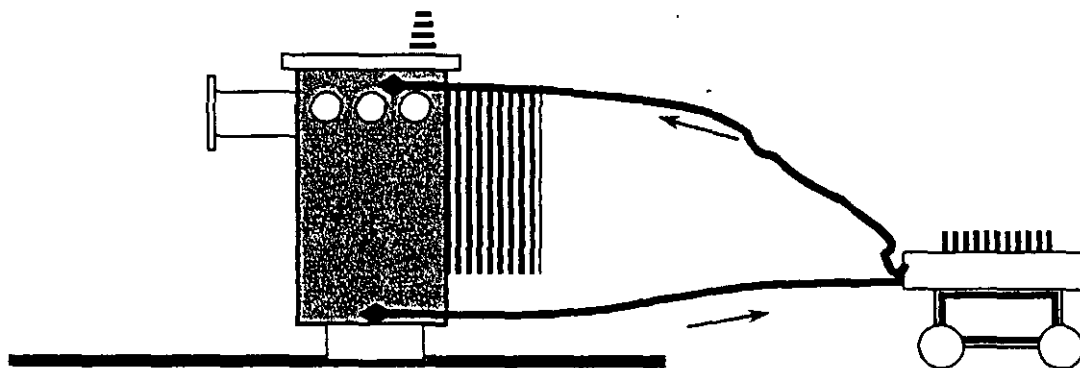
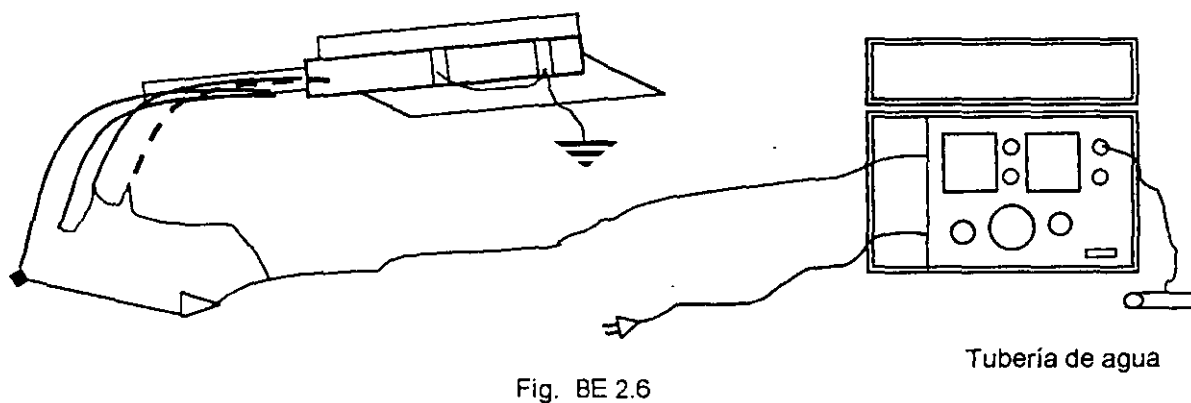
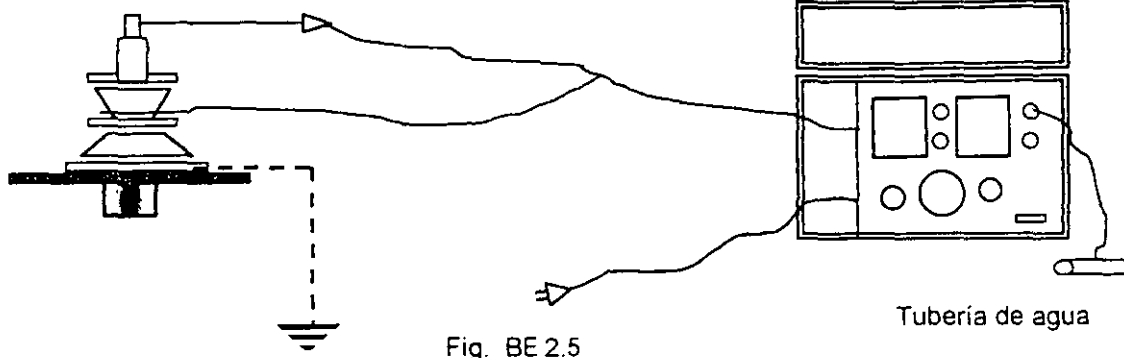
La rigidez dieléctrica es una de las características principales del aceite aislante; se define como el máximo gradiente de potencial que puede soportar el aceite aislante, sin que se produzca la descarga disruptiva.

En la práctica se mide la tensión de ruptura dieléctrica, que se define como el gradiente de potencial, en el cual se produce la descarga disruptiva en el aceite aislante. Los principales factores que influyen en el cálculo de la rigidez dieléctrica en un aceite aislante son:

- Forma, tamaño y distancia de separación de los electrodos.
- Efecto del contenido de humedad y otras impurezas.
- Efecto del contenido de gases.
- Influencia de la temperatura.
- Influencia de la presión.
- Efecto de la frecuencia.
- Efecto del ritmo de elevación de la tensión.
- Efecto de las ondas de impulso.
- Efecto de la dispersión de los resultados.

Las características principales se definen conforme a las normas ASTM-877 y 1816 en la cual se basa la norma nacional CCONNIE 8.8.1.





## **2.8 TIEMPOS DE APERTURA Y CIERRE DE INTERRUPTORES.**

El objetivo de esta prueba es la determinación de los tiempos de operación de los interruptores de potencia, en sus diferentes formas de maniobra, así como la verificación del sincronismo de sus polos o fases.

### **2.8.1 Tiempos de apertura.**

Es el tiempo medido desde el instante en que se energiza la bobina de disparo hasta el instante en que los contactos de arqueo se han separado en todos los polos.

### **2.8.2 Tiempos de cierre.**

Es el intervalo de tiempo medio desde el instante en que se energiza la bobina de cierre hasta el instante en que se tocan los contactos principales en todos los polos.

### **2.8.3 Tiempo de arqueo en un polo.**

Es el intervalo de tiempo entre el instante de la iniciación del arco hasta el instante de su extinción final en ese polo.

### **2.8.4 Tiempo de arqueo en un interruptor.**

Es el intervalo de tiempo entre el instante en que se inicia el primer arco y el instante de la extinción final del arco en todos los polos.

Esta prueba es aplicable exclusivamente a interruptores de potencia y en particular a interruptores de alta tensión en todos sus tipos y diseños como:

- Gran volumen de aceite.
- Pequeño volumen de aceite.
- Aire comprimido.
- Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)
- Soplo magnético.

### **2.8.5 Recomendaciones y condiciones.**

Para la mejor ejecución de las pruebas y una mayor seguridad se recomienda:

- Se probará el interruptor totalmente desenergizado o sea sin potencial de línea o bus en sus terminales.

- Por seguridad deberán mantenerse abiertas las cuchillas desconectoras en ambos lados del interruptor.
- Cada prueba deberá realizarse a los valores nominales del interruptor en lo que se refiere a presión de operación en sus cámaras y mecanismos (acumuladores a presión) y voltaje de control para cierre o disparo.
- Se tomará la precaución de verificar los voltajes nominales del equipo de prueba (milligraph o favac) aterrizándolo.

Las pruebas o mediciones que se consideran normales para la puesta en servicio de un interruptor son:

- Determinación del tiempo de apertura.
- Determinación del tiempo de cierre.
- Prueba de antibombeo.

Las pruebas de tiempo de apertura y cierre quedarán grabados en papel metálico en el caso de milligraph y en papel encerado en el caso del favac, donde se tienen graficadas cada fase, la bobina al energizarse y la referencia de tiempo para su cálculo.

Cada aparato tiene diferentes números de canales; existen desde 4, 8 y 12 canales para graficar al mismo tiempo.

## **2.9 APLICACIONES Y PRUEBAS**

### **2.9.1 Pruebas de subestaciones de distribución.**

En la tabla BE 2.12 se muestran las pruebas que se realizan en una subestación de distribución completa, tipo Compañía de Luz, con todo el equipo que utiliza y sus pruebas, así como los aparatos utilizados.

### **2.9.2 Apartarrayos.**

Deben limpiarse los aisladores y verificarse que no haya fracturas o rupturas en el aislador exterior.

Deben realizarse pruebas de megger y si se tiene menos de 1 000 M<sub>Ω</sub> de lectura, deben reemplazarse estos apartarrayos por otros.

### **2.9.3 Pruebas a circuitos de baja tensión.**

La NOM – 001 Relativas a las Instalaciones Eléctricas define las reglas y requisitos que éstas deberán cumplir.

La tabla BE 2.10 define los valores mínimos de resistencia de aislamiento recomendadas para instalaciones de 1 000 V o menos.

Cables de potencia:
Verificar la protección de los extremos libres.
Medir la resistencia de aislamiento antes de conectarlos.
Prueba de alta tensión (High Pot).
Faseo teórico y verificación de la conexión.
Medición de la resistencia de aislamiento después de la conexión.
Medición de factor de potencia.

Cuchillas seccionadoras
Verificar la operación manual.
Prueba de mecanismos autorizados.
Prueba de resistencia de contactos.

Transformadores de instrumento:
Medición de la resistencia de aislamiento.
Medición de la continuidad de los devanados.
Verificar la polaridad.
Secado de embobinados.
Medición de la relación de transformación.
Prueba dieléctrica del aceite.
Prueba dieléctrica del embobinado.
Medición del factor de potencia.

Pararrayos:
Verificar las conexiones primarias.
Verificar la conexión a tierra.
Medición del factor de potencia.
Medición de la resistencia de aislamiento.

Relevadores:
Verificar el montaje del tablero de control, protección y medición.
Verificar continuidad en aparatos y circuitos.
Verificar la operación de los relevadores.
Verificar la calibración y ajuste.

Instrumentos de medición:
Verificar la continuidad de aparatos y circuitos.
Calibración y ajuste.

Motores o máquinas rotatorias:
Medición de la resistencia de aislamiento de armadura y campo.
Verificar la continuidad de los embobinados de armadura y campo.
Secado de los embobinados.
Pruebas dieléctricas a los embobinados.
Verificar las conexiones.
Verificar la rotación.
Medición de la corriente de arranque y de carga.

Interruptores termomagnéticos:
Prueba de resistencia de aislamiento.
Verificación de las conexiones y aprietes.
Prueba de resistencia de contactos.
Prueba de disparo por sobrecarga.
Prueba de operaciones mecánicas.

Tableros de distribución:
Verificar el tablero completamente.
Checar todos sus bloqueos (diagramas).
Prueba de medición de resistencia de aislamiento, abriendo los interruptores o fusibles del control o instrumentación, probando todas las barras.

## Capítulo BE 3

**EQUIPO ELÉCTRICO****3.1 MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES.**

El suministro eléctrico en media o alta tensión, requiere de la aprobación del proyecto y de la obra de la Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas (UVIE), al igual que en aquellos sitios de concentración pública.

En general en las subestaciones eléctricas se requiere de un Mantenimiento poco frecuente (cada seis meses), pero es necesario contar con el equipo de protección y seguridad del personal, así como de conocimientos y capacitación del mismo, aún en el caso de que sea contratado en forma externa, pues es un servicio al que se le demanda alta fiabilidad, continuidad y disponibilidad.

En el caso de la subestación eléctrica no es aceptable el empleo de electricistas incompetentes, que frecuentemente se tienen contratados en las empresas, como es el caso de aquel que se auto califica como electricista por **¡ que no le tiene miedo a la electricidad !** (absurdo terrible y peligroso).

Un Plan de Mantenimiento para una subestación debe ser al inicio de implantación del Sistema de Mantenimiento, similar al que se presenta en la tabla correspondiente, sin embargo es importante remarcar que esta propuesta deberá de ser ajustada conforme a las condiciones particulares de operación y del medio ambiente en que se localice, así como la experiencia que se vaya adquiriendo.

Este Plan con las tareas por ejecutar dentro de un Mantenimiento Preventivo deberá:

- Profundizar en su nivel (despiece)
- Enriquecer conforme a:
  - Procedimientos
  - Instrucciones de trabajo
- Actualizarse en cuanto a
  - Precios
  - Capacitación del personal.

Tabla BE 3.1.1

**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA****Plan de Mantenimiento**

Tarea Id.	Descr.	Recursos				Cant. #	Unidad	Costo (\$)	Frec. h
		M. de O.	Cat.	Mat.	S.Ext.				
	E100	<b>EQUIPO COMPLETO</b>							
S101	Limpiar							6000	
		Electricista	E5			8.0	h	625	
		Electricista	E4			8.0	h	500	
		Electricista	E3			8.0	h	375	
				Trapo		4.0	kg	12	
				Liq Limpiador		2.0	l	30	
	\$							1,542	
I101	Revisar							3000	
		Electricista	E4			1.0	h	63	
	\$							63	
I102	Verificar		Aislamiento					6000	
		Electricista	E4			2.0	h	125	
	\$							125	
I103	Comprobar		Nivelación					6000	
		Electricista	E4			1.0	h	63	
	\$							63	
I104	Comprobar		Tierras					3000	
		Electricista	E4			0.5	h	31	
	\$							31	
S102	Revisar		Contactos	E5		4.0	h	313	
	\$							313	
								<b>2,136</b>	

## 3.2 EQUIPO DE SECCIONAMIENTO.

Las recomendaciones, en particular, para seccionadores son determinadas fundamentalmente en que se **respete su función**, para las cuales fueron diseñadas:

- Con carga
- Sin carga

Conforme a su operación deberá cuidarse: ¡ No accionar con carga los seccionadores para operar sin carga !

### 3.1.1 Mecanismo no operado por períodos prolongados.

Cuando se requiere que opere este equipo por falla o por maniobra, existen altas probabilidades de que se encuentre trabado, de no haber sido operado regularmente.

Debido a esta inactividad, es posible encontrar:

- Corrosión u oxidación
- Mecanismo con grasa reseca, que causa que el mecanismo se trabe o se rompa.
- Obstáculos físicos.
- Resortes sin brío

Es recomendable:

- Operar (dentro de lo posible) mensualmente
- Revisar su estado cada vez que se hace limpieza.

### 3.1.2 Operaciones erróneas.

Un error frecuente (si no existe bloqueo) es operar el equipo de seccionamiento (p.ej.: cuchillas seccionadoras para operar sin carga) bajo la presencia de corriente, lo que puede causar una falla importante, dependiendo de la magnitud de la corriente.

Si la cuchilla no se destruyó y se conserva en servicio, en la inspección debe considerarse este antecedente.

### 3.1.3 Precauciones.

No operar con carga la cuchilla seccionadora, para lo cual deberán tomarse las siguientes medidas:

- Librar mediante el interruptor con carga
- Después seccionar el bus con esa primera cuchilla.

Preferentemente buscar que el suministrador (CFE ó LFC) también libere sus cuchillas de la acometida.

En el capítulo correspondiente se indica el equipo de seguridad mínimo para operar.



Tabla BE 3 1.2

**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA****Plan de Mantenimiento**

Tarea Id.	Descr.	Recursos				Cant. #	Unidad	Costo (\$)	Frec. h
		M. de O.	Cat.	Mat.	S.Ext.				
Id.: E110		<b>TRANSFORMADOR</b>							
S111	Secar	Aceite			&			3,000	6000
S112	Filtrar	Aceite			&			3,000	6000
I111	Revisar								1500
		Electricista	E3			0.5	h	23	
\$								6,023	
1112	Comprobar	Fugas							3000
		Electricista	E3			0.5	h	23	
\$								23	
C111	Cambiar			Aceite		75.0	l		12000
I113		Verificar				1.0	año	4,500	
\$								10,547	
Id.: E120		<b>INTERRUPTOR</b>							
S121	Limpiar	Equipo							6000
		Electricista	E4			2.0	h	125	
\$								125	
I121	Comprobar	Contactos		Calibrar					6000
		Electricista	E4			1.0	h	63	
\$								63	
								188	
Id.: E130		<b>CUCHILLAS</b>							
S131	Limpiar	Equipo							6000
		Electricista	E4			2.0	h	125	
\$								125	
I131	Comprobar	Contactos		Calibrar					
		Electricista	E4			1.0	h	63	
								63	
\$								188	

La secuencia recomendable una vez abiertos, tanto el seccionador sin carga como el interruptor considera:

- Espera.  
No acciones nada o entre a la subestación, déjela reposar; al menos por 15 segundos, tiempo estimado para deionizar el ambiente.
- Apertura de las puertas de acceso al equipo.
- Demuestre ausencia de potencial con garrocha indicadora.
- Conecte a tierra las partes conductoras de corriente para:
  - . Remover efectos capacitivos
  - . Protección en caso de maniobra equivocada.

### 3.3 MANTENIMIENTO A LOS SISTEMAS DE TIERRAS.



El Sistema de Tierra (T) es un medio de protección para las personas físicas, las instalaciones y el equipo de la Empresa (bif en general), ya que detecta la falla a través de su conexión a tierra, por un camino de menor resistencia que el cuerpo humano.

En la Norma de Instalaciones eléctricas (utilización), NOM-001-SEIE-1999 (20 de abril de 1999), antes "Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica" (NOM - 001 - SEMP) se establece:

Identificación de conductores	blanco o gris
Condiciones de puesta a tierra	(art. 250)

La conexión a tierra de los Sistemas (T) debe hacerse en forma tal que no circulen corrientes inconvenientes por los conductores de puesta a tierra.

No se consideran como inconvenientes a las corrientes momentáneas que se producen bajo condiciones anormales, cuando los conductores de puesta a tierra están desempeñando sus funciones de protección.

En los Sistemas de Tierras múltiples, en que se tengan corrientes inconvenientes debe adoptarse alguna de las siguientes medidas:

- Cambiar su localización.
- Interrumpir adecuadamente la continuidad del conductor entre las conexiones a tierra.
- Limitar la corriente por un medio adecuado.
- Suprimir una o mas de las puestas a tierra.

No trabajar con líneas vivas, por el riesgo de acciones imprudentes.

Precaución con hacer contactos en líneas desnudas.

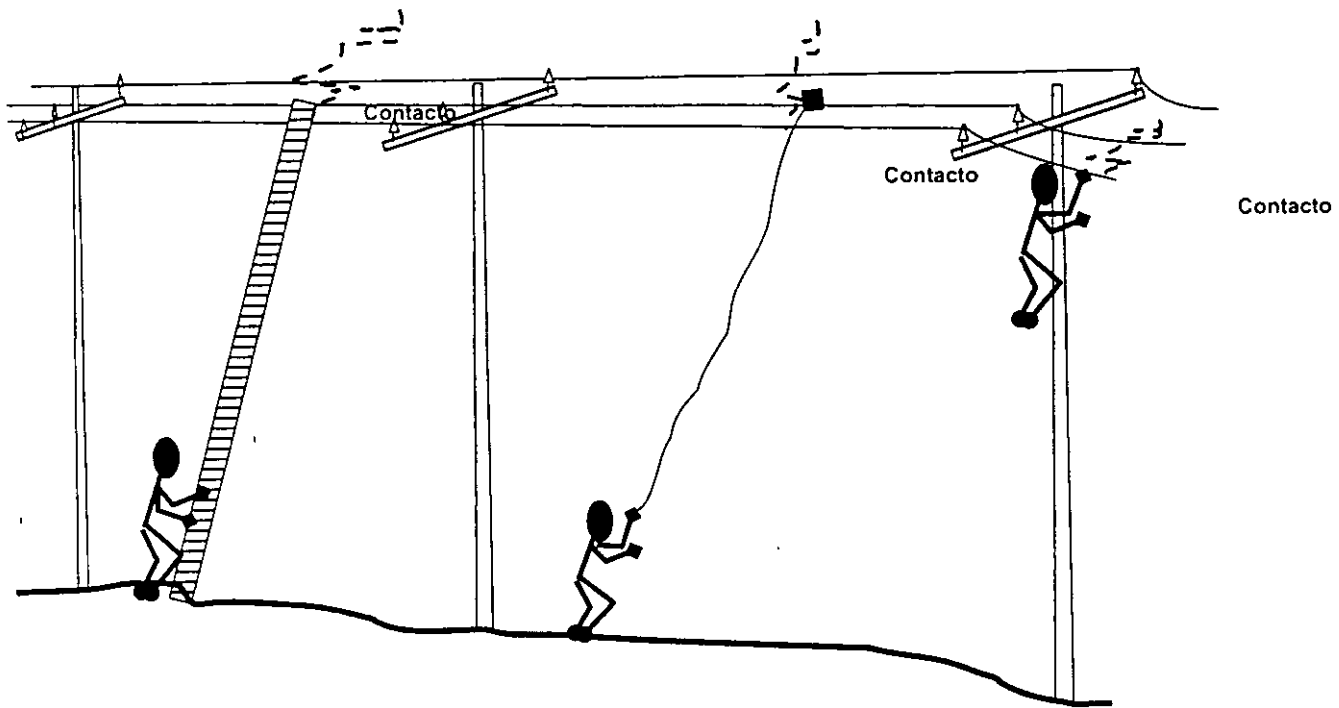


Fig. BE 3.1

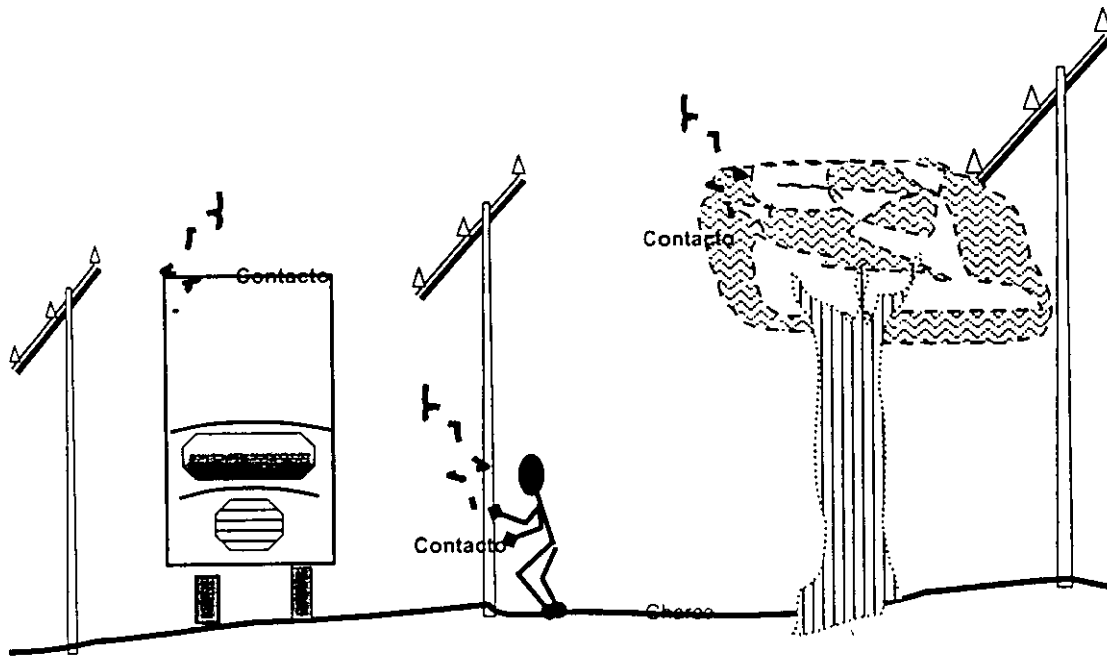


Fig. BE 3.2

– **Puesta a tierra de equipo.**

El equipo fijo en general con partes metálicas expuestas, no portadoras de corriente, incluyendo cubiertas y soportes metálicos que pudieran quedar energizados bajo condiciones anormales deben aterrizarse (puesta a tierra).

La puesta a tierra debe ser **permanente y continua**.

Esto representa que mantenimiento debe vigilar, dentro de la tarea de inspección, las puestas a tierra, fundamentalmente cuando sea reinstalado un bif que se ha retirado para mantenimiento.

Mantenimiento debe tener presente la necesidad, como medida de protección, la puesta a tierra de los elementos en que se efectúa alguna tarea.

Se presentan algunos ejemplos en las fig. BE 3.1 a BE 3.5.

Los elementos de puesta a tierra deben tener:

- Capacidad suficiente para conducir cualquiera de las corrientes que le puedan ser impuestas
- Impedancia suficientemente baja para:
  - Limitar el potencial sobre tierra
  - Facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente del circuito.

Las puestas a tierra, como se anotó, deben tener una baja impedancia, para lo cual es necesario revisar la resistividad del terreno.

Normalmente el mantenimiento del Sistema de Tierras será suficiente con:

- Humedecer los electrodos de tierra.
- Revisar sus conexiones periódicamente.

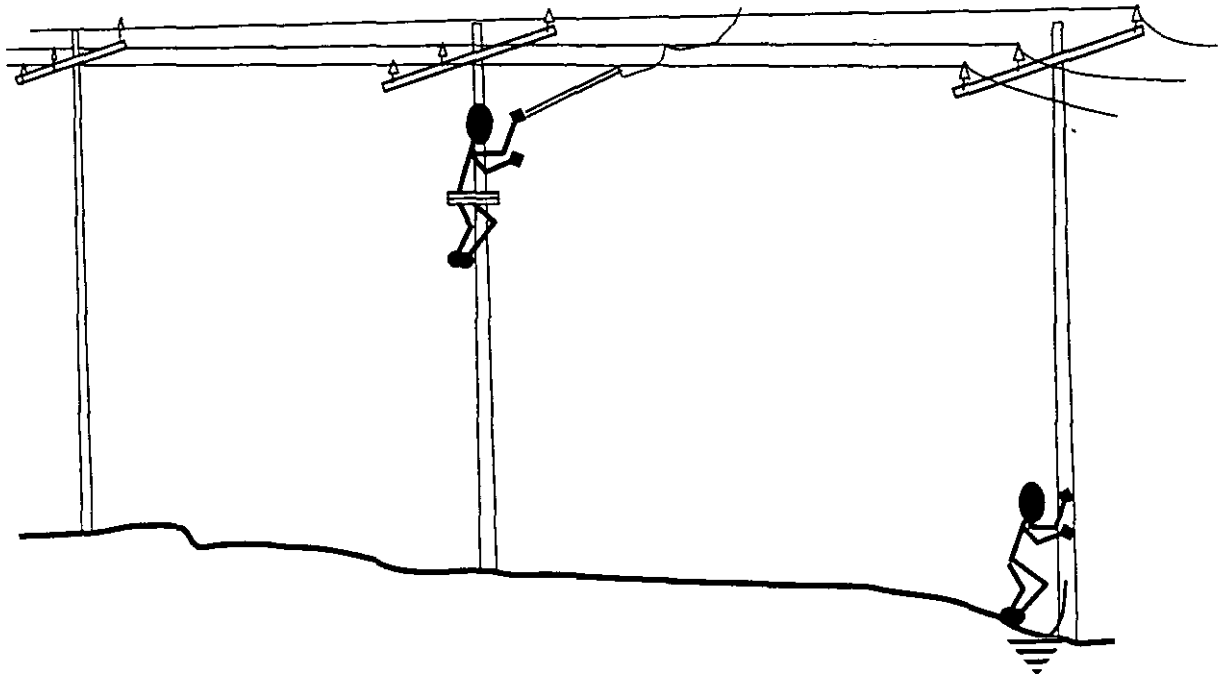
**¡Cuidado!**

Existen vendedores fraudulentos que instalan tierras milagrosas y le demuestran mejoras a su **ST** abandonado, simplemente efectuando ellos las tareas indicadas anteriormente y vendiendo elementos que por sí solos no hacen diferencia..

Otras funciones del Sistema de Tierras son:

- Ahorro de energía
- Reducir las caídas de tensión
- Regulación

Consultar el libro sobre Instalaciones Electromecánicas (Electricidad) de SOMMAC



Conexión a tierra

### Conexión a tierra efectiva como medida de protección y seguridad

Fig. BE 3.4

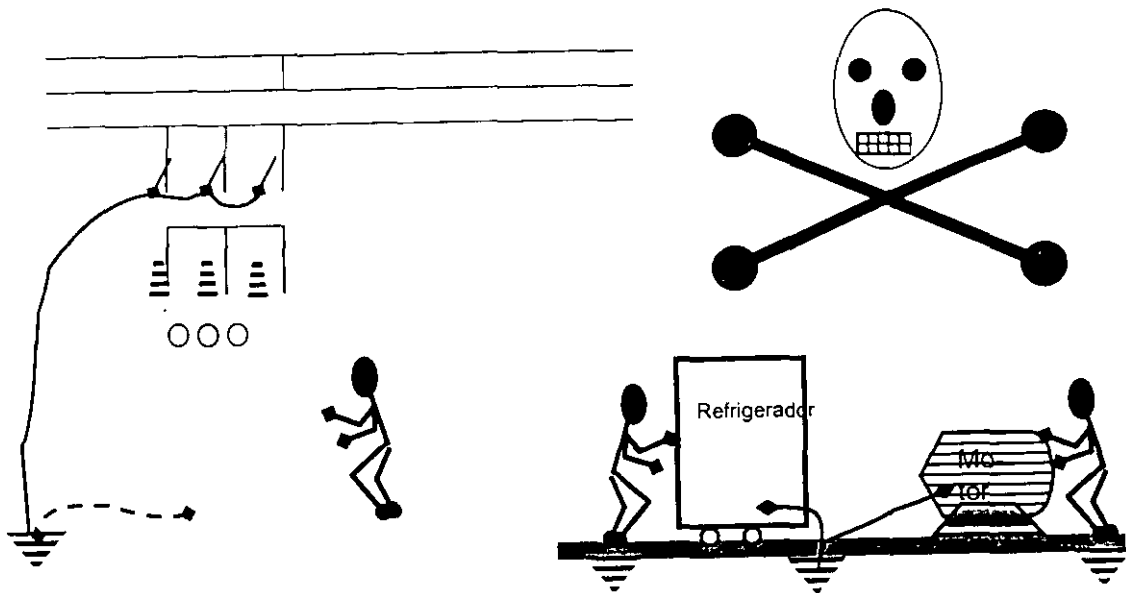


Fig. BE 3.5

¡ PELIGRO !

Prohibido el paso a personal no idóneo a Subestaciones.

## Capítulo BE 4

**MANTENIMIENTO A TRANSFORMADORES.**

En la industria y grandes comercios, oficinas y obras de importancia en general, se requiere de la instalación de una subestación.

Los transformadores son equipos electromagnéticos estáticos que convierten la tensión de suministro en la de uso o distribución. Son generalmente los equipos más importantes de las subestaciones, de mayor costo y que requieren el mayor mantenimiento.

Aplicando la premisa básica del Mantenimiento: **"conozca su equipo"**, se debe en este bíf recordar que es:

- Estático
- Requiere máxima ventilación
- La sobrecapacidad soportable por el transformador:
  - Enfriamiento "OA" (open air), con ventilación natural.  
Cumple con su capacidad nominal.
  - Enfriamiento "FA" (forced air), con aire forzado.  
Permite aproximadamente 33 % más que la capacidad nominal.
  - Enfriamiento "FOA" (forced oil and air), con aire y aceite forzado.  
Permite aproximadamente 66 % más que la capacidad nominal..
- Pintarse con colores claros para reflejar el calor.
- No recibir los rayos del sol directamente.
- Conectarse a un buen sistema de tierras.
- Contar con almacenamiento inferior equivalente a la capacidad del aceite alojado en el tanque, para reducir el riesgo en caso de fugas. Este es un requerimiento normativo "absurdo"..
- Contar con elementos para protección contra incendio:
  - Extinguidor para fuegos "C" (bióxido de carbono).
  - Sistema de rocío para enfriamiento del tanque en caso de incendio, empleado en transformadores con capacidades mayores a 10 MVA.
  - Cubeta de arena.
- Disponer del equipo para operación de los mantenentes
- Aterrizar rodas sus terminales en condiciones de servicio
- Askarel. Está prohibido el uso de este dieléctrico (ver el capítulo correspondiente).

Se presenta una propuesta de ficha de control para el mantenimiento en las tablas BE 4.1 a BE 4.3

Las características de los transformadores se resumen en la tabla BE 4.4.

**Nota:** En el texto se presentan: "C" causas o problemas, "S" posibles soluciones



Recordar que todo el equipo eléctrico requiere para su mantenimiento de:

- . Secado               **S**
- . Apriete             **A**
- . Limpieza           **L**

Debido al alto riesgo que representa el equipo en alta tensión es necesario extremar las precauciones y emplear trabajadores con capacitación adecuada.

#### 4.1 FALLAS EN EL ACEITE.

El incremento de humedad en el aceite da por resultado una disminución en su valor de tensión de ruptura o rigidez dieléctrica.

P	S	FALLAS EN EL ACEITE.
1		<b>Humedad</b>
	1	Originada por el aire que puede absorber el transformador en su proceso de trabajo.
	1.1	Fallas en las juntas
	1.2	Fugas en general.
	1.3	Descomposición propia del aceite y los aislamientos.
	2	Analice las características del aceite periódicamente, cuidando que conserve las condiciones indicadas en la tabla BE 4.1.

#### 4.2 FALLA EN EL EQUIPO AUXILIAR.

P	S	FALLA EN EL EQUIPO AUXILIAR.
1		El equipo auxiliar de protección y medición falla.
	1	Inspeccionar los equipos de protección y medición constantemente, verificando su estado, número de operaciones de interruptores.
		Verificar:
	1.1	Instrumentos de medición.
	1.2	Condiciones nominales del transformador.
	1.3	Tornillería de las terminales y conexiones.
	1.4	Estado de aisladores y boquillas (bushings).
	1.5	Tanque. Debe estar:
		Limpio
		Sin fugas
		Sin señales de "abombamiento"



Tabla BE 4.3

**CARACTERISTICAS DE LOS BIENES FISICOS.**

Nombre:	TRANSFORMADOR	Mantenimiento		Características		
Código:	EST01	Preventivo				
Lugar	A02070	(h)	Clave	Color	Gris	
Proveedor	CATSA	5,000		Altura	mm	
Garantía	15 años	1,000		Largo	mm	
Compra	9309	500		Ancho	mm	
Marca	México	100				
		50		Peso	5000	Kg

Tabla BE 4.4

**CARACTERISTICAS DE LOS BIENES FISICOS.**

ESPECIFICACIONES:				MANUALES			
1	Capacidad	75	kVA	Clave	Copias		
2	Fases	3			Operación		
3	Frecuencia	60	Hz		Mantenimiento		
4	Tensión				Partes		
	Alta	23	kV				
	Baja	220 / 127	V				
	Conexión	-Y		Clave	Cant.	Frec.	(\$/u)
6	Derivación	2+/-	2.5 %	1			
7	Impedancia		3.5 %	2			
8	Enfriamiento	OA / FA		3			
9	altitud		2000 msnm	4			
10	Servicio	Interior		5			
11	Aceite			6			
	Marca	Mex		7			
	Capacidad	60	l	8			
12				9			
13				10			
14							
15	AUXILIARES			HERRAMIENTAS			
	Protección			Clave	Cant.	Esp.	(\$/u)
	Ventilador			1			
				2			
				3			

## 4.3 FALLAS EN LOS DEVANADOS:

P	S	FALLA EN LOS DEVANADOS
1		<b>Falsos contactos</b>
		Estos deterioran el:
1.1		Aislamiento
1.2		Contaminan el aceite, produciendo:
2.1		Gasificación
2.2		Carbono
2.3		Abombamiento del tanque del transformador.
		Esta falla se manifiesta por:
3.1		Presencia de carbono en las terminales
3.2		Terminales carcomidas
		Se adquiere una coloración intensa en:
4.1		Aislamiento
4.2		Conductor.
	1	<b>Apriete.</b>
	1.1	Los falsos contactos se originan por terminales flojas.
	1.2	Inspeccionar periódicamente las terminales externas e internas del transformador.
2		<b>Cortocircuito externo.</b>
		Esta falla es producida por un corto externo al transformador y dependerá de la intensidad y su tiempo de duración.
		La corriente que circula durante el corto circuito se traduce en esfuerzos mecánicos que distorsionan los devanados, e inclusive los mueve de su lugar.
		Si el corto circuito es intenso y de una larga duración, su efecto se reflejará en:
2.1		Degradación del aceite
2.2		Sobrepresión
2.3		Arqueos
2.4		Abombamientos en el tanque del transformador.
	2.1	<b>Después de una falla</b>
		En este tipo y teniendo la certeza que ésta se ha eliminado, se deberá revisar exhaustivamente el transformador para determinar si está o no dañado.
		Se deberán revisar las protecciones del transformador, comprobando la capacidad nominal del mismo.
3		<b>Corto circuito Interno:</b>
		Este tipo de fallas son el resultado de aislamientos que pierden sus características por:
		Exceso de humedad,
		Sobrecalentamientos continuos,
		Alteraciones en el voltaje, etc.

Tabla BE 4.5

**TRANSFORMADOR.****ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS**

. Aceite y los aislamientos.	
. Número de Neutralización	0.04
. Tensión max. intercala	36 diners/cm
. Peso específico a 20°C	0.844
. Índice de Viscosidad	88
. % carbón rambsbottom	0.084
. Resistencia dieléctrica	26 kV.
. Apariencia	clara y brillante
. Factor de Potencia	0.1 %
. Cantidad de Humedad	35 ppm.
Un aceite contaminado presenta los siguientes valores:	
. Contenido de humedad	80 ppm.
. Rigidez dieléctrica	22 kV.
Antes de cambiar el aceite del transformador se deberá limpiar el tanque.	
. Se deberá llenar al vacío	

P	S	FALLA EN LOS DEVANADOS
	1	En estas fallas el devanado se deteriora solo en el punto de falla y se detecta por:
	1.1	Degradación que sufre el aceite
	1.2	Ionización que produce el corto interno,
	1.3	Depósitos de carbono en el aceite y
	1.4	Posibles "abombamientos" del tanque
		Esta falla tarda en poner fuera de servicio al transformador y se deberá detectar en los análisis que se realicen a las muestras del aceite del transformador.
4		<b>Sobretensiones Transitorias.</b>
		Estas son producidas generalmente por:
	4.1	Falsas operaciones de switcheo,
	4.2	Puesta en servicio o desconexión de bancos de capacitores.
		Los sobrevoltajes que se presentan pueden ser del doble del voltaje nominal.
		El daño que se causa al transformador es a largo plazo, ya que se presenta en algunas ocasiones como un corto circuito interno o entre espiras.
	4.1	Si el aislamiento de las bobinas del transformador se encuentra resentido o deteriorado, la falla se puede manifestar en forma de "disparo de bala expansiva".
		La ionización generada contamina el aceite, lo gasifica y puede ocasionar el "abombamiento" en el tanque del transformador.
		Al presentarse este tipo de fallas, el transformador se debe "poner fuera de servicio", extraer el aceite al transformador y someterlo a un mantenimiento exhaustivo.
5		<b>Sobrecargas.</b>
		Las sobrecargas continuas ocasionan en el transformador un envejecimiento prematuro, que destruye el aislamiento, presentándose principalmente cortocircuito interno con las consecuentes fallas en el aceite, mencionadas en la falla por cortocircuito externo.
	5.1	Se deberá someter a análisis el aceite del transformador, al igual que la falla por cortocircuito interno
		Se deberá tomar en cuenta la carga conectada al transformador, que no deberá ser mayor que la capacidad nominal del mismo, para evitar la falla por sobrecarga.
6		<b>Sobretensiones por descargas atmosféricas.</b>
		En caso de que los apartarrayos estén deteriorados y la falla pasa al transformador y rebasa el nivel del impulso, el devanado fallará por el esfuerzo de sobrecarga a que fue sometido.
		La falla se manifiesta por las bobinas deterioradas cercanas a los herrajes del transformador.

Tabla BE 4.6

**MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES.**

1.	Revisión de:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características eléctricas del suministro.</li> <li>• Especificaciones generales del transformador.</li> </ul>
2.	Relación de transformación.
3.	Medición y prueba de:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resistencia de aislamiento.</li> <li>• Factor de potencia del aislamiento.</li> <li>• Resistencia óhmica de los devanados.</li> </ul>
4.	Revisión de:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Termómetros.</li> <li>• Equipos y protecciones en general.</li> </ul>
5.	Verificar el nivel de aceite.
6.	Verificar fugas.
7.	Verificar el estado y sellado de las juntas.
8.	Limpiar el tanque y las boquillas (bushings).
9.	Apriete general de tornillería y conexiones.
10	Verificar la ventilación del local en que se aloja el transformador.
11	Verificar que no haya trazos de carbón, ni desperdicio de gases o humos.
12	Verificar las características del aceite mediante una muestra

P	S	FALLA EN LOS DEVANADOS
	6.1	<b>Apartarrayos (surge arrester).</b>
		Revisar en forma periódica los apartarrayos y sus conexiones y terminales.
		Si la falla se presenta en el transformador, se deberá someter a análisis de aceite del mismo, así como a las inspecciones y pruebas de aislamiento de los devanados, boquillas, etc.
	6.2	<b>Transformador.</b>
		Pruebas básicas a realizar para su mantenimiento son:
	1	Relación de transformación.
	2	Resistencia al aislamiento.
	3	Factor de potencia del aislamiento.
	4	Resistencia óhmica de los devanados.
	5	Verificación del estado del tanque, junta, sellos, etc.
	6	Limpieza general de tanque conexiones, bushing, etc.
	7	Apriete de conexiones.
	7.1	Verificar el nivel de aceite.
	7.2	Verificar si hay:
	.1	Depósitos de carbón y
	.2	Desprendimiento de gases o
	.3	Humos en terminales.

#### 4.4 CONSUMO EXCESIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

La sobrecapacidad del transformador representa baja de eficiencia y bajo factor de potencia, al igual que una subutilización, por lo cual en los casos de instalación del tipo selectivo secundario deberá, atendiendo a la carga, determinarse el mejor arreglo y conexión de los transformadores para satisfacer la demanda. En función de la carga se debe calcular el consumo.

P	S	CONSUMO EXCESIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
1		<b>Sobrecapacidad del transformador (error de proyecto).</b>
	1	<b>Substituya el transformador.</b>
		Cuando se tengan transformadores en paralelo, defina un criterio de conexión, acorde con la operación.
	2	Revise la carga.
	3	Revise la operación.
2		<b>Presencia de armónicas(error de proyecto).</b>
	2.1	<b>Instalación de filtros.</b>
		Efectuar mediciones y determinar el tipo de filtro por instalar.

## Capítulo BE 5

**MANTENIMIENTO A INSTALACIONES ELÉCTRICAS.**

Para un adecuado mantenimiento de las instalaciones eléctricas se requiere de:

- Diagrama unifilar
- Planos eléctricos
- Arreglo de conjunto
- Esquemas (ejemplo Fig. BE 5.1).  
En ocasiones es conveniente elaborar estos esquemas que en forma simple muestren los principales elementos y su ubicación dentro de la empresa
- Tablas básicas para la inspección y análisis  
Se anexan las para el mantenimiento de las instalaciones eléctricas.
- Normas aplicables.

Los conceptos relevantes a considerar son:

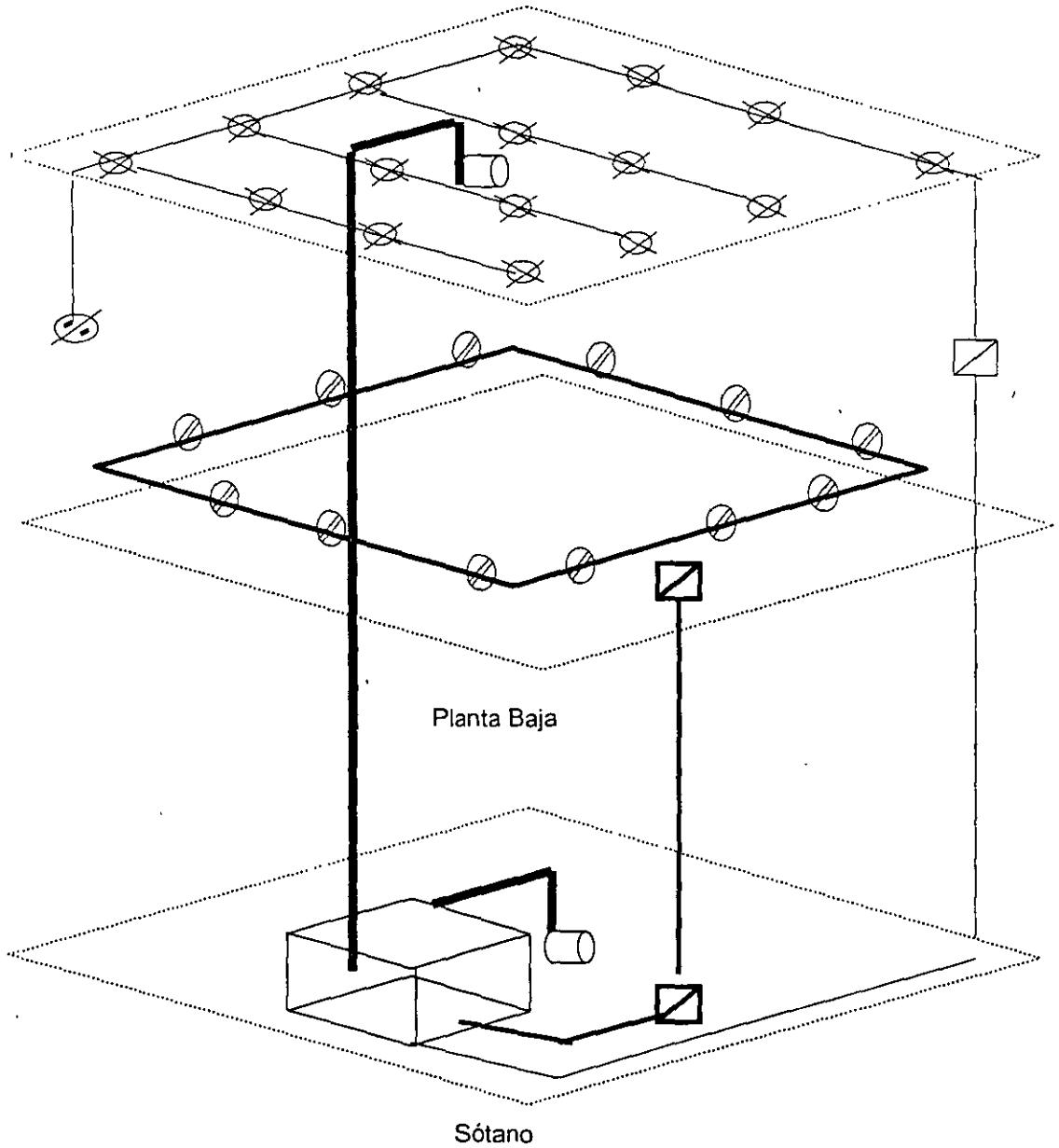
**5.1 BALANCEO DE CARGAS.**

En la revisión de los tableros es necesario revisar que el balanceo no sea superior al 5%, considerando: :

- **Proyecto (estático)**  
Determina el balanceo de las fases de diseño, independientemente de las condiciones actuales reales de funcionamiento (operativo) en las que pudiera haber diferencias, pero aún así define un criterio base de referencia que se elaboró con ingeniería.
- **Operativo (dinámico)**  
Determina el balanceo de las fases en operación, en las que se deben identificar las variaciones de la distribución de cargas en el tiempo y uso de equipo. Mantenimiento debe conocer el balanceo de proyecto, pero debe ajustar el balanceo de las cargas a lo largo del mes para:
  - Ahorro de energía.  
Mayor aprovechamiento de los conductores por pérdidas y caídas de tensión.
  - Menor pago por facturación

El balanceo de cargas es simple en los tableros, pues representa intercambiar posiciones

### EQUIPO ELÉCTRICO EN UNA INDUSTRIA








- |   |                          |   |                          |   |
|---|--------------------------|---|--------------------------|---|
| 1 | Subestación compacta     | 2   | Ductos o barras aisladas |  |
| 3 | Tableros de alumbrado    |  | 4                        | Luminarios  |
| 5 | Apagadores               |  | 6                        | Canalizaciones y accesorios   |
| 7 | Tableros de distribución |  | 8                        | Contactos   |
| 9 | Motores                  |  | 10                       | Arrancadores y señalización   |

Fig. BE 5.1



## 5.2 CAÍDA DE TENSIÓN.

La caída de tensión representa:

– **Pérdidas por efecto Joule**

$$p = i^2 R$$

Estas pérdidas se traducen en calor que trae como consecuencia el deterioro del aislamiento y por lo tanto mayores probabilidades de riesgo.

– **Condiciones adversas de operación.**

En algunos equipos, principalmente motores, al recibir menor tensión, para una potencia demandada, requieren mayor corriente que genera calor y por lo tanto pérdidas, con el alto riesgo de quemarse por protecciones inadecuadas o su falla. En otros equipos, por ejemplo focos incandescentes, se reduce su eficiencia.

En el diseño de las instalaciones se toman en cuenta factores que varían notablemente en su aplicación debido a incrementos de carga, relocalización de equipos e instalaciones provisionales (revisar art. 306 de la NOM) efectuadas sin un criterio técnico. Por lo tanto, mantenimiento debe revisar las instalaciones verificando los calibres de los conductores conforme a su funcionamiento real y las expectativas de uso próximo. Se sugiere, entre otros criterios aplicar el indicado en la tabla BE 5.1.

La selección de los conductores durante su diseño considera básicamente:

### 5.2.1 Factor de agrupamiento.

En la NOM se establece el número máximo de conductores por canalización, respetando una ocupación inferior al 40% de la sección transversal.

### 5.2.2 Factor por temperatura.

Mantenimiento debe vigilar que las canalizaciones conserven el cableado aceptable y conforme a la NOM, en cuanto a la afectación por temperatura, tanto sobre el aislamiento como por caída de tensión al subir la resistencia del conductor.

## 5.3 PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN.

Es necesario que Mantenimiento respete las protecciones, sin bloqueos y la armonía entre.

- Carga máxima demandada
- Carga instalada
- Ampacidad de los conductores.
- Protección de circuitos.

Tabla BE 5.1

**Tamaño nominal mínimo de los conductores**

Tabla 310- 5. (NOM)

Tensión eléctrica nominal del conductor (V)		Tamaño nominal mínimo del conductor		
de	a	mm <sup>2</sup>	AWG	Material
0	2000	2,082	14	Cobre
		13,3	6	Aluminio
2001	5000	8,367	8	Cobre
		13,3	6	Aluminio
5001	8000	13,3	6	Cu o Al
8001	15000	33,62	2	Cu o Al
15001	25000	42,41	1	Cu o Al
28001	35000	53,48	1/0	Cu o Al

**310-15. Capacidad de conducción de corriente.**

b) Supervisión por personas calificadas. Con la supervisión de personas calificadas, se permite calcular la capacidad de conducción de corriente de los conductores mediante la siguiente fórmula general:

Ecuación:

$$I = \left( (T_c - (T_A + \Delta T_D)) / (R_{CD} (1 + Y_c) R_{CA}) \right)^{1/2}$$

donde:

- TC Temperatura del conductor (°C).
- TA Temperatura ambiente (°C)
- $\Delta T_D$  Incremento de la temperatura por pérdidas del dieléctrico.
- RCD Resistencia de CC. del conductor a la temperatura TC.
- YC Componente de resistencia de CA. debida a los efectos superficial y de proximidad.
- RCA Resistencia térmica efectiva entre el conductor y el ambiente que lo rodea.

## Capítulo BE 6

**MANTENIMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS.****PRONTUARIO.**

Para el adecuado desarrollo del Mantenimiento es necesario conocer del equipo sus:

1. Características > datos de placa
2. Medir su comportamiento > eficiencia

Para determinar el orden de las eficiencias esperadas del equipo en la tabla anexa se presentan los valores estimados, conforme a la NOM-001-SEMP, base de referencia sobre la cual se podrá obtener una primera versión del estado del equipo. En forma similar se proporcionan valores aproximados de factores de potencia de los motores en la tabla correspondiente.

Como ejemplo, también se anotan los valores de eficiencia de una bomba para poder obtener el valor combinado de eficiencia de un conjunto; los equipos mecánicos son menos eficientes que los eléctricos. Los equipos aumentan de eficiencia a medida que aumentan de tamaño (las pérdidas no son lineales, ni proporcionales).

3. Operación.

Con las referencias indicadas el manteniendo conoce el entorno del equipo. Adicionalmente es fundamental que comprenda el comportamiento del motor (curvas características) y conozca sus condiciones de operación:

- mínima
- máxima
- normal
- caso de emergencia

4. Equipo accionado.

Debe conocerse su comportamiento, para comprender las sobrecargas y posibles variaciones en el funcionamiento.

5. Estado del sistema motriz en forma integral (motor, equipo accionado y transmisión).

A continuación se relacionan algunas de los problemas y fallas que se pudieran presentar con más frecuencia, así como algunas probables formas de resolverla.

Tabla BE 6.1

**EFICIENCIA DE MOTORES ELÉCTRICOS.**

Pot. nominal	INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA						SÍNCRONO *		
	127 HP (A)	V (W)	1 f (%)	220 (A)	V (W)	3 f (%)	220 (A)	V (W)	3 f (%)
1/6	4.0	506	25						
1/4	5.3	667	28						
1/3	6.5	828	30						
1/2	8.9	1,127	33	2.1	796	46.8			
3/4	12.5	1,587	35	2.9	1,115	50.2			
1	14.5	1,840	41	3.8	1,433	52.0			
1.5	18.1	2,300	49	5.4	2,070	54.1			
2	21.7	2,760	54	7.1	2,707	55.1			
3	30.8	3,910	57	10.0	3,822	58.6			
5	50.7	6,440	58	15.9	6,052	61.6			
7.5	72.4	9,200	61	23.0	8,759	63.9			
10	90.6	11,500	65	29.3	11,148	66.9			
15	kW			43.9	16.7	66.9			
20	kW			56.5	21.5	69.4			
25	kW			71.1	27.1	68.9	55.4	21.1	88.4
30	kW			83.6	31.9	70.3	65.9	25.1	89.2
40	kW			108.7	41.4	72.1	86.8	33.0	90.3
50	kW			135.9	51.8	72.1	108.7	41.4	90.1
60	kW			161.0	61.3	73.0	128.6	49.0	91.4
75	kW			200.7	76.4	73.2	162.0	61.7	90.7
100	kW			259.3	98.7	75.6	211.2	80.4	92.8
125	kW			326.2	124.2	75.1	264.5	100.7	92.6
150	kW			376.4	143.3	78.1	315.7	120.2	93.1
200	kW			501.8	191.1	78.1	418.2	159.3	93.7

Factor de potencia = FP

\* Los valores anotados corresponden a FP = 1, los valores de corriente se modifican con  $f_a$ .

FP	$f_a$
1.0	1.00
0.9	1.10
0.8	1.25

Advertencia:

Los valores de eficiencia obtenidos para el motor síncrono son superiores a los reales. Se sugiere obtener estos valores de los fabricantes, con la precaución de que sean certificados o con Consultores con experiencia real, respaldada.

Ref.:

Ver tabla 430-148 y 430-150 del NEC (1993) y las correspondientes del NOM-001-SEMP (1994).

Las tensiones consideradas en el NEC son:

115 V

230 V

## 6.1 MOTOR BLOQUEADO AL ARRANQUE.

P	S	MOTOR BLOQUEADO AL ARRANQUE.
1		Freno mecánico accionado.
	1	Revise que el freno esté liberado.
	2	Ajuste inadecuado del freno.
2		Rotor bloqueado mecánicamente.
	1	Revise que la carga accionada, incluyendo sus mecanismos no se encuentren bloqueados.
3		Presión baja del aceite de lubricación.
	1	Revise el sistema de lubricación: tubería obstruida, fugas, etc.
4		Nivel de aceite bajo en el tanque de almacenamiento del lubricante.
	1	Verificar el nivel en el tanque de almacenamiento
5		Presión y gasto de agua de enfriamiento insuficiente.
	1	Verificar el sistema de enfriamiento: fugas, obstrucciones de la tubería y revisión de bombeo.
6		Protecciones del arrancador bloqueado.
	1	Verifique el arrancador interruptor, protecciones y conexiones.

## 6.2 SOBRECALENTAMIENTO DE LAS CHUMACERAS.

P	S	Chumacera con sobrecarga radial.
1		Flecha torcida y/o pandeada
	1	Verifique la flecha, rectifíquese o reemplácela.
2		Presión o gasto de lubricante inadecuado
	1	Revise el sistema de lubricación.
3		Elementos rotos o pistas cascadas de los rodamientos.
	1	Reemplace el rodamiento defectuoso.
4		Chumacera trabaja con sobrecarga axial.
	1	Verifique el alineamiento del centro magnético del rotor..
	2	Verifique la holgura de acoplamiento entre rotor y equipo accionado.
	3	Revise los empujes a que está sujeta la chumacera
	4	Revise el desgaste de la chumacera.
4		Chumacera muy caliente por sobrecarga
	1	Verifique el alineamiento de la flecha del motor y el equipo accionado.
	2	Revise los empujes a que está sujeta la chumacera,
	3	estado de desgaste de la chumacera.
5		Características incorrectas del aceite.
	1	Verifique la viscosidad especificada del aceite de lubricación.
	2	Revise posible contaminación del lubricante.

Tabla BE 6.2

### FACTOR DE POTENCIA DE MOTORES ELÉCTRICOS (INDUCCIÓN, JAULA DE ARDILLA)

% carga	100		75		50		20		10	
	3600	1800	3600	1800	3600	1800	3600	1800	3600	1800
200	90	88	89	87	83	79	72	66	60	52
300	91	90	89	88	84	81	72	67	61	54
500	91	90	90	89	86	83	73	68	62	56
750	91	90	90	89	87	84	74	69	63	58
1 000	92	91	91	89	88	90	77	71	66	60

Notas:

- FP a plena carga aumenta con el tamaño de los motores.

Tabla BE 6.3

### EFICIENCIA DE MOTORES ELÉCTRICOS AL VARIAR EL % DE CARGA

Carga	100%		75%		50%		25%	15%	10%
	3,600	1,800	3,600	1,800	3,600	1,800			
1/4	68.0	68.0	67.0	67.0	64.0	64.0			
50									
200	92.5	92.0	92.0	91.5	91.0	90.5	77.0	67.0	57.0
300	93.5	92.5	93.0	92.5	92.0	91.0			
500	94.0	93.0	94.0	93.0	93.0	91.5			
750	94.5	93.0	94.5	93.5	93.4	91.8			
1 000	95.0	94.0	96.0	93.0	93.5	92.0			

### 6.3 SOBRECALENTAMIENTO DE BOBINAS O DEVANADOS.

P	S	SOBRECALENTAMIENTO DE BOBINAS O DEVANADOS
1		Motor está sobrecargado
	1	Revise las condiciones de operación del motor, voltaje, corriente, potencia, etc.
	2	Verifique la línea de suministro del motor (tensión).
2		Falla en el aislamiento de los devanados
	1	Verificar la resistencia del aislamiento
3		Falla en el sistema de enfriamiento
	1	Verifique el sistema de enfriamiento del motor:
	.1	Gasto
	.2	Presión

### 6.4 MOTOR SUCIO.

P	S	MOTOR SUCIO.
1		Ventilación obstruida, las bobinas del rotor sucias y/o empolvadas.
	1	Limpieza. Se deberá desarmar y limpiar todas sus partes.
		Un motor limpio funciona con una temperatura de 10 a 30°C menor que uno sucio.
	2	Verifique el entorno y condiciones extremas de trabajo.
		En caso de incremento de la suciedad del medio plantear:
		Modificación de la protección del motor
		Instalación de una cubierta externa adicional.

### 6.5 MOTOR MOJADO O HÚMEDO.

P	S	MOTOR SUCIO.
1		El motor estaba sujeto a goteo, chorro de agua o inundación.
	1	El motor deberá protegerse adecuadamente y deberá secarse con chorro de aire.
		En caso de inundación el motor se deberá desarmar y secar en horno o con resistencias eléctricas.
	2	Verifique el barniz aislante y la resistencia a tierra de los devanados.
	3	Ambiente húmedo.
		Si el motor se encuentra parado, se deberán conectar las resistencias del rotor para calentarlo y evitar la condensación en los devanados.

Tabla BE 6.4

**TENSIÓN RECOMENDABLE EN MOTORES**

Potencia de motores (HP)			
V	mínimo	medio	Máxima
127	0.05	1	5
220	2	10	50
440	20	100	500
2,300	200	1,000	5,000
4,160	500	1,000	7,500
13,200	2,500	10,000	50,000

**NOTA:**

- La tensión recomendable es función, adicionalmente de la capacidad, de factores tales como: tipo de arranque, capacidad de los transformadores y del sistema de suministro, rebasando ocasionalmente los rangos anotados.
- \* En general no se recomienda esta tensión, dado que los costos de arrancador y cableado no se modifican a tensiones de 4160 V.



## 6.6 CONSUMO EXCESIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Este punto es de máxima importancia (desde 1973), al incremento notable de los precios de los energéticos a nivel mundial. Con la apertura comercial (México 1994), es necesario incrementar la productividad de la empresa para poder ser competitivos, lo que puede lograrse fácilmente mediante el ahorro de energía, aplicando el motor correcto, entre otras medidas.

En función de la carga se debe calcular el consumo de energía en los motores.

P	S	CONSUMO EXCESIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
1		Sobrecapacidad del motor (error de proyecto).
	1	Substituya el motor
	2	Revise la carga.
	3	Revise la operación.
2		Sobrecapacidad del motor (cambio de las condiciones de trabajo).
	1	Adecuar las características del motor
		Revise la posibilidad de modificar la operación del motor mediante la transmisión y/o la variación de la frecuencia (inversor) .
3		Armónicas (detectadas con aparatos)
	1	Instalar filtros

### 6.6.1 Consideraciones de operación.

Respecto a la carga nominal, la eficiencia de los motores unitarios baja muy ligeramente (aprox. 1 %) de 3/4 a 1 ¼ de la carga.

La eficiencia de los motores a ½ carga baja (respecto a los 3/4 de la carga):

- . máximo 1% en capacidades mayores de 10 hp
- . alrededor de 3% en capacidades 1 a 7.5 hp
- . alrededor de 4% en capacidades fraccionarias

Las eficiencias en motores unitarios a 5/4 de carga son aproximadamente intermedios entre 1/2 y 3/4 de la carga; en los fraccionarios son aproximadamente iguales a las de 3/4.

Las eficiencias decrecen notablemente a menos del 50 % de carga y muy drásticamente a partir del 25 %.

El % de carga se puede determinar aproximadamente

$$\% \text{ carga} = 100 (V_s - V_{\text{medida}}) / (V_s - V_{100\%})$$

Tabla BE 6.5

**MANTENIMIENTO CORRECTIVO A MOTORES.**

1	Identificación del motor	
2	Diagnóstico eléctrico	
3	Desensamble del motor	
4	Identificación de las partes del motor	
5	Diagnóstico mecánico	
6	Dimensionamiento mecánico	
7	Almacenamiento de las partes del motor	
8	Determinación de tiempos y materiales:	Mecánica Eléctrica
9	Elaboración de diagramas eléctricos	
10	Desembobinado	
11	Limpieza de núcleos magnéticos o estator	
12	Prueba de toroide	
13	Fabricación	Aislamientos Bobinas
14	Montaje de bobinas	
15	Soldadura	
16	Impregnación	
17	Horneo	
18	Prueba de alto potencial	
19	Prueba de resistencia	Aislamiento Óhmica
20	Prueba de impulso	Entre espiras Armadura
21	Limpieza de partes mecánicas	
22	Balanceo dinámico del motor	
23	Cambio de rodamientos	
24	Ensamble del motor	
25	Ensamble del cople	
26	Prueba de resistencia	Aislamiento Óhmica
27	Prueba final de operación en vacío	
28	Pintura	
31	Verificación de documentación	
30	Embalaje, almacenamiento y embarque	

El Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronic Engineers - IEEE) determinó que el mantenimiento inadecuado de los bifs eléctricos en las plantas industriales es causa significativa de las fallas, aprox. 1/6 parte de ellas (16.5 %). Ver tablas BE 1.2, BE 1.3 y BE 1.4.

La necesidad imperiosa de Ahorro de Energía para incrementar la productividad de la Empresa y ser más competitivos, obliga a revisar su Mantenimiento Eléctrico, como actividad fundamental para conseguir estos objetivos. Adicionalmente demanda que los mantenentes capaciten en la operación de los equipos e instalaciones eléctricas a los usuarios para tratar de evitar las fallas y procurar el uso racional de la energía.

## 1.2 RECURSOS PARA EL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO.

El Mantenimiento Eléctrico Preventivo (MEP) requiere para su desarrollo de los recursos (tabla BE 1.6) siguientes:

### 1.2.1 Bitácora.

Debe efectuarse la documentación de las fallas eléctricas en la Empresa, incluyendo en su análisis:

- Determinación de la causa
- Procedimiento de erradicación.

Adicionalmente se deben asentar los riesgos que representan las instalaciones eléctricas inadecuadas como **advertencia a la directiva de la Empresa**, conforme a lo que establece el Reglamento de Construcciones en el DF y las obligaciones de la UVIE (estos requerimientos no se observan)..

### 1.2.2 Equipo de medición y prueba.

En función del tipo, complejidad y tamaño de la Empresa y las características de sus bifs se definirán los equipos eléctricos de medición y prueba requeridos, con los cuales se debe de contar. Se consideran en general los indicados en la tabla BE 1.5, enumerado el orden de prioridad de adquisición.

**¡ Sin equipo de medición y prueba no es posible dar mantenimiento !**

Conviene en ocasiones, por el alto costo de algunos de estos equipos y la baja frecuencia de su uso, la contratación de empresas que cuenten con los equipos y la experiencia necesaria para obtener un adecuado Diagnóstico, que proporcione las bases para la toma de decisiones de:

- . Reemplazo total
- . Reparación
- . Mantenimiento menor.

Tabla BE 1.2

**FALLAS DE EQUIPO ELECTRICO.**

Clave	EQUIPO	Causas (%)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Transformadores	40	2	5	3	15	10	2	3	20
2	Interruptores	20	0	4	3	20	7	5	1	40
3	Arrancadores	20	0	50	0	10	5	0	0	15
4	Motores	15	3	15	1	20	5	0	1	40
5	Generadores	20	2	5	3	20	5	0	5	40
6	Cuchillas desconectadoras	25	0	7	5	15	40	1	0	7
7	Tableros bus aislado	5	0	45	10	35	0	0	0	5
8	Tableros bus desnudo	10	0	5	15	25	0	20	18	7
9	Bus ducto	25	0	15	5	20	0	5	0	30
10	Línea aérea	0	0	3	10	30	2	5	20	30
11	Cable de fuerza	15	0	10	15	10	3	7	5	35
12	Empalme	0	0	0	50	20	0	7	3	20
13	Terminales de cable	0	0	25	30	25	0	0	10	10
	Promedio	15	1	15	12	20	6	4	5	23

**RESPONSABILIDAD DE LA FALLA:**

	ORIGEN	CAUSA	A *	AJUSTE #
1	Fabricante	Componente defectuoso	=	
2	Transportación	Mal manejo	+	Daños frecuentes
3	Ingeniería de Aplicación	Inadecuada	+	Sobrecapacidad instalada
4	Instalación (Pruebas y Puesta en Servicio)	Incorrecta	=	
5	Mantenimiento	Inadecuado	+	
6	Procedimientos de Operación	Inadecuado		Falta de manuales
7	Causa externa al Equipo	Personal		Incompetencia
8	Causa externa al Equipo	Otras		Cambio de funciones
9	Otras causas		-	

Fuente: Comité de Fiabilidad del IEEE en Plantas Industriales.

Nota:

# Los valores fueron ajustados conforme a la experiencia del autor en México, calificados con referencia a los datos de la fuente original.

A \* Incremento +  
 Decremento -  
 Sin variación =

### 1.2.3 Información técnica.

Para el adecuado desarrollo del Mantenimiento se requiere de la información técnica correspondiente, destacando en el MEP la siguiente:

#### – Diagrama unifilar.

Por su integración, simplicidad y fácil interpretación, ésta es la información más importante para el conocimiento y comprensión de la operación de las instalaciones eléctricas, identificando los bifs paralelos, reservas y respaldos, determinando las redundancias del sistema.

#### **No es posible un Mantenimiento adecuado sin el Diagrama Unifilar.**

Todos los elementos del Diagrama Unifilar debieran ser codificados y referenciados a los planos eléctricos, así como identificados con las máquinas accionadas, indicando las cargas, tanto en los planos como en campo.

Los principales elementos que deben considerarse en el Diagrama Unifilar (fig. BE 1 1) son:

- Distribución primaria (alimentadores)
- Elementos de seccionamiento, control y protección.
- Tableros.
- Distribución secundaria (circuitos derivados).

El Diagrama Unifilar debe estar actualizado para brindar seguridad al personal que lo emplea, cuando se hacen las libranzas para mantenimiento, sin causar pérdidas en la producción, daños a otros bifs ó accidentes al personal.

#### – Capacidad de carga por circuito y equipo:

- |   |   |
|---|---|
| • Capacidad instalada                       | I |
| • Carga máxima esperada                     | M |
| • Factor de demanda                         | D |
| • Factor de diversidad                      | d |
| • Capacidad Disponible, remanente ó reserva | R |

$$M = I \times D / d$$

$$R = I - M$$

En las Empresas se tienen modificaciones y ampliaciones que representan incrementos de la carga eléctrica en algunos circuitos e incluso en el total de la carga suministrada, sin tomar en cuenta la capacidad y diseño de la instalación existente. Por lo cual,

**Mantenimiento debiera revisar y aprobar cualquier incremento de carga, en función del comportamiento del Sistema Eléctrico, para acotar sí está dentro de los límites de la carga disponible (R).**

Tabla BE 1.3

**MANTENIMIENTO DE EQUIPO ELÉCTRICO.**

#	EQUIPO	Tiempo entre MEP *				PARTE DAÑADA A LA FALLA #										
		1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Transformadores	34	38	22	5	68	13	3	0	0	3	1	7	1	1	3
2	Interruptores	18	60	5	16	0	2	19	1	11	6	28	1	0	6	26
3	Arrancadores	67	17	16	0	5	0	10	0	16	13	2	0	0	2	52
4	Motores	22	57	19	2	50	0	3	29	3	3	0	0	0	1	11
5	Generadores	58	42	0	0	7	0	0	2	7	10	1	0	0	4	69
6	Cuchillas desconecta	8	5	21	66	0	1	14	0	9	8	1	0	0	30	38
7	Tableros bus aislado	10	35	55	0	0	5	90	0	0	5	0	0	0	0	0
8	Tableros bus desnudo	35	30	13	22	0	8	71	0	0	0	0	0	0	0	21
9	Bus ducto	25	45	10	20	15	10	65	0	0	0	0	0	0	0	10
10	Línea aérea	1	8	81	9	0	1	6	0	0	3	3	0	0	4	84
11	Cable de fuerza	11	13	10	66	5	0	84	3	0	1	1	0	0	1	6
12	Empalme	18	20	2	60	0	0	91	0	0	0	0	0	0	0	9
13	Terminales de cable	12	12	36	40	0	12	75	0	0	0	0	0	0	4	10
	PROMEDIO	25	29	22	24	12	4	41	3	4	4	3	1	0	4	26

PARTE DAÑADA A LA FALLA		
#	Función	Parte
1	AISLAMIENTO	Devanado
2		Boquilla
3		Otras
4	MECANICAS	Cojinetes
5		Otras partes móviles
6		Otras
7	ELECTRICA	Dispositivos auxiliares
8		Dispositivos de Protección
9		Cambiador con carga
10		Cambiador sin carga
11	OTRAS	

TIEMPO ENTRE MANTENIMIENTOS		
*	Mes	
1	-	12
2	12	a 24
3	+	24
4	Sin MEP	

Fuente: Comité de Fiabilidad del IEEE en Plantas Industriales

Conociendo el área en que se incorporará el incremento de carga, deberán determinarse las modificaciones y mejoras requeridas en ésta, identificadas durante la operación regular y / o el diagnóstico eléctrico.

Así Mantenimiento determinará la capacidad remanente, después del aumento de carga y en aquellos casos en que se tienen valores de sobrecarga (desafortunadamente muy frecuentes), se determinará el riesgo que representaría operar bajo esta condición inadecuada, en caso de subsistir y no incrementar la capacidad.

#### 1.2.4 Ingeniería.

Mantenimiento requiere del apoyo de Ingeniería, incorporada dentro de su plantilla, adicionalmente a la conveniencia de la contratación de una consultoría actualizada. A través de la ingeniería se debe:

– Calificación del elemento.

La falla causada por un componente "malo", implica que todo el bif similar debe ser revisado, modificado y / o reemplazado tan pronto como sea posible. Se dice que es malo por no cumplir con el requerimiento de operación por:

- Mal diseño
- Calidad deficiente
- Selección inadecuada.

– Aplicación incorrecta

La Empresa debe contar con respaldo eficiente y oportuno para el desarrollo del mantenimiento del bif con Ingenieros de campo y mantenentes certificados por:

- Recursos humanos propios (interno)
- Respaldo externo (consultores e instaladores).

Estas dos alternativas no son excluyentes entre sí.

#### 1.2.5 Medidas de seguridad

Deben estar asentadas en el Manual de Mantenimiento, entre las que destacan:

- Identificación y señalización de las instalaciones eléctricas.
- Capacitación básica al personal de operación sobre el uso de la electricidad y sus equipos en particular.
- Equipo de seguridad para el personal (tabla BE 1.7)
- Mano de obra (parejas). Por su peligrosidad para la integridad humana los trabajos con electricidad se recomiendan realizarlos mediante brigadas de dos trabajadores.
  - Así en caso de accidente a uno de ellos, el otro estará en posibilidad de dar aviso y proceder a iniciar los primeros auxilios, siempre y cuando haya sido capacitado al respecto, particularmente en resucitación cardio pulmonar, para el caso de electrocución.
  - Trabajar solo con electricidad impide verificar las propias tareas y no advertir cualquier acto inseguro que se pudiera cometer.

Tabla BE 1.4

**CAUSAS DE FALLA \***

<b>Tipo</b>	<b>Acción</b>	<b>Participación</b>
Pudieron ser evitados totalmente	Programa MEP Pruebas	25%
Pudieron haberse detectado (caso específico de circuitos de control)	Diagnóstico de Pruebas Inspección	65 %
No era posible determinar previamente que fallarían, sino hasta su ocurrencia	Fallas en bifs durante su operación	10 %

\* Muestra de 10 000 casos de falla estudiados en sistemas de Control y Protección de una compañía eléctrica de EE.UU., hecha por Douglas S. Sheliga (IEEE - Transactions on Industry Applications, septiembre - octubre 1981)

Tabla BE 1.5

**EQUIPOS BÁSICOS DE PRUEBA.**

1	Probador de existencia de tensión (tester)	
2	<b>Multimetro</b>	<b>&amp;</b>
3	<b>Amperímetro de gancho</b>	<b>*</b>
4	Voltímetro	<b>*</b>
5	Ducter	Cables de conexiones <b>&amp;</b>
	Megger	Garrochas falseadoras
	Medidor FP en aislamientos	Ronógrafo
	Probador de rigidez dieléctrica del aceite	Termómetro.
	<b>Omnipotenciómetro</b>	<b>#</b> TTR

& Indispensable

\* Mínimo recomendable

# Diagnóstico Energético



### 1.2.6 Personal capacitado.

Las Empresas, generalmente no cuentan con personal capacitado para el mantenimiento eléctrico, por ahorros mal entendidos. Los electricistas empleados en las empresas son:

- Trabajadores **"valerosos"**  
(**que se arriesgan a trabajar con electricidad**),  
pero incompetentes en muchos de los casos.
- La auto calificación de los electricistas es:  
**"No le tienen miedo a la electricidad"**
- Un electricista competente debe respetar y manejar con precaución la electricidad.  
Se autocapacitan, "echando a perder".
- Los "supuestos" electricistas **desconocen**:
  - . Equipos de prueba adecuados y necesarios para su trabajo.
  - . Desconocimiento de la importancia del bif eléctrico.
- Cubren únicamente el tipo de mantenimiento correctivo, con la consecuencia de:
  - . Altos riesgos para la Empresa
  - . Peligrosidad para el trabajador

Nota:

El tachado indica que deben ser erradicados estos conceptos.

### 1.2.7 Procedimientos (manual de mantenimiento):

En el Sistema de Mantenimiento es necesario establecer con claridad y detalle los procedimientos, secuencias y métodos por aplicar en el desarrollo del MEP, asentado en el Manual de Mantenimiento, destacando en él:

- Acciones preventivas para minimizar las fallas presentadas.  
Generalmente se encontrará que un adecuado y oportuno mantenimiento (MEP) pudo haber evitado la falla. El soporte para este desarrollo es:
  - . Bitácora donde se asienta la información básica.
  - . Documentación de las fallas
  - . Solución vía ingeniería
- Atención a las restricciones legales
- Inspección.
- Inventarios de refacciones requeridas.  
Deben determinarse básicamente los elementos críticos para la operación y / o con tiempos prolongados de suministro (importación, baja demanda, obsolescencia, fuera de producción).

Tabla BE 1.6

**RECURSOS BÁSICOS.**

<b>BITÁCORA:</b>
– Documentación de las fallas.
– Expedientes (récores) de los bifs, indicando las reparaciones requeridas por éstos a lo largo del tiempo.
<b>EQUIPO DE MEDICIÓN Y PRUEBA:</b>
Adecuado y suficiente.
<b>INFORMACIÓN TÉCNICA.</b>
<b>Ingeniería:</b>
– Recursos propios (dentro de la Empresa).
– Respaldo de contratistas y consultores especialistas en el ramo.
– Corresponsable de obra. Las instalaciones eléctricas deben ser autorizadas por éste (art.44 RCDF).
<b>Medidas de seguridad:</b>
– Equipo de seguridad. (guantes para alta tensión, mangas o chaquetas protectoras de arco, cascos, barreras para la cara, pértigas).
– Cartelones de aviso de:
. Equipo peligroso
. Uso de procedimientos de cerradura
. Aterrizaje del equipo.
– Emplear materiales seguros
– Disponer de protecciones eléctricas confiables.
<b>PERSONAL CAPACITADO:</b>
Lista del personal autorizado (idóneo) para:
– Cerrar los interruptores (fundamentalmente alimentadores y los principales bifs).
– En caso de emergencia, en general, es conveniente abrir los circuitos, lo que puede efectuar cualquier persona).
<b>PROCEDIMIENTOS (MANUAL DE MANTENIMIENTO):</b>
– Secuencia para librar los circuitos y el equipo.
– Lista de verificación (check - list) de campo.
– Secuencias de verificación y pruebas.
– Inventario de materiales y refacciones (stock).

### 1.3 MANTENIMIENTO ELÉCTRICO PREVENTIVO (MEP).

El MEP es el conjunto de tareas en el bif tendientes a:

- Minimizar sus efectos
- Reducir su frecuencia
- Tratar de evitar la presencia de fallas
- Mantenimiento para esto debe conocer:
  - . Recursos disponibles Tabla BE 1.7
  - . Requerimientos legales Tabla BE 1.8
  - . Información técnica suficiente Tabla BE 1.9
- Criterios para establecer los factores que definen la frecuencia del MEP para su realización Tabla BE 1.10
- Soporte para desarrollar las tareas Tabla BE 1.10

Por lo tanto, en el MEP el bif eléctrico se debe:

- Jerarquizar  
Elementos clave a establecer dentro del Programa de Mantenimiento..
- Frecuencia del mantenimiento.

Como resultado de estos dos conceptos se debe establecer:

- Calendario de trabajos
- Materiales y refacciones requeridas
- Herramental necesario
- Personal:
  - . Número
  - . Calificación.
- Afectaciones al proceso productivo (tiempo de interrupción).
- Pruebas eléctricas de campo.

En el bif eléctrico es muy importante su inspección programada. El costo de la inspección, pruebas y mantenimiento, es normalmente menor al 1% del valor del bif involucrado y representa un incremento importante en la fiabilidad.

El MEP es resultado de haber establecido en la empresa una Administración del Mantenimiento, creando un Sistema de Mantenimiento y elaborando el Manual de Mantenimiento.

<b>MEP</b>	<b>Bifs</b>
<b>Sistema de</b>	
<b>Mantenimiento</b>	Operación
Tarea	Fiabilidad
Ingeniería	Cointinuidad
Administración	Disponibili- dad

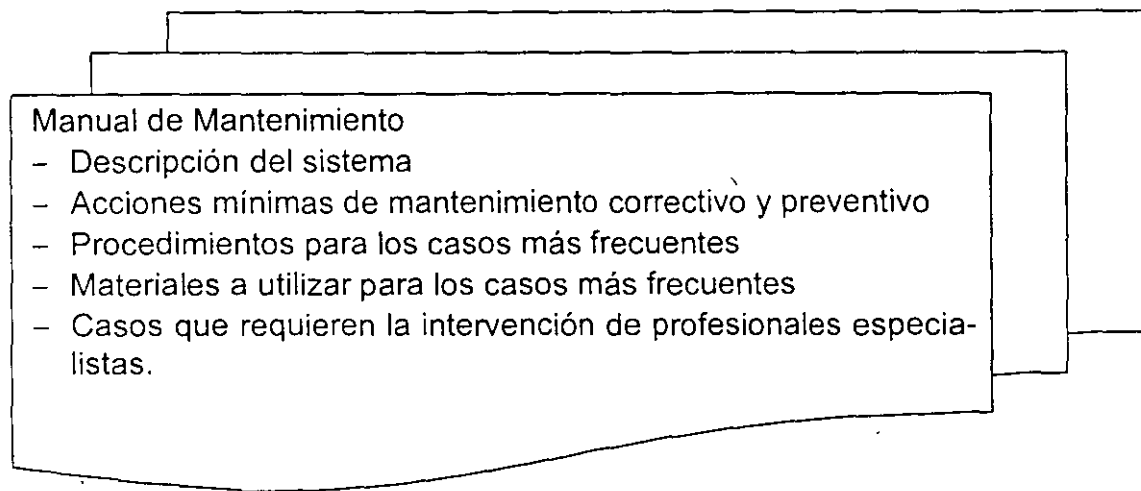


Fig. BE 1.2

Tabla BE 17

**EQUIPO MÍNIMO DE SEGURIDAD.**

<b>PERSONAL</b>	<b>INSTALACIÓN</b>
Bandolas	Cubeta de arena
Botas aislantes	Extintidor (fuego C).
Casco de material plástico	Tapete aislante
Cinturón de seguridad.	Tarima de madera
Guantes de hule para alto vol- taje (probados y garantizados)	

## 1.4 TAREAS DEL MEP.

Las "tareas de servicio" del Mantenimiento, indispensables para evitar que se presenten las fallas más comunes en el bif son las correspondientes fundamentalmente a lo que denomino **SAL** (secado, apriete y limpieza), además de antifricción en algunos casos.:

### 1.4.1 Secado (s).

La humedad y las sales depositadas como consecuencia de la evaporación de la humedad, provoca arqueos y flameo entre elementos. Los bifs en general deberían de ser operados en una atmósfera seca, para obtener mejores resultados, pero esto frecuentemente no es posible, por lo cual deben tomarse precauciones para minimizar la entrada de la humedad.

La condensación de la humedad en los bifs eléctricos causa oxidación en los elementos conductores (cobre o aluminio) y por lo tanto, fallas en los puntos de contacto (baja conductividad).

### 1.4.2 Apriete (a).

Las conexiones eléctricas deben conservar la conductividad, por lo que deben de mantenerse apretadas, de otra forma son la principal causa de:

- Fallas eléctricas por el flameo
- Incendios por el chisporroteo.

Normalmente en el bif se encontrarán conexiones flojas ocasionadas por las vibraciones y cambios de temperatura.

Las estructuras de soporte, mecanismos y otras partes complementarias, no conductoras, debe ser verificado su apriete durante el mantenimiento rutinario (MR).

El recorrido de aprietes en el MEP es:

- Buses (barras eléctricas colectoras)
- Barra y conexiones de tierra
- Conexiones:

Deben estar apretadas.

Si están oxidadas o corroídas, muestran signos de calentamiento o tienen un contacto muy pobre y alta resistencia se debe:

- Desensamblar.
  - Limpiar (con lija de agua muy fina) y
  - Montar nuevamente.
- Tornillería de los gabinetes de lámina.

Tabla BE 1.8

INFORMACIÓN TÉCNICA. MEP.	
Capacidad de carga.	Lista de partes.
	Listas de verificación.
Diagramas esquemáticos.	
<b>Diagrama Unifilar.</b>	Boletines.
Planos de proyecto.	
Manual de Operación	
Manual de Mantenimiento	Bitácora
	Reportes y análisis de fallas

Tabla BE 1.9

FRECUENCIA DEL MANTENIMIENTO. FACTORES PRINCIPALES	
<b>Características del bif.</b>	<b>Operación:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Calidad</li> <li>. Despiece: partes y componentes</li> <li>. Edad</li> <li>. Eficiencia</li> <li>. Estado</li> <li>. Fiabilidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Forma: continuidad, disponibilidad</li> <li>. Sobrecargas</li> </ul>
	<b>Desarrollo de las tareas</b>
<b>Proceso:</b>	<b>Personal:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Diagrama de flujo</li> <li>. Balance de energía</li> <li>. Balance de materiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Escolaridad</li> <li>. Experiencia</li> <li>. Competencia</li> </ul>
<b>Mecánica:</b>	<b>Medio ambiente:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>. Calor</li> <li>. Ruido</li> <li>. Vibración</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Atmósferas corrosivas.</li> <li>. Atmósferas contaminadas</li> <li>. Temperatura.</li> </ul>

### 1.4.3 Limpieza (I).

La suciedad creada por acumulación de polvo (pelusa), restos de insectos, polvo químico, vapores y otros residuos, forman depósitos en los aislamientos que combinados con aceite y / o condensaciones (humedad) provocan:

- Arqueos ó flameos (se vuelven conductores las partes del bif)
- Desgaste y / o calentamiento (reducen la vida de los bifs).

Por lo tanto, se debe considerar en el MEP:

– **Ubicación:**

Revisar la adecuada localización y colocación de los bifs dentro de la Empresa evita:

- Polvo excesivo.  
Normalmente el local donde se instala el bif no se encuentra debidamente protegido, como pudiera ser un cuarto presurizado.  
Selección inadecuada del bif a prueba de polvo.
- Humedad, goteo y / o salpicaduras.  
Ésta penetrará en los bifs y originará corrosión, tanto a las partes conductoras como a la soportería.

– **Frecuencia:**

La limpieza al bif se recomienda efectuar con una periodicidad regular de 3, 6, y 12 meses, ajustada en función del medio ambiente.

En las instalaciones en que se generan atmósferas contaminadas con polvo, humos o gases corrosivos (cementeras, fundidoras, industria química), debe efectuarse una limpieza más frecuente, dada su acumulación.

– **Inspección:**

Antes de proceder a la limpieza y cualquier mantenimiento en general, debe efectuarse una inspección minuciosa al bif, observando los puntos indicados en la tabla BE 1 11.

– **Procedimientos:**

La limpieza se lleva a efecto mediante el uso de franela y aspiradora, retirando minuciosamente el polvo y / o los contaminantes sólidos.

– **Selladores:**

Para su limpieza debe emplearse solvente que se haya determinado por ingeniería, con un trapo muy suave, que no suelte pelusa.

Tabla BE 1 10

<b>TAREAS PRINCIPALES EN EL MANTENIMIENTO ELÉCTRICO</b>	
<b>SERVICIO:</b>	<b>INSPECCIÓN:</b>
<b>Secado:</b>	Aislamientos
Humedad	Ajustes
<b>Apriete.</b>	Arqueo
<b>Limpieza:</b>	Caída de tensión
Insectos	Capacidad de carga
Polvo	Continuidad
Suciedad	Detección de tierras
<b>Antifricción</b>	Pruebas
	Regulación de voltaje
<b>CAMBIO:</b>	Temperatura
Aislamientos.	Vigilancia o monitoreo.
Elementos que:	
han fallado y / o	<b>MODIFICACIÓN:</b>
ha concluido su vida.	Aislamientos
Fusibles.	Conductividad.
	Cubiertas de protección
<b>REPARACIÓN:</b>	Protecciones eléctricas
Mayores.	
Menores (dentro del MEP)	



– **Aisladores:**

Para remover el óxido de los depósitos de suciedad, nunca use agua, soluciones cáusticas, abrasivos, lana ó cepillos de acero.

Para remover esta suciedad, utilice turco, thinner de pintura ó alcohol.

Aproveche la limpieza para verificar si se observan fracturas.

– **Boquillas** (bushings) de los transformadores:

Las recomendaciones para aisladores son aplicables

#### 1.4.4 Antifricción (f).

Se requiere limpieza y / o revisión de los mecanismos en general (elementos en movimiento) para operaciones de apertura y cierre.

La fricción excesiva dificulta la operación y reduce la velocidad de acción de los dispositivos eléctricos, lo que puede provocar fallas mayores.

Por lo tanto, debe verificarse en forma regular, sistematizada y reglamentada la operación mecánica de los dispositivos, accionándolos manual o eléctricamente, principalmente aquellos que se accionan con poca frecuencia (bif de seccionamiento).

Se sugiere complementar este capítulo con el correspondiente a Mantenimiento de Equipo Electrónico (k-1).

Tabla BE 1.11

**INSPECCIÓN EN LA LIMPIEZA**

<b>INDICIOS DE ARQUEOS:</b>
- Superficie de los aisladores, hacia el bif o gabinete
- Depósitos de carbón en algunas partes.
<b>PRESENCIA DE HUMEDAD.</b>
- Principalmente en los aisladores o barras.
<b>PRESENCIA DE INSECTOS O EXCREMENTOS DE RATAS.</b>
- Proceder a sellar los posibles accesos, tales como trincheras, ductos y puertas
- Utilizar venenos (fuera del gabinete) para control de plagas y roedores.
- Tener un gato ó elementos para ahuyentar los roedores.

Tabla BE 1.12

**INSPECCIÓN DE MECANISMOS.**

<b>CORRECTA APERTURA Y CIERRE:</b>
- Ajustes.
- Checar libertad de movimiento.
- Fricción en partes móviles.
- Lubrique de acuerdo a las recomendaciones del fabricante; no lubrique en exceso.
- Pérdida de alguna pieza, tales como tornillos, chavetas, anillos de retención.
<b>DETECCIÓN DE POSIBLES SOBRECALENTAMIENTOS.</b>
<b>ESTADO DE LAS SUPERFICIES DE CONTACTO:</b>
- Deben limpiarse minuciosamente, dejándolas libres del óxido y la corrosión.
- Acoplamiento (embonamiento) de los contactos.
- Presión de los contactos.
<b>PRESENCIA DE FLAMAZOS EN LOS AISLADORES.</b>
<b>REVISIÓN DEL BIF EN CONJUNTO.</b>
- En los ciclos de apertura y cierre.

## **1.5 PRUEBAS ELÉCTRICAS.**

### **1.5.1 Prueba de fábrica.**

En general todo el bif eléctrico es probado en fábrica, como control de calidad interno para garantizar éste al usuario.

Frecuentemente es necesario desarmar parte del bif para su transporte al lugar de su instalación, donde las condiciones de los aislamientos cambian a las determinadas en fábrica, que hace necesario efectuar las pruebas en sitio o de campo.

### **1.5.2 Prueba en sitio.**

Todo bif deberá ser revisado al llegar al sitio de su instalación y realizar ahí las pruebas necesarias, fundamentalmente a los aislamientos, a los cuales les afecta en forma muy importante la humedad. En algunos casos los aislamientos no deben ser expuestos directamente al ambiente.

Conforme se ensambla el bif se deben realizar las pruebas por componentes.

El daño al bif durante el transporte es muy alto en México, razón por la cual debe revisarse cuidadosamente a la recepción.

### **1.5.3 Puesta en servicio.**

Una vez concluido el ensamble y la conexión del bif, inicial o de mantenimiento, en el Sistema donde funcionará se deben realizar las pruebas de puesta en servicio para asegurarse que no sufrirá ningún daño ó exista riesgo alguno al entrar en operación, como pudiera ser:

- Cortocircuitos
  - Falsos contactos
  - Contactos a tierra
- (salvo la conexión a tierra del Sistema para fines de protección).

### **1.5.4 Suministro.**

Es necesario verificar que las características del suministro de energía eléctrica a la Empresa son las adecuadas, confirmando:

- Tensión:
    - . Valor
    - . Regulación.
  - Balanceo de fases.
  - Secuencia de fases.
- Asegurar el sentido de rotación de los motores.

### 1.5.5 Valores iniciales de referencia.

Todos los valores obtenidos de las pruebas de puesta en servicio del bif, deben ser registrados y entregados a Mantenimiento, como elemento de referencia, para ser elemento de comparación con los resultados que se obtengan en las pruebas periódicas, y poder así detectar cualquier posible falla antes de que se presente y pueda ser corregida oportunamente.

El mejor Diagnóstico para evitar fallas imprevistas en los bifs es el análisis de los resultados de las pruebas.

Las pruebas revelan los riesgos de la instalación y del Sistema.

### 1.5.6 Continuidad.

Todos los bifs e instalaciones deben sujetarse a la prueba de continuidad eléctrica, en la que se compruebe:

- Conexión:
- Cortocircuito
- Conexión equivocada.
- Circuito abierto:
  - . Franco
  - . Falso contacto.
- Tensión adecuada.  
Caída de tensión dentro de los límites.  
De esta forma se verifica la capacidad adecuada de los conductores y la resistencia del circuito.
- Resistencia normal.  
Se mide la resistencia del circuito en prueba y así se verifica su correcta conexión y el apriete de los elementos de contacto.
- Temperatura.  
Se mide la temperatura de los elementos del circuito para asegurarse que no existe:
  - . Bloqueo mecánico en la operación (motores trabados).
  - . Capacidad inadecuada de los conductores.
  - . Falta de disipación adecuada del calor.
  - . Falsos contactos
  - . Ubicación incorrecta del bif o instalación.

### 1.5.7 Aislamiento.

La resistencia de aislamiento en la instalación deberá conservarse dentro de los límites adecuados de acuerdo a sus características (NTIE art. 102.5); en condiciones húmedas deben revisarse estos valores (capítulo de Pruebas Eléctricas).

## 1.6 MECANISMOS.

### 1.6.1 Inspección.

En la inspección de los bifs eléctricos deben observarse las condiciones enlistadas en la tabla BE 1.12 correspondiente a Inspección de Mecanismos.

### 1.6.2 Contactos.

- Área de contacto:  
Esta debe ser una superficie de contacto mínima del 80%.  
Esta revisión se puede hacer con base a la secuencia:
  - Aplicar una película de grasa grafitada sobre el contacto móvil o navaja.
  - Cerrar y abrir el seccionador.
  - Determinar el área donde hubo remoción de la grasa.

- Presión en los contactos:  
Verificar de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

Sí no se cuenta con esta información, se deben de ajustar de manera de no sobreforzar las superficies en contacto (desgaste o excesiva fricción) o no excederse en el brío de los resortes de los contactos.

Una forma práctica de llevar a efecto esta verificación es usar una lana de 0.13 mm (0.005") entre contactos, la cual se podrá retirar con cierta dificultad, una vez que se tenga el interruptor cerrado y los contactos embonados.

- Sobreviaje de los contactos y su parada.  
Se recomienda un sobreviaje de 2.4 a 4.8 mm (1/16 a 1/32").  
Una vez cerrados los contactos, debe verificarse que el enganche del aparato y sus dispositivos de bloqueo y seguridad hayan funcionado.
- Diferencia de operación de los contactos:  
Un ajuste frecuente es de 4.8 mm (1/16") de diferencia.  
En el caso de los interruptores, debe verificarse la secuencia de los contactos de arqueado de manera que:
  - Durante el "cierre" - cierren antes que los de corriente.
  - Durante la "apertura" - abran después que los de corriente.

En los seccionadores de operación multipolar, todos los contactos de arqueado deben estar alineados y contactar uniformemente para evitar arqueado eléctrico en un polo, que puede brincar a otros polos y causar una falla.

Es necesario verificar:

- Portafusibles.
  - Brío
  - Punto de contacto (inspeccionar y limpiar)
- Mecanismo.
  - Funcionamiento para abrir el interruptor en el caso en que opere un fusible.

### **1.6.3 Mecanismo de bloqueo.**

Por lo general los mecanismos de bloqueo consisten en:

- Trabar la apertura de las puertas con seccionadores cerrados.
- Bloquear la operación del seccionador de operación sin carga cuando esté cerrado el interruptor de operación bajo carga.

Estas condiciones deben verificarse completamente, checando además aprietes y lubricación.

## **1.7 ENTREGA.**

Una vez efectuado el mantenimiento al bif se recomiendan lo siguiente:

### **1.7.1 Pruebas.**

- Resistencia de contactos en seccionadores (microrresistencia), mediante dúcter.
- Resistencia (megger) a todo el conjunto.
- Pérdidas dieléctricas a todo el conjunto.
- Verificación de la red de tierras de la subestación, mediante el uso del método de 3 puntas; ésta no deberá ser mayor a 5 ohms.

### **1.7.2 Mecánica.**

Frecuentemente las instalaciones eléctricas no son revisadas desde el punto de vista mecánico o simplemente no se les da importancia. Así se debe efectuar la entrega con:

- Complementados todos los tornillos faltantes.
- Cubiertas de bif montadas adecuadamente.
- Identificados todos los elementos de conexión.
- Limpio todo el bif e instalación.

## PRUEBAS ELÉCTRICAS.

### 2.1 PRUEBAS DE AISLAMIENTO.

El propósito de un aislamiento en un circuito eléctrico es confinar el campo eléctrico y la corriente en áreas y trayectorias previamente establecidas. Todo aislamiento tiene las siguientes características principales:

- Resistencia de aislamiento.  
El valor en un material dieléctrico tiende a infinito, en función de su calidad.
- Resistencia eléctrica.  
Se define como la resistencia que ofrece un material al paso de corriente, cuando se le aplica una diferencia de potencial.
- Rigidez dieléctrica.  
Es la capacidad del material para soportar la tensión eléctrica, sin que se presente la ruptura dieléctrica. Es la tensión eléctrica que soporta un material por unidad de longitud en el instante en que se presente la ruptura.  
Pérdidas dieléctricas  
Son las pérdidas producidas por la corriente que circula a través del dieléctrico al aplicar una diferencia de potencial, que se transforman en calor.
- Capacitancia del aislamiento.  
El valor de un buen material dieléctrico tiende a cero, en función de su calidad.

### 2.2 MEGGER.

La resistencia de aislamiento se define como la resistencia que ofrece un aislamiento al aplicarle una tensión de CD, durante un tiempo dado (como referencia se utilizan los valores de 1 a 10 min), la que se mide con un megger (ver tabla BE 2.1)

- Absorción dieléctrica.  
La resistencia de aislamiento varía directamente con el espesor del aislamiento e inversamente con el área del mismo. Cuando repentinamente se aplica un voltaje de CD a un aislamiento, la resistencia se inicia con un valor bajo y gradualmente aumenta con el tiempo hasta estabilizarse.

La curva de absorción dieléctrica es la resistencia de aislamiento contra tiempo y su pendiente indica el grado relativo de secado o suciedad del aislamiento.

Sí el aislamiento está húmedo o sucio se alcanzará un valor estable en uno o dos minutos después de haber iniciado la prueba y se obtendrá una curva con baja pendiente.

Tabla BE 2.1

### INSTRUCCIONES PARA UTILIZAR EL MEGHÑOHMETRO. (MEGGER).

1	Coloque al aparato en una base bien nivelada.
2	Seleccione y ajuste el voltaje de prueba a utilizar.
3	Verifique el infinito del aparato operándolo en vacío ó ajustándolo con el tornillo de ajuste.
4	Conecte en corto circuito las terminales de línea y tierra para verificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Que los cables no estén abiertos.</li> <li>• Ajuste del cero en el aparato (con el potenciómetro de ajuste).</li> </ul>
5	En caso de haber desenergizado el equipo a probar, se deberá aterrizar y dejar por lo menos 10 minutos para eliminar toda carga capacitiva que pueda afectar la medición.
6	Registre la temperatura del equipo bajo prueba, anotándola en el formato de prueba.
7	Al efectuar pruebas de absorción en equipos con un volumen grande de aislamiento, se deberá tomar la precaución de descargar toda corriente capacitiva y de absorción después de la prueba y antes de remover las terminales de prueba.

Tabla BE 2.2

### ÍNDICES DE ABSORCIÓN Y POLARIZACIÓN.

ÍNDICE DE POLARIZACIÓN	CLASIFICACIÓN
1.0	Peligroso
1.5	Pobre
1.5 a 2.0	Dudoso
2.0 a 3.0	Aceptable
3.0 a 4.0	Bueno
4.0	Excelente



– Índices de absorción y polarización.

La pendiente de la curva de absorción dieléctrica puede expresarse mediante la relación de dos lecturas de resistencia de aislamientos tomados a diferentes intervalos de tiempo durante la prueba y se les conoce como:

- Índice de absorción: es la relación de 60 a 30 segundos.
- Índice de polarización: es la relación de 10 a 01 minuto.

El índice de polarización es muy útil para la evaluación del aislamiento de devanados de generadores y transformadores y es indispensable que se obtenga antes de efectuar la prueba de alta tensión en máquinas rotatorias. Ver tabla BE 2.2.

### 2.3 FACTORES QUE AFECTAN EL AISLAMIENTO.

Los factores que afectan principalmente la resistencia de aislamiento son:

– Contaminación.

Originada por partículas de carbón, polvo o aceites depositados en las superficies. Este factor es particularmente importante cuando se tienen superficies aislantes relativamente grandes, expuestas al medio ambiente contaminante.

El polvo depositado sobre las superficies aislantes, ordinariamente no es conductor cuando está seco. Pero cuando se expone a la humedad se vuelve parcialmente conductor y baja la resistencia de aislamiento, por lo que se deberá eliminar toda materia extraña que esté depositada sobre el mismo antes de efectuar la prueba.

– Humedad.

Influye en los materiales utilizados en los aislamientos como son aceite, papel, cartón y algunas cintas, por ser materiales higroscópicos capaces de absorber humedad, ocasionando reducción de la resistencia.

– Temperatura.

La resistencia de aislamiento, varía inversamente con la temperatura en la mayoría de los materiales aislantes. Normalmente todas las pruebas de resistencia de aislamiento, se refieren a una temperatura estándar llamada temperatura base. Las bases recomendadas por las normas son:

- Máquinas rotatorias 40 °C
- Transformadores 2 °C
- Cables 15.6 °C

Para los demás equipos, como interruptores, apartarrayos, boquillas pasamuros, etc., no existe temperatura base, ya que la variación de la resistencia de aislamiento con respecto a la temperatura no es notable.

Tabla BE 2.3

**POTENCIAL DE PRUEBA APLICADO.**

Tensión de	
Prueba de megger	Equipo a probar
100 V y 250 V	Hasta 100 V incluye algunos tipos de equipo de señalización y control
500 V	de 100 a 400 V.
1 000 V	de 400 a 1 000 V.
2 500 V	de 1 000 V en adelante.

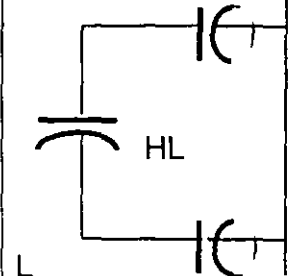
Tabla BE 2.4

**COMPARACIÓN DE VALORES DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.**

Clase de aislamiento	Regla 1 M / kVA	Según fabricante	Pruebas y C Calidad
kV	M	M	M
0.220	11	6	37
6	288	162	300
23	1 104	621	1 000
85	4 080	2 295	3 100
230	11 040	6 210	8 500
400	19 200	10 800	15 000
K	48	27	37.5

Tabla BE 2.5

Prueba	Energizar	Tierra	Guarda	UST	Medición
1	H L	-	-	H+HL	alta
2	H -	L	-	H	
3	H -	-	L + HL	I	
4	L -	H	-	L	
5	Prueba		-	HL	
6	Prueba	1 - 2	-	HL	
7	H -	3 - 4	L	HL	
8	L -	-	H	HL	Baja

Tanque y núcleo  
H

Al realizar pruebas de resistencia de aislamiento, es muy importante la medición de la temperatura en los equipos, ya sea por medio de termopares o detectores de temperatura.

– Potencial de prueba aplicado.

La medición de resistencia de aislamiento es una prueba de potencial y debe restringirse a valores apropiados, dependiendo de la tensión nominal de operación del equipo que se va a probar y de las condiciones en que se encuentre su aislamiento, ya que si la tensión de prueba es alta se puede provocar fatiga en el aislamiento. Los potenciales de prueba más utilizados son tensiones de 500 a 5 000 VCD.

Las lecturas de resistencia de aislamiento, disminuyen al utilizar potenciales más altos, sin embargo para aislamientos en buenas condiciones y perfectamente secos, se obtendrán valores muy próximos para diferentes tensiones de prueba, siempre que no sobrepasen el valor nominal de operación del equipo que se esté probando.

En la tabla BE 2.3 se presentan los valores de prueba, los cuales brindan un margen seguro, ya que el equipo se fabrica con un grado de seguridad considerable.

– Duración de voltaje aplicado de prueba.

Este efecto tiene una importancia notable en el caso de las grandes máquinas rotatorias y transformadores de potencia con aislamiento en buenas condiciones. Sin embargo en el caso de los interruptores, apartarrayos, cables de pequeña longitud, este efecto carece de importancia y por lo tanto, es recomendable efectuar las pruebas al minuto.

Utilización de la conexión de guarda.

Todos los megger con rango mayor de 1 000 megohms están equipados con una terminal de guarda.

El propósito de esta terminal, es el contar con un medio para efectuar mediciones en mallas de tres terminales, en tal forma que puede determinarse directamente el valor de una de las dos trayectorias posibles.

Concretamente puede decirse que la corriente de fuga de todo componente de un sistema de aislamiento conectada a la terminal de guarda no interviene en la medición.

Así en el caso de la fig. BE 2.6, usando las conexiones indicadas, se medirá la resistencia R12 directamente, ya que las otras dos no entran en la medición, por estar la terminal 3 en guarda.

Tabla BE 2.6

**MÉTODOS DE MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.**

<b>1</b>	<b>Método de tiempo corto.</b>
	Aplicable para las pruebas de rutina rápida; principalmente en equipos pequeños y en aquellos que no tienen una característica notable de absorción, como: interruptores, cables, apartarrayos.
	Se aplica el voltaje de prueba durante 60 segundos, para fines de normalización, que permitan efectuar comparaciones con una base común para los datos de prueba existentes y futuros.
<b>2</b>	<b>Método tiempo - resistencia o absorción dieléctrica.</b>
	Aplica el voltaje de prueba durante un periodo de 10 minutos, tomando lecturas a intervalos de un minuto.
	Permite evaluar el estado de aislamiento en aquellos equipos con características de absorción notable (grandes máquinas rotatorias y transformadores de potencia), sobre todo cuando no existe historia de pruebas anteriores.
<b>3</b>	<b>Método de voltajes múltiples.</b>
	Aplicable principalmente en la evaluación de aislamientos de las máquinas rotatorias y en menor grado para el de los transformadores.
	Requiere del uso de un instrumento con varios voltajes para poder aplicar dos o más voltajes en pasos, por ejemplo 500 V y después con 1 000 V.
	Este método se basa en el hecho de a mayor voltaje de prueba, se aumentan los esfuerzos eléctricos sobre el aislamiento, al aproximarse o superarse las condiciones de operación.
	La influencia de los puntos débiles del aislamiento en las lecturas de resistencia adquirirá mayor importancia hasta hacerse decisiva al sobrepasar cierto límite; cuando esto ocurre se tendrá una caída pronunciada en el valor de la resistencia de aislamiento que se aprecia claramente al graficar las lecturas obtenidas contra el voltaje aplicado.
	Se recomienda aplicar voltajes con relación de 1 a 5 o mayor (por ejemplo 500 y 2 500 v). Un cambio del 25% en el valor de la resistencia de aislamiento generalmente se debe a excesiva humedad u otros contaminantes en los aislamientos.
	La prueba se realiza aplicando cada paso de voltaje durante el tiempo necesario para que desaparezca la corriente de absorción, descargando el aislamiento en cada paso.
	Se considera que el aislamiento está en buenas condiciones, si la relación entre resistencia y voltaje permanece constante.

## 2.4 PRUEBA DE RESISTENCIA DE TIERRAS.

El probador de resistencia de tierra es un megger de tierras.

Las instalaciones deben contar con medios efectivos para conectar a tierra todas aquellas partes metálicas del equipo eléctrico a otros elementos, que normalmente no conduzcan corriente y que estén expuestos a energizarse si ocurre un deterioro en el aislamiento de los conductores.

La conexión a tierra tiene como objetivo:

- Limitar las sobretensiones debidas a:
  - . Descargas atmosféricas.
  - . Fenómenos transitorios en el propio circuito.
- Contactos accidentales con líneas de mayor tensión.
- Limitar la tensión a tierra del circuito durante su operación normal.

Una conexión sólida a tierra facilita también la operación de los dispositivos de protección, como la protección contra sobrecorriente, en caso de fallas a tierra.

Las canalizaciones y cubiertas metálicas de conductores o equipos (ajenos al circuito eléctrico) son puestos a tierra con el objetivo de evitar que éstas tengan un potencial mayor que el de tierra en un momento dado y representen riesgos para las personas.

### 2.4.1 Resistencias a tierra de diferentes tipos de instalaciones:

- Electroodos artificiales.,
  - . No debe ser mayor a 25 ohms en las condiciones más desfavorables.  
Se recomienda probar la resistencia a tierra de los electrodos al instalarse y repetir la prueba periódicamente.
  - . Sistemas de tubería metálica continua y subterránea para agua.  
Tiene en general una resistencia a tierra menor de 3 ohms.
  - . Estructura de edificios.  
Tiene en general una resistencia a tierra considerablemente menor de 25 ohms.
- Subestaciones.  
La resistencia eléctrica total del sistema de tierras deberá conservar el valor más bajo posible (el rango de valores aceptables es de 10 ohm a 1 ohm).

Incluyendo todos los elementos que forman el sistema de tierras (malla, electrodos y conductores de puesta a tierra), para reducir su resistencia total se puede:

- Aumentar el área total de la malla
- Reducir el espaciamiento entre los conductores de la malla.
- Usar un mayor número de electrodos.

Tabla BE 2.7

**SECUENCIA DE PRUEBAS CON DÚCTER**

1	Los circuitos a probar deben estar desenergizados y desconectados de la fuente de alimentación o de cualquier otro aparato.
	Colocar el ducter sobre una base nivelada, impidiendo que el instrumento quede cerca de campos magnéticos fuertes.
2	Verificar que las terminales duplex estén bien conectadas, donde las terminales de corriente (C1 y C2) y las terminales rojas conectadas a terminales de potencial (P1 y P2).
3	Si el valor de resistencia bajo prueba no se conoce, seleccione el rango mayor (20 ohms) y después vaya ajustando hasta obtener su valor real.
4	Colocar las terminales de prueba en los lugares a medir y presionar hacia abajo para obtener un buen contacto, tomando la lectura obtenida y anotarla en su reporte.

Tabla BE 2.8

**ANALIZADOR TTR - MODO DE EMPLEO**

1	Desconecte y aisle el transformador bajo prueba, observando siempre las precauciones de seguridad.
2	Conecte, como se muestra en el diagrama (fig.2.7), cerciorándose que las conexiones hagan buen contacto con las terminales del transformador bajo prueba.
3	La prensa X-2 y la pinza H-2 (marcadas con rojo) tienen la misma polaridad instantánea. En transformadores con polaridad: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Substractiva: las conexiones rojas deben estar en el mismo lado (opuestas una a otra).</li> <li>• Aditiva: deben de estar cruzadas (diagonalmente).</li> </ul>
4	Coloque los 4 conmutadores giratorios en la posición de cero (0.000), gire la manivela muy lentamente de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ vuelta. La aguja del detector (instrumento de la derecha) deberá de flexionar bruscamente hacia la izquierda, indicando que la polaridad es sustractiva; si la aguja deflexiona hacia la derecha, las conexiones están invertidas, esto indica que el transformador tiene polaridad invertida, es decir polaridad aditiva, y es necesario intercambiar las conexiones H1 por H2, manteniendo los conmutadores giratorios en cero durante esta prueba.
5	Mientras gira la manivela muy lentamente, incrementa la relación en el primer conmutador giratorio (izquierda), hasta que la aguja del detector deflexione hacia la derecha. Regrese el conmutador a la posición más alta en donde la aguja deflexione a la izquierda.
6	De la misma manera incremente la relación sucesivamente en los conmutadores segundo y tercero
7	Incremente la relación en el cuarto conmutador, ajustando hasta alcanzar un equilibrio en cero en el detector, mientras la velocidad se eleva y se mantiene a un valor tal que se obtengan aproximadamente 8 V de excitación.
8	La relación de vueltas del transformador bajo prueba se lee directamente en las mirillas que indican la posición de cada conmutador

### 2.4.2 Tipos de megger.

Para medir la resistencia del sistema de tierras, por su funcionamiento puede ser:

- Manual o de manivela.  
El probador contiene un generador de CA impulsado manualmente, el cual hace circular una corriente a través de la resistencia bajo prueba conectada entre las terminales C1 y C2.
- Electrónico (de baterías).  
La caída de potencial en la resistencia, se aplica a las terminales P1 y P2 provocando una deflexión del galvanómetro.

Esta caída de potencial se contrarresta con otra igual y opuesta que se produce en una resistencia variable contenida en el aparato, de manera que en condiciones de balance no fluye corriente en el circuito de potencial.

### 2.4.3 Prueba.

El aparato tiene 4 bornes (C1, P1 y C2, P2), conectándose de la manera indicada en la fig. BE 2.4. Conectando los electrodos cortos a las terminales P2 y C2, el aparato deberá conectarse a una distancia media entre C1 y P2.

Para una medición de un sistema de tierras más compleja, se deberá aumentar bastante las distancias marcadas anteriormente cuando se dispone de "tierras muertas". En áreas construidas (zonas urbanas) en donde es imposible colocar los electrodos P2 y C2, se utiliza alguna tierra de baja resistencia, por ejemplo una tubería de agua como se indica en la fig. BE 2.2. Esta prueba da la resistencia de tierra del electrodo de prueba, más la resistencia de la tubería y si ésta última es despreciable entonces las lecturas se toman como la de resistencia a tierra del electrodo.

Si la tubería está muy cerca del electrodo de prueba, los resultados no son buenos, por lo cual es más conveniente el método anterior.

## 2.5 PROBADOR DE RESISTENCIA DE CONTACTOS "DUCTER"

La finalidad del ducter es poder medir bajas resistencias por el método de caída de tensión con CD.

Tiene varios usos como medición de juntas de rieles, juntas soldadas, resistencias de contacto, microrresistencias, etc.

Para la medición de resistencias de contacto en interruptores y cuchillas desconectadoras, tiene cinco rangos para medición desde 20 ohms hasta 2  $\mu$ ohms.

## RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.

Tabla BE 2.9

### SECUENCIA DE PRUEBA.

- Checar la calibración entre los electrodos y ajustarse, si es necesario.  
La calibración depende de:
  - . Normas aplicadas.
  - . Electrodo.
  - . Celda.
  - . Tiempo entre prueba y prueba.
  - . Número de pruebas
- La muestra de aceite a probar, llenando la copa, se toma de la válvula inferior del tanque (del transformador o interruptor), ya que allí es en donde se encuentran las impurezas.
- Se deja reposar el aceite por lo menos tres minutos, para que no contenga espuma ni burbujas de aire.
- Se aplica voltaje, que parte desde cero hasta el valor de ruptura.
- En el instante de la ruptura del aislamiento, la lectura de tensión máxima queda indicada en el voltímetro, la cual se anotará en el protocolo de pruebas.
- Posteriormente se agitará el aceite y se deja reposar otro minuto (cuidando que no existan burbujas).
- El valor final de rigidez dieléctrica del aceite (en kV) será el promedio de las cinco lecturas efectuadas.

Ver normas ASTM-877 y ASTM-1816, base de la norma CONNIE 8.8.1

Tabla BE 2.10

<b>VALORES</b>				
Norma	u	ASTM B77	ASTM 1816.	CONNIE 3.8.1
Forma del electrodo		Tipo disco	Semi esférico	Normas ASTM
Dimensión del electrodo	mm (in)	Diam. 25.4 1	Radio 25.4 1	
Separación entre electrodos	mm (in)	2.54 0.10	2.03 0.08	1.02 0.04
Elevación de tensión	kV/s +/- %	3 20	0.5 20	
Reposo entre llenado y primera prueba	min	3	3	
Número * de pruebas efectuadas		5	6	
Reposo entre prueba y prueba	min	1	1	
Tensión de ruptura dieléctrica	kV/min	30	35	
Temperatura mínima de la muestra	°C °F	20 68	20 68	

\* La primera prueba no cuenta



Está equipado con una fuente (interna o externa), la cual se recarga continuamente a través de su cargador, las terminales o pincks deberán colocarse de la manera indicada en la fig BE 2.3 al efectuar la prueba.

En la prueba de resistencia de contactos en interruptores y cuchillas, es muy variable su valor con respecto a la marca o tipo.

Actualmente no existe ninguna norma que indique los valores máximos permisibles por punto de contacto, pero una regla convencional para pruebas en campo se ha adoptado con un valor máximo permisible de 30  $\mu$ ohms por punto de contacto.

Todos los fabricantes de interruptores y cuchillas entregan su protocolo de pruebas especificando el valor de resistencia de contactos total obtenido en fábrica, lo cual hay que comprobar en campo con estas pruebas.

La secuencia y precauciones que se deben seguir al realizar una prueba es la indicada en la tabla BE 2.7.

### **2.5.1 Circuitos inductivos.**

Cuando se trabaje con circuitos inductivos es muy importante desconectar, primero las puntas de las terminales de potencial y después las de corriente, con el objeto de evitar un alto voltaje en las terminales de potencial del instrumento y después retire las terminales de corriente.

## **2.6 RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN.**

El analizador "TTR" está diseñado para determinar con exactitud la relación de vueltas de los devanados de los transformadores de tipo convencional, de potencia y distribución, así como de los autotransformadores, en los que la relación de las tensiones nominales de placa sea la misma que la relación real de vueltas.

Los núcleos de los transformadores a probar deben ser normales y todo el núcleo de hierro activo, debe estar colocado en su lugar correspondiente (laminación apretada y sin salientes).

La capacidad del TTR para probar transformadores es de una relación máxima de 130, sin embargo utilizando equipo auxiliar, es posible unir transformadores que tengan relación hasta 330, en la lectura directa. Durante la prueba de relación, se determina la polaridad y se detectan fácilmente espiras abiertas o en corto circuito.

Por su facilidad de transportación, el TTR es de poco peso y compacto, se facilita su uso en los lugares de utilización como plantas generadoras, subestaciones, industrias, etc.

Tabla BE 2.11

**RESISTENCIA DE AISLAMIENTO. \***

Instalación circuitos con conductores		Resistencia aislamiento (Ohms)
Cal. 14 ó 12 AWG		1,000,000
Cal. 10 AWG ó mayores		(A)
Capacidad de corriente	25 a 50	250,000
	51 a 100	100,000
	101 a 200	50,000
	201 a 400	25,000
	401 a 800	12,000
	más de 800	5,000

- \* Valores mínimos recomendados para instalaciones hasta de 1 000 V.
- Los valores de esta tabla deben medirse con todos los equipos, instalados en su lugar y conectados, que normalmente forman
  - parte de los circuitos como: tableros, portafusibles, medios de desconexión y dispositivos de protección contra sobrecorriente.
  - Cuando estén conectados a los circuitos derivados, lámparas y aparatos de utilización, la resistencia mínima de aislamiento puede calcularse como la mitad de la anotada en esta tabla.

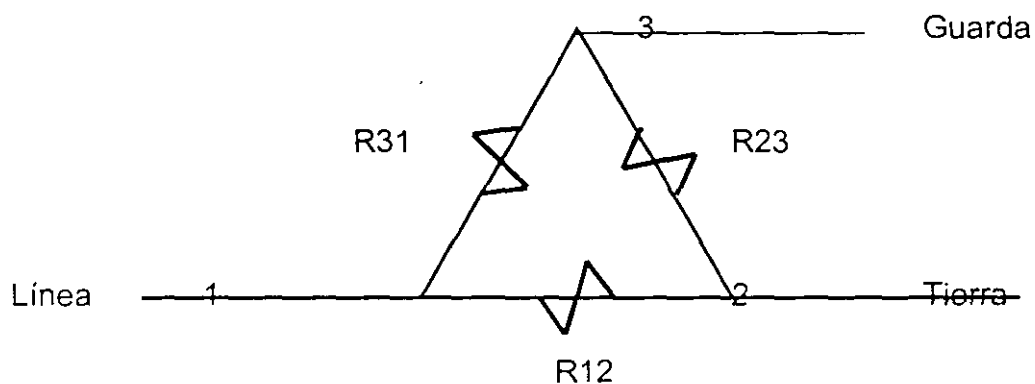


Fig BE 2.1

**Conexión de guarda**

Cuando el devanado de baja tensión no se pueda usar como primario durante la prueba, debido a que la corriente magnetizante es muy alta y la tensión de excitación indicada en el voltímetro no alcanza la nominal (8 V), porque de hacerlo el amperímetro rebasaría su escala, en estos casos el devanado de alta tensión puede conectarse como primario.

Sí el TTR se utiliza de esta manera, la lectura será inversa de la relación de vueltas, hasta con tres cifras decimales de aproximación.

También se utiliza el equipo para pruebas de contraste o de comparación en transformadores especiales, en los que el TTR no determinará con precisión la relación de vueltas de sus devanados. Estos transformadores pueden ser:

- Transformadores de potencial.
- Transformadores de corriente.
- Transformadores para anuncios luminosos.

## 2.7 FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS.

El factor de potencia en la actualidad es la principal herramienta para juzgar con mayor criterio, las condiciones de los aislamientos de los diferentes equipos eléctricos, siendo particularmente recomendada para la detección de la degradación, envejecimiento y contaminación de los mismos, pudiéndose afirmar que por estas características es más reveladora que la prueba de resistencia de aislamiento.

El propósito de esta prueba es detectar fallas peligrosas en aislamientos por el método no destructivo, antes de que la falla ocurra, lo cual de esta manera previene pérdidas por falta de continuidad de servicio y permite el reacondicionamiento oportuno de dicho aislamiento.

El principio básico de esta prueba no destructiva es la detección de algunos cambios medibles en las características de un aislamiento que puede asociarse con los efectos de agentes destructivos como la humedad, el agua, el calor, el efecto corona y en general un incremento apreciable de las pérdidas dieléctricas en CA de volts - amperes (VA) o factor de potencia de un aislamiento, es una indicación clara de deterioro.

Para ejecutar una prueba de factor de potencia con un probador de la Dobe Engineering, es necesario en primer lugar conectarle sus cuatro terminales que son:

- Cable de alimentación al probador.
- Interruptor de mano para seguridad.
- Cable de alta tensión (gancho).
- Cable de baja tensión (guarda).

Por seguridad, siempre debe estar aterrizado el aparato con una tierra firme, que está previsto en cada equipo.

Tabla BE 2.12

**RELACIÓN DE PRUEBAS A EQUIPO ELÉCTRICO.**  
(Subestación Normalizada)

	Descripción	Tensión (kV)	C	FP	HR	PD	RA	RC	RD	RT	TO	VM
6	interruptor	230	-	1	1	1	1	1	1	-	1	1
12	cuchillas	230	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
36	transf.corriente	230	1	1	-	-	1	-	-	1	-	-
16	transf potencial		1	-	-	-	-	-	1	1	-	-
2	condensador acop.	230	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-
2	trampa de onda		1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
12	apartarrayos	230	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
8	bushings	230	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
2	transf. de potencia		-	1	1	1	1	-	1	1	-	-
8	bushings	23	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
14	interruptores	23	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1
28	cuchillas	23	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
4	cuchilla fusible	23	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-
94	transf.corriente	23	1	1	-	-	1	-	-	1	-	-
6	transf. de potencial		1	1	-	-	1	-	-	1	-	-
2	transf. de distribución		1	1	-	-	1	-	1	1	-	-
6	apartarrayos	23	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
2	reactores		1	-	-	-	1	-	-	-	-	-
2	banco de capacitores		-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
			ME	MEU		MEU						
EQUIPO UTILIZADO				MH	PAM	MH	ME	DUC	BAUR	TTR	MAF	
			MU	M2H		M2H						

1	PRUEBAS EFECTUADAS
C	Continuidad
FP	Factor de Potencia
HR	Humedad Residual
PD	Pérdidas dieléctricas
RA	Resistencia de Aislamiento
RC	Resistencia de Contactos
RD	Rigidez dieléctrica
RT	Relación de Transformación
TO	Tiempo de Operación
VM	Voltaje mínimo

MEU

MH

M2H

MAF = Multigraf, Analiz., Fabab

ME = Megger motorizado o eléctrico

DU = Dúcter: pilas o eléctrico

F = Factorímetro

MU = Multímetro

PA = Panametric

Estando conectado el probador, deben conectarse las terminales de prueba al aparato a probar, el gancho al devanado por probar para energizarlo y la guarda al devanado o devanados por aterrizar o guardar.

Antes de operar el interruptor general, debe verificarse:

- Reóstato para ajustar tensión esté en cero.
- Selector en la posición check.
- Rangos en los valores más altos para MVA y MW.
- Selector de baja tensión en la posición tierra (GROUND).
- Interruptor reversible en la posición dentro (ON).

Comprobado lo anterior, se procede a energizar el equipo a probar, para lo cual es necesario cerrar el interruptor de mano primero, si no sucede esto, significa que la polaridad de la alimentación al equipo está invertida, debiendo invertir la clavija de alimentación.

Por medio del reóstato de tensión, se eleva el voltaje hasta obtener el valor requerido, ajustando al mismo tiempo la escala del medidor de MVA y MW por medio de su perilla de ajuste (Meter Adjustment).

El selector se pone en la posición MW y selecciona el rango más legible y se toma la lectura, ésta se comprueba con el interruptor reversible (reversin switch) en ambas posiciones.

En seguida el selector se pasa a la posición MW y se selecciona el rango más legible, se registra y se comprueba con el interruptor reversible en ambas posiciones. Con esto queda terminada la medición, debiendo regresar todos los controles a su posición original.

Por tratarse de una medición de aislamiento, los parámetros por medir en los devanados son los anteriores. Sin embargo las conexiones de prueba presentan ciertas variaciones debido a que este probador tiene únicamente dos terminales externas y un selector, con lo que se está en condiciones de tener tres posiciones en la terminal de baja tensión; la terminal de alta tensión siempre tendrá como función energizar el devanado bajo prueba.

El hacer una prueba de factor de potencia, representa efectuar la medición de las pérdidas de un aislamiento dado y por lo tanto no es necesario dar un periodo determinado de tiempo más que el necesario para hacer las lecturas.

Con este aparato se obtienen lecturas de milivoltamperes (mVA) y miliwatts (mW), con las cuales basta únicamente dividir las para obtener el factor de potencia correspondiente.

$$\% FP = (MW / MVA) \times 100$$

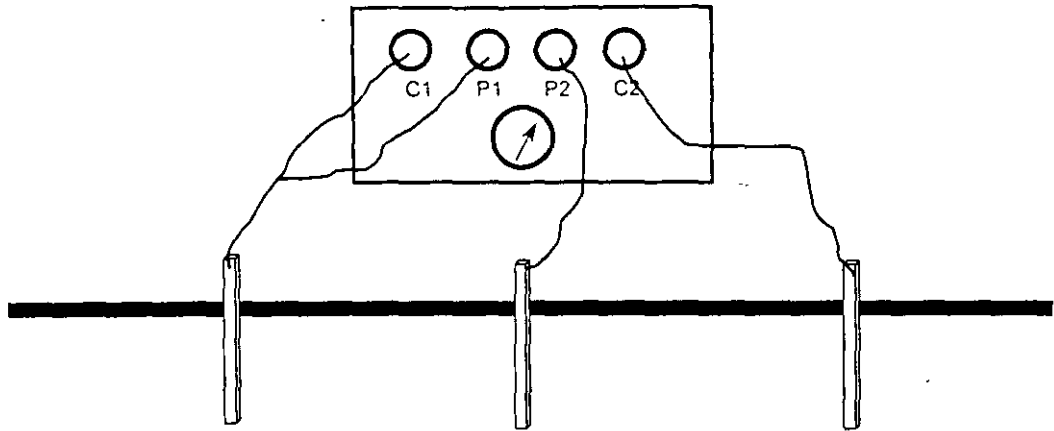


Fig. BE 2.2

C = Corrente  
P = Potencia

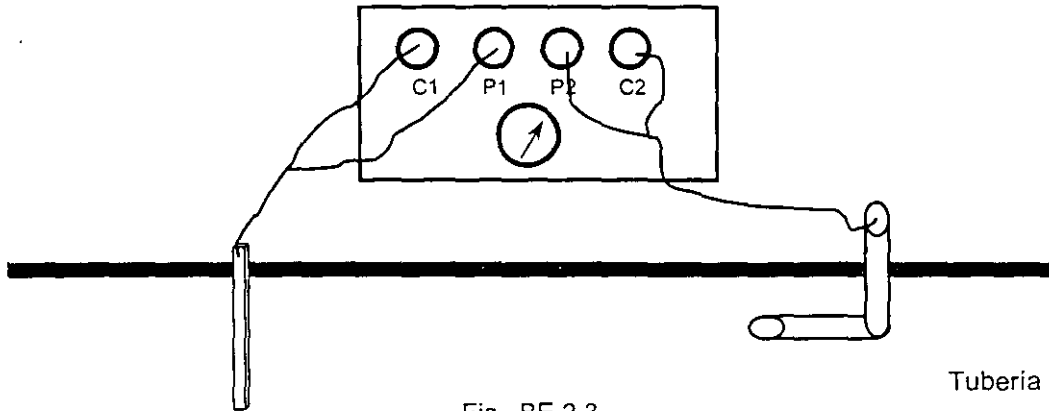
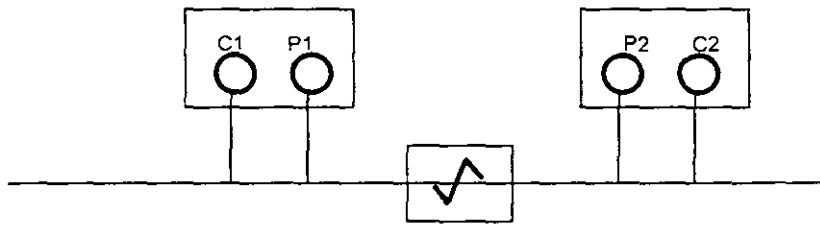


Fig. BE 2.3

Tubería de agua



Resistencia.

Fig. BE 2.4

### 2.7.1 Rigidez dieléctrica del aceite.

Los dieléctricos líquidos se utilizan como aislantes o refrigerantes en transformadores, interruptores, seccionadores, reactores, reguladores, cable de energía, capacitores, boquillas, etc. La finalidad del aceite aislante utilizado en el equipo eléctrico es:

- Proveer un aislamiento eléctrico adecuado.
- Conducir y disipar el calor generado en el equipo.
- Extinguir el arco eléctrico y arrastrar las partículas que se forman durante el mismo.
- Proteger a los aislamientos sólidos contra la humedad y el aire.

El aceite aislante usado en transformadores e interruptores debe poseer ciertas propiedades, que deben mantenerse durante la operación para que cumpla con su múltiple función:

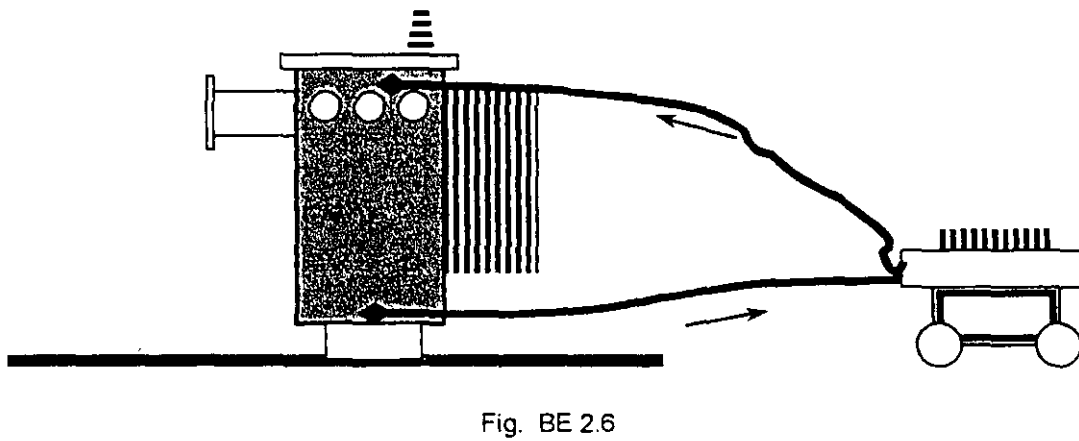
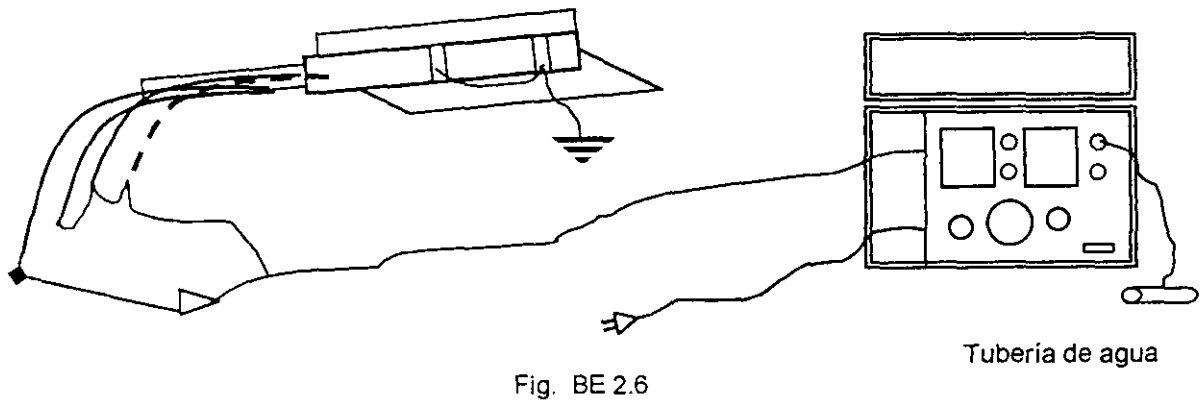
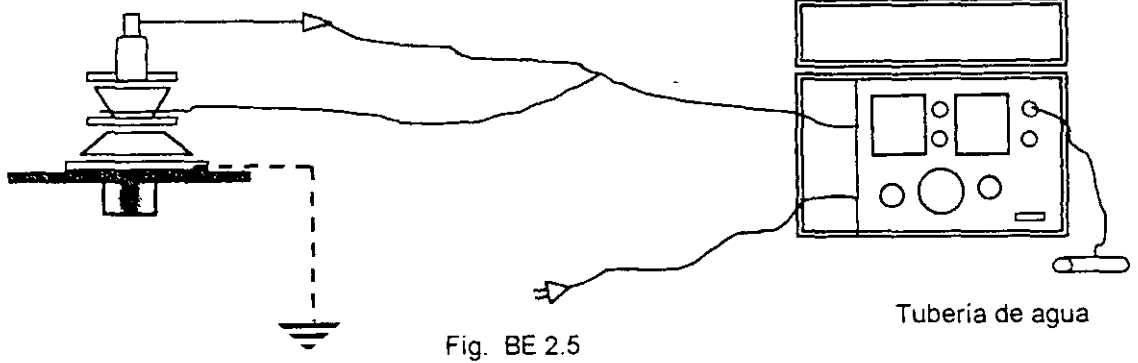
- Aislante eléctrico.
- Agente que transfiere calor al medio ambiente.
- Extingue el arco eléctrico.
- Adecuada rigidez dieléctrica para soportar los esfuerzos dieléctricos impuestos durante su operación:

La rigidez dieléctrica es una de las características principales del aceite aislante; se define como el máximo gradiente de potencial que puede soportar el aceite aislante, sin que se produzca la descarga disruptiva.

En la práctica se mide la tensión de ruptura dieléctrica, que se define como el gradiente de potencial, en el cual se produce la descarga disruptiva en el aceite aislante. Los principales factores que influyen en el cálculo de la rigidez dieléctrica en un aceite aislante son:

- Forma, tamaño y distancia de separación de los electrodos.
- Efecto del contenido de humedad y otras impurezas.
- Efecto del contenido de gases.
- Influencia de la temperatura.
- Influencia de la presión.
- Efecto de la frecuencia.
- Efecto del ritmo de elevación de la tensión.
- Efecto de las ondas de impulso.
- Efecto de la dispersión de los resultados.

Las características principales se definen conforme a las normas ASTM-877 y 1816 en la cual se basa la norma nacional CCONNIE 8.8.1.





## **2.8 TIEMPOS DE APERTURA Y CIERRE DE INTERRUPTORES.**

El objetivo de esta prueba es la determinación de los tiempos de operación de los interruptores de potencia, en sus diferentes formas de maniobra, así como la verificación del sincronismo de sus polos o fases.

### **2.8.1 Tiempos de apertura.**

Es el tiempo medido desde el instante en que se energiza la bobina de disparo hasta el instante en que los contactos de arqueado se han separado en todos los polos.

### **2.8.2 Tiempos de cierre.**

Es el intervalo de tiempo medido desde el instante en que se energiza la bobina de cierre hasta el instante en que se tocan los contactos principales en todos los polos.

### **2.8.3 Tiempo de arqueado en un polo.**

Es el intervalo de tiempo entre el instante de la iniciación del arco hasta el instante de su extinción final en ese polo.

### **2.8.4 Tiempo de arqueado en un interruptor.**

Es el intervalo de tiempo entre el instante en que se inicia el primer arco y el instante de la extinción final del arco en todos los polos.

Esta prueba es aplicable exclusivamente a interruptores de potencia y en particular a interruptores de alta tensión en todos sus tipos y diseños como:

- Gran volumen de aceite.
- Pequeño volumen de aceite.
- Aire comprimido.
- Hexafluoruro de azufre (SF6)
- Sopló magnético.

### **2.8.5 Recomendaciones y condiciones.**

Para la mejor ejecución de las pruebas y una mayor seguridad se recomienda:

- Se probará el interruptor totalmente desenergizado o sea sin potencial de línea o bus en sus terminales.

- Por seguridad deberán mantenerse abiertas las cuchillas desconectoras en ambos lados del interruptor.
- Cada prueba deberá realizarse a los valores nominales del interruptor en lo que se refiere a presión de operación en sus cámaras y mecanismos (acumuladores a presión) y voltaje de control para cierre o disparo.
- Se tomará la precaución de verificar los voltajes nominales del equipo de prueba (milligraph o favac) aterrizándolo.

Las pruebas o mediciones que se consideran normales para la puesta en servicio de un interruptor son:

- Determinación del tiempo de apertura.
- Determinación del tiempo de cierre.
- Prueba de antibombeo.

Las pruebas de tiempo de apertura y cierre quedarán grabados en papel metálico en el caso de milligraph y en papel encerado en el caso del favac, donde se tienen graficadas cada fase, la bobina al energizarse y la referencia de tiempo para su cálculo.

Cada aparato tiene diferentes números de canales; existen desde 4, 8 y 12 canales para graficar al mismo tiempo.

## **2.9 APLICACIONES Y PRUEBAS**

### **2.9.1 Pruebas de subestaciones de distribución.**

En la tabla BE 2.12 se muestran las pruebas que se realizan en una subestación de distribución completa, tipo Compañía de Luz, con todo el equipo que utiliza y sus pruebas, así como los aparatos utilizados.

### **2.9.2 Apartarrayos.**

Deben limpiarse los aisladores y verificarse que no haya fracturas o rupturas en el aislador exterior.

Deben realizarse pruebas de megger y si se tiene menos de 1 000 M<sub>Ω</sub> de lectura, deben reemplazarse estos apartarrayos por otros.

### **2.9.3 Pruebas a circuitos de baja tensión.**

La NOM – 001 Relativas a las Instalaciones Eléctricas define las reglas y requisitos que éstas deberán cumplir.

La tabla BE 2.10 define los valores mínimos de resistencia de aislamiento recomendadas para instalaciones de 1 000 V o menos.

Cables de potencia:
Verificar la protección de los extremos libres.
Medir la resistencia de aislamiento antes de conectarlos.
Prueba de alta tensión (High Pot).
Faseo teórico y verificación de la conexión.
Medición de la resistencia de aislamiento después de la conexión.
Medición de factor de potencia.

Cuchillas seccionadoras
Verificar la operación manual.
Prueba de mecanismos autorizados.
Prueba de resistencia de contactos.

Transformadores de instrumento:
Medición de la resistencia de aislamiento.
Medición de la continuidad de los devanados.
Verificar la polaridad.
Secado de embobinados.
Medición de la relación de transformación.
Prueba dieléctrica del aceite.
Prueba dieléctrica del embobinado.
Medición del factor de potencia.

Pararrayos:
Verificar las conexiones primarias.
Verificar la conexión a tierra.
Medición del factor de potencia.
Medición de la resistencia de aislamiento.

Relevadores:
Verificar el montaje del tablero de control, protección y medición.
Verificar continuidad en aparatos y circuitos.
Verificar la operación de los relevadores.
Verificar la calibración y ajuste.

**Instrumentos de medición:**

Verificar la continuidad de aparatos y circuitos.

Calibración y ajuste.

**Motores o máquinas rotatorias:**

Medición de la resistencia de aislamiento de armadura y campo.

Verificar la continuidad de los embobinados de armadura y campo.

Secado de los embobinados.

Pruebas dieléctricas a los embobinados.

Verificar las conexiones.

Verificar la rotación.

Medición de la corriente de arranque y de carga.

**Interruptores termomagnéticos:**

Prueba de resistencia de aislamiento.

Verificación de las conexiones y aprietes.

Prueba de resistencia de contactos.

Prueba de disparo por sobrecarga.

Prueba de operaciones mecánicas.

**Tableros de distribución:**

Verificar el tablero completamente.

Checar todos sus bloqueos (diagramas).

Prueba de medición de resistencia de aislamiento, abriendo los interruptores o fusibles del control o instrumentación, probando todas las barras.

## Capítulo BE 3

**EQUIPO ELÉCTRICO****3.1 MANTENIMIENTO A SUBESTACIONES.**

El suministro eléctrico en media o alta tensión, requiere de la aprobación del proyecto y de la obra de la Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas (UVIE), al igual que en aquellos sitios de concentración pública.

En general en las subestaciones eléctricas se requiere de un Mantenimiento poco frecuente (cada seis meses), pero es necesario contar con el equipo de protección y seguridad del personal, así como de conocimientos y capacitación del mismo, aún en el caso de que sea contratado en forma externa, pues es un servicio al que se le demanda alta fiabilidad, continuidad y disponibilidad.

En el caso de la subestación eléctrica no es aceptable el empleo de electricistas incompetentes, que frecuentemente se tienen contratados en las empresas, como es el caso de aquel, que se auto califica como electricista por **¡ que no le tiene miedo a la electricidad !** (absurdo terrible y peligroso).

Un Plan de Mantenimiento para una subestación debe ser al inicio de implantación del Sistema de Mantenimiento, similar al que se presenta en la tabla correspondiente, sin embargo es importante remarcar que esta propuesta deberá de ser ajustada conforme a las condiciones particulares de operación y del medio ambiente en que se localice, así como la experiencia que se vaya adquiriendo.

Este Plan con las tareas por ejecutar dentro de un Mantenimiento Preventivo deberá:

- Profundizar en su nivel (despiece)
- Enriquecer conforme a:
  - Procedimientos
  - Instrucciones de trabajo
- Actualizarse en cuanto a
  - Precios
  - Capacitación del personal.

Tabla BE 3.1.1

**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA****Plan de Mantenimiento**

Tarea Id.	Descr.	Recursos				Cant. #	Unidad	Costo (\$)	Frec. h
		M. de O.	Cat.	Mat.	S.Ext.				
	E100	<b>EQUIPO COMPLETO</b>							
S101	Limpiar							6000	
		Electricista	E5			8.0	h	625	
		Electricista	E4			8.0	h	500	
		Electricista	E3			8.0	h	375	
				Trapo		4.0	kg	12	
				Liq Limpiador		2.0	l	30	
	\$							1,542	
1101	Revisar							3000	
		Electricista	E4			1.0	h	63	
	\$							63	
1102	Verificar			Aislamiento				6000	
		Electricista	E4			2.0	h	125	
	\$							125	
1103	Comprobar			Nivelación				6000	
		Electricista	E4			1.0	h	63	
	\$							63	
1104	Comprobar			Tierras				3000	
		Electricista	E4			0.5	h	31	
	\$							31	
S102	Revisar			Contactos	E5	4.0	h	313	
	\$							313	
								<b>2,136</b>	

## 3.2 EQUIPO DE SECCIONAMIENTO.

Las recomendaciones, en particular, para seccionadores son determinadas fundamentalmente en que se **respete su función**, para las cuales fueron diseñadas:

- Con carga
- Sin carga

Conforme a su operación deberá cuidarse: ¡ No accionar con carga los seccionadores para operar sin carga !

### 3.1.1 Mecanismo no operado por períodos prolongados.

Cuando se requiere que opere este equipo por falla o por maniobra, existen altas probabilidades de que se encuentre trabado, de no haber sido operado regularmente.

Debido a esta inactividad, es posible encontrar:

- Corrosión u oxidación
- Mecanismo con grasa reseca, que causa que el mecanismo se trabe o se rompa.
- Obstáculos físicos.
- Resortes sin brío

Es recomendable:

- Operar (dentro de lo posible) mensualmente
- Revisar su estado cada vez que se hace limpieza.

### 3.1.2 Operaciones erróneas.

Un error frecuente (si no existe bloqueo) es operar el equipo de seccionamiento (p.ej.: cuchillas seccionadoras para operar sin carga) bajo la presencia de corriente, lo que puede causar una falla importante, dependiendo de la magnitud de la corriente.

Si la cuchilla no se destruyó y se conserva en servicio, en la inspección debe considerarse este antecedente.

### 3.1.3 Precauciones.

No operar con carga la cuchilla seccionadora, para lo cual deberán tomarse las siguientes medidas:

- Librar mediante el interruptor con carga
- Después seccionar el bus con esa primera cuchilla.

Preferentemente buscar que el suministrador (CFE ó LFC) también libere sus cuchillas de la acometida.

En el capítulo correspondiente se indica el equipo de seguridad mínimo para operar.

Tabla BE 3.1.2

**SUBESTACIÓN ELÉCTRICA****Plan de Mantenimiento**

Tarea Id.	Descr.	Recursos				Cant. #	Unidad	Costo (\$)	Frec. h
		M. de O.	Cat.	Mat.	S.Ext.				
Id.:	E110	<b>TRANSFORMADOR</b>							
S111	Secar	Aceite			&			3,000	6000
S112	Filtrar	Aceite			&			3,000	6000
I111	Revisar								1500
		Electricista	E3			0.5	h	23	
\$								6,023	
I112	Comprobar	Fugas							3000
		Electricista	E3			0.5	h	23	
\$								23	
C111	Cambiar			Aceite		75.0	l		12000
I113		Verificar				1.0	año	4,500	
\$								10,547	
Id.:	E120	<b>INTERRUPTOR</b>							
S121	Limpiar	Equipo							6000
		Electricista	E4			2.0	h	125	
\$								125	
I121	Comprobar	Contactos		Calibrar					6000
		Electricista	E4			1.0	h	63	
\$								63	
								188	
Id.:	E130	<b>CUCHILLAS</b>							
S131	Limpiar	Equipo							6000
		Electricista	E4			2.0	h	125	
\$								125	
I131	Comprobar	Contactos		Calibrar					
		Electricista	E4			1.0	h	63	
\$								63	
								188	



La secuencia recomendable una vez abiertos, tanto el seccionador sin carga como el interruptor considera:

- Espera.  
No acciones nada o entre a la subestación, déjela reposar; al menos por 15 segundos, tiempo estimado para deionizar el ambiente.
- Apertura de las puertas de acceso al equipo.
- Demuestre ausencia de potencial con garrocha indicadora.
- Conecte a tierra las partes conductoras de corriente para:
  - . Remover efectos capacitivos
  - . Protección en caso de maniobra equivocada.

### 3.3 MANTENIMIENTO A LOS SISTEMAS DE TIERRAS.



El Sistema de Tierra (T) es un medio de protección para las personas físicas, las instalaciones y el equipo de la Empresa (bif en general), ya que detecta la falla a través de su conexión a tierra, por un camino de menor resistencia que el cuerpo humano.

En la Norma de Instalaciones eléctricas (utilización) . NOM-001-SEIE-1999 (20 de abril de 1999), antes "Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica" (NOM - 001 - SEMP) se establece:

Identificación de conductores	blanco o gris
Condiciones de puesta a tierra	(art. 250)

La conexión a tierra de los Sistemas (T) debe hacerse en forma tal que no circulen corrientes inconvenientes por los conductores de puesta a tierra.

No se consideran como inconvenientes a las corrientes momentáneas que se producen bajo condiciones anormales, cuando los conductores de puesta a tierra están desempeñando sus funciones de protección.

En los Sistemas de Tierras múltiples, en que se tengan corrientes inconvenientes debe adoptarse alguna de las siguientes medidas:

- Cambiar su localización.
- Interrumpir adecuadamente la continuidad del conductor entre las conexiones a tierra.
- Limitar la corriente por un medio adecuado.
- Suprimir una o mas de las puestas a tierra.

No trabajar con líneas vivas, por el riesgo de acciones imprudentes.

Precaución con hacer contactos en líneas desnudas.

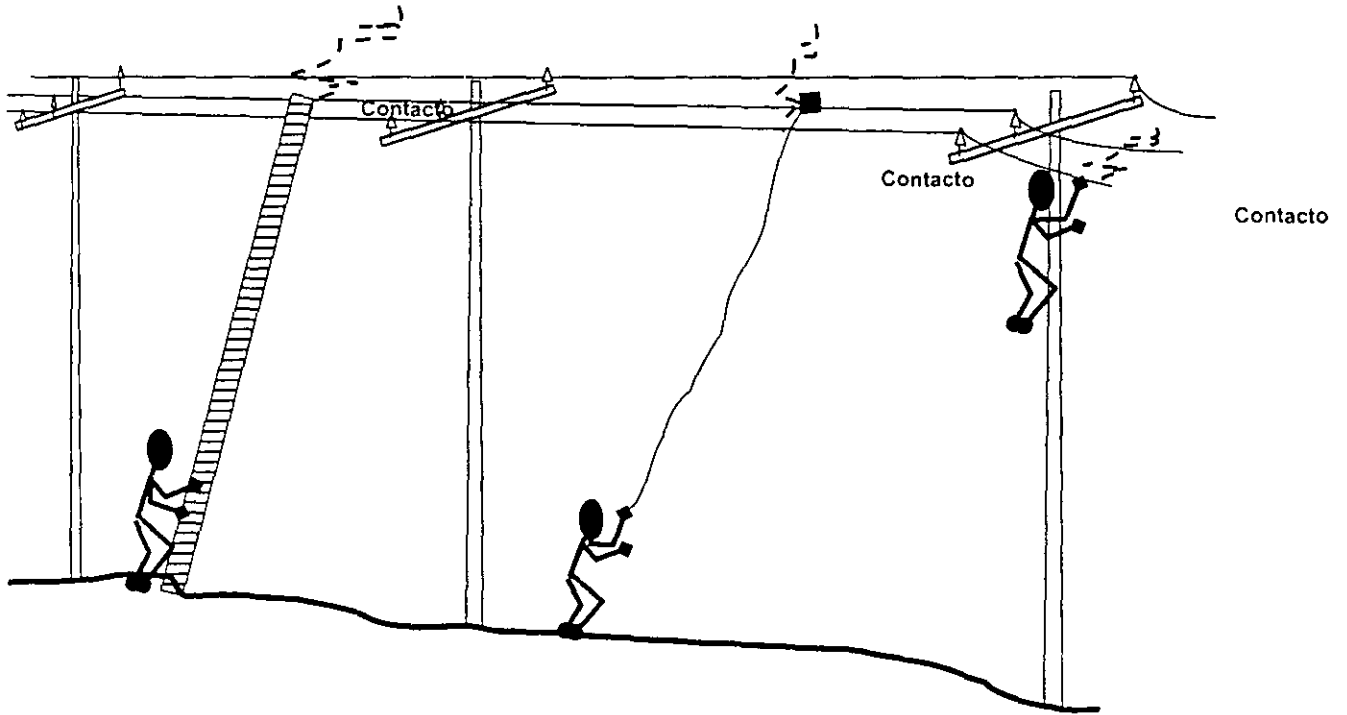


Fig. BE 3.1

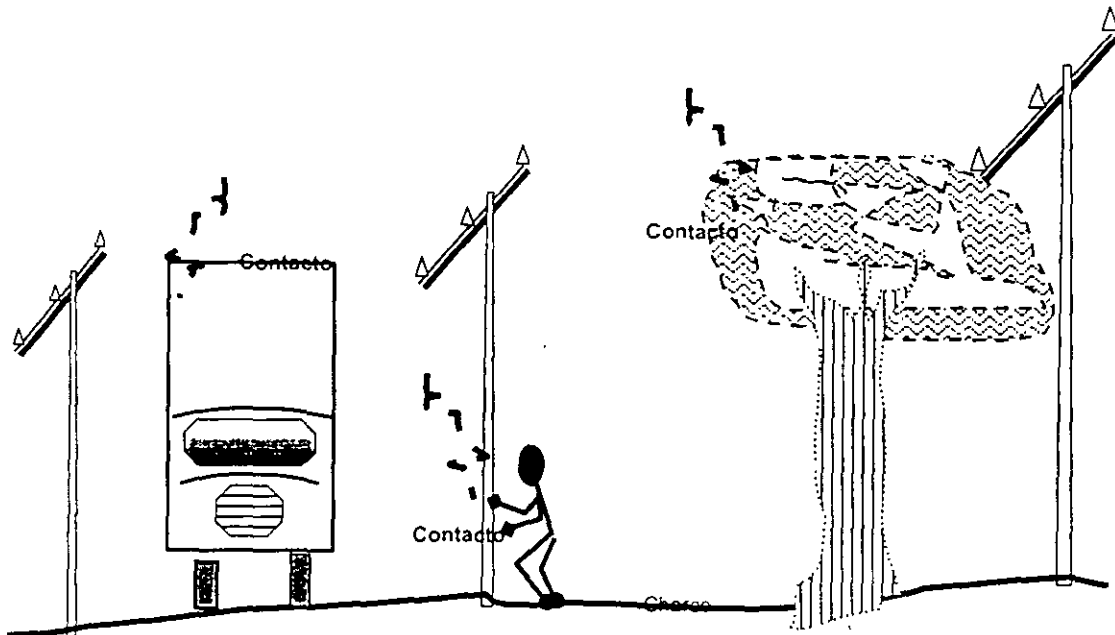


Fig BE 3.2

– **Puesta a tierra de equipo.**

El equipo fijo en general con partes metálicas expuestas, no portadoras de corriente, incluyendo cubiertas y soportes metálicos que pudieran quedar energizados bajo condiciones anormales deben aterrizarse (puesta a tierra).

La puesta a tierra debe ser **permanente y continua**.

Esto representa que mantenimiento debe vigilar, dentro de la tarea de inspección, las puestas a tierra, fundamentalmente cuando sea reinstalado un bif que se ha retirado para mantenimiento.

Mantenimiento debe tener presente la necesidad, como medida de protección, la puesta a tierra de los elementos en que se efectúa alguna tarea.

Se presentan algunos ejemplos en las fig. BE 3.1 a BE 3.5.

Los elementos de puesta a tierra deben tener:

- Capacidad suficiente para conducir cualquiera de las corrientes que le puedan ser impuestas
- Impedancia suficientemente baja para:
  - Limitar el potencial sobre tierra
  - Facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobrecorriente del circuito.

Las puestas a tierra, como se anotó, deben tener una baja impedancia, para lo cual es necesario revisar la resistividad del terreno.

Normalmente el mantenimiento del Sistema de Tierras será suficiente con:

- Humedecer los electrodos de tierra.
- Revisar sus conexiones periódicamente.

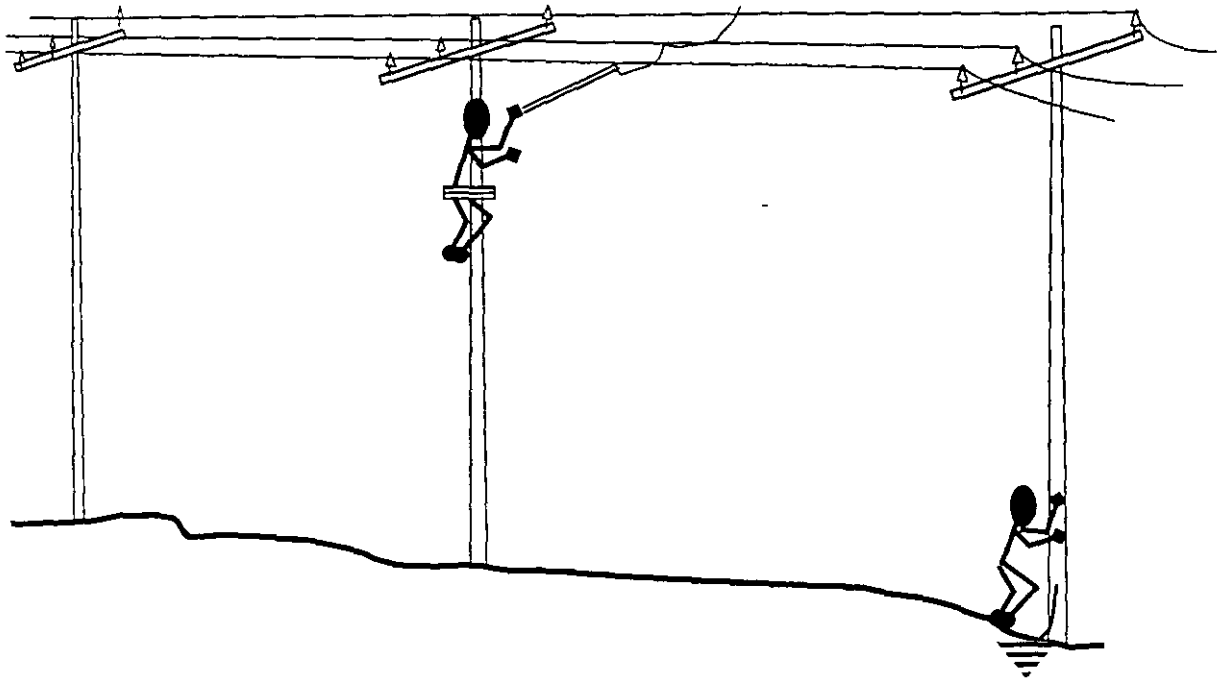
**¡Cuidado!**

Existen vendedores fraudulentos que instalan tierras milagrosas y le demuestran mejoras a su **ST** abandonado, simplemente efectuando ellos las tareas indicadas anteriormente y vendiendo elementos que por sí solos no hacen diferencia..

Otras funciones del Sistema de Tierras son:

- Ahorro de energía
- Reducir las caídas de tensión
- Regulación

Consultar el libro sobre Instalaciones Electromecánicas (Electricidad) de SOMMAC



Conexión a tierra

### Conexión a tierra efectiva como medida de protección y seguridad

Fig. BE 3.4

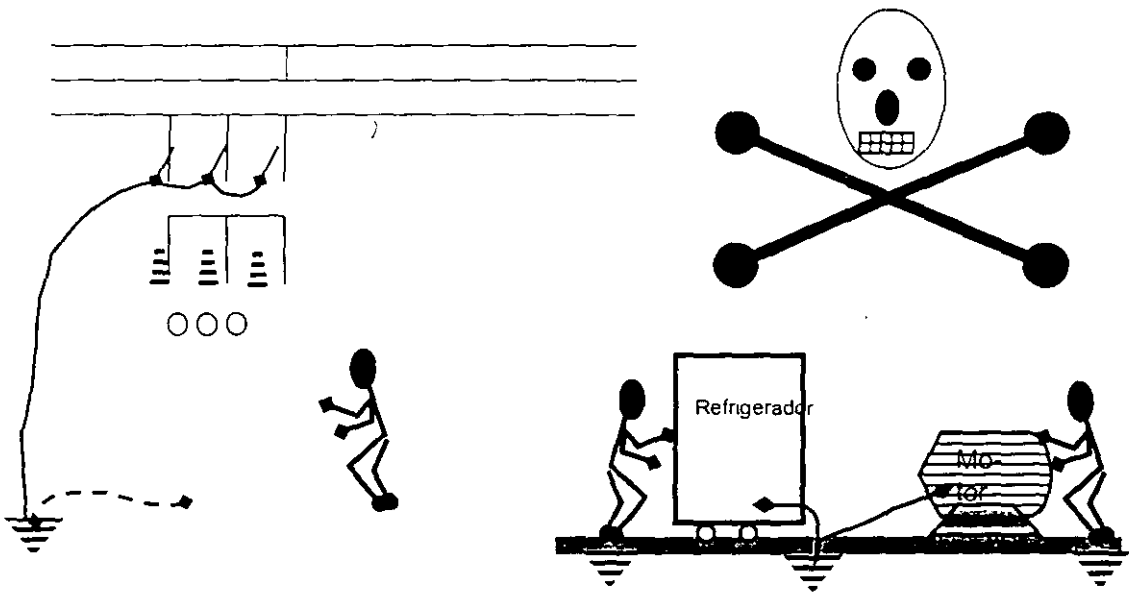


Fig. BE 3.5

¡ PELIGRO !

Prohibido el paso a personal no idóneo a Subestaciones.

## Capítulo BE 4

**MANTENIMIENTO A TRANSFORMADORES.**

En la industria y grandes comercios, oficinas y obras de importancia en general, se requiere de la instalación de una subestación.

Los transformadores son equipos electromagnéticos estáticos que convierten la tensión de suministro en la de uso o distribución. Son generalmente los equipos más importantes de las subestaciones, de mayor costo y que requieren el mayor mantenimiento.

Aplicando la premisa básica del Mantenimiento: **“conozca su equipo”**, se debe en este caso recordar que es:

- Estático
- Requiere máxima ventilación
- La sobrecapacidad soportable por el transformador:
  - Enfriamiento “OA” (open air), con ventilación natural.
    - Cumple con su capacidad nominal.
  - Enfriamiento “FA” (forced air), con aire forzado.
    - Permite aproximadamente 33 % más que la capacidad nominal.
  - Enfriamiento “FOA” (forced oil and air), con aire y aceite forzado.
    - Permite aproximadamente 66 % más que la capacidad nominal..
- Pintarse con colores claros para reflejar el calor.
- No recibir los rayos del sol directamente.
- Conectarse a un buen sistema de tierras.
- Contar con almacenamiento inferior equivalente a la capacidad del aceite alojado en el tanque, para reducir el riesgo en caso de fugas. Este es un requerimiento normativo “absurdo”..
- Contar con elementos para protección contra incendio:
  - Extinguidor para fuegos “C” (bióxido de carbono).
  - Sistema de rocío para enfriamiento del tanque en caso de incendio, empleado en transformadores con capacidades mayores a 10 MVA.
  - Cubeta de arena.
- Disponer del equipo para operación de los mantenimientos
- Aterrizar todas sus terminales en condiciones de servicio
- Askarel. Está prohibido el uso de este dieléctrico (ver el capítulo correspondiente).

Se presenta una propuesta de ficha de control para el mantenimiento en las tablas BE 4.1 a BE 4.3

Las características de los transformadores se resumen en la tabla BE 4.4.

**Nota:** En el texto se presentan: “C” causas o problemas, “S” posibles soluciones



Recordar que todo el equipo eléctrico requiere para su mantenimiento de:

- . Secado            **S**
- . Apriete         **A**
- . Limpieza        **L**

Debido al alto riesgo que representa el equipo en alta tensión es necesario extremar las precauciones y emplear trabajadores con capacitación adecuada.

#### 4.1 FALLAS EN EL ACEITE.

El incremento de humedad en el aceite da por resultado una disminución en su valor de tensión de ruptura o rigidez dieléctrica.

P	S	FALLAS EN EL ACEITE.
1		<b>Humedad</b>
	1	Originada por el aire que puede absorber el transformador en su proceso de trabajo.
	1.1	Fallas en las juntas
	1.2	Fugas en general.
	1.3	Descomposición propia del aceite y los aislamientos.
	2	Analice las características del aceite periódicamente, cuidando que conserve las condiciones indicadas en la tabla BE 4.1.

#### 4.2 FALLA EN EL EQUIPO AUXILIAR.

P	S	FALLA EN EL EQUIPO AUXILIAR.
1		El equipo auxiliar de protección y medición falla.
	1	Inspeccionar los equipos de protección y medición constantemente, verificando su estado, número de operaciones de interruptores.
		Verificar:
	1.1	Instrumentos de medición.
	1.2	Condiciones nominales del transformador.
	1.3	Tornillería de las terminales y conexiones.
	1.4	Estado de aisladores y boquillas (bushings).
	1.5	Tanque. Debe estar:
		Limpio
		Sin fugas
		Sin señales de "abombamiento"

Tabla BE 4.3

**CARACTERISTICAS DE LOS BIENES FISICOS.**

Nombre:	TRANSFORMADOR	Mantenimiento		Características		
Código:	ESTJ1	Preventivo				
Lugar	A02070	(h)	Clave	Color	Gris	
Proveedor	CATSA	5,000		Altura	mm	
Garantía	15 años	1,000		Largo	mm	
Compra	9309	500		Ancho	mm	
Marca	México	100				
		50		Peso	5000	Kg

Tabla BE 4.4

**CARACTERISTICAS DE LOS BIENES FISICOS.**

ESPECIFICACIONES:					MANUALES				
1	Capacidad	75	kVA		Clave	Copias			
2	Fases	3				Operación			
3	Frecuencia	60	Hz			Mantenimiento			
4	Tensión					Partes			
	Alta	23	kV						
	Baja	220 / 127		V	REFACCIONES				
	Conexión	-Y			Clave	Cant.	Frec.	(\$/u)	
6	Derivación	2+/-	2.5	%	1				
7	Impedancia	3.5		%	2				
8	Enfriamiento	OA / FA			3				
9	altitud	2000		msnm	4				
10	Servicio	Interior			5				
11	Aceite				6				
	Marca	Mex			7				
	Capacidad	60	l		8				
12					9				
13					10				
14									
15	AUXILIARES				HERRAMIENTAS				
	Protección				Clave	Cant.	Esp.	(\$/u)	
	Ventilador				1				
					2				
					3				



## 4.3 FALLAS EN LOS DEVANADOS.

P	S	FALLA EN LOS DEVANADOS
1		<b>Falsos contactos</b>
		Estos deterioran el:
1.1		Aislamiento
1.2		Contaminan el aceite, produciendo:
2.1		Gasificación
2.2		Carbono
2.3		Abombamiento del tanque del transformador.
		Esta falla se manifiesta por:
3.1		Presencia de carbono en las terminales
3.2		Terminales carcomidas
		Se adquiere una coloración intensa en:
4.1		Aislamiento
4.2		Conductor.
	1	<b>Apriete.</b>
	1.1	Los falsos contactos se originan por terminales flojas.
	1.2	Inspeccionar periódicamente las terminales externas e internas del transformador.
2		<b>Cortocircuito externo.</b>
		Esta falla es producida por un corto externo al transformador y dependerá de la intensidad y su tiempo de duración.
		La corriente que circula durante el corto circuito se traduce en esfuerzos mecánicos que distorsionan los devanados, e inclusive los mueve de su lugar.
		Si el corto circuito es intenso y de una larga duración, su efecto se reflejará en:
2.1		Degradación del aceite
2.2		Sobrepresión
2.3		Arqueos
2.4		Abombamientos en el tanque del transformador.
	2.1	<b>Después de una falla</b>
		En este tipo y teniendo la certeza que ésta se ha eliminado, se deberá revisar exhaustivamente el transformador para determinar si está o no dañado.
		Se deberán revisar las protecciones del transformador, comprobando la capacidad nominal del mismo.
3		<b>Corto circuito Interno:</b>
		Este tipo de fallas son el resultado de aislamientos que pierden sus características por:
		Exceso de humedad,
		Sobrecalentamientos continuos,
		Alteraciones en el voltaje, etc.

Tabla BE 4.5

**TRANSFORMADOR.****ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS**

. Aceite y los aislamientos.	
. Número de Neutralización	0.04
. Tensión max. intercala	36 diners/cm
. Peso específico a 20°C	0.844
. Índice de Viscosidad	88
. % carbón rambsbottom	0.084
. Resistencia dieléctrica	26 kV.
. Apariencia	clara y brillante
. Factor de Potencia	0.1 %
. Cantidad de Humedad	35 ppm.
Un aceite contaminado presenta los siguientes valores:	
. Contenido de humedad	80 ppm.
. Rigidez dieléctrica	22 kV.
Antes de cambiar el aceite del transformador se deberá limpiar el tanque.	
. Se deberá llenar al vacío	

P	S	FALLA EN LOS DEVANADOS
	1	En estas fallas el devanado se deteriora solo en el punto de falla y se detecta por:
	1.1	Degradación que sufre el aceite
	1.2	Ionización que produce el corto interno,
	1.3	Depósitos de carbono en el aceite y
	1.4	Posibles "abombamientos" del tanque
		Esta falla tarda en poner fuera de servicio al transformador y se deberá detectar en los análisis que se realicen a las muestras del aceite del transformador.
4		<b>Sobretensiones Transitorias.</b>
		Estas son producidas generalmente por:
4.1		Falsas operaciones de switcheo,
4.2		Puesta en servicio o desconexión de bancos de capacitores.
		Los sobrevoltajes que se presentan pueden ser del doble del voltaje nominal.
		El daño que se causa al transformador es a largo plazo, ya que se presenta en algunas ocasiones como un corto circuito interno o entre espiras.
	4.1	Si el aislamiento de las bobinas del transformador se encuentra resentido o deteriorado, la falla se puede manifestar en forma de "disparo de bala expansiva".
		La ionización generada contamina el aceite, lo gasifica y puede ocasionar el "abombamiento" en el tanque del transformador.
		Al presentarse este tipo de fallas, el transformador se debe "poner fuera de servicio", extraer el aceite al transformador y someterlo a un mantenimiento exhaustivo.
5		<b>Sobrecargas.</b>
		Las sobrecargas continuas ocasionan en el transformador un envejecimiento prematuro, que destruye el aislamiento, presentándose principalmente cortocircuito interno con las consecuentes fallas en el aceite, mencionadas en la falla por cortocircuito externo.
	5.1	Se deberá someter a análisis el aceite del transformador, al igual que la falla por cortocircuito interno
		Se deberá tomar en cuenta la carga conectada al transformador, que no deberá ser mayor que la capacidad nominal del mismo, para evitar la falla por sobrecarga.
6		<b>Sobretensiones por descargas atmosféricas.</b>
		En caso de que los apartarrayos estén deteriorados y la falla pasa al transformador y rebasa el nivel del impulso, el devanado fallará por el esfuerzo de sobrecarga a que fue sometido.
		La falla se manifiesta por las bobinas deterioradas cercanas a los herrajes del transformador.

Tabla BE 4.6

**MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES.**

1.	Revisión de: <ul style="list-style-type: none"> <li>. Características eléctricas del suministro.</li> <li>. Especificaciones generales del transformador.</li> </ul>
2.	Relación de transformación.
3.	Medición y prueba de: <ul style="list-style-type: none"> <li>. Resistencia de aislamiento.</li> <li>. Factor de potencia del aislamiento.</li> <li>. Resistencia óhmica de los devanados.</li> </ul>
4.	Revisión de: <ul style="list-style-type: none"> <li>. Termómetros.</li> <li>. Equipos y protecciones en general.</li> </ul>
5.	Verificar el nivel de aceite.
6.	Verificar fugas.
7.	Verificar el estado y sellado de las juntas.
8.	Limpiar el tanque y las boquillas (bushings).
9.	Apriete general de tornillería y conexiones.
10	Verificar la ventilación del local en que se aloja el transformador.
11	Verificar que no haya trazos de carbón, ni desperdicio de gases o humos.
12	Verificar las características del aceite mediante una muestra

P	S	FALLA EN LOS DEVANADOS
	6.1	<b>Apartarrayos (surge arrester).</b>
		Revisar en forma periódica los apartarrayos y sus conexiones y terminales.
		Si la falla se presenta en el transformador, se deberá someter a análisis de aceite del mismo, así como a las inspecciones y pruebas de aislamiento de los devanados, boquillas, etc.
	6.2	<b>Transformador.</b>
		Pruebas básicas a realizar para su mantenimiento son:
	1	Relación de transformación.
	2	Resistencia al aislamiento.
	3	Factor de potencia del aislamiento.
	4	Resistencia óhmica de los devanados.
	5	Verificación del estado del tanque, junta, sellos, etc.
	6	Limpieza general de tanque conexiones, bushing, etc.
	7	Apriete de conexiones.
	7.1	Verificar el nivel de aceite.
	7.2	Verificar si hay:
	.1	Depósitos de carbón y
	.2	Desprendimiento de gases o
	.3	Humos en terminales.

#### 4.4 CONSUMO EXCESIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

La sobrecapacidad del transformador representa baja de eficiencia y bajo factor de potencia, al igual que una subutilización, por lo cual en los casos de instalación del tipo selectivo secundario deberá, atendiendo a la carga, determinarse el mejor arreglo y conexión de los transformadores para satisfacer la demanda. En función de la carga se debe calcular el consumo.

P	S	CONSUMO EXCESIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
1		<b>Sobrecapacidad del transformador (error de proyecto).</b>
	1	<b>Substituya el transformador.</b>
		Quando se tengan transformadores en paralelo, defina un criterio de conexión, acorde con la operación.
	2	<b>Revise la carga.</b>
	3	<b>Revise la operación.</b>
2		<b>Presencia de armónicas(error de proyecto).</b>
	2.1	<b>Instalación de filtros.</b>
		Efectuar mediciones y determinar el tipo de filtro por instalar.

## Capítulo BE 5

**MANTENIMIENTO A INSTALACIONES ELÉCTRICAS.**

Para un adecuado mantenimiento de las instalaciones eléctricas se requiere de:

- Diagrama unifilar
- Planos eléctricos
- Arreglo de conjunto
- Esquemas (ejemplo Fig. BE 5.1).  
En ocasiones es conveniente elaborar estos esquemas que en forma simple muestren los principales elementos y su ubicación dentro de la empresa
- Tablas básicas para la inspección y análisis  
Se anexan las para el mantenimiento de las instalaciones eléctricas.
- Normas aplicables.

Los conceptos relevantes a considerar son:

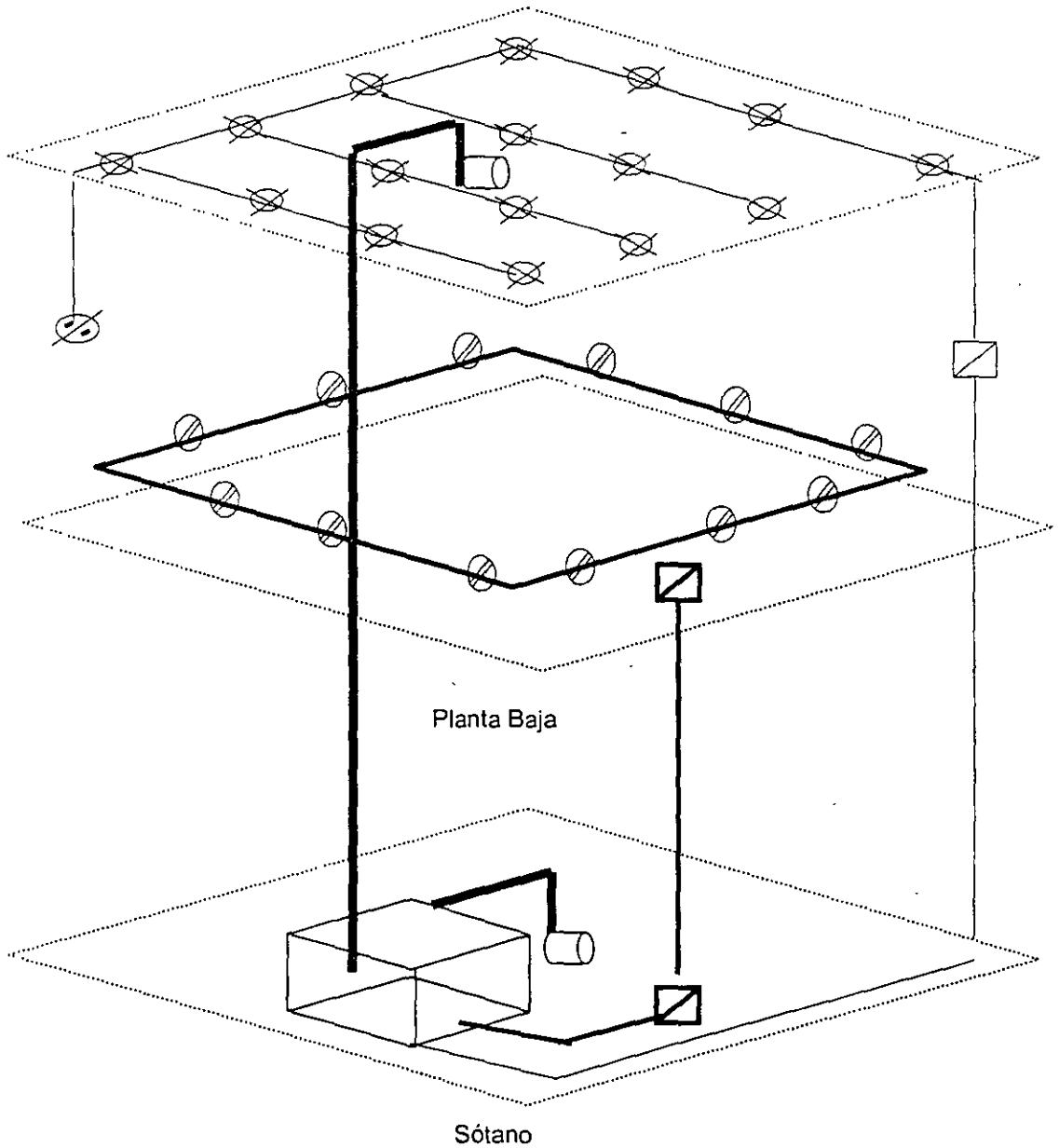
**5.1 BALANCEO DE CARGAS.**

En la revisión de los tableros es necesario revisar que el balanceo no sea superior al 5%, considerando: :

- **Proyecto (estático)**  
Determina el balanceo de las fases de diseño, independientemente de las condiciones actuales reales de funcionamiento (operativo) en las que pudiera haber diferencias, pero aún así define un criterio base de referencia que se elaboró con ingeniería.
- **Operativo (dinámico)**  
Determina el balanceo de las fases en operación, en las que se deben identificar las variaciones de la distribución de cargas en el tiempo y uso de equipo. Mantenimiento debe conocer el balanceo de proyecto, pero debe ajustar el balanceo de las cargas a lo largo del mes para:
  - Ahorro de energía.  
Mayor aprovechamiento de los conductores por pérdidas y caídas de tensión.
  - Menor pago por facturación

El balanceo de cargas es simple en los tableros, pues representa intercambiar posiciones

### EQUIPO ELÉCTRICO EN UNA INDUSTRIA











- |   |                          |   |                          |   |   |
|---|--------------------------|---|--------------------------|---|---|
| 1 | Subestación compacta     | 2   | Ductos o barras aisladas |  |   |
| 3 | Tableros de alumbrado    |  | 4                        | Luminarios  |  |
| 5 | Apagadores               |  | 6                        | Canalizaciones y accesorios   |  |
| 7 | Tableros de distribución |  | 8                        | Contactos   |  |
| 9 | Motores                  |  | 10                       | Arrancadores y señalización   |   |

Fig. BE 5.1

## 5.2 CAÍDA DE TENSIÓN.

La caída de tensión representa:

– **Pérdidas por efecto Joule**

$$p = i^2 R$$

Estas pérdidas se traducen en calor que trae como consecuencia el deterioro del aislamiento y por lo tanto mayores probabilidades de riesgo.

– **Condiciones adversas de operación.**

En algunos equipos, principalmente motores, al recibir menor tensión, para una potencia demandada, requieren mayor corriente que genera calor y por lo tanto pérdidas, con el alto riesgo de quemarse por protecciones inadecuadas o su falla. En otros equipos, por ejemplo focos incandescentes, se reduce su eficiencia.

En el diseño de las instalaciones se toman en cuenta factores que varían notablemente en su aplicación debido a incrementos de carga, relocalización de equipos e instalaciones provisionales (revisar art. 306 de la NOM) efectuadas sin un criterio técnico. Por lo tanto, mantenimiento debe revisar las instalaciones verificando los calibres de los conductores conforme a su funcionamiento real y las expectativas de uso próximo. Se sugiere, entre otros criterios aplicar el indicado en la tabla BE 5.1.

La selección de los conductores durante su diseño considera básicamente:

### 5.2.1 Factor de agrupamiento.

En la NOM se establece el número máximo de conductores por canalización, respetando una ocupación inferior al 40% de la sección transversal.

### 5.2.2 Factor por temperatura.

Mantenimiento debe vigilar que las canalizaciones conserven el cableado aceptable y conforme a la NOM, en cuanto a la afectación por temperatura, tanto sobre el aislamiento como por caída de tensión al subir la resistencia del conductor.

## 5.3 PROTECCIONES EN BAJA TENSIÓN.

Es necesario que Mantenimiento respete las protecciones, sin bloqueos y la armonía entre.

- Carga máxima demandada
- Carga instalada
- Ampacidad de los conductores.
- Protección de circuitos.



Tabla BE 5.1

**Tamaño nominal mínimo de los conductores**  
Tabla 310- 5. (NOM)

Tensión eléctrica nominal del conductor (V)		Tamaño nominal mínimo del conductor		
de	a	mm <sup>2</sup>	AWG	Material
0	2000	2,082	14	Cobre
		13,3	6	Aluminio
2001	5000	8,367	8	Cobre
		13,3	6	Aluminio
5001	8000	13,3	6	Cu o Al
8001	15000	33,62	2	Cu o Al
15001	25000	42,41	1	Cu o Al
28001	35000	53,48	1/0	Cu o Al

**310-15. Capacidad de conducción de corriente.**

b) Supervisión por personas calificadas. Con la supervisión de personas calificadas, se permite calcular la capacidad de conducción de corriente de los conductores mediante la siguiente fórmula general:

**Ecuación:**

$$I = \left( (T_c - (T_A + \Delta T_D)) / (R_{CD} (1 + Y_c) R_{CA}) \right)^{1/2}$$

donde:

- TC Temperatura del conductor (°C).
- TA Temperatura ambiente (°C)
- ΔTD Incremento de la temperatura por pérdidas del dieléctrico.
- RCD Resistencia de CC. del conductor a la temperatura TC.
- YC Componente de resistencia de CA. debida a los efectos superficial y de proximidad.
- RCA Resistencia térmica efectiva entre el conductor y el ambiente que lo rodea.

## Capítulo BE 6

**MANTENIMIENTO DE MOTORES ELÉCTRICOS.****PRONTUARIO.**

Para el adecuado desarrollo del Mantenimiento es necesario conocer del equipo sus:

1. Características > datos de placa
2. Medir su comportamiento > eficiencia

Para determinar el orden de las eficiencias esperadas del equipo en la tabla anexa se presentan los valores estimados, conforme a la NOM-001-SEMP, base de referencia sobre la cual se podrá obtener una primera versión del estado del equipo. En forma similar se proporcionan valores aproximados de factores de potencia de los motores en la tabla correspondiente.

Como ejemplo, también se anotan los valores de eficiencia de una bomba para poder obtener el valor combinado de eficiencia de un conjunto; los equipos mecánicos son menos eficientes que los eléctricos. Los equipos aumentan de eficiencia a medida que aumentan de tamaño (las pérdidas no son lineales, ni proporcionales).

3. Operación.

Con las referencias indicadas el manteniendo conoce el entorno del equipo. Adicionalmente es fundamental que comprenda el comportamiento del motor (curvas características) y conozca sus condiciones de operación:

- . mínima
- . máxima
- . normal
- . caso de emergencia

4. Equipo accionado.

Debe conocerse su comportamiento, para comprender las sobrecargas y posibles variaciones en el funcionamiento.

5. Estado del sistema motriz en forma integral (motor, equipo accionado y transmisión).

A continuación se relacionan algunas de los problemas y fallas que se pudieran presentar con más frecuencia, así como algunas probables formas de resolverla.

Tabla BE 6.1

**EFICIENCIA DE MOTORES ELÉCTRICOS.**

Pot. nominal	INDUCCIÓN JAULA DE ARDILLA						SÍNCRONO *		
	127 V	1 f	220 V	3 f	220 V	3 f	220 V	3 f	
HP	(A)	(W)	(%)	(A)	(W)	(%)	(A)	(W)	(%)
1/6	4.0	506	25						
1/4	5.3	667	28						
1/3	6.5	828	30						
1/2	8.9	1,127	33	2.1	796	46.8			
3/4	12.5	1,587	35	2.9	1,115	50.2			
1	14.5	1,840	41	3.8	1,433	52.0			
1.5	18.1	2,300	49	5.4	2,070	54.1			
2	21.7	2,760	54	7.1	2,707	55.1			
3	30.8	3,910	57	10.0	3,822	58.6			
5	50.7	6,440	58	15.9	6,052	61.6			
7.5	72.4	9,200	61	23.0	8,759	63.9			
10	90.6	11,500	65	29.3	11,148	66.9			
15	kW			43.9	16.7	66.9			
20	kW			56.5	21.5	69.4			
25	kW			71.1	27.1	68.9	55.4	21.1	88.4
30	kW			83.6	31.9	70.3	65.9	25.1	89.2
40	kW			108.7	41.4	72.1	86.8	33.0	90.3
50	kW			135.9	51.8	72.1	108.7	41.4	90.1
60	kW			161.0	61.3	73.0	128.6	49.0	91.4
75	kW			200.7	76.4	73.2	162.0	61.7	90.7
100	kW			259.3	98.7	75.6	211.2	80.4	92.8
125	kW			326.2	124.2	75.1	264.5	100.7	92.6
150	kW			376.4	143.3	78.1	315.7	120.2	93.1
200	kW			501.8	191.1	78.1	418.2	159.3	93.7

Factor de potencia = FP

\* Los valores anotados corresponden a FP = 1, los valores de corriente se modifican con fa.

FP	fa
1.0	1.00
0.9	1.10
0.8	1.25

Advertencia:

Los valores de eficiencia obtenidos para el motor sincrónico son superiores a los reales. Se sugiere obtener estos valores de los fabricantes, con la precaución de que sean certificados o con Consultores con experiencia real, respaldada.

Ref.

Ver tabla 430-148 y 430-150 del NEC (1993) y las correspondientes del NOM-001-SEMP (1994).

Las tensiones consideradas en el NEC son:

115 V

230 V

## 6.1 MOTOR BLOQUEADO AL ARRANQUE.

P	S	MOTOR BLOQUEADO AL ARRANQUE.
1		Freno mecánico accionado.
	1	Revise que el freno esté liberado.
	2	Ajuste inadecuado del freno.
2		Rotor bloqueado mecánicamente.
	1	Revise que la carga accionada, incluyendo sus mecanismos no se encuentren bloqueados.
3		Presión baja del aceite de lubricación.
	1	Revise el sistema de lubricación: tubería obstruida, fugas, etc.
4		Nivel de aceite bajo en el tanque de almacenamiento del lubricante.
	1	Verificar el nivel en el tanque de almacenamiento
5		Presión y gasto de agua de enfriamiento insuficiente.
	1	Verificar el sistema de enfriamiento: fugas, obstrucciones de la tubería y revisión de bombeo.
6		Protecciones del arrancador bloqueado.
	1	Verifique el arrancador interruptor, protecciones y conexiones.

## 6.2 SOBRECALENTAMIENTO DE LAS CHUMACERAS.

P	S	Chumacera con sobrecarga radial.
1		Flecha torcida y/o pandeada
	1	Verifique la flecha, rectifíquese o reemplácela.
2		Presión o gasto de lubricante inadecuado
	1	Revise el sistema de lubricación.
3		Elementos rotos o pistas cascadas de los rodamientos.
	1	Reemplace el rodamiento defectuoso.
4		Chumacera trabaja con sobrecarga axial.
	1	Verifique el alineamiento del centro magnético del rotor..
	2	Verifique la holgura de acoplamiento entre rotor y equipo accionado.
	3	Revise los empujes a que está sujeta la chumacera
	4	Revise el desgaste de la chumacera.
4		Chumacera muy caliente por sobrecarga
	1	Verifique el alineamiento de la flecha del motor y el equipo accionado.
	2	Revise los empujes a que está sujeta la chumacera,
	3	estado de desgaste de la chumacera.
5		Características incorrectas del aceite.
	1	Verifique la viscosidad especificada del aceite de lubricación.
	2	Revise posible contaminación del lubricante.

Tabla BE 6.2

### FACTOR DE POTENCIA DE MOTORES ELÉCTRICOS (INDUCCIÓN, JAULA DE ARDILLA)

% carga	100		75		50		20		10	
	3600	1800	3600	1800	3600	1800	3600	1800	3600	1800
200	90	88	89	87	83	79	72	66	60	52
300	91	90	89	88	84	81	72	67	61	54
500	91	90	90	89	86	83	73	68	62	56
750	91	90	90	89	87	84	74	69	63	58
1 000	92	91	91	89	88	90	77	71	66	60

Notas:

- FP a plena carga aumenta con el tamaño de los motores.

Tabla BE 6.3

### EFICIENCIA DE MOTORES ELÉCTRICOS AL VARIAR EL % DE CARGA

Carga HP / rpm	100%		75%		50%		25%	15%	10%
	3,600	1,800	3,600	1,800	3,600	1,800			
1/4 50	68.0	68.0	67.0	67.0	64.0	64.0			
200	92.5	92.0	92.0	91.5	91.0	90.5	77.0	67.0	57.0
300	93.5	92.5	93.0	92.5	92.0	91.0			
500	94.0	93.0	94.0	93.0	93.0	91.5			
750	94.5	93.0	94.5	93.5	93.4	91.8			
1 000	95.0	94.0	96.0	93.0	93.5	92.0			

### 6.3 SOBRECALENTAMIENTO DE BOBINAS O DEVANADOS.

P	S	SOBRECALENTAMIENTO DE BOBINAS O DEVANADOS
1		Motor está sobrecargado
	1	Revise las condiciones de operación del motor, voltaje, corriente, potencia, etc.
	2	Verifique la línea de suministro del motor (tensión).
2		Falla en el aislamiento de los devanados
	1	Verificar la resistencia del aislamiento
3		Falla en el sistema de enfriamiento
	1	Verifique el sistema de enfriamiento del motor:
	.1	Gasto
	.2	Presión

### 6.4 MOTOR SUCIO.

P	S	MOTOR SUCIO.
1		Ventilación obstruida, las bobinas del rotor sucias y/o empolvadas.
	1	Limpieza. Se deberá desarmar y limpiar todas sus partes.
		Un motor limpio funciona con una temperatura de 10 a 30°C menor que uno sucio.
	2	Verifique el entorno y condiciones extremas de trabajo.
		En caso de incremento de la suciedad del medio plantear.
		Modificación de la protección del motor
		Instalación de una cubierta externa adicional.

### 6.5 MOTOR MOJADO O HÚMEDO.

P	S	MOTOR SUCIO.
1		El motor estaba sujeto a goteo, chorro de agua o inundación.
	1	El motor deberá protegerse adecuadamente y deberá secarse con chorro de aire.
		En caso de inundación el motor se deberá desarmar y secar en horno o con resistencias eléctricas.
	2	Verifique el barniz aislante y la resistencia a tierra de los devanados.
	3	Ambiente húmedo.
		Si el motor se encuentra parado, se deberán conectar las resistencias del rotor para calentarlo y evitar la condensación en los devanados.

Tabla BE 6 4

**TENSIÓN RECOMENDABLE EN MOTORES**

Potencia de motores (HP)			
V	mínimo	medio	Máxima
127	0.05	1	5
220	2	10	50
440	20	100	500
2,300	200	1,000	5,000
4,160	500	1,000	7,500
13,200	2,500	10,000	50,000

**NOTA:**

- La tensión recomendable es función, adicionalmente de la capacidad, de factores tales como: tipo de arranque, capacidad de los transformadores y del sistema de suministro, rebasando ocasionalmente los rangos anotados.
- \* En general no se recomienda esta tensión, dado que los costos de arrancador y cableado no se modifican a tensiones de 4160 V.

## 6.6 CONSUMO EXCESIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Este punto es de máxima importancia (desde 1973), al incremento notable de los precios de los energéticos a nivel mundial. Con la apertura comercial (México 1994), es necesario incrementar la productividad de la empresa para poder ser competitivos, lo que puede lograrse fácilmente mediante el ahorro de energía, aplicando el motor correcto, entre otras medidas.

En función de la carga se debe calcular el consumo de energía en los motores.

P	S	CONSUMO EXCESIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.
1		Sobrecapacidad del motor (error de proyecto).
	1	Substituya el motor
	2	Revise la carga.
	3	Revise la operación.
2		Sobrecapacidad del motor (cambio de las condiciones de trabajo).
	1	Adecuar las características del motor
		Revise la posibilidad de modificar la operación del motor mediante la transmisión y/o la variación de la frecuencia (inversor) .
3		Armónicas (detectadas con aparatos)
	1	Instalar filtros

### 6.6.1 Consideraciones de operación.

Respecto a la carga nominal, la eficiencia de los motores unitarios baja muy ligeramente (aprox. 1 %) de 3/4 a 1 ¼ de la carga.

La eficiencia de los motores a ½ carga baja (respecto a los 3/4 de la carga):

- máximo 1% en capacidades mayores de 10 hp
- alrededor de 3% en capacidades 1 a 7.5 hp
- alrededor de 4% en capacidades fraccionarias

Las eficiencias en motores unitarios a 5/4 de carga son aproximadamente intermedios entre 1/2 y 3/4 de la carga; en los fraccionarios son aproximadamente iguales a las de 3/4.

Las eficiencias decrecen notablemente a menos del 50 % de carga y muy drásticamente a partir del 25 %.

El % de carga se puede determinar aproximadamente

$$\% \text{ carga} = 100 (V_s - V_{\text{medida}}) / (V_s - V_{100\%})$$



Tabla BE 6.5

**MANTENIMIENTO CORRECTIVO A MOTORES.**

1	Identificación del motor	
2	Diagnóstico eléctrico	
3	Desensamble del motor	
4	Identificación de las partes del motor	
5	Diagnóstico mecánico	
6	Dimensionamiento mecánico	
7	Almacenamiento de las partes del motor	
8	Determinación de tiempos y materiales:	Mecánica Eléctrica
9	Elaboración de diagramas eléctricos	
10	Desembobinado	
11	Limpieza de núcleos magnéticos o estator	
12	Prueba de toroide	
13	Fabricación	Aislamientos Bobinas
14	Montaje de bobinas	
15	Soldadura	
16	Impregnación	
17	Horneo	
18	Prueba de alto potencial	
19	Prueba de resistencia	Aislamiento Óhmica
20	Prueba de impulso	Entre espiras Armadura
21	Limpieza de partes mecánicas	
22	Balanceo dinámico del motor	
23	Cambio de rodamientos	
24	Ensamble del motor	
25	Ensamble del cople	
26	Prueba de resistencia	Aislamiento Óhmica
27	Prueba final de operación en vacío	
28	Pintura	
31	Verificación de documentación	
30	Embalaje, almacenamiento y embarque	

## 6.7 MANTENIMIENTO POR SISTEMA.

En el mercado de alta tecnología de las empresas se cuenta con verdaderos sistemas de Mantenimiento para aplicar adecuadamente las tareas a los bifs.

Así se tiene como ejemplo el Plan de Calidad desarrollado para el Mantenimiento correctivo de los diferentes tipos de motores eléctricos, en el que se refieren las tareas a:

- Especificaciones
- Requerimientos de mano de obra
- Inspección
- Instrumentos de medición por aplicar
- Reporte por generar

Todas estas actividades son elaboradas y revisadas periódicamente, ajustadas contra resultados y mejoradas continuamente, que permiten un buen control del Mantenimiento y por lo tanto un incremento continuo en la calidad de los servicios.

En la tabla 6.5 se presenta a manera de ejemplo el listado empleado para el mantenimiento correctivo de los motores.

Es muy importante considerar cada una de las tareas.

### 6.7.1 Identificación:

En el caso de esta tarea es importante conocer:

- Ubicación del motor
- Inspección en sitio, y de ser posible, efectuarla cuando todavía está montado en su lugar, de forma tal de poder efectuar:
  - . Diagnóstico del motor en función de su entorno
  - . Régimen de operación para conocer sus requerimientos y así poder comprobar que la selección y aplicación del tipo de motor empleado es el correcto.

Este procedimiento es fundamental si se quiere obtener un Mantenimiento Productivo, acción que la empresa (cliente) debe estar consciente para autorizar la inversión que representa esta identificación completa.

## 6.8 MOTORES ELÉCTRICOS DE ALTA EFICIENCIA.

El empleo de motores eléctricos de "Alta eficiencia" es conveniente, considerando las ventajas económicas que proporciona, incluyendo los incentivos que entrega el Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE).

En el Diario Oficial de la Federación del 980617 fue publicada la norma NOM - 016 - ENER -1997 sobre los motores eléctricos de alta eficiencia.

Es importante para la determinación de la inversión contemplar las alternativas siguientes:

- Motor eléctrico estándar
- Motor eléctrico de alta eficiencia
- Reparación de un motor con iguales características
- Reparación de un motor modificando su construcción para una mayor eficiencia

La selección estará en función de las características particulares del motor, como son.

- Carcasa
- Flecha
- Montaje especial
- Disponibilidad en el mercado (tiempo de entrega)
- Inversión inicial (costo)
- Costo de reparación y eficiencia obtenida garantizada
- Conforme a las curvas que proporciona E. Source.

### Bibliografía:

E Source, Inc.  
1033 Walnut Street  
Boulder, Colorado  
803902, USA  
(303)440 - 85 - 00, 440 - 85 - 02

## Capítulo BE 7

**INSTALACIONES DE ALUMBRADO.**

La necesidad de Ahorro de Energía (AE) es imperiosa, en las condiciones actuales de México, por lo que es fundamental el conocer las bases de la iluminación, su operación y mantenimiento, como elemento a controlar para obtener esos ahorros.

Este ahorro es factible obtener fácilmente, con una adecuada **asesoría**, a través del uso conveniente del alumbrado, principalmente mediante el cambio de "**actitudes**" del personal de la Empresa. Este concepto debe estudiarse y aplicarse en la Administración y Dirección del Mantenimiento (libro Blanco y libro Amarillo de SOMMAC).

El alumbrado debe promover la productividad, misma que solo se logra cuando quien trabaja lo hace bien, seguro y con gusto

Como respuesta a la necesidad del ahorro de energía, se tienen disponibles en el mercado gran cantidad de lámparas más eficientes que las convencionales. Sin embargo, es fundamental que el manteniendo esté perfectamente enterado del **comportamiento real** de estas lámparas, ya que en muchos casos la mala regulación de la línea eléctrica origina reducción en la vida útil de las lámparas a valores muy inferiores a los que publican los fabricantes. Por otra parte, el mercantilismo y vendedores fraudulentos suministran lámparas de muy baja calidad, que no cumplen con las eficiencias indicadas en sus boletines técnicos y mucho menos cumplen con la vida útil esperada.

SOMMAC espera que los mantenientes informen de todas las diferencias entre los datos publicados y los reales, así como las irregularidades, para tratar de erradicar esos fraudes y obtener los mejores resultados en nuestro trabajo, aprovechando las experiencias.

- & Es importante destacar que la calidad de los elementos mecánicos de los equipos de alumbrado es pésima en general, debido fundamentalmente a falta de ética y mercantilismo del fabricante. En el texto se hará referencia a este concepto mediante la llamada &. Mantenimiento puede solventar esta deficiencia publicando las fallas.
- \* Este capítulo tomó como referencias importantes los apuntes del Ing Rubén Ávila Espinosa y el Ing. Arturo López Arce. Se indican sus aportaciones directas al pie de página

Tabla BE 7.1

**PARÁMETROS QUE DEFINEN EL ALUMBRADO.**

- CANTIDAD:	
. Nivel de iluminación	
- CALIDAD:	
. Aspecto de color	
. Deslumbramiento	
. Distribución de iluminación en el campo visual	
. Modelado	
. Rendimiento de color	
- OTROS:	
. Actitudes	. Idiosincrasia
. Costumbres	. Prácticas laborales
. Cultura	. Salud
. Gusto	. Tareas
. Edad	. Ubicación

Tabla BE 7.2

**FUNCIONES ADICIONALES DEL ALUMBRADO**

- CODIFICACIÓN:
. Alarmas.
. Tableros
- ESTÉTICA.
- GUIAR:
Rutas. Para marcar a cierta distancia la dirección que sigue una vía.
- SEÑALIZACIÓN:
. Areas peligrosas
. Códigos de luces de colores
. Letreros de instrucciones
. Rutas
- OTROS OBJETIVOS:
. Salvaguarda del bif
. Seguridad personal
. Status del sitio

## 7.1 OBJETIVOS PRIMORDIALES DEL ALUMBRADO

La exigencia básica para cualquier instalación de alumbrado, consiste en proporcionar una iluminación adecuada en cantidad y calidad (tabla BE 7.1), con el objetivo de que los usuarios vean lo suficiente bien y puedan realizar sus tareas con la precisión y velocidad requeridas, en función de:

- Economía.
- Eficiencia visual.
- Confort y bienestar visual.

La apreciación de la calidad del alumbrado se deriva de la **comparación** con experiencias e incluso con la hecha en forma **simultánea** o sucesiva entre diferentes zonas de sus campos visuales. Adicionalmente se requiere de la sensibilización del manteniendo a los diferentes niveles de iluminación para poder apreciar las diferencias.

El nivel de iluminancia (cantidad) es el parámetro que más directamente está relacionado con la eficiencia de la visión.

Las unidades de luminancia más usuales son:

- |                     |  |
|---------------------|--|
| cd / m <sup>2</sup> | para casos tales como la visión sobre objetos o pavimentos de vías |
| lx                  | más fácil y adecuado al estudiar locales y áreas abiertas.         |

## 7.2 DISEÑO DE ALUMBRADO.

El nivel de iluminación es fundamental, ya que determina la cantidad de luz incidente en el plano de trabajo y por ende el consumo de energía.

El nivel de iluminación necesario varía notablemente con la naturaleza de la actividad y fundamentalmente es función de:

- . Condiciones de los alrededores.
- . Contraste de color.
- . Contraste de iluminación.
- . Dificultad de la tarea visual, según el tamaño del detalle.
- . Estado fisiológico de los ojos que deben realizar la tarea.
- . Tiempo en que se desarrolla la tarea.
- . Velocidad de percepción.

Debe tenerse presente que la uniformidad del nivel de iluminación en áreas generales determina su calidad y confort para el usuario y que éste se considera aceptable hasta proporciones de 1 a 3 entre las zonas más y menos iluminadas.

Tabla BE 7.3.1

**NIVELES DE ILUMINACIÓN.**

FUNCIÓN	CONDICIÓN	NIVEL (luxes)
Biblioteca		700
Oficina	Trabajo continuo	1 000
Oficina	Trabajo intermitente	700
Hospital	Quirófano	25 000
Hospital	Sala de operaciones	1 000
Salón de clase		700
Mercado		500
Industria	Pintura	1 000
Industria	Ensamble	500
Hotel	Recámara	100
Restaurante		500
Basquetbol		500
Box	Ring	5 000
Toros	Ruedo	1 000

Tabla BE 7.3.2

**FACTORES DE NIVEL DE ILUMINACIÓN POR EDAD.**

PERSONAS	AÑOS	DESARROLLO		VECES	APROXIMADO
		Base	Potencia *		
Niño	8 - 9	0.9	1 -.1	0.9	0.9
Jóvenes	11 - 19	1.0	1 + 0	1.0	1 a 4/4
Adulto joven	21 - 29	1.1	1 + 1	1.2	1.5 a 5/4
Adultos	31- 39	1.2	1 + 2	1.7	2 a 7/4
Adultos	41- 49	1.3	1 + 3	2.9	3 a 1/4
Adultos	51- 59	1.4	1 + 4	5.4	5
Tercera edad	61- 69	1.5	1 + 5	11.4	10
Ancianos	70	?	?		

\* Potencia para elevar la base como factor multiplicado (fórmula empírica Rubén Ávila E.)

La tendencia actual es incrementar los niveles de iluminación por sus ventajas:

- Mayor eficiencia y bienestar visual.
- Mayor productividad.
- Disminución de accidentes.
- Mayor seguridad y salvaguarda.
- Mayor disposición para las tareas.

Cada vez es más fácil obtener estos niveles en forma práctica y económica debido a la incorporación de los avances tecnológicos. La IES (Illuminating Engineering Society) publica niveles de iluminación, que representan una referencia importante en la determinación de los valores por aplicar.

SOMMAC propone los niveles de iluminación recomendables en México (tabla BE 7.3 1) como "valores de servicio" es decir el promedio a lo largo de la vida de la lámpara, considerando:

- Envejecimiento de la fuente luminosa
- Influencia del medio ambiente en el conjunto luminoso (luminario + lámpara)

El valor de servicio puede mantenerse por un buen mantenimiento de la instalación, mediante:

- Mantenimiento (limpieza) periódica y frecuente del conjunto luminoso.
- Reemplazo en grupo de las fuentes luminosas antes de su extinción (vida útil o económica, aproximadamente 70% de la vida media).

### **7.2.1 Iluminación general.**

Debe tenerse presente que el nivel de iluminación de las áreas generales es del orden el 70 % de la requerida para trabajos localizados y que las modificaciones a la distribución original de las zonas, afecta el nivel establecido en el proyecto. Por lo tanto, Mantenimiento deberá redistribuir luminarios, tomando en cuenta la opción de iluminación localizada, sustitución de lámparas más eficientes, seccionamiento de circuitos para el control de encendido.

### **7.2.1 Iluminación localizada.**

La instalación de iluminación localizada permite un mayor involucramiento del personal en la necesidad de ahorrar, control más simple del encendido (mediante detectores de presencia), mayor eficiencia del alumbrado general, nivel de iluminación óptimo para cada circunstancia en particular.



Tabla BE 7.4

**MÉTODO DEL LUMEN.**

$$E = N \times L \times CU \times M \times d / S$$

Donde:

Literal	Parámetro	Unidad
E	Nivel de iluminación (Iluminancia)	lux
N	Número de luminarios	lumen
L	Flujo luminoso por luminario	
Cu	Coeficiente de utilización	
M	Factor de mantenimiento	m <sup>2</sup>
D	Factor de depreciación	
S	Superficie del local	
Cu	Lo proporciona el fabricante del luminario en forma tabular, y en función de: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de luminario,</li> <li>• Dimensiones del local o índice del local ó relación del cuarto (R)</li> <li>• Reflexiones de techo, muros y piso</li> </ul>	
R	La fórmula más frecuente es la siguiente (puede ser establecida alguna otra por el fabricante):	

$$R = 5 \times (l + a) h / (l \times a)$$

Donde:

- l Largo
- a Ancho
- h Altura de montaje al plano de trabajo.

$$N = E \times S / L \times C_u \times M \times D$$

### 7.3 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN.

Mantenimiento debe revisar el alumbrado mediante el cálculo por el Método del Lumen (tabla BE 7.4), por ser fácil, práctico y efectivo.

Se sugiere adicionalmente realizar un análisis comparativo entre los distintos tipos de lámparas y luminarios disponibles en el mercado para ratificar si continúa siendo adecuada la selección de los elementos del alumbrado.

La fórmula RAE (Rubén Ávila Espinosa) establece las necesidades de iluminancia para diferentes edades, como:

$$M = (1.D)^{(1+D)}$$

Donde:

M = número de veces de iluminación que se requiere

D = número de décadas de años cumplidos - 1,

siendo la base (1 vez o 1 unidad) los jóvenes de 11 a 19 años con cero décadas cumplidas

Para encontrar el número de veces que requiere más luz una persona de X años en relación con otra se dividen los factores aplicables (tabla BE 7.3.2).

### 7.4 TIPOS DE LÁMPARAS.

Las características más importantes a considerar en general en las fuentes luminosas son:

- Eficiencia o rendimiento luminoso lm / W.
- Reproducción de colores. índice  
Un valor superior al 90 %, permite una reproducción muy fiel de los colores del objeto.
- Luminancia ( brillo de la fuente) candelas / cm<sup>2</sup>.
- Aspecto de color (color que tiene la luz en sí)
- Temperatura de color.  
Es la temperatura de un cuerpo negro para lograr el aspecto del color deseado.

Aspecto de color y temperatura de color se influyen mutuamente.

Las lámparas pueden dividirse en los siguientes grupos, indicando sus características que afectan principalmente a mantenimiento:

Tabla BE 7.5

**FACTORES QUE AFECTAN EL FLUJO LUMINOSO.**

<b>NO RECUPERABLES</b>	
<b>- Reactor</b>	R
Revisar la adecuada selección del reactor.	
Se considera usualmente 1.0	
<b>- Luminarios</b>	S
El factor se considera 1.0 en los primeros 5 años, pudiendo disminuir un 5% por cada periodo semejante posterior.	
<b>- Temperatura</b>	T
Afecta en lámparas fluorescentes.	
Salvo condiciones de temperatura extremas, el factor es 1.0.	
<b>- Tensión (voltaje):</b>	V
Salvo condiciones conocidas se considera 1.0, excepto en incandescentes, en donde hay que cuidarlo.	
<b>RECUPERABLES:</b>	
<b>- Polvo o suciedad</b>	A
Estas categorías se dan en juegos de cinco curvas, para condiciones ambientales de diferente grado de severidad, polución o suciedad.	
<b>- Suciedad del entorno</b>	E
Dependiendo del porcentaje esperado de deterioro por suciedad, del tipo de distribución de luminario (directa, semidirecta, etc) y del índice del local (K), se tienen tablas que dan de este factor.	
<b>- Lúmenes</b>	I
Es básico definir el remplazo de las lámparas:	
. Individual	
. En grupo (60 al 70% vida nominal o mediana)	
El factor 0.8, excepto para VSAP que no hay decaimiento de lúmenes.	
<b>- Lámparas quemadas</b>	Q
El aplicar o no el factor depende concretamente de si al fundirse (out) alguna lámpara se deja algún tiempo (días) antes de su remplazo.	

### 7.4.1 Lámparas incandescentes.

- Costo inicial muy bajo.
- Luminancia:
- Medida (perla).
- Montaje y conexión muy simple.
- Reproducción de colores excelente (cálido).
- Uso versátil.

#### Desventajas:

Rendimiento luminoso bajo	15	Lm / W
Vida útil reducida	1 000	h

### 7.4.2 Lámparas fluorescentes.

- Rendimiento luminoso considerablemente mayor que el de las incandescentes.
- Vida útil 12 000 h #.
- Reproducción de colores menos favorable que las incandescentes.
- Requieren de elementos adicionales para su operación.
- Problemas de conexión debido al pésimo diseño de las bases.  
Este problema está parcialmente resuelto con las lámparas de encendido instantáneo (slim line), pero a cambio de un excesivo costo no justificado (&).

### 7.4.3 Lámparas de vapor de mercurio (vm).

Estas lámparas han sido superadas por las VSAP y solo se conservan para casos particulares de remplazo y color.

Se tienen también las lámparas de vapor de mercurio con aditivos metálicos. Las lámparas de luz mixta es una combinación de vapor de mercurio e incandescente que permiten tener la conexión directa a la red.

### 7.4.4 Lámparas de vapor de sodio de alta presión (vsap).

- Rendimiento luminoso alto
- Vida útil 20 000 h.
- Reproducción de colores buena.

### 7.4.5 Lámparas de vapor de sodio de baja presión (vsbp).

- Reproducción de color mala. Su luz es monocromática (amarilla).
- Penetración (sensibilidad máxima del ojo). En zonas con neblina son excelentes.
- Mayor rendimiento de las disponibles en el mercado.

# El valor real a considerar es de 1/3 del indicado.

Tabla BE 7.6

**FACTORES DE MANTENIMIENTO**

Factor	Concepto	Valor	observaciones
R	Reactor	1.0	
S	Luminario	1.0	
T	Temperatura	1.0	
V	Voltaje	1.0	
A	Polvo	0.80	DAI Aberturas sin difusores
		0.70	DAI Exterior
		0.85	F/I Local limpio
		0.75	F/I Local mediano
		0.65	F/I Local sucio
		0.96	Local limpio
E	Entorno	0.94	Local mediano
		0.92	Local sucio
I	Lúmenes	0.90	
Q	Quemadas	0.95	

Tabla BE 7.7

**FACTORES DE MANTENIMIENTO PRÁCTICOS**

Lámpara	Condiciones	Factor
Incandescentes	Favorables	0.70
	Medias	0.60
	Adversas	0.50
Fluorescentes	Favorables	0.70
	Medias	0.60
	Adversas	0.50
DAI	Interior	Medias 0.65
	Exterior	Medias 0.60
DAI VSBP		0.67

## 7.5 COEFICIENTE DE UTILIZACIÓN

El flujo aprovechable (que sale) del luminario al plano de trabajo, en relación al emitido por la lámpara se le llama Coeficiente de Utilización (Cu), determinado para las condiciones de luminario nuevo y alta limpieza en éste y el local.

Este Cu depende básicamente de:

- Luminario.
- Geometría, materiales reflejantes
- Forma del local
- Reflexión de las superficies y objetos dentro del local.

## 7.6 FACTOR DE MANTENIMIENTO (FM).

Existen diversos factores que afectan el flujo luminoso del luminario (tabla BE 7.5) que son valorados como Factor de Mantenimiento (tabla BE 7.6).

El producto de los factores que integran el Fm es próximo a la unidad, si se mantienen los parámetros "bajo control"

Un luminario de calidad mantiene razonablemente sus propiedades de reflexión. Las superficies reflectoras (X) se deterioran con el tiempo, resultando en una disminución de la eficiencia del mismo y en consecuencia del Cu.

El aseo (A) del luminario debe considerar la superficie:

- . Reflectora del luminario
- . Lámpara
- . Exterior del difusor
- . Interior del difusor

Según el diseño del luminario, el fabricante da la "categoría" del mantenimiento (CM), que es la susceptibilidad del conjunto para retener el polvo o suciedad artificial.

## 7.7 MANTENIMIENTO PLANEADO.

Los sistemas de iluminación requieren de un mantenimiento que asegure la calidad y cantidad de iluminación requerida, mantenimiento que debe ser programado y realizado considerando todos los factores físicos, económicos y necesidades.

Tabla BE 7.8

## ANÁLISIS DE COSTOS PARA CONVERSIÓN DE SISTEMAS.

1	Tipo de lámpara		a	f
2	Tipo de luminario		b	L
3	Número de lámparas por luminario		N	
4	Flujo luminoso por luminario	$(Na * b)$	I	Im
	a. Eficiencia del luminario		%	
	b. Flujo luminoso por lámpara		Im	
5	Vida útil por lámpara		h	
6	Utilización promedio anual		h	
7	Consumo por luminario (incl. equipo)		W	
8	Costo estimado de energía		\$ / kWh	
9	Costo neto del luminario en una instalación nueva con equipo		\$ / L	
10	Costo neto por lámpara		\$ / f	
11	Costo mano de obra de sustitución:		\$ / MO	
	a. Luminarios (incl. lámpara)			
	b. Lámparas			
12	Amortización anual por punto de luz (supuesta en 10 años)	$(9 + 10)$		
13	Número de lámparas reemplazadas anualmente por punto de luz	$(6 * 5)$		
14	Costo anual por reemplazo de lámparas por punto de luz	$(13 * 10)$		
15	Costo anual por mano de obra por reemplazo de lámparas	$(13 * 11)$		
16	Costo total anual por reemplazo de lámparas	$(14 + 15)$		
17	Costo estimado de energía luminario por año	$(6 * 7 * 8)$		
18	Costo anual de explotación	$(12 + 16 + 17)$		
	Diferencia de costo anual			

En una instalación de alumbrado son varias las causas de pérdida de luz como son:

- Variaciones de tensión y temperatura.
- Deterioro de las superficies de los luminarios.
- Ensuciamiento en las paredes y techo del local.
- Depreciación luminosa de la lámpara por envejecimiento.
- Lámparas que fallan y que no son reemplazadas.
- Ensuciamiento de los luminarios.

Los niveles de iluminación requeridos son proyectados considerando cuando el sistema entrega la mínima cantidad de luz permitida. Esto ocurre al final del ciclo de mantenimiento planeado.

Sin una rutina de mantenimiento la luz entregada por el sistema puede caer a menos de la mitad de la luz inicial entregada.

Como esta caída cambia gradualmente no será apreciable hasta que alguien comience a quejarse que se necesita más luz. Esta situación puede ser evitada solamente por el sobrediseño del sistema de alumbrado bien elaborado y ejecutado.

Un buen mantenimiento de alumbrado minimiza el sobrediseño de sistemas de alumbrado y no despilfarra energía.

Por otra parte, es importante destacar que la calidad de los elementos mecánicos de los equipos de alumbrado es pésima en general, debido fundamentalmente a falta de ética y mercantilismo del fabricante; en el texto se hará referencia a este concepto mediante la llamada (&). Mantenimiento puede solventar esta deficiencia.

## **7.8 REEMPLAZO EN GRUPO.**

En general el mantenimiento del alumbrado, lamentablemente contempla solamente el remplazo de la unidad fundida o sus accesorios (lámpara, arrancador, balastro, etc). Frecuentemente se observan lámparas de diferentes tonalidades en una instalación, lo cual detecta ignorancia sobre el tema, ya que no se considera la fuente de luz en función de su aplicación específica. Este problema es resultado de la contratación de ignorantes, pero corruptos, en el área de compras.

Una manifiesta ineficiencia en los cambios de unidades fundidas, se tiene patente en el reemplazo individual por falla o mantenimiento correctivo, en el cual no es posible definir la fiabilidad del luminario al reponer en forma aleatoria las lámparas.

Al cabo del tiempo este sistema es ineficiente, porque se gasta mucho tiempo y dinero, se invierten muchas horas - hombre y se demeritan las funciones del local, donde se tiene el problema de mantenimiento con lámparas fuera de servicio en forma irregular.



Tabla BE 7.9

**VENTAJAS DEL SISTEMA DE REEMPLAZO EN GRUPO.**

- Mayor nivel de iluminación por el mismo consumo de energía.
- Mayor eficiencia y duración de luminarios y controlentes.
- Ahorro de horas - hombre invertidas por el reemplazo individual correctivo.
- El presupuesto se apega a los gastos reales de mantenimiento, es decir se puede calcular con precisión el presupuesto.
- Elimina espacio indebidamente utilizado en existencias de repuesto.
- Mejora la apariencia de la instalación de iluminación.
- Elimina gastos administrativos continuos debido a compras constantes.
- Seguridad de tener confiable y eficaz sistema de mantenimiento.
- No perturba el ritmo de trabajo, ya que el reemplazo de grupo se efectúa en un tiempo específico, que puede ser fuera de horas laborales.

Tabla BE 7.10

**COSTO DE LUZ**

$U = (P + H + R/WL + (F + M)/h) / Q D d$		
Donde:		
U =	Precio unitario de luz	\$ / lumen h
P =	Precio de la lámpara	\$ / u
H =	Costo de mano de obra para reemplazar una lámpara	\$ / u
W =	Potencia del sistema (lámpara + balastro)	W
R =	Costo de energía	\$ / kWh
L =	Vida económica de la lámpara	m h
F =	Costos fijos o administrativos	\$ / lum año.
M =	Costos de limpieza	\$ / lum año
h =	Horas anuales de operación	h año
Q =	Flujo luminoso	lumen
D =	Factor de depreciación	
d =	Factor de mantenimiento	

El reemplazo en grupo consiste en el cambio total de:

- Lámparas por luminario (primera fase)
- Zona de trabajo

Este remplazo es al final de su vida económica, independientemente del estado en que se encuentren. Algo similar se podría efectuar con los accesorios del luminario, empatando los valores de remplazo de los diferentes componentes.

Debería considerarse la reposición de los balastos averiados si es necesario, limpieza de luminarios y pantallas y revisión de todas las conexiones y partes eléctricas de la instalación

El reemplazo en grupo depende principalmente de:

- Nivel de vida.
- Costo de la mano de obra.
- Costo de materiales.
- Ubicación de los luminarios.

## 7.9 CONCEPTO DEL COSTO DE LUZ.

El "costo de luz", apunta el Ing. Arturo López Arce, generalmente se expresa como el costo por lumen - hora, expresado normalmente en pesos por millones de lumen·hora.

No existe regla general que recomiende el reemplazo en grupo; cada instalación debe considerarse independientemente.

En general el remplazo en grupo se recomienda cuando el costo de mano de obra del reemplazo individual es mayor que la mitad de  $C$  o cuando el costo de mano de obra del reemplazo en grupo es menor comparando con  $I$ .

Para indicar si es económico o no y saber el mejor intervalo de remplazo, se debe hacer una iteración de las ecuaciones RGC y RGS utilizando varios periodos entre remplazo para encontrar la vida económica ( $A$ ).

La selección de un período de remplazo o intervalo de limpieza tendrá un efecto directo sobre el factor de pérdida de luz. Un análisis económico que incluya un estudio de variables económicas puede utilizarse en la fase de diseño de un proyecto como una forma de minimizar la depreciación de luz del sistema en el tiempo.

Como resultado se obtendrá que se necesitarán menos luminarios en un sistema de alumbrado general para un nivel de iluminación mantenido previsto y los costos iniciales de operación, serán reducidos en todo el sistema durante su vida.

Tabla BE 7.11

**FÓRMULAS PARA EL REEMPLAZO.**

1 Reemplazo individual:

$$RI = \frac{B}{A} (C + G) \quad \$ / \text{lámpara año}$$

2. Reemplazo en grupo

(reemplazando las lámparas que fallen antes del cambio).

$$RGC + B / A (C + G KL + KI) \quad \$ / \text{lámpara año}$$

3. Reemplazo en grupo

(sin reemplazar las lámparas que fallen antes del cambio).

$$RGC = B / A (C + G) \quad \$ / \text{lámpara año}$$

Donde:

B =	Horas de operación anuales	(h / a)
R =	Vida promedio	h
A =	Vida económica (tiempo entre reemplazos)	h
C =	Costo neto de las lámparas	\$
Y =	Costo de mano de obra, reemplazo por lámpara en forma individual	\$/lamp.
G =	Costo de mano de obra, reemplazo por lámpara en grupo.	\$/lamp.
K =	Relación de lámparas que fallan antes del reemplazo en grupo (de la curva de mortalidad).	
L =	Costo neto del reemplazo de lámparas.	

Tabla BE 7.12

## INTENSIDAD DE USO

(1) #	(2) TIPO	(3) (h)	(4) W	(5) lm / W	(6) \$ rel	(7) dom.	(8) ind.	(9) com.	(10) ext.
	<b>INCANDESCENTES</b>								
1	Doméstica estándar	xx							
2	Industrial								
3	Decorativas								
4	Reflectoras								
5	lodo cuarzo Luz mixta								
6	Incand - v.merc.								
	<b>DESCARGA</b>								
7	Arco								
8	Neón								
9	Fluorescente sl std. x std								
10	Aditivos metálicos								
11	Vapor mercurio								
12	Sodio alta presión								
13	Sodio baja presión								

## EQUIPO ELÉCTRICO CONTAMINADO CON BPC

La incorporación indiscriminada de las "modas" y ser víctima de la publicidad desmedida, adquiriendo materiales y equipos sin un análisis de ingeniería crea problemas tan trascendentes como el **askarel**, que son heredados a Mantenimiento, el que debe enfrentar, por lo que es indispensable que los mantenientes conozcan este producto.

El askarel, nombre más conocido en el mercado, tiene otros nombres comerciales que se listan algunos de ellos en la tabla BE 8.1. El askarel es un líquido aislante sintético (40% - 60% BPC) se empleó en transformadores, capacitores y algunos otros equipos como dieléctrico con propiedades importantes.

El **BPC** es un bifenilo policlorado (identificado en inglés como PCB) es un hidrocarburo aromático clorinado, con 209 posibles variantes.

Hasta tiempo después que se comercializó profusamente el askarel, se identificaron sus importantes desventajas al ocurrir explosiones de transformadores en Japón y Estados Unidos con graves consecuencias, lo que dio origen en 1978 a que la Organización Mundial de la Salud recomendara la prohibición de su fabricación y comercialización, proponiendo su destrucción por incineración (incremento de temperatura de 1000°C en solo 12 s). Fue un **error de ingeniería** su aplicación.

El BPC fue producido en Europa, Estados Unidos y otros países. Monsanto aparentemente fue el único productor de AROCLOR, con distintas proporciones de BPC y solventes. En México los BPC deben estar bajo control, conforme a la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos (art. 38 y 39), considerándolos como **residuos peligrosos**.

La Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) en su decisión C(92) 39 establece los mecanismos internacionales para controlar el movimiento hacia los países donde se reutilizarán o reciclarán los residuos, clasificados como:

- G verde
- A ámbar (peligroso)
- R rojo (peligroso)

Considerados los PCB como residuos peligrosos dentro:

- RC010 dibenzofuranos
- RC020 dibenzodioxinas

\* Se obtuvo parte de la información por cortesía de ABB Sistemas, S.A. de C.V. (División Servicio).

Tabla BE 8.1

**IDENTIFICACIÓN DE BPC.**  
(nombres comerciales)

Nombre del BPC	País	Fabricante
Hyvol	USA	Aerovox
Clorentol	USA	Allis Chalmers
Asbestol	USA	
Aroclor		
Clophen	Alemania	
	Francia	
Pyralen		

Tabla BE 8.2

**VALORES DE REFERENCIA.**  
(estimados)

	Capacidad	\$ USd / kVA	
Precio del transformador	100 MVA	6.00	
	100 kVA	10.00	
Peso del transformador			10 kg / kVA
Volumen de aceite			1 litro / kVA
Destrucción del askarel		5.00	

En la Convención de Basilea para el control del movimiento transfronterizo de los desechos peligrosos y su eliminación, los BPC son clasificados en la categoría de desechos controlados (Y10), como sustancias o artículos de desecho que contengan o estén contaminados por:

- BPC bifenilos policlorados
- TPC terfenilos policlorados
- BPB bifenilos policlorados

Por lo tanto, para poder efectuar el movimiento fronterizo es necesario:

- Solicitud de intención de exportación a las autoridades competentes del país destinatario
- Aprobación por escrito del país receptor.

Las obligaciones de los generadores se aplican para los poseedores, con la diferencia de que se prohíbe su disposición final en confinamientos controlados o en cualquier otro sitio

## 8.1 PROPIEDADES.

Como valores de referencia para calificar y cuantificar el problema que representa el askarel, se tienen los datos estimados de la tabla BE 8.2.

Adicionalmente se deben conocer las propiedades, características y riesgos de los PPC (tabla BE 8.3), siempre referenciados a la normalización nacional e internacional. En función de estos datos el mantenedor deberá de plantear el proceso de destrucción del askarel.

## 8.2 SOLUCIONES PARA LA DESTRUCCIÓN.

La destrucción de los residuos de BPC puede ser por:

- Químicos catalíticos.
- Incineración.
- Reciclaje.

Un ejemplo importante en la mayor aplicación de los BPC es el reciclado de un transformador (tabla BE 8.4, BE 8.5 y fig. BE 8.1), el que se compone de un 70 % de:

- . Acero.
- . Aluminio.
- . Cobre.
- . Papel.

Tabla BE 8.3

**PROPIEDADES DE LOS BPC.**

<b>VENTAJAS</b>	
- Conductividad del calor	Alta
- Estabilidad química	Alta
- Estabilidad térmica	Alta
- Solubilidad en goma	Alta
- Inflamabilidad	Baja
- Propiedades dieléctricas	Bue- na
<b>DESVENTAJAS</b>	
- Insolubilidad en agua.	
- No biodegradable	
- Solubilidad en grasas	Alta
- Viscosidad.	
<b>RIESGOS</b>	
- Persistencia	Alta
- Reabsorción	Alta
enriquecimiento en grasa del cuerpo al contacto con comida.	
- Tóxico. Contiene:	
. Rastros de PCDD / PCDF	
. Dioxinas policlorinadas	
- Compuestos	
. Cancerígenos	
. Teratogénicos.	
- Descomposición lenta en estructuras orgánicas.	
- En incendios generan mortales	
. Dioxinas	
. Furanos	



### 8.3 OPCIONES PARA LA CAPTACIÓN.

En general se estima que los procesos de captación de los BPC, básicamente en los transformadores, puede ser:

- Capacidades hasta de 1 MW.  
Emplear el reciclado como la solución ecológica, incinerando el BPC.
- Capacidades entre 1 a 15 MW.  
Substitución del BPC por sustancias solubles, aplicado en fábrica. El equipo puede ser reutilizado.
- Capacidades superiores a 15 MW.  
En sitio y permaneciendo en operación, excepto por algunas horas, es posible limpiar el equipo de BPC mediante la sustitución por sustancias solubles. Este proceso podrá requerir hasta de 3 años. La vida útil de un transformador es de 30 años.

### 8.4 ¡ EL RIESGO ES MUY ALTO !

Existe el compromiso de erradicar el BPC es en el año 2008, conforme al Tratado para su disposición entre México, USA y Canadá.

La obligación moral de los mantenentes es la detección y gestión para la destrucción del askarel, a través de la aplicación de **procedimientos** empleados por empresas serias y responsables que brindan seguridad y confianza. La destrucción clandestina, el ocultamiento o la disposición irresponsable es un crimen a la humanidad y debiera de ser castigado como un delito muy grave. Las instrucciones de un directivo deben ser denunciadas a pesar de que esto represente el despido de esa empresa inmoral.

En Alemania se estima que se ha destruido el 95% del askarel, mientras que en México se estima que subsiste el 95%.

Esperar a cumplir con un compromiso almacenando el askarel es absurdo por el alto riesgo que representa la permanencia del BPC en bodegas, y peor aún en los equipos, por posibles fugas y principalmente por una explosión incendio. La inversión que representaría la descontaminación del área puede ser 10 o más veces el costo del inmueble donde se ubica, adicionalmente a las afectaciones al hombre y la medio ambiente.

Tabla BE 8.4

**PROCESO ABB DE DISPOSICIÓN DEL BPC.**

- Drenado de líquido BPC.
- Prueba de hermeticidad.
- Lavado con solvente de alta solubilidad.
- Secado.
- Desensamble:
. Núcleo
. Tanque y soportes
. Aislantes
. Cerámica
. Bobinas
. Madera
- Muestras de partes limpiadas
- Análisis por laboratorios autorizados
- Demostrar la calidad del proceso de purificación
- Proceso de destilación del solvente.
- Almacenamiento del solvente limpio para reuso.

Tabla BE 8.5

**RECICLAJE**

COMPONENTE	RESULTADOS
- Bobinas	
. Granulado	
. Separación:	
- Cobre	Cobre puro libre de BPC
- Papel.	Papel aglomerado contaminado (reciclable).
- Núcleo	Reuso en transformadores de baja tensión para computadoras, radios, etc.
- Tanques y soportes	Fundición
- Cerámicas	Reutilizadas en la construcción de caminos.
- BPC líquido	Materia base para la producción de ácido clorhídrico o polybynil clórhico

### DISPOSICIÓN FINAL DEL ASKAREL. PROCESO ABB

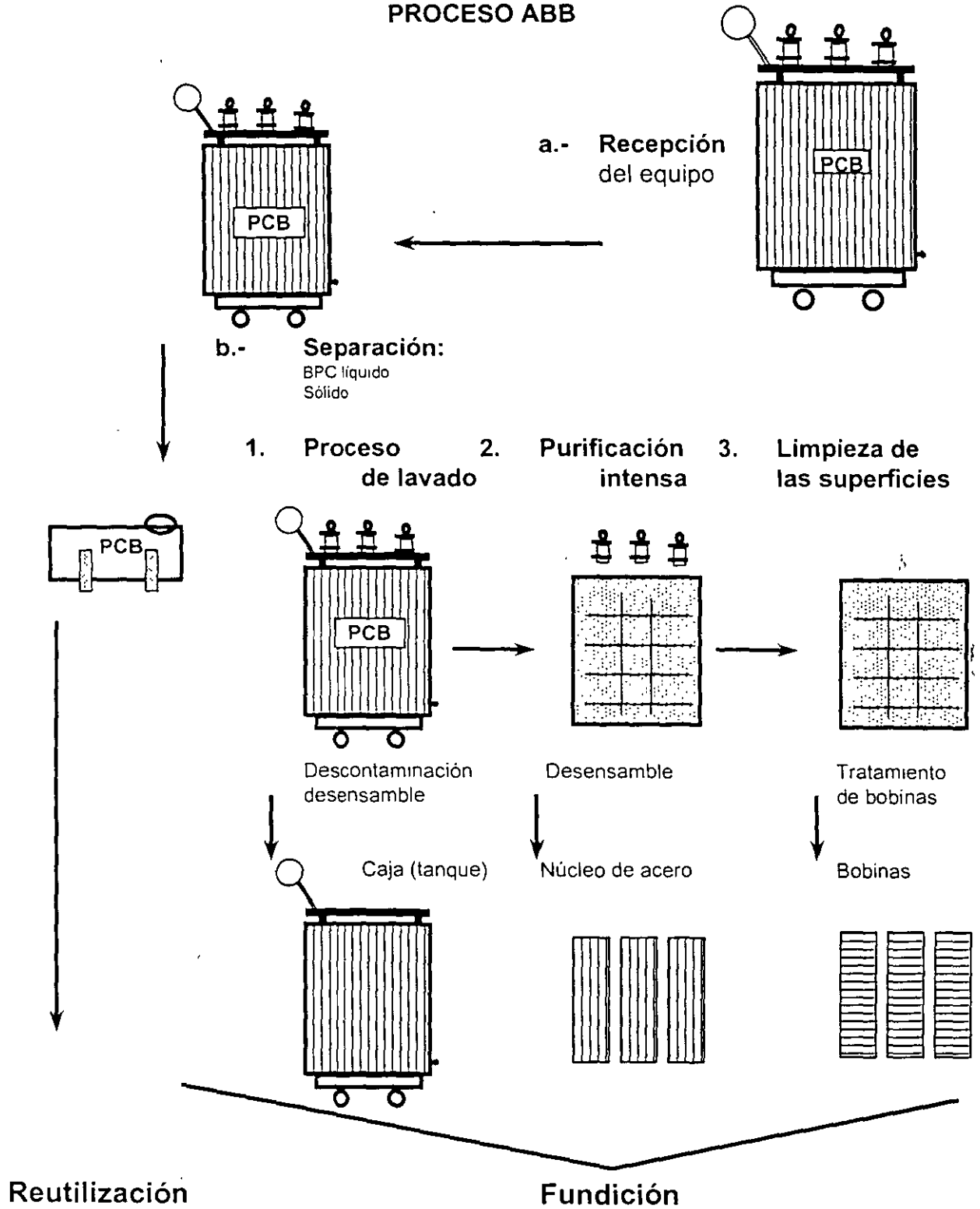


Fig. BE 8.1

## Capítulo BH 1

**INSTALACIONES HIDRÁULICAS.**

El agua es un insumo fundamental en la vida diaria, ya sea en la industria, comercio, doméstico, como consumo directo, para limpieza, medio de transporte, enfriamiento u otros. El agua se conduce a su destino por medio de instalaciones hidráulicas en las que se identifican fallas debidas principalmente a:

- **Proyectos incorrectos.**  
Requieren de revisión del proyecto y efectuar las modificaciones necesarias.
- **Construcción inadecuada:**  
Ejecución incorrecta y / o materiales inadecuados.  
Requiere de ingeniería de mantenimiento y aplicación de las tareas correspondientes.
- **Incremento en la demanda del servicio.**  
Origina operaciones deficientes que tienen que adecuarse a:
  - . Condiciones existentes
  - . Crecimiento esperado.
  - . Variaciones posibles
- **Deterioro de las instalaciones.**
  - . Originadas por mantenimiento incorrecto.
    - Establecer un Plan de acción inmediata
    - Elaborar las rutinas de mantenimiento oportunas.
  - . Edad de la instalación.
    - Revisar el proyecto
    - Generar un Plan de reemplazo

**Nota:** El análisis anterior corresponde en general al procedimiento de Mejora Continua de las Instalaciones (de cualquier tipo), resultado del diagnóstico realizado por un Ingeniero experto.

Las instalaciones hidráulicas deben de operar en condiciones de fiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad en forma económica. Para poder lograr esto se requiere de mantenentes competentes y contar con la información básica del sistema hidráulico, como son:

- . Planos de ubicación, trazo
- . Diagramas de flujo
- . Manual de mantenimiento
- . Isométricos
- . Manual de operación

Se listan los problemas mas frecuentes y sus posibles causas y alternativas de solución, identificándolos como:

- P - Problema.
- 0 - Origen o causa.
- S - Solución probable.
- # - Alternativa de solución

### INSTALACION DE TINACO.

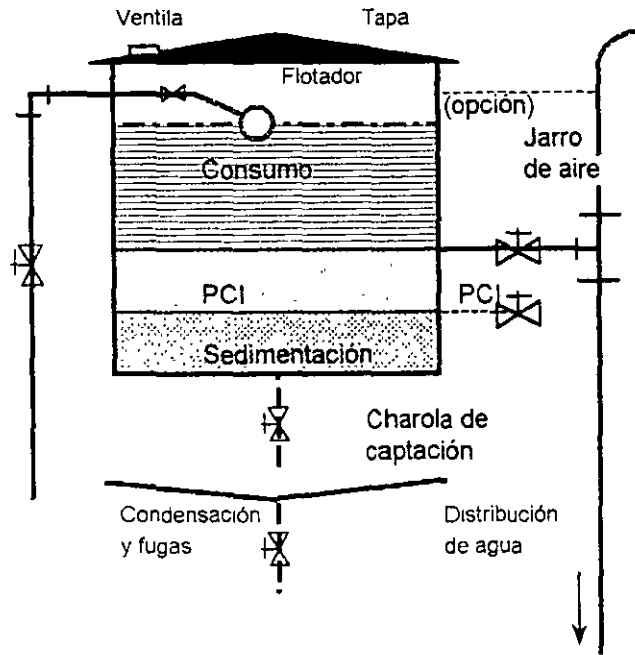


Fig BH 11

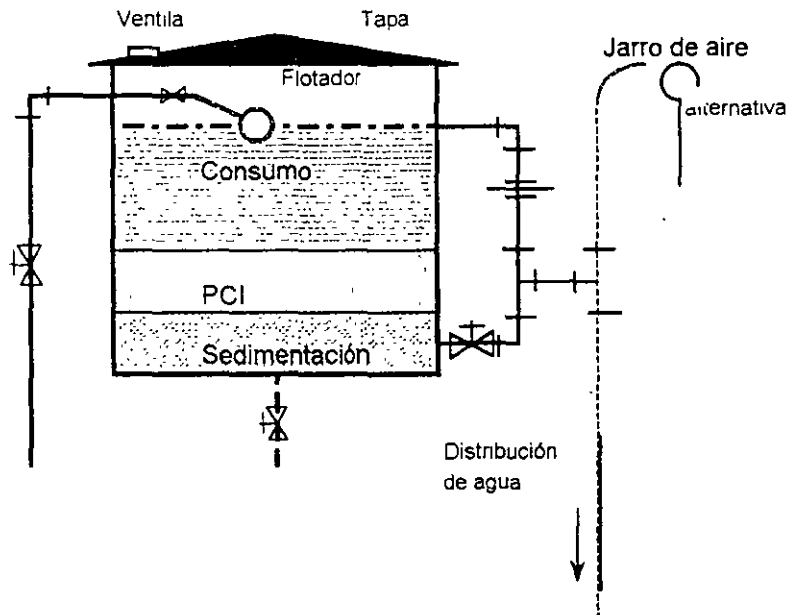


Fig BH 12

## 1.1 FLUJO DEL AGUA.

P	S	Flujo del agua.
1		Gasto reducido en las tuberías.
a	0	Baja presión en las bombas.
	1	Rebombear.
	2	Revisar bomba
	3	Falla en las válvulas u operación inadecuada con cierre parcial.
b		Baja presión en las líneas de suministro
	0	Pérdidas muy altas.
	1	Aumentar diámetros en las tuberías.
	2	Reducir incrustaciones.
2		Caída de presión en demandas pico.
	1	Aumentar diámetros de tubería.
	2	Aumentar presión en la línea.
	3	Instalar tanque de regularización.
3		No sale agua.
	0	Origen <b>obstrucciones</b> :
	1	Limpiar llaves El goteo crea depósitos de minerales, adheridos a las salidas, donde el agua se evapora y deja residuos.
	2	Falla en las válvulas. Revisar asientos y sellos.
	3	Limpiar tuberías.
	4	Tubérculos en las tuberías. Aplicar biocidas en las tuberías, revisando que no haya contaminación.
	5	Válvulas cerradas. Revisar diagrama de flujo y posición de las válvulas.
	6	Fugas importantes. Revisar diagrama de flujo y localizar fugas para su erradicación..
4		El agua sale en forma discontinua.
	0	Inclusión de aire Se tienen vacíos, bolsas o burbujas de aire en la tubería.
	1	Instalar jarros de aire.
	2	Instalar válvulas de admisión y/o expulsión de aire.
	3	Modificar trazos del sistema de tuberías.
5		El agua salpica en las llaves.
	0	Exceso de presión o flujo de agua. Controlar el flujo.
	0	Aire entrampado en la tubería. Instalar válvulas de aire.

El desarrollo de este capítulo tuvo como referencia importante, "Problemas de suministro de agua y plomería en Edificios" de "H. Shouldener, Limusa 1984

**FUNCIONAMIENTO DEL JARRO DE AIRE.**

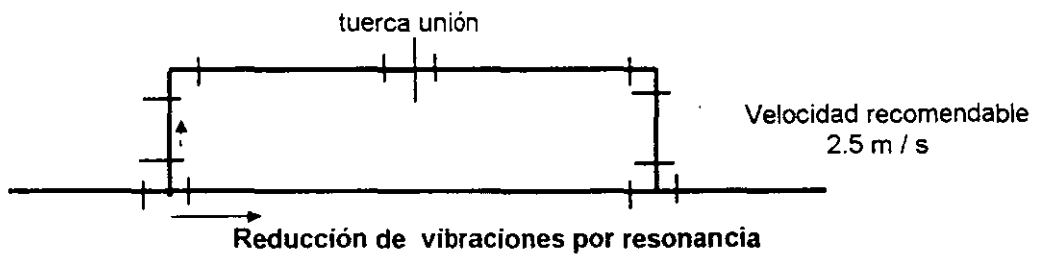
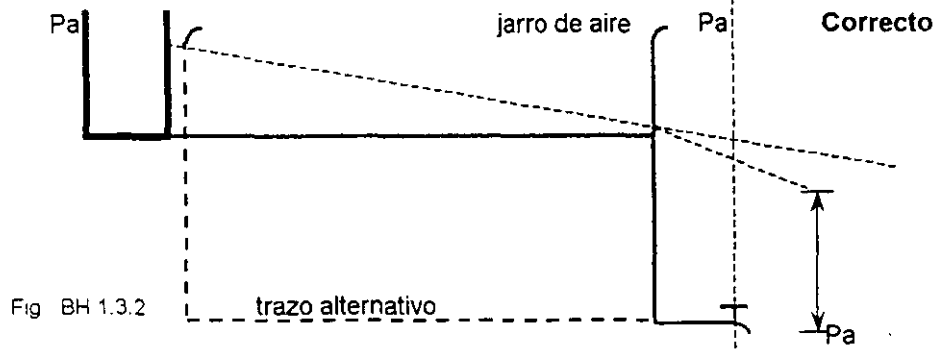
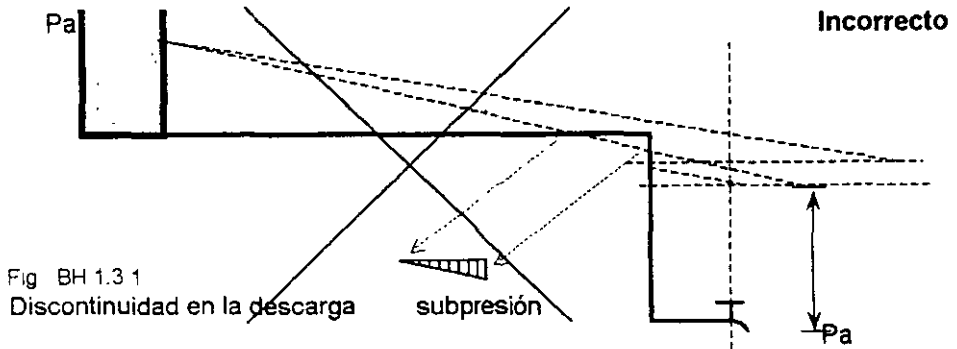
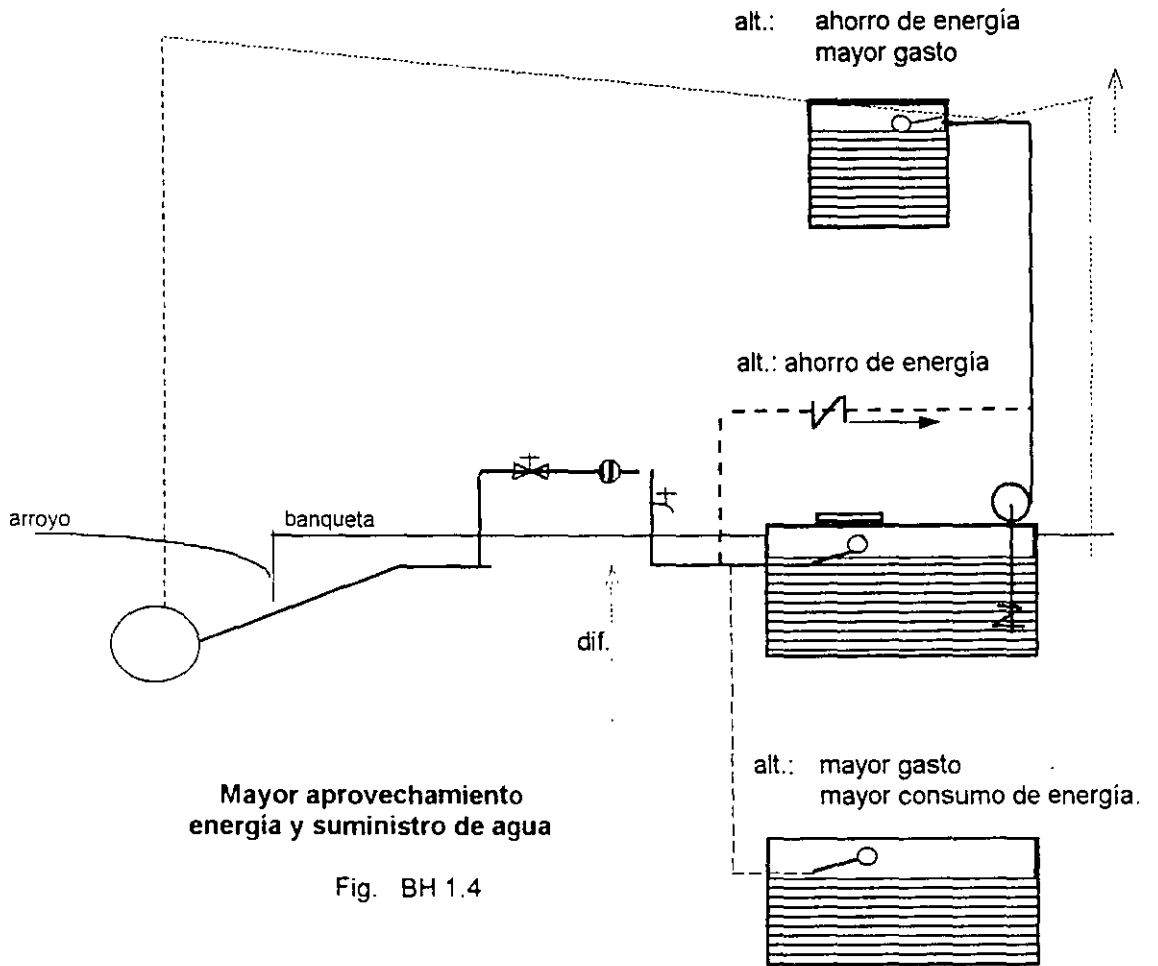


Fig BH 1.3.3

## 1.2 COLOR EN EL AGUA.

P	S	Color en el agua
1.1		Agua con apariencia de óxidos.
1.2		Agua con partículas finas en suspensión.
	1	Filtrar. Precaución con la limpieza regular del filtro.
	2	Tratamiento interno local.
	0	Fracturas en la tubería (causa frecuente en la red de la ciudad)
	1	Filtrar. Precaución con la limpieza regular del filtro.
2		Agua turbia.
	0	Sedimentos en los tanques.
	1	Limpieza periódica de tinacos y cisternas.
	2	Instalación de filtros en la alimentación.
	0	Toma de agua de esa zona (Fig. BH 1.1 y 1.2)
	1	Revisar operación
3		Agua turbia.
	0	Corrosión en las tuberías de cobre.
	1	Tratamiento del agua.
4		Agua con apariencia lechosa.
	0	Su origen es aire disuelto.
	1	En el bombeo hay inclusión de aire. Revisar bombas.
	2	Si existe tanque hidroneumático, es normal.
5		Agua azul verdosa.
	0	El origen puede ser algas.
		Al añadir blanqueador doméstico el agua se torna café.
	1	Tratamiento del agua.
6		Agua caliente con color de óxidos.
	0	Las algas se mueren al calentar el agua y producen el color a óxido. Para confirmar esta condición utilice blanqueador doméstico en una muestra.
		. Si se aclara son algas.
		. Si se conserva el color son óxidos del sistema.
	1	Tratamiento de agua.
7		Agua se torna café en contacto con el aire.
	0	Su origen es fierro disuelto que se oxida con el aire.
	1	Tratamiento del agua con silicatos.
8		Los muebles de baño se manchan.
	0	El origen es el ciclo de mojado y secado de una superficie depositándose minerales en las superficies sujetas a esta condición.
	1	Limpiar con ácido oxálico (precaución ¡es venenoso!).





### 1.3 TEMPERATURA DEL AGUA CALIENTE.

– **Datos generales.**

- Consumo normal 1 litro de petróleo/100 l de agua caliente.
- Temperatura normal del agua caliente > 45°C a 60°C.

– **Casos mas frecuentes.**

P	S	Temperatura del agua caliente
1		Tarda en salir al agua caliente. Hay que tirar agua fría.
	1	No existen líneas de retorno.
	2	Existe una obstrucción en las líneas.
	3	Fallan las válvulas.
2		No hay agua caliente.
	1	Fallan las válvulas.
	2	Falla el calentador o la caldera.
	3	Falla el control de la temperatura.
	4	Obstrucciones en los serpentines.
3		Agua muy caliente.
	1	Fallan los controles de temperatura.
	2	Falla en la válvula mezcladora.
4		Variación de temperatura en el agua caliente en las regaderas.
	1	Cambio de presión en las líneas
	2	Tuberías de diámetro reducido (se "cuelga" el agua).
5		Agua fría que se calienta.
	1	Falla del aislamiento de las líneas de agua caliente.
	2	Cruces en las instalaciones.
	3	Tubería a la intemperie y asoleaa. Tinacos plásticos.

### 1.4 SABOR Y OLOR.

#### 1.4.1 Sensibilidad.

La diferencia de sensibilidades en los usuarios para la detección al olor y sabor del agua puede variar hasta en 1:1000 de impurezas.

Si un usuario ha encontrado un sabor objetable en el agua en alguna ocasión, será posteriormente más sensible a notarlo nuevamente.

- Dificultad en el usuario para describir y expresar con precisión un sabor y olor desagradable del agua.
- El personal de mantenimiento no será siempre capaz de detectar todos los problemas de sabor que le sean reportados.

### 1.4.2 Instalación de filtros.

- Filtros domésticos de carbón activado.  
No son aplicables para remover bacterias dañinas en el agua para beber y no espere que quiten el sabor, olor y materias que hagan el agua desagradable; por lo tanto no se confié en ellos, ya que esto puede dar al usuario un falso sentido de seguridad.
- Cambio del cartucho del filtro contaminado.  
Se puede acumular en el filtro material en el que ha habido crecimiento de bacterias y partículas que contaminan el agua.

El reemplazo del cartucho de un filtro, sin precauciones previas, representa el riesgo de remover los indicios de contaminación, sin necesariamente eliminar las bacterias peligrosas. La Agencia de Protección Ambiental en los Estados Unidos (EPA) ha publicado que la asignación del número de registro a un filtro no implica el visto bueno de la Agencia.

El carbón del filtro en ocasiones en aplicaciones domésticas ha sido tratado con plata, la que no destruye las bacterias, pero si puede retardar su crecimiento. La contaminación peligrosa del agua, puede estar siendo causada realmente por el filtro. El filtro utilizado apropiadamente puede ser seguro y efectivo.

**¡Cuidado!** No sea víctima de la comercialización de productos y equipos de moda o peor aún de aquellos prohibidos en los Estado Unidos y que se venden enMéxico como gangas.

La purificación del agua a nivel doméstico sigue siendo la más segura y económica hirviendo el agua.

El agua embotellada es muy costosa y representa riesgo de ser agua de la llave.

### 1.4.3 Principales problemas.

P	S	Sabor y olor
1		Malos olores y sabores. Material biológico en descomposición (origen común del sabor en el agua)
	1	Conexión inadecuada en el sistema de agua. Revisar.
	2	Mala operación de sistemas de agua potable y drenaje. Revisar.
	3	Tanques, cisternas y tinacos sucios.
	4	Deben ser perfectamente lavados periódicamente.
2		Olores a madera o tierra.
	0	Tinacos y tanques donde se han acumulado materias orgánicas.

P	S	Sabor y olor
	1	Lavar tanques perfectamente periódicamente
	1.1	Drenar el agua del fondo de los tanques, para eliminar la materia orgánica y sedimentos (tarea rutinaria de mantenimiento), que normalmente abastecen de agua (ver fig. BH 1.1).
	1.2	Drenar al reinicio de las operaciones. Después de una suspensión del suministro de agua se arrastran sedimentos a lo largo de las tuberías; tomando precauciones para evitar obstrucciones con esa tierra.
3		Sabor metálico en el agua.
	0	Corrosión de las tuberías o de los tanques.
		También se tendrá coloración, adicionalmente, la que puede proporcionar claves para encontrar la causa del problema con base
		Color      Indicativo de:
		Azuloso      Cobre
		Café      Hierro
		Amarillo      Cromato *
	*	Tratamiento del agua del sistema de aire acondicionado y calefacción.
4		Olor a pescado.
	0	Normalmente se debe al fenómeno de inversión que se presenta en los lugares en que el abastecimiento de agua a la ciudad proviene de aguas superficiales (lago o presa)
		Los cambios atmosféricos de temperatura ocasionan que las capas del fondo se eleven con materia orgánica microscópica.
	1	Remover en la planta potabilizadora.
	2	Si un suavizador de agua se ha instalado recientemente, ocasiona un ligero sabor en el agua, dado por la zeolita de la unidad. Esto no es de preocuparse, pues desaparecerá en poco tiempo por sí solo; si se requiere limpiar el sabor con mas rapidez, es necesario regenerar la unidad una o dos veces.
	3	Olor y sabor a huevo podrido.
		En algunas partes los pozos de agua contienen gas disuelto y ácido sulfhídrico (H <sub>2</sub> S).
	1	Remover en la planta potabilizadora.
4		Sabor desagradable en muebles sanitarios.
	0	Estancamiento del agua en tubería y equipo acumulando materias y productos de la corrosión, que dan un sabor metálico al agua.
		Demanda nula o mínima de agua (unos litros al día) ó la línea del suministro es muy larga se acumulan sedimentos y materia orgánica (limo y algas), que al descomponerse provocan mal sabor.
	1	Los equipos y muebles que no son usados en forma continua deben ser enjuagados con regularidad y si continua su condición deberá limpiarse la tubería.

P	S	Sabor y olor
	2	Recircular el agua.
5		Sabor salado en el agua.
		En pozos próximos a la costa por su sobre explotación pueden perturbar el flujo normal del agua subterránea y generar una inclusión salina del mar.
	1	Interrumpir el uso del pozo y operar en función de la recarga del acuífero. .
	2	Suspender definitivamente el bombeo, pues puede afectar en forma irreversible las condiciones naturales, o tomar años para su restablecimiento.
6		Sabor a jabón.
	1	Revisar la instalación, puede ser provocado por un cruce de conexiones.
	2	Revisar si hay residuos de jabón en los vasos, platos o trastes de cocina. Cuando el agua se está suavizando, puede ser difícil enjuagar las trastes lavadas, en cuyo caso use menos jabón y asegúrese de que todo se enjuagó y eliminó en el ciclo de enjuague.

## 1.5 AGUA DURA O SUAVE.

La dureza del agua se debe primordialmente al contenido de compuestos disueltos de calcio y magnesio.

Un método usual para suavizar el agua es el proceso con zeolita, el que al pasar el agua dura a través del suavizador, el calcio y el magnesio reaccionan con la zeolita (catsita), desplazando una cantidad químicamente equivalente de sodio la que se queda en el agua.

Es necesario regenerar la zeolita periódicamente, después de remover una cantidad determinada de dureza, lo cual se hace por retrolavado con una solución de cloruro de sodio para tener una reacción reversible, en la que el calcio y el magnesio son reemplazados por el sodio.

Los cloruros de calcio y magnesio se consideran como productos de desperdicio y son drenados. La zeolita se enjuaga para liberarla del exceso de solución de cloruro de sodio. De esta forma queda regenerada la zeolita y lista para reiniciarse el ciclo de suavización.

La combinación de agua dura y agua suavizada se puede controlar ajustando el flujo mediante la instalación de una válvula de paso lateral (by pass). La mezcla que contiene entre 50 y 100 partes por millón de dureza (aproximadamente 20 g/l) es aceptable en general.

Realmente el agua dura es generalmente menos corrosiva que el agua suave; en climas secos generalmente el agua es dura. Algunos problemas asociados frecuentemente con la suavización del agua son los siguientes:

P	S	Agua dura y suave
1		Se forma una nata en las instalaciones.
		Cuando el jabón y el agua dura se mezclan, hay una reacción química que origina la formación de una nata de material insoluble cuajado; la formación de espuma se inicia hasta que se haya completado esta reacción.
		A mayor dureza del agua mas jabón será necesario y se formará mayor cantidad de nata.
		Esta materia insoluble se meterá entre los hilos de la ropa y también quedará en las conexiones de plomería, sino se quita completamente antes de que el agua se evapore.
		El análisis puede efectuarse prácticamente añadiendo cantidades de una solución de jabón normal, agitándose sobre una cantidad conocida de agua; a la formación de las primeras espumas permanentes, se mide la cantidad de jabón requerida y se define por cálculo la dureza del agua.
		Suavizar toda el agua de un sistema puede no ser necesario y ser suficiente suavizar únicamente el agua usada en algunos servicios, como son principalmente la lavandería y calderas.
		En algunas ocasiones se pueden usar productos químicos y detergentes para evitar una espuma molesta, las cuales trabajan reaccionando con la dureza del agua formando partículas insolubles que no son propensas a adherirse a las telas o a las conexiones ó pueden detener la dureza de la solución y evitar que haya reacción con el jabón.
2		Es imposible quitarse todo el jabón al bañarse.
		Al bañarse con agua dura se siente exageradamente resbalosa la piel; se forma una espesa capa de espuma sobre el cuerpo (por usar jabón en exceso para obtener una reacción completa con la dureza) y es difícil removerla debido a que el agua suave no contiene elementos con los que el jabón pueda reaccionar.
		En algunos casos una delgada película de jabón podrá dar como resultado irritación y resequedad de la piel.
	1	Use menos jabón.
	2	Use mas agua.
3		El agua suave afecta a las plantas vegetales.
		No es fácil determinar el efecto de la composición del agua y sus materias minerales en la fertilidad de la tierra y la sensibilidad de las plantas. Las plantas tienen diferente sensibilidad a la composición de la tierra, temperatura ambiente, evaporación del agua, etc.

P	S	Agua dura y suave
4		El agua se pone azul.
	0	El cobre en el agua es la causa del color azul.
		El problema se presenta generalmente después de la instalación del suavizador; este retraso es debido a que cuando se usaba agua dura se fue acumulando sarro en las tuberías y en los serpentines de calentamiento. Al pasar el agua suavizada por primera vez a través del sistema se redisuelve gradualmente la costra de piedra caliza (sarro) y se deja expuesto el metal a la acción corrosiva del agua suave.
		Debido a que el agua suave puede recoger cobre suficiente de las partes de cobre o bronce del sistema y hacer reacción con el jabón, formando una espuma azul verdosa en la ropa lavada.
		La suavización puede ocasionar que la ropa lavada se ponga azul.
	1	La corrección del problema se logra tratando normalmente con silicato de sodio el agua suave para reducir la corrosividad, sin necesidad de incrementar la cantidad requerida de jabón.
	2	Bajarla temperatura del agua caliente.
	3	Reducir la velocidad del flujo en el sistema.
5		El agua suave contiene sodio.
		Las personas bajo cuidado médico, por algún problema cardíaco, deben observar una estricta dieta de sodio.
		La cantidad de sodio (0.3 mg / l) en la mayoría de los sistemas de agua es normalmente muy pequeña, en comparación con el contenido en los alimentos normales.
		En estos casos el paciente debe estar prevenido de todas las posibles fuentes en que dicho elemento pueda presentarse, debiendo incluir en ellas el agua para beber y muchos alimentos.

## 1.6 FUGAS EN LAS TUBERÍAS.

Las fugas indican que se tiene alguna falla, la cual debe revisarse, definir su origen y corregirse, para evitar que continúe o que se presente ésta nuevamente. No debe confundirse con las fugas el agua por condensación en las líneas de agua helada.

Las fugas ocasionan problemas mayores de corrosión, deterioro de las superficies próximas, entornos insalubres, operación deficiente en los equipos que alimentan y un dispendio de energía. Mantenimiento es el responsable de evitar las fugas y requiere del auxilio de los operadores que detecten las fugas.

### 1.6.1 Origen de las fugas.

- Mal diseño que no considera la instalación de:
  - . Juntas de expansión
  - . Válvulas de admisión y expulsión de aire
  - . Equipo de protección contra golpe de ariete.
- Mano de obra de baja calidad. ...
- Material defectuoso.
- Selección inadecuada de materiales.
- Alta corrosividad del agua.

### 1.6.2 Detección de fugas.

- Observación directa de la fuga.
- Por sus efectos, al presentarse humedad en muros y/o techos.
- Comparando el consumo de agua:
  - . Información estadística en condiciones similares.
  - . Con otras instalaciones similares (índices de consumo).
  - . Adicional requerida en los sistemas de recuperación.
  - . Por variación en la frecuencia. Mediante una onda a frecuencia establecida aplicada en la tubería, es posible detectar sus variaciones debido a fugas, o simplemente derivaciones (conexiones fraudulentas en las redes), por sensor electrónico o por audio; en este último caso se requiere de capacitación y buen oído para su detección.
  - . Termografía. Con esta tecnología es posible detectar las fugas por diferencia de temperaturas, en las que la humedad normalmente es inferior.

### 1.6.3 Fugas por efectos mecánicos.

P	S	Fugas por efectos mecánicos.
1		Material defectuoso que puede originar fallas prematuras en las juntas roscadas y soldadas.
	1	Reemplazar el material.
2		Fatiga por esfuerzos originados por: <b>Golpe de ariete</b>
	1	Instalación de elementos para protección contra golpe de ariete. <b>Vibración.</b>
	2	Instalar juntas y/o conexiones flexibles. <b>Accidentes.</b>
		Preveer éstos mediante avisos.
3		Roturas en las uniones y partes roscadas de la tubería indican: Preparación inadecuada de las cuerdas de las tuberías. Utilizar los datos adecuados en función del material.



		Esfuerzos anormales en las juntas
		Debilitamiento del material por corrosión.
		Desalineamiento en las tuberías.
	1	Reemplazar los elementos, identificando el origen de la falla, para tratar de eliminarla.
	4	Daños mecánicos.
		Estos son originados principalmente por rotura durante los trabajos de reparación, al no percatarse de estas tuberías.
	1	Tender cintas plásticas indicadoras durante la construcción por arriba de la tubería.
	2	Proveer de protección mecánica a las tuberías o reemplazar éstas por otras de mayor resistencia.
	5	Asentamiento de los edificios originan roturas en las tuberías. Este es un caso muy frecuente en la ciudad de México.
		Instalación de tramos de tubería flexibles.
	6	Diferencias en los coeficientes de dilatación de las tuberías.
		Considerarse esto al sustituir materiales al reemplazo.

#### 1.6.4 Fugas por corrosión.

La corrosión en las tuberías es afectada por variables tales como:

- Formación de celdas galvánicas, electrolíticas o de concentración.
- Sedimentos, sales o gases disueltos (incluyendo oxígeno y bióxido de carbono)
- Temperaturas (arriba de los 60 °C se acelera la corrosión).
- Velocidad del agua.

P	S	Fugas por corrosión
1		Efectos de corrosión galvánica por diferencia de materiales en las tuberías.
	1	Aislar las conexiones; esto debe cuidarse al sustituir tuberías y accesorios.
	2	Reemplazar por igual tipo de material.
2		Corrosión localizada por adherencia de materias durante la construcción.
	1	Limpiar de la tubería antes de su entrada en operación.
3		Fugas por pequeñas picaduras
		Esta falla normalmente no origina una rotura intempestiva, por lo cual al presentarse las fugas es posible programar su reparación.
		Actualmente se usa bronce rojo (85% cobre y 15% zinc) en la cual no se presenta el deszincado.
		En tuberías de latón (70% cobre, 30% zinc), se presenta el deszincado.

### 1.6.5 Fugas en las uniones roscadas.

Nota: Las roscas en tuberías son normalmente del tipo cónico.

Las causas principales de las fugas son:

P	S	Fugas en las uniones roscadas
1		Mano de obra deficiente en la instalación original.
	0	No rebabeear los extremos de la tubería, lo que puede originar corrosión en ese punto (material muy fatigado) o taponamiento.
	1	El corte excesivo de la rosca impide el apriete adecuado u obliga a un sobre apriete que puede romper lo conexión.
	2	Una longitud mayor de roscado no apretará lo adecuado hasta haber entrado un número excesivo de hilos; en el caso de conexión a una válvula se pueden afectar los sellos de ésta o deformar el cuerpo de la misma.
	3	Eliminar los cortes defectuosos, irregulares o ásperos, obligan al uso de compuestos selladores para cubrirlos.
		Un exceso de estos compuestos es indicador de la baja calidad en la mano de obra.
2		En tuberías de fierro galvanizado es frecuente la corrosión en sus roscas.
	1	Hacer las roscas de calidad.

### 1.6.6 Fugas en juntas soldadas.

P	S	Fugas en juntas soldadas
1		Las juntas soldadas no soportan los efectos de torsión; en juntas que fallaron puede notarse si esto es el origen, al cortarlas o calentarlas, observando giro o separación.
	1	La reparación debe consistir en aumentar la flexibilidad al sistema, incorporando elementos que lo proporcionen.
2		Las fallas en la soldadura pueden ser falta de penetración originado por:
		Mala aplicación. Desalineamiento.
	1	Limpieza adecuada de la junta al soldar.
	2	Evitar movimientos entre las partes durante el enfriado de la soldadura
	3	Procurar no se presente un calentamiento inadecuado de la soldadura.
	4	Proporcionar un acoplamiento correcto de las partes por soldar.

**Precaución:** Al reparar una junta soldada tome la precaución de desahogar la presión en la línea, originada por el calentamiento.

### 1.6.7 Fugas en las líneas de conducción.

P	S	Fugas en líneas de conducción
1		Picaduras (corrosión) en la parte superior de las líneas horizontales. Es indeseable el aire dentro de las conducciones, por su mayor agresividad de la corrosión y por los efectos mecánicos que pudiera originar golpes de ariete e implosiones. El tanque hidroneumático es una aplicación incorrecta. Expulsar el aire de tuberías, instalando válvulas y/o ventilaciones.
2		Acanaladuras en la parte inferior originada por el bióxido de carbono, resultado de la descomposición de los carbonatos y bicarbonatos del agua de la caldera.
	1	Suavizar el agua.
	2	Substituir la tubería; en tubos con diámetros de 60 cm o mayores, puede justificarse instalar mangas en sitio.

### 1.6.8 Sistemas de agua caliente.

Las fugas típicas son en:

P	S	Fugas en sistema de agua caliente.
1		Bombas. Fallas en los sellos de material inadecuado. Revisar sellos.
2		Válvulas de drenado. Cierre inadecuado.. Aprite y revisar sellos.
3		Válvulas de seguridad al liberar el exceso de presión. Controlar la temperatura del agua.

### 1.6.9 Evaluación de las fugas.

Las fugas deben ser evaluadas en función del volumen total de agua del sistema, por ejemplo:

- En un edificio de 100 departamentos el sistema de agua caliente (incluyendo alimentadores y calderas) contiene del orden de 80 l / departamento, o sea 8 000 l / edificio y una fuga equivalente a un reemplazo mensual del agua del sistema representa una fuga de aproximadamente 0.2 l / min (un vaso de agua por minuto).

## Capítulo BH 2

**INSTALACIONES SANITARIAS.****2.1 MALOS OLORES.**

Existen una serie de causas de olores desagradables, que en ocasiones pueden atribuirse a los gases del drenaje; cuando se trata de aguas negras de descargas domésticas se tiene normalmente metanos y etanos. A continuación se presentan los problemas más comunes de este tipo:

**2.1.1 Baños interiores.**

P	S	Baños Interiores
1		Paso de olores desagradables hacia las habitaciones.
	1	Instalar ductos de ventilación hacia el exterior para eliminar los malos olores.

**2.1.2 Baños con extractores.**

P	S	Baños exteriores
1		Los olores permanecen e imposibilitan la entrada del aire fresco con el cual se eliminarán
	1	Se produce una presión negativa en el cuarto, que requiere de una entrada de aire para remplazar el aire desagradable. Por lo tanto, se debe colocar rejillas adecuadas en las puertas y/o muros exteriores para permitir la entrada de aire.

**2.1.3 Doble ventilación Dov.**

P	S	Doble ventilación (dov)
1		Contaminación del aire fresco por los gases de la dov y el drenaje.
		Los tubos de ventilación se corroen principalmente en la línea del techo y se rompen, permitiendo el escape de aire viciado y su posible mezcla con el de admisión de las unidades de ventilación.
	1	La salida está generalmente sobre el nivel del techo, y su localización debe considerarse en el proyecto sanitario coordinadamente con el arquitecto (acorde con la orientación y ubicación de ventanas) y el ingeniero del sistema de aire acondicionado, para evitar la contaminación del aire fresco en la admisión con los gases de esa ventilación.
	2	En obras en operación, Mantenimiento deberá efectuar las modificaciones necesarias, como resultado de la revisión de la posición de las cajas de registro del drenaje y salidas de la doble ventilación.

### DRENAJE SANITARIO

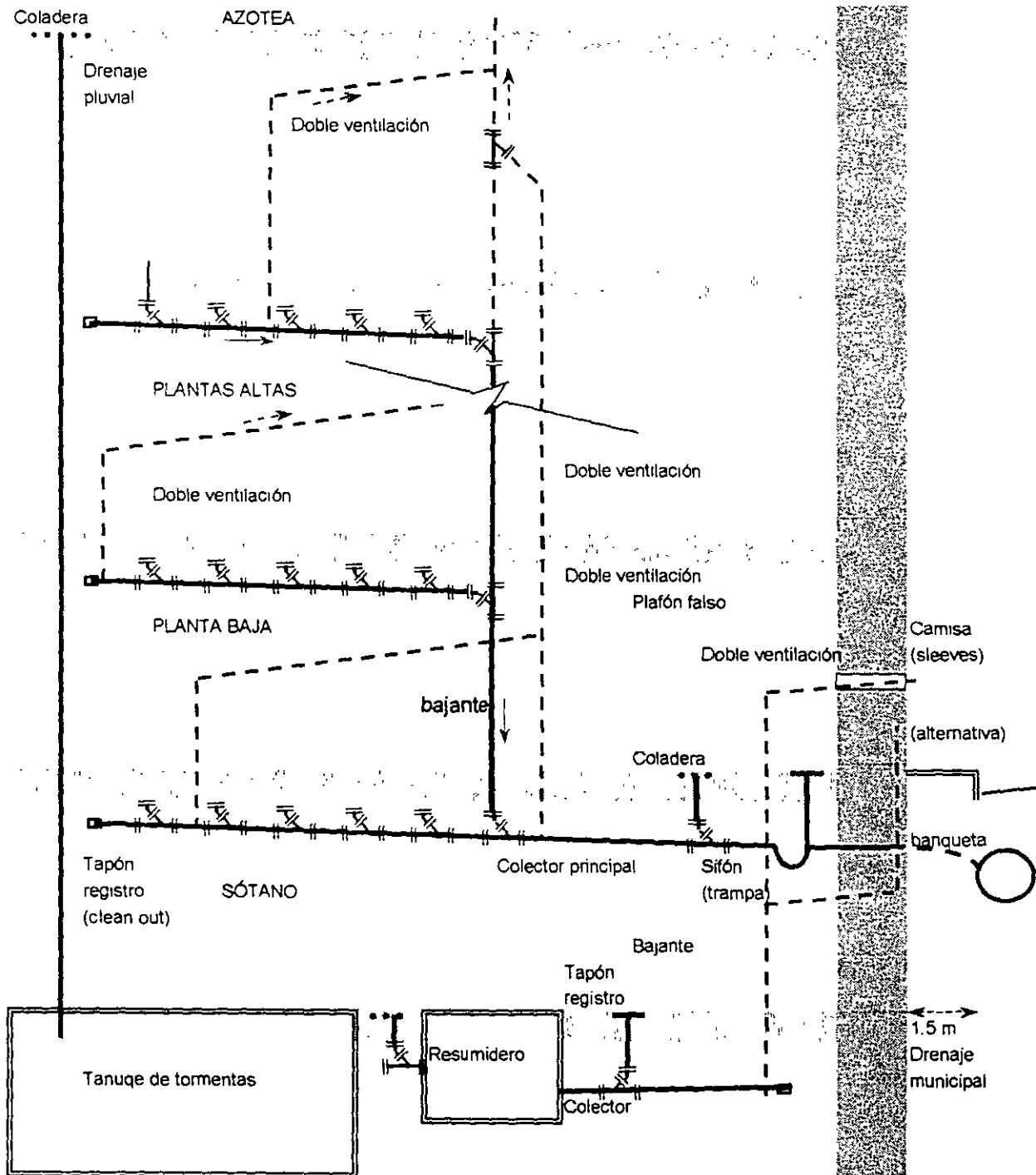


Fig. BH 2.1

P	S	Doble ventilación
2		Obstrucción de la doble ventilación
3		Las costras de limo, formadas por la mezcla del aire húmedo del sistema de drenaje con el aire exterior, taponan la dov y origina malos olores.
		Limpieza mecánica y uso de biocidas.

#### 2.1.4 Sellos de agua y sifones.

La pérdida de los sellos de agua deja paso libre, a través de los sifones, a los gases de descomposición del alcantarillado que pueden entrar a los cuartos sin interferencia.

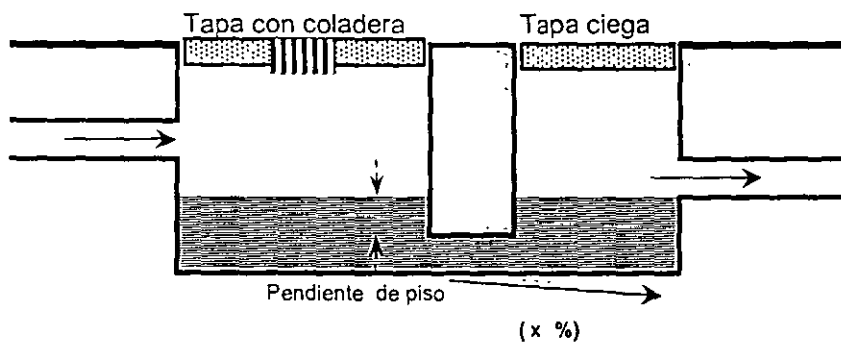
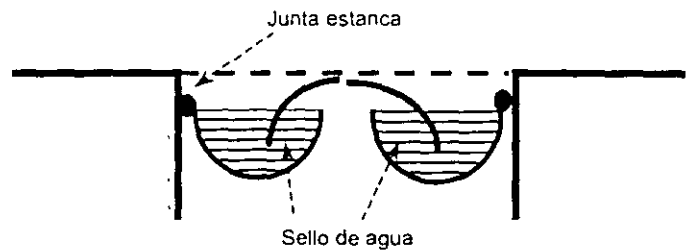
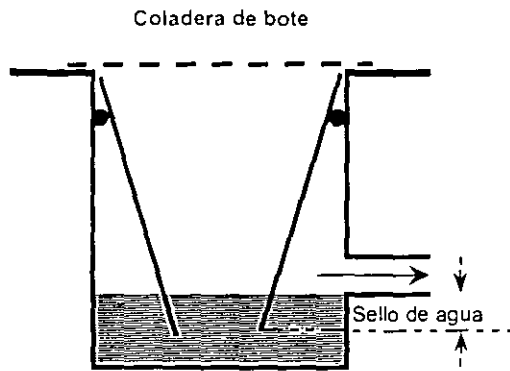
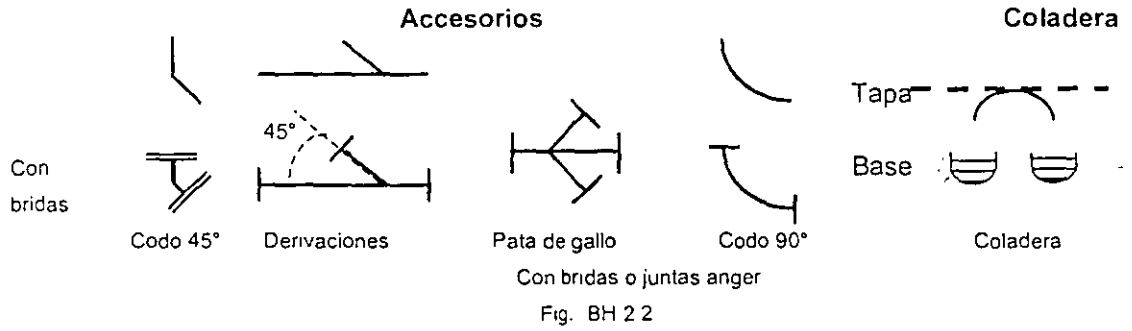
P	S	Pérdida de sellos de agua
1		Efecto de sifoneo (frecuente y grave). Se presenta por: Error de proyecto Obstrucción de la doble ventilación.
2		Sellos y sifones sin agua debido a fuga y/o evaporación. Se presenta en sitios abandonados
3		Drenado deliberado de los sifones para evitar el congelamiento del agua en ellos.
	1	Rellenar. En zonas frías debe emplear alguna solución anticongelante; poner aceite en los sifones es ilegal en la mayoría de los lugares y representa un peligro de incendio.
4		Obstrucciones por roedores.  Las ratas que habitan en los drenajes cuando incursionan a través de los sifones. de los excusados principalmente, se ahogan en ellos por las superficies tan lisas de la cerámica que les impiden salir. Por la repulsión de la gente cuando se percatan de ello las tratan de drenar (por el sifón al operar o jalar el agua) provocando la obstrucción.
	1	Saque el ratón y arrójelo a la basura.
5		No "mande todo por un tubo" (expresión popular) en el que el excusado es un basurero por donde se arroja todo tipo de basura.
	1	Use el excusado para su función y emplee papel sanitario únicamente.

#### 2.1.5 Serpientes de enfriamiento

En las unidades manejadoras del aire:

P	S	Serpientes de enfriamiento
1		Puede formarse limo.
	1	Esto podrá evitarse mediante el uso regular de biocidas para controlar la formación de bacterias causantes del olor.

**DRENAJE SANITARIO**



Trampa (sumidero)

### 2.1.6 Incineradores.

P	S	Incineradores
1		Normalmente tienen una salida que sirve, tanto de tolva para la alimentación de los desperdicios al incinerar, como de tubo para la expulsión de los gases, producto de la combustión de los desperdicios.
	1	Prever las corrientes de aire en el techo de la construcción donde se instalará el incinerador, para evitar que estos olores desagradables sean arrastrados hacia las ventanas y ventilas de admisión de los sistemas de aire acondicionado o de calefacción del propio edificio.

### 2.1.7 Condensados.

En los drenajes industriales, de laboratorios y/o aquellos en los que fluye continuamente agua caliente (condensadores) pueden corroerse rápidamente, provocando condiciones que hacen que el local esté y huela a humedad.

P	S	Condensados
1		Corrosión. Cuando el condensado caliente se mezcla con el agua en el dren, el aire disuelto en el agua de desperdicio es liberado y la mezcla aireada caliente puede provocar un rápido picado de la línea de drenaje (probablemente en unos pocos meses). Algunas veces es más fácil echar un poco de condensado al desperdicio que regresarlo a la caldera.
	1	Regresar el condensado a la caldera o a alguna línea de retorno de condensados y no emplear el drenaje para disponer de los condensados. Para esto existen pequeños equipos comerciales que consisten de un tanque receptor, una bomba y un flotador que controla la bomba.

## 2.2 OPERACIÓN EN MUEBLES.

### 2.2.1 Desborde de los muebles de baño.

La causa más común para que 'esto suceda es:

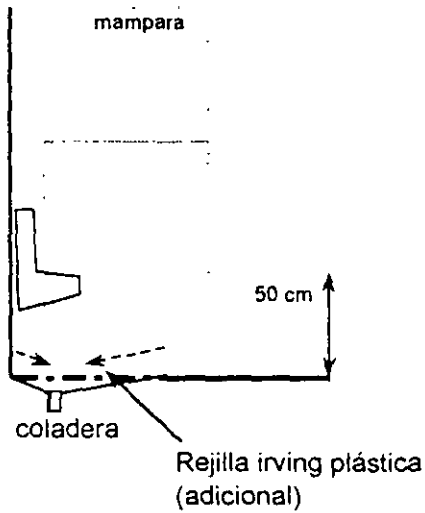
P	S	Desborde de los muebles de baño
1		Mueble tapado, originado por: Objetos extraños arrojados al interior. Empleo excesivo de papel higiénico; uso de papel inadecuado (periódico, estraza, etc.).
	1	Limpiar por sondeo; el uso de sustancias representa el riesgo de ataque químico al mueble. En ocasiones es necesario quitar el mueble y destapar.
2		Tubería del drenaje tapado.
	1	Limpiar por sondeo.



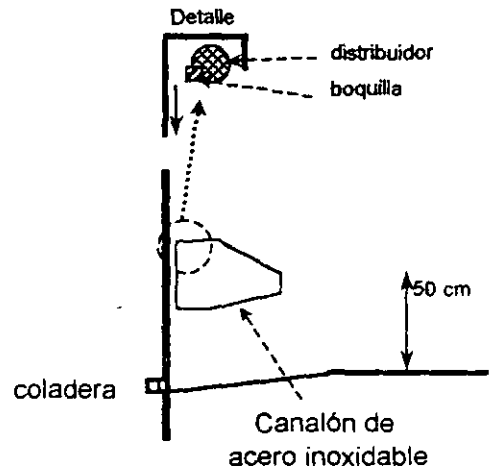
**MINGITORIOS**

Recomendaciones: No utilice fluxómetros.  
Emplee accionadores de pie.

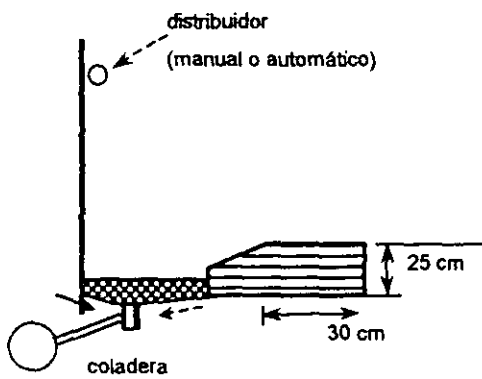
En grupo emplee válvulas inteligentes programadas por intervalos dentro del horario normal de operación




Opción 1  
Fig. BH 2.6.1

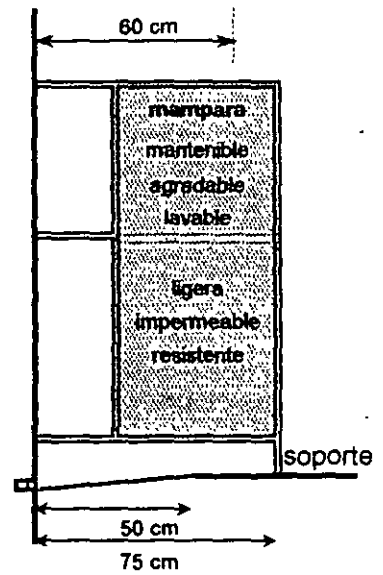


Opción 2  
Fig. BH 2.6.2



Opción 3  
Fig. BH 2.6.3

 Relleno con:  
catsita  
naftalina  
hielo



Diseño de mampara  
Fig. BH 2.6.4

### 2.2.2.1 Nivel inestable del agua en el excusado.

P	S	Nivel inestable del agua en el excusado
1		Cuando el nivel del agua del excusado es inestable.
	1	El alcantarillado municipal es de diámetro insuficiente que origina sobrepresiones.
2		Se presenta burbujeo en el espejo de agua.
	1	Revisar la doble ventilación.

Si estos efectos no son de tal magnitud que permitan el paso de los gases del alcantarillado a través de la trampa o sifonee el sello del agua, no se requiere corregirlo, pero es importante definir su causa para evitar problemas mas serios posteriormente.

### 2.2.3 Esgurrimiento alrededor de los muebles.

P	S	Esgurrimiento alrededor de los muebles
1		Alrededor de los excusados. Agua limpia. Sello inadecuado del flotador del tanque bajo que desborda por el orificio de la palanca.
	1	Revisar válvula del flotador. Agua servida. Junta deteriorada entre el mueble y el piso.
	2	Remplazar la junta.
2		Alrededor del lavabo. Cuando las llaves no cierran perfectamente fluye el agua adherida a la tubería y chorrea.
	1	Revisar el cierre de las válvulas.
	2	Instalar botaguas en la nariz de las llaves. De origen se instalan, pero frecuentemente se pierden.

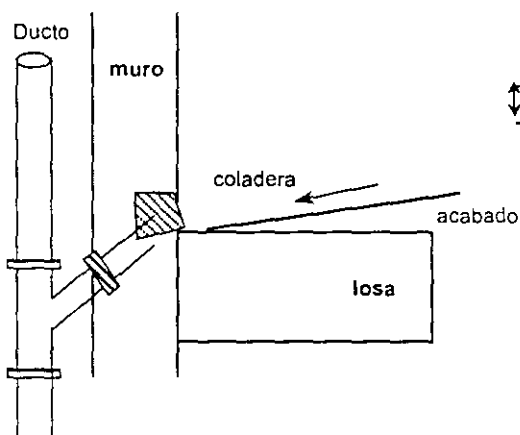
### 2.2.4 Duchas.

P	S	Duchas
1		En las coladeras de las duchas (regaderas) donde se instalan coladeras con sello de agua con paso estrecho (diámetro de 50 mm), se acumulan cabellos y jabón que forman un tapón.
	1	Limpiar las coladeras en base a la siguiente frecuencia: $F = 2M+H$
		En donde: F es frecuencia en meses. M número de mujeres que hacen uso de la ducha. H número de hombres que hacen uso de la ducha.

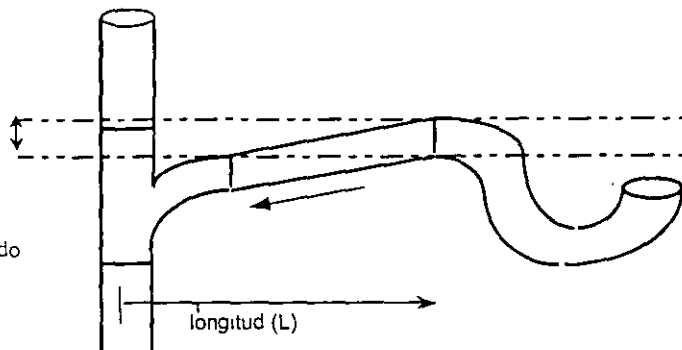
# INSTALACIÓN SANITARIA.

8 / 15

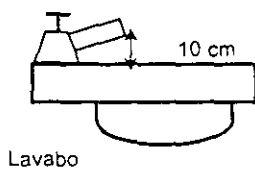
BH2-San



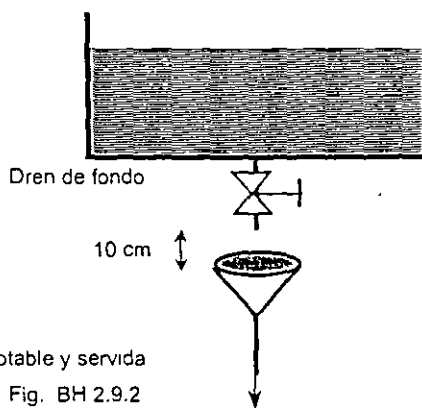
Detalle de drenaje de piso  
Fig. BH 2.7



Pendiente de descarga del sifón  
Fig. BH 2.8

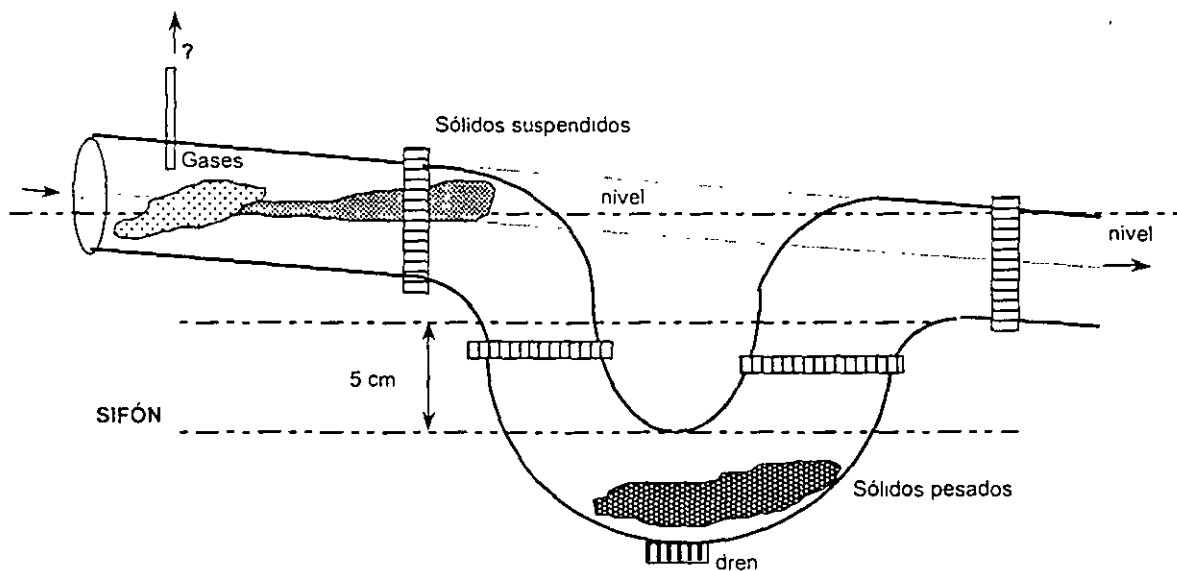


Lavabo



Aislamiento entre agua potable y servida  
Fig. BH 2.9.1

Fig. BH 2.9.2



Operación del sifón  
Fig. BH 2.10

## 2.3 FUGAS.

Las fugas en los drenajes de aguas servidas domésticas son poco frecuentes debido a que operan como canales. Las causas más comunes que originan las fugas son:

P	S	Fugas
1		Corrosión.
	1	Emplear materiales con mayor resistencia a la corrosión.
2		Temblores.
	1	Rotura de tuberías. Reemplazar por materiales plásticos y en los casos que se justifique emplear juntas flexibles (industria, hospitales).

## 2.4 DRENAJE MUNICIPAL.

P	S	Drenaje municipal
1		No fluye el drenaje de los edificios hacia la red municipal. En drenajes combinados, pluvial y sanitario, en épocas de lluvias se sobrecarga el drenaje y puede impedir la descarga de los edificios e incluso meter agua a éstos.
	1	Para evitar que el agua del albañal se regrese al edificio, se debe instalar una válvula de retención en el colector de descarga del edificio. En las ciudades con drenajes independientes, pluvial y sanitario, no es frecuente que se presente este problema.

### 2.4.1 Descarga por gravedad.

Cuando el drenaje municipal está en un nivel mas bajo que el colector del edificio, el flujo del agua servida es por gravedad.

P	S	Descarga por gravedad
1		El agua regresa por las coladeras.
	1	El sifón del colector o la conexión al albañal deben limpiarse.
2		El agua sale por las coladeras únicamente cuando hay una lluvia fuerte, por sobrepresión debido a:
		. Obstrucción en las bajantes      . Diámetro reducido
	1	Limpiar. Ramales horizontales de diámetro insuficiente.
	2	Incrementar el diámetro de las bajantes.
	3	Instalar tapones (tapas ciegas) removibles en sustitución de las coladeras; retirarlos cuando sea necesario lavar el piso.
	4	Instalar tapones solo cuando se espera una fuerte lluvia; existe el riesgo de inundar el sótano, si se dejan colocados y se rompe algún tubo. El instalar tapones requiere del conocimiento y atención del personal de mantenimiento para su empleo adecuado.

### DOBLE VENTILACIÓN.

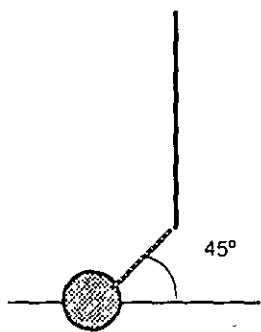


Fig. BH 2.11  
Conexión al drenaje

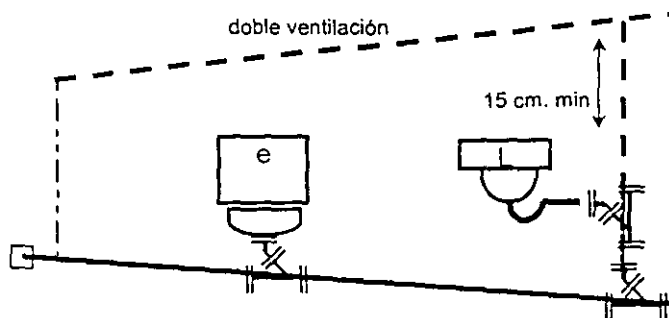


Fig. BH 2.12

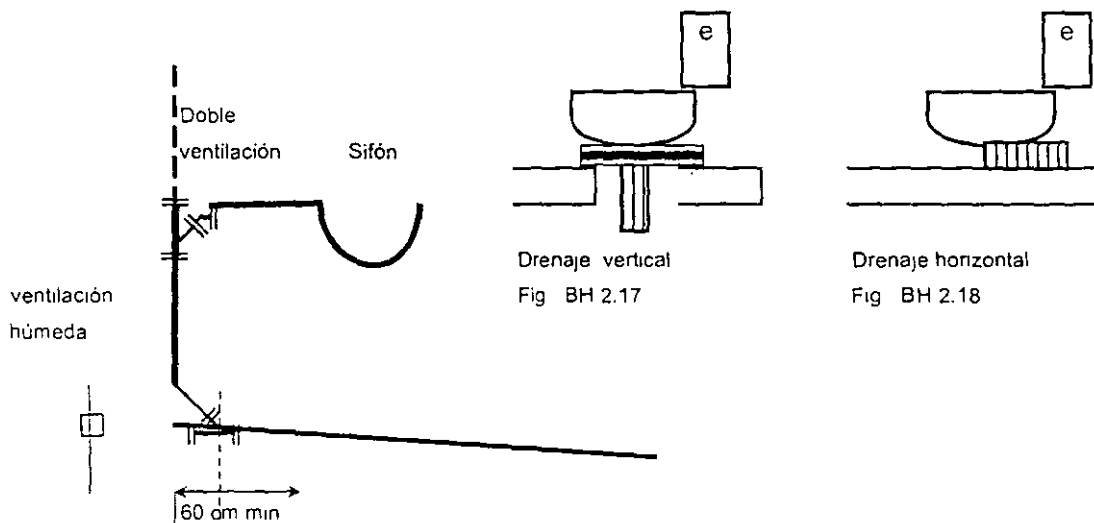
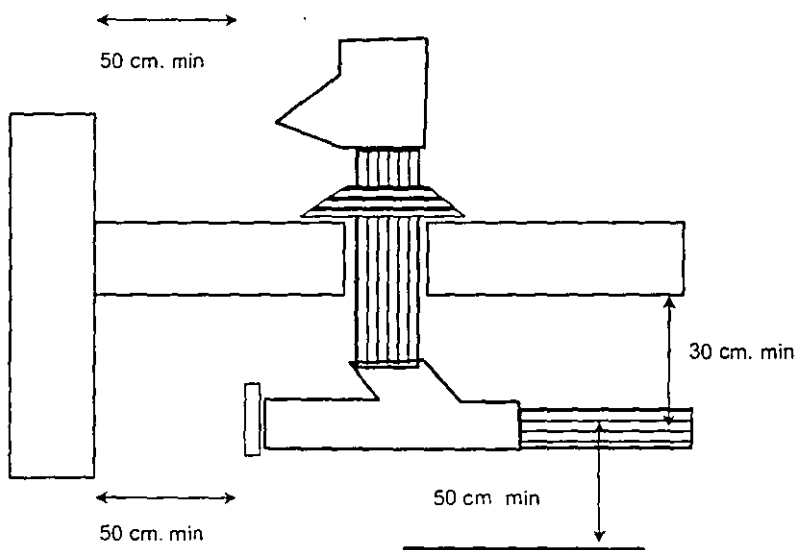


Fig. BH 2.16  
Conexión al drenaje

Fig 2.19  
Dimensiones  
recomendables  
para mayor  
mantenibilidad



## 2.4.2 Descarga por bombeo.

Cuando el drenaje municipal está en un nivel mas alto que el colector del edificio se requiere de un sumidero con bomba o eyector.

P	S	Descarga por bombeo
1		El agua sale por las coladeras.
	1	Revisar los controles y/o la tubería del sumidero al drenaje.
	2	Revisar la válvula de retención en la descarga de la bomba.

## 2.5 FILTRACIONES.

### 2.5.1 Filtración por agua limpia.

P	S	Filtración por agua limpia
1		El sótano del edificio se inunda por: Una fuga en la línea municipal. Una fuga en la línea de acceso de agua al edificio.
	1	Localizar la fuga y eliminarla. Existen aparatos para detectar fugas mediante el sonido que produce el agua al escapar.
2		Filtración por fugas en los drenes bajo el piso.
	1	Detectar y eliminar la fuga. Los aparatos de detección de fugas por sonido en estos casos no son aplicables debido a que el agua no tiene presión para hacer el ruido suficiente al escapar. En estos casos se aplican métodos de rastreo químico.

### 2.5.2 Filtraciones de agua del subsuelo.

P	S	Filtraciones de agua del subsuelo.
1		Estas se incrementan en la época de lluvias, cuando el nivel freático sube.
	1	Emplear selladores y/o impermeabilizantes. Su uso generalmente es decepcionante.

Es muy difícil evitar la entrada del agua al sótano, si hay un nivel de agua sobre él en los terrenos alrededor; la mejor solución es desviar y drenar esta agua. Un paliativo es regar una solución de agua con silicato de sodio en el terreno que rodea al edificio, el cual penetra en los pequeños espacios por donde el agua se está filtrando y tiende a taparlas; silicones de patente y materiales a base de resina epóxica.

Para identificar el agua del subsuelo y distinguirla del agua municipal, es necesario el análisis químico, por la presencia o ausencia de algunos componentes del agua.

# DRENAJE PLUVIAL

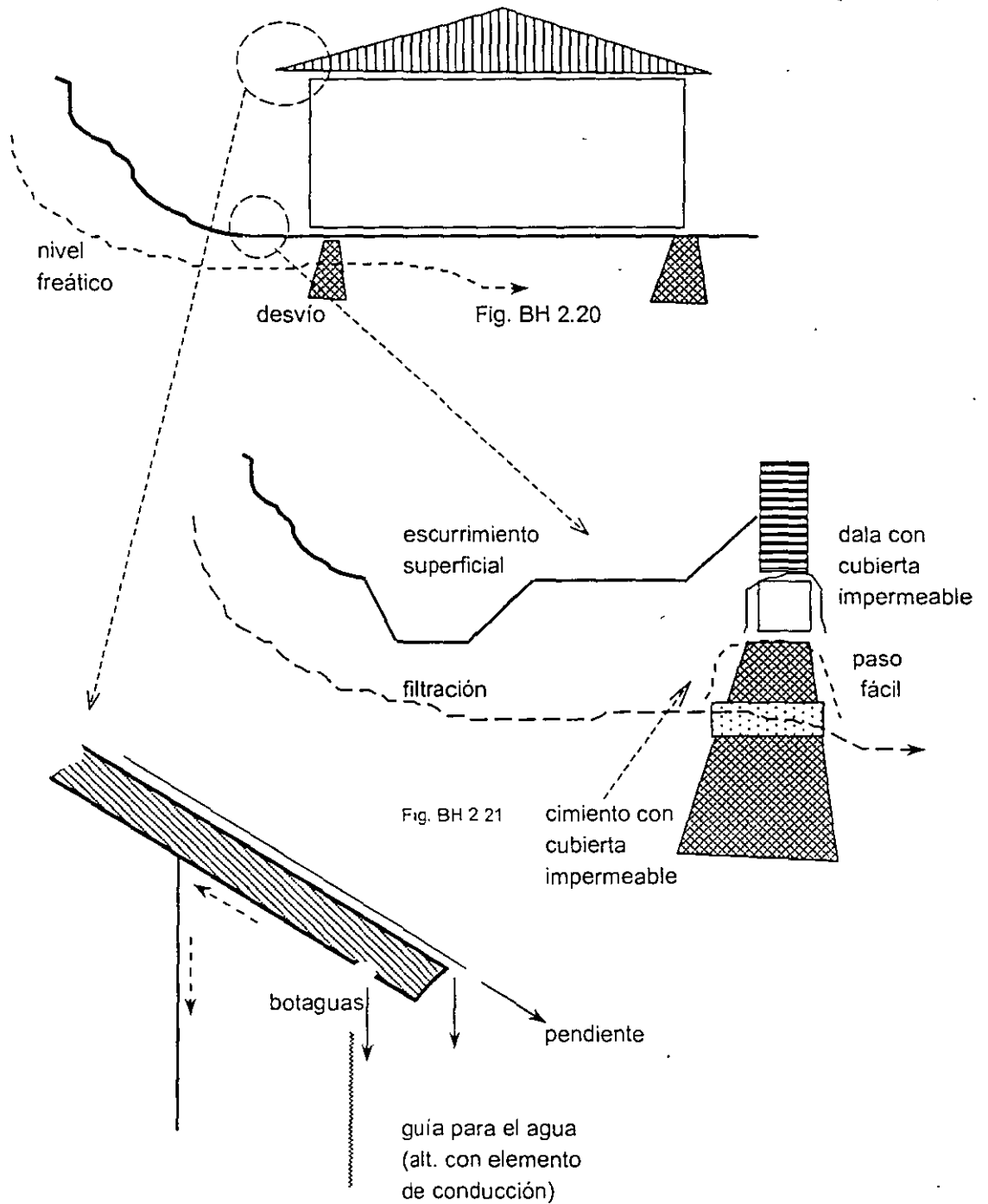


Fig. BH 2 22

## 2.5.4 Filtraciones de condensados

P	S	Filtraciones de condensados.
1		Cuando hay una recuperación automática a la caldera, la cantidad de pérdida del condensado no será notoria.
		Una pérdida excesiva de condensado será indicado por un incremento rápido en la concentración de cloruro en el agua de la caldera. Analice el tratamiento de agua de la caldera para que determine la magnitud de la pérdida de condensado.
		Se recomienda localizar y corregir el problema de filtraciones de agua, pues puede conducir a problemas tales como: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Debilitación del suelo bajo los cimientos para soportar el peso de la estructura.</li> <li>- Minar el terreno bajo el piso.</li> </ul>
	1	Si el problema de filtraciones persiste, se sugiere construir un cárcamo de bombeo para el drenado. La cantidad de agua que está entrando en el piso, los cambios en el nivel del agua del cárcamo y la frecuencia de la operación de la bomba puede dar claves para encontrar la fuente de la que el agua proviene.

## 2.5.2 Subsuelo contaminado.

Desafortunadamente se tienen un gran número de empresas en las que no se ha efectuado un Mantenimiento adecuado, revisando el manejo de sus contaminantes, como es el caso de tanques de combustible u otros líquidos que han fugado durante mucho tiempo y que no fue detectado.

El procedimiento de descontaminación de este terreno y su afectación a las aguas subterráneas debe ser efectuado por empresas con experiencia y conocimientos, aprobado por las autoridades.

El retirar el material de un predio y reubicarlo, no es remediación, práctica absurda y empleado por algunas empresas.

Los procesos aplicados en general deberán de ser una combinación física, química y biología, ya que difícilmente es posible descontaminar mediante un solo procedimiento. En general debe ser "lavado" el material contaminado, con la opción de volver a ser empleado. De otra forma, es necesario confinarlo como residuos peligrosos.

Para la dosificación y monitoreo del comportamiento del proceso de descontaminación es conveniente el tendido de una rejilla, mediante la aplicación de catdrenes (fig. BH 2.21), que permiten un mejor drenado, menor costo y mayor acceso y control.



## CATSITA.

## RELACIÓN DE VARIANTES Y SUS APLICACIONES.

Clave	CATSITA	Aplicación	Efectos
A - 01	Catalizador	Vehículos Gasolina	Ecología
A - 02	Catalizador	Vehículos Diesel	Ecología
F - 01	Modificador de suelos	Agricultura	Ecología Productividad
H - 01	Adsorción	Fe Mn	Aprovechamiento del agua
H - 02	Ablandamiento	Reducir en el agua la dureza	Calderas
H - 03	Denitrificante	Soluciones amonia- cales	amoniacales
I - 01	Material filtrante	Reducción de cloro	Substituye carbón acti- vado (carbón blanco)

Tabla BH 2.2

## CATSITA.

## ANÁLISIS COMPARATIVO CON LAS RESINAS.

Propiedad	Resina	Catsita
Composición química	Copolímero orgánico	Silicoaluminato
<b>Costo</b>	<b>Muy alto</b>	<b>Bajo</b>
Estabilidad a la radiación	Baja	Alta
Estabilidad en solución	Alta	Baja
Estabilidad térmica	Baja	Alta
Estructura	Amorfa	Cristalina
Porosidad	Aprox. 10 mm	Específica > 1 mm
Resistencia mecánica	Variable	Alta
Resistencia a la atrición	Alta	Variable
Tamaño de partícula	Variable	Variable

Una ventaja adicional con el tendido de estas rejillas es satisfacer el requerimiento (oficial) cada vez mayor de filtrar agua al subsuelo y no se dispone de superficie suficiente sin pavimentar para su filtrado.

### **2.5.3 Rastreo.**

Químico. Se emplea para detectar filtraciones de importancia, como pueden ser la del agua de la torre de enfriamiento de un edificio; en caso de tener tratamiento químico, se detectará' en el agua que se filtra, si este es el origen. Emplear el mismo producto químico del tratamiento del agua de enfriamiento como rastreador dificulta la detección, debido a la posibilidad de estar muy diluido o modificado por su contacto con el suelo.

Tintas industriales adecuadas. Pueden ser añadidos al sistema que parezca ser la fuente del agua que se filtra al sótano.

Uso de polvos. Estos se colocan en el piso en el que se esperan filtraciones; se puede utilizar varios colores al mismo tiempo y el que aparezca en el agua filtrada indicará por donde proviene el problema.

## **2.6 MANTENIMIENTO.**

Los propietarios de los edificios, independientemente de lo que sobre el particular establezcan los contratos que lleven a cabo con los inquilinos, serán los responsables ante las autoridades sanitarias, de la conservación, buen estado y mantenimiento de las instalaciones y servicios sanitarios, muros, piso, techos, y en general de los propios edificios, con el fin de que éstos se encuentren ajustados a lo dispuesto en el reglamento (art. 126).

En los edificios destinados a departamentos, los propietarios están obligados a mantener aseados los patios generales, los de servicio, excusados, mingitorios, baños y dispositivos de agua que sean de uso común para los inquilinos, así como todas aquellas partes del edificio que no pertenezcan a las habitaciones o departamentos (art. 128). La limpieza de patios excusados, tinacos, pisos y muros de uso exclusivo para cada departamento, serán por cuenta de los inquilinos ocupantes de los edificios (art. 129). Tanto los propietarios como los inquilinos, están obligados a que los obturadores hidráulicos establecidos en los patios generales de servicio o especiales de los departamentos tengan agua para evitar malos olores (art. 132).

Cuando las dependencias de un edificio se destinan a usos comerciales o industriales, las obras de acondicionamiento sanitario que se requieran quedan a cargo de los inquilinos, así como su conservación y mantenimiento (art. 133). Las obras de acondicionamiento no deberán alterar las condiciones sanitarias del edificio y para ejecutarlas se requiere la autorización del propietario.

NOTA: Este capítulo tiene como base y fuente fundamental: Shouldener (Limusa 1984).

## Capítulo BH 3

**MANTENIMIENTO DE BOMBAS.****3.1 BOMBA SIN SUMINISTRAR AGUA.**

P	S	Bombas sin suministrar agua
1		Válvula de succión cerrada.
	1	Abrir la válvula de succión.
2		Altura de descarga excesiva
	2	Revisar: <ul style="list-style-type: none"> <li>. Condiciones de operación</li> <li>. Pérdidas por fricción en la tubería</li> <li>. Carga de succión y descarga</li> </ul>
3		Succión está demasiado profunda.
	3	Revisar el nivel en el tanque de succión, debe tener la sumergencia requerida por la bomba, acorde con el MPS definido por el fabricante.
4		Impulsor o tuberías obstruidas.
	4	Inspeccionar las tuberías de succión y descarga, e impulsor de la bomba.

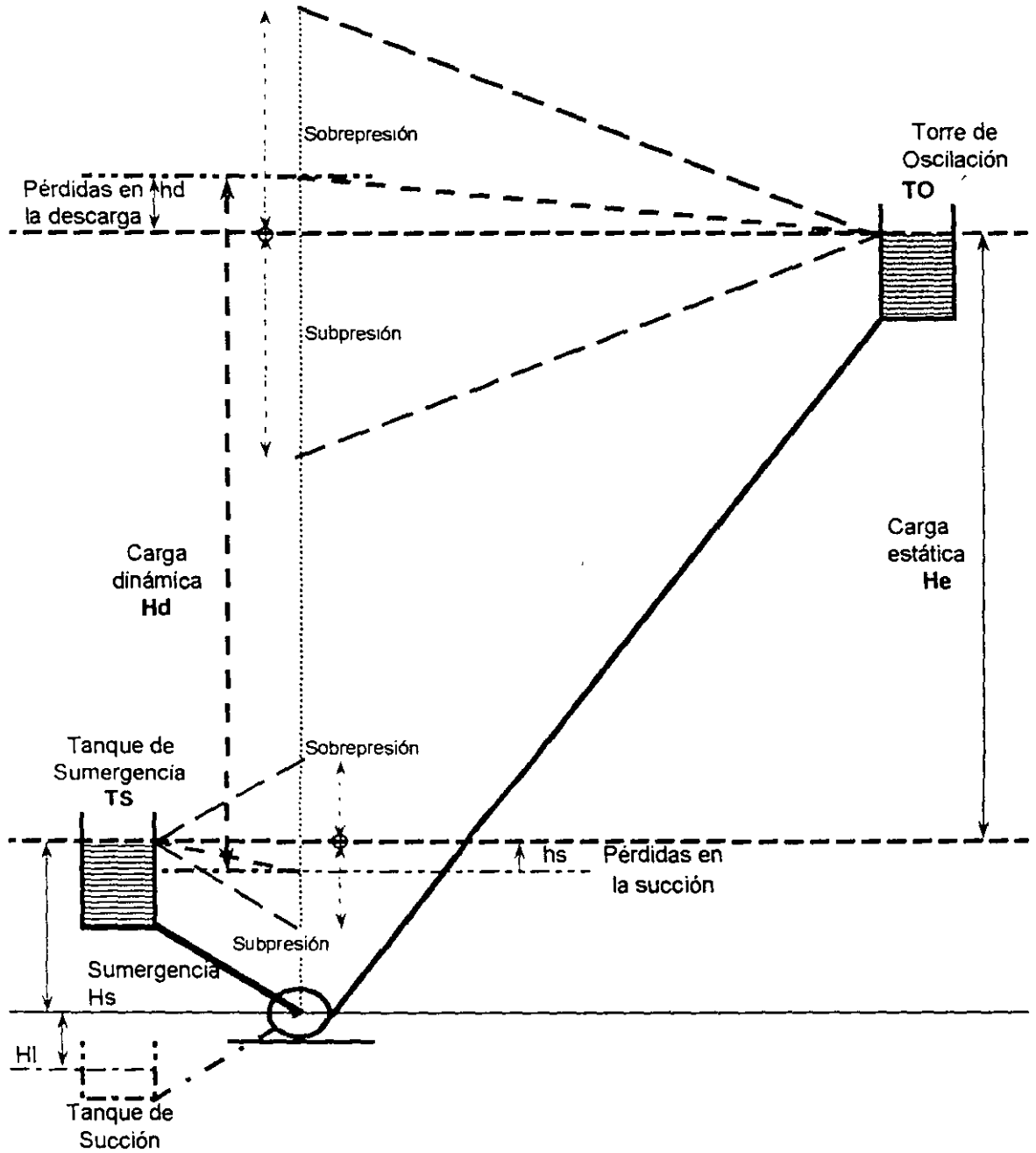
**3.2 RENDIMIENTO MENOR DE LA BOMBA.**

La bomba trabaja con menor eficiencia de la normal.

La bomba suministra un gasto menor al nominal.

P	S	Rendimiento menor de la bomba
1		El fluido bombeado contiene aire ó gases.
	1	Revisar la línea de descarga, válvulas de admisión y expulsión de aire.
2		Infiltración de aire por la succión o en el prensaestopas.
	2	Taponar la tubería de descarga. Verificar con manómetro la presión para detectar la presencia de fugas.
3		Succión está demasiado profunda.
	3	Revise el nivel en el tanque de succión, debe tener la sumergencia requerida por la bomba, acorde con el NPSH.
4		Sentido de rotación invertido de la bomba.
	4	Revisar el sentido de rotación de la bomba y si está invertido cambiar las fases en las terminales del arrancador del motor

NOMENCLATURA PARA BOMBEO.



P	S	Rendimiento menor de la bomba
5		Pérdidas por fricción demasiado elevadas en la instalación.
	5	Revise la descarga de la instalación, así como las pérdidas por fricción del recorrido.
6		Impulsor dañado o destruido.
	6	Verifique el estado del impulsor y causas que los afectaron
7		Velocidad angular menor a la nominal.
	7	Revise las revoluciones del motor y verifique las requeridas por la bomba.

### 3.3 MAYOR GASTO DE BOMBEO.

La bomba suministra un gasto mayor al nominal.

P	S	Mayor gasto de bombeo
1		Velocidad de giro demasiado grande.
	1	Revise las revoluciones del motor y verifique las requeridas por la bomba.
2		Altura de descarga de la instalación menor que la nominal de la bomba.
	1	Revise la instalación y los niveles de succión y descarga. Puede ajustarse con el cierre parcial de la válvula, pero producirá cavitación.

### 3.4 RETARDO EN EL BOMBEO.

La bomba no suministra el fluido, después de un cierto tiempo del arranque.

P	S	Retardo en el bombeo.
1		Altura de descarga mayor que la nominal de la bomba.
	1	Revise la instalación y verifique recorrido y pérdidas por fricción.
2		EL fluido bombeado contiene gases o aire.
	2	Verifique la instalación, válvulas de admisión y expulsión de aire y fugas en el sistema.
3		Nivel en la succión demasiado bajo.
	3	Verifique el nivel en el tanque de succión.
4		Impulsor dañado o destruido.
	4	Verifique el estado del impulsor.
5		Cuerpos extraños en el impulsor.
	5	Verifique el estado del impulsor y carcasa de la bomba.

**CURVA CARACTERÍSTICA DE UNA BOMBA.**

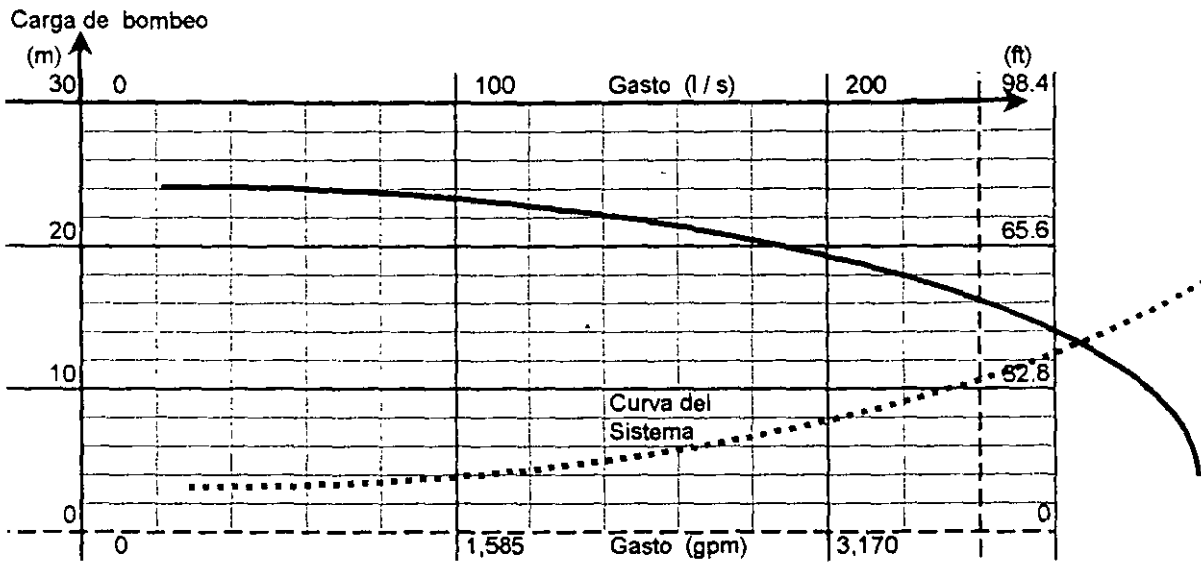


Fig. BH 3 2 1

**BOMBAS EN SERIE.**

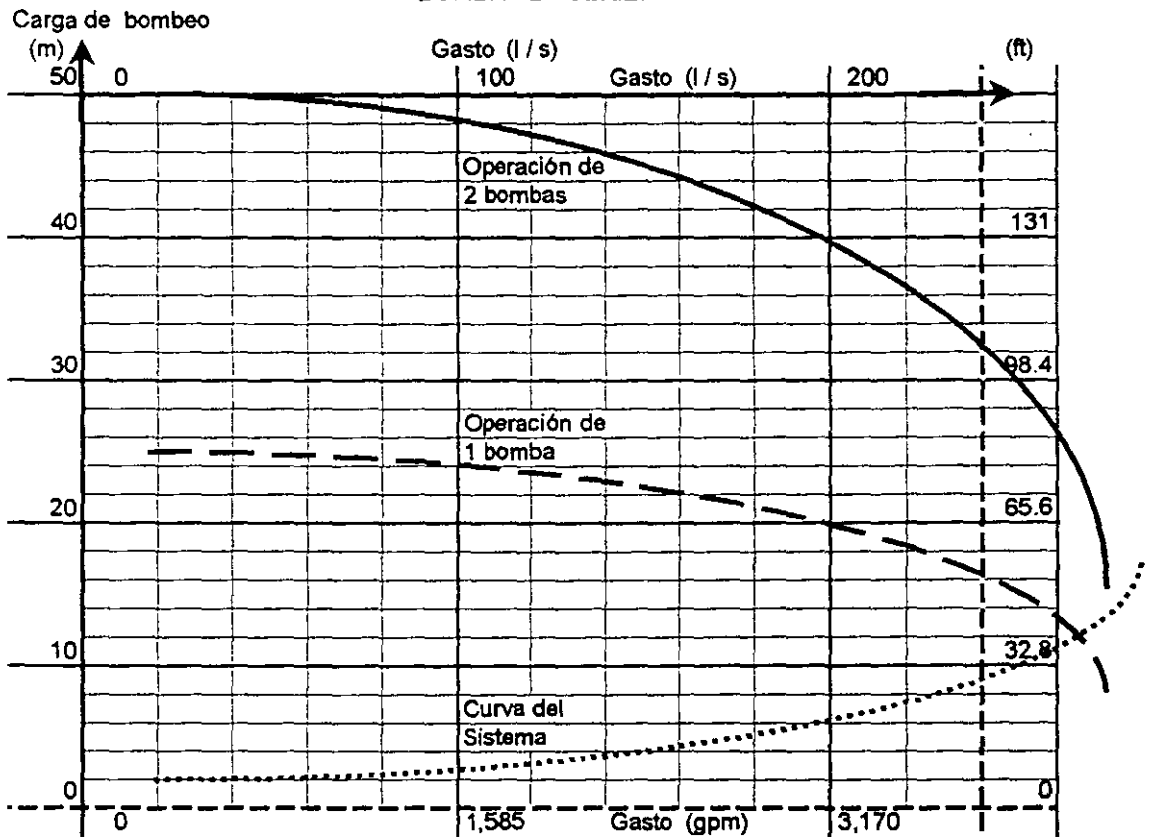


Fig. BH 3.2.2

### 3.5 PRESIÓN INSUFICIENTE.

La bomba no desarrolla la presión requerida.

P	S	Presión Insuficiente
1		El fluido bombeado contiene aire ó gases.
	1	Revise en la instalación posibles inclusiones de aire en la succión por vórtice, válvulas de expulsión, etc.
2		Velocidad angular de la bomba errónea.
	2	Verifique el sentido de rotación de la bomba, si lo requiere intercambie dos fases del motor en las terminales del arrancador.
3		Altura de elevación menor que la nominal de la bomba.
	3	Verifique la altura de descarga de la bomba y compárela con la nominal de la bomba.
4		Impulsor o anillos de desgaste de la bomba dañados.
	4	Verifique el estado del impulsor y los elementos de desgaste de la bomba, reemplazándolos si es necesario.

### 3.6 FUGAS POR PRENSAESTOPAS.

Normalmente se tienen fugas a través del prensaestopas (las bombas también llo-ran) como elemento de lubricación y enfriamiento. Las fugas excesivas del prensaes-topas pueden ser debido a:

P	S	Fugas por prensaestopas
1		Estopero desgastado.
	1	Revise el estopero.
2		Flecha o eje mal alineado.
	2	Verificar la alineación de la flecha y cople del equipo.
3		Impulsor y / o flecha mal balanceado.
	3	Revisar el balanceo de los elementos rotatorios de la bomba.
4		Prensaestopas flojo.
	4	Sujetar adecuadamente el prensaestopas.
5		Cojinetes desgastados.
	5	Revise las chumaceras del equipo.
6		Suciedad y / o partículas abrasivas del agua lubricante en el prensaesto-pas y flecha.
	6	Revise y limpie el prensaestopas, flecha y mangos protectores.

BH3-Bomb

SISTEMA DE BOMBEO.

BOMBAS EN PARALELO.

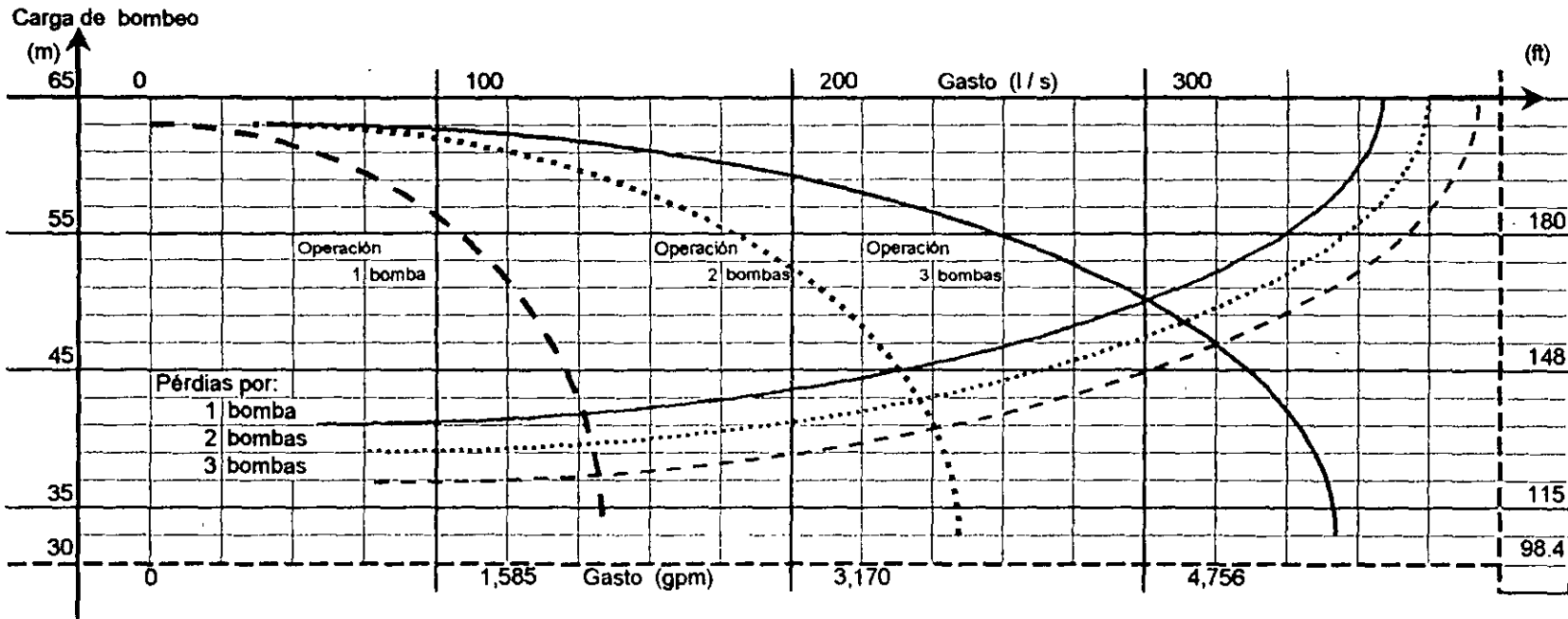


Fig BH 3 2 3



### 3.7 CONSUMO EXCESIVO DE ENERGÍA.

La unidad de bombeo demanda demasiada Energía

P	S	Consumo excesivo de energía
1		Elementos rotativos de la unidad frenados.
	1	Revisar la unidad y sus partes móviles.
2		El impulsor roza con la carcasa de la bomba.
	2	Revisar la bomba, observando tolerancias y juegos entre carcasa y partes móviles de la unidad.
3		Lubricación insuficiente provocada por el prensaestopas demasiado apretado.
	3	Revisar los estoperos de las bombas y observar que se lubrique adecuadamente la flecha. Este tipo de fallas es frecuente y origina que la bomba se bloquee y si el motor no está debidamente protegido, puede quemarse el embobinado

### 3.8 BOMBEO IRREGULAR.

El funcionamiento de la bomba es ruidoso e intranquilo.

P	S	Bombeo Irregular
1		Inclusión de aire en la tubería de succión.
	1	Revisar el nivel en el tanque de succión; se debe proporcionar el NPSH de la bomba.
2		Cuerpos extraños en el impulsor o impulsor destruido.
	2	Revisar el impulsor de la bomba.
3		Cojinetes desgastados o desbalanceo de las partes móviles de la bomba.
	3	Revisar los cojinetes y elementos móviles de la unidad.

### 3.9 MONTAJE Y ALINEAMIENTO.

Una bomba tiene componentes móviles (impulsor y flecha) y fijos, debiendo evitarse cualquier fricción originada por el contacto entre las partes. Estos contactos pueden ser producidos por:

P	S	Montaje y alineamiento
1		Esfuerzos en la tubería. Causan desalineamiento de los retenes de la bomba; una bomba puede perder su alineamiento al conectarse a una tubería que no se encuentre alineada; un correcto montaje inicial puede minimizar los problemas.
2		Soporte incorrecto en las tuberías
		Revisar y * o reemplazar

Tabla BH 3.3

**PLAN DE MANTENIMIENTO DE BOMBA DE POZO.**

Ejemplo parcial.

Clave	ELEMENTO	Tarea	Esopecificación	Unidad	Cantidad	Precio (\$)	Importe (\$)	Ciclo (h)
<b>E</b>	<b>EQUIPO *</b>							####
1.0	Montaje inicial							
1.1	Cabezal de descarga	O	200 mm (diam.)	pza.	1			
1.2	Brida	O	200 mm (diam.)					
1.3	Campana de succión	O	200 mm (diam.)					
M1.0	Material				st			
1.01	Oficial 2ª		General	h	1			
1.02	Peón		General	h	3			
H1.0	Mano de Obra				st			
1.001	Videograbación	X	Especializado	lote	0			
1.002	Ademado	X		lote	0			
X1.0	Mantenimiento externo				st			
<b>T1.0</b>					<b>Total</b>		<b>7500</b>	
<b>1.1</b>	<b>CABEZAL</b>							####
1.11	Ajuste de bombeo	R1						
1.111	Tuerca de ajuste			pza.	2			
1.112	Cuña			pza.	1.5			
1.113	Tapón macho			pza.	1			
M1.1	Material				st			
1.01	Oficial 1ª		Mecánico	h	1			
1.02	Oficial 2ª		Mecánico	h	1			
1.03	Peón		General	h	3			
H1.1	Mano de Obra				st			
1.001	Nivelación	I2	Renta equipo	lote	0			
1.002				lote	0			
X1.1	Mantenimiento externo				st			
<b>T1.1</b>					<b>Total</b>		<b>300</b>	
<i>resumen simplificado</i>								
1.12	Servicio estopero	I3					1000	4000
1.13	Arreglo estopero	I3					1500	####
<b>1.2</b>	<b>COLUMNA</b>							####
1.21	Tubo columna	R1					350	####
1.22	Transmisión superior	R1					300	####
1.23	Transmisión intermedio	R1					300	####
1.24	Flecha de transmisión	R1					300	####
<b>1.3</b>	<b>TAZONES</b>							####
1.31	Tubo columna	R1					2500	####
1.32	Transmisión superior	R1					250	####
1.33	Transmisión intermedio	R1					2500	####
	<b>BOMBA DE POZO</b>							####

\* Considera el equipo completo, integrado.

P	S	Montaje y alineamiento
3		Variación de la temperatura.
		Origina dilatación y contracción en las tuberías, que pueden provocar esfuerzos y momentos sobre las bridas de las bombas; las presiones en las tuberías pueden originar:
	0	Deformaciones
	0	Movimientos de la cimentación,
	0	Desalineamientos de las bridas.
	3	Las tuberías de succión y descarga, así como los elementos auxiliares deben estar soportados y anclados en forma independiente a la bomba, para no transmitir a ésta los esfuerzos. Los soportes deberán instalarse próximos a la bomba.

### 3.10 JUNTAS DE EXPANSIÓN

Éstas se utilizan en las tuberías de succión y descarga para ayudar a evitar la transmisión de esfuerzos a la bomba. Se usan varios tipos de juntas, tales como:

- Tipo omega
- Junta deslizante
- Junta de diafragma corrugado

No deben instalarse juntas para dilatación de la tubería entre la bomba y el punto de anclaje, ya que será transmitida a la bomba una fuerza igual al producto del área de la junta de dilatación (que puede ser mucho mayor de la tubería) por la presión existente en ese punto.

Por lo tanto esta junta debe ser instalada en forma tal que no se transmita a la bomba esfuerzos perjudiciales.

Ejemplo:

Se coloca un tubo vertical de 20 cm de diámetro con una junta de expansión antes del codo de succión, la presión ( $2 \text{ kg/cm}^2$ ) por el área produce una fuerza hacia abajo de 628 kg. Esta fuerza puede llegar a ser de tal magnitud que provoque el desplazamiento de la bomba y su cimentación con el consiguiente desalineamiento entre bomba y motor.

Habrá que recordar la tercera Ley de Newton: " A toda acción corresponde una reacción de igual magnitud y sentido contrario".

Las juntas de expansión generalmente no son recomendables en instalaciones para bombas de alta presión. Por ejemplo, en un sistema con un tubo de 30 cm de diámetro y con una presión de  $10 \text{ kg/cm}^2$  se producirá una fuerza de reacción de 7 t. En este caso, el cuerpo de la bomba tendría que estar totalmente empotrado y anclado en concreto para mantenerlo en su lugar. No es lógico diseñar una bomba para soportar estos esfuerzos.

**PLANTA DE BOMBEO.**

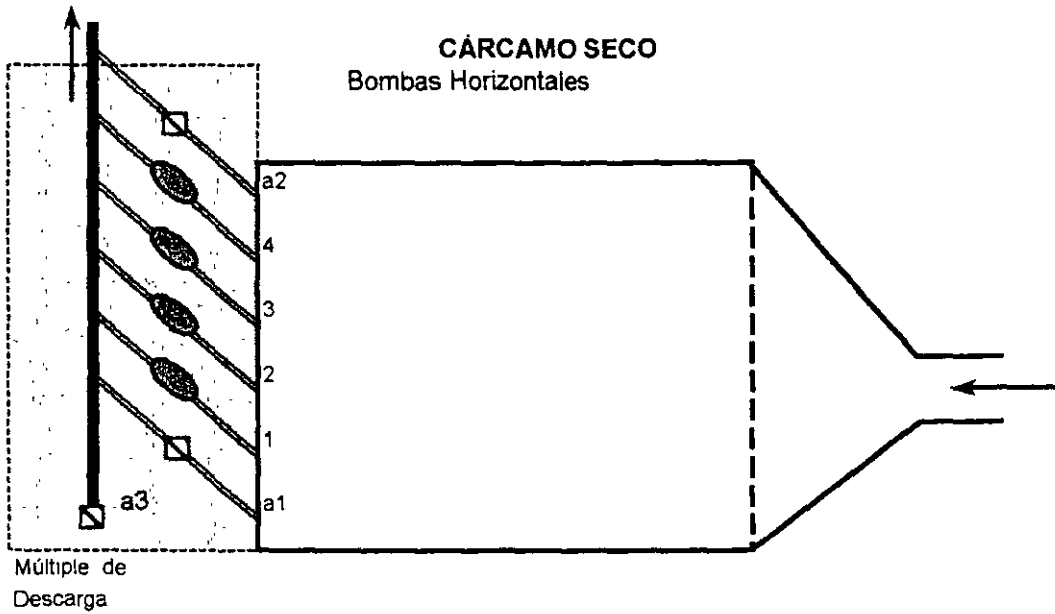


Tabla BH 3.4.1

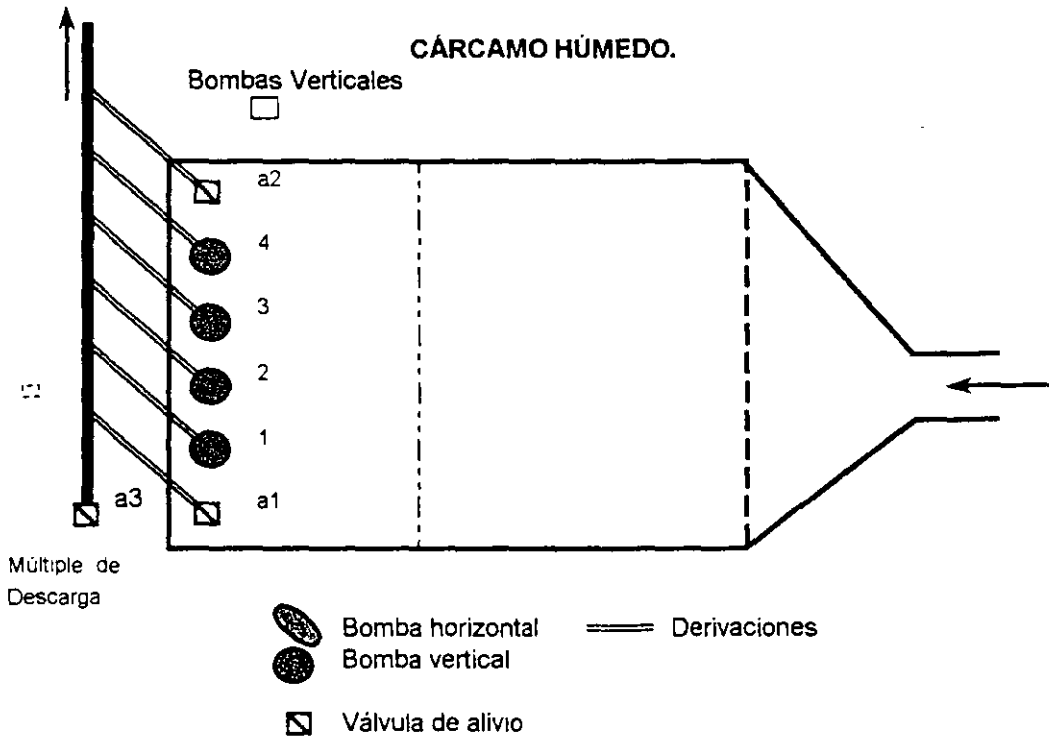


Tabla BH 3.4.2

Ejemplo: Bombas Verticales.

Una bomba para una carga (presión) de 1.0 kg/cm<sup>2</sup> por paso, puede generar una fuerza de aproximadamente 1 t, únicamente por empuje hidráulico. Esto es suficiente para provocar la rotura del equipo, si la junta flexible no se fija correctamente.

Bombas a bajas velocidades angulares, de aguas negras o de procesos, producen pulsaciones de presión de baja frecuencia en las que no se recomienda el uso de juntas de expansión. La frecuencia de las pulsaciones de presión es proporcional al producto de la velocidad de funcionamiento por el número de álabes del impulsor.

Se pueden crear grandes fuerzas que provocarían el desplazamiento de la bomba y tubería, si esas pulsaciones coincidieran con la frecuencia de una armónica del sistema.

Estas recomendaciones se aplican a las juntas de expansión, aunque tengan pernos de fijación. La experiencia ha demostrado que esos pernos son elásticos y actúan como resortes con las fuerzas de pulsaciones de presión, especialmente con las de baja frecuencia.

La amplitud de una pulsación de presión normal es del 3 % de la presión total desarrollada por la bomba. Esto causa vibraciones perjudiciales que pueden transmitirse a la bomba y pueden dañar a todo el sistema.

### 3.11 GOLPE DE ARIETE.

P	S	Golpe de Ariete
1		Destrucción o simplemente deformaciones producidas por la presión en la tubería por los efectos de sobre presión (golpe de ariete).
	1	Proyecto adecuado de la línea de conducción: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trazo</li> <li>• Diámetro (velocidad)</li> </ul>
	2	Cierre lento de válvulas.
	3	Instalación de elementos de protección:
		Fusibles.
		Tanques hidroneumáticos
		Tanques unidireccionales.
		Torres de oscilación
		Válvulas de alivio
		Voantes de inercia
	4	Incremento del momento de inercia del conjunto bomba motor.

### 3.12 ALTA TEMPERATURA.

Las bombas para operar a altas temperaturas tienen normalmente su soporte en la línea del eje para reducir los esfuerzos originados por la dilatación. Es prácticamente imposible diseñar una bomba para que resista los esfuerzos originados por las dilataciones de las tuberías, por lo que se debe recurrir a juntas de expansión que absorban las dilataciones y contracciones.

P	S	ALTA TEMPERATURA
1		Las bombas diseñadas para operar a altas temperaturas cuentan normalmente con un soporte para reducir los efectos de la dilatación, que no puede evitarse
	1	Minimizar mediante un correcto diseño del sistema.

### 3.13 OPERACIÓN.

Las condiciones de operación de la bomba deben ser revisadas para asegurarse que su funcionamiento está dentro del rango adecuado. Para esto es conveniente contar con la curva característica (Q, H) de la bomba.

De esta forma se comparan las condiciones reales de operación de la bomba contra las de proyecto.

Adicionalmente se debe revisar que las condiciones de demanda a la bomba no se hayan alterado conforme a las del proyecto.

**RESISTENCIA EN VÁLVULAS Y CONEXIONES  
LONGITUD EQUIVALENTE**

Diámetro		CODO				TE	Curva retorno	VÁLVULA DE		
(mm)	(in)	Normal (standard)	Radio		45°			Compuerta	Globo	Ángulo
			medio	grande						
13	1/2	0.46	0.43	0.34	0.24	1.04	1.16	0.11	4.88	2.56
19	3/4	0.67	0.55	0.43	0.31	1.37	1.52	0.14	6.71	3.66
25	1	0.82	0.70	0.52	0.40	1.77	1.86	0.18	8.23	4.57
32	1 1/4	1.13	0.91	0.73	0.49	2.38	2.59	0.24	11.28	5.49
38	1 1/2	1.31	1.10	0.85	0.61	2.74	3.05	0.29	13.41	6.71
51	2	1.68	1.40	1.07	0.76	3.35	3.96	0.37	17.37	8.53
64	2 1/2	1.98	1.65	1.28	0.91	4.27	4.57	0.43	20.12	10.06
76	3	2.47	2.07	1.55	1.16	5.18	5.49	0.52	25.91	12.80
89	3 1/2	2.90	2.44	1.83	1.34	5.79	6.40	0.61	30.18	15.24
102	4	3.35	2.77	2.13	1.52	6.71	7.32	0.70	33.53	17.68
114	4 1/2	3.66	3.05	2.41	1.71	7.32	8.23	0.79	39.62	18.59
127	5	4.27	3.66	2.71	1.86	8.23	9.45	0.88	42.67	21.34
152	6	4.88	4.27	3.35	2.35	10.06	11.28	1.07	48.77	25.30
203	8	6.40	5.49	4.27	3.05	13.11	14.94	1.37	67.06	33.53
254	10	7.93	6.71	5.18	3.96	17.07	18.59	1.74	88.39	42.67
305	12	9.75	7.93	6.10	4.57	20.12	22.25	2.04	103.63	51.82
356	14	10.97	9.45	7.01	5.18	23.17	25.91	2.44	118.87	57.91
406	16	12.80	10.67	8.23	5.79	26.52	30.48	2.74	131.06	67.06
457	18	14.02	12.19	9.14	6.40	30.48	33.53	3.11	152.40	76.20
508	20	15.85	13.11	10.36	7.01	33.53	36.58	3.66	170.69	85.34
559	22	17.68	15.24	11.28	7.62	39.62	42.67	3.96	185.93	94.49
610	24	19.20	16.15	12.19	8.53	42.67	45.72	4.27	207.26	103.63
762	30	24.08	20.73	15.24	10.67	50.29	57.91	5.18	262.13	128.02
914	36	28.65	24.08	18.29	13.11	60.96	67.06	6.10	304.80	152.40
1067	42	36.58	28.96	21.95	15.24	73.15	79.25	7.01	365.76	182.88
1219	48	41.15	33.53	24.99	17.68	83.82	91.44	7.93	426.72	207.26

## Capítulo BH 4

**MANTENIMIENTO DE VÁLVULAS.**

Al igual que en todos los bifs, deben revisarse sus características y funcionamiento para las que fue diseñada la válvula y cual es la aplicación a cubrir. Por ejemplo, una válvula de compuerta es para seccionamiento y su aplicación para operar parcialmente cerrada (control y / o regulación) es inadecuada, pues originará deterioro acelerado de la válvula y cavitación.

En general el diseño adecuado de un sistema hidráulico debe minimizar el requerimiento de regulación mediante válvulas, por la cavitación y pérdidas que esta acción genera.

**4.1 INSTALACIÓN.**

A manera de ejemplo se presenta el procedimiento de instalación de una válvula de mariposa (tabla BH 4.1), por aplicar en el montaje inicial o en las reinstalaciones.

Los procedimientos particulares para cada tipo de válvula deben aplicarse conforme a los manuales de éstas y con la participación de personal capacitado.

Un montaje inadecuado representa una operación ineficiente y riesgosa, debiendo analizar sus efectos en su reinstalación.

**4.2 OPERACIÓN.**

Frecuentemente por error de proyecto, se diseñan sistemas con regulación del gasto y / o presión mediante válvula, generando pérdidas (contra el principio del ahorro de energía) con el cierre parcial de las válvulas. Esta condición en general es inadecuada también por la casi inminente cavitación originada por el cierre parcial, que Mantenimiento deberá vigilar (se escuchan ruidos similares al manejo de agua con piedrecillas).

Los ajustes de gasto y presión por el cambio normal de las condiciones de operación por desgaste de los elementos del sistema hidráulico, que por error de proyecto, podrá ser corregido mediante la estrangulación de las válvulas, teniendo presentes las observaciones anteriores.

En sistemas con resonancia (ruidos y afectaciones mecánicas) se pueden evitar sus efectos con el cierre parcial de válvulas para cambiar la velocidad y modificar las armónicas.



Tabla BH 4.1

**MONTAJE DE UNA VÁLVULA DE MARIPOSA.**

Antes de instalar una válvula se debe:
- Inspeccionar
- Limpiar la línea, eliminando cualquier objeto (mezcla, palos, varillas de soldadura, trapos, piedras, etc.), que pudieran impedir su correcta operación:
. Causar daño al asiento o
. Trabar el disco (elemento de cierre).
- Lavar con agua la válvula de ser necesario.
Los asientos elastómeros se deben lubricar con silicón puro (o simple grasa animal).
Abrir y cerrar totalmente el disco varias veces.
- Cerrar totalmente la válvula.
- Presentar la válvula en su posición final.
- Alinear la válvula correctamente.
Presentar varios tornillos en los barrenos de las bridas para evitar esfuerzos excesivos e instalar como cualquier otra sección de tubería.
En las válvulas con elemento de cierre tipo oblea deberá prestarse especial cuidado en centrar perfectamente el cuerpo dentro del círculo de barrenos.
Verificar que el disco no encuentre interferencia alguna en su viaje, desde la posición de cerrado hasta apertura total o viceversa.
El apriete final, deberá ser mediante secuencia cruzada.
<b>Notas:</b>
La válvula puede instalarse en cualquier posición.
El flujo a través de la válvula de mariposa puede ser en cualquier sentido. Sin embargo, se recomienda sea instalada con la parte convexa del disco contra el flujo.
Deberá procurarse que el lado plano donde se encuentra el anillo, sea de fácil acceso para simplificar cualquier trabajo de mantenimiento, como el ajuste o cambio del asiento.
Seleccionar correctamente el material de las juntas entre bridas (tipo, espesor; consultar a los fabricantes).

### 4.3 MANTENIMIENTO.

El mantenimiento de las válvulas en general considera:

- Conservar en perfecto estado los empaques de:
  - . Flecha
  - . Vástagos.
- Deberán mantenerse bien firmes los prensaestopas (empaques), aplicando solamente el apriete necesario para evitar fugas, pues un ajuste excesivo producirá un mayor desgaste de los empaques y dificultad para accionar la válvula.
- Verificar los bujes.  
Los bujes de material autolubricado no requieren de lubricación.
- Verificar el alineamiento de la válvula.
- Empuje hidráulico sobre la válvula y su transmisión hacia la bomba.

## Capítulo BH 5

**PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.****5.1 INTRODUCCIÓN.**

Los incendios son las causas más comunes de pérdidas humanas y materiales en la industria, el comercio y el hogar, por lo cual se ha tenido la necesidad de desarrollar formas eficaces para combatir dichos siniestros, constituyendo los equipos portátiles y los sistemas de protección contra incendio (PCI) la manera más adecuada de combatirlos.

El factor primordial que puede significar la diferencia entre un adecuado funcionamiento del Equipo \* y un potencial desastre es el Mantenimiento.

Frecuentemente un Equipo instalado en un edificio es olvidado hasta que se necesita. Cualquier Equipo que permanece sin uso en un período de tiempo puede causar problemas. Estos problemas pueden ser el resultado de fallas del equipo o sus componentes, negligencia o simple vandalismo.

En algunas ocasiones se han producido incendios en edificios donde existían Equipos de protección contra incendio, pero no operaban debido a poco o nulo mantenimiento.

El Mantenimiento de los Equipos de PCI, debe realizarse conforme a las normas establecidas por las autoridades competentes y a las recomendaciones dadas por la Compañía que instale el equipo. Es importante que se lleve a cabo con regularidad, ya que de ella depende que funcione el Equipo con eficiencia y seguridad.

Los Equipos PCI deben mantenerse en condiciones de operar en cualquier momento, debiendo ser restaurados para su pronto servicio después de su operación o de haber sufrido algún daño. Las instrucciones de operación, arreglos y mantenimiento deben ser colocadas en el equipo de control.

Un programa de inspecciones, pruebas y mantenimiento es esencial según el Equipo PCI.

La clasificación de los diferentes sistemas de protección contra incendio se presenta en el esquema de la fig. BH 5.1.

\* En este texto se empleará la palabra Equipo, incluyéndose el o los Sistemas.

El desarrollo de este capítulo tuvo como referencia base la tesis del Ing. Juan Francisco Lugo Juárez

**SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO**

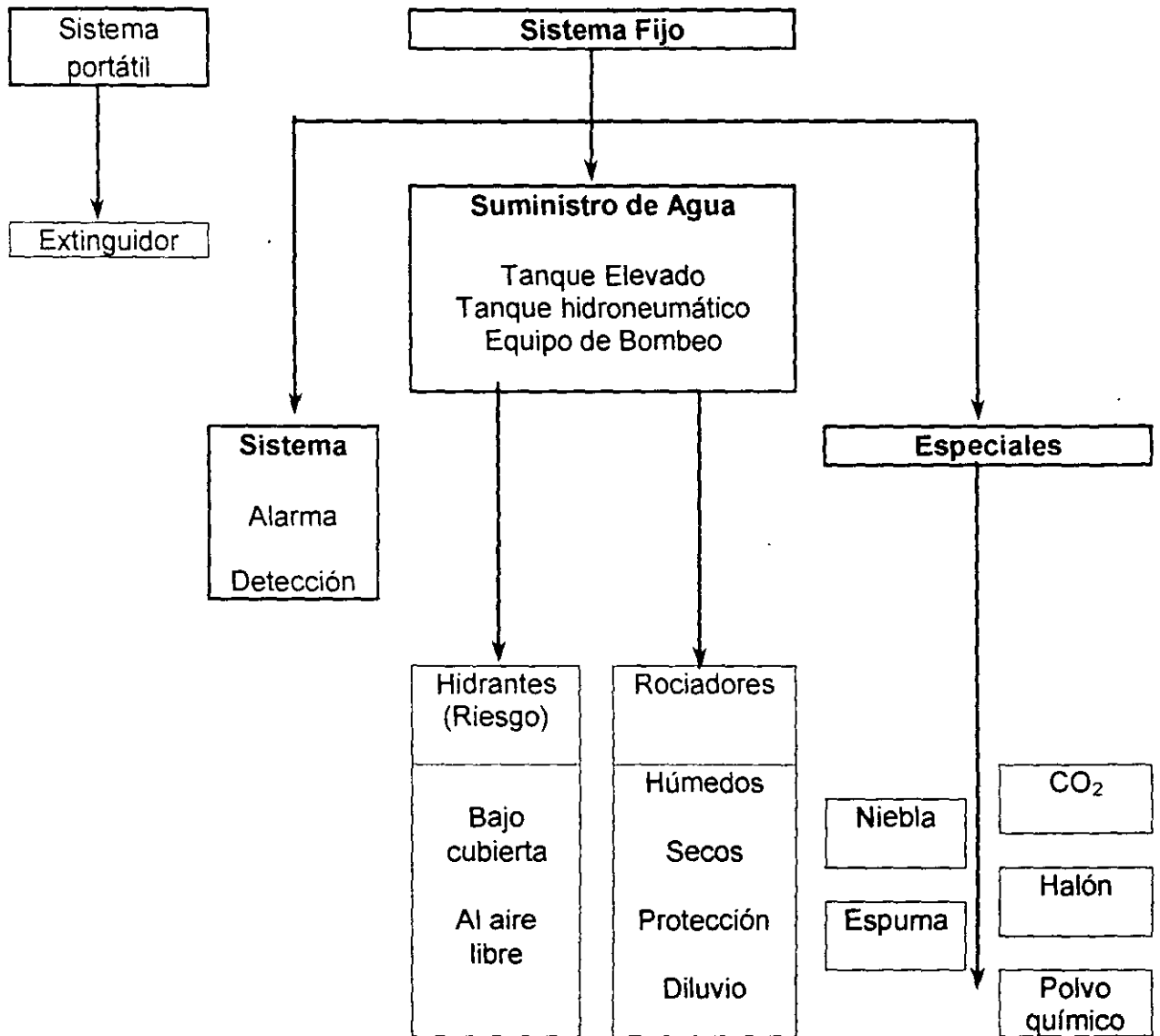


Fig. BH 5.1

## 5.2 DEFINICIÓN DE FUEGO.

Fuego es el efecto de la reacción entre un material combustible y un comburente con desprendimiento de calor y elevación de temperatura ó sea es una forma rápida de oxidación con producción de calor y luz.

### 5.2.1 Triángulo de fuego (fig. BH 5.2).

Es la teoría más conocida y difundida, que afirma que para que se produzca un fuego tienen que encontrarse presentes y en proporciones adecuadas tres factores esenciales que son:

- Combustible.
- Calor.
- Comburente (oxígeno).

En ausencia de cualquiera de los tres factores anteriores no podrá llevarse a efecto la combustión.

### 5.2.2 Pirámide de fuego (fig. BH 5.3).

En esta teoría además de utilizar los tres factores del triángulo del fuego, añade un cuarto factor:

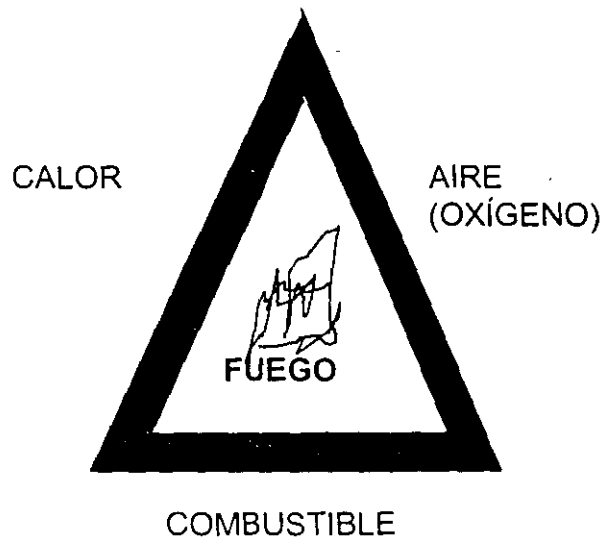
#### **"Reacción en cadena"**

y se refiere a las reacciones químicas entre el combustible y el oxidante.

El conocimiento de la reacción química del fuego es indispensable para su adecuada extinción. Así se puede combatir un incendio:

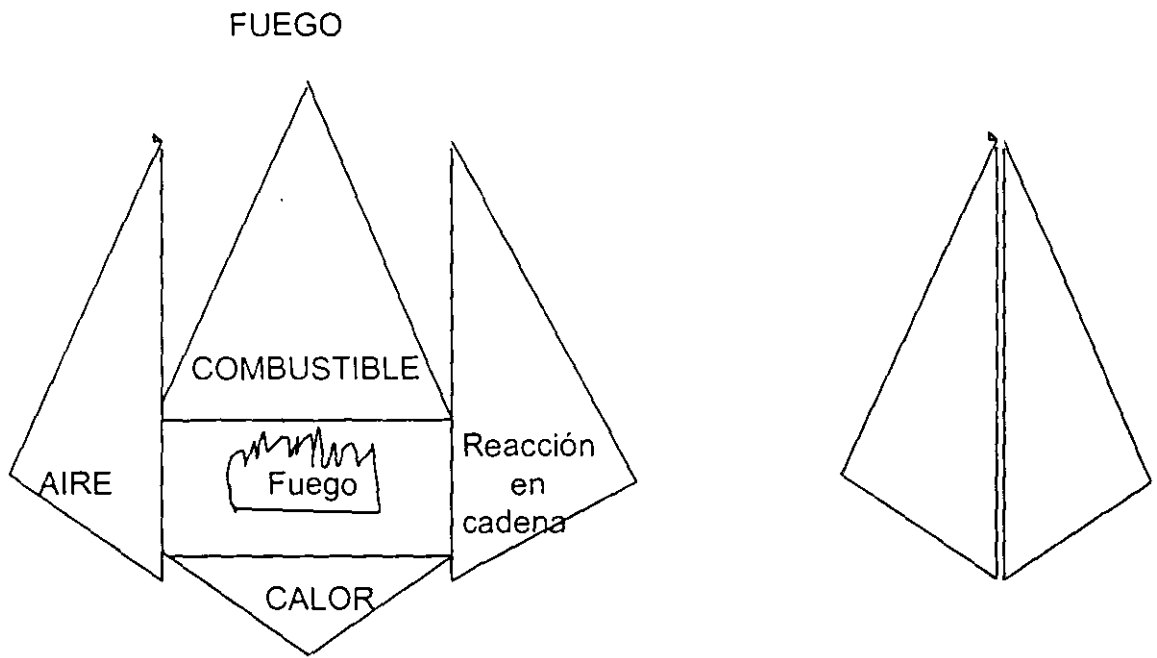
- Calor puede ser eliminado por enfriamiento
- Oxígeno por exclusión del aire
- Combustible desalojándolo a un lugar donde el calor sea insuficiente para su inflamación.
- Reacción química, puede ser detenida inhibiendo la oxidación rápida del combustible.

Para facilidad en el combate contra los incendios, los fuegos se clasifican en cuatro clases que son:



**TRIÁNGULO DE FUEGO**

Fig. BH 5.2



**PIRÁMIDE DEL FUEGO**

Fig. BH 5.3

- **Fuego clase "A":**  
Son los que ocurren en materiales sólidos tales como trapo, viruta, papel, madera y basura; el uso de agua es eficaz para su extinción.
- **Fuego clase "B":**  
Son aquellos que se producen en la mezcla de un gas, tales como, butano, propano, etc., con el aire, o bien, de la mezcla de vapores que se desprenden de la superficie de los líquidos inflamables, tales como: gasolina, aceites, grasas, solventes.
- **Fuego clase "C":**  
Se llaman así aquellos que ocurren en equipo eléctrico o cerca de dicho equipo.
- **Fuego clase "D"**  
Son los que se presentan en cierto tipo de metales combustibles, como magnesio, titanio, sodio, litio, potasio, aluminio o zinc en polvo.

Los reglamentos existentes para la protección contra incendio en la República Mexicana, están basados en las normas de la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS). Esencialmente estas normas están fundamentadas en las editadas por la National Fire Protection Association (NFPA) de los Estados Unidos de América.

### 5.3 EXTINGUIDORES PORTÁTILES.

En algunos casos los extinguidores portátiles son un suplemento de los sistemas fijos contra incendio y en la mayoría de los casos es el único equipo de protección contra incendio con que se cuenta.

Muchos de los incendios en su origen son fuegos pequeños y pueden ser controlados por medio de extinguidores portátiles adecuados al fuego a extinguir.

De acuerdo al medio impulsor con el cual operan los extinguidores se pueden clasificar en tres grupos:

- **Reacción química.**  
Estos extinguidores generan su presión de impulsión por medio de la reacción química de sus componentes.
- **Cartucho de alta presión.**  
Funcionan estos extinguidores mediante la acción de un cartucho que contiene gas a presión, generalmente se usa el bióxido de carbono o el nitrógeno, este gas se utiliza para originar una presión que expulsa el agente extintor contenido dentro del cuerpo del aparato.

Tabla BH 5.1

**MANTENIMIENTO DE EXTINGUIDORES.**

<b>Extinguidor de agua.</b>
- Verificar la presión del aire dos veces por año.
- Prueba hidrostática al tanque cada 5 años.
<b>Extinguidor de soda y ácido.</b>
- Recargar cada año.
- Prueba hidrostática al tanque cada 5 años.
<b>Extinguidor de espuma química.</b>
- Recargar cada año.
- Prueba hidrostática al tanque cada 5 años.
<b>Extinguidor de espuma mecánica.</b>
- Verificar la presión cada 4 meses, en el tipo de tanque a presión permanente.
- Pesar el cartucho una vez al año, en el tipo de cartucho a alta presión.
<b>Extinguidor de polvo químico.</b>
- Comprobar la presión cada 4 meses, en el tipo de tanque a presión permanente.
- Pesar el cartucho una vez al año, en el tipo de cartucho a alta presión.
- Prueba hidrostática al tanque cada 10 años.
<b>Extinguidor de bióxido de carbono.</b>
- Llenar una vez al año.
Si el peso ha disminuido en un 15% deberá recargarse de inmediato.
- Prueba hidrostática al tanque cada 12 años.
<b>Extinguidor de halón.</b>
Dado que el halón agota el ozono estratosférico, se determinaron sus controles en el protocolo de Montreal 1990, conforme a:
- Reducción del 50 % (referido a 1986) en la producción y consumo para el año 1995.
- Desaparición paulatina entre los años 2000 y 2005, a excepción de usos esenciales.
- Agentes aprobados por Underwriters Laboratories (UL) y Factory Mutual (FM):
- Energen
- Fire Master 200 (FM200)
<b>Tanque a presión permanente.</b>
- Funciona por medio de la liberación súbita de la presión contenida en el interior del aparato al accionar una válvula.



**Extinguidores.** Existen en la industria diferentes tipos de acuerdo a su agente extintor. Se localizarán los extinguidores cerca de los lugares peligrosos, pero no tan cerca para que un fuego pudiera aislarlos o dañarlos. Si es posible debe colocarse en los pasillos que normalmente se usan para entrada y salida de los edificios.

**Mantenimiento de extinguidores.** El resumen de las tareas por efectuar en estos equipos se presenta en la tabla BH5.1.

## 5.4 FUENTES DE SUMINISTRO DE AGUA.

El agua que se utilice en los sistemas de protección contra incendio debe ser de calidad adecuada, es decir, no deberá contener sustancias que dañen o entorpezcan el equipo de protección contra incendio, ni que constituyan un peligro al mezclarse con los materiales que se están incendiando.

Las fuentes de agua se clasifican en:

### 5.4.1 Fuentes primarias.

Son aquellas que alimentan originalmente con agua el riesgo protegido y que pueden ser de cualquier clase, siempre y cuando proporcionen agua en la calidad y volumen necesario para cumplir su cometido.

Estas fuentes pueden ser ríos, cisternas, pozos, servicios municipales, etc.

### 5.4.2 Fuentes directas.

Son aquellas que suministran agua permanentemente al sistema de protección contra incendio en la calidad, volumen y presión exigidas, tales como:

#### – Tanques elevados o de gravedad.

Se usa donde el agua de los servicios municipales no está disponible o bien el volumen y la presión son insuficientes para abastecer la demanda principal del sistema de protección contra incendio.

La capacidad y la elevación de los tanques deberá ser determinada de acuerdo a las condiciones de diseño; siempre que sea posible hay que utilizar las capacidades del tanque y las alturas de las torres de sustentación estándar.

Revísense los acumuladores, los sistemas de lubricación y enfriamiento, además del suministro de combustible cuando la bomba sea operada con motor de combustión interna.

Tabla BH 5.2

**MANTENIMIENTO A FUENTES DIRECTAS.**

<b>1. Tanques elevados.</b>
Mantener la limpieza del tanque (cubriera) y sus accesorios (cárcamo de la válvula de pie de la alimentación y el entorno de la base del tanque).
Inspeccionar periódicamente el estado físico del tanque.
Mantener el tanque elevado lleno de agua, para asegurar el combate contra incendio y su funcionamiento eficaz. Además evita la contracción en los tanques de madera y la corrosión innecesaria en los tanques de acero.
Mantener la tapa del tanque cerrada herméticamente y en buen estado de conservación.
Conservar en buen estado las escotillas En zonas extremas de frío conservar la camisa anticongelante de la tubería de alimentación.
Inspeccionar los aparatos de calefacción en su debido orden y compruébese el mantenimiento de la temperatura adecuada en tiempo de heladas.
Inspeccionar detenidamente todo el equipo del tanque, la tubería, las válvulas de control, las válvulas de retención, los sistemas de calefacción, los manómetros, las juntas de expansión y demás accesorios.
<b>2. Depósitos a presión.</b>
Inspeccionar con regularidad los tanques de presión a fin de comprobar el nivel de agua y la presión del aire.
Consultar los reglamentos locales de seguridad, respecto al mantenimiento y prueba de tanque de presión.
Inspeccionar periódicamente todo el equipo del tanque; la tubería, las válvulas de control, las válvulas de retención y los manómetros.
<b>3. Equipo de bombeo.</b>
Manténgase la casa de bombas limpia, accesible en todo momento y a la temperatura debida para evitar la congelación.
Usar el equipo de bombeo solo para dar protección en casos de incendio más no para el servicio de la planta.
Cada bomba debe operarse a máxima capacidad con descarga de mangueras en forma regular cada 3 meses y por lo menos una vez al año.
Examinar con frecuencia las tuberías de succión, las válvulas de pie y las coladeras de bombas a fin de evitar que cuerpos extraños dañen las bombas y obstruyan la tubería de los sistemas de protección.
Revisar con regularidad el estado y seguridad del suministro de energía eléctrica, cuando la bomba sea operada con motor eléctrico.

– **Depósitos a presión.**

Son tanques y equipos para suministrar el agua a presión y se utilizan en equipos y sistemas de protección contra incendio, ya sea solos, con equipo de bombeo o con auxilio de tanques elevados.

En edificios altos los depósitos de presión son frecuentemente instalados conjuntamente con tanques elevados y son usados para suministrar altas presiones a los sistemas de rociadores instalados en los pisos más altos.

La capacidad del depósito a presión se considera como el contenido total del agua y el aire; el interior del tanque está compuesto por dos terceras partes de agua y una de aire a presión, la que se tendrá que mantener a un mínimo de 5.3 kg/cm<sup>2</sup> (75 psi).

– **Equipo de bombeo.**

Es generalmente la principal fuente directa de suministro de agua de los equipos de protección contra incendio, esto se debe a la gran variedad de combinaciones de capacidad y presión que pueden proporcionar las bombas existentes en el mercado usadas para este fin.

Las bombas centrífugas son las más comúnmente usadas, de posición vertical u horizontal y pueden ser accionadas mediante motores eléctricos o de combustión interna.

La característica de las bombas horizontales debe ser tal que al 150% del rango de su capacidad nominal proporcione una presión no menor del 65% del rango nominal de presión. La presión de corte generalmente no debe ser mayor del 120% del rango nominal de la presión de operación.

La característica de las bombas verticales debe ser tal que al 150% del rango de su capacidad nominal proporcione una presión no menor del 65% del rango nominal de presión. La presión de corte generalmente no debe ser mayor del 140% del rango nominal de la presión de operación.

La forma más generalizada de accionar una bomba en los sistemas de protección contra incendio es por medio de un motor eléctrico de corriente alterna.

Los motores de combustión interna son menos confiables que los motores eléctricos para el accionamiento de equipos de bombeo para protección contra incendio; sin embargo tiene la ventaja de ser una unidad autosuficiente o sea independiente de fuentes externas de energía; estos motores utilizan como combustible gasolina o diesel, siendo los motores diesel los comúnmente usados.

– **Mantenimiento.**

Las tareas del mantenimiento para las fuentes directas se relacionan en la tabla BH 5.2

**ROCIADORES.**

Tabla BH 5.3.1

**REGLAS DE ESPACIAMIENTO****DISTANCIA MÁXIMA ENTRE EL DEFLECTOR Y LA PARTE BAJA DEL TECHO mm (in).**

Tipo de construcción	En bahías				Bajo vigas			
	Combustible		Incombustible		Combustible		Incombustible	
Techo liso	254	10	305	12	356	14	406	16
Vigas y trabes	406	16	406	16	508	20	457	18
Páneles hasta 27.9 m <sup>2</sup> (300ft <sup>2</sup> )	457	18	457	18	559	22	559	22
Armaduras	254	10	305	12	0		0	

Tabla BH 5.3.2

**DISTANCIA PRINCIPALES mm (in).**

Ubicación	mm	(in)	Observaciones
Abajo del techo	25	1	mínima
Abajo de vigas	25	1	mínima
Abajo de vigas	102	4	máxima

Nota: No se deberá exceder la distancia máxima abajo del techo.

Tabla B H5.3.3

**CIBERTURA MÁXIMA POR ROCIADOR**

RIESGO	m <sup>2</sup>	(ft <sup>2</sup> )	Observaciones
Ligero	19	200	Techos planos, vigas y trabes.
Ligero	16	168	Para todos los otros tipos de construcción
Ordinario	12	130	Para todos los tipos de construcción
Ordinario	9	100	Para almacenamiento de pilas altas.
Extra	8	90	Para todos los tipos de construcción

Tabla BH 5.3.4

**ESPACIAMIENTO MÁXIMO  
ENTRE LÍNEAS DE ROCIADORES Y ENTRE ROCIADORES EN LA LÍNEA.**

RIESGO	m	(ft)	Observaciones
Ligero	5	15	
Ordinario	5	15	
Ordinario	4	12	Para almacenamiento de pilas altas.
Extra	4	12	

## 5.5 SISTEMAS DE HIDRANTES.

Los sistemas de hidrantes son una red de tuberías con diversas salidas de descarga (hidrante), válvulas de seccionamiento y toma siamesa; esta red es alimentada con agua a presión. Este tipo de sistema se instala en edificios y plantas industriales.

Los hidrantes pueden colocarse a tuberías elevadas y/o subterráneas y estar colocados en el interior o exterior de los edificios. Los principales tipos de hidrantes:

- Hidrante de piso.
- Hidrante para empotrar.
- Hidrante para sobreponer.
- Hidrante de carrete.

Es indispensable una conexión a través de la cual pueda bombear aguas el Cuerpo de Bomberos en situaciones extremas, por lo tanto debe considerarse como una parte integrante del sistema de protección contra incendio una toma siamesa; ésta debe colocarse en un lugar de fácil acceso y marcada en forma apropiada.

### 5.5.1 Clasificación de hidrantes.

#### - **Sistemas de hidrantes chicos.**

Se deben usar en riesgos que no necesiten grandes volúmenes de agua para la extinción de incendios y donde las personas que lleguen a manejar las mangueras no estén entrenadas para ello.

#### - **Sistemas de hidrantes medianos.**

Se deben usar en los riesgos que necesiten mayores volúmenes de agua que los sistemas de hidrantes chicos y en que el personal (hombre solamente) no estén lo suficientemente entrenados para usar hidrantes de mayor capacidad.

#### - **Sistemas para usar hidrantes grandes.**

Se usarán en los riesgos de características diferentes a los anteriores, o sea, aquellos en que se necesiten grandes cantidades de agua y en que los hombres que vayan a manejar los hidrantes estén entrenados y capacitados para el empleo de este tipo de hidrantes.

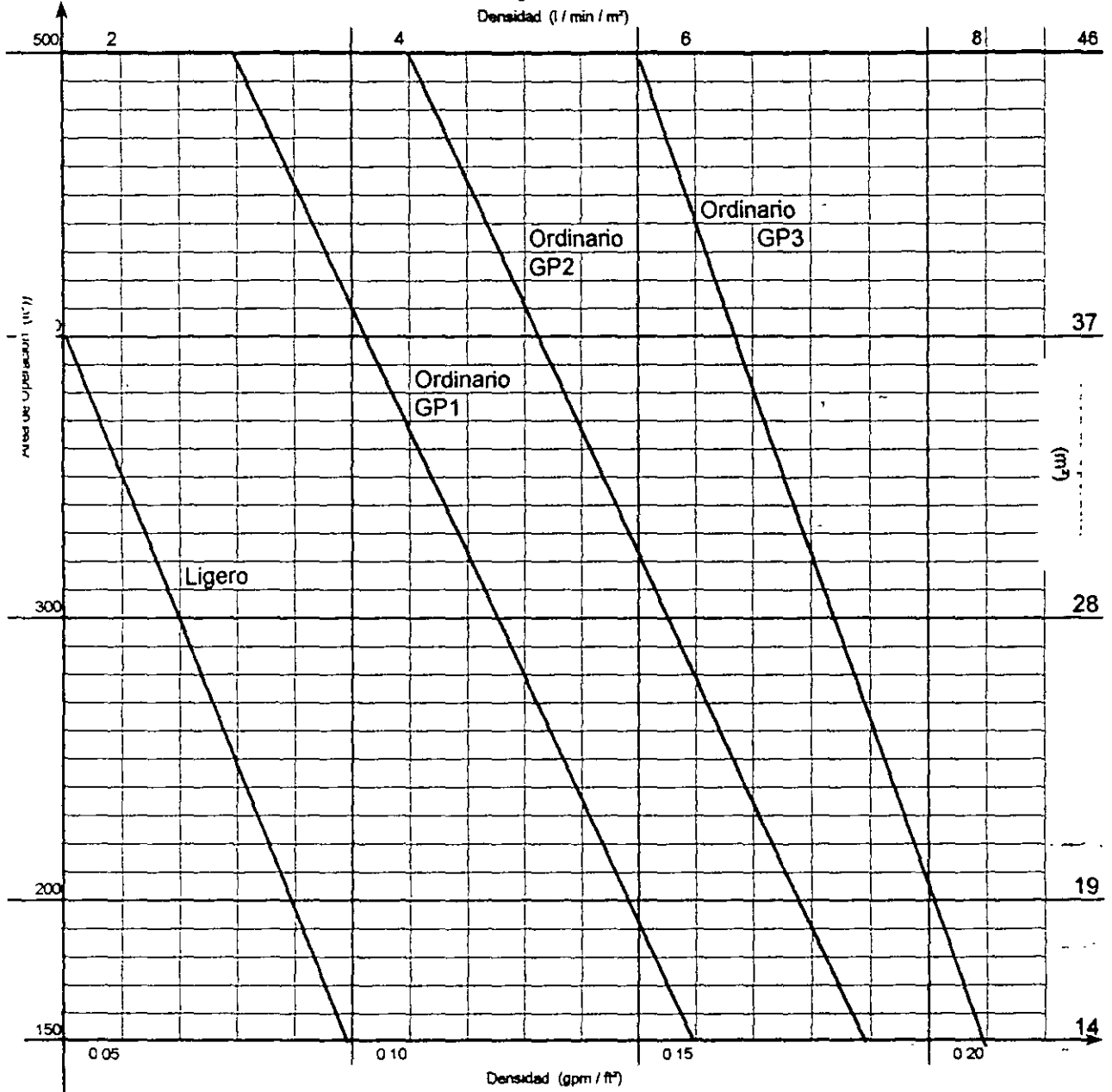
Para cada hidrante debe existir un tramo de manguera de longitud apropiada al tamaño del hidrante y estar permanentemente acoplado a ésta.

Los hidrantes deben estar colocados de tal forma que al presentarse un incendio, éste pueda combatirse desde el hidrante mas próximo. El chiflón debe llegar a una distancia de 5.5 m (18 ft) del incendio cuando los chiflones sean de chorro directo y a una distancia de 2.8 m (9 ft) del incendio cuando los chiflones sean del tipo niebla.

**BASES PARA DISEÑO EN SISTEMAS DE ROCIADORES**

**RIESGO LIGERO Y ORDINARIO**

Fig. BH 5.4



**SUMINISTRO DE AGUA CON MANGUERAS.**

RIESGO	Interiores		Combinadas		Duración min		
	l / min	(gpm)	l / min	(gpm)			
Ligero	189.25	378.5	50	100	379	100	30
Ordinario GP 1	189.25	378.5	50	100	946	250	60 a 90
Ordinario GP 2	189.25	378.5	50	100	946	250	60 a 90
Ordinario GP. 3	189.25	378.5	50	100	1,893	500	60 a 120

Notas: La tabla y gráfica se han simplificado.  
Se apoyó en la información del Ing. J.F. Lugo J.

### 5.5.2 Mantenimiento.

- Los hidrantes deben revisarse semanalmente, incluyendo en ésta que las válvulas no tengan fuga, que las mangueras estén debidamente almacenadas en su gabinete y que los accesorios estén en buen estado.
- Las válvulas de seccionamiento deben mantenerse permanentemente abiertas; las válvulas que tengan poste indicador, éste deberá indicar "abierta".
- Revisense periódicamente las mangueras para asegurarse que están en buenas condiciones de operación y deben probarse al menos una vez al año a la presión recomendada por el fabricante. Límpiense las mangueras después de probarse o usarse; si la manguera está muy sucia, ésta deberá lavarse, secándolas antes de ponerlas en servicio.

### 5.6 SISTEMAS DE ROCIADORES.

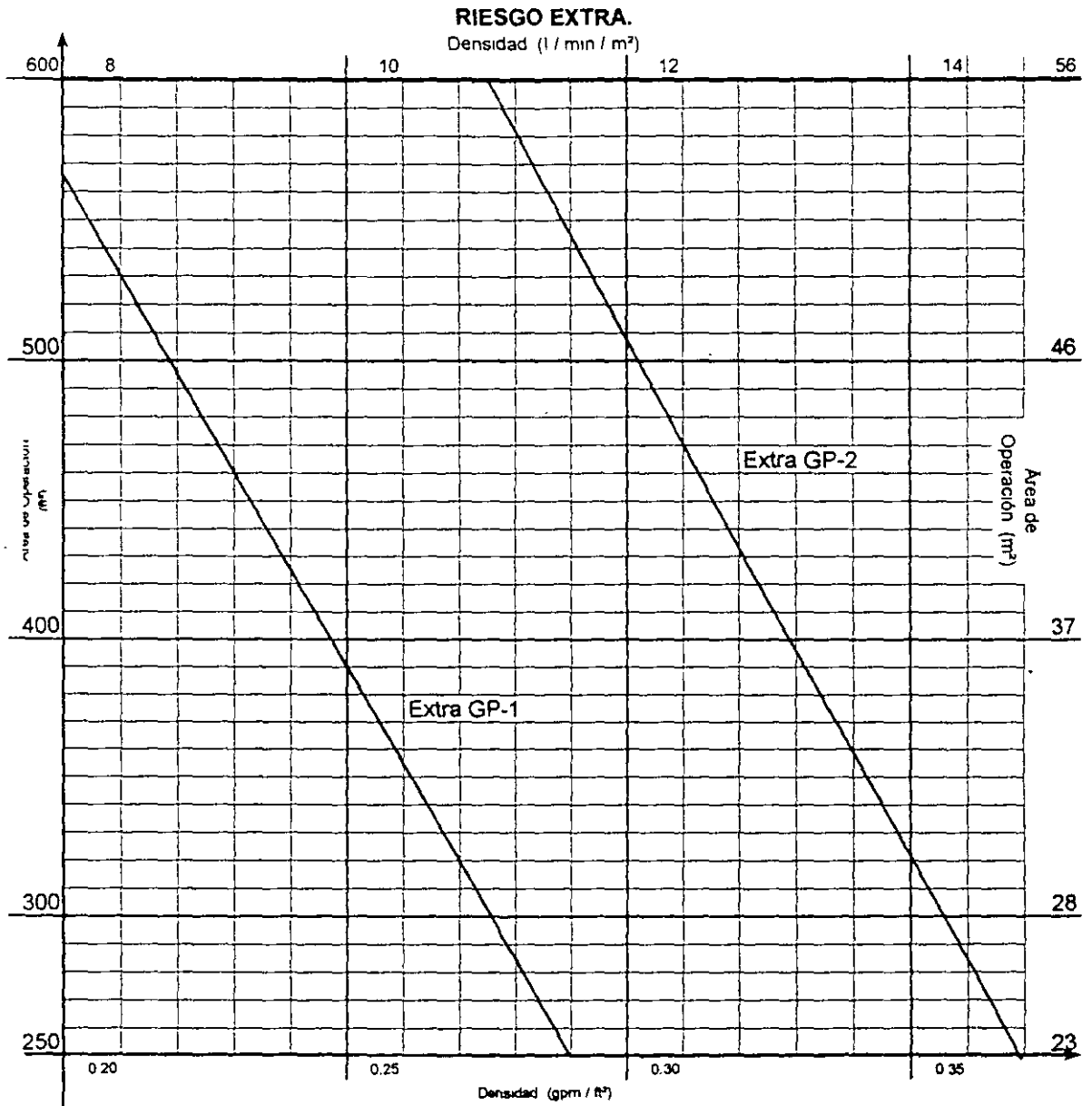
Los sistemas de rociadores han demostrado ser eficaces en la protección contra incendio desde su origen.

Una descripción de los riesgos en sistemas de rociadores se enuncia a continuación:

- **Riesgo ligero:**  
Se incluyen solamente aquellas propiedades donde el monto y combustibilidad de los contenidos es baja y no presenta obstrucción en la distribución de los rociadores.
- **Riesgo ordinario grupo 1.**  
Incluye solo aquellos sitios donde la combustibilidad es baja, son líquidos u otros materiales de combustión rápida y sin apilamientos que excedan los 2.4 m (8 ft) de altura.
- **Riesgo ordinario grupo 2.**  
Incluye las propiedades donde la combustibilidad de los contenidos y altura de techos sean menos favorables que los del grupo 1, conteniendo pequeñas cantidades de líquidos inflamables y que no exista obstrucción en la distribución de los rociadores.
- **Riesgo ordinario grupo 3.**  
Se incluyen aquellas áreas donde las características de los contenidos, altura de techos y obstrucciones son elementos desfavorables.
- **Riesgo extra.**  
Solo incluye aquellas construcciones o parte de ella donde el riesgo de los ocupantes es severo.

BASES PARA DISEÑO EN SISTEMAS DE ROCIADORES

Fig BH 55



**SUMINISTRO DE AGUA CON MANGUERAS.**

RIESGO	Interiores		Combinadas		Duración min
	l / min	(gpm)	l / min	(gpm)	
Extra GP 1	189	379	50	100	90 a 120
Extra GP 2	189	379	50	100	3,785 1000 120

Notas: La tabla y gráfica se han simplificado.  
Se apoyó en la información del Ing. J.F.Lugo J.



### 5.6.1 Tipos de sistemas de rociadores.

– **Sistema húmedo.**

En este sistema la tubería está llena de agua en todo momento cuando el calor del fuego funde el fusible y el rociador, éste se abre descargando inmediatamente el agua contenida en la tubería y accionando la alarma.

– **Sistema seco.**

El sistema seco está diseñado para proveer protección en construcciones o áreas sujetas a temperaturas de congelamiento. Debe instalarse solo cuando no es recomendable el sistema húmedo.

– **Sistema de diluvio.**

Este fue el primero en ser operado por un sistema de detección termoneumático con rociadores abiertos. Debe instalarse solamente donde los valores protegidos y la interrupción de la negociación no sean muy altos.

– **Sistema de preacción.**

Este sistema es parecido al de diluvio, está operado por un sistema de detección termoneumático de rangos de incrementos de temperatura. En este sistema solo se utilizan rociadores cerrados, en donde la tubería puede o no estar bajo presión. El agua entra a la tubería del sistema aguardando hasta que el sello de los rociadores se hayan fundido.

### 5.6.2 Bases de diseño e instalación.

Los fundamentos básicos para proveer una adecuada protección son los siguientes:

- Los rociadores deben instalarse en todas las partes del predio, incluyendo sótanos, desvanes y todas las localidades.
- Definir una área de protección máxima por rociador.
- Mínima interferencia a la descarga ocasionada por vigas, trabes, miembros estructurales, lámparas, tubos, ductos de aire acondicionado, etc.
- Correcta colocación respecto a los techos, vigas y plafones para disponer de una sensibilidad confiable (tabla BH 5.3).

El diseño hidráulico de los sistemas de rociadores consiste en seleccionar los diámetros de tuberías en base a pérdidas de presión prefijadas para proveer una densidad de flujo de agua en l/s m<sup>2</sup> (gpm/ft<sup>2</sup>).

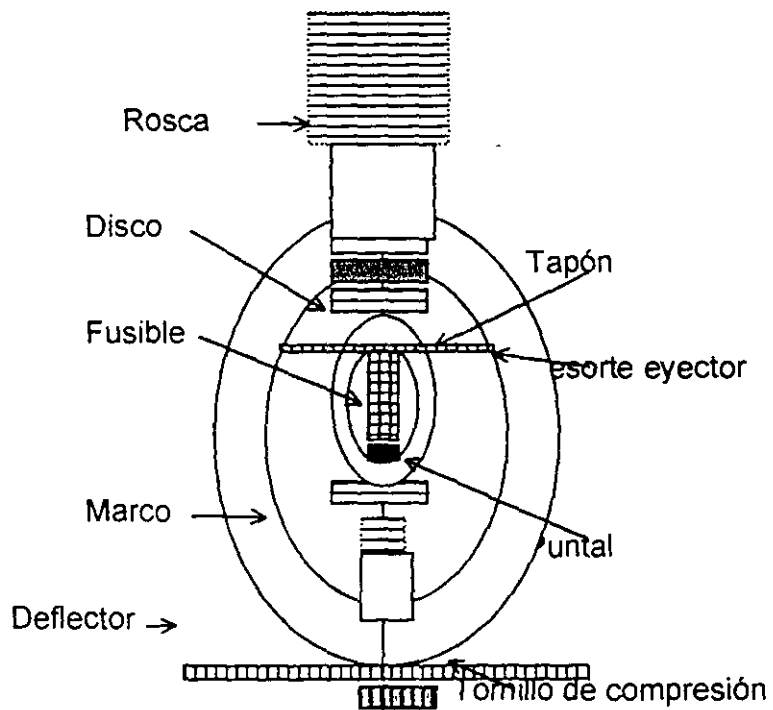
Esto permite la selección del diámetro de tubería de acuerdo a las características de la fuente de agua disponible.

**ROCIADORES.**

Tabla BH 5.4

**CAPACIDAD DE DESCARGA.**

Diámetro Nominal del Orificio		Factor "K"		Descarga Nominal (%)	Identificación	
mm	(in)				mm	(in)
6	1/4	1.3	1.5	25	13	1/2 macho
8	5/16	1.8	2.0	33	13	1/2 macho
10	3/8	2.6	2.9	50	13	1/2 macho
11	7/16	4.0	4.4	75	13	1/2 macho
13	1/2	5.3	5.8	100	13	1/2 macho
8	5/16	7.8	8.4	140	13	1/2 macho
8	5/16	7.8	8.4	140	13	1/2 macho



**ROCIADOR (sprinkler)**

Fig. BH 5.

Antes de realizar cualquier cálculo hidráulico, se deberá:

- Clasificar el tipo de riesgo a proteger,
- Tipo de edificio, ya sea éste combustible o no,
- Tipo de techo,
- Altura de almacenamiento y
- Tipo de almacenamiento.

Acto seguido se procederá a determinar la densidad y área de operación del sistema de rociadores, así como el área de cobertura por rociador.

En base a la densidad y área de cobertura por rociador se determina el gasto por rociador, en función del cual se determinará el orificio de rociador a utilizar, así como la presión requerida para poder suministrar dicho gasto.

Contando con el área remota de aplicación y el área de cobertura por rociador, se determina la cantidad de rociadores que deberán de operar para obtener la densidad requerida del riesgo y el volumen total de agua requerido en el sistema (fig. BH5.4 y BH5.5).

Para efectos del cálculo hidráulico se parte del rociador más remoto al alimentador principal. Con la presión requerida y el gasto para poder brindar la densidad determinada, se va efectuando los cálculos de pérdidas por elevación del agua que corre a través de las tuberías, sumándose en cada punto requerido los gastos de los rociadores que se encuentran dentro del área de aplicación hasta llegar al término de ella.

Saliendo del área remota, se calcularán las pérdidas por fricción, así como las pérdidas por elevación, pérdidas por cambio de dirección y pérdidas por flujo de agua a través de las válvulas hasta llegar a la base del alimentador principal y/o la fuente de suministro del sistema.

Los sistemas calculados hidráulicamente tienen como ventaja el que pueden disponer de toda el agua necesaria sin desperdicio de la misma y distribuir uniformemente a lo largo del sistema de rociadores.

Con el cálculo hidráulico se pueden optimizar los sistemas con su consecuente ahorro en los costos de los materiales y equipos. Dicha optimización se basa en que se pueden cerrar los circuitos de tubería formando anillos, anillos compuestos y emparrillados.

De esta manera el agua fluye a través de las diferentes ramificaciones lográndose así una mejor distribución del agua y una reducción en los diámetros de las tuberías, no siendo así el caso de los sistemas abiertos donde el agua fluye a lo largo de una sola tubería de mayor diámetro, la cual maneja grandes volúmenes de agua.

**ESPECIFICACIONES DE MATERIALES.**

Tabla BH 5.5

**TUBERÍA.**

MATERIALES.	NORMAS	
		NMX *
Tubería de hierro (con y sin costura)		
Tubería de acero, negra o galvanizada (con y sin costura)	ANSI / ASTM A -120	
Tubería de acero (con y sin costura)	ANSI / ASTM A - 53	B - 177
Tubería de cobre (fundida sin costura)	ASTM B - 75	
Tubería de cobre, para agua (sin costura)	ASTM B - 88	

\* Están en proceso de revisión y edición (1994).

Tabla BH 5.6

**CONEXIONES.**

MATERIALES.	NORMAS	
		NMX *
Tubos y conexiones bridadas (fierro fundido)	ANSI B -16.1	
Conexiones roscadas de fierro maleable 10.6 kg/cm <sup>2</sup> (150 psi), 21.2 kg/cm <sup>2</sup> (300 psi)	ANSI B -16.3	
Conexiones de acero al carbón (temperaturas moderadas y altas)	ASTM A -234	H -43
Conexiones de acero forjado (soldadas y roscadas)	ANSI B -16.11	
Conexiones soldables (cobre y bronce)	ANSI B -16.22	
Conexiones de bronce fundido (para estañado)	ANSI B -16.18	

\* Están en proceso de revisión y edición (1994).

### 5.6.3 Ejemplo

Determinar el volumen de agua en el sistema de rociadores automáticos en una planta procesadora de papel.

#### Datos:

. Tipo de riesgo	Planta procesadora de papel (riesgo ordinario grupo 3).
. Tipo de edificio	No combustible.
. Tipo de almacenaje	Maquinaria y papel.
. Altura de almacenaje	8 ft máximo.

Con el tipo de riesgo se encuentra la densidad y el área de aplicación en la fig. B5.4.

$$D = 0.20 \text{ gpm / ft}^2 \quad 2000 \text{ ft}^2$$

El área por rociador se encuentra con el tipo de riesgo en la tabla B5.3.3.

$$A_R = 130 \text{ ft}^2$$

Gasto por rociador:  $Q_R = D \times A_R = 0.20 \times 130 = 26 \text{ gpm}$ .

Orificio del rociador (tabla 5.4). Se utiliza el orificio estándar.

$$\text{diam. } 1/2" \quad K = 5.6$$

Presión requerida en el rociador:

$$Q = K p \quad (Q / K)^2 \quad p = (26 / 5.6)^2 \quad p = 21.6 \text{ psi}$$

Cantidad de rociadores en operación en el área de aplicación:

$$\# \text{ roc.} = A_A / A_R = 2000 / 130 = 15.38 = 16 \text{ rociadores.}$$

Gastos de agua necesaria en el sistema:

$$Q_T = \# \text{ roc.} \times Q_R = 16 \times 26 = 416 \text{ gpm}$$

Volumen de agua mínima en el sistema, se encuentra con el tipo de riesgo en la fig B5.4.

$$V_A = Q_T \times t = 416 \times 60 = 24\,960 \text{ galones}$$

**FUEGOS CLASE "C".**

Tabla BH 5.7

**DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD.  
ENTRE CHIFLONES \* Y EL EQUIPO ELÉCTRICO**

TENSIÓN A TIERRA V		Distancia	
		m	ft
	7,500	1.83	6
7,500	15,000	3.66	12
15,000	25,000	5.18	17
25,000	37,000	7.32	24
37,000	50,000	9.75	32
50,000	73,000	13.41	44
73,000	88,000	15.85	52
88,000	110,000	19.51	64
110,000	132,000	23.41	77
132,000	154,000	27.13	89
154,000	187,000	32.31	106
187,000	220,000	37.80	124

\* Tipo neblina o atomización

Tabla BH 5.8

**DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD.  
ENTRE CHIFLONES & Y EL EQUIPO ELÉCTRICO**

TENSIÓN V	Tamaño		
	6.4 mm	7.9 a 19 mm	20.6 a 32 mm
115	0.51	0.99	2.01
400	0.76	3.00	5.00
3,000	2.01	3.00	9.60
6,000	2.49	6.00	11.99
12,000	3.00	6.50	15.01
60,000	4.50	11.99	22.00
150,000	6.00	15.01	24.99

&amp; Otros tipos diferentes a neblina o atomización

#### 5.6.4 Materiales y equipo.

Las tuberías que se utilizan en sistemas de rociadores deben especificarse de acuerdo a la tabla 5.5, la cual está diseñada para resistir presiones mínimas de trabajo de 12.3 kg/cm<sup>2</sup> (175 psi).

Las conexiones al igual que las tuberías deben resistir presiones mínimas de trabajo de 12.3 kg/cm<sup>2</sup> (175 psi) y pueden ser de hierro maleable, acero al carbón, fierro fundido, hierro forjado, cobre y otros materiales que dependen del tipo de unión empleado, tales como, uniones roscadas, bridadas o soldables (tabla B5.6).

##### – Rociadores.

Hay dos clases de rociadores, cerrados y abiertos, la diferencia entre éstos estriba, en que los cerrados también llamados automáticos tienen un dispositivo actuador mediante un elemento fusible (fig. BH5.6).

Los rociadores se clasifican en función de su montaje en:

- Rociadores hacia arriba (Up right SSU)
- Rociadores hacia abajo (Pendent, SSP)
- Rociadores de pared (Sidewall).

##### – Equipo o dispositivos aprobados.

Son los componentes del equipo o sistemas de protección contra incendio debidamente probados para la función a desempeñar; éstos son enlistados periódicamente por la Underwriter Laboratories (UL) en los Estados Unidos de América. Los equipos o los elementos de los sistemas de protección contra incendio instalados en la República Mexicana deberán ser del tipo aprobado.

Al término de la instalación, ésta deberá probarse hidrostáticamente a no menos de 14 kg/cm<sup>2</sup> (200 psi) de la presión en un período de 2 horas.

#### 5.6.5 Mantenimiento.

Se recomienda inspeccionar los sistemas de rociadores cada semana e informar del estado en que se encuentran; estos informes se deben archivar para su consulta.

Los proveedores de servicio de inspección al propietario, así como los fabricantes e instaladores de los sistemas de rociadores, deben asesorar y orientar a su cliente sobre el mantenimiento de los mismos.

- La inspección periódica mediante contratistas debe incluir un mínimo de 4 inspecciones por año a intervalos regulares.
- Evítense hacinamientos de material o divisiones que obstruyan la libre distribución del agua a los rociadores.

Tabla BH 5.9

## SISTEMAS DE DETECCIÓN Y ACTUACIÓN.

### – Sistema de detección termoneumática.

Los dispositivos de detección termoneumática llamados dispositivos actuadores por calor, responden a un incremento anormal en la temperatura causada por un incendio; no obstante, este sistema puede operar en condiciones extremas de temperatura del medio ambiente.

El dispositivo actuador de calor es una pequeña cámara de latón o de acero inoxidable, sin partes móviles. Cuando el aire dentro de la cámara es calentado, éste se expande incrementando la presión; pero las presiones desarrolladas en el dispositivo por incremento normal de temperatura son nulificados por las ventilas de compensación antes de que operen el mecanismo de disparo.

En caso de un incremento anormal de temperatura causada por un incendio, las ventilas son incapaces de compensar el rápido aumento de presión, permitiendo el paso de la presión al mecanismo de disparo.

### – Sistemas de detección termoeléctricas.

Los dispositivos de detección termoeléctrica, son detectores de temperatura fija. Otros tipos de detección, como son:

- Ionización.
- Rayos ultravioleta.
- Rayos infrarrojos.

Al detectar un fuego estos dispositivos mandan una señal eléctrica al mecanismo de disparo.

### – Sistema de detección termomecánica.

Estos dispositivos, son detectores de temperatura fija llamados fusibles. Este fusible se encuentra atado mediante un cable, el cual al fundirse el fusible opera el mecanismo de disparo.



- Al quitar o poner rociadores, úsese siempre la llave especial para los mismos; con otras llaves, se corre el peligro de dañarlos. Debe contarse con un número determinado de rociadores de repuesto.
- Manténgase la tubería en buen estado y resguardada de daño mecánico. En atmósferas corrosivas se deben proteger adecuadamente las tuberías y usar rociadores especiales.
- En las pruebas de flujo de agua se deben tomar las medidas necesarias para evitar el daño a equipo y/o material protegidos por el sistema.
- Es de vital importancia mantener la presión correcta, por lo cual se debe revisar semanalmente los manómetros para ver las presiones hidráulicas o neumáticas, según sea el sistema. En los sistemas de tubería seca, pruébese la presión del aire por lo menos cada mes.

Dese atención inmediata a cualquier cambio de temperatura superior a 32.3°C (90°F) o inferiores a 0°C (32°F) en sistemas de rociadores de tubería húmeda, a fin de evitar la operación prematura del rociador o congelamiento del agua contenida en la tubería del sistema.

- Las válvulas de control deben mantenerse siempre abiertas.  
En caso de incendio no se deberán cerrar por ningún motivo, hasta que el fuego sea completamente extinguido o dominado por el sistema o por otros medios. Cuando por extrema necesidad haya que interrumpir el servicio del sistema, dicha interrupción deberá ser lo mas breve posible.
- Pruébese periódicamente las alarmas operadas por flujo de agua, abriendo para ello la válvula de la tubería de inspección.
- Opérese las válvulas de los sistemas de rociadores de tubería seca por lo menos una vez al año.
- Se debe drenar el sistema de tubería seca completamente para evitar que el agua se congele.
- Pruébese el sistema de rociadores a la intemperie una vez al año en tiempo de calor. Antes de empezar con las pruebas de funcionamiento, véase que no haya equipo que pueda ser dañado por el agua. Además véase que estén cerradas todas las puertas y ventanas por las que pudiera entrar el agua.

## **5.7 SISTEMAS DE DETECCIÓN, ACTUACIÓN Y DE ALARMA.**

En algunos sistemas de rociadores y en sistemas especiales, los dispositivos de detección, actuación y de alarma son accionados según las necesidades de los riesgos en particular, mediante:

- Calor
- Flama.
- Humo
- Vapores combustibles.

### **5.7.1 Sistemas de detección y actuación.**

Los sistemas de actuación o de disparo son usados para controlar el flujo del agente extintor y para operar el equipo relacionado con ellos. En general existen tres tipos de sistemas de detección y actuación automática, los que se describen en la tabla BH 5.9.

### **5.7.2 Sistema de alarma.**

En algunos edificios o plantas grandes se requiere detectar el incendio para dar una alarma, indicando al personal que se encuentra en esa área la despeje y dé aviso a las personas encargadas de manejar los equipos de protección contra incendio.

Los sistemas de alarma deben ser capaces de dar una señal audible en el área y una señal visual en un tablero de control.

### **5.7.3 Mantenimiento.**

- Los sistemas de detección termomecánica se deben probar por lo menos una vez cada seis meses.
- Pruébense semanalmente los aparatos eléctricos de detección, actuación y de alarma con el interruptor de prueba.
- En los sistemas de detección termomecánica se debe revisar semanalmente que los fusibles y los cables se encuentran en adecuada posición y en buen estado.

## **5.8 SISTEMAS ESPECIALES.**

Los sistemas de protección especial son usados para extinguir o controlar incendios de fácil propagación, sobre todo, cuando están presentes líquidos inflamables, sustancias químicas y algunos gases; también se usan estos sistemas para proteger materiales y equipo que pueda dañarse con la aplicación de otros sistemas.

Los diferentes sistemas presentan ventajas y desventajas, existiendo dos factores principales que afectan la selección de un tipo en particular, uno de ellos es la capacidad de suministro de la protección deseada, ya sea para el control o la extinción del incendio y el otro factor es el daño probable que puede causar el agente extintor.

Los sistemas de protección especial tienen gran aceptación en la industria debido a que son utilizados para combatir incendios donde existan equipos muy delicados a los que el agua perjudicaría, donde sea difícil remover cierto tipo de residuos y donde sea muy importante la continuidad del proceso de fabricación.

Los elementos que componen éstos sistemas son: Sistema de detección y tubería de descarga.

### **5.8.1 Sistema de niebla**

El término niebla se refiere al uso de agua en forma pulverizada, teniendo un arreglo predeterminado, tamaño de la partícula, velocidad y densidad de descarga en las toberas o dispositivos de salida diseñados específicamente para el riesgo a proteger.

El agua pulverizada extingue el fuego mediante:

- Enfriamiento.
- Sofocación.

La acción de enfriamiento se realiza esencialmente por el cambio de fase del agua de líquido a vapor.

La acción de sofocación se realiza cuando el agua pulverizada se convierte en vapor a causa del calor expedido por el fuego, expandiendo su volumen 1750 veces aproximadamente; el vapor generado rodea entonces el área afectada, desalojando el oxígeno que se encuentra en el aire, lo cual ayuda a extinguir el fuego.

Los sistemas de niebla son comúnmente utilizados para proteger transformadores enfriados con aceite, en tanque exteriores de almacenamiento de líquidos inflamables y equipos de proceso. En transformadores enfriados con aceite y en transformadores adyacentes expuestos al fuego los sistemas de niebla usando toberas de varias formas son los más adecuados para su protección.

### **5.8.2 Sistema de espuma**

La espuma es un agregado de diminutas burbujas llenas de bióxido de carbono o de aire, las cuales son más ligeras que el aceite y se usan para formar un manto flotante sobre las superficies de los líquidos inflamables, para sofocar el fuego por la ausencia de aire y para detener más adelante la formación la reignición de vapores combustibles.

La extinción de fuegos en líquidos inflamables es posible solamente donde la superficie puede ser cubierta completamente por un manto de espuma con determinado espesor; tal es el caso de los tanques de inmersión de pintura, tanques atmosféricos verticales, tanques de aceite para templado, escurridoras de aceite, hangares, etc.

### **Tipos de espuma.**

Existen dos tipos de espuma de acuerdo a la manera en que son generados en el sistema:

- La espuma química es producida por la reacción química del sulfato de aluminio y bicarbonato de sodio junto con agua y agentes espumantes. El resultado son burbujas conteniendo en su interior bióxido de carbono.

Las limitaciones de los sistemas de espuma química son las operaciones manuales necesarias para accionar grandes sistemas.

- La espuma mecánica es producida, mezclando un concentrado de espuma, agua y aire mecánicamente; el resultado son burbujas conteniendo en su interior aire. El concentrado de espuma se encuentra en una proporción de 3% a 6% para mezclarse con agua.

En estos sistemas, la espuma es producida muy cerca del punto de aplicación, donde el aire es introducido al sistema. Esta parte del sistema es el formador de espuma, por lo que no existen problemas en el flujo del fluido debido a la expansión de la espuma en la tubería.

Este aspecto junto con la adaptabilidad para operar automáticamente y los rangos de capacidad de almacenamiento hacen que los sistemas de espuma mecánica se apliquen a numerosas industrias.

### **5.8.3 Sistema de bióxido de carbono.**

Los sistemas de bióxido de carbono extinguen el fuego por reducción de la concentración de oxígeno en el medio ambiente, hasta el punto donde no se pueda realizar la combustión, reduciendo la concentración de oxígeno por abajo de lo normal (21% de aire en la atmósfera), hasta un 15%, sin embargo en ocasiones deberá reducirse hasta un 6% o menos para ciertos materiales. Los efectos de enfriamiento del bióxido de carbono son insignificantes.

Los sistemas de bióxido de carbono son particularmente usados para extinguir incendios en:

- Almacenamiento de líquidos o gases altamente inflamables.
- Equipos eléctricos como transformadores, interruptores en aceite, circuitos de alta tensión, generadores eléctricos, etc.
- Almacenamiento de objetos de arte, archivos especiales de difícil substitución, otros cuyo valor monetario o estimativo requiera darles una protección limpia y eficaz.

## Tipo de sistemas de bióxido de carbono.

Existe una clasificación primaria, de acuerdo a la forma del almacenamiento del bióxido de carbono, ésta se realiza conforme a la presión del almacenamiento y puede ser de dos tipos:

- Sistemas de bióxido de carbono de alta presión.  
Se utilizan unos cilindros de almacenamiento en donde el bióxido de carbono está almacenado a la temperatura ambiente de 21.1°C (70°F) y a una presión aproximada de 59.9 kg/cm<sup>2</sup> (850 psi)
- Sistemas de bióxido de carbono de baja presión.  
Se utiliza un tanque de almacenamiento con aislamiento y un sistema de refrigeración para mantener una temperatura de -17.8°C (0°F) con una presión de aproximadamente 21.1 kg/cm<sup>2</sup> (300 psi)
- Otra clasificación para los sistemas de bióxido de carbono puede ser por la forma de descarga al riesgo:
  - Inundación total. Estos sistemas descargan el bióxido de carbono dentro de espacios cerrados a través de las toberas fijas conectadas por tuberías a un alimentador.
  - Aplicación local. Estos sistemas son recomendados solamente para riesgos que contengan materiales muy inflamables, en donde una concentración de bióxido de carbono pueda desarrollarse alrededor del riesgo entero, sin la ayuda de paredes de retención.

### 5.8.4 Sistemas de halón.

Los sistemas de halón son usados en diferentes tipos de fuegos proporcionando buenos resultados en los superficiales y clase "C", tales como en líquidos inflamables y en la mayoría de sólidos combustibles.

El nombre de halón se debe a que es un gas que proviene del grupo de los halógenos (F1, C1, Br, I); por lo tanto existen varios tipos de compuestos halógenos, utilizándose generalmente el halón 1301.

El mecanismo mediante el cual el fuego se extingue, no es perfectamente conocido; a menudo, aparece como una "Inhibición" físico química de la reacción de combustión, también puede argumentarse que es un agente de "rompimiento en cadena" del proceso de combustión.

El personal no intentará permanecer en el área de descarga cuando las concentraciones sean mayores al 7% y se recomienda no permanecer por mas de cuatro o cinco minutos aunque la concentración sea inferior al 7%; solamente se usarán concentraciones mayores al 15% donde no haya probabilidad de exposiciones humanas.

Los sistemas de halón son particularmente usados para extinguir incendios en:

- Gases y líquidos inflamables.
- Riesgos eléctricos como en transformadores, interruptores en aceite, circuitos de interruptores automáticos y equipo rodante
- Máquinas que utilizan gasolina y otro combustible inflamable.
- Combustibles ordinarios como: papel, madera y fibras textiles.
- Computadoras electrónicas, equipo procesador de datos y cuartos de control.

NOTA:

SE DEBE ERRADICAR ESTE MATERIAL.

### **5.8.5 Sistemas de polvo químico.**

Los sistemas de polvo químico seco se aplican para combatir fuegos de clase "A", "B" y "C".

El polvo químico seco está compuesto por partículas diminutas generalmente de bicarbonato de sodio, cloruro de potasio, o fosfato de amonio; añadiéndoseles partículas suplementarias mediante tratamientos especiales para prevenir la formación de grumos y de esta manera garantizar el flujo. Comúnmente se usa fosfato de amonio porque combate eficazmente el fuego producido por: madera, papel y líquidos inflamables.

- El polvo químico seco extingue el fuego mediante la combinación de varias acciones:
  - Efecto físico de cubierta.
  - Dilución del oxígeno en el aire por el bióxido de carbono producido por la reacción química.
  - Enfriamiento al evaporarse el agua y al absorber calor las partículas de polvo químico.

### **5.8.6 Mantenimiento.**

**Programa general:**

- Inspecciones semanales para revisar que las toberas o salidas de descarga estén limpias y en posición adecuada, que todos los controles de operación estén apropiadamente ajustados y que todos los componentes no hayan sufrido daño alguno.
- Inspecciones y pruebas anuales de todos los dispositivos de operación; los dispositivos operados por presión deberán ser probados preferentemente por una descarga parcial, donde esto sea posible.
- Entrenamiento periódico del personal de la planta, o sea, el que puede ser llamado para revisar, probar, mantener, operar o restaurar el sistema.

Aparte del programa antes mencionado, se incluirán los puntos siguientes para los diferentes tipos de sistemas.

– **Sistema de niebla:**

Examine anualmente las toberas y los tapones para observar si existe corrosión en el sistema.

- Hágase una prueba de flujo de agua en el sistema, si ésto no es posible hágase una prueba de operación, al menos de la válvula de control automática.
- Si el sistema fue operado en la última prueba anual, remueva algunas toberas y obsérvese si no tienen obstrucciones; la presencia de cualquier objeto extraño durante la observación ameritará una limpieza en todo el sistema.
- Después de cada operación o prueba de flujo los filtros deben ser limpiados, la inspección y limpieza, deben hacerse a intervalos de no más de seis meses.

– **Sistema de espuma.**

- Una inspección semanal debe hacerse a los envases de almacenamiento de sustancias químicas, polvos, concentrados de espuma mecánica, etc.
- Toda la tubería y accesorios deben revisarse a intervalos regulares para determinar sus condiciones. La frecuencia de las revisiones dependerá de las condiciones atmosféricas locales.
- Las válvulas de control automático deben probarse sin descarga por lo menos una vez al año.
- Después de cada operación, los dispositivos mezcladores y productores de espuma química deben ser limpiados y revisados.

– **Sistema de bióxido de carbono.**

Los sistemas de bióxido de carbono de baja presión deben de revisarse como sigue:

- Cada semana debe revisarse el medidor de nivel del líquido en el tanque, rellenando este último en caso necesario o sea, cuando la cantidad de bióxido de carbono sea menor que el mínimo requerido para el riesgo más grande existente.
- Mensualmente se revisarán los empaques de las válvulas, conexiones rosca-das y las válvulas sometidas a presión continua.
- Cada seis meses, el interruptor de presión para alarma del tanque y la operación de la corneta de alarma deberán probarse, reduciendo o incrementando la presión.
- Una vez al año los manómetros deberán revisarse minuciosamente.
- El equipo de refrigeración de los tanques debe ser mantenido de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- En los sistemas de bióxido de carbono de alta presión, los cilindros de almacenamiento de bióxido de carbono se deberán pesar cada seis meses; debiéndose rellenar o reemplazar cuando cualquiera de ellos muestre una pérdida en el contenido.

– **Sistema de halón.**

- Al menos una vez cada 6 meses se checará el peso y la presión de los envases de almacenamiento de halón.  
Si el envase presenta una pérdida de peso neto en mas del 5% o una pérdida de presión (a una determinada temperatura) mayor de 10% se procederá a recargar o reemplazar el envase.
- Los envases que no sean recargables y que carezcan de manómetros, se pesarán cada 6 meses, si la pérdida de peso es mayor del 5% el envase debe reemplazarse.

– **Sistema de polvo químico.**

- Por lo menos cada semana se deben revisar los envases del almacenamiento del polvo químico, con el fin de que el polvo no tenga grumos y pueda fluir libremente en las tuberías.
- El límite mínimo aceptable de gas expulsor varía con el diseño del equipo y está indicado en la placa del equipo de control.
- En sistemas presurizados debe revisarse al manómetro para determinar si la presión está en un rango permitido.

## 5.9 SALIDAS DE EMERGENCIA

Uno de los factores de mayor importancia en la prevención de pérdidas humanas durante un incendio es la colocación apropiada de salidas de emergencia, factor que en la actualidad es obligatorio en los reglamentos para la construcción de edificios y plantas industriales.

Generalmente para todo edificio o estructura se recomienda que cualquiera de sus secciones, tenga por lo menos dos clases de vías de salida separadas, ubicadas de tal forma que la posibilidad de bloqueo a ellas durante un incendio sea mínima.

Todas las puertas se abrirán en el mismo sentido del tráfico de salida, usándose en las escaleras y otras salidas, puertas que protejan el camino contra el humo y el fuego durante cualquier emergencia.

Concretamente, puede decirse que una vía de escape debe cumplir con las siguientes indicaciones.

- Preparar recorridos alternativos a usarse en caso de que una salida se encuentre bloqueada por humo o fuego.
- Instalar sistemas de alarma para avisar a los ocupantes en caso de incendio o de emergencia.
- Las salidas y pasillos a recorrer para llegar a los sistemas de alarma deben tener una iluminación adecuada.



- Cuando sea necesario se colocarán señales que indiquen la forma de alcanzar las salidas.
- Deberán controlarse los factores psicológicos que conducen al pánico.
- Será necesario mantener pasillos apropiados para alcanzar las salidas.

## **5.10 FORMACIÓN DE BRIGADAS**

En los centros de trabajo deben efectuarse prácticas de salidas de emergencia por lo menos cada 6 meses.

- Para prevenir o combatir incendios, en los centros de trabajo deben organizarse brigadas, cuerpos de bomberos o cuadrillas contra incendio en función del número de trabajadores.
- Las personas que intervengan en estos actos, deben estar física y mentalmente aptas.
- El encargado de seguridad designado, deberá seleccionar dicho personal, así como al jefe y oficiales de los grupos.
- Los miembros de las brigadas, deberán estar siempre preparados para atender cualquier aviso de alarma en caso de incendio.

## **5.11 METALES COMBUSTIBLES.**

Al igual que en todos los bif de la Empresa, deben revisarse sus características y función para la cual fue diseñada la válvula y cual es la aplicación a cubrir. Por ejemplo, una válvula de compuerta es para seccionamiento y su aplicación para operar parcialmente cerrada (control y / o regulación) originará deterioro acelerado de la válvula y cavitación.

En general el diseño adecuado de un sistema hidráulico debe minimizar el requerimiento de regulación mediante válvulas, por la cavitación y pérdidas que esta acción genera.

### **5.11.1 Instalación.**

A manera de ejemplo se presenta el procedimiento de instalación de una válvula de mariposa (tabla BH 4.1), por aplicar en el montaje inicial o en las reinstalaciones.

Los procedimientos particulares para cada tipo de válvula deben aplicarse conforme a los manuales de éstas y con la participación de personal capacitado.

Un montaje inadecuado representa una operación ineficiente y riesgosa, debiendo analizar sus efectos en su reinstalación.

## Tabla BH 5

**REACTIVIDAD DE LOS METALES.**

Los riesgos de incendios con metales son mayores debido a se queman a mayor temperatura y con mayor rapidez.

Cada vez es mas extensivo e uso de metales que por su menor peso y mayor dureza, como son el aluminio y el magnesio, titanio, litio y zirconio.

El apagar un incendio de metales con agua resulta altamente peligroso debido que al entrar en contacto generará vapores libres a alta presión. Estoa metales pueden reaccionar con el agua produciendo hidrógeno que los hace inflamables e incluso explosivos.

Los polvos de los metales resultan más peligrosos en forma inversa al tamaño de las partículas, es decir se convierten en más reactivos. A mayor relación entre la superficie y la mas del metal se incrementa la posibilidad de permanecer encendido después de la ignición.

La combustión sostenida se debe a la falta de capacidad de conducción del calor fuera de la superficie.

Las normas NFPA que tratan este tema son:

480	magnesio
481	titanio
484	metales combustibles
485	litio
651	aluminio

### **5.11.2 Operación.**

Frecuentemente por error de proyecto, se diseñan sistemas con regulación del gasto y/o presión mediante válvula, generando pérdidas (contra el principio del ahorro de energía) con el cierre parcial de las válvulas. Esta condición en general es inadecuada también por la casi inminente cavitación originada por el cierre parcial, que Mantenimiento deberá vigilar (se escuchan ruidos similares al manejo de agua con piedrecillas).

Los ajustes de gasto y presión por el cambio normal de las condiciones de operación por desgaste de los elementos del sistema hidráulico, que por error de proyecto, podrá ser corregido mediante la estrangulación de las válvulas, teniendo presentes las observaciones anteriores.

### **5.12 SIMULACROS.**

Se anexa copia de una propuesta de Simulacro a efectuar en una empresa. Debe tenerse presente que con las restricciones de contaminación ambiental, no es posible efectuar éstos con material contaminante, permitiendo el uso del alcohol (SOMMAC).



## Sociedad Mexicana de Mantenimiento, A.C.

San Francisco # 65 - 102 Del. Iztacalco, CP 08230, México, D.F.

Tel. 55 - 90 - 20 - 58 / 55 - 90 - 20 - 68 Fax 55 - 90 - 21 - 50

E-mail [sommac@prodigy.net.mx](mailto:sommac@prodigy.net.mx), [mantenimiento\\_20@yahoo.com](mailto:mantenimiento_20@yahoo.com), [mantenimiento\\_1@hotmail.com](mailto:mantenimiento_1@hotmail.com)

Web. [www.prodigyweb.net.mx/sommac/mantenimientomundial](http://www.prodigyweb.net.mx/sommac/mantenimientomundial)

México D.F. a 5 de junio del 2002.

Ing.

Gerente de Mantenimiento (seguridad)

Fábrica , S.A.

A continuación nos permitimos presentar a su consideración nuestra propuesta para impartir el curso de **Protección contra incendio** en su "planta", conforme a las siguientes características:

– **Objetivo:**

Las empresas están sujetas a un alto riesgo de incendio, el cual puede ser reducidos notablemente sus efectos a través del conocimiento del personal del fuego y su capacitación de la forma básica de actuar en su presencia, mediante el entendimiento de la forma de combatirlo.

En este curso se proporcionarán los fundamentos del fuego y su combate en forma teórica y práctica de fácil comprensión.

– **A quien va dirigido:**

A todo el personal de la empresa, con énfasis en particular a los Electricistas, mantenedores, supervisores e ingenieros y fundamental a los responsables de la seguridad.

Se consideran grupos de un máximo de 15 participantes al curso.

– **Expositores:**

En este curso participarán profesionales (bombero, ingenieros) con amplia experiencia en el desarrollo práctico de los temas que tratan y la continua actualización de sus conocimientos como miembros de SOMMAC.

– **Reconocimiento:**

SOMMAC entregará un certificado a los asistentes al curso.

– **Programa:**

- Fechas de sesiones del curso:

Se determinarán de común acuerdo, con 15 días de anticipación.

- Horario del curso:

7:00 a 13:00 h (4 horas)

J. Ávila Espinosa



## PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.

### Temario:

1. Teoría del fuego.
2. Causas de los incendios.
3. Forma de propagación del fuego.
4. Clasificación de tipos de fuego.
5. Métodos de extinción de incendios.
6. Equipos de protección contra incendio.
7. Extintores: alcances, aplicaciones, ventajas, agentes extinguidores.
8. Hidrantes..
9. **SIMULACRO.**

## Z2

## BIBLIOGRAFÍA.

<b>1.</b>	<b>AHORRO DE ENERGÍA</b>	Serie AE / SOMMAC	
1.1	<b>Ahorro de Energía en Motores Eléctricos</b> Pablo Vargas Prudente	1991 1ª edición	
1.2	<b>Ahorro de Energía en Sistemas Eléctricos</b> Libro Magenta Jesús A. Ávila Espinosa y colaboradores	1991, 2002 2ª edición	<b>ES</b> #
1.3	<b>Bases y datos para el uso racional de la Energía</b> Libro Añil Rubén Ávila Espinosa	1994, 2002 2ª edición	<b>EB</b> #
1.4	<b>Diagnósticos Energéticos</b> Libro Morado. Jesús A. Ávila Espinosa / Rubén Ávila Espinosa	1991, 1999 5ª edición	<b>ED</b>
1.5	<b>Elementos Básicos para un Diagnóstico Energético</b> Libro Morado / Blanco Jesús A. Ávila Espinosa / Daniel González Pineda	1992, 2002 3ª edición	<b>EF</b> #
1.6	<b>Evaluación de Medidas de Ahorro de Energía</b> Libro Violeta. Jesús A. Ávila Espinosa	1991, 2002 3ª edición	<b>EE</b> #
1.7	<b>Glosario de Términos relacionados con el uso de la Energía</b> Libro Magenta Beige Rubén Ávila Espinosa	1994, 2002 3ª edición	<b>EG</b> #
1.8	<b>Medición, Dispositivos y Accesorios para el Ahorro de Energía</b> Libro Morado / Amarillo Jesús A. Ávila Espinosa	2002 #	<b>EM</b> *
1.9	<b>Ahorro de Energía en Bombeo.</b> Libro Morado / Azul Jesús A. Ávila Espinosa	2002 #	<b>EH</b> *
1.10	<b>Ahorro de Energía en Alumbrado Público</b> Libro Morado / Verde Rubén Ávila Espinosa.	2002 #	<b>EA</b> *

## Notas:

El número de identificación (2) representa el año de actualización de la Bibliografía.

# Nueva edición programada.

\* En preparación.

Mantenente: SOMMAC espera tus comentarios respecto a la Bibliografía y desea tus aportaciones para mejorar los textos o publicar los tuyos.

2.	<b>MANTENIMIENTO</b>	Serie AE /	SOMMAC
2.1	<b>Administración del Mantenimiento</b>	1994 – 2000	<b>MA</b>
2.1.1	<b>Administración del Mantenimiento</b> Libro Blanco (Parte 1) Jesús A. Ávila Espinosa	2001 13ª edición	<b>MA</b>
2.1.2	<b>Gestión del Mantenimiento</b> Libro Blanco (Parte 2) Jesús A. Ávila Espinosa	2001 1ª edición	<b>MG</b>
2.2	<b>Alta Dirección. Mantenimiento</b> Libro Amarillo Jesús A. / Rubén Ávila Espinosa	1990 – 2002 6ª edición	<b>MD</b>
2.3	<b>Conceptos Básicos del Mantenimiento</b> Libro Gris Jesús A. Ávila Espinosa	1983 – 2001 15ª edición	<b>MB</b>
2.4	<b>Mantenimiento a Instalaciones Básicas</b> Libro Rojo Jesús A. Ávila Espinosa y colaboradores	1984 – 2001 11ª edición	<b>MI</b>
2.5	<b>Mantenimiento a Instalaciones Especiales</b> Libro Guinda Jesús A. Ávila Espinosa y colaboradores	1981 – 2000 15ª edición	<b>ME</b>
2.6	<b>Mantenimiento Rutinario</b> Libro Verde Jesús A. Ávila Espinosa y colaboradores	1983 – 2000 9ª edición	<b>MR</b>
2.7	<b>Diccionario de Mantenimiento</b> Libro Plata Jesús A. Ávila Espinosa	2002 1ª edición	<b>MZ</b>
2.8	<b>Glosario de Términos Técnicos para Mantenimiento</b> Libro Turquesa Rubén Ávila Espinosa	2000 1ª edición	<b>MG</b>
2.9	<b>Mantenimiento Total (MT) o Mantenimiento Productivo Total (TPM)</b> Libro Gris Rojo Jesús A. Ávila Espinosa	1996-2001 6ª edición	<b>MT</b>
2.10	<b>Mantenimiento Predictivo</b> Libro Lila Verónica Ávila Chavero	1999-2002 2ª edición	<b>MF</b>
2.11	<b>Mantenimiento Integral (Full service)</b> Libro Blanco Negro Jesús A. Ávila Espinosa	2001 1ª edición	<b>MX</b>
2.12	<b>Mantenimiento (1º Seminario Taller Universitario)</b> Libro Azul Oro Jesús A. Ávila Espinosa y conferenciantes	1996 1ª edición	<b>MU</b>



2.13	<b>Sistema de Mantenimiento</b> Libro Gris / Blanco Jesús A. Ávila Espinosa	2002 1ª edición	MS
2.14	<b>Mantenimiento a Bombas</b> Libro Gris / Azul Jesús A. Ávila Espinosa	2002 1ª edición	MH
3.	<b>INGENIERÍA.</b>	Serie AE /	SOMMAC
3.1	<b>Gestión de Proyectos</b> Libro Negro Jesús A. Ávila Espinosa	1996 – 2002 2ª edición	GP
3.2	<b>Programación y Control</b> Libro Café / Blanco Agotado	1991 1ª edición	GC
3.3	<b>Supervisión</b> Libro Café Jesús A. Ávila Espinosa	1991 – 2002 2ª edición	GS
3.3	<b>Nociones sobre micro ondasSupervisión</b> Libro Azul / Café Jesús A. Ávila Espinosa	1993 1ª y 2ª edición	
3.4	<b>Capacitación para pintura</b> Libro Naranja Rubén Ávila Espinosa / Daniel González Pineda	1990 – 2003 2ª edición	CP
4.	<b>INSTALACIONES.</b>	Serie AE /	SOMMAC
4.1	<b>Instalaciones Electromecánicas Básicas. Eléctricas.</b> Libro Azul / Rojo Jesús A. Ávila Espinosa	1982 – 2002 6ª edición	IE
4.2	<b>Instalaciones Electromecánicas. Hidráulicas.</b> Libro Azul / Verde Jesús A. Ávila Espinosa	1982 – 2002 6ª edición	IH
4.3	<b>Unidades Verificadoras de Instalaciones: Eléctricas (UVIE)</b> Libro Azul / Negro Jesús A. Ávila Espinosa, Julio Luna Castillo y colaboradores.	1993 – 2002 2ª edición	IU
4.4	<b>Instalaciones para Gas.</b> Libro Azul / Amarillo Jesús A. Ávila Espinosa y Jorge Rebolledo Centeno y colaboradores	1994 – 2002 2ª edición	IG
4.5	<b>Edificios Inteligentes.</b> Libro Azul / Rosa Jesús A. Ávila Espinosa / Rubén Ávila Espinosa	2002 3	II
4.6	<b>Instalaciones Electromecánicas en las Restauraciones</b> Libro Azul / Plata Rubén Ávila Espinosa	2002 #	IR

**12. NORMAS:**

Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica	CCONNIE
Comisión Federal de Electricidad	CFE
Luz y Fuerza	LF
Instituto Mexicano del Seguro Social	IMSS
Normas de Diseño y Construcción	
Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica	LSPEE
Ley de Adquisiciones y Obras Públicas	LOP
Norma Oficial Mexicana	NOM
Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica.	NOM-001 SE

1998

**13. INSTITUCIONES INTERNACIONALES.**

International Electrotechnical Commission	IEC
Institute of Electrical and Electronic Engineers	IEEE
Illuminating Engineering Society	IES
Instrument Society of America	ISA
National Electrical Code (1996)	NEC
National Electrical Manufacturers Association	NEMA
National Fire Protection Association	NFPA
Society of Automotive Engineers	SAE

**14. REGLAMENTOS:**

Reglamentos de Bomberos  
 Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal DDF  
 Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica

**15. SOCIEDADES MEXICANAS DE CONSULTA:**

Asociación de Ingenieros Universitarios Mecánicos Electricistas	AIUME
Asociación Mexicana de Empresas del Ramo de Instalaciones en la Construcción.	AMERIC
Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros Sección de Incendios.- Guía (Sección de Incendios)	AMIS
Cámara Nacional de Empresas de Consultoría	CNEC
Colegio de Ingenieros Mecánicos Electricistas	CIME
Instituto Mexicano de Desarrollo Tecnológico	IMDT
Sociedad Mexicana de Mantenimiento, A.C.	SOMMAC

Nota:

Debido a que actualmente se está reglamentando todo (existe una normativitis aguda) y se pretende crear fuentes de trabajo para inspectores, "uno contra otros y todos contra todos", es importante que Usted Manteneente esté continuamente actualizado e informado.