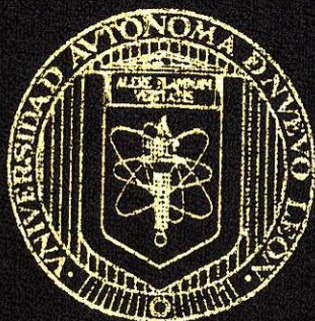


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



FUNDAMENTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO  
DE EQUIPOS ELECTRICOS EN LA INDUSTRIA

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTA

CORNELIO MONTOYA ALMANZA

ASESOR: ING. EUDOCIO RODRIGUEZ GARCIA

CD. UNIVERSITARIA

JUNIO DE 1999



T

TK441

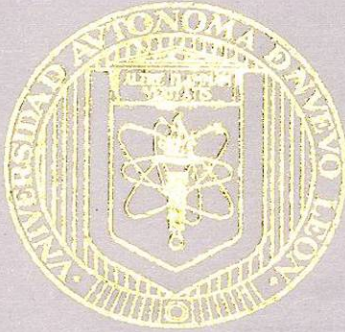
M61

c.1



1080088900

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA



FUNDAMENTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO  
DE EQUIPOS ELECTRICOS EN LA INDUSTRIA

TESINA

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO ELECTRICISTA

PRESENTA

CORNELIO MONTOYA ALMANZA

ASESOR: ING. EUDOCIO RODRIGUEZ GARCIA

CD. UNIVERSITARIA

JUNIO DE 1999



T  
TK441  
M61





## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios:** Por el regalo de la vida y la bendición de culminar mi carrera.

**A Don Tomás:** Por enseñarme a valorar el trabajo.  
**Mi padre**

**A Doña Ofelia:** Por el amor y paciencia que me tuvo a terminar esta  
**Mi madre** carrera.

**A Cristina:** Por su amor y comprensión.  
**Mi esposa**

**A mis hermanos:** A todos gracias por su apoyo.



## INDICE

Prólogo.....	A
Introducción.....	B
Capítulo 1.- Introducción a los equipos, mantenimiento y pruebas.....	1
Capítulo 2.- Pruebas de corriente directa para equipos eléctricos.....	18
Capítulo 3.-, Pruebas de corriente alterna para equipos eléctricos.....	40
Apéndice.....	48
Bibliografía.....	50



## **Prólogo**

El crecimiento en la demanda eléctrica en las ciudades, tanto en la población como en la industria tiene por consecuencia que las redes de distribución de las compañías generadoras y suministradoras se preocupen de una mayor calidad en sus suministros, ya que con esto se logra una productividad en constante aumento que resulta en un beneficio que impacta en el crecimiento de la compañía de nuestro país.

Como consecuencia de lo anterior los sistemas eléctricos para su buen funcionamiento dependen en gran parte de los mantenimientos preventivos y correctivos que garanticen un funcionamiento confiable y seguro de estos sistemas.

Las empresas actualmente se preocupan en forma sistemática de que sus departamentos de mantenimiento, ingeniería, producción, etc., estén actualizados y consistentes de la importancia de tener programas de mantenimientos rutinarios en todas estas áreas.

## **Introducción**

El desarrollo de esta tesina tiene la finalidad de brindar información a las personas relacionadas en el área de ingeniería eléctrica sobre los fundamentos de los mantenimientos y pruebas que deben hacerse a los equipos eléctricos para su buen funcionamiento.

Lleva también la intención de brindar al ingeniero que se inicie en este campo, una información y herramientas que le puedan ser de utilidad para enfrentar los problemas de mantenimiento en su quehacer profesional.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION AL MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS**

### **1.1 Introducción**

En los equipos eléctricos, su deterioro empieza desde el momento que empiezan a funcionar, para la cual se deben de prevenir los cambios de carga o alteración en los circuitos, la razón de un mantenimiento eléctrico preventivo y un programa de pruebas son de gran importancia para alargar la vida del equipo.

### **1.2 El porque del mantenimiento**

El mantenimiento y las pruebas que se le hacen a los equipos, reduce los paros de la empresa y los accidentes prolongando el tiempo de falla del equipo, dándonos como resultado un rendimiento del personal y de la empresa además de incrementos de productividad y en la habilidad de los empleados.

Con todo esto hay que hacer una planeación de un programa de (MEPP) "mantenimiento eléctrico preventivo y pruebas", teniendo puntos importantes como son la administración.

La planeación del programa MEPP debe incluir sus ventajas, costos, pérdidas de la producción por fallas del equipo, además de suministros de equipos de pruebas, herramientas, tiempos requeridos, personal y de tomarse en cuenta los factores o bases de mantenimiento, datos de equipos que quedan fuera de servicio, pérdidas de producción, análisis de costo, conveniencia del mantenimiento establecer las mejores técnicas de mantenimiento.

Todo lo anterior va en conjunto con lo que ya es en si la puesta en marcha del programa de mantenimiento, siendo lo esencial la responsabilidad que deben tener los departamentos, la inspección, es decir, la verificación de las condiciones de nuevos equipos instalados y hacer reparaciones, calendarios para su ejecución, ordenes de trabajo que son establecidas por inspección de rutina, y archivos de reportes deben ser formados para tener acceso cuando sea necesario.

Otro punto importante, además de lo administrativo son los requisitos técnicos que son los siguientes:

- Examinar el equipo de la planta
- Hacer un listado del equipo según su importancia
- Hacer un plan para llevar a cabo un mantenimiento con frecuencia



- Desarrollar procedimientos para el programa

La examinaron del equipo debe de tener datos acerca de la potencia del sistema, debería incluir diagramas unifilares, estudio de corto circuito, diagrama de alumbrado y demás diagramas importantes.

Diagramas de bloques son un grupo de bloques interconectados, los cuales representan un elemento del sistema como en la figura 1.1

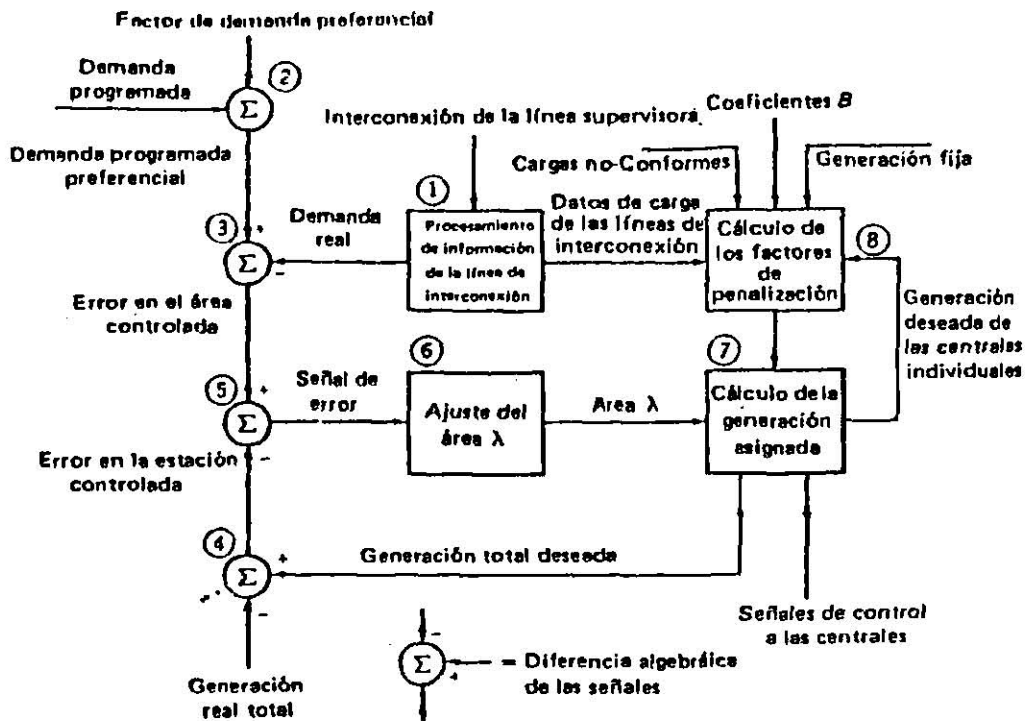


Fig. 1.1 Diagrama en bloques

Los diagramas unifilares nos muestran por medio de simples líneas y símbolos gráficos, el flujo de la potencia eléctrica o el curso de los circuitos eléctricos y como están interconectados, en la fig. 1.2 se muestra un diagrama unifilar.

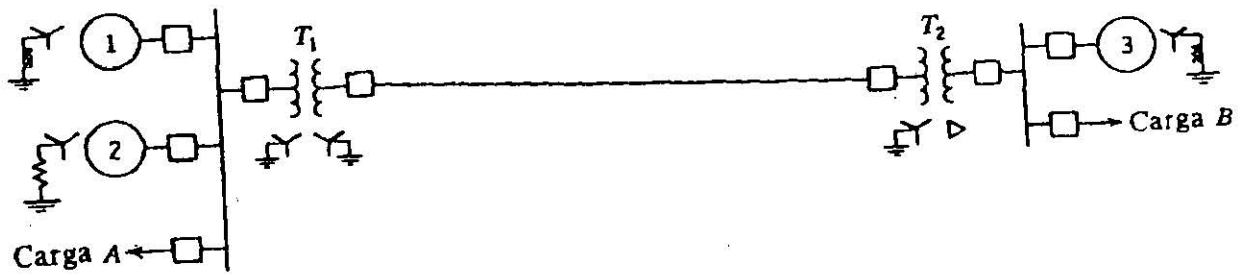
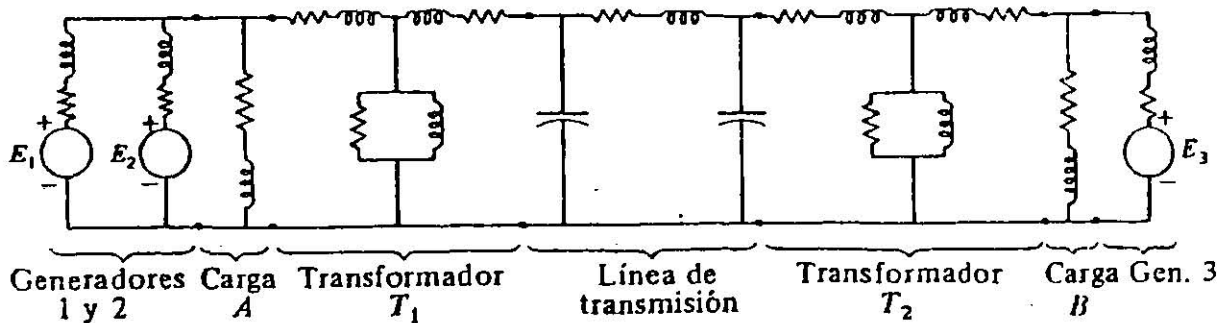


Fig. 1.2

Los diagramas de impedancia y reactancia se usan para estudiar el comportamiento de un sistema en condiciones de carga o al presentarse un corto circuito; aquí el unifilar se transforma a uno de impedancias y muestra el circuito equivalente de cada uno componente del sistema, referido al mismo lado de uno de los transformadores.



El diagrama de impedancias no incluye las impedancias limitadoras de corriente, que se ven en el unifilar entre los neutros de los generadores y tierra, porque en condiciones de equilibrio, no circulan corrientes por la tierra y neutros de los generadores están al mismo potencial que el neutro del sistema.

En un diagrama esquemático como el de la FIG. 1.3 (a), este nos indica todos los circuitos y dispositivos de los elementos de los equipos; además nos indica los dispositivos de los elementos y funciones y siempre muestra mediante líneas a todos los dispositivos de un modo desenergizado.

En un diagrama de cableado, FIG. 1.3 (b), es utilizado para localizar e identificar dispositivos eléctricos, terminales y cables interconectados y ensamblados. Este muestra cables interconectados por líneas y terminales.

En un diagrama de interconexión, FIG. 1.3(c), nos muestra las conexiones externas entre controles y equipos asociados o entre varias unidades de equipos ensamblados o asociados a un mismo interruptor.

### **1.3 Que debe incluir un programa (MEPP)**

El programa de mantenimiento eléctrico preventivo y pruebas para tener una operación eficiente y efectiva debe cumplir las siguientes actividades:

#### **MANTENIMIENTO ELECTRICO PREVENTIVO Y PRUEBAS**

Este abarca la inspección, ajustes, limpieza, prueba de equipos para asegurar una operación sin problemas para predecir o impedir fallas de piezas de algún equipo y que puedan ser reemplazados a tiempo.

#### **REPARACIONES CASERAS**

Las reparaciones a equipos y máquinas asociadas con la producción de una planta es un punto importante del mantenimiento. El objetivo del programa de mantenimiento deberá evitar tiempos de paro de los equipos o máquinas.

#### **ANALISIS DE FALLAS**

Estas deben ser analizadas para atender y valorar los tiempos de paro de los equipos o maquinaria porque aunque los equipos estén bien diseñados pueden fallar.

#### **TIPOS DE METODOS DE PRUEBAS**

En las pruebas a los equipos eléctricos hay que revisar el aislamiento de los sistemas, propiedades eléctricas y otros relacionados con la operación del sistema de potencia siendo los siguientes:

- Prueba de aislamiento
- Prueba de dispositivos de protección
- Pruebas de aislamiento en líquidos (aceites)
- Análisis de tiempos de disparo en interruptores
- Pruebas de resistencia de tierra
- Pruebas y análisis de gases
- Pruebas de inspección infrarrojo (rayos)



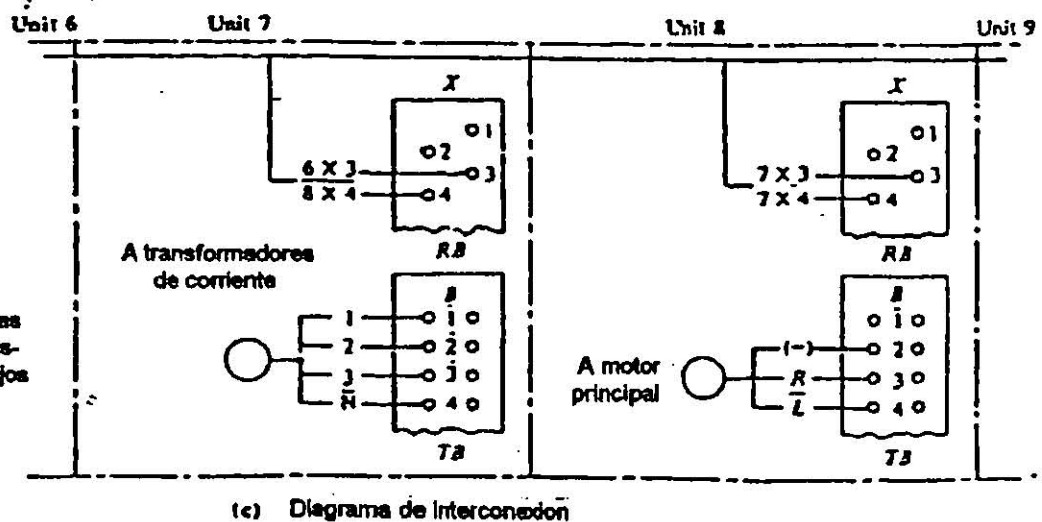
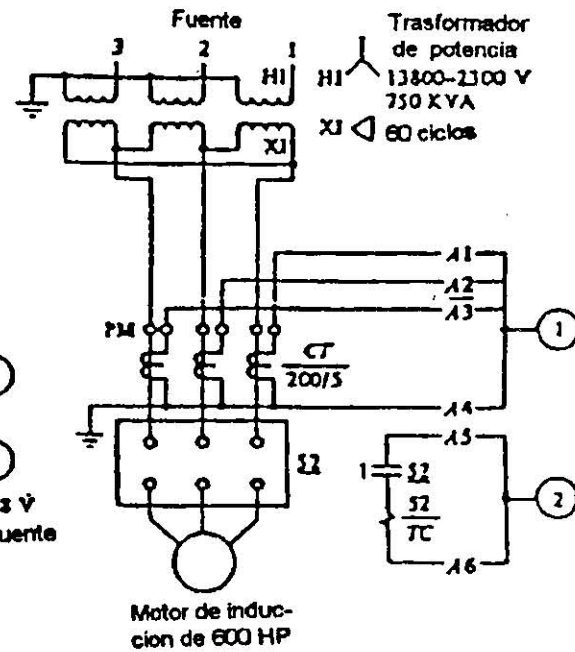
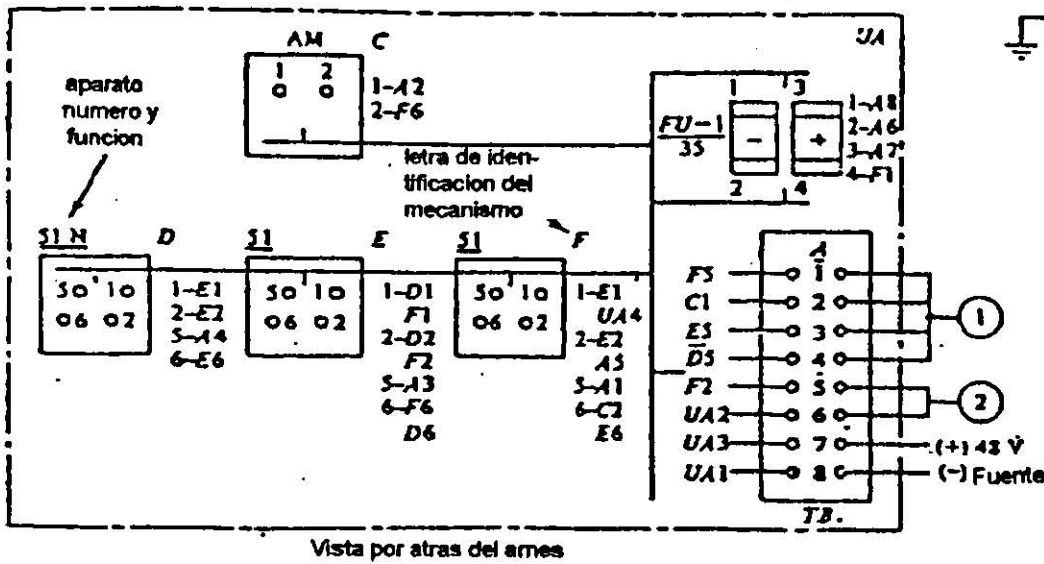
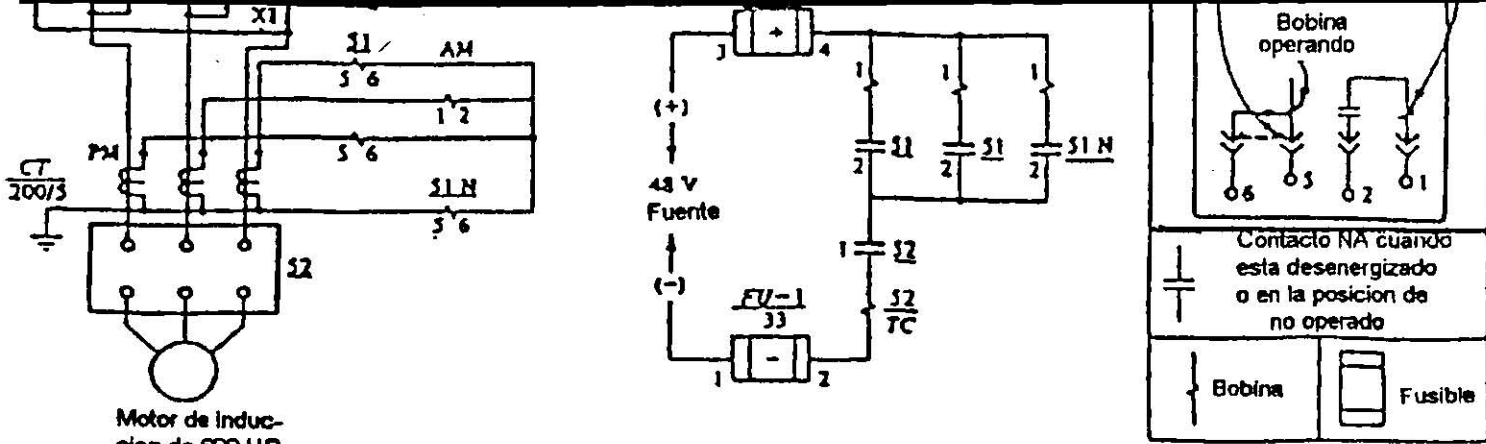


FIG. 1.3 PRUEBAS DE AISLAMIENTO DE ESTADO SOLIDO

El aislamiento puede ser de material dieléctrico (sólido, líquido o gas), y que prevenga flujo eléctrico entre puntos de diferente potencial. Esto es aplicar un alto potencial de voltaje y determinar mediante pruebas de la corriente de fuga que fluye bajo estas condiciones de prueba. Una corriente excesiva de fuga puede indicar las condiciones de deterioro y una falla. Estas pruebas se hacen con los voltajes siguientes, voltaje de C.D., y voltaje de C.A.

En las pruebas destructivas que son llevadas a cabo mediante la aplicación de bajos voltajes, el equipo sometido a pruebas raramente es dañado.

La prueba destructiva o de alto potencial de C.A. es una prueba en la cual el voltaje es incrementado hasta un nivel especificado. Si el equipo falla o muestra una corriente de fuga excesiva, el equipo bajo prueba queda inutilizable. Si el equipo no falla entonces ha superado la prueba.

Alguna de las ventajas y desventajas de las pruebas de alto potencial de C.D. son las siguientes:

#### **VENTAJAS**

- La prueba de C.D. es preferida en equipos cuya carga capacitiva es muy alta, tal como, los cables.
- El esfuerzo en una prueba de C.D. es menos dañino que en una prueba de C.A.
- El tiempo de aplicación de un voltaje en una prueba de C.D. no es tan crítico como el voltaje en una prueba de C.A.
- La prueba puede ser detenida antes que falle el equipo

#### **DESVENTAJAS**

- La distribución de esfuerzo para transformadores, motores y generadores es diferente para un voltaje de C.D. que para una de C.A.
- La carga residual después de una prueba C.D. es más dañina al ser descargada
- El tiempo requerido para hacer una prueba de alto potencial de C.D. es más larga que una de C.A.

### **Prueba de aislamiento de estado sólido en voltaje C.D.**

En estas se realizan las pruebas de la resistencia de aislamiento y la prueba de voltaje de alto potencial.

#### **Prueba de resistencia de aislamiento**

Esta prueba se hace aplicando voltajes de 100 a 5000 volts. Se utiliza el megohmetro con mecanismo manual, motorizado o electrónico, el cual indica la resistencia de aislamiento en megohms.

La calidad del aislamiento es evaluado tomando como base un nivel de resistencia de aislamiento, el cual puede variar, dependiendo de la temperatura, humedad y otros factores ambientales. Por lo tanto las lecturas de las pruebas deberán ser corregidas de acuerdo con un estándar de humedad y temperatura, ver tabla 1.1

El valor de la resistencia de aislamiento en megohmetro es inverso al volumen de aislamiento en está siendo probado. Como ejemplo, un cable de 167 mts. de longitud deberá tener 1/10 de la resistencia de aislamiento de un cable de 50 pies bajo condiciones idénticas. Esta prueba nos da una indicación del deterioro de aislamiento, los valores de la resistencia de aislamiento no nos indica los puntos de estabilidad ni tampoco los esfuerzos dieléctricos, pero si nos indica la contaminación del aislamiento.

**Tabla 1.1.**  
**FACTORES DE CONVERSION DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A 20 ° C**

<b>Temperatura</b>	<b>Transformador en aceite</b>	<b>Transformador tipo seco</b>
0	0.25	0.40
5	0.36	0.45
10	0.50	0.50
15	0.75	0.75
20	1.00	1.00
25	1.40	1.30
30	1.98	1.60
35	2.80	2.05
40	3.95	2.50
45	5.60	3.25
50	7.85	4.00
55	11.20	5.20
60	15.85	6.40
65	22.40	8.70
70	31.75	10.00
75	44.70	13.00
80	63.50	16.00

Los valores medidos de las resistencias de aislamiento pueden hacerse mediante 5 métodos que son:

**- Lecturas de tiempo corto**

Esta prueba muestra el valor de la resistencia de aislamiento para una duración de 30 a 60 seg. Las lecturas obtenidas se comparan con algunas anteriores y su interpretación se hace con las tablas normalizadas a 20°C con efectos de humedad.

**- Lectura de tiempo resistencia**

Un sistema con buen aislamiento muestra un incremento continuo de los valores de resistencia sobre un periodo de tiempo en el cual un voltaje es aplicado y el efecto de la corriente de absorción (ver apéndice), decrece a medida que el tiempo se incrementa y si un



sistema esta contaminado con polvo e impurezas muestra baja resistencia y el efecto de la corriente de absorción se traduce en una alta corriente de fuga (ver apéndice).

Las lecturas de tiempo-resistencia pueden ser usadas para indicar las condiciones del aislamiento del sistema. La razón de las lecturas a 30 y 60 seg. es llamada relación de absorción dieléctrica (RAD) su unidad es el megohmetro.

$$\text{RAD} = \frac{\text{Lecturas de resistencia a 60 seg.}}{\text{Lecturas de resistencia a 30 seg.}}$$

Una relación RAD abajo de 1.25 es necesaria una investigación o una reparación de un aparato eléctrico.

#### **-Lectura de picos de voltaje**

Esta prueba es aplicada en forma de picos para que el aislamiento que esta bajo pruebas, sea fijado por un voltímetro. A medida que el voltaje es incrementado los puntos débiles de aislamiento deberán mostrar resistencias bajas que no se muestran con bajos niveles de voltaje, esto es mas abajo de los voltajes de operación, mientras que un daño físico, un aislamiento malo, solo pueden ser detectados con altos voltajes.

#### **- Prueba de absorción dieléctrica**

La prueba de absorción es hecha con voltajes de 100 Kv. aplicados en un tiempo de 5 a 15 minutos, la prueba es evaluada tomando como base la resistencia de aislamiento, si este está en buenas condiciones, la resistencia de aislamiento deberá incrementarse a medida que la prueba es desarrollada.

#### **- Prueba de clasificación de polarización.**

La prueba de clasificación de polarización es una especialización de la de absorción dieléctrica, la clasificación de polarización es la razón de la resistencia de aislamiento en 10 min. a la resistencia de aislamiento en 1 min. Una clasificación menor de 1 indica deterioro en el equipo y necesita un mantenimiento inmediato y se utiliza para cables, transformadores y máquinas giratorias.

La otra prueba de las que se realizan de aislamiento de estado sólido en voltaje de CD es la siguiente:

#### **Prueba de voltaje de alto potencial**

Esta se da con un voltaje aplicado a través del aislamiento por encima del voltaje de operación (1.41 veces). Cuando un voltaje de alto potencial es aplicado a una prueba de absorción dieléctrica, el máximo voltaje es aplicado en un periodo de 60 a 90 seg. y el máximo voltaje es mantenido por 5 min., tomando lecturas de corriente de fuga cada minuto, si esta prueba es aplicada en la prueba de picos de voltaje, el voltaje es aplicado en incrementos iguales no menores a 8, en el cual cada pico de voltaje es mantenido en intervalos de tiempos iguales.

El intervalo de tiempo en cada pico deberá ser entre 1 y 4 minutos, y al final de cada intervalo deben ser tomadas las lecturas de corriente de fuga y de resistencia de aislamiento antes del siguiente pico. Las pruebas de mantenimiento son hechas con un voltaje máximo abajo de 75% del voltaje de prueba máximo permitiendo pruebas de aceptación.

### **Pruebas de aislamiento de estado sólido en voltaje C.A.**

Se pueden hacer varias pruebas para determinar las condiciones del aislamiento del sistema, siendo estas:

#### **- Prueba de alto potencial**

Esta prueba es conocida como la prueba de Hi-pot (CA), es hecha con un voltaje por encima del voltaje nominal de operación del sistema por un corto tiempo (1 min.).

#### **- Prueba de aislamiento del factor de potencia**

Esta prueba está basada de que los valores bajos de factor de potencia, el factor de disipación puede suponerse lo mismo que el factor de potencia.

El factor de disipación es igual a la tangente del ángulo  $S$ , donde  $S$  es igual a  $90^\circ$ .

El factor de potencia es igual al coseno del ángulo entre la corriente de carga y el voltaje aplicado.

El aislamiento del factor de potencia es importante para determinar la calidad del aislamiento para transformadores, interruptores, máquinas giratorias, cables, reguladores y líquidos aislantes.

### **Precauciones a tomar en la prueba**

El equipo bajo prueba deberá estar aislado del resto del sistema. La prueba deberá hacerse a una temperatura superior a  $32^\circ\text{F}$  y con una humedad relativa abajo del 70%.

El equipo de prueba deberá ser capaz para producir una onda de 60 ciclos a un voltaje de por lo menos 250 volts.

El mínimo voltaje de prueba no deberá ser menor a 5000 volts, en todos los casos.

La evaluación de los datos de la prueba deberá estar basada con estándares comparativos de la industria con valores de otros equipos similares, o con resultados de pruebas previos en equipos similares.

## **PRUEBAS A DISPOSITIVOS DE PROTECCION**

Las pruebas a dispositivos involucran pruebas y mantenimiento de interruptores de bajo voltaje, conexiones, relevadores y equipos como transformadores de instrumentos y cableados de baja tensión.

### **Mantenimiento de interruptores**

Los interruptores (ver apéndice) durante las operaciones de apertura y cierre se ven sometidos a esfuerzos mecánicos de accionamiento y a esfuerzos dieléctricos y térmicos en los contactos.

Esta acción hace que los interruptores eventualmente puedan fallar en la parte mecánica y/o en los contactos, por esta razón se deben especificar un número de maniobras mecánicas determinadas pudiéndose indicar:

- Máximo número de maniobras
- Efecto térmico en los contactos y se expresa por el número de maniobras a determinado valor de corriente.

Por ejemplo:

Los contactos deben permitir antes de su reemplazo las siguientes interrupciones:

- Tres interrupciones a máxima corriente de corto circuito
- Cinco interrupciones al 50% de la máxima corriente de corto circuito
- Diez interrupciones al 15% de la máxima corriente de corto circuito

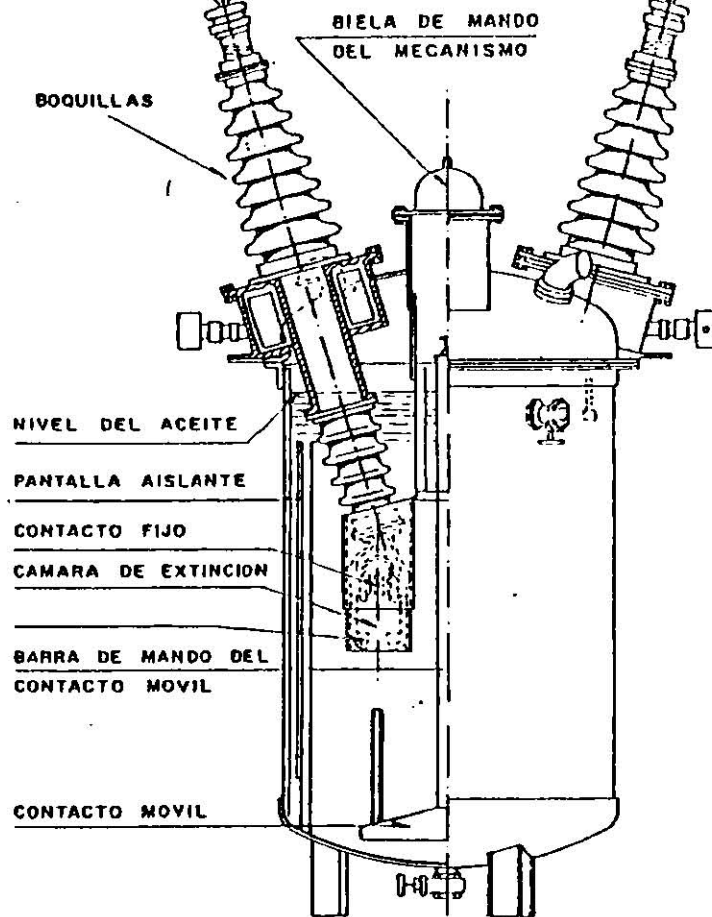
Otra forma de especificar el aspecto de tiempo de vida en los contactos es por amperes acumulados que deba ser capaz de soportar el interruptor, simplemente se indica una cantidad equivalente al número obtenido anteriormente, pero sin indicar cada valor particular.

Entre las pruebas a los interruptores prototipos se encuentran:

1. Prueba de interrupción de corriente de corto circuito simétrico
2. Prueba de interrupción de corriente de corto circuito asimétrico
3. Prueba de interrupción de pequeñas corrientes inductivas
4. Prueba de interrupción de corrientes capacitivas
  - 4.1 Desconexión de banco de condensadores
  - 4.2 Desconexión de líneas en vacío
5. Desconexión y cierre en oposición de fase
6. Desconexión asincrónica
7. Recierre sobre falla y operación monopolar

Las pruebas recomendadas como de rutina son:

1. Pruebas de comportamiento mecánico
2. Medición de la resistencia de los circuitos principales
3. Prueba de calentamiento en los circuitos principales y auxiliares
4. Prueba de aislamiento en los circuitos principales y auxiliares



## INTERRUPTOR EN GRAN VOLUMEN DE ACEITE

Fig. 1.4

Cuando opera el interruptor fig. 1.4 debido a una falla, los contactos móviles se desplazan hacia abajo, separándose de los contactos fijos. Al alejarse los contactos móviles de los fijos se va creando una cierta distancia entre ellos, y en función de esta distancia esta la longitud del arco. El arco da lugar a la formación de gases, de tal manera que se crea una burbuja de gas alrededor de los contactos que desplaza una determinada cantidad de aceite.

Conforme aumenta la separación entre los contactos, el arco crece y la burbuja se hace mayor, de tal manera que al quedar los contactos en su separación total, la presión ejercida por el aceite es considerable, por lo que en la parte superior del recipiente se instala un tubo de fuga de gases.

## APARTARRAYOS

Las sobretensiones que se presentan en las instalaciones de un sistema puede ser de tipo atmosférico y por fallas en el sistema.

El apartarrayos es un dispositivo que permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de origen atmosférico. Para la protección del mismo se deben de tomar en cuenta los aspectos que son de descargas directas sobre la instalación y descargas indirectas.

El caso que se presenta mas es el de descargas indirectas (ver apéndice), y el apartarrayos, que se encuentra conectado en el sistema, opera cuando se presenta

determinada descarga, frenando la corriente a tierra. Su principio general de operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuya separación está determinada de acuerdo a la tensión a la que va a operar.

La función del apartarrayos no es eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante las descargas atmosféricas, sino limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para las máquinas del sistema.

Los apartarrayos más usados son apartarrayos tipo autovalvular fig.1.5(a) (ver apéndice) y de tipo resistencia variable fig. 1.5(b) (ver apéndice)

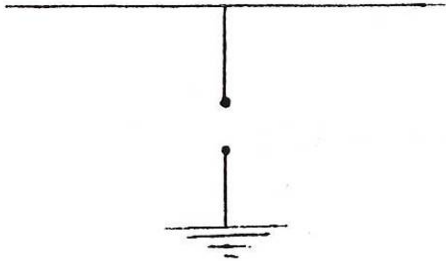


fig. 1.5(a)

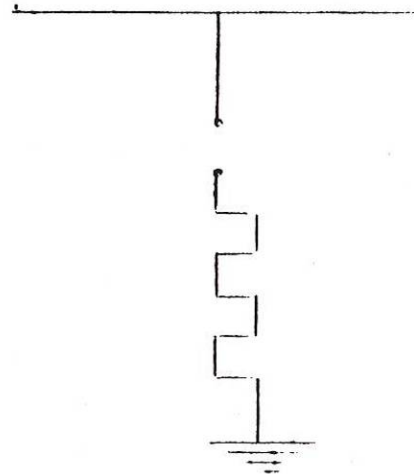


fig. 1.5(b)

## PRUEBAS DE CUCHILLAS DESCONECTADORAS

El valor de corriente de corto circuito es el mismo (simétrico y asimétrico) calculado para la especificación de interrupciones.

En el caso de las cuchillas desconectadoras (ver apéndice), solo se tiene el propósito de indicar su capacidad dinámica y térmica ya que las cuchillas no tienen capacidad interruptiva, pero si en cambio deben soportar en forma satisfactoria los esfuerzos térmicos (fig. 1.6 a y b)

Desde el punto de vista dieléctrico se especifican los valores necesarios de tensión para la coordinación de aislamiento en la subestación.

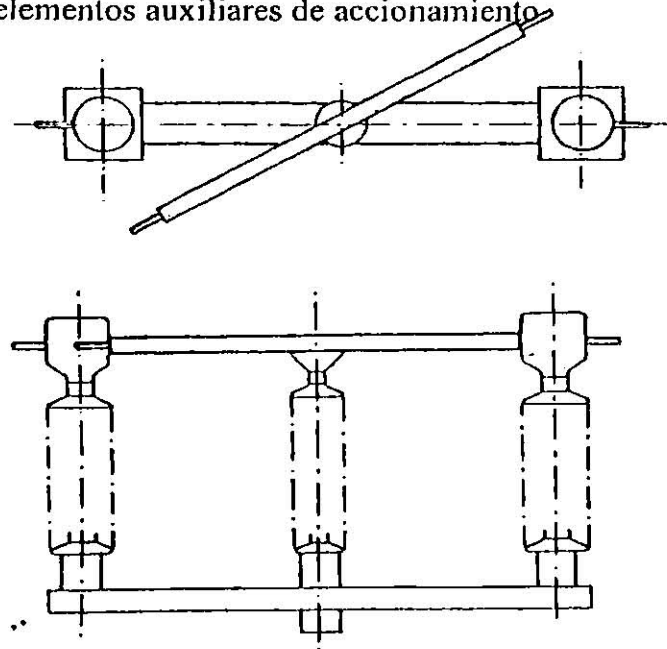


Los niveles básicos a verificar son:

- El nivel básico de aislamiento al impulsor por rayo
- Tensión de flameo a 60 Hz en seco
- Determinación del nivel del ruido

#### **Especificaciones adicionales**

- Corriente de corto circuito dinámica, sirve para verificar el comportamiento mecánico de las cuchillas, especialmente en los soportes.
- Corriente de corto circuito térmica, normalmente se especifica a 1 seg. y tiene como objetivo determinar el comportamiento térmico de la cuchilla especialmente en las uniones.
- Prueba mecánica de operación, se especifica un determinado número de maniobras de apertura y cierre en la cuchilla para verificar el correcto comportamiento mecánico de las cuchillas y de sus elementos auxiliares de accionamiento.



**Fig. 1.6(a)**  
**Cuchilla desconectadora de tres columnas con  
accionamiento en la columna central**



**Fig. 1.6(b)**  
**Cuchilla desconectadora de tres columnas**  
**y apertura vertical**

## RELEVADORES

Todos los relevadores fig. 1.7 a y b, funcionan en respuesta a una o más magnitudes eléctricas cerrando o abriendo contactos, sus principios de operación son de atracción e inducción electromagnética (ver apéndice).

Las principales características funcionales de los relevadores usados en la protección de subestaciones son las siguientes:

- a) Bajo voltaje, baja corriente y baja potencia
- b) Sobre voltaje, sobre corriente y sobre potencia
- c) Direccionales o de corriente inversa
- d) Direccionales o de potencia inversa
- e) Diferencial
- f) De distancia

Los transformadores de potencial pueden estar sujetos a los siguientes tipos de fallas, sobre cargas o corto circuito extremo, fallas en los devanados, fallas en las terminales y fallas incipientes.

Cualquier condición de falla produce esfuerzos mecánicos y térmicos en los devanados del transformador, las sobrecargas se pueden sostener por periodos de tiempo mas largos, estando limitadas solo por las elevaciones de temperatura permisibles en los devanados y el aceite, desde luego por las sobre cargas excesivas deterioran el aislamiento y producen las fallas subsecuentes.

Las fallas en las terminales del transformador, si son en el lado de alimentación no tienen efecto severo en el transformador, pero las que ocurren en el lado de carga lo tienen, este tipo de fallas no hacen operara los relevadores Buchholz, debido a esto se dejan ajustar las zonas de protección de los relevadores diferenciales o de falla a tierra,

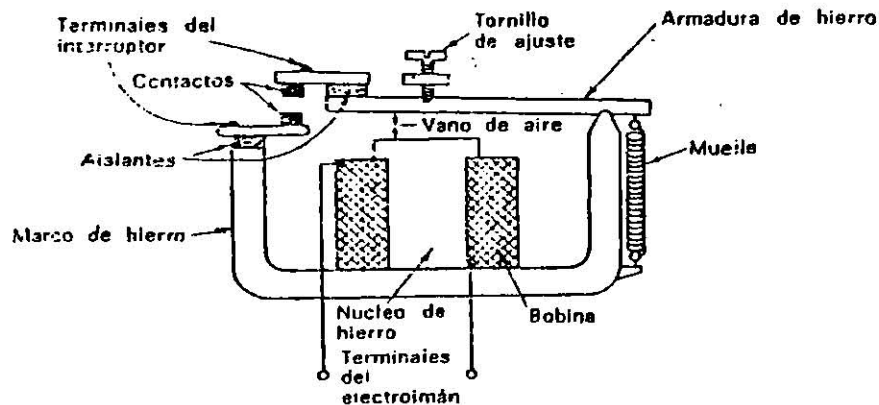
La mayoría de las fallas internas, o son fallas a tierra o de fase a fase, la severidad de estas fallas dependen de su localización, diseño del transformador y del método de conexión a tierra del transformador.

Las fallas incipientes son fallas de tipo interno que no constituyen un riesgo inmediato, sin embargo, si se dejan sin detectar pueden conducir a fallas mayores. La

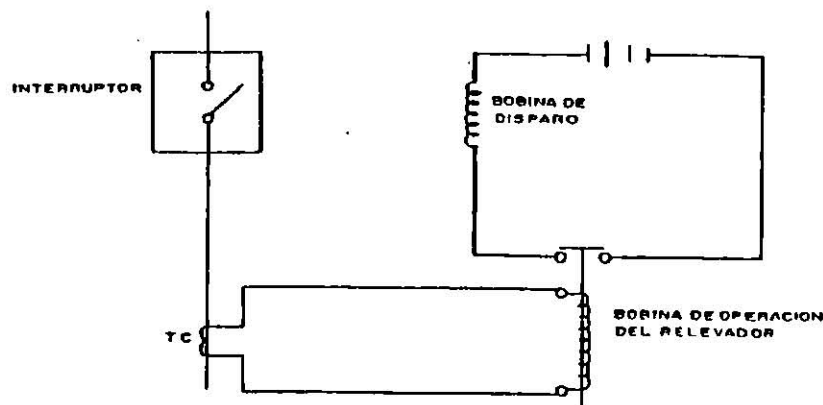
mayoría de este tipo de fallas son las de bobina a núcleo debido a fallas de aislamiento, o bien fallas de aislamiento entre laminaciones del núcleo o también fallas en el aceite debido a pérdidas u obstrucción, en cualquier caso se presenta un sobre calentamiento en el transformador.

Las protecciones aplicadas a los transformadores son:

- Relevadores de presión de gas y aceite
- Relevadores de sobrecorriente y de falla a tierra
- Relevadores de falla a tierra restringida
- Protección diferencial
- Fuga a tanque o herraje



**Fig. 1.7(a) Relé básico**



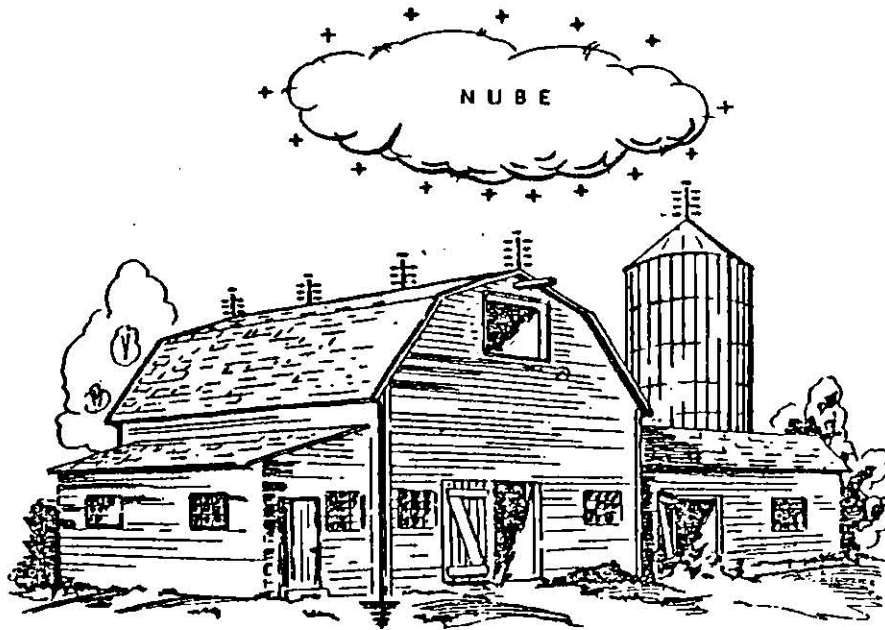
**fig. 1.7(b) La representación típica del circuito de un relevador**

## PARARRAYOS

Los pararrayos (ver apéndice) no evitan los rayos, sino que mas bien evitan que las cargas se acumulen en los edificios en los que están puestos. El pararrayos fig. 1.8 deberá unirse a un conductor introducido en el suelo con una profundidas según la NOM para que siempre este rodeada de tierra húmeda, si no se entierra adecuadamente, el pararrayos

puede ser más bien una amenaza que una protección, ya que facilitará la descarga de las nubes.

Los objetos altos aislados en espacios abiertos tales como un árbol aislado en un terreno grande acumulan las cargas rápidamente y son, por lo tanto, presa fácil de los rayos. Los edificios con estructura de acero tienen numerosas partes metálicas que se extienden hasta dentro de la tierra y, por lo tanto, tienen una buena protección.



**Fig. 1.8 Aplicación del pararrayo**

## **PRUEBAS DE AISLAMIENTO DE LIQUIDOS (ACEITES)**

El aislamiento de líquidos usados en transformadores o en otros aparatos eléctricos están sujetos a contaminación, la cual perjudica las propiedades del aislamiento de los devanados. Los elementos que causan deterioro del aislamiento de los líquidos son: humedad, temperatura, oxígeno y otros que resultan de reacciones químicas que producen ácidos y sedimentos.

El aislamiento a base de líquido que hoy en día están en uso son: aceites, askarel y silicona, sin embargo, el uso de askarel ha sido prohibido por el alto grado de tóxicos que contiene.

Las pruebas se recomiendan regularmente para monitorear las condiciones del aislamiento de los líquidos. Se deben tomar pruebas de los líquidos de los equipos en periodos para hacer pruebas de acuerdo con los métodos de la ASTM de acuerdo a la tabla 1.2

### **Tabla 1-2**

## Métodos de la ASTM para pruebas en los aislamiento de los líquidos.

Pruebas	Métodos de pruebas
Acidez	D1534 ó 1902
Color	D1500
Voltaje de Ruptura Dieléctrica	D877 (silicona askarel) D1816 aceite
Examinación Visual	D1524 aceites D1702 askarel
Tensión de Interfaces (únicamente aceite)	D971 D2285
Numeroo de Neutralización	D974; D664
Factor de Potencia	D924

### PRUEBA DE RESISTENCIA DE ELECTRODOS DE TIERRA

Un sistema integral de tierras es importante en un sistema eléctrico de potencia por las siguientes razones:

- Para mantenerse un punto de potencia de referencia para los equipos y seguridad del personal
- Para proveer un punto de descarga para ondas viajeras debido a descargas atmosférica (rayos)
- Para prevenir altos voltajes excesivos debido a voltajes inducidos en los sistemas de potencia

Por lo tanto para mantener un potencial de tierra efectivo se requieren pruebas periódicas a los electrodos del sistema de tierras, siendo su escala en ohms.

### PRUEBAS Y ANALISIS DE FALLAS DE GASES

Las pruebas y análisis de fallas de gases pueden proveer información sobre fallas incipientes en aceites de transformadores y gases presentes en la capa de nitrógeno de el transformador.

Debido a la temperatura algunos aceites de transformadores se descomponen y generan gases combustibles, los cuales se mezclan con el nitrógeno en la capa superior del aceite.

Una pequeña muestra del nitrógeno puede ser obtenida del transformador para este propósito. Esta prueba se determina en una escala de porcentaje de gases de combustible.

### PRUEBAS DE INSPECCION INFRAROJA



Hay diferentes dispositivos disponibles usados en pistolas infrarrojas para revisar puntos calientes en conexiones y otras partes energizadas de un sistema de potencia.

Hay varias rutinas prácticas en mantenimiento en inspección para determinar puntos calientes en uniones, terminales o líneas sobrecargadas.

Desde luego el costo de esos dispositivos varían en un amplio rango y pueden ser económicos si estos equipos son rentados al hacer inspecciones de rutina en equipos de sistemas eléctricos de potencia.

## **CAPITULO II**

### **PRUEBAS DE CORRIENTE DIRECTA PARA EQUIPOS ELECTRICOS**

#### **2.1 Introducción**

En este capítulo con la información de estas pruebas se indica si el mantenimiento es correctivo o reemplazo del equipo instalado, se asegura si el equipo recién instalado puede ser energizado con seguridad y la carta de deterioro gradual del equipo.

Los métodos de prueba de CD que se cubrirán son transformadores, líquidos aislantes, cables, interruptores, motores y generadores; siendo estos niveles y métodos de

prueba de voltaje en su mayor parte de acuerdo con los estándares industriales para los tipos de equipo.

## **2.2 Transformadores**

La prueba de CD de transformadores (ver apéndice) implica pruebas de aislamiento de estado sólido expuesto al viento y líquidos aislantes usados en transformadores.

La prueba de aislamiento sólido y expuesto al ambiente completa otras pruebas de transformadores.

La prueba de CD son consideradas no destructivas o igual como si al tiempo ellas pudiera causar deterioro ambiental, esto puede ser un resultado de un deterioro que la prueba fue supuesta y detectada. Si esta ha sido detectada, esto podrá ocurrir a un tiempo determinado.

La prueba de conductividad de CD para transformadores de aislamiento se dan en el orden de prioridades.

## **MANTENIMIENTO DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO**

Esta prueba se da por encima de un voltaje para determinar si estos, son resistentes bajo el suelo o camino o medio ambiente.

Los valores de mantenimiento de la prueba son afectados por la temperatura, humedad, voltaje de prueba y tamaño del transformador. Esta prueba puede conducir antes y después de reparación o mantenimiento de operación.

Los datos de prueba pueden ser recordados para comparaciones futuras. Los valores de prueba pueden ser normalizados a 20°C para propósitos de comparaciones. Los factores de conversión son presentados en la tabla 2.1.

La regla del pulgar es utilizada para valores aceptables hasta 1 MΩ/1000 volts de aplicación en la prueba de voltaje.

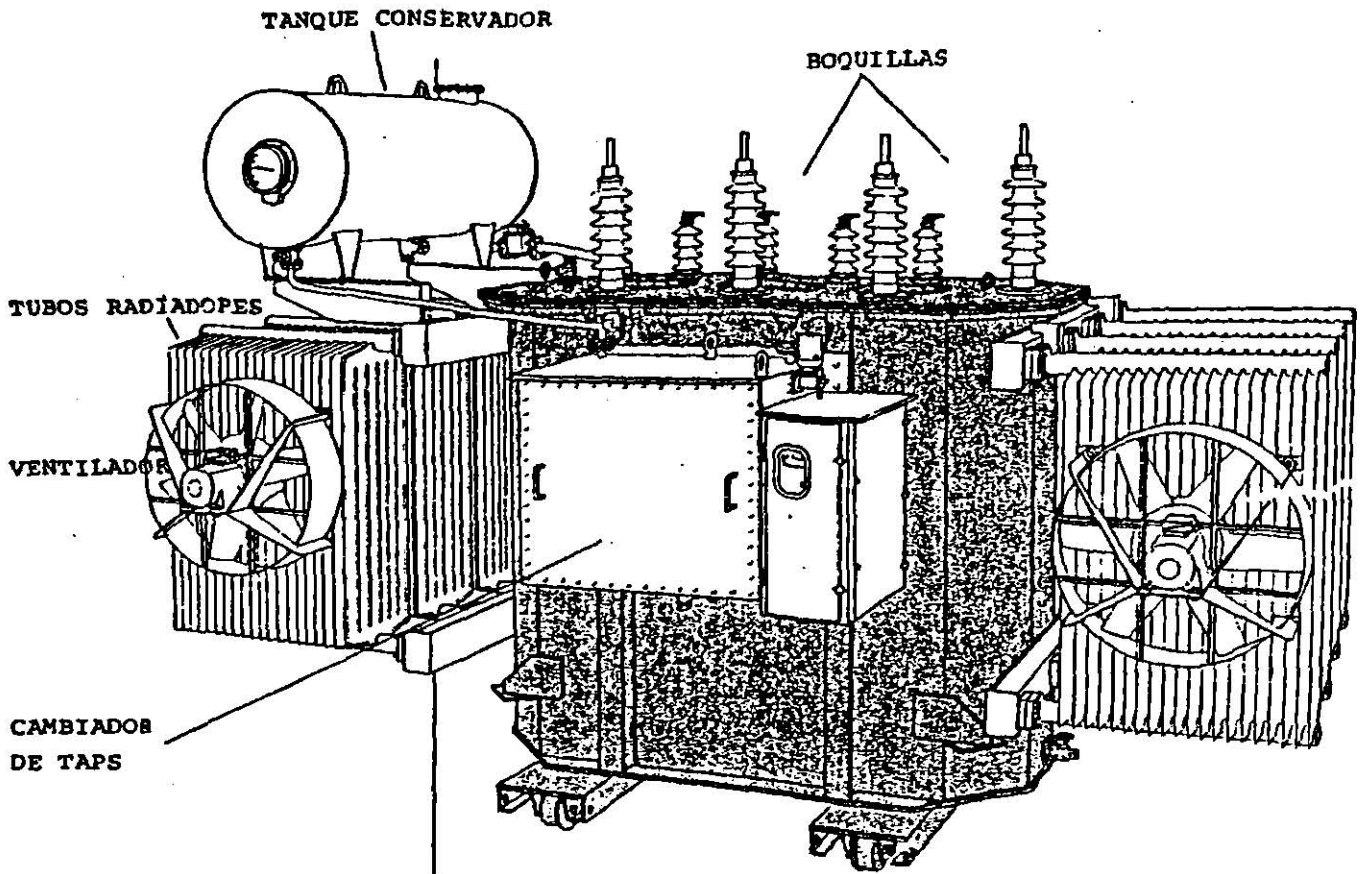
La muestra de valores de resistencia de buen aislamiento en el sistema son presentados en la tabla 2.2.

**Tabla 1.1.**  
**Conversión de factores a 20 ° C de aislamiento resistivo**

<b>Temperatura</b>	<b>Transformador en aceite</b>	<b>Transformador tipo seco</b>
0	0.25	0.40
5	0.36	0.45
10	0.50	0.50
15	0.75	0.75
20	1.00	1.00
25	1.40	1.30
30	1.98	1.60
35	2.80	2.05
40	3.95	2.50
45	5.60	3.25
50	7.85	4.00
55	11.20	5.20
60	15.85	6.40
65	22.40	8.70
70	31.75	10.00
75	44.70	13.00
80	63.50	16.00

**Tabla 2.2.**  
**Valores típicos de resistencia de aislamiento para transformadores de distribución y potencia**

<b>Bobinas del transformador</b>	<b>20° C</b>	<b>30° C</b>	<b>40° C</b>	<b>50° C</b>	<b>60° C</b>
<b>Voltaje (KV)</b>					
Menores de 6.6	400	200	100	50	25
6.6 a 19	800	400	200	100	50
22 a 45	1,000	500	250	125	65
66 y mayores	1,200	600	300	100	75

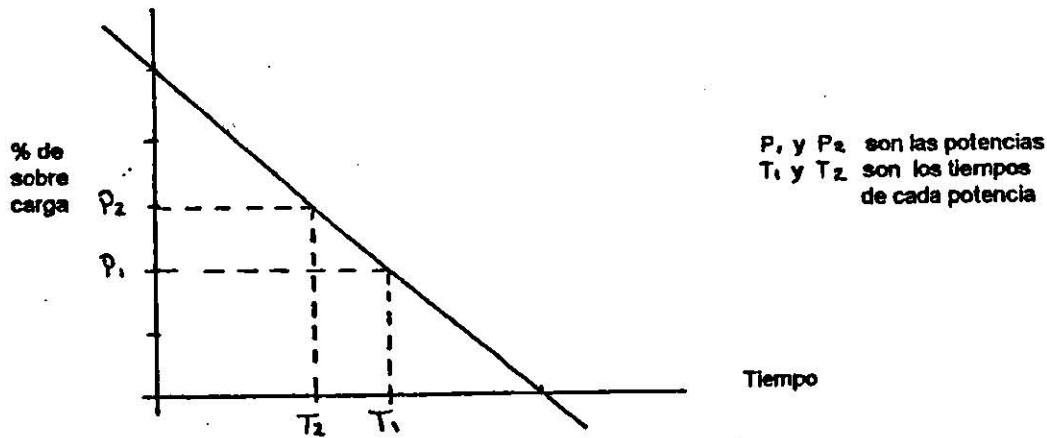


### TRANSFORMADOR DE POTENCIA

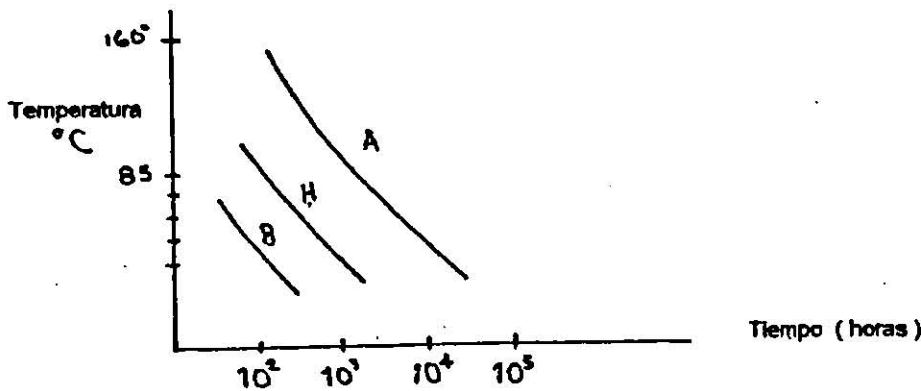
La capacidad de sobrecarga de un transformador, es función de su capacidad de disipación de calor, o sea que en cualquier situación de operación, un transformador se puede sobrecargar sobre su capacidad nominal por un cierto periodo de tiempo. Por ejemplo, para transformadores de distribución sumergidos en aceite, la norma ANSI c57.96, da los siguientes valores:

Valores	Número de veces la corriente nominal del transformador
2 seg.	25.00
10 seg.	11.30
30 seg.	6.70
60 seg.	4.75
5 min.	3.00
30 min.	2.00

En general la curva de operación de un transformador con sobrecarga tiene la siguiente forma:



Esta curva corresponde a la curva de vida de los aislamientos:



Los tiempos y valores de sobrecarga se expresan para periodos de operación de 24 horas y son aplicables una vez por día.

Para los transformadores de potencia se puede aplicar un criterio similar, dado que el comportamiento de la vida de los aislamientos con respecto a la temperatura es el mismo; solo que en algunos casos, se trata de determinar cual es la capacidad de calor en Kcalorias/min.

El enfriamiento base para los transformadores de potencia es el tipo OA para la cual está definida una capacidad de disipación de calor dependiente del área dada por el tanque y los tubos radiadores.

En los transformadores de potencia, por cada periodo de 24 hrs. se considera admisible una sobrecarga (sin producir daño al equipo) de un 50% sobre su potencia



nominal por periodo de una hora (max. 24 horas). Sobrecargas superiores son admisibles por menos tiempo o inferiores por mas tiempo. Por ejemplo, el 25% de sobrecarga en dos periodos de 4 horas es aceptable.

OA                    Enfriamiento tipo base  
 100 MVA            Con picos de una hora  
 Se puede obtener 150 MVA + 25% FA

### Niveles de aislamiento en transformadores y autotransformadores

Dependiendo de la clase de aislamiento del transformador en sus devanados de alto y bajo voltaje se especifican los niveles básicos de aislamiento al impulso por rayo y por maniobra de interrupciones ( éste ultimo para tensiones de 400 Kv.)

Los valores básicos de aislamiento en los transformadores de potencia, se toman dependiendo del criterio de coordinación de aislamiento y en función de las características de los apartarrayos seleccionados, se pueden tener los siguientes casos con relación a los aislamientos internos y externos y sus características de aislamiento:

- El nivel de aislamiento interno es mayor que el nivel de aislamiento externo.
- El nivel de aislamiento interno es igual al nivel de aislamiento externo.
- El nivel de aislamiento interno es menor que el nivel de aislamiento externo.

El punto de partida del análisis, es el aspecto económico y se considera la confiabilidad al margen de protección del apartarrayos.

Las decisiones adaptadas son dos:

- Niveles de aislamiento interno y externo iguales, lo que significa por ejemplo que de acuerdo a normas para un transformador de 230/115 Kv.

	Devanados	Boquillas
En 230 Kv.	1050 Kv.	1050 Kv.
En 115 Kv.	550 Kv.	550 Kv.

Apartarrayos de 80% de protección instalada tan cerca como sea posible del transformador.

Para el criterio del aislamiento exterior mayor que el nivel de aislamiento interno, se tiene por ejemplo:

Devanado de:	Nivel básico externo	Nivel básico interno
230 Kv.	1050 Kv.	900 Kv.
115 Kv.	550 Kv.	450 Kv.

Apartarrayos con mayor margen de protección que cuando los niveles de aislamiento interno y externos son iguales.

## **CAMBIADORES DE DERIVACION**

Los voltajes encontrados representan una regulación fina, con respecto a la tensión nominal, desde luego, permite regular el voltaje en las redes eléctricas a que se conectan, dependiendo de los valores de carga, pero también cumplen con la función de contribuir al control de reactivos en la red, ya que para cada voltaje obtenido en un tap (ver apéndice), la excitación requerida por el transformador es diferente y consecuentemente el consumo de reactivos.

La instalación de los mismos se puede hacer en el devanado de alta o en el devanado de baja. La decisión en que devanado se debe instalar obedece a varios factores que se deben analizar y son los siguientes:

- El nivel de tensión
- Magnitud de la corriente
- La exactitud en la regulación (número de pasos)
- El tamaño del transformador
- La forma de realización (sin carga o con carga)

Un Tap instalado en el lado de bajo voltaje, tiene las siguientes ventajas y desventajas:

### **Ventajas**

1. Mejor regulación del voltaje, ya que, al estar instalado en el lado de la carga, se puede tener una mejor sensibilidad.
2. Menor nivel de aislamiento, lo que reduce las distancias dieléctricas internas entre electrodos

### **Desventajas**

1. Manejo de corrientes elevadas, lo que da una mayor robustez en las partes vivas del cambiador.
2. Ocupa más espacio proporcionalmente a los espacios disponibles en los devanados.
3. Generalmente cuesta más en baja tensión, sobre todo si es con carga.

El uso de Taps en alta tensión tiene las siguientes ventajas y desventajas:

### **Ventajas**

1. A pesar de requerir mayor nivel de aislamiento, es decir mayores distancias dieléctricas, por manejar corrientes menores, es menos robusto y proporcionalmente al nivel de voltaje ocupa menor espacio.
2. Se introducen menos transitorios de tensión.

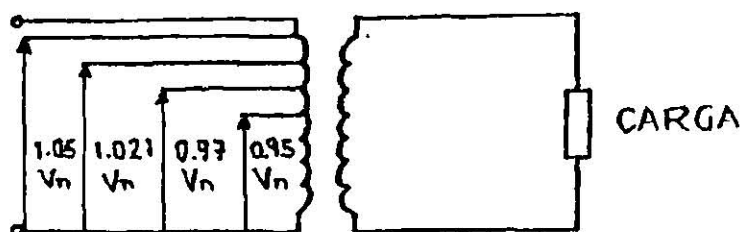
### **Desventajas**

1. Cuando se usan cambiadores de derivación sin carga, el numero de taps esta limitado, no solo por los problemas de regulación, más bien por razones constructivas.
2. Generalmente la regulación de voltaje es mas fina en el lado de carga de un transformador que en le lado de línea.

Con relación al uso de cambiadores de derivación con carga y sin carga se pueden hacer los siguientes comentarios:

### **Cambiadores sin carga**

1. Se requiere que el transformador este completamente desenergizado para poder hacer la maniobra del cambio de Tap.
2. El número de pasos generalmente es restringido, siendo costumbre usar 2 ó 3 pasos de 2.5% del voltaje nominal hacia arriba y hacia abajo, por lo mismo no se puede tener una regulación fina.



3. El costo de éstos cambiadores es bajo, en el peor de los casos no llega a ser el 3% del costo del transformador.

### **Cambiadores con carga**

1. Permiten una regulación de voltaje fina, ya que se pueden tener además del voltaje nominal 20 y hasta 32 pasos de regulación en el lado de alta tensión.
2. La regulación de voltaje se puede hacer con carga y en forma automática.
3. El costo representa entre el 30 y 40% del costo del transformador.
4. Requiere de un circuito de control que introducen un costo adicional a la instalación.
5. Para redes eléctricas con grandes variaciones de voltaje entre las condiciones de máxima y mínima demanda permiten una regulación de voltaje eficiente, ya que se puede dejar para operación continua.
6. Requiere de más mantenimiento comparativamente con los cambiadores sin carga.

Las tendencias es a usar cambiadores de derivación con carga en redes eléctricas de alta tensión, es decir, en niveles de 230 y 400Kv por razones de un mejor control de reactivos y voltaje en el sistema, a pesar de que como se ha indicado anteriormente su costo representa un alto porcentaje del costo del transformador.

Este tipo de cambiadores de derivación se encuentra instalado normalmente en forma exterior al transformador de potencia, ya sea junto al tanque o separado y

dependiendo del diseño del fabricante puede ocupar mayor o menor espacio en la subestación, dentro del llamado modulo de transformación.

### Conexiones de transformadores

La ASA ( American Standards Association) elaboró un sistema para marcar las terminales de los transformadores, por lo que se llegó a que las terminales del lado de alto voltaje se marcan H1, H2 Y H3 y las de bajo voltaje se marcan X1,X2 Y X3. La terminal H1 esta siempre situada del lado izquierdo, cuando el transformador se ve del lado de bajo voltaje.

Entre las conexiones que podemos encontrar se encuentran las siguientes:

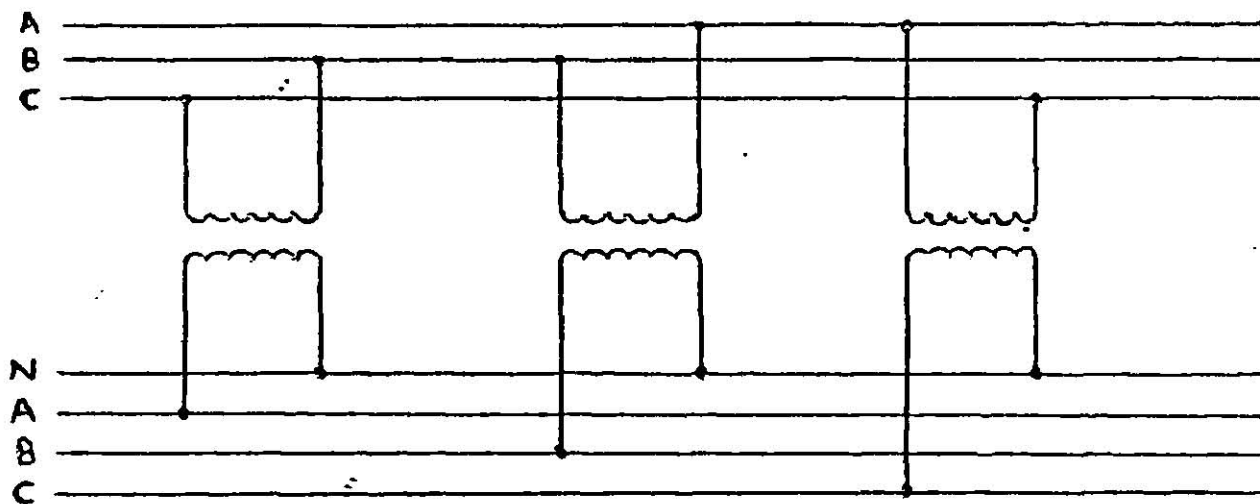
#### 1. Conexión delta-delta

Esta se utiliza comúnmente en lugares donde existen tensiones relativamente bajas, como en sistemas de distribución que se utilizan para alimentar cargas trifásicas a 3 hilos.

#### 2. Conexión delta-estrella

Esta conexión se emplea en aquellos sistemas de transmisión en que es necesario elevar voltaje de generación, en sistemas de distribución conveniente porque se puede tener 2 voltajes diferentes ( entre fase y neutro).

Esta conexión es la más utilizada por lo cual las pruebas que se presentan en este trabajo son de este tipo de conexión.



#### 3. Conexión estrella-estrella

Esta conexión se emplea en tensiones muy elevadas, ya que se disminuye la cantidad de aislamiento.

#### 4. Conexión estrella-delta

Esta se utiliza en los sistemas de transmisión de las subestaciones receptoras cuya función es reducir voltajes, es empleada en algunas ocasiones para distribución rural a 20Kv.

#### 5. Conexión delta abierto-delta abierto

Esta es una conexión de emergencia en transformadores trifásicos, ya que si en un transformador se quema o sufre una avería cualquiera de sus fases, se puede seguir alimentando carga trifásica operando el transformador a dos fases, solo que su capacidad disminuye a un 5.8% aprox. Estos transformadores se emplean en sistemas de baja capacidad y usualmente operan como autotransformadores.

#### **Los procedimientos de prueba son los siguientes:**

- No desconecte la conexión a tierra en el transformador del tanque y núcleo. Asegúrese que el tanque y el núcleo del transformador estén aterrizados.
- Desconecte todo el alto voltaje, bajo voltaje y neutro, apartarrayos, sistemas de ventilación, contador o algún sistema de control de bajo voltaje.
- Antes de iniciar la prueba soltar juntas todas las conexiones de alto voltaje, asegurándose que los colados sean limpios de todo metal y partes a tierra. También suelte juntos todos los bajos voltajes y conexiones a neutro, asegurándose que los colados sean limpios de todo metal y partes a tierra.
- Use un megohmetro con una escala mínima de 20,000 Mega-ohms.
- Mantenimiento de resistencias son entonces puestas entre cada una de las bobinas y tierra. La bobina debe ser medida teniendo la tierra removida en orden a medición de resistencia de aislamiento.
- El megohmetro puede tomar lecturas si es mantenido por un periodo de un minuto. Hace las siguientes lecturas para transformadores de arrollamientos:

Arrollamiento de voltaje a bobina de bajo voltaje y a tierra.

Bobina de alto voltaje a tierra.

Bobina de bajo voltaje a bobina de alto voltaje y a tierra.

Bobina de bajo voltaje a tierra.

Bobina de alto voltaje a tierra.

Bobina de alto voltaje a bobina de bajo voltaje.

Las conexiones para estas pruebas son presentadas en las figuras 2.1(a) hasta (e) y 2.2(a) hasta(e)

El megohmetro puede leer o grabar a lo largo de la prueba de temperatura (°C). La lectura puede ser correcta a 20°C para los factores de corrección presentados en la tabla 2.1. Si los valores de prueba de campo correctos son un medio o mas de lecturas de aislamiento de fabrica a 1000 megaohms o cualquier menor, el transformador es considerado para la prueba de alta potencia.



Para transformadores de tres arrollamientos, la prueba podrá ser hecha como sigue:

Alta o baja, terciario y a tierra (H-LTG)

Terciaria a alta, baja y tierra (T-HLG)

Baja a alta, terciario y a tierra (L-HTG)

Alta, baja y terciario a tierra (HT-G)

Alta, baja y terciario a tierra (HT-LG)

Baja y terciario a alta y tierra (LT-HG)

Alta y baja a terciario y tierra (HIL-TG)

- No se puede hacer la prueba del megohmetro del arrollamiento de transformador sin el líquido del transformador porque el valor de resistencia de aislamiento en aire puede ser menor que el líquido. Tampoco podrá ser la resistencia de aislamiento del transformador cuando esté bajo vacío por la posibilidad de una descarga a tierra.

En la fig. 2.2 las conexiones de prueba expuestas en (a),(c) y (e) son mas utilizadas. Las conexiones de prueba en la fig. 2.2(b) y (d) son prácticamente iguales a las lecturas de conexiones de prueba (c) y (e).

### **Prueba de absorción dieléctrica**

Esta prueba es una extensión de la prueba de medición de resistencia de aislamiento para transformadores expuestos al ambiente. La prueba consiste en aplicar voltaje por 10 minutos y tomar lecturas de medición de resistencia a intervalos de 1 minuto.

Los valores de resistencia medidos durante esta prueba son graficados en papel logarítmico con coordenadas de resistencia contra tiempo.

La inclinación de la curva para un buen sistema de aislamiento es una línea recta incrementándose con respecto al tiempo, mientras que un pobre sistema de aislamiento tiene una curva de caída con respecto al tiempo.

### **Prueba para índice de polarización**

La razón de resistencia de bobinas para valores de 10 minutos hasta 1 minuto es definida como el índice de polarización (PI). El PI proporciona información sobre la humedad y deterioro del aislamiento de las bobinas. Los valores del PI pueden variar desde arriba de 2 hasta por debajo de 1. Un valor aceptable debe de ser menor de 2 y mayor de 1, valores entre 2 y 1 indican condición mínima aceptable y valores inferiores a 1 indican una condición no aceptable.

### **Prueba de razón de absorción dieléctrica**

La razón de resistencia de aislamiento en bobinas para valores desde 6 seg. hasta 30 seg. está definida como la razón de absorción dieléctrica (DAR).

Esta prueba proporciona información similar a la prueba PI excepto que la duración de la prueba es más corta.

Las conexiones y procedimientos de prueba para conductores son iguales para mantenimiento de resistencia de aislamiento de las bobinas del transformador.

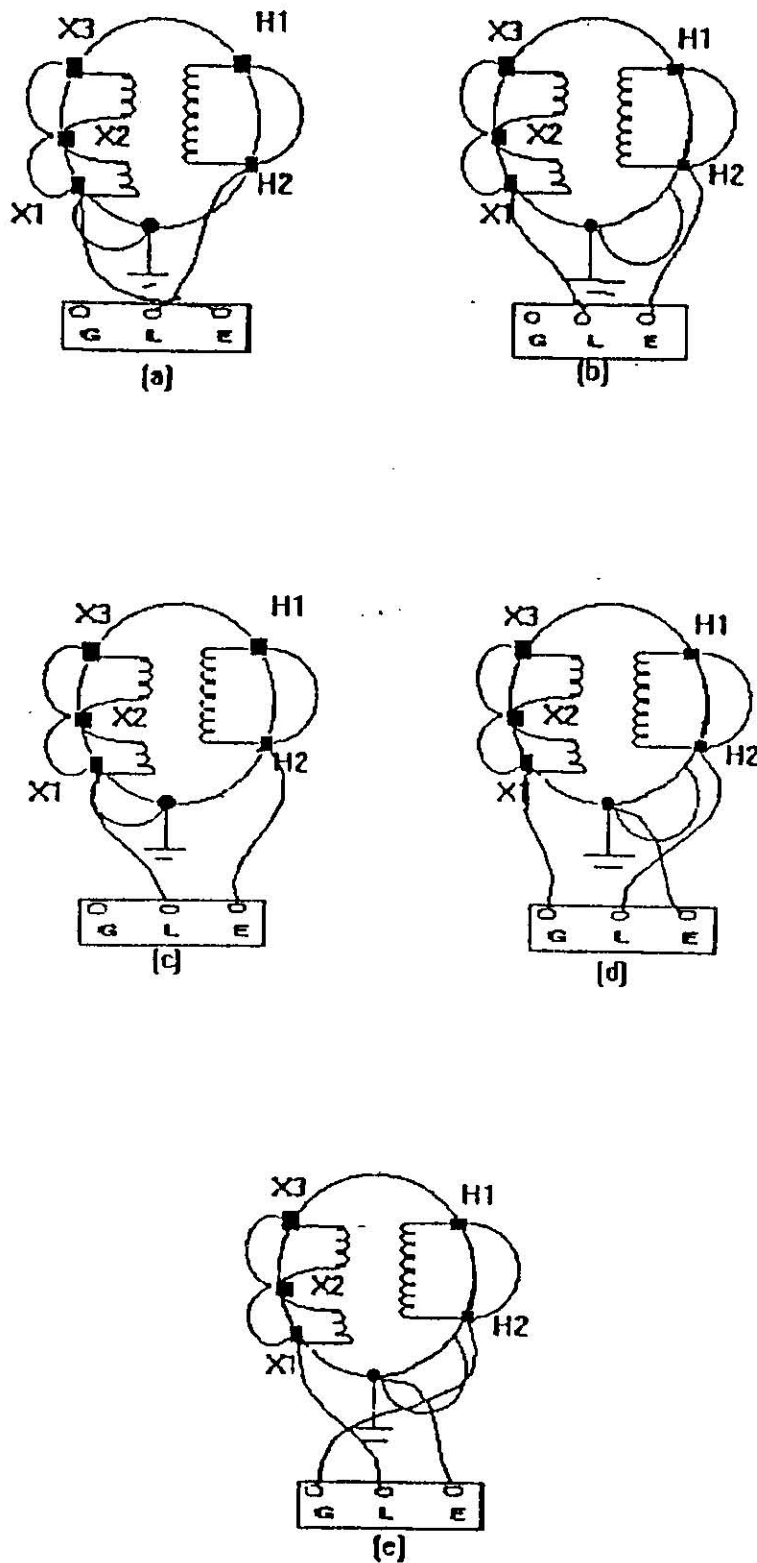
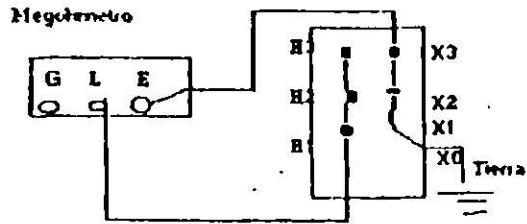


fig. 2.1 Prueba de conexiones para aislamiento resistivo de transformadores de una sola fase

Línea	Tierra	Protecc.
L	E	G

H	X Tierra	—
---	-------------	---

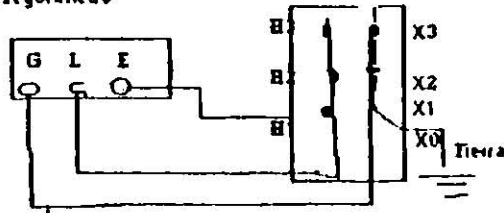


(a)

Transformador

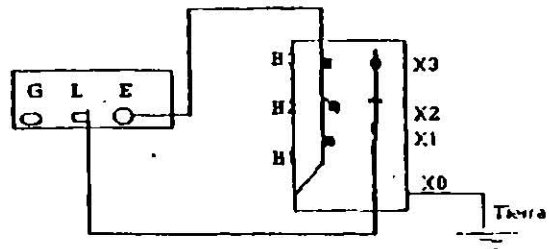
Megohmetro

H	X Tierra	—
---	-------------	---



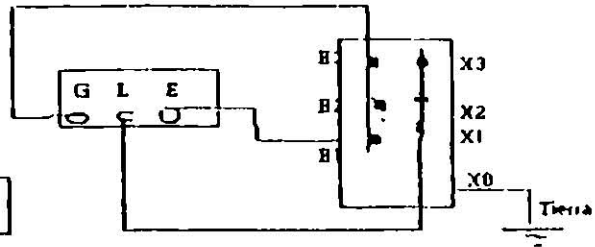
(b)

H	X Tierra	—
---	-------------	---



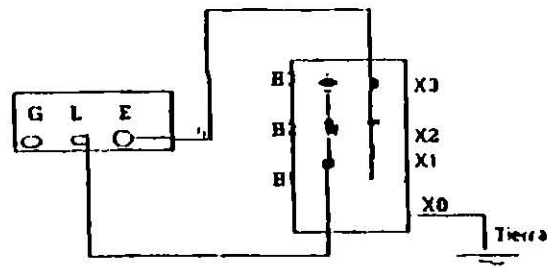
(c)

H	X Tierra	—
---	-------------	---



(d)

H	X Tierra	—
---	-------------	---



(e)

### **Prueba de alto potencial en CD (Hi-pot)**

La prueba de alto potencial en CD es aplicada en alto porcentaje de voltaje para evaluar la condición del aislamiento de las bobinas del transformador.

La prueba de alto voltaje en CD no es recomendada en transformadores de potencia por encima de 34.5 Kv.; en su lugar la prueba de alto potencial en CA debe ser usada.

Generalmente, por rutina en el mantenimiento del transformador, esta prueba no es empleada por la posibilidad del daño al aislamiento de la bobina.

De cualquier modo, esta prueba es hecha para aceptación y reparar los transformadores. En caso de que la prueba Hi-pot sea dirigida para un mantenimiento de rutina los valores de la prueba no deben exceder del 65% de los valores de prueba de fabricación, el cual es igual a 1.6 veces el valor del tiempo de CA para pruebas periódicas.

La prueba de Hi-pot de CD puede ser aplicada como una medición de la prueba de voltaje donde las lecturas de corriente de salida son tomadas por cada medición.

Si la corriente de salida es excesiva es notificada, el alto voltaje puede ser atrapado antes de dañar la pieza. Por esta razón, la prueba de Hi-pot en CD es considerada una prueba no destructiva.

Algunas compañías llevan a cabo la prueba de Hi-pot de CA para índice de voltaje por 3 minutos para pruebas periódicas en lugar del 65% de la prueba de voltaje de fábrica. Los valores de la prueba de Hi-pot para voltajes de CD son mostrados en la tabla 2.3

<b>Bobina del Transformador Razón de Voltaje (KV)</b>	<b>Factor de Prueba Voltaje de C.A. (KV)</b>	<b>Mantenimiento de Rutina Voltaje de C.D. (KV)</b>
1.2	10	10.40
2.4	15	15.60
4.8	19	19.76
8.7	26	27.04
15.0	34	35.36
18.0	40	41.60
25.0	50	52.00
34.5	70	72.80

### **VALORES DE LA PRUEBA DIELECTRICA PARA MANTENIMIENTO DE RUTINA DEL LIQUIDO DE LOS TRANSFORMADORES**

**Tabla 2.3**

El procedimiento se ve en la fig. 2.3(a) y (b) para la conexión de esta prueba.

- El transformador debe tener aprobada la prueba de resistencia de aislamiento antes de iniciar esta prueba.
- El transformador debe ser seguro de la carcasa, núcleo y tierra.
- Desconectar todo el alto voltaje, bajo voltaje y conexiones a neutro, sistema de control de bajo voltaje, sistema de ventilación y conecte los contadores a las bobinas y núcleo del transformador.
- Cortocircuito con cables uniendo todas las conexiones de alto voltaje a el mismo potencial con respecto a tierra. También cortocircuito con cables el bajo voltaje y el conectado a tierra.
- Conecte la prueba de alto potencial realizándola entre alto voltaje y tierra. Gradualmente aumente el voltaje por 1 minuto, después decrezca gradualmente el voltaje hasta cero.
- Quite el bajo voltaje a los cables a tierra y conecte la prueba de alta potencia realizándola entre las bobinas de bajo voltaje y tierra. Gradualmente aumente el voltaje por 1 minuto, después decrezca gradualmente el voltaje hasta cero.
- Si el procedimiento de las dos pruebas no causan daños o fallas el transformador es considerado satisfactorio y puede ser energizado.
- Desconecte todos los cables y vuelva a conectar todas las conexiones del primario y secundario y otros equipos del sistema que este pueda tener desconectados.

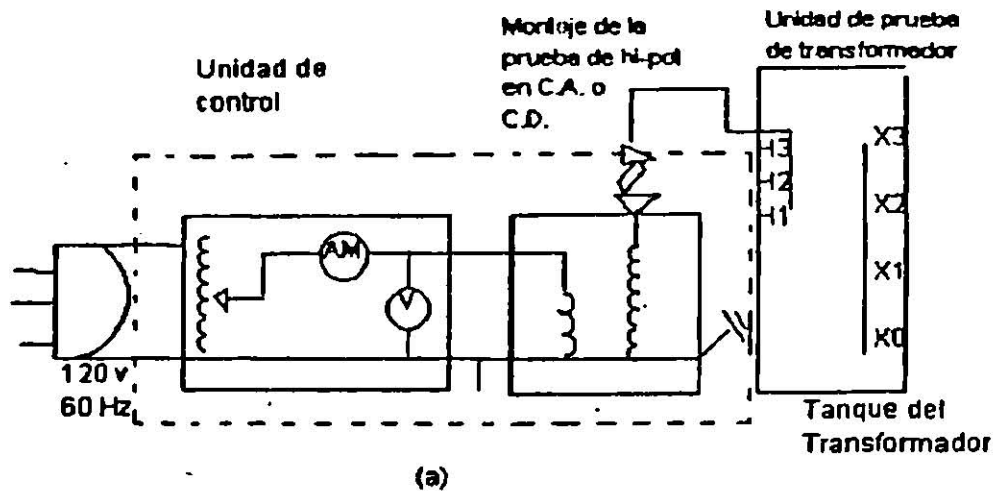


Fig. 2.3 Conexión de la prueba de alto voltaje del transformador (Hi-pot). (a) Conexión de la prueba Hi-pot en las bobinas de alta. (b) Conexión de la prueba de Hi-pot en baja.

## Rango de voltaje del cable

abajo de 300 Volts  
300 a 600 Volts  
2.4 a 5 Kv.  
arriba de 5 Kv

## Voltaje del Meghometro

500 Volts  
500 a 1 Kv  
2.5 a 5Kv  
arriba de 5 Kv

El siguiente es el procedimiento general cuando se utiliza un megohmetro (Megger) para la prueba de medición de resistencia.

- ⇒ Desconecte el cable a ser probados por otros equipos y circuitos para garantizar que no está energizado.
- ⇒ Descargue toda la capacitancia (ver apendice) almacenada en el cable por tierra antes de la prueba, además después de terminar la prueba.
- ⇒ Conecte la terminal de la línea del aparato al conductor a prueba.
- ⇒ aterrice los otros conductores juntos en la vaina y en la tierra. Conecte este a la terminal de tierra del aparato de la prueba.
- ⇒ Igualmente tome otros valores de resistencia de aislamiento entre un conductor y otros conductores conectados, un conductor a tierra y sobre manera. Las conexiones son presentadas en la figura 2.4 (a) hasta (d).
- ⇒ La terminal de protección del megohmetro puede ser usada para eliminar los factores de pérdidas de superficie a través del aislamiento expuesto en la parte final del cable, o ambos extremos del cable o pérdidas por tierra.

Las mediciones de resistencia de aislamiento debe ser realizada a intervalos regulares y registrada para propósitos de comparación. Guardado en la memoria para comparaciones ; las lecturas deben ser correctas a una baja temperatura, tal como 20 ° C.

Un continuo descenso en una indicación de aislamiento deteriorado aunque los valores medidos de resistencia son superiores a los límites mínimos aceptados.

### **Prueba de sobrepotencial en CD**

Esta prueba es para la aprobación y mantenimiento de cable. Ello indica la condición relativa del aislamiento a voltajes mayores o cercanos a los niveles de operación.

Esta prueba es usada para la identificación de debilidades en el aislamiento del cable, y además, para una avería o falla incipiente aunque no se recomienda. Por lo tanto, la falla incipiente de averías probables debe ser anticipado antes, y durante la prueba de hi-pot.



Esta prueba es usada para la identificación de debilidades en el aislamiento del cable, y además, para una avería o falla incipiente aunque no se recomienda. Por lo tanto, la falla incipiente de averías probables debe ser anticipado antes, y durante la prueba de hi-pot.

Si el cable falla esto es indicado por los cambios en la fuga de corriente, y si anteriormente el aislamiento es dañado la prueba puede ser detenida.

Los valores de voltaje de prueba para CD en la prueba de hi-pot están basados sobre la prueba de voltaje final de fábrica, el cual está determinado por el tipo y espesor de aislamiento, el tamaño del conductor, la construcción del cable, y aplicaciones en los estándares industriales.

Los valores de la prueba de CD correspondientes a un factor de CA de prueba para los voltajes de CA para cada sistema de aislamiento.

Esta razón se distingue como "K" la cual cuando es multiplicada por la prueba de aceptación con un factor de 80% y manteniendo el factor de 60% produciendo los factores de conversión para obtener los voltajes de prueba de CD para las pruebas de hi-pot, siendo estos factores de conversión para prueba de voltajes mostrados en la tabla 2.4.

Como una regla general, para la existencia de cables el mayor valor para mantenimiento no debe exceder del 60% del voltaje de prueba final de fabricación, y el valor mínimo de prueba no debe ser menor que el de CD equivalente del voltaje de operación.

En caso que el cable no pueda ser desconectado de todo el equipo conectado, el voltaje de prueba debe ser reducido a el nivel de voltaje de menor valor del equipo conectado.

La prueba de hi-pot puede ser conducida como un paso de la prueba de voltaje como sigue.

**Tabla 2.4**  
**FACTORES DE CONVERSION PARA LA PRUEBA DE HI-POT EN C.D.**

Tipos de Aislantes	K	Factores de Conversión	
		Aceptación de C.D. Voltaje de Prueba (0.8 x k)	Mantenimiento C.D. Voltaje (0.6 x k)
Papel impregnado cubierto de plomo	2.4	1.92	1.44
cuagulo de Barníz	2.0	1.60	1.20
Resistencia de hule compuesto de goma	3.0	2.40	1.80
Polietileno	3.0	2.40	1.80
Cloruro de polivinilo	2.2	1.76	1.32

## Voltajes contra prueba de caída de corriente

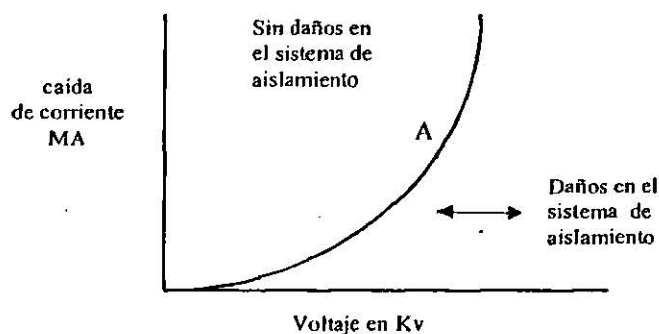
Aquí el voltaje es elevado en iguales pasos, y el tiempo es puesto entre cada paso para la caída de corriente para llegar a ser estable ; siendo la corriente alta como el voltaje aplicado debido a la capacitancia de la corriente de carga, caída de corriente en la superficie y corriente de descarga.

Como instantes del paso, estas corrientes transitorias llegan a ser mínimas con el estado estable de la corriente restante, que es la actual caída de corriente y una pequeña cantidad de absorción de corriente.

En cada paso de voltaje, la caída de corriente registrada es tomada antes del procedimiento al siguiente paso, usualmente, es recomendado por lo menos en ocho pasos iguales de voltaje y de 1 a 4 minutos entre cada paso.

La caída de corriente contra voltaje son trazados como una curva. Tan larga como está trazada la curva es lineal para cada caso, el sistema de aislamiento está en buena condición, pero si la caída de corriente empieza a aumentar debe ser notificado en el mostrado en la figura 2.5 punto A.

Si la prueba es seguida mas allá de esta prueba de voltaje, la caída de corriente se incrementa rápidamente y de inmediato cae, puede suceder en el aislamiento del cable. Al menos que la caída sea deseada, la prueba debe ser detenida tan pronto como sucede el incremento de la inclinación y sea notificado en la curva de voltaje contra la caída de corriente.

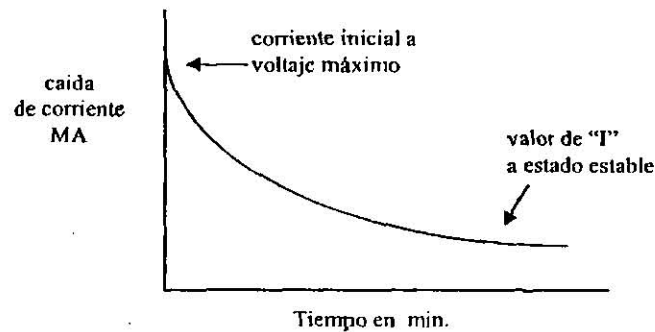


**Fig. 2.5 Paso de voltaje alto - potencial prueba de corriente.**

## Caída de corriente contra tiempo de prueba

Cuando el voltaje de prueba final de caída de corriente contra prueba de voltaje es alcanzado, puede dejarse encendido por 5 minutos, y la caída de corriente contra tiempo puede ser trazada para intervalos regulares de tiempo como la caída de corriente durante estos pasos para un alto valor inicial hasta un valor en estado estable.

Una buena curva como la figura 2.6 para cables debe indicar un decremento en la caída de corriente con respecto a tiempo o un valor en estado estable sin algún incremento de corriente durante la prueba.



**Figura 2.6 Caída de corriente contra tiempo**

## **Prueba de sobrepotencial**

La prueba de hi-pot es como un funciona, o no funciona en la prueba de sobrepotencial.

El voltaje es aplicado gradualmente para suministrar un estado de caída de corriente hasta el valor especificado, usualmente de 1 a 1.5 minutos es suficiente para alcanzar el voltaje final de prueba y al llegar al voltaje final es mantenido por 5 minutos, y si el aumento en la corriente por la falla de corto circuito, la prueba estará bien; aunque esta prueba no proporciona suficiente información como de resistencia resistencia requerida.

Este tipo de prueba es realizada después de la instalación y reparación, donde solo un cable resiste la verificación de fuerza sin un daño estaría certificado.

### **Prueba de sobrepotencial de CD (conexiones y procedimientos)**

La prueba de conexiones para esta prueba son iguales a los que se muestran en la figura 2.4 (a) y para cables de tres conductores son iguales a los que se muestran en la figuras 2.4 (b) y 2.4 (c). Los procedimientos de prueba son los siguientes :

- ⇒ El cable puede ser probado si está desenergizado, abierto en ambos extremos si es posible, y aterrizado a descarga, ninguna carga electrostática en el cable. Interruptores, transformadores de potencia, carga detenida, fusible, apartarrayos y algunos interruptores deben ser desconectados.
- ⇒ Si es imposible desconectar alguno o varios de los equipos conectados, ver figura 2.7 para ver equipos a ser desconectados, la prueba de voltaje no debe exceder el valor al cual podrán sobrtensionarse estos dispositivos conectados al cable.
- ⇒ La prueba de voltaje de CD debe ser aplicada para fase a tierra en cada conductor con otros conductores, protecciones y carcazas metálicas aterrizadas.

- ⇒ Asegúrese que el interruptor principal ON -OFF del aparato del hi-pot esté en la posición de apagado (off) y el interruptor de encendido del alto voltaje en la posición de pagado (off) con el interruptor del control de voltaje colocado en la posición de cero antes de iniciar la prueba.
- ⇒ Conecte el aparato asegurándose de conectar a una buena tierra el hi-pot de CD (nunca opere el aparato sin esta conexión) y que las conexiones estén apretadas.
- ⇒ Conecte la línea de retorno para otros conductores que no estén bajo prueba a tierra a la terminal de toma de tierra o a la protección del aparato. el interruptor de aterrizado del hi-pot debe colocar en un rango adecuado, siendo alrededor de 100 Volts de aislante requeridos en la línea de retorno. conecte la protección y vaina a tierra y a la terminal de tierra del aparato. La terminal de tierra está provista por derivación de corriente debido a la corona alrededor micrométrica de manera que la corona de corriente no es incluida en la lectura de prueba.
- ⇒ Conecte un extremo de la salida o línea del cable a la fase deseada del cable bajo prueba, donde la corona de corriente puede ser supuesta, debido a la aplicación de alto voltaje se recomienda que las conexiones sean roscadas, tapadas con bolsas de plástico, usar un aro de corona o un protector de corona, y el extremo del cable de salida es conectado a la salida o montaje de línea del aparato de prueba.
- ⇒ El cable usado para conectar el aparato hi-pot al cable bajo prueba, que es la línea o cable de salida, este debe ser corto y directo, y sostenido a la línea del tramo, de manera que no toque el suelo o se aterrice en algún material o superficie.

En caso de extensión de cables son usados con la salida o línea hasta alcanzar el cable bajo prueba, de preferencia usar cables cubiertos para este objeto. Los cables de extensión cubiertos y cable deben ser corridos desde el empalme cubierto y el cable del hi-pot debe ser conectado con un empalme cubierto, el cual debe ser corrido desde el empalme para evitar fugas posteriores.

en caso de que el cable de extensión no sea cubierto, debe ser precavido al colocarlo para mantener el alambre no cubierto lejos del aterrizado así como de sus superficies.

- ⇒ Cuando el cable cubierto es probado, lo recomendado es arreglar la tapa posterior alrededor de 2.54 mm para cada 10 Kv. La cubierta en el aparato, el extremo del cable es conectado a tierra y la cubierta en el otro extremo del cable puedes ser encintado y dejado pendiente sin alguna conexión hecha a este.
- ⇒ El aparato de prueba debe ser conectado dentro de 115 Kv, 60 Hz de salida. Es importante que la CD que proporciona el voltaje tenga una buena regulación en la línea de CD de voltaje de entrada.

El rango de voltaje de prueba en Kv debe ser seleccionado antes de iniciar la prueba.

La potencia ahora puede ser cambiada a encendido (ON) y la prueba empieza uno como paso de voltaje o como prueba en marcha, no en marcha.

- ⇒ Después de que la prueba es concluida, cambie el interruptor de alto voltaje del aparato a la posición de apagado (OFF). Deje el cable probado descargando a través del circuito interno del aparato o la tierra externa aplicada al cable por medio de la varilla caliente o guantes. No toque el cable hasta que esté completamente descargando.
- ⇒ Conecte una tierra al cable que fue probado y déjelo conectado por lo menos el doble del tiempo de prueba o hasta que el cable sea conectado dentro del sistema.

## **CAPITULO 3**

### **PRUEBAS DE CORRIENTE ALTERNA PARA EQUIPOS ELECTRICOS**

#### **3.1 Introducción**

Estas pruebas son usadas en campo para mantenimiento o para aceptar equipos eléctricos, estas pruebas se hacen a los transformadores, líquidos aislantes y cables ; siendo las pruebas más usadas la de alto potencial y la de factor de potencia.

La prueba de alto potencial se hace con voltajes superiores al voltaje nominal de operación, siendo pruebas de corta duración y la prueba del factor de potencia es sobre el aislamiento del sistema , la cual mide el coseno del ángulo entre la corriente de la carga y el voltaje aplicado.

#### **3.2 Transformadores**

Las pruebas a los transformadores se pueden hacer con un voltaje de CA o CD aunque se recomienda la prueba de CA porque se pueden simular los esfuerzos internos a que se somete un transformador durante condiciones normales de operación.

Las siguientes son las pruebas que se hacen a un transformador :

- \* Prueba de alto potencial con CA (hi-pot).
- \* Prueba del factor de potencia del aislamiento.
- \* Relación de vueltas del transformador (TTR)
- \* Prueba de polaridad.
- \* Prueba de potencial inducido.
- \* Prueba de excitación.

#### **Prueba de alto potencial con CA (hi-pot)**

Esta prueba se hace para evaluar las condiciones de los devanados del transformador, y se hace para todos los voltajes, especialmente para los superiores a 34.5 Kv.

El mantenimiento, el voltaje de prueba no debe exceder del 65% ya que se pueden dañar los aislamientos de los devanados ; y en campos se hace con un voltaje de prueba del 75% del valor con que se hizo la prueba en fábrica.

Los valores de la prueba para diferentes relaciones de voltaje en transformadores se ve en la tabla 3.1.



**PRUEBA DE ALTO POTENCIAL DE C.A. PARA ACEPTACION Y EN MANTENIMIENTO DE RUTINA EN TRANSFORMADORES AUTOENFRIADOS EN ACEITE AISLANTE.**

Relación de voltaje (KV)	Voltaje aplicado prueba de fábrica	Voltaje aplicado en campo (KV) 75%	Voltaje aplicado (KV) en mto. de rutina 65%
1.20	10	7.50	6.50
2.40	15	11.20	9.75
4.80	19	14.25	12.35
8.70	26	19.50	16.90
15.00	39	25.50	22.10
18.00	40	30.00	26.00
25.00	50	37.50	32.50
34.00	70	52.50	45.50
46.00	95	71.25	61.75
69.00	140	105.00	91.00

**Prueba de factor de potencia del aislamiento**

Esta prueba se hace en transformadores de alto voltaje y mide la pérdida de potencia debido a las corrientes de fuga a través del aislamiento.

El factor de potencia puede ser representada como la relación de watts (W) dividido con los volt-amperes ; y la ecuación se escribe de la forma siguiente :

$$f.p. = W / E \cdot I = E \cdot I \cdot \cos \theta / E \cdot I$$

donde :

E = Voltaje de fase

I = Corriente total de fase

$\theta$  = Angulo de fase entre E e I

W = Potencia (Watts).

La corriente total de fase (Y) es la resultante de las corrientes resistiva (Ir) y capacitiva (Ic), pero cuando el transformador es energizado con el secundario abierto (sin carga), la corriente resistiva es muy pequeña que es limitada por las pérdidas dieléctricas.

Esta es una condición cuando el factor de potencia es muy bajo y la mayor parte de la corriente es corriente capacitiva; así entonces se puede representar el factor de potencia como la relación de la corriente resistiva y la corriente capacitiva.

La figura 3.1 muestra una forma típica simple de un transformador de 2 devanados y pruebas estándar que le son aplicadas y los valores aceptados en la prueba de factor de potencia para transformadores se ven en la tabla 3.2.

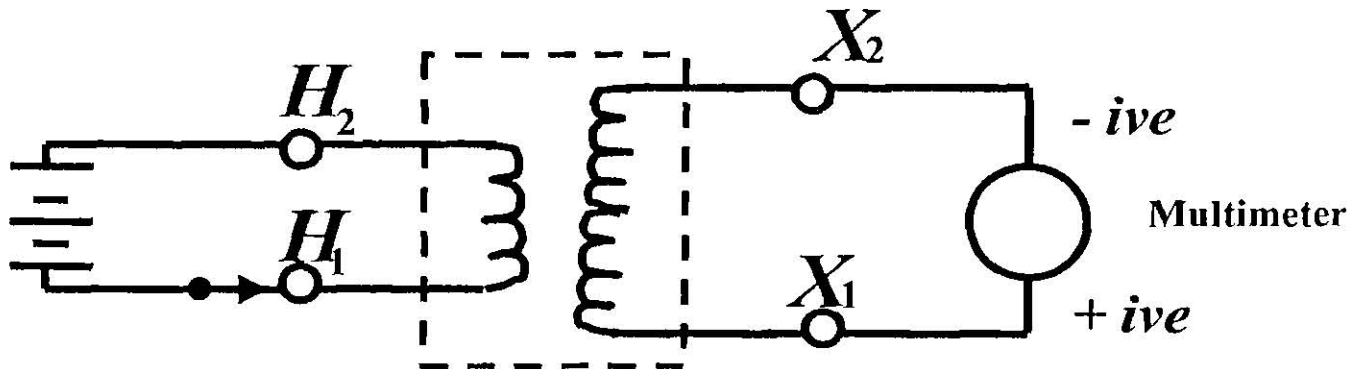


Figura 3.1

Tabla 3.2  
VALORES DE FACTORES DE POTENCIA PARA TRANSFORMADORES

Prueba	Bueno	% del Factor de Potencia Límite	Investigar
Devanado H	0.5 o menos	0.5 a 1.0	arriba de 1.0
Devanado X	0.5 o menos	0.5 a 1.0	arriba de 1.0
Entre devanados	0.5 o menos	0.5 a 1.0	arriba de 1.0

### Prueba de relación de vueltas del transformador (TTR)

En la prueba se aplican 8 Volts de CA al devanado de bajo voltaje del transformador que está bajo prueba y el transformador de referencia en el equipo TTR, además de que están conectados a través de un instrumento detector. Después de que la polaridad haya sido establecida a 8 Volts, cuando el aparato detector indica cero, la lectura que se lee, indica la relación de vueltas del transformador bajo prueba.

La prueba de relación de vueltas (TTR) proporciona la siguiente información:

- \* Determina la relación de vueltas y la polaridad de los transformadores monofásicos y trifásicos.
- \* confirma la relación de transformación de los datos de placa del transformador.
- \* Determina la relación de vueltas y polaridad (pero no la relación de voltaje) de transformadores que no tienen datos de placa. esta prueba no incluye la posición del tap de derivaciones del transformadores.
- \* Identifica perturbaciones en los devanados del transformador, por ejemplo, si estos devanados están abiertos o en corto circuito. Los resultados de esta prueba, deberán estar dentro de un 0.5% de los datos de placa.

## Prueba de polaridad

La prueba de polaridad puede hacerse con un TTR en transformadores de potencia, distribución y potencial. Sin embargo para transformadores de corriente el TTR no es usado; en lugar de esto se aplica una corriente directa a través de una batería y un multímetro, su conexión se ve en la figura 3.1. Esta prueba con una batería de CD se puede usar en transformadores de potencia y distribución, pero el TTR es preferible.

el voltaje de CD de la batería que es usado es de 7.5 Volts y el multímetro tiene un rango de voltaje de 3 Volts.

## Prueba de potencial inducido

Esta es una prueba que se hace con niveles de voltaje más altos que los voltajes normales de operación. Bajo esta prueba el aislamiento entre devanados y entre fases es sometido a un esfuerzo de un 65% por encima de la prueba a que es sometida en fábrica a una frecuencia arriba de 60 Hz, por lo general de 200 a 300 Hz. La frecuencia con se hace esta prueba es de 5 años.

Como la prueba de potencial inducido sobre exite el transformador, la frecuencia del potencial aplicado deberá ser lo suficientemente alta para asegurarnos que la corriente de excitación del transformador excede cerca de un 30% de esta misma corriente cuando está a plena carga, por lo general la frecuencia de esta debe ser reducida tal como se muestra en la tabla 3.2.

**TABLA 3.2 DURACION DE LA PRUEBA DE POTENCIAL INDUCIDO A DIFERENTES FRECUENCIAS**

Frecuencia (Hz)	Duración (tiempo) (en segundos)
120 o menos	60
180	40
240	30
300	20

El voltaje para empezar esta prueba deberá ser la cuarta parte o menos del voltaje nominal e irse aumentando hasta alcanzarlo en no más de 15 segundos. Después de mantener la prueba el tiempo mostrado en la tabla 3.2, se reduce el voltaje en un tiempo no mayor a los 5 segundos, a una cuarta parte del voltaje nominal o menos y en circuito abierto.

Cuando esta prueba se hace a transformadores trifásicos, se puede desarrollar energizando una fase y el voltaje se aplica entre líneas con la fase que se está probando a tierra. Los neutros del devanado pueden o no ser aterrizados durante la prueba.

Cuando la prueba de voltaje inducido sobre un devanado, da como resultado un voltaje entre terminales de otro devanado y que exceda la frecuencia del voltaje aplicado, entonces los devanados pueden ser separados y aterrizados.

### **Prueba de corriente de excitación**

La prueba de corriente de excitación (ver figura 3.2) cuando es usada en mantenimientos preventivos rutinarios para aceptar transformadores, provee un medio de detección si tiene corto circuito en sus devanados, problemas en su núcleo, falsos contactos interiores. etc.

La corriente de excitación (o corriente en vacío de el transformador) en un transformador es la corriente en el primario del mismo cuando es aplicado un voltaje en este lado y el secundario se mantiene en un circuito abierto.

Esta prueba se realiza de la siguiente manera:

En la figura 3.2 (a) se representa la fase H 1-2 energizada de una conexión trifásica en delta. Tres medidas son hechas de rutina (h 1-2, H 2-3 y H3-1) a voltajes abajo del nominal, no excediendo de 2.5 Kv ó 10Kv dependiendo de la relación que tenga el equipo de prueba. El devanado de bajo voltaje no es mostrado en la figura, esta aislado de la fuente de voltaje o carga durante la prueba. Si la conexión esta en estrella, el neutro esta aterrizado.

La figura 3.2 (b) ilustra la misma prueba con una fase energizada, estando un transformador trifásico conectado en estrella.

### **3.3 Pruebas de líquidos aislantes**

Los líquidos aislantes tales como aceites, silicón, etc. son usados en transformadores, interruptores, capacitores, debido a que estos líquidos aislantes se deterioran durante su uso, es necesario monitorearlos y hacerles pruebas para determinar sus propiedades dieléctricas.

Este punto describe las pruebas de voltaje alterno y de factor de potencia para determinar las condiciones de estos líquidos y prevenir fallas.

## Prueba dieléctrica en líquidos (Cup Tests)

Esta prueba de sobre voltaje alterno se aplica a los líquidos aislantes para determinar su punto de ruptura. Los valores típicos de ruptura son mostrados en la tabla 3.3

### VALORES DIELECTRICOS PARA LIQUIDOS AISLANTES EN TRANSFORMADORES

Tipos de líquidos	Ruptura Dieléctrica en (KV)	
	Satisfactorio	Se necesita regenerar
Aceite	23	Menor de 23
Askerel	26	Menor de 25
Silicone	26	Menor de 26
Wecosol	26	Menor de 26

**TABLA 3.3**

La prueba dieléctrica consiste en tomar una muestra del líquido aislante del transformador en un pequeño o taza (cup) y aplicarle voltaje entre los electrodos sumergidos en dicho aceite.

La prueba es repetida por lo menos 5 veces para determinar el promedio de ruptura en Kv.

En líquidos como Askare, aceite, es utilizado un recipiente (cup) que tiene en su interior los electrodos separados 2.5 mm=0.1 pulgadas. Esta prueba es descrita paso por paso en seguida.

## Prueba dieléctrica ASTM D-877

Generalmente los equipos con que se va a efectuar una prueba de rigidez dieléctrica son portátiles.

Las pruebas dieléctricas cuya ruptura en Kv esten en el orden de 40 Kv, son aceptables.

Las instrucciones y procedimientos son los siguientes:

a) Los electrodos y la copa deberán limpiarse con papel de seda o gamuza que esten limpios y secos . El espacio entre electrodos es una medida standard de 0.1 pulgadas.

b) Los electrodos y la copa deberán estar libres de gasolinas o solventes utilizados en su limpieza y secado.

c) Después de haber cumplido con los incisos (a) y (b), la copa es llevada con un líquido aislante que se va a probar y una vez que este completamente estático (sin burbujas), se aplica voltaje a razón de 3 Kv / se. hasta que sucede la ruptura.

d) Al comenzar cada prueba, los electrodos deben de ser examinados para cerciorarse de que esten libres de impurezas, acumulación de carbón, separación de electrodos, etc.

e) Si en una prueba, la ruptura salio por abajo de los valores establecidos para que el aceite sea aceptado, los electrodos y la copa deberán ser limpiados y preparados antes de hacer una segunda prueba.

f) La rigidez dieléctrica se ve alterada por impurezas y para obtener resultados satisfactorios, el aceite debe de ser filtrado varias veces hasta obtener puntos de ruptura de acuerdo con los valores mínimos establecidos.

g) La temperatura que debe de haber al hacer una prueba no debe de ser menor de 20°C (68°F).

h) El voltaje aplicado comenzara de cero y se incrementara a razón de 3Kv / seg. hasta obtener el punto de ruptura.

## **Procedimientos para el muestreo de líquidos aislantes**

Los recipientes de vidrio son recomendados para las muestras de aceite a las que se le van hacer las pruebas de rigidez dieléctrica debido a que facilmente pueden inspeccionarse y cerciorarse de que están completamente limpios.

### **Muestreo de aceite de transformadores**

Las instrucciones generales para un muestreo de aceite de transformadores son las siguientes:

- 1.- Para las pruebas de rigidez dieléctrica, acidez y tensión interfacial, con una muestra en un recipiente cuyo volumen sea menor a los 2 litros es suficiente.
- 2.- Las muestras deberán ser tomadas en días secos, y con poca humedad.
- 3.- Las muestras no deberán de ser tomadas en días lluviosos que tienen por humedad atmosférica arriba del 70%.
- 4.- Las muestras hay que protegerlas del viento y del polvo.



5.- Si las muestras son tomadas de valvulas, hay que limpiarlas para que esten libres de polvo y otros contaminantes.

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

El factor de potencia de un líquido aislante es el valor que se obtiene del coseno del ángulo de desfaseamiento entre el voltaje aplicado y la corriente resultante. El factor de potencia indica la pérdida de capacidad dieléctrica del líquido aislante y que aumenta al incrementarse la temperatura. La prueba del factor de potencia es ampliamente usada en pruebas de aceptación y mantenimientos preventivos en líquidos aislantes.

Esta prueba es hecha con la norma **ASTM D-924**

Un aceite aislante en buen estado, no debe exceder de 0.05% a 20°C. Un factor de potencia alto en aceites o líquidos aislantes es indicio de deterioro y/o contaminación con sedimentos, carbón, humedad, barniz, etc. Un factor de potencia en aceite usado, que sea mayor que el 0.5% deberá ser analizado en el laboratorio para determinar su origen.

En aceites aislantes como Askarel con un factor de potencia alto es considerado mayor a 2.0%

Un aceite nuevo se considera con un factor de potencia sw 0.05% o menos a una temperatura de 20°C.

El carbón o asfalto en el aceite causa decoloración. El carbón no necesariamente causa factor de potencia alto a menos de que presente humedad.

Las siguientes sugerencias sirven de guía para evaluar una prueba del factor de potencia:

Un aceite que tenga un factor de potencia cuyo valor se encuentre entre 0.5% y 2% a 20°C se considera satisfactorio.

Un aceite que tenga un factor de potencia cuyo valor sea superior al 2% a 20°C debiera ser regenerado.

## APENDICE

**Apartarrayos.-** Es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de origen atmosférico, el cual debe ser conectado a un extremo a la línea y el otro extremo a tierra necesiéndose vencer una resistencia para aterrizarse.

**Apartarrayos tipo autovalvular.-** Este consiste de varias capas de explosores conectados en serie por medio de resistencias variables cuya función es dar una operación más sensible y precisa. Se emplea en los sistemas que opera a grandes tensiones.

**Apartarrayos tipo resistencia variable.-** Este funda su principio de operación , es decir, con dos explosores, y se conecta en serie a una resistencia variable. Se emplea en tensiones medianas y en sistemas de distribución.

**Capacitancia.-** Es la propiedad de un circuito que nos dice que el circuito se opone a cualquier cambio en el voltaje.

**Corriente de absorción.-** Esta corriente es tan alta como el voltaje de prueba que se aplica y decrece a medida que el tiempo de aplicación de voltaje aumenta.

**Corriente de carga capacitiva.-** Esta corriente es tan alta como el voltaje que se aplica, es una función del tiempo, esto es, que la corriente de carga inicial y por lo tanto no debe evaluarse en el tiempo en que el voltaje es aplicado. Las lecturas de esta prueba no deben ser tomadas hasta que la corriente haya descendido hasta un valor bajo.

**Corriente de fuga.-** Esta es la corriente que es usada para evaluar las condiciones del aislamiento que está sometida a prueba deberá permitir que la corriente volumétrica se estabilice antes de tomar las lecturas de la misma.

**Corriente total.-** Es el promedio de todas las corrientes de fugas.

**Cuchillas desconectoras.-** Es un elemento que sirve para desconectar físicamente un circuito eléctrico, por lo general se operan sin carga, pero con algunos aditamentos se puede con carga, hasta ciertos límites.

**Descargas indirectas.-** Son sobretensiones que se almacenan sobre las líneas cargas electroestáticas que al ocurrir la descarga atmosférica se parte en dos y viajan en ambos sentidos de la línea a la velocidad de la luz y dañan el equipo.

**Interruptor.-** Es un dispositivo cuya función es interrumpi y restablecer la continuidad de un circuito eléctrico. Si la operación se efectúa sin carga (corriente), el interruptor se llama desconector o cuchilla desconectora, si en cambio la apertura es con carga (corriente nominal) o con corriente de corto circuito (en caso de alguna perturbación), el interruptor se le llama disyuntor o interruptor de potencia.

**Pararrayos.-** Su objetivo es ofrecer una protección contra los rayos, descargando las pequeñas cargas eléctricas tan pronto como se acumulan. Los apartarrayos acaban en una punta porque los objetos agudos sueltan las cargas más de prisa que los de cualquier otra forma, estos están conectados directamente a tierra.

**Relevador.-** Se puede definir como un dispositivo eléctrico que se localiza entre el circuito principal y el interruptor de tal manera que cualquier condición anormal en el circuito hace operar al relevador.

**Tap.-** La función de un Tap o cambiador de derivación en los transformadores es permitir la disponibilidad de distintos valores arriba y abajo de la tensión nominal.

**Transformador.-** Es aquel que puede transferir energía de un circuito a otro por medios electromagnéticos, transformando el voltaje y la corriente sin necesidad de que estén conectados.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Fundamentos de Electricidad – Eléctrica  
Slurzberg y Osterheld  
Mc. Graw Hill
- 2.- Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia  
William D. Stevenson  
Mc. Graw Hill
- 3.- El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales  
Gilberto Enriquez Harper
- 4.- Electrical Equipment Testing and Maintenance  
Gill  
Editorial Prentice Hall
- 5.- Elementos de Centrales Eléctricas.  
Gilberto Enriquez Harper  
Limusa



