



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"CUAUTITLAN"

29  
29

PRUEBAS AL EQUIPO ELECTRICO NECESARIAS PARA EL MONTAJE DE SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

P R E S E N T A N :

JULIAN MONROY DE LEON

PANFILO LOPEZ CRUZ

DIRECTOR DE TESIS: JORGE GUILLEN DE LA S.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX., 1984



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

"PRUEBAS DEL EQUIPO ELECTRICO NECESARIAS PARA EL MONTAJE -  
DE SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION".

## I N D I C E

Pág.

## CAPITULO I

1.1.- GENERALIDADES -----	1
1.2.- CLASIFICACION DE PRUEBAS -----	3
1.2.1. Pruebas en fábrica -----	4
1.2.2. Pruebas en campo -----	4
1.3.- OBJETIVO DE LA TESIS -----	7

## CAPITULO II

SUBESTACION DE DISTRIBUCION -----	8
2.1.- OBJETIVO DE LA SUBESTACION -----	8
2.2.- CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES -----	8
2.3.- SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION DE 115/345 KV. --	10
2.4.- ELEMENTOS DE UNA SUBESTACION -----	11
2.5.- DIAGRAMAS MAS USUALES EN SUBESTACIONES -----	13
2.6.- CONDICIONES DE OPERACION -----	13
2.6.1. Flexibilidad de operación y mantenimiento ----	19
2.6.2. Cantidad de equipo necesario -----	19

## CAPITULO III

TEORIA DE LOS DIELECTRICOS -----	23
3.1.- GENERALIDADES -----	23
3.2.- DIFERENCIA ENTRE UN AISLANTE Y UN DIELECTRICO -	24
3.3.- DEFINICIONES -----	27
3.3.1. Circuito dieléctrico -----	27
3.3.2. Capacitancia -----	29

3.3.3. Capacitor -----	29
3.3.4. Dieléctrico -----	29
3.3.5. Dieléctrico perfecto. (Dieléctrico ideal) ---	31
3.3.6. Dieléctrico imperfecto -----	31
3.3.7. Absorción dieléctrica -----	31
3.3.8. Constante dieléctrica -----	32
3.3.9. Factor de disipación dieléctrico, (Tan $\delta$ , D) --	33
3.3.10. Pérdidas dieléctricas -----	33
3.3.11. Angulo de pérdidas dieléctricas. ( $\xi$ ) -----	34
3.3.12. Factor de pérdidas dieléctricas. ( $\epsilon''$ ) -----	34
3.3.13. Angulo de fase dieléctrico. ( $\theta$ ) -----	34
3.3.14. Factor de potencia -----	35
3.3.15. Esfuerzo dieléctrico (Esfuerzo dieléctrico de falla) -----	35
3.3.16. Conductividad -----	36
3.3.17. Ionización -----	36
3.3.18. Resistencia eléctrica -----	37
3.3.19. Rigidez dieléctrica -----	38
3.4.- CLASES DE AISLAMIENTO -----	38

## CAPITULO IV.

PRUEBAS Y EQUIPO DE PRUEBAS EN CAMPO -----	45
4.1.- GENERALIDADES -----	45
4.2.- PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO -----	46
4.2.1. Indice de absorción y polarización -----	49
4.2.2. Voltaje de prueba aplicado -----	50
4.2.3. Utilización de la conexión de guarda -----	51
4.2.4. Factores que afectan a la resistencia de aislamiento -----	51
4.2.5. Métodos de medición de resistencia de aislamiento -----	53
4.2.6. Equipo de prueba -----	55

4.2.7. Procedimiento de prueba -----	58
4.2.8. Aplicación de la prueba de resistencia de aislamiento -----	59
4.3. PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS	64
4.3.1. Equipo de prueba -----	68
4.3.2. Procedimiento de prueba -----	72
4.3.3. Aplicaciones y procedimientos de la prueba de factor de potencia -----	76
4.4.- PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE -----	90
4.4.1. Equipo de prueba -----	96
4.4.2. Procedimiento de prueba -----	99
4.5.- PRUEBAS DE RELACION DE TRANSFORMACION Y POLARIDAD -----	106
4.5.1. Equipo de prueba -----	111
4.5.2. Procedimiento de prueba -----	115
4.5.3. Aplicación del T.T.R. a transformadores de potencia -----	118
4.6.- PRUEBA DE RESISTENCIA QUIMICA DE CONTACTOS ----	121
4.6.1. Equipo de prueba -----	122
4.6.2. Procedimiento de prueba -----	126
4.7.- TIEMPOS DE APERTURA Y CIERRE DE INTERRUPTORES -	131
4.7.1. Equipo de prueba -----	133
4.7.2. Procedimiento de prueba con el equipo "FAVAG"-	137
4.7.3. Aplicaciones -----	143
4.8.- PRUEBA DE VOLTAJES MINIMOS DE OPERACION -----	145
4.9.- HUMEDAD RESIDUAL -----	149
4.9.1. Método del abatimiento de vacío -----	150
4.9.2. Método del punto de rocío del gas. (Aire o nitrógeno) -----	152
4.9.3. Valores máximos aceptables de humedad residual en aislamientos sólidos de transformadores de potencia -----	153

## CAPITULO V.

PRUEBAS A EQUIPO ELECTRICO DE SUBESTACIONES -----	157
5.1.- PRUEBAS A CUCHILLAS DESCONECTADAS -----	158
5.2.- PRUEBAS A INTERRUPTORES -----	160
5.3.- PRUEBAS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA -----	164
5.4.- PRUEBAS DE TRANSFORMADORES DE MEDICION -----	170
5.5.- APARTARRAYOS -----	174

CONCLUSIONES -----	176
--------------------	-----

BIBLIOGRAFIA -----	179
--------------------	-----

## CAPITULO I

### 1.1.- GENERALIDADES.

Antes de montar un equipo eléctrico en una subestación - es necesario saber cuales son las condiciones eléctricas del equipo y sus componentes (pruebas preliminares), para saber el estado de sus aislamientos y circuito en general, después de su montaje (pruebas de recepción), para entregar a los departamentos encargados de su operación y su mantenimiento y por último durante la puesta en servicio (pruebas finales).

Todo este conjunto de pruebas al equipo de la subestación, es con el objeto de tener una confiabilidad mayor al ponerlo en servicio y evitar riesgos o daños a los mismos que en un momento dado podrían destruirlos completamente.

Las principales pruebas a efectuar durante su montaje, son las dieléctricas ya que los materiales aislantes en un equipo son la garantía para tener la seguridad de que no habrá fallas después de su instalación.

El equipo utilizando para realizar pruebas en campo, deberá ser de construcción adecuada para un manejo rudo, resistente a los golpes de transportación, con mayor amortiguamiento que un equipo normal, la precisión de todos los aparatos que se utilizan para pruebas en campo, es la misma con que los equipos del laboratorio, simplemente cambian algunos métodos de prueba.

Todas las pruebas están especificadas en normas naciona-

les e internacionales, específicas para cada equipo; existen - comités de normas en cada país, así como las normas Internacio nales IEC.

México	CCONNIE	Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica.
U.S.A.	NEMA	National Electrical Manufactu- rers Association.
Internacional	IEC	Internacional Electrotechnical Commission.
U.S.A.	ANSI	American National Standard - Institute.
U.S.A.	ASTM	American Society For Testing - and Materials.
U.S.A.	ASA	American Standard Association.
Japón	JIS	Japan International Standars.
Inglaterra	BSS	British Standard Society.
Alemania	VDE	Asociación de Electrotécnicos Alemanes.
Francia	NFC	Comité de Normas Francesas.
Suiza	SEV	Schwezerischer Electrotechnis- cher Verein.



Alemania	DIN	Instituto de Normalización Ale mán.
Italia	CEI	Comité Electrotécnico Italiano.
España	UNE	Unión Electrónica Española.
U.R.S.S.	SN	Comité de Normas Soviéticas.
Polonia	PN	Normas Polacas.

## 1.2.- CLASIFICACION DE PRUEBAS

Existen varios tipos de pruebas y su clasificación depen  
de principalmente del aparato o equipo a que se refiere,  
una breve clasificación generalizada se describe a conti  
nuación.

		a).- Pruebas de rutina o comercia- les.
		b).- Pruebas de fabricante o de di seño.
	En Fábrica	c).- Pruebas Opcionales.
		d).- Pruebas de aceptación.
		e).- Pruebas dieléctricas.
PRUEBAS		
		a).- Pruebas preliminares.
	En Campo	b).- Pruebas demostrativas.
		c).- Pruebas finales.

### 1.2.1.- PRUEBAS EN FABRICA

- a).- Pruebas de rutina.- Son las que obligatoriamente se deben de llevar a cabo en cada equipo y están especificadas en las normas, las cuales presentan el mínimo de requisitos para aceptar un equipo durante la producción.
- b).- Pruebas del fabricante.- Son las pruebas que no son obligatorias, pero se realizan por conveniencia para mantener el nivel de calidad requerido para asegurar el buen funcionamiento de los accesorios y equipos, bajo un prototipo de nuevo diseño.
- c).- Pruebas opcionales.- No son obligatorias, se realizan cuando se especifican en el contrato de compra-venta a solicitud del cliente y previa negociación de las mismas.
- d).- Pruebas de aceptación.- Una prueba de aceptación es para demostrar al cliente el grado de similitud de un equipo, con lo especificado por el comprador.
- e).- Pruebas dieléctricas.- Son las pruebas que consisten en aplicar un voltaje en un tiempo especificado, con el propósito de determinar la eficiencia de los materiales aislantes contra la ruptura y espaciamiento bajo condiciones normales.

### 1.2.2.- PRUEBAS EN CAMPO

- a).- Pruebas preliminares.- Son las pruebas que se realizan a los aislamientos para saber cuáles son las condiciones dieléctricas antes de su montaje.

- b).- Pruebas demostrativas.- Son las pruebas necesarias para garantizar a los departamentos operativos y de mantenimiento, las condiciones eléctricas de un - - equipo antes de la puesta en servicio.
- c).- Pruebas finales.- Son el conjunto de pruebas dieléctricas operativas y de simulación, que con operaciones reales demuestran completamente las condiciones del equipo, (disparo-cierre antes de operación).

También podemos clasificar las pruebas en función - de la severidad de las mismas, las cuales pueden - ser:

Destructivas.

No destructivas.

Pruebas destructivas.- En estos equipos son aquellas, en las cuales se expone el equipo a sufrir la perforación - de sus aislamientos por lo riguroso de las pruebas.

Pruebas no destructivas.- Son todas aquellas, en las cuales no se expone al equipo y solamente se miden las condiciones o características eléctricas de un equipo.

Es muy común designar a las pruebas de sobre tensión con el nombre de pruebas destructivas, la realidad es que no son destructivas sino que pueden ser destructivas cuando el diseño, manufactura o acondicionamiento de los aislamientos son incorrectos.

Las pruebas de sobretensión son realmente una garantía, de que los aislamientos fueron bien fabricados y bien diseñados.

Un ejemplo de la clasificación de las pruebas en un equipo como es a un transformador son las siguientes:

#### "PRUEBAS A UN TRANSFORMADOR"

- a).- Pruebas de rutina.- Relación de espiras, polaridad y secuencia de fases, inducido aplicado, pérdidas y corrientes de excitación, resistencia óhmica, impedancia, elevación de temperatura y resistencia de aislamiento.
- b).- Pruebas de fabricante.- Resistencia de aislamiento, factor de disipación, índice de absorción, rigidez dieléctrica, factor de potencia, pruebas de alambrado, calibración de instrumentos, fugas y presión de embargue.
- c).- Pruebas opcionales.- Nivel de impulso, nivel de ruido, radio influencia, efecto corona, descargas parciales, pérdidas de excitación a tensión y frecuencia diferente a las nominales.
- d).- Pruebas de aceptación.- Relación de espiras, pérdidas y corriente de excitación, resistencia óhmica, impedancia, elevación de temperatura y resistencia de aislamiento.
- e).- Pruebas dieléctricas.- Inducido, aplicado, impulso, efecto corona, factor de potencia a los aislamientos y rigidez dieléctrica.
- f).- Pruebas preliminares.- Relación de espiras, rigidez dieléctrica, factor de potencia a los aislamientos, % de humedad residual y núcleo a tierra.

- g).- Pruebas demostrativas.- Rigidez dieléctrica, factor de potencia al aceite, factor de potencia a los aislamientos, relación de espiras, resistencia de aislamiento.
- h).- Pruebas finales.- Resistencia de aislamiento, relación de espiras, señalización, cambiador de derivación automático y protecciones así como pruebas a las alarmas de fugas.

### 1.3.- OBJETIVO DE LA TESIS.

El objetivo de la presente tesis es describir la teoría de las pruebas y los equipos utilizados, para efectuarlas durante el montaje del equipo en las subestaciones de acuerdo a la norma adecuada para cada equipo, para así demostrar que CFE realiza adecuadamente la labor del aseguramiento de calidad y función del equipo, antes y durante su instalación.

## CAPITULO II

## SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION

## 2.1.- OBJETIVO DE LA SUBESTACION.

El objetivo principal de una subestación de distribución es la de recibir la energía de un suministro a alta tensión y convertirla en otra forma más adecuada para la distribución local y transmitir esta energía a los alimentadores a través de interruptores adecuados para la protección del servicio.

## 2.2.- CLASIFICACION DE LAS SUBESTACIONES.

Las subestaciones se pueden clasificar en:

A).- Por su operación (interna)	De corriente alterna
	De corriente directa
	Elevadoras
	Receptoras reductoras
Primarias	De distribución
	Rectificadoras
	De maniobra.
B).- Por su servicio.	Receptoras
	Distribuidoras
Secundarias	De enlace
	Convertidoras

Primarias.- Son las alimentadas directamente de las líneas de transmisión y reducen la tensión a valores menor

res para la alimentación de los sistemas de subtransmisión por las redes de distribución de manera que dependiendo de la tensión de transmisión puedan tener en su secundario tensiones del orden de 115, 85, 69 KV, y eventualmente 34.5, 23, 13.8, 6, y 4.16 KV.

Secundarias.- Estas son por lo general alimentadas de las redes de subtransmisión comprendidas entre 34.5 y 6 KV.

Tipo intemperie

C).- Por su construcción Tipo interior

Tipo blindado.

Subestaciones tipo intemperie.- Se construyen en terrenos expuestos a la intemperie (abiertas) y requiere de un diseño, aparatos y equipos capaces de soportar, bajo condiciones atmosféricas adversas un buen funcionamiento.

Subestaciones tipo interior.- En este tipo de subestaciones los aparatos y equipos que se utilizan están diseñados para operar en lugares cerrados, esta solución se usaba hace algunos años en Europa, actualmente son pocos los tipos de subestaciones de tipo interior y generalmente son usadas en la industria, incluyendo las subestaciones blindadas en hexafloruro de azufre ( $SF_6$ ).

Subestaciones tipo blindado.- En estas subestaciones los aparatos y equipos se encuentran protegidos y en espacios menores más reducidos en comparación con las subestaciones convencionales, hospitales, auditorios, edificios y centros comerciales que requieren de poco espacio para estas instalaciones.

### 3.- SUBESTACIONES DE DISTRIBUCION DE 115/34.5 KV.

La subestación de distribución es el conjunto de elementos de un sistema de potencia que une los generadores con los usuarios o cargas. Para poder transmitir grandes cantidades de energía eléctrica se utilizan las líneas de transmisión de alta tensión y extra alta tensión; en México se utilizan las tensiones de 400, 230, 161, 115, 85, y 69 KV; para transmitir la energía a diferentes partes de la República, dividiendo el sistema en subsistemas pequeños según su ubicación geográfica.

Las tensiones de distribución en los diferentes sistemas son 34.5, 23, 13.8, 4.16 KV; así como las tensiones utilizadas de 440, 220, y 127 Volts. Todas las subestaciones de 115/34.5 KV tienen transformadores trifásicos de 40 MVA, la capacidad instalada por subestación debe de ser hasta 80 MVA o sea el equivalente a dos transformadores de 24/32/40 MVA como máximo.

La capacidad instalada por subestación es inicialmente de 80 MVA, con dos transformadores, lo que da una capacidad firme de 48 MVA aceptando una sobrecarga de un 20% en uno de los transformadores, cuando el otro esté fuera.

Los estudios realizados por los fabricantes demostraron que no les causa ningún daño en su vida útil con la sobrecarga del 20%.

Con dos transformadores trifásicos de 40 MVA se alimenta una carga constituida de 6 alimentadores trifásicos de 34.5 KV de una capacidad de 8 MVA, lo que da una carga total máxima de 48 MVA.



Capacidad instalada 2X40 MVA	80 MVA.
Capacidad firme 40X1.2 MVA	48 MVA.
6 alimentadores de 8 MVA	48 MVA.

#### 2.4.- ELEMENTOS DE UNA SUBESTACION.

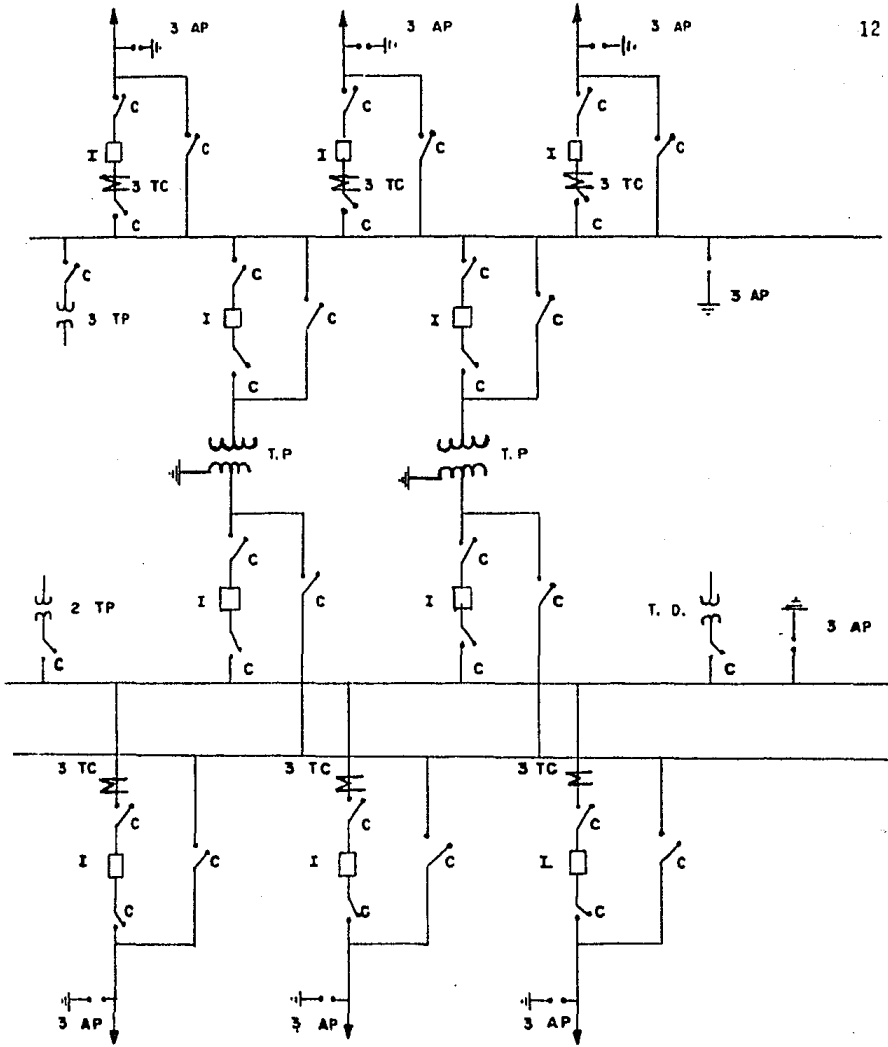
El número de elementos de una subestación de distribución es variable dependiendo del tipo de arreglo tanto en el lado de alta como de baja 115/34.5 KV.

Es importante en una subestación, conocer la capacidad total instalada, el número de alimentadores y la capacidad de cada alimentador lo cual se deriva del tipo de arreglo.

Para tener una idea se verá primero un arreglo típico de una subestación normalizada en el siguiente diagrama unifilar, así como el equipo que la compone, fig. 1.

#### CANTIDAD DE ELEMENTOS DE UNA SUBESTACION DE DISTRIBUCION NORMALIZADA.

CANTIDAD	DESCRIPCION
5	Interruptores de 115 KV.
15	Cuchillas de 115 KV.
9	Transformadores de corriente 115. KV.
3	Transformadores de potencial.
12	Apartarrayos de 115 KV.
2	Transformadores de potencia de 40 MVA - de 115/34.5 KV.
5	Interruptores de 34.5 KV.
15	Cuchillas de 34.5 KV.
9	Transformadores de corriente de 34.5 KV.
2	Transformadores de potencial.
1	Transformador de distribución.
12	Apartarrayos de 34.5 KV.



F E S C U N A M	
I. M. E.	
DIAGRAMA UNIFILAR	
Fig. 1 DE UNA SUBESTACION	

## 2.5.- DIAGRAMAS MAS USUALES EN SUBESTACIONES.

Para seleccionar el diagrama de una subestación se deberá considerar primeramente, las características específicas del sistema eléctrico y la función que realiza dicha subestación.

Los criterios que deben utilizarse para hacer la selección del diagrama unifilar más adecuado son los siguientes:

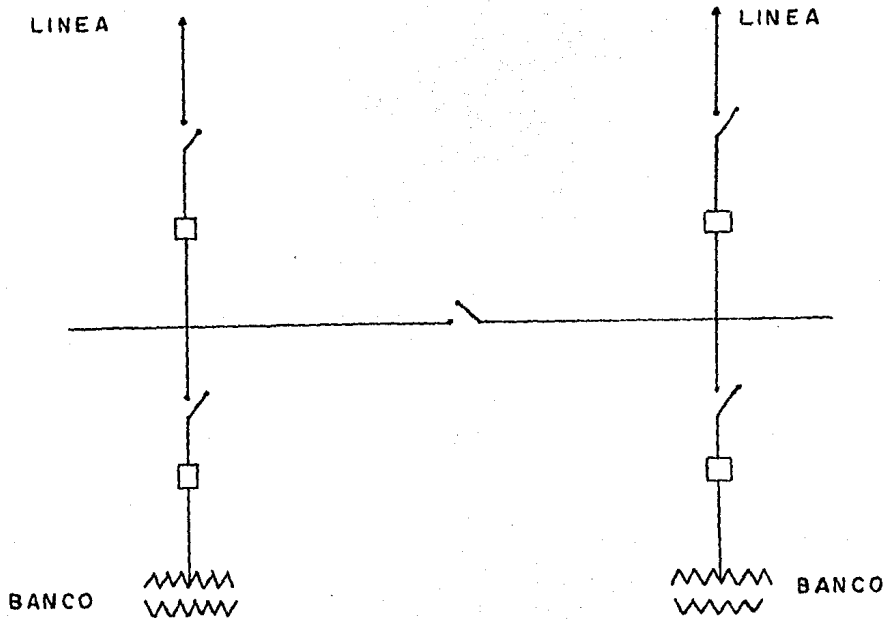
- 1.- Continuidad del servicio.
- 2.- Flexibilidad de operación.
- 3.- Facilidad para dar mantenimiento al equipo.
- 4.- Cantidad de equipo eléctrico necesario.

Los diagramas de conexiones usuales se mencionan a continuación:

- |            |        |   |
|------------|--------|---|
|            | Fig. 2 | Arreglo con un solo juego de barras colectoras (barra partida). |
| En 115 KV  | Fig. 3 | Arreglo con doble juego de barras colectoras y sus variantes.   |
|            | Fig. 4 | Arreglo de interruptor y medio y sus variantes.                 |
| En 34.5 KV | Fig. 5 | Arreglo con doble juego de barras colectoras.                   |

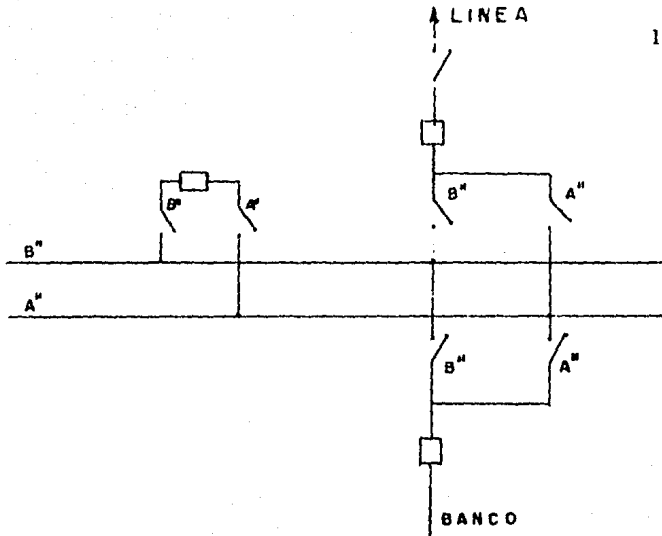
## 2.6.- CONDICIONES DE OPERACION.

- a).- Subestaciones con un solo juego de barras colectoras.

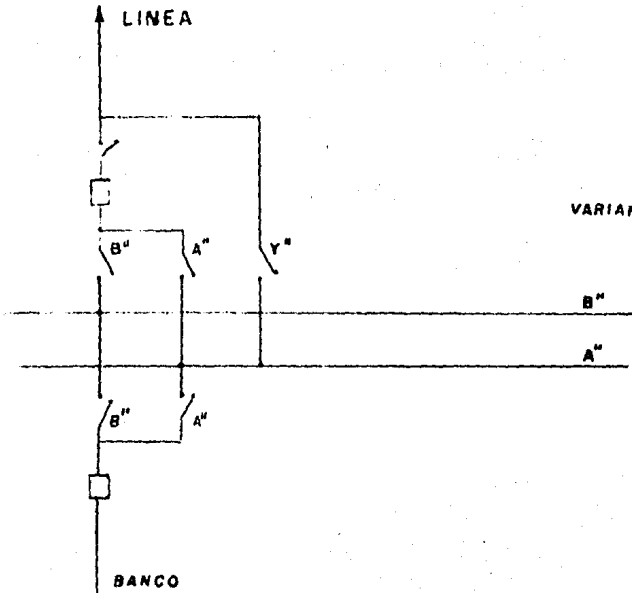


F	E	S	C	U	N	A	M
I.	M.	E.					
Fig. 2 DIAGRAMA DE CONEXIONES CON UN SOLO JUEGO DE BARRAS COLECTORAS							

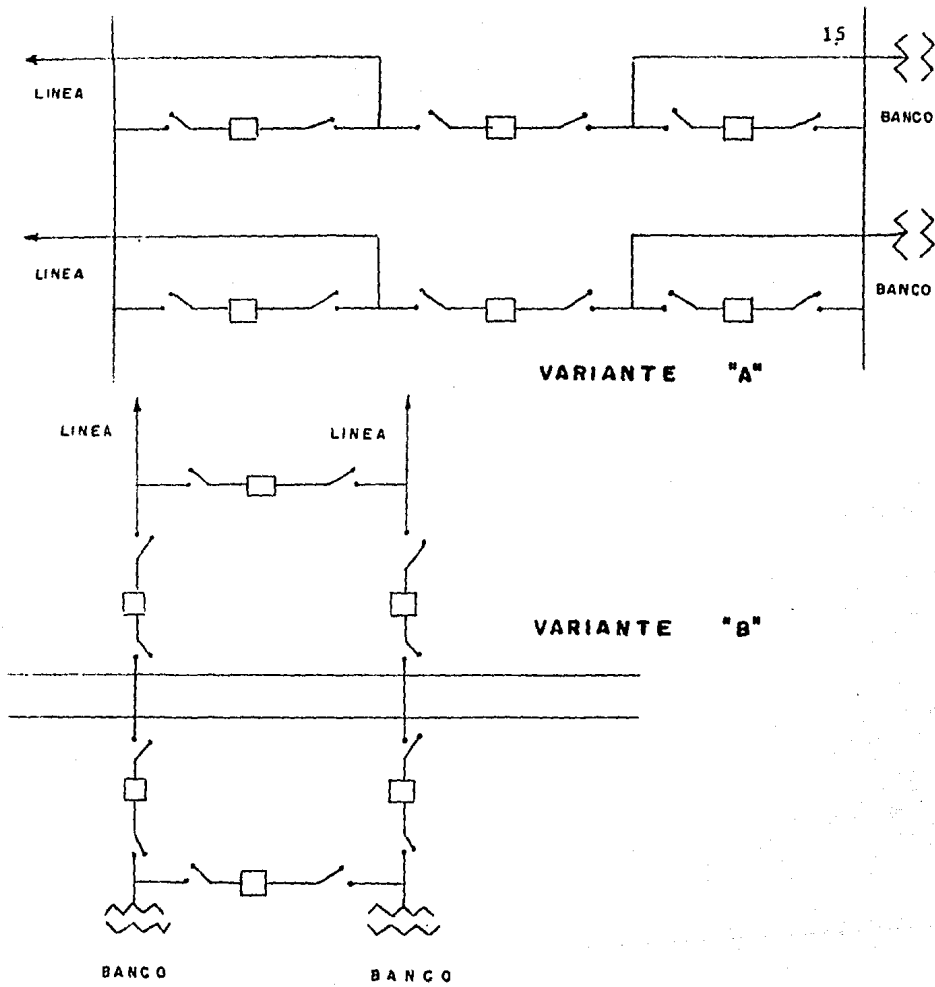
VARIANTE "A"



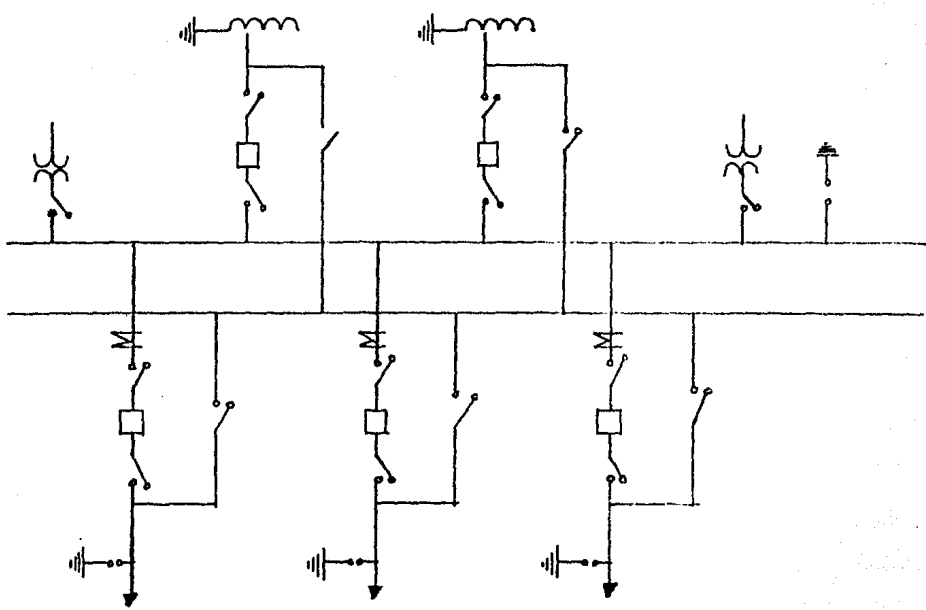
VARIANTE "B"



F E S C U N A M		
I. M. E.		
Fig. 3 DIAGRAMA DE CONEXIONES CON DOBLE JUEGO DE BARRAS COLECTORAS Y SUS VARIANTES		



F	E	S	C	U	N	A	M
I.	M.	E.					
Fig.4 DIAGRAMA DE CONEXIONES CON ARREGLO DE INTERRUPTOR Y MEDIO DE SUS VARIANTES							



F E S C	U N A M
I. M. E.	
FIG 5 ARREGLO CON DOBLE JUEGO DE BARRAS COLECTORAS	

En condiciones normales de operación todas las líneas y transformadores están conectados a una sola barra y en un momento dado dependiendo de la generación o de la carga se puede dividir en dos, por medio de las cuchillas - desconectoras de enlace, pero no se recomienda, por no ser flexible el sistema.

b).- Subestaciones con doble barra y comodín.

En condiciones normales de operación, todas las líneas y todos los transformadores están conectados a una barra y la otra se utiliza como auxiliar para poder substituir - cualquiera de los interruptores, por el interruptor comodín.

c).- Subestaciones con doble barra e interruptor de amarre.

En condiciones normales de operación, la mitad de los circuitos de 115 KV; que entran a la subestación y la mitad de los transformadores se conectan a una barra y la otra mitad a la otra barra operando normalmente con el interruptor de amarre cerrado; una falla podría librarse desconectando únicamente la mitad de los circuitos y la mitad de los transformadores en condiciones normales.

El interruptor comodín y las cuchillas "Y" son para darle flexibilidad al sistema sin necesidad de sacar de servicio una línea o un banco; se utiliza principalmente en las subestaciones de 85 a 23 KV.

Interruptor comodín.- Es el interruptor que puede substituir a cualquier interruptor de línea o banco teniendo protecciones, no sucede así en el interruptor de amarre.



d).- Subestaciones con interruptor y medio.

Es la solución que se ha adoptado en las nuevas subestaciones de 115 KV convencionales en condiciones normales de operación, todos los interruptores están cerrados, en caso de falla en las barras se desconectará el interruptor correspondiente, pero debido al arreglo de interruptor y medio, no se desconectará ninguna línea ni ningún transformador. Las ventajas de este arreglo son evidentes especialmente en subestaciones de interconexión.

#### 2.6.1.- FLEXIBILIDAD DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.

Si comparamos los diagramas de un solo juego de barras - con el de doble barra, resulta evidentemente que el segundo arreglo tiene por objeto permitir substituir cualquiera de los interruptores por el comodín para poder dar mantenimiento o efectuar reparaciones que se requieran, sin desconectar ninguna línea ni ningún transformador.

El arreglo con doble juego de barra, se tiene flexibilidad ya que se puede utilizar como arreglo con barras - principales y auxiliares con interruptor comodín, como se utilizaba anteriormente o como un arreglo con doble juego de barras e interruptor de amarre, que es el arreglo actualmente.

#### 2.6.2.- CANTIDAD DE EQUIPO NECESARIO.

La cantidad de equipo eléctrico en las diversas alternativas se presenta en la tabla siguiente, comparando los siguientes arreglos:

a).- Un solo juego de barras colectoras.

b).- Doble juego de barras colectoras.

c).- Interruptor y medio.

Estas comparaciones se hacen para una subestación de 115 KV, dos transformadores trifásicos, incluyendo los costos de los interruptores, cuchillas desconectadoras, - - transformadores de corriente y potencial, pero no el de los transformadores de potencia, que es el mismo para todas las alternativas.

#### PRECIOS UNITARIOS

Equipo	Costo P/U.
Interruptor de 115 KV	\$74,144,808.00
Cuchillas de 115 KV	3,758,941.00
Transformadores de corriente	225,000.00
Transformadores de potencial	302,778.00

Los precios son una estimación promedio de diferentes marcas, de fabricantes de equipo eléctrico nacional y extranjero.

\*Costos estimados al año 1983.

Arreglo	CANTIDAD DE EQUIPO EN 115 KV				Costo del Equipo	Costo %
	Interruptor.	Juego de Cuchillas	Juego de T'cs	Juego de T'ps		
Un solo Juego de Barras Colectoras.	4	7	4	1	324,094,597	100
Doble Juego de Barras Colectoras.	5	12	5	2	417,561,888	138
Interruptor y medio.	6	12	6	2	491,931,696	157

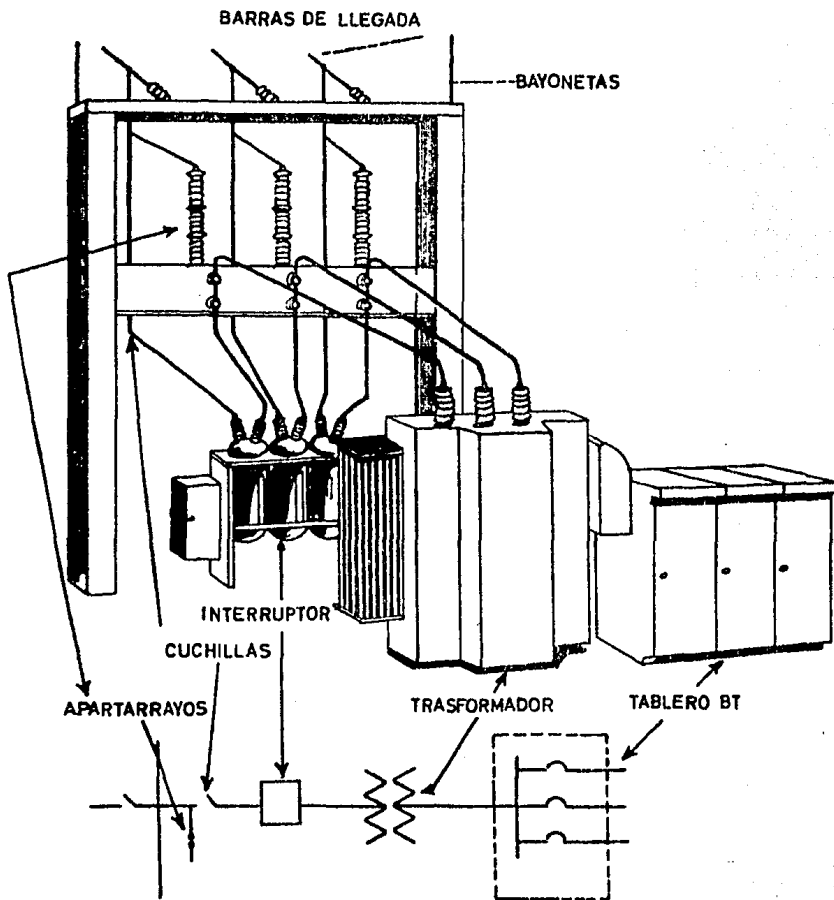
Analizando el arreglo de interruptor y medio, es el más caro pero el más confiable, flexible y con continuidad de servicio, permite la revisión de transformador, por lo que resulta justificable la adopción de este arreglo para las subestaciones más importantes.

El arreglo de doble barra, resulta más económico que el de interruptor y medio y será más económico al aumentar el número de líneas en una subestación, sin embargo debe recordarse que en caso de alguna falla en las barras se desconecta la mitad de la subestación y que para revisar un interruptor es necesario desconectar la línea o el transformador correspondiente.

El arreglo de un solo juego de barras colectoras es el más económico, pero una falla desconecta toda la subestación por lo que este arreglo no ofrece la confiabilidad necesaria, ni tampoco la flexibilidad para la operación de la misma, menos para el mantenimiento del equipo.

Por otra parte debe señalarse, que para realizar un diagrama de conexiones determinado pueden adoptarse varias disposiciones constructivas distintas, lo que puede presentar diferentes ventajas e inconvenientes desde el punto de vista; superficie ocupada, estructuras de soportes necesarias, cantidad de aisladores requeridos, tipo y longitud de las barras colectoras, claridad de la instalación para facilitar su operación y aspecto de la instalación con respecto al medio circundante. Todos estos factores tendrán una repercusión en el costo de la subestación.

También la elección del nivel de aislamiento determina las características de los aislamientos, de los aparatos y de las distancias entre las partes conductoras de distintas fases y entre las partes conductoras y tierra teniendo por lo tanto una recuperación importante en el costo de la subestación.

**EL DIAGRAMA UNIFILAR Y SU REPRESENTACION FÍSICA**

## CAPITULO III

## TEORIA DE LOS DIELECTRICOS

## 3.1.- GENERALIDADES.

Es indudable que las condiciones de los aislamientos en todo equipo eléctrico, determinan generalmente la vida de estos, bajo condiciones normales de operación.

Por ejemplo, las partes que determinan la vida de un transformador son sus aislamientos y son éstos, sin mayor duda las partes más delicadas y vulnerables de todo el conjunto.

Las características eléctricas que definen un aislamiento, se ven afectadas principalmente por:

- a) Humedad.
- b) Temperatura.
- c) Oxígeno.
- d) Gases.
- e) Impurezas.

Estos factores determinan la velocidad de envejecimiento de los aislamientos una vez iniciada la degradación de éstos, los productos de la descomposición actúan como catalizadores, acelerando cada vez más el envejecimiento de los aislamientos.

Las características que deberá reunir un aislamiento son:

- a) Estabilidad y larga vida.
- b) Rigidez dieléctrica constante.

- c) Valor mínimo de pérdidas dieléctricas.
- d) Resistencia a la ionización y al efecto corona.
- e) Resistencia a altas temperaturas.
- f) Resistencia a los esfuerzos mecánicos.
- g) Flexibilidad mecánica.
- h) Resistencia a la humedad.
- i) Resistencia a los agentes químicos.
- j) Alta resistencia dieléctrica.
- k) Bajo factor de potencia.
- l) Buenas propiedades físicas aún a bajas temperaturas.

### 3.2.- DIFERENCIA ENTRE UN AISLANTE Y UN DIELECTRICO.

Material aislante.- Son aquellos materiales en los cuales es difícil arrancar los electrones de los átomos, porque estos átomos no tienen electrones en libertad de movimiento, es decir, que su última órbita está completa y la conducción aunque raquítica se lograría, pero con una diferencia de potencial demasiado alta. Se les llaman aislantes cuando se consideran las propiedades de conducción de la corriente únicamente.

La corriente que pasa a través del aislante se llama corriente de fuga. La intensidad de esta corriente que puede ser tolerada, determina la clase de material que puede utilizarse como aislante; las medidas se expresan generalmente por la resistencia de aislamiento en "megohms", para los aislantes debería ser normalmente mayor de un megohm centímetro.

Material dieléctrico.- Cuando el comportamiento de un material aislante se refiere a los fenómenos dieléctricos como son:

El número y densidad de las líneas de fuerza de los campos las pérdidas producidas por los esfuerzos dieléctricos y la resistencia a la operación por chispa, el medio se llama dieléctrico.

El vacío es el único dieléctrico perfecto conocido; tiene conductancia cero. Los materiales aislantes son dieléctricos imperfectos y cuando están sometidos a una tensión presentan:

- 1.- Corriente de desplazamiento.
- 2.- Absorción de corriente.
- 3.- Paso de corriente de conducción.

Por tanto la diferencia entre un aislante y un dieléctrico es que:

Aislante se llama, sólo cuando se consideran las propiedades de conducción de la corriente y dieléctricos cuando se consideran los fenómenos dieléctricos enunciados anteriormente.

Aislante es un término muy general que se puede utilizar en muchos casos, en la actualidad existen profesionistas en la materia que utilizan los términos indistintamente para referirse a los mismos, incluso varios autores consideran a un aislante igual que a un dieléctrico.

Existen dos teorías para explicar la perforación de un dieléctrico por sobre tensión; una se conoce con el nombre de descarga térmica y la otra como descarga eléctrica pura.

Descarga térmica.- Cuando se expone una substancia aislante a un campo eléctrico alterno, dicho aislante se ca

lenta debido a las pérdidas por conducción y las pérdidas dieléctricas ocasionadas por el movimiento iónico en el material.

Las pérdidas producidas son superiores a las disipadas, el calentamiento es ascendente hasta que el material se quema y falla, por lo regular este fenómeno no es debido a una sobretensión de baja duración, sino a una tensión excesiva de relativa larga duración; la descarga térmica ocurre en aquellos materiales aislantes que tienen un valor alto de factor de potencia.

Descarga eléctrica pura.- Cuando el gradiente de potencial al que se somete un aislante llega a un valor tal - que los electrones libres alcanzan velocidades ionizantes, se forma ante él un ánodo de carga positiva compuesta por iones estacionarios que incrementan el gradiente de potencial hasta que ocurre la perforación.

La descarga eléctrica pura ocurre en aquellos materiales aislantes con muy bajo valor de factor de potencia como son, los gases y algunos líquidos aislantes de alto grado de pureza.

Del enunciado de las dos teorías de la perforación de un dieléctrico, se puede concluir que el valor de perforación de un aislante es función del tiempo y de la frecuencia de la tensión aplicada. Se debe de eliminar la idea de que las pruebas de sobretensión especialmente la de impulso, dejan lastimados los aislantes, estas pruebas sólo son destructivas cuando la estructura aislante es defectuosa, en cuyo caso la falla se puede detectar con un alto grado de seguridad.



Para poder entender las propiedades de los dieléctricos utilizados como aislantes, en los equipos eléctricos de potencia, debemos de conocer las definiciones de los - - principales términos o características dieléctricas, lo cual constituye la "teoría de los dieléctricos".

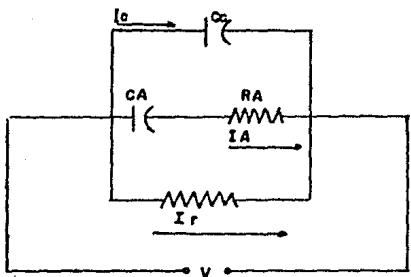
### 3.3.- DEFINICIONES.

#### 3.3.1.- Circuito Dieléctrico.-

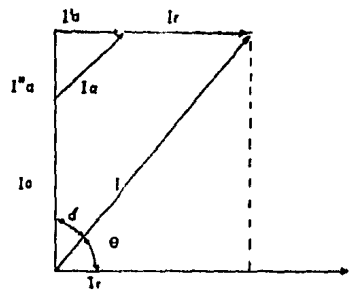
El propósito de un aislamiento en un circuito eléctrico, es confinar el campo eléctrico y la corriente a áreas y trayectorias previamente establecidas. Al aplicarse una diferencia de potencial a través del aislamiento circular a una corriente, que por pequeña que sea, está constituida por dos componentes que son:

- 1.-) Corriente capacitativa.
- 2.-) Corriente resistiva.

Con el fin de representar estas componentes en un diagrama se ha empleado el circuito de la figura 6.

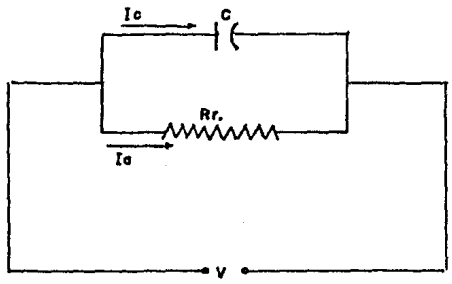


(a)

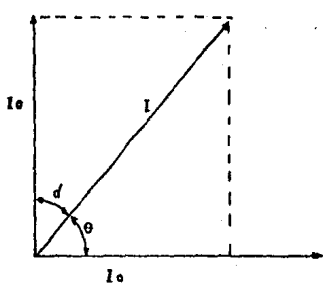


(b)

FIG. A PARA EL ACEITE AISLANTE



(a)



(b)

FIG. B PARA AISLAMIENTOS SOLIDOS

F	E	S	C	U	N	A	M
I	M	E					
Fig. 6 CORRIENTE EN UN DIELECTRICO PARA AISLAMIENTOS SOLIDOS.							

Como se observa, el circuito (a) de la figura 6, está -  
constituido por dos ramas conectadas en paralelo al ais-  
lamiento que son:

- La capacitancia del aislamiento; (cuyo valor en -  
un buen material dieléctrico debe ser pequeño y -  
en el dieléctrico ideal debería ser cero).
- La resistencia de aislamiento; (cuyo valor en un  
buen material dieléctrico debe ser grande y en el  
dieléctrico ideal debería ser infinito).

### 3.3.2.- Capacitancia.-

Es la propiedad de un capacitor o de un sistema de die-  
léctricos y conductores, los cuales permiten el almacena-  
miento de carga eléctricamente separadas cuando una dife-  
rencia de potencial existe entre los conductores.

### 3.3.3.- Capacitor.-

Es un dispositivo que consiste de dos conductores aisla-  
dos A y B; que tienen cada uno una superficie extendida,  
la cual es expuesta a la otra superficie del otro conduc-  
tor, pero separada por una capa de un medio aislante, el  
cual sólo es acomodado y usado; de tal manera que la car-  
ga eléctrica en el conductor A es igual pero opuesta en  
clase o signo a la carga B, los dos conductores son lla-  
mados electrodos del capacitor.

### 3.3.4.- Dieléctrico.-

Es un medio en el cual es posible producir y mantener un  
campo eléctrico, con poco o nada de suministro de ener-  
gía de fuentes externas. La energía requerida para produ-

cir el campo eléctrico, es recuperable, en todo o en parte cuando el campo es removido. El vacío, también como todos los materiales aislantes es dieléctrico.

### 3.3.5.- Dieléctrico perfecto (dieléctrico ideal).-

Es un dieléctrico en el cual toda la energía requerida para establecer un campo eléctrico es recuperable, cuando el campo o el voltaje imprimido es removido. Por consiguiente un dieléctrico perfecto tiene cero conductividad y todos los fenómenos de absorción están ausentes. - Un alto vacío, es sólo conocido como dieléctrico perfecto.

3.3.6.- Dieléctrico imperfecto.- Es aquel, en el cual una parte de la energía requerida para establecer un campo eléctrico no es regresada al sistema eléctrico cuando el campo es removido. La energía la cual no es regresada, es convertida dentro del dieléctrico en calor.

### 3.3.7.- Absorción dieléctrica.-

Todos los materiales aislantes, son dieléctricos imperfectos. Cuando se les somete a un campo eléctrico, se acumulan cargas eléctricas en el material. Esta situación es diferente al efecto capacitivo. Si se aplica una diferencia de potencial a un dieléctrico, aparece una carga capacitiva, más una carga originada por la absorción dieléctrica.

Una manera de determinar la absorción, es a través del índice de polarización.

Se entiende por polarización, al cambio de posición que sufren algunas moléculas cuando se les somete a un gradiente de potencial.

A unas moléculas cuyos centros de carga positivos y negativos coinciden se les denomina moléculas neutras, en estas condiciones un campo eléctrico que se aplique a dichas moléculas separa los centros de carga una distancia "S", originándose así un momento polar igual a "qs". Si las moléculas se polarizan en un instante determinado, el desplazamiento de carga origina una corriente cuya densidad es igual a:

$$I = nq \frac{ds}{dt}$$

Algunas moléculas por naturaleza ya son polares, esto es, aún en ausencia de campo eléctrico los centros de carga positiva y negativa no coinciden, pero la orientación de este arreglo es confusa. Tales materiales al someterse a un gradiente de potencial transforman su arreglo confuso en uno ordenado, estableciendo así una corriente de polarización.

### 3.3.8.- Constante dieléctrica.-

Existen dos definiciones para esta propiedad:

- a).- "La propiedad de los materiales aislantes por medio de la cual queda determinada la energía electrostática que almacena el material".
- b).- La constante dieléctrica como el cociente que existe entre la capacitancia de dos capacitores iguales que contengan diferente medio dieléctrico, en uno está constituido por el material del cual se requiere determinar la constante dieléctrica del aire por definición es igual a uno.

Una forma muy elemental de visualizar este fenómeno, es considerar la constante dieléctrica, como la consecuencia del comportamiento de los dipolos de un dieléctrico sometido a un campo eléctrico.

### 3.3.9.- Factor de disipación dieléctrico, ( $\text{Tan}\delta$ , (D)).

Es la tangente del ángulo de pérdidas o la cotangente del ángulo de fase en el dieléctrico.

En el diagrama (b) de la figura 6 la corriente capacitiva es igual a:

$$I_c = \frac{V}{X_c}$$

La corriente resistiva es igual a:

$$I_r = \frac{V}{R}$$

La tangente trigonométrica del ángulo es igual a:

$$\text{Tangente} = \frac{I_r}{I_c}$$

$$\text{Tangente} = \frac{V/R}{V/X_c} = \frac{X_c}{R}$$

Por lo tanto, el factor de disipación se puede definir como la relación que existe entre la reactancia capacitiva y la resistencia del circuito equivalente del dieléctrico.

### 3.3.10.- Pérdidas dieléctricas.-

Se producen por la componente de la corriente de desplazamiento que circula a través de la resistencia del dieléctrico, cuando se somete éste a un gradiente de potencial.

El efecto principal de estas pérdidas es que se transforman en calor, lo que empobrece la disipación de calor - producido por la corriente que circula a través del conductor. Por consiguiente las pérdidas dieléctricas en un aislamiento, están expresadas por la siguiente ecuación.

$$\text{Pérdidas} = V^2 F C (\cos \theta)$$

Donde:

V = Gradiente de potencial a que se somete el aislamiento.

F = Frecuencia.

C = Capacitancia.

$\cos \theta$  = Factor de potencia del aislamiento.

### 3.3.11.- Angulo de pérdidas dieléctricas ( $\delta$ ) (Diferencia de fase dieléctrica)

Se acostumbra llamar a la tangente, tangente del ángulo de pérdidas dieléctricas, determina las pérdidas en un dieléctrico que se encuentra bajo la acción de una corriente alterna.

El ángulo de pérdidas dieléctricas, es la diferencia entre  $90^\circ$  y el ángulo de fase dieléctrico; ya que cuando se tienen corrientes de fuga muy pequeñas, el ángulo es muy pequeño.

### 3.3.12.- Factor de pérdidas dieléctricas ( $e''$ )

El factor de pérdidas dieléctricas de un material, es el producto de su constante dieléctrica (Relativa) y su factor de disipación (Tangente del ángulo de pérdidas dieléctricas).

### 3.3.13.- Angulo de fase dieléctrica ( $\theta$ )

Es la diferencia angular que existe entre la diferencia

potencial sinusoidal alterna aplicada a un dieléctrico y la componente que resulta de la corriente alterna.

### 3.3.14.- Factor de potencia.-

Cuando se aplica una diferencia de potencial a un material dieléctrico perfecto, se establece a través de él una corriente capacitiva  $90^\circ$  adelantada con respecto al voltaje aplicado. Ahora bien ningún material dieléctrico es perfecto, la corriente que circula por él está constituida por dos componentes que son:

- 1.- La componente capacitiva defasada  $90^\circ$  con respecto al voltaje aplicado.
- 2.- Componente resistiva en fase con el voltaje aplicado.

La suma vectorial de ambas corrientes (Fig. 6, inciso 6), es igual a la corriente resultante, la cual va a formar un ángulo con la dirección positiva, respecto al voltaje aplicado.

Por definición el factor de potencia es igual al coseno del ángulo formado por el vector de la corriente de carga y el vector del voltaje aplicado.

$$\text{Factor de potencia} = \text{COS } \theta = \text{SEN } \quad = \quad \text{TANG}$$

### 3.3.15.- Esfuerzo dieléctrico (Esfuerzo dieléctrico de falla).-

El esfuerzo dieléctrico de un material, es el gradiente de potencial a la cual ocurre la falla o el rompimiento eléctrico, para obtener el verdadero esfuerzo dieléctrico, el máximo gradiente actual debe ser considerado o la muestra de prueba y los electrodos deberán ser dispuestos de tal manera, que el gradiente uniforme sea obtenido.



El valor obtenido para el esfuerzo dieléctrico dependerá del espesor del material, del método y de las condiciones de la prueba.

### 3.3.16.- Conductividad.-

Como todos los aisladores son conductores de electricidad; en algún grado es más fácil de emplear el término -conductividad que resistividad, al exponer este componente de las pérdidas de aislamiento. La conductividad, fuga o dispersión de un aislamiento puede considerarse como el recíproco de su resistividad volumétrica y superficial.

### 3.3.17.- Ionización.-

En el aire o en un gas que se somete a un campo eléctrico, cuya intensidad es superior a la rigidez dieléctrica del fluido, se establecen corrientes eléctricas de características muy especiales, este fenómeno recibe el nombre de "ionización" y se caracteriza por descarga luminosa.

La ionización del aire es responsabilidad de dos situaciones en los materiales dieléctricos, que forman el sistema aislante en un equipo eléctrico.

1.- La corriente que se establece en el aire está formada por iones y electrones libres en movimiento, cuya rapidez y dirección están determinadas por la intensidad del campo eléctrico, su frecuencia, así como la temperatura y presión a que se encuentra el aire. La energía cinética adquirida por los electrones es aprovechada para ionizar átomos originalmente neutros, esto se logra por el desprendimiento de electrones de los átomos neutros, cuando son activados por colisiones a que se ven sometidos por los electrones libres.

Esto hace del fenómeno de ionización, un proceso acumulativo.

Los materiales que se encuentran en una zona donde existe ionización, están sometidos también a un bombardeo iónico.

En este caso la energía cinética, de electrones y iones, es convertida en energía térmica en el material, o sirve para romper las ligaduras de los elementos químicos que constituyen el material, lo cual lo degrada, reduciendo sus características inherentes.

2.- La otra consecuencia de la ionización del aire, es la generación de ozono, estado alotrópico del oxígeno.

Muchos de los materiales comunmente empleados como aislamientos, pueden ser afectados por una o ambas de las situaciones antes mencionadas, reduciendo así la vida útil del material, lo que afecta la operación del equipo.

### 3.3.18.- Resistencia eléctrica.-

Al igual que en el caso de los conductores, la resistencia eléctrica en los materiales aislantes se define como; la resistencia que ofrece un material a que circule a través de él una corriente, cuando se le aplica una diferencia de potencial en corriente directa.

Son dos tipos de resistencia que hay que controlar en los materiales dieléctricos.

a).- Resistencia volumétrica.

b).- Resistencia superficial.

### 3.3.19.- Rigidez dieléctrica.-

La rigidez dieléctrica de un aislamiento, se define, como la capacidad del material para soportar tensión eléctrica sin que se presente la ruptura dieléctrica.

Todavía no se explica en forma satisfactoria la causa que produce la ruptura dieléctrica de un material aislante; son muchas las teorías que se han propuesto, se cree que la falla se produce entre otras causas por la alteración en la estructura molecular del material, ocasionada por los efectos térmicos y eléctricos a los que se somete.

La tensión eléctrica que soporta un material por unidad de longitud, en el instante en que se presente la ruptura dieléctrica, se denomina "rigidez dieléctrica del material".

### 3.4.- CLASES DE AISLAMIENTO.

El aislamiento eléctrico es toda substancia de tan baja conductividad, que el paso de la corriente eléctrica a través de ella puede ser despreciado.

En este punto trataremos la clasificación de los materiales aislantes, utilizados en máquinas y aparatos eléctricos, en base a la temperatura de trabajo que pueden soportar permanentemente en condiciones normales de operación.

Las clases de los materiales aislantes y las temperaturas límite que les son atribuidas, son las siguientes:

<u>Clase</u>	<u>Tipo</u>	<u>Temperatura</u>
90	"O"	90 °C
105	"A"	105 °C
120	"E"	120 °C
130	"B"	130 °C
155	"F"	155 °C
180	"H"	180 °C
220	"C"	más de 180 °C

#### Clase 90

Es la clase de aislamiento que comprende materiales o combinaciones de los mismos, tales como: algodón, seda y papel, sin impregnación ni sumergidos en un líquido dieléctrico. Pueden ser incluidos en esta clase, otros materiales o combinación de los mismos si por medio de ensayos se demuestra que pueden ser capaces de soportar satisfactoriamente la temperatura de 90 °C.

#### Clase 105

Es la clase de aislamiento que comprende materiales tales como: algodón, seda, papel, convenientemente impregnados, revestidos o sumergidos en líquidos dieléctricos como un aceite aislante. Pueden ser incluidos en esta clase, otros materiales o combinación de los mismos, si por medio de ensayos se demuestra que pueden ser capaces de soportar satisfactoriamente la temperatura de 105 °C.

#### Clase 120

Es la clase de aislamiento que comprende materiales o combinación de los mismos tales como: cartón, papel y productos de papel térmicamente estabilizados, convenientemente impregnados, revestidos o sumergidos en líquidos dieléctricos como un aceite aislante. Pueden ser incluí-

dos en esta clase otros materiales o combinación de los mismos si por medio de los ensayos se demuestra que pueden ser capaces de soportar satisfactoriamente la temperatura de 120 °C.

#### Clase 130

Es la clase de aislamiento que comprende materiales o combinación de los mismos tales como: mica, fibra de vidrio, asbesto, etc., con un aglomerante, impregnante o revestimiento adecuado. Pueden ser incluidos en esta clase, otros materiales o combinación de los mismos, no necesariamente inorgánicos, si por medio de ensayos se demuestra que son capaces de soportar satisfactoriamente, la temperatura de 130 °C.

#### Clase 155

Es la clase de aislamiento que comprende materiales o combinación de los mismos tales como: mica, fibra de vidrio, asbesto, etc., con un aglomerante impregnante o revestimiento adecuados. Pueden ser incluidos en esta clase, otros materiales o combinación de los mismos, no necesariamente inorgánicos, si por medio de ensayos se demuestra que son capaces de soportar satisfactoriamente, la temperatura de 155 °C.

#### Clase 180

Es la clase de aislamiento que comprende materiales tales como: elastómero de silicón y combinaciones de materiales tales como: mica, fibra de vidrio, asbestos, etc., con un conveniente aglomerante, impregnante o recubrimiento como; resinas de silicones. Pueden ser incluidos en esta clase otros materiales o combinación de los mis-

mos si por medio de ensayos se demuestra que son capaces de soportar satisfactoriamente la temperatura de 180 °C.

#### Clase 220

Es la clase de aislamiento que comprende los materiales o combinación de los mismos tales como: mica, porcelana, vidrio, cuarzo y asbestos, con o sin aglomerantes inorgánicos. Al igual que las otras clases podrán ser incluidos en esta clase, otros materiales si por medio de ensayos adecuados demuestran ser capaces de soportar satisfactoriamente temperaturas mayores de 180 °C.

A continuación se proporciona una tabla en la que se demuestran los materiales correspondientes a las diferentes clases de aislamiento.

MATERIALES CORRESPONDIENTES A LAS DIFERENTES CLASES DE AISLAMIENTO. -

1	2	3	4	5
Clase		Material Aislante	Sustancias aglutinantes de impregnación o de recubrimiento usados en la manufactura del material de la columna 3. (*)	Substancias de impregnación que pueden ser usadas en el tratamiento del ensamble aislado. (*)
90	Principal	Algodón Seda Natural Fibra de celulosa regenerada Fibra de acetato de celulosa Fibra de poliamidas Papel y productos de papel Cartón prensado Fibra vulcanizada Madera Resinas de anilino-formaldehído Resinas de urea-formaldehído	Ninguna	No requerido
	Subsidiaria	Policrilato Poliálileno y menos de 90°C - Poliisileno por ablandamiento - Jármica Policloruro de vinilo plastificado Policloruro de vinilo no plastificado Hule natural vulcanizado.	Ninguna	No requerido
105	Principal	Algodón Seda natural Fibra de celulosa regenerada Fibra de acetato de celulosa Fibra de poliamidas Papel y productos de papel Cartón prensado Fibra vulcanizada Madera.	Impregnados o Inmersión en Líquido dieléctrico.	Ninguna
		Textiles barnizados con base de algodón, seda natural, celulosa regenerada, acetato de celulosa, fibra de poliamidas Papel barnizado	Barnices a base de resinas naturales o sintéticas o base de aceite para secado.	Aquellos mencionados en listas de temperatura más elevada.  Aceite aislante y líquidos dieléctricos sintéticos.
		Madera laminada	Resina fenol-formaldehído	
		Película de acetato de celulosa Película de acrobutilato de celulosa. Resinas poliésteres de unión cruzada. Barniz para alambre de tipo oleo-resinoso. Barniz para alambre con base de resina poliamida.	Ninguna	
Subsidiaria	Elastómeros de policloroeno Elastómeros de butadién-acrilonitrilo	Ninguna	Aquellos mencionados arriba y con clase de mayor temp.	

1	2	3	4	5	
Clase		Materiales Aliviados	Sustancias aglutinantes de impregnación o de recubrimiento usadas en la manufactura del material de la columna 3 (*)	Sustancias de impregnación que puedan ser usadas en el tratamiento del ensamble aislado (**).	
120	Principal	Papel y productos de papel térmicamente estabilizados. Cartón prensado térmicamente estabilizado.	Impregnados e impregnados en líquido dieléctrico.	Ninguna	Barnices a base de alifato o de resinas sintéticas y de aceites. Resinas sintéticas de unión cruzada, resinas epoxi.
		Moldes con carga celulósica. Laminados de tela de algodón. Laminados de papel.		Resinas melamina-formaldehído. Fenol-formaldehído, fenol-furfural.	Aceite alifático. Líquidos dieléctricos sintéticos.
		Barnices para alambre con base de formal-polióxido, polifuretano o resina epoxi.		Ninguna	
	Subordinaria	Resinas poliésteres de unión cruzada. Película de triacetato de celulosa. Película de tartrato de polietileno. Fibra de tartrato de polietileno.		Ninguna	Aquellas mencionadas en el clase de temperatura más elevada.
		Textiles barnizados a base de tartrato de polietileno.		Barnices a base de resinas sintéticas y de aceite.	
130	Principal	Fibra de vidrio. Asbesto.		Ninguna	Barnices de base de alifato o de resinas sintéticas y de aceites, resinas poliésteres de unión cruzada, resinas epoxi. Bajo ciertos sistemas mecánicos, los materiales mencionados arriba, pueden ser inadecuados y resinas fenólicas no modificadas pueden ser necesarias. Aquellas mencionadas en el clase de temperatura más elevada.
		Telido de tela de vidrio impregnado. Asbesto impregnado.		Barnices a base de resinas sintéticas y de aceites.	
		Mica aglutinada con o sin materiales de soporte.		Goma laca, compuestas estofísticas o bituminosas. Resinas sintéticas modificadas. Resinas epoxi. Poliésteres de unión cruzada. Resinas epoxi.	
		Laminados de fibra de vidrio. Laminados de alambre. Moldes con cargas minerales.		Resinas melamina-formaldehído. Resinas fenol-formaldehído.	
	Subordinaria	Moldes con cargas minerales.		Resinas poliésteres de unión cruzada.	Aquellas mencionadas arriba en este clase. Las mencionadas en clase de temperatura más elevada.
Polimonoclorotrioxoetileno.			Ninguna		



1	2	3	4	5
Clase		Material Aislante	Sustancias aglutinantes de impregnación ó de recubrimiento usadas en la manufactura del material de la columna J. (*)	Sustancias de impregnación que pueden ser usadas en el tratamiento del ensamble aislado. (*)
155	Principal			
	Subsidiaria	Fibra de vidrio Asbesto	Ninguna	Resinas alquídicas, epoxi - poliésteres de unión cruzada y poliuretano que tengan una estabilidad térmica elevada.
		Telido de tela de vidrio impregnado. Asbesto impregnado Mica aglutinada (con o sin materiales de soporte)	Resinas alquídicas epoxi, poliésteres de unión cruzada y poliuretano que tengan una estabilidad térmica elevada.  Resinas silicon-alquídicas	Resinas silicon-alquídicas y silicon-fenólicas. Aquellas mencionadas en clases de temperatura más elevada.
180	Principal	Fibra de vidrio Asbesto	Ninguna	
		Telido de tela de vidrio impregnado. Asbesto impregnado	Resinas siliconas apropiadas Elastómero de silicona	Resinas siliconas apropiadas.
		Mica aglutinada (con o sin materiales de soporte) Laminados de fibra de vidrio Laminados de asbesto	Resinas siliconas apropiadas	
		Elastómeros de silicona	Ninguna	
	Subsidiaria	...	...	...
más de 180	Principal	Mica Porselana y otras cerámicas Vidrio Cuarzo La temperatura máxima de operación puede ser limitada por propiedades físicas, químicas o eléctricas a esta temperatura.	Ninguna	Ligamentos inorgánicos como vidrio o cemento.
	Subsidiaria	Textiles tratados de fibra de vidrio	Resinas siliconas que posean una estabilidad térmica elevada (estabilidad limitada arriba de 225°C)	Resinas siliconas que posean una estabilidad térmica elevada (estabilidad arriba de 225°C).
		Poli-tetrafluoroetileno (estabilidad limitada arriba de 250°C).	Ninguna	

\* Las sustancias aglutinantes o de impregnación, pueden ser limitadas por otros factores además de la estabilidad térmica, tales como - propiedades mecánicas a las temperaturas de operación. Por ejemplo: algunas resinas epoxi y poliésteres, bajo severos esfuerzos mecánicos, pueden limitarse a temperaturas de la clase 155.

## CAPITULO IV

### PRUEBAS Y EQUIPO DE PRUEBAS EN CAMPO

#### 4.1.- GENERALIDADES

Las pruebas son mucho más que un trámite de aceptación, - - "probar" es sinónimo de "ensayar", es una función técnica que permite "saber más", estudiar consecuencias en condiciones controladas, conocer los efectos cuando se introducen cambios o cuando varían parámetros.

Las pruebas son la base para verificar con mayor certeza - las condiciones de diseño, fabricación y operación de equipos y materiales; son en consecuencia, determinantes de -- los requerimientos de mantenimiento.

Las pruebas del equipo deberán considerarse dentro de los programas de mantenimiento.

En todos los casos, trátase de equipo nuevo para la puesta en servicio o equipo en operación las pruebas que se reali cen siempre deberán estar precedidas de actividades de inspección y revisión cuyos resultados deberán anotarse en -- los formatos correspondientes.

La forma y conexiones de las diferentes pruebas que se lle van a cabo a cada equipo, deberán efectuarse hasta donde - sea posible en el orden en que se presentan.

Se considera equipo a todo aquel que forme parte del siste ma

ma eléctrico de la subestación.

No deberán utilizarse equipos cuyos voltajes de prueba en terminales sean superiores al que se considera seguro aplicar al equipo u objeto a probar.

Con el objeto de evitar errores en la aplicación de las -- pruebas; se deben colocar los instrumentos de prueba sobre bases firmes y bien niveladas; se debe seleccionar el voltaje al valor que se requiera para efectuar la prueba.

En la tabla (4a) se proporciona una relación de las pruebas necesarias a efectuar a los equipos eléctricos.

#### 4.2.- PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO.

La resistencia de aislamiento, se define como la resistencia que ofrece un aislamiento al aplicársele un voltaje de corriente directa durante un tiempo dado, medido a partir de la aplicación del mismo y como referencia se utilizan - los valores de 1 a 10 minutos.

A la corriente resultante de la aplicación de voltaje de - corriente directa, se le denomina "Corriente de Aislamiento" y consta de dos componentes principales:

1.- Corriente que fluye dentro del volumen de aislamiento compuesta de:

a).- Corriente capacitiva.- Es de magnitud comparativa mente alta y de corta duración que decrece rápidamente a un valor despreciable en un tiempo máximo de 15 segundos conforme se carga el aislamiento.

PRUEBAS		RESISTENCIA DE AISLAMIENTO	FACTOR DE POTENCIA	RELACION DE TRANSFORMADOR	RIGIDEZ DIELECTRICA	RESISTENCIA DE CONTACTOS	TIEMPOS DE OPERACION	PERDIDAS DIELECTRICAS	HUMEDAD RESIDUAL	CONTINUIDAD	VOLTAJES MINIMOS
EQUIPO SUJETO A PRUEBA											
INTERRUPTOR	115 KV	•	•		•	•	•	•	•		•
CUCHILLAS	115 KV	•				•					
TRANSF. DE POTENCIAL	115 KV	•	•	•						•	
TRANSF. DE CORRIENTE	115 KV	•	•	•						•	
APARTARRAYOS	115 KV	•						•			
BOQUILLAS	115 KV	•						•			
TRANSF. DE POTENCIA 40. MVA	115 / 34.5 KV	•	•	•	•			•	•		
BOQUILLAS	34.5 KV	•						•			
INTERRUPTOR	34.5 KV	•	•		•	•	•	•	•	•	•
CUCHILLAS	34.5 KV	•				•					
CUCHILLAS FUSIBLES	34.5 KV	•				•					
TRANSF. DE CORRIENTE	34.5 KV	•	•	•						•	
TRANSF. DE POTENCIAL	34.5 KV	•	•	•						•	
APARTARRAYOS	34.5 KV	•						•			
TRANSF. DE DISTRIBUCION		•	•	•						•	
EQUIPO UTILIZADO		MEGGER MOTORIZADO O ELECTRICO	MEU MH M2H	T T R	B A U R	DUCTER PILAS O ELECTRICO	MILIGRAPH FABAG ANALIZADOR	MEU MH M2H	PANAMETRIC	MEGGER MULTIMETRO	

F	E	S	C	U	N.	A	M
I.	M.	E.					
RELACION DE PRUEBAS Tabla 4a A EQUIPO ELECTRICO EN S.E. DE ALTA TENSION							

A esta componente se debe el bajo valor inicial - de la resistencia de aislamiento; su efecto es no torio en aquellos equipos que tienen capacitancia alta, como son cables de potencia de grandes longitudes.

- b).- Corriente de absorción dieléctrica.- Esta corriente decrece gradualmente con el tiempo, desde un - valor alto a un valor cercano a cero siguiendo -- una función exponencial. Generalmente los valo- - res de resistencia obtenidos en los primeros minu- - tos de una prueba quedan en gran parte determina- - dos por la corriente de absorción dependiendo del tipo y volumen del aislamiento, esta corriente -- tarda desde unos cuantos minutos a varias horas - en alcanzar un valor despreciable; sin embargo pa- - ra efecto de prueba, puede despreciarse el cambio que ocurre después de 10 minutos.

A la curva obtenida cuando se grafican los valo-- res de resistencia de aislamiento contra tiempo, - se le denomina "curva de absorción dieléctrica", - su pendiente indica el grado relativo de secado o suiedad en el aislamiento; si el aislamiento es- - tá húmedo, se alcanzará un valor estable en 1 o 2 minutos después de haber iniciado la prueba y se obtendrá una curva de baja pendiente.

- c).- Corriente de conducción.- Es la corriente que flu- - ye a través del aislamiento y es prácticamente -- constante y predomina después que la corriente de absorción se hace insignificante.

2.- Corriente que fluye sobre la superficie del aislamien-

to y que se conoce como corriente de fuga. Esta corriente, al igual que la corriente de conducción, permanece constante y ambas constituyen el factor primario para juzgar las condiciones de aislamiento.

#### 4.2.1.- Índice de absorción y polarización.

La pendiente de la curva de absorción dieléctrica, puede expresarse mediante la relación de dos lecturas de resistencia de aislamiento, tomadas a diferentes intervalos de tiempo durante la prueba. La relación que existe de 60 segundos a 30 segundos, se le conoce como "Índice de Absorción".

El índice de polarización es muy útil para la evaluación de las condiciones del aislamiento, los devanados de los generadores, transformadores y máquinas rotatorias, y se calcula dividiendo los valores de resistencia de aislamiento de 10 minutos a 1, (10/1), a esta relación se le conoce como "Índice de Polarización".

A continuación mencionaremos la evaluación de los índices de polarización:

INDICE DE POLARIZACION	CLASIFICACION
1.0	Peligroso.
1.5	Pobre.
1.5 a 2.0	Dudoso.
2.0 a 3.0	Aceptable.
3.0 a 4.0	Bueno.
mayor de 4.0	Excelente.

#### 4.2.2.- Voltaje de prueba aplicado.

La medición de resistencia de aislamiento, es una prueba de potencial y deberá restringirse a valores apropiados de pendiendo de la tensión nominal del equipo que se va a probar y de las condiciones en que se encuentra el aislamiento, ya que si la tensión de prueba es muy alta, se puede - provocar fatiga en el aislamiento.

Los potenciales de prueba más utilizados son tensiones de 500 a 5,000 V.C.D.

Las lecturas de resistencia de aislamiento disminuyen al - tutilizar potenciales más altos, sin embargo para aislamientos en buenas condiciones y perfectamente secos, se obtendrán valores muy próximos para diferentes tensiones de - prueba.

Voltaje del equipo a probar (C.A.)	Voltaje de prueba del "MEGGER" (C.D.)
Hasta 100 V. incluyendo algunos tipos del equipo de - señalización y control.	100 y 250 V.
De 100 V. hasta 400 V.	500 V.
De 400 V. hasta 1000 V.	1000 V.
De 1000 en adelante	2500 V. y 5000 V.

Estos valores representan un margen seguro, ya que el equipo se fabrica con un grado de seguridad considerable.

a).- Duración del voltaje aplicado de prueba.

Este efecto tiene una importancia notable, en el caso de -

grandes máquinas y transformadores con aislamiento en buenas condiciones. Sin embargo en el caso de apartarrayos, interruptores, cables de pequeña longitud, boquillas, este efecto carece de importancia y por lo tanto es recomendable efectuar las pruebas a un minuto.

#### 4.2.3.- Utilización de la conexión de guarda.

Todos los megger de rango mayor a 1,000 M $\Omega$ , están equipados con una terminal de guarda, el propósito de esta terminal, es el contar con un medio para efectuar mediciones en mallas trifásicas, de tal forma que puede determinarse el valor directamente de una de las dos trayectorias posibles.

Puede decirse que la corriente de fuga del aislamiento conectado a la terminal de guarda, no interviene en la medición.

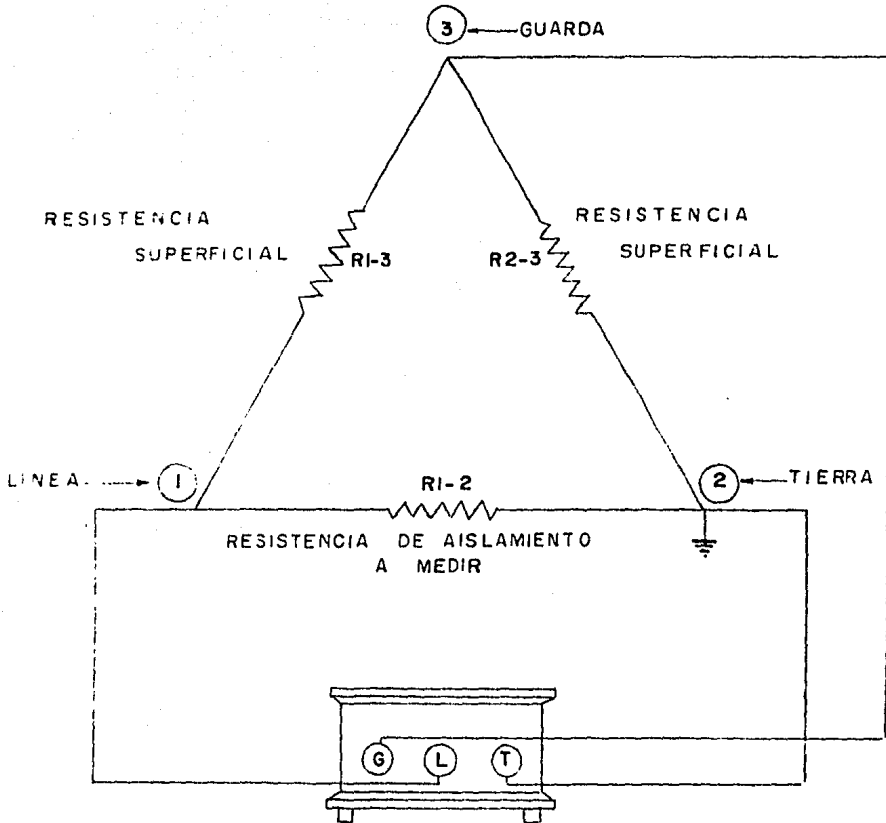
Como se muestra en la figura ( 7 ), usando las conexiones indicadas, se medirá la resistencia R1-2, directamente, ya que las otras dos no entran en la medición, por estar conectadas a la terminal de guarda.

#### 4.2.4.- Factores que afectan a la resistencia de aislamiento.

A).- Contaminación.- Son tales como partículas de carbón, polvo o aceite depositados en las superficies aislantes, lo que hace bajar la resistencia de aislamiento, siendo este factor muy importante cuando se tienen superficies aislantes relativamente grandes, expuestas al medio ambiente contaminante.

El polvo depositado en la superficie aislante, no es





F	E	S	C	U	N	A	M
I.	M.	E.					
Fig. 7		MEDICION DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO EN MALLAS TRIFASICAS.					

conductor cuando está seco, pero cuando se expone a la humedad se vuelve conductor parcialmente y baja la resistencia de aislamiento, por lo cual se deberá eliminar todo el material extraño depositado sobre el mismo, antes de efectuar la prueba.

B).- Humedad.- La humedad influye en los materiales utilizados en los aislamientos como son: Aceite, papel, cartón y algunas cintas que por ser materiales higroscópicos absorben la humedad ocasionando una reducción de la resistencia de aislamiento.

C).- 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 y la utilizada por el Comité de normalización son las siguientes:

40°C Para máquinas rotatorias

20°C Para transformadores.

15.6°C Para cables.

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.

#### 4.2.5.- Métodos de medición de resistencia de aislamiento.

Existen tres métodos prácticos, para medir la resistencia

de aislamiento mediante un megger:

A).- Método de tiempo corto.- Este método es bueno para la prueba de rutina rápida. Para fines de normalización se recomienda aplicar voltajes de prueba durante 60 segundos, con objeto de efectuar comparaciones bajo la misma base con los datos de prueba existentes y medidos.

Este método se aplica principalmente a equipos pequeños y en aquellos que no tienen una característica notable de absorción como son: los interruptores, cables apartarrayos, etc.

B).- Método "Tiempo-Resistencia" o "Absorción dieléctrica". Este método consiste en aplicar voltaje de prueba durante un periodo de 10 minutos, tomando lecturas a intervalos de 1 minuto y sólo en el primero se tomarán lecturas a los 15, 30 y 45 segundos. Proporciona una buena referencia, para evaluar el estado de los aislamientos en aquellos equipos, con características de absorción notable, como son las grandes máquinas rotatorias y transformadores de potencia, sobre todo cuando no existe referencia de valores de pruebas anteriores.

C).- Métodos de voltajes múltiples.- Este método tiene su principal aplicación, en la evaluación de aislamientos en máquinas rotatorias y en menor grado para los transformadores. Su aplicación requiere el uso de instrumentos, con varios voltajes para poder aplicar 2 o más voltajes en un caso, por ejemplo 500 V. y después...

1000 V. Este método se apoya en el hecho de que conforme se aumenta el voltaje de prueba, se aumentan los esfuerzos eléctricos sobre el aislamiento, al aproximarse o superar 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 ciertos límites, cuando ésto ocurre se tendrá una caída pronunciada en el valor de resistencia de aislamiento, que se aprecia claramente al graficar las lecturas obtenidas contra el voltaje aplicado.

De preferencia los voltajes aplicados deberán estar en la relación de 1 a 5 veces por ejemplo 500 V. y 2,500 V. Según la experiencia, hay un cambio del 25 % en el valor de la resistencia de aislamiento para una relación de voltaje de 1 a 5, generalmente se debe a la presencia de 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.

La interpretación es muy sencilla, ya que se considera el aislamiento en buenas condiciones si la relación entre resistencia y voltaje permanece constante.

#### 4.2.6.- Equipo de prueba.

El método más usual para medir la resistencia de aislamiento a los equipos de alta tensión se realiza por medio de -

un aparato denominado "MEGGER", que consta básicamente, de una fuente de corriente directa y un indicador de lectura directa, cuya escala está graduada en megohms. La capacidad de la fuente de corriente directa generalmente es baja, ya que la finalidad es ver el estado en que se encuentra un aislamiento; es decir, ésta es una prueba indicativa no destructiva, de tal forma que si un aislamiento está débil no lo agrave.

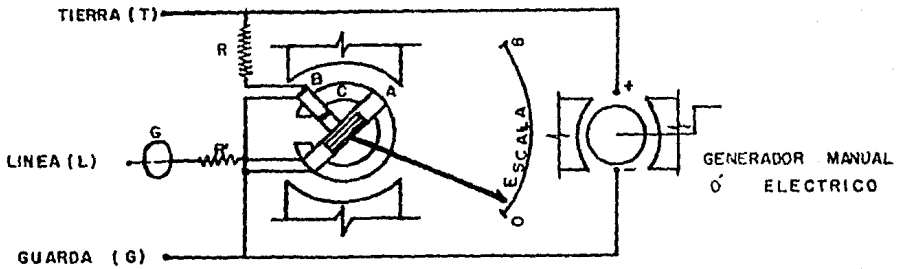
Su principio de operación se basa en aplicar un determinado voltaje de prueba de corriente directa del aislamiento. Este voltaje se suministrado por un generador operado a mano o motorizado, siendo éste último el de mayor aceptación debido a la uniformidad de tensión que se aplica durante la prueba.

Principio de funcionamiento.

El MEGGER consiste fundamentalmente de dos bobinas designadas como A y B, (Fig. 8) montadas en un sistema móvil, - - con una aguja indicadora unida a las mismas y con libertad para girar en un campo producido por un imán permanente.

La bobina deflectora A está conectada en serie con una resistencia fija  $R'$ , cuya función es la de limitar la corriente en la bobina A y evitar que se dañe el aparato cuando se ponen en corto circuito las terminales de prueba; la bobina de control B está conectada en serie con la resistencia R, quedando la resistencia bajo prueba entre las terminales línea y tierra del aparato.

Las bobinas A y B están conectadas de tal forma que cuando se les aplica una corriente desarrollan pares opuestos y -



F	E	S	C	U	N	A	M
I.	M.	E.					
DIAGRAMA ELEMENTAL DEL							
Fig. 8 MEGGER							

tienden a girar el sistema móvil en direcciones contrarias por lo que la aguja indicadora se estabilizará en el punto donde los dos pares se balancean. Cuando el aislamiento es casi perfecto no habrá flujo de corriente en la bobina A, pero por la bobina B circulará un flujo de corriente y por lo tanto la aguja girará en sentido contrario a las manecillas del reloj hasta que el entrehierro quede colocado en el núcleo del hierro C, en esta posición la aguja estará sobre la marca del infinito de la escala.

Cuando se ponen las terminales de prueba en corto circuito fluirá una corriente mayor en la bobina A que en la B, y por lo tanto el par de la bobina A desplazará el sistema móvil en el sentido de las manecillas del reloj, hasta colocar la aguja indicadora en la posición cero de la escala.

Debido a que los cambios en el voltaje afectan las dos bobinas en la misma proporción, la posición del sistema móvil es independiente del voltaje.

#### 4.2.7.- Procedimiento de prueba.

- 1.- Coloque el aparato en una base bien nivelada.
- 2.- Seleccione el voltaje de prueba a utilizar.
- 3.- Verifique el infinito del aparato operándolo en vacío, ajustándolo con el tornillo de ajuste.
- 4.- Corto circuito las terminales línea-tierra para verificar:
  - A).- Que los cables no están abiertos.
  - B).- Ajuste del cero en su aparato (con el potenciómetro de ajuste).
- 5.- En caso de haber desenergizado el equipo a probar se deberá aterrizar y dejar por lo menos 10 minutos para

eliminar toda la 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 o de absorción después de la prueba y antes de retirar las terminales de prueba.

#### 4.2.8.- Aplicación de la prueba de resistencia de aislamiento.

- 1.- Prueba de resistencia de aislamiento a transformadores de potencia.

Esta prueba es de gran utilidad para dar una idea rápida y confiable de las condiciones del aislamiento total del transformador bajo prueba. La prueba se debe efectuar con Megger de tensión mínima de 1000 volts.

Para transformadores con voltajes mayores de 69 KV o capacidades mayores de 10MVA, utilizar siempre Megger motorizado con escala máxima de 50,000 Megohms. Las pruebas se deben de realizar con un mismo equipo, con el fin de que puedan ser comparables.

Para poder realizar la prueba es necesario desconectar el equipo a probar, el tanque del transformador deberá estar sólidamente aterrizado, poner en corto circuito cada devanado del transformador por medio de puentes entre las terminales de las boquillas, para poder rea-



lizar las mediciones entre cada devanado, los devanados que no se les efectúa la prueba deben conectarse a tierra.

Hay diferentes criterios en cuanto a la terminal de guarda, quedará a juicio de la persona responsable el seleccionar las que sean de su utilidad.

En la fig. 9, se muestran las conexiones para la prueba de resistencia de aislamiento a un transformador de potencia de dos devanados.

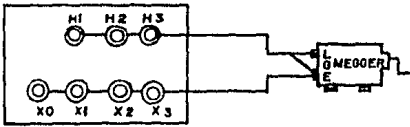
Es importante desconectar los neutros de los devanados cuando se tengan devanados sólidamente aterrizados (conexión en estrella con neutro a tierra), para poder medir su resistencia de aislamiento.

La prueba se debe realizar con el tanque del transformador a su nivel de aceite, ya que si los devanados se encuentran al aire la resistencia de aislamiento obtenida será mayor que las obtenidas en aceite.

Para cada una de las conexiones se efectuarán las pruebas con una duración de 10 minutos y se registrarán -- las lecturas de 15, 30, 45 y 60 segundos, así como a 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 minutos.

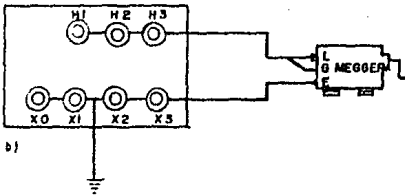
Se usará el máximo voltaje de prueba del Megger, tomando en consideración el voltaje nominal del devanado del transformador sometido a prueba. Se tomarán las lecturas de temperatura del aceite, temperatura ambiente y humedad relativa, las cuales se registrarán en la hoja de reporte.

Para que el análisis comparativo sea efectivo todas las

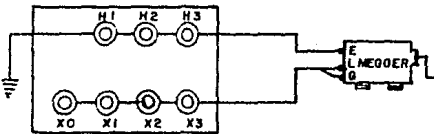


a) E = TIERRA  
L = LINEA  
G = GUARDA

a) DEVANADO DE ALTO VOLTAJE CONTRA DEVANADO DE BAJO VOLTAJE ( H - X )



b) DEVANADO DE ALTO VOLTAJE CONTRA DEVANADO DE BAJO VOLTAJE + TIERRA ( H - X + T )



c) DEVANADO DE BAJO VOLTAJE CONTRA DEVANADO DE ALTO VOLTAJE + TIERRA ( X - H + T )

F	E	S	C	U	N	A	M
I	M	E					
Fig. 9		CIRCUITOS SIMPLIFICADOS PARA LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A UN TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS.					

pruebas, deberán hacerse al mismo potencial, las lecturas deberán corregirse a una misma base (20°C).

## 2.- Prueba de resistencia de aislamiento a interruptores.

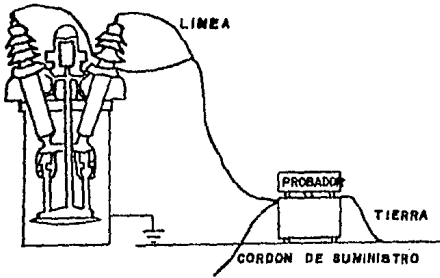
Esta prueba es muy importante, sobre todo en interruptores de gran volumen de aceite y en interruptores de soplo magnético.

En interruptores de gran volumen de aceite se tienen elementos aislantes higroscópicos, como son el aceite, la barra de operación y algunos otros que intervienen en el soporte de las cámaras de arco; también la carbonización causada por las operaciones del interruptor ocasiona contaminación de estos elementos y por consiguiente una reducción en la resistencia de aislamiento.

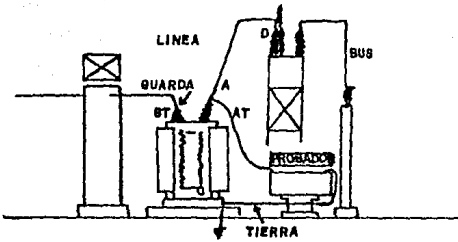
En los interruptores de soplo magnético en tensiones hasta de 13,800 Volts, es muy común encontrar materiales de tipo orgánico susceptible a humedecerse, por lo que en la prueba de resistencia de aislamiento, es de gran utilidad para controlar las condiciones de operación de estos equipos.

La prueba de resistencia de aislamiento se aplica a -- otros tipos de interruptores, como son los de pequeño volumen de aceite y de soplo de aire, en los que normalmente se utiliza porcelana como aislamiento.

En el esquema ( a ) de la fig. 10, se muestra el diagrama de conexiones para la prueba de resistencia de -- aislamiento a un interruptor.



(a)



CONEXIONES GUARDA PARA PRUEBAS TÍPICAS A EQUIPO

F	E	S	C	U	N	A	M
I	M	E					
Fig. 10		DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO INT'S Y MAQUINAS ROTATORIAS DE C.D.					

Para realizar la prueba se debe liberar el interruptor completamente, asegurándose de que se encuentran abiertas las cuchillas seccionadoras correspondientes y desconectar todas las terminales de boquillas, asegurarse de que el tanque del interruptor esté sólidamente aterrizado.

En los interruptores de soplo magnético y de gas SF6 - que normalmente utilizan materiales aislantes del tipo orgánico, las lecturas de resistencia de aislamiento - que se obtienen, por lo general son muy altas y constantes, sin tener absorción ni polarización, por estar el aislamiento constituido en mayor parte por porcelana; una lectura baja es indicación de una falla grande en estos aislamientos.

#### 4.3.- PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA DE LOS AISLAMIENTOS.

El factor de potencia, es en la actualidad 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. Se puede 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 ocurra la falla, lo cual de esta manera previene pérdidas de la continuidad de servicio y permite el reacondicionamiento oportuno de dicho aislamiento.

El principio básico de esta prueba no destructiva es la detección de cambios medibles en las características de un aislamiento, que puede asociarse con los efectos de agen--

tes destructivos como son; la humedad, el agua, el calor, - el efecto corona y en general un incremento apreciable de las pérdidas dieléctricas o factor de potencia, nos da una indicación clara de una falla probable.

El factor de potencia de un aislamiento es el coseno del ángulo entre el vector de la corriente de carga y el vector del voltaje aplicado, obteniendo los valores directos de estos factores a través de la medición de los Volts-Amperes de carga y las pérdidas de Watts del dieléctrico bajo prueba.

El factor de potencia siempre será la relación de los wats de pérdida entre la carga en Volts-Amperes y el valor obtenido de esta relación será independiente del área o espesor del aislamiento y dependerá únicamente de la humedad la ionización y la temperatura.

El factor de potencia proporciona una medición global de los aislamientos de los equipos con corriente alterna y a frecuencia normal, siendo independiente del tiempo de duración de la prueba.

Las pruebas con corriente directa requieren de mayor tiempo y no simulan las condiciones normales de operación del aislamiento, excepto en aparatos de corriente directa donde los resultados se ven afectados por la duración de las pruebas.

Unas cuantas pruebas hechas aplicando un voltaje de corriente alterna y midiendo las pérdidas dieléctricas a tierra - - indicarán si el aislamiento está o no en condiciones normales.

Las interpretaciones de los datos de prueba de los aisla--

mientos, involucran el empleo de principios elementales - del comportamiento dieléctrico de materiales aislantes.

#### CARACTERISTICAS DE ALGUNOS MATERIALES AISLANTES.

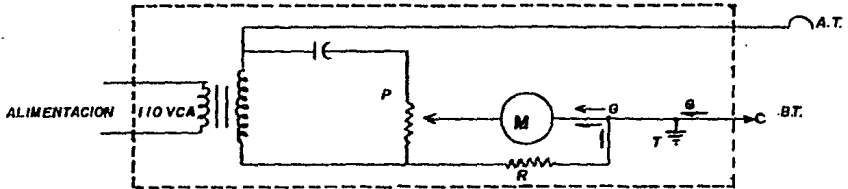
Material	% F.P. a 20°C	Constante (K) dieléctrica.
aire	0.0	1.0
aceite	0.1	2.1
papel	0.5	2.0
porcenala	2.0	7.0
hule	4.0	3.5
tela barnizada	4 a 8	4.5
agua	100.0	51.0
hielo	1.0	86.4

Nota.- El hielo tiene una resistividad volumétrica de aproximadamente 144 veces que la del agua; para pruebas con la presencia de humedad en un aislamiento, no debe hacerse a - temperaturas bajas.

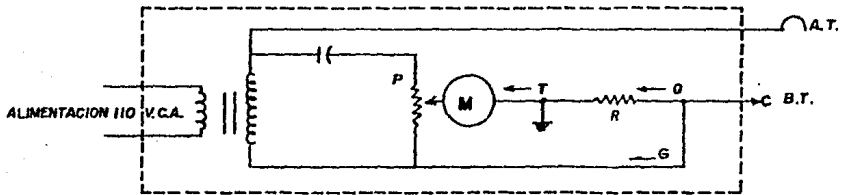
Los factores de potencia normales de aislamiento de equi-- pos eléctricos son:

	% F.P. a 20°C
Boquillas tipo condensador o cargadas con aceite	0.5
Boquillas cargadas con materiales aislantes	2.5
Transformador en aceite	1.0 a 2.0
Cables aislados con papel impregnado de aceite	0.3
Cables aislados con tela barnizada	4.0 a 8.0
Cables aislados con hule o caucho.	4.0 a 5.0

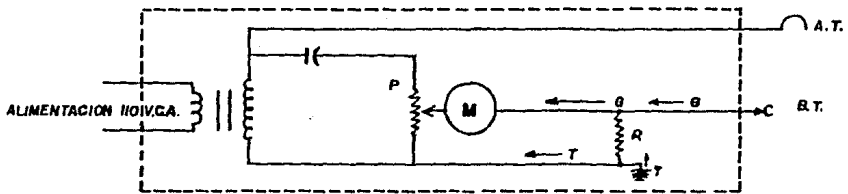
Con el probador de factor de potencia se pueden realizar - las mediciones en tres formas diferentes para determinar - las características del aislamiento y de esta manera anali- zar con exactitud la localización de algún punto de falla.



A) MEDICION A TIERRA



B) MEDICION EN GUARDA



C) MEDICION EN U

F E S C U N A M	
I . M . E .	
CIRCUITOS SIMPLIFICADOS PARA LAS MEDICIONES DE FACTOR DE POTENCIA.	
Fig. 11	



Las mediciones que pueden ser seleccionadas son TIERRA, -- GUARDA Y UST. En la fig. 11, se representan los diferentes circuitos simplificados para cada caso.

En la posición tierra se mide la suma del total de las corrientes que se derivan por el cable de guarda y por tierra.

En la posición guarda, la corriente del cable de guarda es despreciada al derivarse sin pasar por el circuito de medición y solamente es medida la corriente que regresa al aparato por su conexión a tierra.

En la posición ust (prueba de la muestra sin conexión a -- tierra) se mide solamente la corriente que regresa al aparato por el cable de guarda.

#### 4 3.1.- Equipo de prueba.

Para efectuar la prueba de factor de potencia se utiliza - el equipo denominado MEU-2500 de la marca doble Enginee- - ring. Este equipo se ha generalizado dada su confiabili- - dad, precisión y versatilidad para este tipo de pruebas, - está diseñado para utilizarse en el campo así como en prue- ba hasta 2500 Volts y a una frecuencia de 60 ciclos.

A partir de estos datos básicos se puede calcular el fac- - tor de potencia, la capacitancia y la resistencia equiva- - lente de corriente alterna, en la fig. (4-a) se muestra el circuito eléctrico.

El probador tiene un rango de 0a 2500 Volts y sirve para - probar equipo eléctrico primario tal como transformadores, interruptores, generadores, boquillas, apartarrayos, líquidos aislantes, cables, transformadores de instrumentos, capacitores, etc.

El equipo completo consiste de: probador, caja de accesorios, cables de prueba para alto voltaje y celda de prueba para líquidos aislantes.

El probador está montado en una caja que contiene los aparatos para controlar y suministrar el alto voltaje de acuerdo al dato de plata del equipo bajo prueba, también contiene el circuito de medición, el amplificador y los medidores, así como otros componentes tales como el interruptor reversible y el selector de escalas.

La caja de accesorios contiene la extensión de 110 Volts - C.A., la extensión con interruptor de seguridad, cables de tierra, cables con pinzas, collares conductores y fusibles.

En la fig. 12, se muestra el equipo a utilizar.

Por seguridad siempre debe estar aterrizado el aparato con una tierra firme que tiene cada equipo.

La celda o copa de aceite consiste en un recipiente diseñado para hacer pruebas de factor de potencia a líquidos - aislantes; esta celda básicamente es un capacitor que utiliza como dieléctrico al líquido bajo prueba.

Principio de funcionamiento.

Cuando el amplificador se conecta en la posición A, el medidor se ajusta para reflexionar toda la escala.

Cuando el amplificador se conecta en la posición B, la lectura del medidor depende del voltaje en las terminales  $R_s$ , el cual es producto de  $R_a$  y la corriente que toma el espécimen. El medidor incluye un factor de corrección, de manera que la lectura directamente nos da los volt-amperes -

tomados por el espécimen, lo cual simplifica los cálculos del factor de potencia.

Cuando el amplificador se conecta en la posición C. el -- circuito de entrada incluye los voltajes  $R_s$  y en  $R$ . Estos dos voltajes están en oposición uno de otro, con respecto a la entrada del amplificador y pueden ser balanceados, por medio de la resistencia variable  $R_a$ .

Se aprecia que no se logra un balance completo, ya que en el circuito del capacitor en aire sólo hay capacitancia. -- En vez de un balance en cero, obtendremos una lectura mni ma, la cual es provocada por la corriente de dispersión, -- que fluye por la resistencia  $R_s$ . Las lecturas se dan di-- rectamente en watts y son los watts disipados por el espé-- cimen. La relación de los watts a los volts-amps es el -- factor de potencia del espécimen.

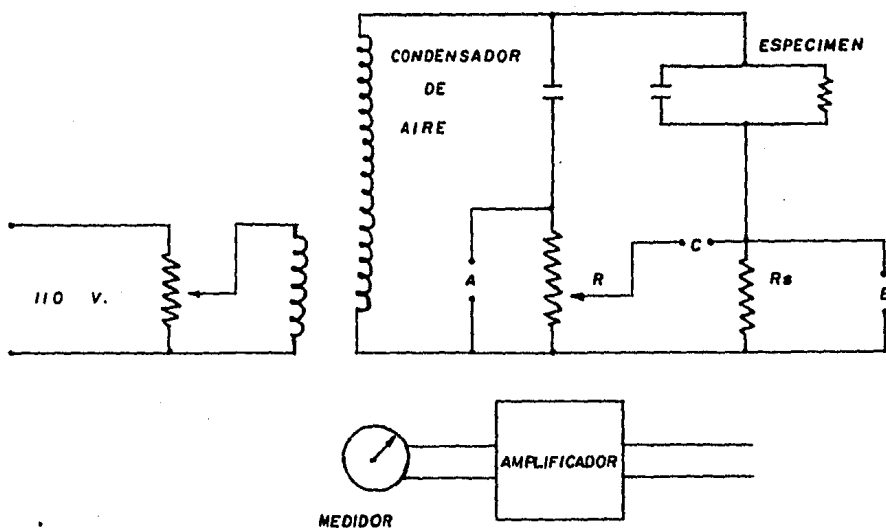
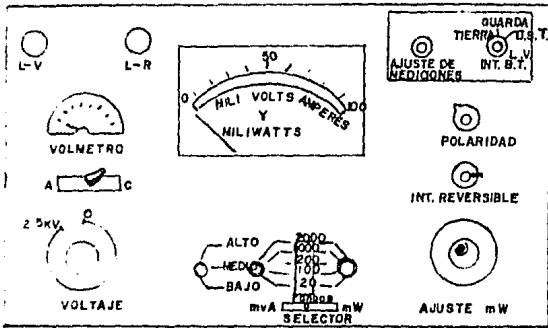


Fig. 4-a Circuito eléctrico del MEU-2500.



F	E	S	C	U	N	A	M
I	M	E					
Fig.12		CARATULA DEL EQUIPO MODELO MEU 2500					

#### 4.3.2.- Procedimiento de prueba.

La prueba se efectúa en siete pasos:

- 1°.- Conectar el equipo con el espécimen.- El gancho del cable de prueba se conecta a una terminal del espécimen, al otro lado del espécimen se aterriza.
- 2°- Arreglo de los controles del equipo:
  - a).- El control del voltaje se coloca en cero, girándolo en sentido contrario de las manecillas del reloj.
  - b).- El interruptor se coloca en la posición "ON", (dentro).
  - c).- El selector se coloca en la posición "CHECK" (che<sup>u</sup>cado).
  - d).- El selector de rango se coloca en la posición - - "HIGH" (alto).
  - e).- El selector mVA se coloca en el multiplicador más alto (2000).
  - f).- El selector de bajo voltaje (LV) se coloca en la posición "GROUND" (tierra).
  - g).- El selector reversible (RV) se coloca en cualquier posición "ON" (dentro) -izquierda o derecha =la posición central es "OFF" (fuera)=.

3°- Energizar el Especimen:

- a).- Se cierra el interruptor de seguridad del operador, se energiza el relevador, la lámpara verde se apaga y la roja se enciende.

Si el relevador no se energiza, la lámpara verde no se apaga, invierta la clavija del cordón de alimentación. Si con esta inversión tampoco se energiza el relevador y la lámpara verde no se apaga, conecta el capacitor de acoplamiento que va con el equipo, conectándolo a tierra, "conéctelo al aparato antes de conectar la alimentación".

- b).- Se cierra el interruptor de seguridad con extensión, provocando que prenda la lámpara roja.
- c).- Observando el vóltmetro, se eleva el voltaje gradualmente hasta 2.5 KV, girando la perilla en el sentido de las manecillas del reloj., el vóltmetro nos indica el voltaje que se está aplicando al espécimen. Si el interruptor se dispara antes de 1.25 KV el espécimen es superior al rango del equipo. Si el interruptor se dispara entre 1.25 y 2.5 KV, la prueba se puede efectuar a bajo voltaje.

4º- Tomar y registrar lecturas de mVA.

- a).- Con el interruptor selector en la posición CHECADO y con 2.5 KV en el medidor, la aguja del medidor de mVA y mW se ajusta para leer 100 divisiones (plena escala) girando el control (METER -- ADJ.) ajuste de medidor.
- b).- Cambia el selector de la posición CHECADO a mVa,

seleccione el rango en la posición que dé la deflexión máxima en la escala. Por ejemplo; con el rango ALTO y una lectura en el medidor menor de 10 divisiones, cambie el selector a la posición MED (media). Si la lectura del medidor es aún menor a 10 divisiones, cámbielo a la posición BAJO.

- c).- El selector multiplicador mVA, se coloca en la posición que dé la máxima deflexión de la aguja. Se leen los mVA, en la mitad más cercana a una división de la escala.
- d).- Las lecturas del medidor deberán comprobarse con el interruptor reversible en las dos posiciones.
- e).- Registrar los mVA leídos, el multiplicador y el producto de ellos.

5º.- Medir y registrar las pérdidas en mW del espécimen, -- usando los multiplicadores en el mismo rango que se leyeron los mVA.

- a).- Cambiar el selector de mVA a mW, se gira la perilla de ajuste a mW en la dirección que provoca -- una disminución en la lectura, hasta obtener el valor mínimo. El multiplicador de mW se reduce -- sucesivamente (en el mismo rango), hasta que se obtiene la mayor deflexión leible. Cada vez que el multiplicador se reduce, la perilla mW de ADJ, se ajustará para obtener la deflexión mínima. -- Los mW se leen en la mitad más cercana de la división de la escala.

- b).- Las lecturas del medidor se comprueban con el in-

terruptor reversible en las dos posiciones.

c).- Se registran los mW leídos, el multiplicador y su producto (mW calculados).

6º.- Regresar los controles a sus posiciones originales.

a).- El selector se regresa a la posición CHECADO.

b).- El control de voltaje se gira, teniendo un voltaje cero.

c).- Se abren los interruptores de seguridad.

d).- Se tiene la luz verde.

e).- Los selectores de rango mVA y mW, se vuelven a su posición más alta, este paso se puede eliminar -- cuando se prueban especímenes similares.

7º.- Se calcula el factor de potencia del espécimen en % en la forma siguiente:

$$\% \text{ F.P.} = \frac{\text{mW}}{\text{mVA}} \times 100$$

Las conexiones para realizar las pruebas de factor de potencia, son las mismas que se realizan cuando se hacen pruebas de Megger a un aislamiento, aumentan el -- factor de potencia, cuando el aislamiento se deteriora.

Se realizarán pruebas de factor de potencia a los siguientes equipos:



1).- Boquillas De transformadores  
De interruptores  
De condensadores de acoplamiento,  
etc.

2).- Aisladores Tipo alfiler  
Tipo poste  
Tipo soporte  
Tipo suspensión

3).- Interruptores En aire  
En aceite  
En SF<sub>6</sub> (Hexafloruro de azufre)

4.- Apartarrayos Pararrayos

5).- Líquidos aislantes.

6).- Transformadores Instrumento  
Distribución  
Potencia.  
Reguladores de voltaje.  
Autotransformadores

4.3.3.- Aplicaciones y procedimientos de la prueba de factor de potencia.

a).- Prueba de factor de potencia a transformadores y -  
autotransformadores de potencia.

Para el caso de transformadores de potencia si se quieren probar integralmente cada uno de los aislamientos que intervienen, es necesario saber si es de dos devanados, de tres devanados o autotransformador. Cuando el transformador es de tres devanados y su terciario no tiene terminales exteriores se toma como un transformador de dos devanados. En el caso de autotransformadores y reguladores de voltaje, los devanados de entrada y salida se consideran como uno solo.

El factor de potencia es el criterio principal para juzgar las condiciones del aislamiento de devanados de transformadores y es particularmente recomendado para detectar humedad en los mismos. El equipo de prueba es el probador de aislamiento tipo MEU-2500. Es sabido que el factor de potencia aumenta directamente con la temperatura, entonces las lecturas se deben relacionar a una temperatura base, normalmente 20°C.

Los aislamientos que intervienen en un transformador de dos y tres devanados, así como la manera en que deben de realizarse las conexiones del equipo se muestran en las figuras 3 y 4 respectivamente.

Para efectuar la prueba se debe desenergizar y desconectar de sus terminales externas al transformador, desconectar los neutros de los devanados que se encuentran aterrizados, poner en corto circuito cada devanado en las terminales de sus boquillas y verificar que el tanque esté aterrizado.

Para realizar la prueba es necesario seguir el procedimiento descrito en el punto 4.3.2.

B).- Prueba de factor de potencia al aceite aislante.

Probablemente esta prueba sea la más importante a efectuar al aceite, ya que nos dá una idea bien clara respecto a su contaminación y deterioro.

El factor de potencia de un aceite en la relación de la potencia disipada en watts en el aceite, entre el producto - del voltaje efectivo y la corriente, expresado en voltamperes. Esto es numéricamente equivalente al coseno del ángulo de fase o al seno del ángulo de pérdidas.

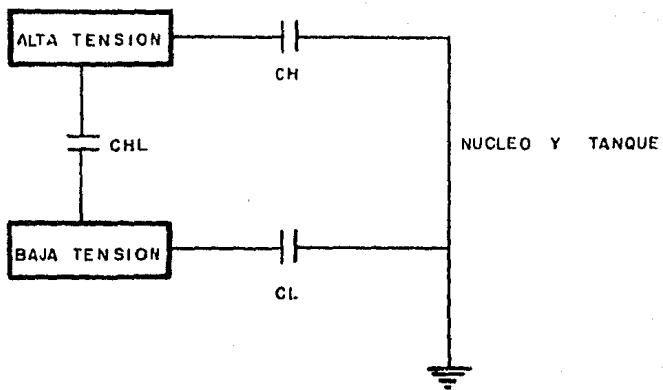
La prueba de factor de potencia al aceite, nos da una indicación de las fugas de corriente cuando se les sujeta a un esfuerzo de voltaje de tal suerte que, entre mayor sean estas fugas, mayor será el factor de potencia, si el factor de potencia es bajo entonces el aceite está en buenas condiciones, si este valor es alto se puede considerar sospechoso.

Cualquier aceite aislante nuevo en óptimas condiciones, es proporcionado por los fabricantes con un factor de potencia de 0.05% o menos a 20°C, sin embargo en pruebas de campo se ha demostrado que cualquier aceite con un factor de potencia de 0.5% a 20°C debe considerarse en buenas condiciones. Cuando el factor de potencia es mayor que 0.5% este debe ser analizado en el laboratorio haciendo pruebas - más rigurosas.

Para efectuar la prueba del factor de potencia del aceite, se utiliza el probador tipo MEU-2500, que cuenta con una celda especialmente preparada.

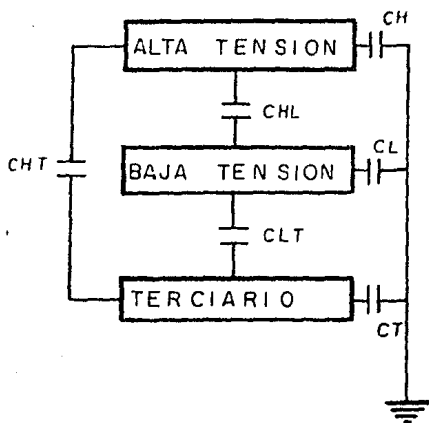
Las conexiones de la celda al aparato de prueba se efectúa

PRUEBA	ENERGIZAR	A TIERRA	A GUARDA	AISLAMIENTO MEDIDO
1	H	L		CH + L
2	H		L	CH
3	L	H		CL + CH
4	L		H	CL



F	E	S	C	U	N	A	M
I	M	E					
PRUEBA DEL FACTOR DE Fig.13 POTENCIA A UN TRANSFORMADOR DE DOS DEVANADOS							

PRUEBA	ENERGIZAR	A TIERRA	A GUARDA	ASLAMIENTO MEDIO
1	H	L	T	—
2	H	—	L.T	CH
3	L	T	H	—
4	L	—	H.T	CL
5	T	H	L	—
6	T	—	H.L	CT



F	E	S	C	U	N	A	M
I	M	E					
PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA Fig.14 A UN TRANSFORMADOR DE 3 DEVANADOS							

ran de acuerdo al diagrama de la fig. 15.

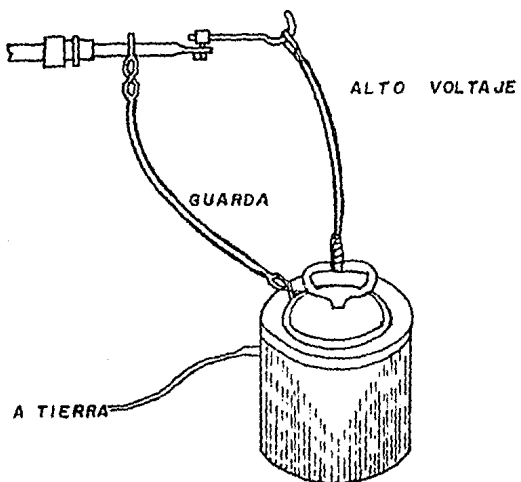
Deben tomarse las precauciones necesarias para que la muestra de aceite sea verdaderamente representativa del equipo, ya sea transformadores o interruptores; para esto, debe -- purgarse suficiente aceite de la válvula de muestreo del - equipo que se está probando, para que cualquier suciedad o agua acumulada en esta válvula, sea drenada antes de llenar la celda.

Las burbujas de aire, agua y materiales extraños son la -- causa usual de ruptura dentro de la celda, por lo tanto, - después de obtener la muestra éste deberá dejarse reposar por un tiempo aproximado de 10 minutos, durante el cual el aire atrapado podrá escapar y las partículas de material - extraño se depositarán en el fondo de la celda.

Para efectuar la prueba, se deben tomar en cuenta los siguientes precauciones:

- a).- Se debe tener extrema precaución con las partes vivas tanto para el personal, como para el equipo, ya que - el voltaje es alto.
- b).- Manejar la celda con mucho cuidado, tanto al ser utilizada, como al transportarla, para conservarla en -- buen estado; ya que las escoriaciones y abolladuras - restan confiabilidad a los resultados.

Teniendo preparado el equipo MEU-2500 conectándose a él todas las puntas de prueba se procede a efectuar - la prueba, levantando la cubierta y llenando la celda



F	E	S	C	U	N	A	M
I.	M.	E.					
Fig.15 DIAGRAMA DE CONEXIONES PARA LA PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA A LIQUIDOS AISLANTES							

con aceite hasta una altura aproximada de 2 cm., arriba de los cilindros interiores de la celda. Hecho es to se cubre de nuevo con la tapa, asegurándose que -- quede ajustada apropiadamente. La celda debe estar -- sobre una superficie nivelada.

Posteriormente se harán las conexiones del probador a la celda, para la cual, el gancho del cable de alta - tensión se conecta a la manija de la celda, la terminal de baja tensión se conecta al cilindro metálico - de la celda y el anillo de guarda del cable de alta - tensión al tornillo de guarda de la celda.

El voltaje de prueba debe aumentarse gradualmente. Inmediatamente después de efectuar la prueba, deberá tomarse la temperatura del aceite, cuando todavía per manezca en la celda, a fin de poder referir a 20°C de factor de potencia calculado.

C).- Prueba de factor de potencia a transformadores de ins trumentos.

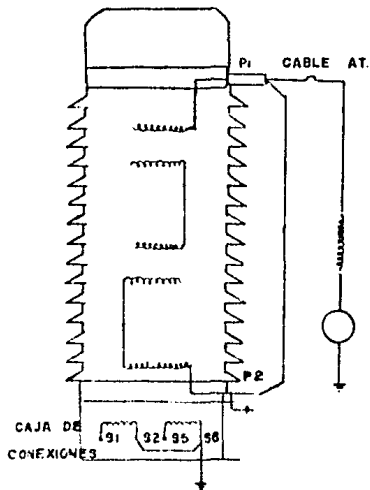
La prueba se basa en determinar las condiciones del aisla miento entre los devanados primario y secundario contra -- tierra.

Para los devanados primarios se utilizará el mayor voltaje y los devanados secundarios el valor más cercano a su voltaje nominal.

La prueba de estos transformadores deberá efectuarse desco nectando tanto el lado de alta tensión como el de baja ten sión, es decir, completamente desenergizado.



TRANSFORMADOR DE POTENCIAL (TP)



TRANSFORMADOR DE CORRIENTE (TC)

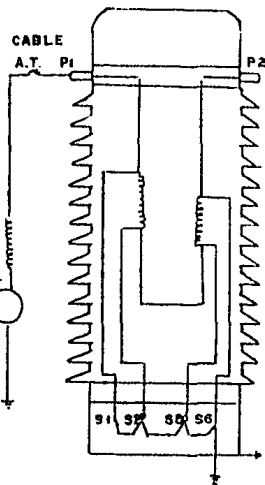


TABLA DE CONEXIONES DE PRUEBA

EQUIPO	ENERGIZAR	ATERRIZAR	POSICION	MEDICION	GUARDIA
TP'S	P1 - P2	92 - 96	TIERRA	TOTAL	—
TC'S	P1 ó P2	91 - 92 95 - 96	TIERRA	TOTAL	—

EN EL CASO DE LOS TP'S EL BORNE P2 DEBE DESCONECTARSE DE TIERRA PARA REALIZAR LA PRUEBA.

F	E	S	C	U	N	A	M
I. M. E.							
DIAGRAMA DE FACTOR DE Fig.16 POTENCIA A TP'S Y TC'S							

Se ponen en corto circuito los devanados de alta tensión y el devanado de baja tensión deberá aterrizarse en un solo lado, para evitar cortos circuitos durante las pruebas cruzadas de comprobación.

En la fig. 16, se muestran los diagramas de conexión para los circuitos de prueba de factor de potencia a transformadores de instrumento.

Un alto factor de potencia en las pruebas, será indicativo de que existe un deterioro en el transformador, ya sea en el aceite, boquillas o devanado, por lo cual si es posible, deberá probarse separadamente cada elemento.

El criterio a utilizar para considerar un valor promedio - en % del factor de potencia como aceptable en transformadores de potencial, deberá ser del orden de un 3%; este valor se recomienda para los transformadores de potencial en todos los voltajes.

El criterio a utilizar para un valor promedio aceptable de % de factor de potencia, en transformadores de corriente - para una tensión se podrá tomar hasta un 2% a 20°C.

D).- Prueba de factor de potencia a apartarrayos.

El objeto de esta prueba es descubrir en los apartarrayos, los defectos producidos por la contaminación en el explosor o suciedad en los elementos autovalvulares, humedad, sales metálicas, así como corrosión en los explosores, porcelanas despostilladas o porosas, etc., a través de los valores de pérdidas en mW.

Para efectuar la prueba es necesario librar completamente el apartarrayos, es decir, desconectarlo y limpiarlo perfectamente.

En la fig. 17, se representan las conexiones del circuito de prueba de factor de potencia del apartarrayos.

Algunos defectos más comunes en los apartarrayos, cuando las pérdidas son más altas de lo normal, son: contaminación por humedad, suciedad o polvo depositado dentro de la porcelana, o bien, una contaminación de la superficie exterior del sello del explosor dentro de la porcelana, explosores corroidos, porcelana rota y depósitos de sales de aluminio, aparentemente producidos por la interacción entre humedad y productos resultantes por efecto corona; dichas pérdidas pueden ser corregidas a valores normales con la limpieza de las superficies contaminadas..

E).- Prueba de factor de potencia a interruptores.

Al efectuar la prueba de factor de potencia, se incluyen las boquillas, conectores, partes auxiliares, así como partículas semiconductoras de carbón, formadas por la descomposición del aceite cuando se forma el arco en la superficie de los contactos, al interrumpir corriente de falla, así como los nominales.

Para realizar la prueba, es necesario desconectar completamente el interruptor asegurándose que las cuchillas seccionadoras correspondientes se encuentren abiertas, posteriormente aplicaremos el potencial de prueba a cada uno de los seis conectores de la boquilla del interruptor, limpiar completamente los aislamientos de las boquillas, verificar la posición del interruptor (cerrado o abierto).

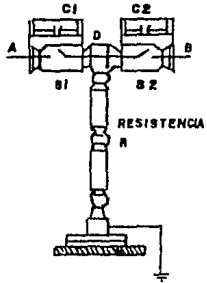
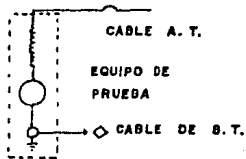


TABLA DE CONEXIONES DE PRUEBA						
PRUEBA	ENERGIZAR	ATERRIZAR	GUARDAR	CABLE B.V.	POSICION	MEDICION
1	D	B	—	A	U. S. T.	B1 + C1
2	D	A	—	B	U. S. T.	B2 + C2
3	D	—	A, B	—	GUARDA	R



F E S C U N A M	
I. M. E.	
Fig. 18 PRUEBA DE FACTOR DE POTENCIA A UN INTERRUPTOR DE POTENCIA EN SF 6.	

En la figura 18, se ilustran los diagramas de conexión de los circuitos de prueba de factor de potencia para interruptores en hexafloruro de azufre ( $SF_6$ )

Se considera como buena práctica general, efectuar comparaciones entre los valores obtenidos con interruptor abierto y cerrado, para analizar las condiciones del aislamiento.

En interruptor abierto, cuando el factor de potencia sea mayor de 2% en cualquiera de las boquillas de un polo, la boquilla deberá ser investigada y en caso de ser posible, retirarla para una investigación minuciosa.

En interruptor cerrado, se pueden presentar tres posibles resultados:

- 1.- Los miliwatts de pérdidas sean similares a la suma de las pérdidas de boquilla 1 y 2 con interruptor abierto.
- 2.- Los miliwatts de pérdidas sean más que la suma de pérdidas de las boquillas 1 y 2 con interruptor abierto.
- 3.- Los miliwatts de pérdidas sean menos que la suma de pérdidas de las boquillas 1 y 2 con interruptor abierto.

Los interruptores en exafloruro de azufre ( $SF_6$ ), utilizan como medio aislante y extintor hexafloruro de azufre gaseoso.

Son del tipo tripolar, contando cada polo con un accionamiento hidráulico de modo que el interruptor es apropiado para interrupciones breves de corriente en sus tres polos, los cuales operan simultáneamente.

Normalmente este tipo de interruptores utiliza multicontactos para su conexión o desconexión del sistema, por lo que el procedimiento de prueba es el mismo descrito anteriormente.

#### 4.4.- PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.

Los aceites aislantes son producto de la destilación del petróleo crudo, obtenidos de tal forma que reúnan ciertas características físicas especiales y propiedades eléctricas que sean idóneas para su utilización adecuada en los diversos equipos.

Los aceites se utilizan como aislantes refrigerantes en transformadores, interruptores, seccionadores, reactores, reguladores, cables de energía, capacitores, boquillas, etc.

La finalidad del aceite aislante utilizado en el equipo eléctrico es:

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

El proceso de deterioro del aceite en interruptores de gran volumen de aceite es algo diferente al de los transformadores, cuando hay una apertura del interruptor con carga se forma un arco a través del aceite, si éste contiene oxígeno, primeramente se formarán agua y bióxido de carbono. Cuando el suministro de oxígeno se agota, comienza

a formarse hidrógeno y partículas de carbón.

El hidrógeno se disipa como gas, en tanto que la presencia de partículas de carbón contamina el aceite mucho antes de que el deterioro por oxidación llegue a ser significativo.

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. Como agente que transfiere calor al medio ambiente y extinguir el arco eléctrico deberá tener adecuada rigidez dieléctrica, que lo hagan soportar los esfuerzos dieléctricos impuestos durante su operación.

La vida del aceite aislante disminuye a causa de la descomposición, que sufre durante su trabajo y que puede ser debida a la absorción de humedad, oxidación, acidez motivada por la acumulación de lodos, etc.

Una baja rigidez dieléctrica indica contaminación con agua, carbón o contaminantes extraños; aún cuando una alta rigidez dieléctrica no necesariamente indica que el aceite no contenga contaminantes.

La prueba de rigidez es una de las que se efectúan con mayor frecuencia, además debe ser de las más importantes. - Esta prueba revela la resistencia momentánea de una muestra de aceite al paso de la corriente y la cantidad relativa de agua libre de suciedad o partículas conductoras presentes en la muestra.

La rigidez dieléctrica es una de las características principales del aceite aislante. Se define como el máximo gra

diente 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:

- 1.- Forma, tamaño y distancia de separación de los electro dos.
- 2.- Efecto del contenido de humedad y otras impurezas.
- 3.- Efecto del contenido de gases.
- 4.- Influencia de la temperatura.
- 5.- Influencia de la presión.
- 6.- Efecto de la frecuencia.
- 7.- Efecto del ritmo de elevación de la tensión.
- 8.- Efecto de las ondas de impulso.
- 9.- Efecto de la dispersión de los resultados.

En la fig. 19, podemos observar la variación de la tensión de ruptura dieléctrica con respecto a la forma, tamaño y separación de los electrodos.

A continuación se mencionan algunas teorías sobre la ruptu



ra dieléctrica del aceite aislante.

A).- Teoría de ionización.

Esta teoría establece que para determinada intensidad de campo eléctrico, se produce la ionización de las burbujas de gas contenidas en el aceite, con lo cual se produce una intensa concentración de campo eléctrico ionizando las moléculas del líquido circulante y como consecuencia aparece la ruptura dieléctrica.

B).- Teoría térmica.

Esta teoría explica que como el resultado de la ebullición del aceite en los puntos en que el campo eléctrico no es homogéneo o por el calor desprendido por la fricción de iones que se mueven en el campo eléctrico, existe formación de burbujas, las cuales aumentan de tamaño hasta producirse la ruptura dieléctrica.

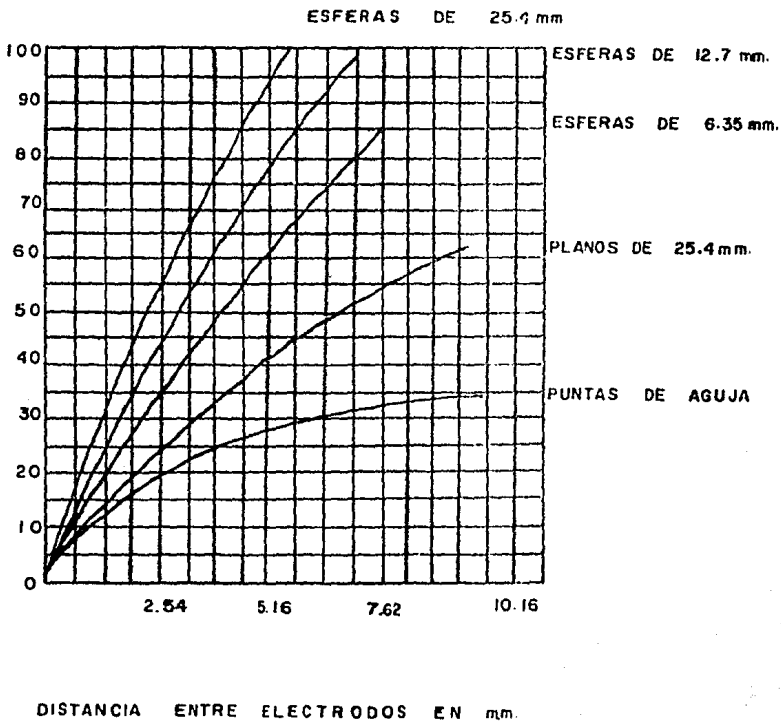
C).- Teoría química.

Esta teoría considera que la ruptura dieléctrica se debe a reacciones químicas que ocurren en el aceite bajo la influencia de una descarga eléctrica sobre una burbuja de gas.

Acidez.

Es una prueba equivalente a la prueba de número de neutralizaciones de laboratorio, proporciona una medición aproximada de los ácidos contenidos en el aceite aislante. Es un método de prueba ASTM-D-1902.

TENSION DE RUPTURA DIELECTRICA EN KV.



F E S C U N A M
I. M. E.
TENSION DE RUPTURA DIELEC. Fig. 19 TRICA DEL ACEITE AISLANTE A 20°C CON DIFERENTES ELECTRODOS

La determinación del número de neutralización, es útil como una indicación de cambios químicos en el propio aceite o bien en sus aditivos, como consecuencia con las que ha estado en contacto.

Esta prueba consiste en determinar los miligramos de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para neutralizar el ácido contenido en un gramo de aceite bajo prueba. Los aceites -- nuevos deben tener un índice de acidez de 0.08 o menor, en condiciones normales y dependiendo de los ciclos de temperatura a que se somete el transformador y de su sistema de preservación de aceite, este valor aumenta en 0.01 a 0.02 por año.

Para realizar la prueba es necesario enjuagar el recipiente con alcohol desnaturalizado y en seguida con una porción del líquido que se va a probar, posteriormente llénese con el líquido a probar hasta alcanzar la marca de 20 mililitros y añadir 2 gotas de solución indicadora con un gotero para determinar la acidez total aproximada, añádase la solución de KOH en pequeños incrementos, hasta que el color de la película acuosa después de agitarse y dejar reposar, adquiera un tono rosa pálido; como norma usar incrementos de 0.25 mililitros.

Compuestos polares.

Es una medida de campo equivalente a la prueba de tensión interfacial de laboratorio, proporciona una medición aproximada de los compuestos polares del aceite aislante. Es un método de prueba ASTM-D-1902.

La tensión interfacial es la fuerza de atracción entre diferentes moléculas.

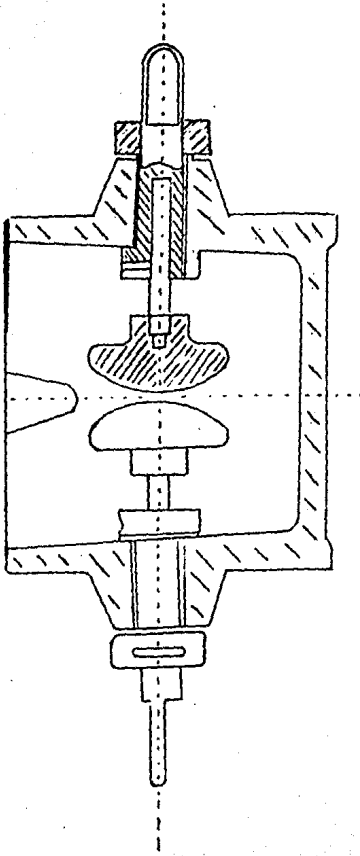
Se ha observado que la tensión interfacial entre el agua y el aceite disminuye en presencia de impurezas, de tal manera que basándose en este fenómeno, es posible detectar si un aceite contiene contaminantes. Aún cuando la prueba de tensión interfacial no puede determinar los tipos de contaminantes, provee medios sensitivos de la detección de pequeñas concentraciones de contaminantes polares solubles y otros productos de oxidación.

El método consiste en determinar el tamaño de una gota de agua formada en el extremo de una micro-bureta en el aire, comparada con el tamaño de la que se forma en una muestra de aceite.

#### 4.4.1.- Equipo de prueba.

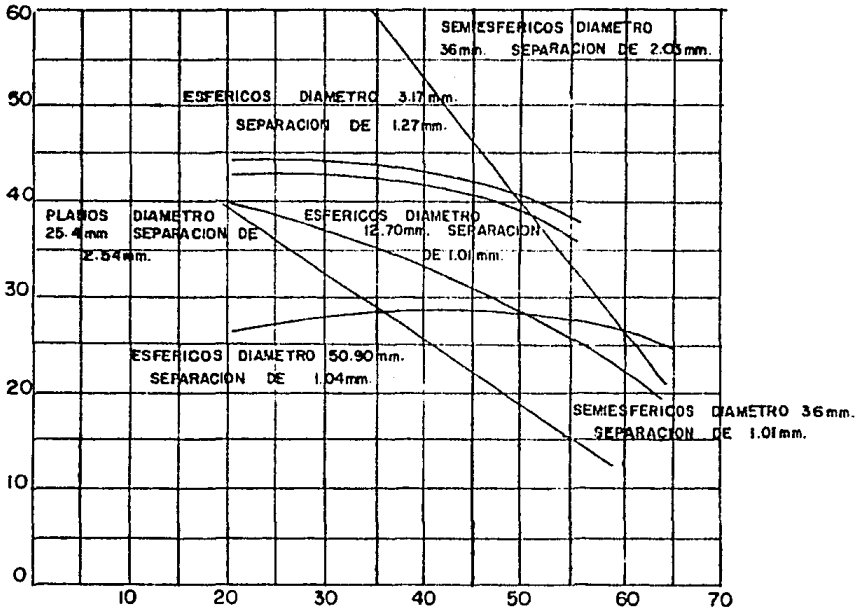
El aparato para efectuar la prueba de rigidez dieléctrica del aceite, es el llamado probador de aceite, éste se muestra en la fig. 20, cuya función primordial es transformar la tensión de entrada (110 Volts C.A.) a través de un transformador elevador a una tensión de 40 KV o más dependiendo del rango del aparato; está provisto de un recipiente conocido como " copa " en cuyo interior lleva dos electrodos de separación ajustable en los cuales se aplica la tensión de prueba. Dicha tensión se aplica desde cero y se incrementa por medio de un reóstato autocontenido en el mismo aparato a una velocidad de 3000 Volts/seg.

Los electrodos planos se usan frecuentemente para evaluar aceites nuevos no procesados y aceites en servicio. Los dos electrodos semiesféricos debido a su mayor uniformidad



F	E	S	C	U	N	A	M
I.	M.	E.					
CUBA PARA LA PRUEBA DE RI- GIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.							
Fig. 20							

TENSION DE RUPTURA DIELECTRICA EN KV



CONTENIDO DE HUMEDAD EN PARTES POR MILLON

F	E	S	C	U	N	A	M
I.				M.		E.	
Fig. 21		EFECTOS DEL CONTENIDO DE AGUA SOBRE LA FORMA Y SEPARACION DE LOS ELECTRODOS,					

de campo eléctrico, son sensibles a pequeñas cantidades de contaminantes, por tal motivo tienen gran aplicación para evaluar a los aceites deshidratados y desgasificados. En la fig. 21, se observa la sensibilidad que tienen los electrodos planos, esféricos y semiesféricos, a la presencia - de humedad en el aceite aislante.

#### 4.4.2.- Procedimiento de prueba.

La prueba de rigidez dieléctrica del aceite se realiza en la forma siguiente:

- 1.- Checar la calibración entre electrodos y ajustarse si es necesario, la calibración depende de las normas - aplicadas; del tipo de electrodos, la celda y tiempos entre prueba y prueba y del número de pruebas.
- 2.- La muestra del aceite a probar, se deberá tomar de la válvula inferior del tanque (del transformador o interruptor) ya que en la parte inferior es donde se acumulan las impurezas.
- 3.- Se deberá dejar reposar el aceite, hasta que no contenga espuma ni burbujas de aire, por lo menos tres minutos.
- 4.- El siguiente paso es aplicar voltaje, que parte desde cero hasta el valor del rompimiento.

En el instante en que sucede el rompimiento, la lectura de tensión máxima queda iniciada en el voltímetro, - la cual se anotará en el reporte de pruebas.

- 5.- Posteriormente se agitará el aceite y se dejará reposar otro minuto cuidando de que no se formen burbujas.
- 6.- El valor final de la rigidez dieléctrica del aceite en kilovolts, será el promedio de las cinco lecturas efectuadas.

Las siguientes precauciones deben ser consideradas al realizar las pruebas.

- a).- La válvula de muestreo debe estar limpia y seca al sacar la muestra de aceite; dejar que salga un poco de aceite antes de tomar la muestra, con el fin de desalojar algunos residuos que pueden estar en el tubo de drenado.
- b).- No efectuar la prueba en ambiente húmedo o lluvioso, debido a que el aceite absorbe fácilmente humedad.
- c).- No secar la copa con estopa, debido a que quedan partículas que ayudan a que el arco ocurra con facilidad durante la prueba.
- d).- Es muy importante que una vez tomada la muestra en la probeta, no se toque el aceite con los dedos ni se hable teniendo ésta destapada y enfrente, ya que es probable que el aceite se humedezca.

A continuación mostraremos una tabla con las características principales de las normas ASTM-877 y ASTM-1816 en las cuales se basa la norma nacional CONNIE-881.



## CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LAS NORMAS ASTM-1816, Y CONNIE 8.8.1.

NORMA	FORMA Y DIMENSION DE ELECTRODOS	SEPARACION ENTRE ELECTRODOS mm. ( pulgadas)	ELEVACION DE TENSION KV/seg.	REPOSO ENTRE LLENADO y PRUEBA	NUMERO DE PRUEBAS EFECTUADAS	REPOSO ENTRE PRUEBA Y PRUEBA	TENSION DE RUPTURA DELECTRICA	TEMPERATURA MINIMA DE LA MUESTRA
ASTM 877	TIPO DISCO DE 1" DE DIAMETRO	2.54mm (0.099)	3 KV $\pm$ 20%	3 minutos	5	1 minuto	30 KV min.	20° C 68° F
ASTM 1816	SEMIESFERICOS DE 25 mm RADIO	2.04 mm (0.081) 1.02 mm (0.04)	0.5KV $\pm$ 20%	3 minutos	6 la primero no cuenta	1 minuto	35 KV 20 KV	20° C 68° F
.CONNIE 8.8.1 CONTEMPLA LAS DOS NORMAS ANTERIORES								

F	E	S	C	U	N	A	M
I.	M.	E.					
NORMAS		ASTM 877 ASTM 1816					

Para el método ASTM-877 de la tabla anterior se observa lo siguiente:

La copa se debe llenar hasta un nivel no menor de 20mm. sobre la parte superior de los electrodos, con el objeto de permitir que escape el aire, deberá dejarse reposar durante no menos de dos minutos y no más de tres antes de aplicar el voltaje; después se aplica gradualmente el voltaje a una velocidad aproximada de 3 KV por seg., hasta que se produce el arco entre los discos, abriendo el interruptor, el operador lee el vóltmetro y registra la lectura en KV.

a). Para pruebas de referencia, cuando se desea determinar la rigidez dieléctrica de un aceite nuevo o regenerado, se debe efectuar una prueba de ruptura en cada una de las cinco copas llenadas sucesivamente.

Cada valor así obtenido deberá sujetarse al criterio estadístico indicado en el inciso (c). Si los cinco valores - cumplen con ese criterio, se deberá promediar y el resultado se reportará como el valor de rigidez dieléctrica de la muestra. En caso de que no cumpla este criterio se efectuarán otras cinco pruebas de cinco llenados de copas diferentes y el promedio de las diez lecturas se reportará como la rigidez dieléctrica de la muestra. No se debe descartar ninguno de los valores de ruptura obtenidos.

b). Para pruebas de rutina.- Se efectuará una prueba de ruptura en dos llenados diferentes, si ninguno de los dos valores es menor del valor mínimo aceptable. Fijado en - Kv, no se requerirán pruebas posteriores y el promedio de las dos lecturas se reportará como la rigidez dieléctrica de la muestra. Si cualquiera de los valores es menor que 26KV, deberán efectuarse tres pruebas adicionales en tres -

llenados diferentes de la copa de prueba y analizar los resultados de acuerdo al inciso (a).

c).- Criterio de consistencia estadística.- Calcule el rango de los cinco valores de ruptura (valor máximo-valor mínimo) y multiplíquelo por tres. Si el resultado es mayor que el inmediato superior al valor mínimo, es probable que la desviación estandar de los cinco valores de ruptura sea excesivo y en consecuencia, el error probable del promedio también será excesivo.

Para el método ASTM-1816 las diferencias con el método anterior son las siguientes:

a).- Se aplica el voltaje gradualmente a una velocidad de 500 Volts. por segundo.

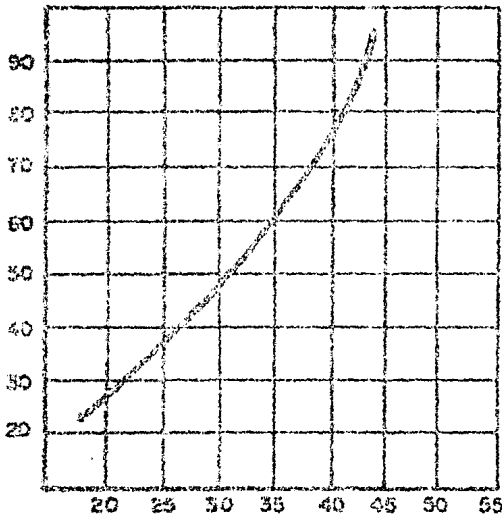
b).- Debe haber intervalos de por lo menos tres minutos entre el llenado de la copa y la aplicación de la tensión para la primera ruptura y por lo menos intervalos de un minuto entre aplicación de la tensión en rupturas sucesivas.

c).- Durante los intervalos mencionados, así como en el momento de la aplicación de la tensión; el propulsor debe hacer circular el aceite.

El método ASTM-1816 es similar al ASTM-D-877 y sólo difiere en que los electrodos son semiesféricos en lugar de planos, separados 1.02 mm. y cuenta con un medio de agitación para proporcionar una circulación lenta del aceite.

Para obtener resultados sensiblemente iguales, es necesario que todas las pruebas se hagan a una misma temperatura debido a que ésta influye marcadamente sobre la rigidez dieléctrica, como lo muestra la figura 22.

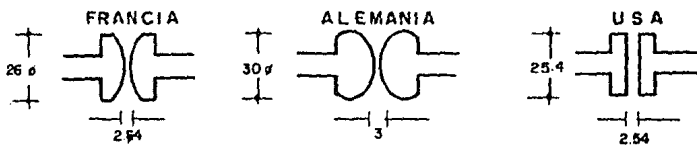
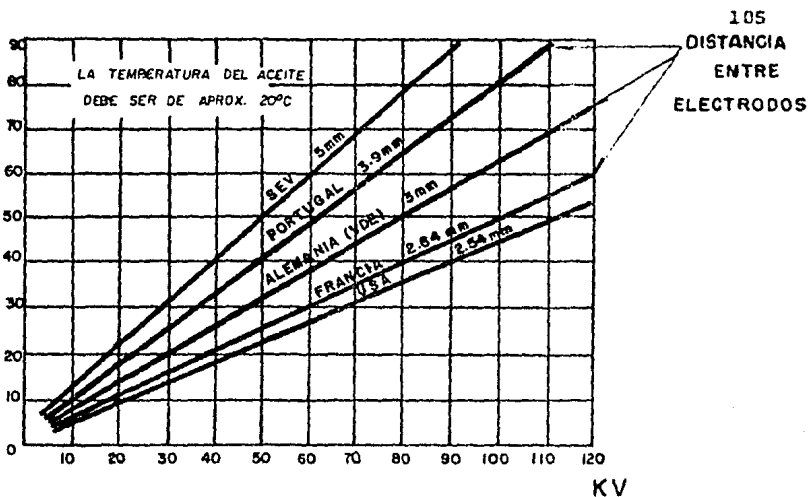
TEMPERATURA DE ENSAYO EN °C



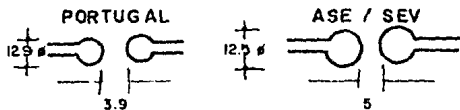
KV DE RUPTURA

F	E	S	C	U	N	A	M
I.	M.	E.					
VARIACION DE LA TENSION DE RUPTURA CON LA TEMP. EN PRUEBA DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE Fig. 22							

KV



DIMENSIONES EN mm



F	E	S	C	U	N	A	M
I	M	E					
NORMAS PARA PRUEBAS							
DE ACEITE							

Fig. 23

Otro aspecto importante que se debe tomar en cuenta, es la altura del aceite sobre los electrodos, ya que a mayor altura, mayor es la tensión de ruptura.

Como complemento a lo anterior, en la figura 23 se muestra la gráfica con las diferentes pruebas y normas respectivas así como su relación entre sí.

#### 4.5.- PRUEBAS DE RELACION DE TRANSFORMACION Y POLARIDAD.

La relación de transformación se define como, la relación de vueltas o de voltajes del primario al secundario, o la relación de corrientes del secundario al primario en los transformadores y se obtiene por la relación:

$$RT = \frac{NP}{Ns} = \frac{VP}{Vs} = \frac{IS}{Ip}$$

Mediante la aplicación de esta prueba es posible detectar corto circuito entre espiras, falsos contactos, circuitos abiertos, etc.

El método más utilizado para llevar a cabo estas pruebas es con el medidor de relación de vueltas, denominado - - - (T.T.R.), que opera bajo el conocido principio de que cuando dos transformadores que nominalmente tienen la misma relación de transformación y polaridad, y se excitan en paralelo, con una pequeña diferencia de potencial en relación de alguno de ellos, se produce una corriente circulante entre ambos relativamente grande.

Cuando la relación del transformador de referencia se ajusta de manera que no hay corriente en el circuito secunda--

rio (cero), se cumplen simultáneamente dos condiciones: la relación de las tensiones de los dos transformadores son iguales y no hay carga en ninguno de los secundarios. La relación de tensiones sin carga del transformador de referencia es conocida por lo cual también se conocen la relación de tensiones del transformador que se prueba y la relación del número de espiras.

El probador de relación de transformación "T. T. R.", es un analizador que está diseñado para determinar con exactitud la relación de vueltas de los devanados, de un transformador, ya sea de potencia, distribución o bien autotransformadores, en los cuales la relación de las tensiones nominales de placa, sea la misma que la relación real de vueltas.

Los núcleos de los transformadores deben de ser normales, de hierro activo y deberán estar colocados en su lugar correspondiente. (Laminación apretada sin corrimientos o salientes).

La capacidad del "T.T.R.", para probar transformadores es de una relación máxima de 130, sin embargo utilizando equipo auxiliar, es posible medir transformadores que tengan una relación de hasta 330 en lectura directa.

Por su facilidad de transportación y por ser de poco peso y compacto, el "T.T.R." facilita su uso en los lugares de utilización como en: plantas generadoras, subestaciones, fábricas e industrias, etc.;

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 indicada en el voltme-

tro no alcanza la nominal (8 volts), porque de hacerlo el ampérmetro rebasaría su escala, en estos casos el devanado de alta tensión, puede conectarse como primario.

Si el "T.T.R." se utiliza de esta manera, la lectura será inversa de la relación de vueltas, hasta con tres cifras - decimales y la cuarta cifra, por aproximación.

También se utiliza el "T.T.R." para pruebas de contraste o de comparación de transformadores especiales como son: - - transformadores de potencial, transformadores de corriente transformadores para anuncios luminosos, etc. En tales - transformadores el "T.T.R." no determina con precisión, la relación de vueltas de sus devanados.

Polaridad.

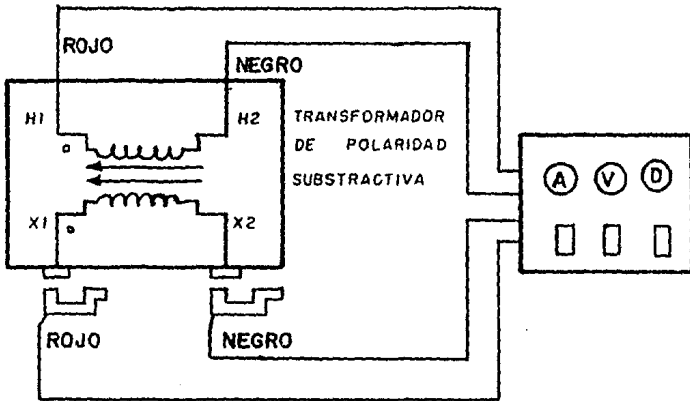
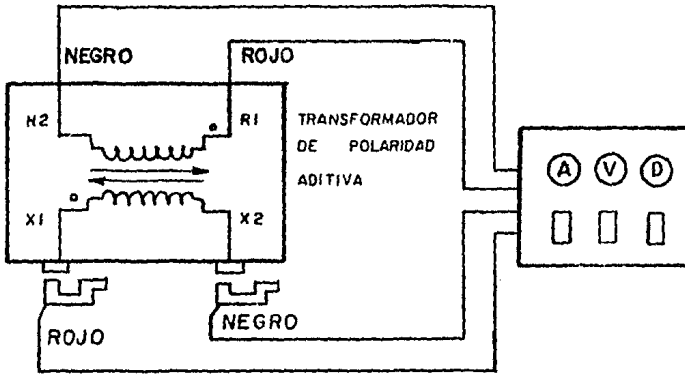
Respecto a la polaridad, ésta es importante, permitiéndonos verificar el diagrama vectorial de los transformadores de potencia polifásicos. La prueba es de gran utilidad, - cuando se presentan transformadores cuya placa se ha extraviado y en aquellos casos en que se tengan algunas dudas - del devanado.

En la fig. 24, se muestra el diagrama de conexiones del -- T.T.R., para la determinación de polaridad.

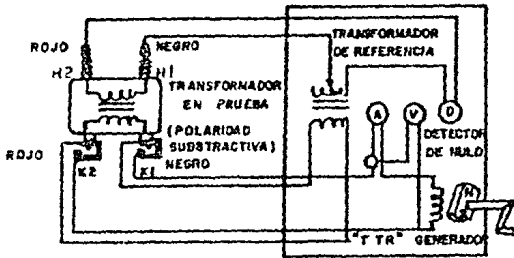
Cuando las terminales H1 y X1 quedan adyacentes, visto el transformador por el lado de baja tensión, significa que - la polaridad es sustractiva; si H1 y X1 quedan diagonalmente opuestas, la polaridad es aditiva.

Para verificar la polaridad mediante el T.T.R., se colocan las carátulas en ceros y se gira la manivela un cuarto de





F	E	S	C	U	N	A	M
I.	M.	E.					
DIAGRAMA DE CONEXIONES Fig. 24 DEL T.T.R. PARA POLARIDAD ADITIVA Y SUBSTRACTIVA							



F	E	S	C	U	N	A	M
I	M	E					
<p>Fig. 25      DIAGRAMA ESQUEMATICO SIMPLIFICA DE OPERACION DEL T.T.R.</p>							

vuelta. Si la aguja del detector D se desvía a la izquierda, la polaridad es substractiva, si se desvía a la derecha, la polaridad es aditiva, en caso de plaridad aditiva deberán intercambiarse las terminales H1 y H2 para conectar el probador a un transformador de polaridad substractiva, como se muestra en la figura 25.

#### 4.5.1.- Equipo de prueba.

El T.T.R. está formado básicamente; por un transformador de referencia con relación ajustable desde 0 hasta 120 una fuente de excitación de corriente alterna y un juego de terminales a prueba. Además consiste de las siguientes partes fundamentales; mostradas en la figura 26.

- a).- Generador.- La fuente de potencia de prueba es un generador de c.a. de imán permanente, impulsado por manivela y que da una excitación de 8 volts aproximadamente a 60 ciclos bajo condiciones normales de operación. El generador alimenta también una fuente de 8 volts que se usa como referencia para el detector sin crono.
- b).- Cuadrantes de relación.- Constan de tres conmutadores de derivación que están conectados a derivaciones secundarias del transformador de referencia ademas del potenciómetro que está conectado a un devanado auxiliar del mismo transformador de referencia. La lectura de izquierda a derecha, observando el aparato de frente es tal que el primer conmutador "S1" cambia la relación en pasos de 10 (desde 0 hasta 120) con su --

cuadrante marcado en graduaciones de 0, 1, 2, - - - - 11 y 12. El conmutador "S2" cambia la relación en pa sos de 1 (desde 0 hasta 9) con su cuadrante marcado - en graduaciones de 0, 1, 2, - - - -, 8 y 9. El con-- mutador "S3" cambia la relación en pasos de 0.1 (des- de 0 hasta 9) teniendo su cuadrante en graduaciones - de 0, 1, 2, - - -, 8 y 9. Y por último tenemos el po tenciómetro "S4" que da continuamente una tensión va- riable, que equivale eléctricamente a una relación de espiras variable, su escala está graduada con 100 di- visiones que corresponden a una variación de 0.001 ca da una y está marcada con 0, 5, 10, 15, ---, 95 y 0.

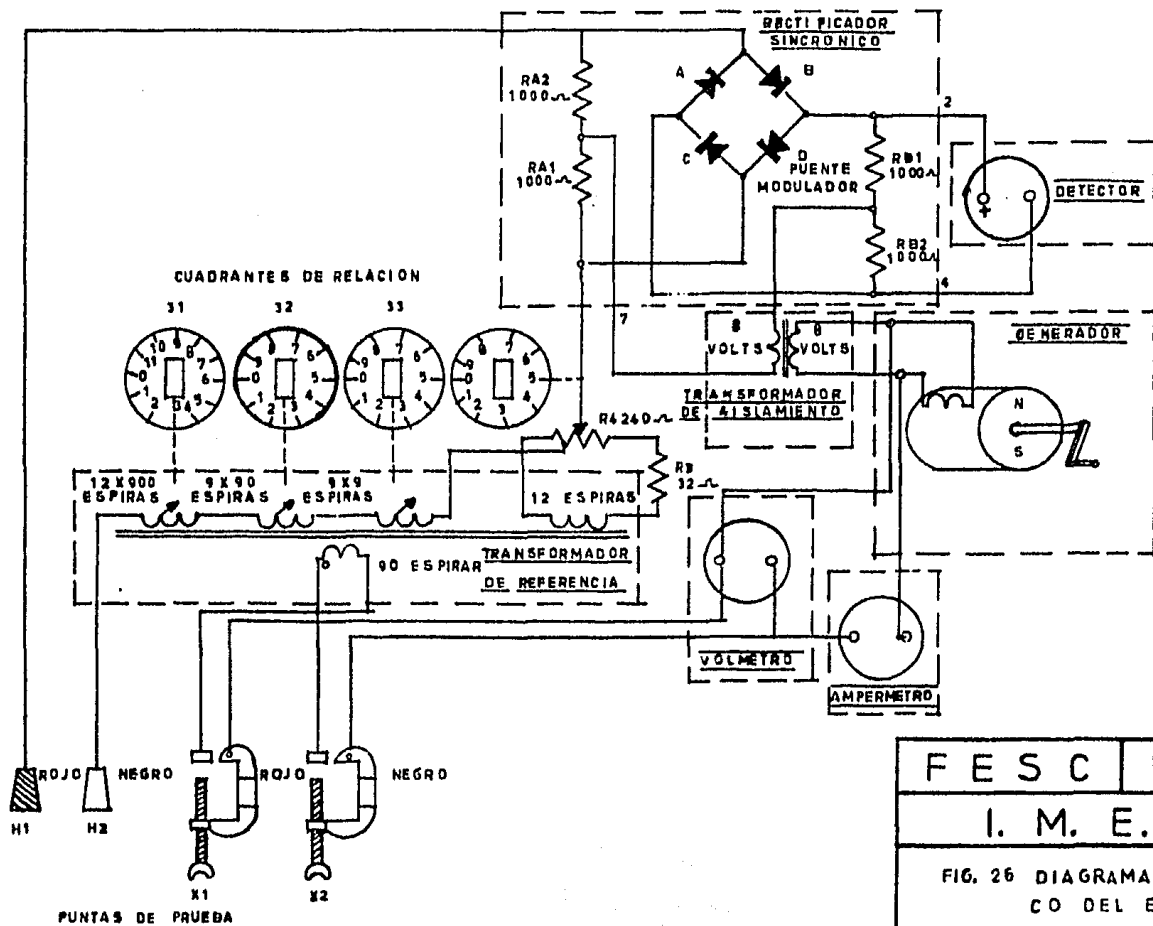
- c).- Punto decimal.- Es un punto localizado entre los cua- drantes segundo y tercero para facilitar la lectura - de la relación.
- d).- Detector D.- Consiste en una rectificador sincrónico y un microampermetro de c.d. con cero central, que se -- usa como detector para indicar la magnitud y polari-- dad de la corriente que fluye en el secundario del -- transformador de referencia. El instrumento está co- nectado de una manera que, cuando la relación del - - transformador en prueba es mayor que la relación indi- cada por el aparato, el galvanómetro se mueve hacia - la izquierda.
- e).- Instrumentos.- Contiene un voltmetro de c.a. del tipo de hierro móvil, conectado de manera que indica la -- tensión de excitación a la salida del generador, (8.V.)

Contiene un ampérmetro de c.a. del tipo de hierro móvil para leer la corriente de salida del generador. - En vista de que la frecuencia y la forma de onda pueden variar durante las pruebas, el ampérmetro no está calculado o calibrado en amperes, sino que la escala está dividida arbitrariamente en 10 divisiones iguales.

f).- Puntas de conexión.- Contiene cuatro puntas que están conectadas permanentemente al aparato para conectar - el transformador que se desea probar, dos de estas es tán provistas de prensas para conectarlas al devanado que se habrá de utilizar como primario (generalmente el devanado de baja tensión) las otras puntas están - provistas de caimanes para conectarse al secundario - de la prueba (generalmente el devanado de alta ten- - sión).

g).- Puntas de excitación "X1" y "X2" (prensas negra y roja).- Son cables de dos conductores, uno grueso y - - otro delgado, el transformador bajo prueba, al primario del transformador de referencia en el aparato, el conductor delgado lleva la corriente de excitación a la junta y está eléctricamente conectado al tornillo de la misma. El conductor grueso se lleva al cuerpo de la mordaza que está aislada del marco.

Puntas secundaria "H1" y "H2" (caimanes negro y ro-- jo).- Son de alambre flexible de un sólo con duc tor cu yo di ám etro es m á s p e q ue e l d e l as p u n t as d e e x ci ta ci ó n, conectan el secundario del transformador - -



F E S C	U N A M
I. M. E.	JULIO 84
FIG. 26 DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL EQUIPO T.T.R.	

de referencia en el aparato al transformador bajo - -  
prueba.

#### 4.5.2.- Procedimiento de prueba.

Antes de proceder a realizar la prueba se debe comprobar -  
la operación del TTR, existen tres pasos para verificar el  
funcionamiento correcto del T.T.R. con este procedimiento  
se detecta en forma rápida cualquier alteración en las par-  
tes más vulnerables como son: terminales, conectores, el -  
circuito detector, los instrumentos y el potenciómetro.

A continuación se describe cada paso:

##### 1º- Comprobación de balance.

Colocar todos los selectores en cero. Conecte H1 con  
H2. Asegúrese que los tornillos de los conectores (X1  
X2) no hagan contacto con el tope ni se toquen entre -  
sí. Gire la manivela del generador hasta obtener 8 - -  
Volts de excitación. Observe el galvanómetro detector,  
la aguja deberá permanecer al centro de la escala so--  
bre la marca del cero. Si es necesario, ajuste a cero  
la aguja, manteniendo los 8 Volts de excitación.

##### 2º- Comprobación de relación cero.

En las terminales de excitación (X1, X2), apriete los  
tornillos hasta el tope, asegurándose que hagan buen -  
contacto con la cara opuesta. Mantenga separadas las  
terminales X1 y X2, deje las terminales H1 y H2 conec-  
tadas entre sí y los selectores en cero. Gire la manj-  
vela hasta obtener 8 Volts -mientras se observa el gal-  
vanómetro, si la aguja no indica cero ajuste el cuarto

selector hasta lograrlo manteniendo los 8 Volts de excitación. El cuarto selector deberá indicar una desviación no mayor de la mitad de una división. Esta comprobación puede hacerse aún cuando las terminales de excitación se tengan conectadas a un transformador bajo prueba.

### 3.- Comprobación de relación unitaria.

Efectúe el mismo proceso para las terminales de excitación del punto anterior. Conecte la terminal secundaria negra H1 a la terminal negra de excitación X1 y la terminal secundaria roja H2 a la terminal roja de excitación X2. Coloque los selectores en la lectura 1000, gire la manivela hasta obtener 8 volts de excitación y simultáneamente observe el galvanómetro, si la lectura no es cero, ajústela con el cuarto selector sin dejar de girar la manivela. Si el cuarto selector indica lectura menor de cero, cambie los selectores hasta obtener una lectura de 0.999, nuevamente ajuste el cuarto selector hasta que la aguja marque cero. El equipo deberá leer 1,000 con casi la mitad de una división en el cuarto selector.

Una vez verificado el funcionamiento del T.T.R., realizamos el procedimiento de prueba.

- 1.- Desconecta y aisle el transformador bajo prueba, teniendo siempre las precauciones de seguridad.
- 2.- Conecte como se muestra en el diagrama de la fig. , comprobando que las conexiones hagan buen contacto con las terminales del transformador bajo prueba.
- 3.- La prensa X2 y el caimán H2 (marcados con rojo), tienen



la misma polaridad instantánea. En transformadores - que tienen polaridad substractiva, las conexiones ro--jas deben de estar en el mismo lado, opuestas una a la otra y cuando la polaridad es aditiva deben de estar - cruzadas, es decir, diagonalmente.

- 4.- Coloque los cuatro conmutadores giratorios en la posición de cero, gire la manivela muy lentamente de un -- cuarto a media vuelta, la aguja del instrumento detector de la derecha deberá deflexionar bruscamente hacia la izquierda, indicando que la polaridad es substractiva, si la aguja deflexiona hacia la derecha, las co--nexiones están invertidas, esto indica que el transformador tiene polaridad invertida, es decir, 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 (izquier--do). 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 2 y 3, figura 26.
- 7.- Incremente la relación en el cuarto conmutador, ajus--tando 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 volts de - excitación.

8.- La relación de vueltas del transformador bajo prueba, se lee directamente en las mirillas que indican la posición de cada conmutador.

#### 4.5.3.- Aplicación del T.T.R. a transformadores de potencia.

Precauciones a seguir antes de iniciar pruebas a un transformador.

- a).- PRIMERA PRECAUCION.- Asegúrese que el transformador por probar esté completamente desenergizado, comprobando todos los devanados.
- b).- SEGUNDA PRECAUCION.- Desconecte completamente las terminales de la fuente y/o de la carga del transformador. Las conexiones a tierra podrán permanecer si así se desean.
- c).- TERCERA PRECAUCION.- Si hay equipo de alta tensión energizado cerca del aparato de prueba, deberá aterrizar una terminal de cada devanado y aterrizar el equipo "T.T.R.", conectando el conector tipo poste para esa finalidad.
- d).- CUARTA PRECAUCION.- Por ningún motivo, gire la manivela del equipo cuando se esté manipulando las terminales; ya que puede desarrollarse entre ellas una alta tensión.

Quando se prueban transformadores trifásicos, se debe tener en cuenta su diagrama vectorial, el cual indica la conexión interna del transformador, por lo tanto para cada conexión el T.T.R. se conecta de manera distinta.

Las conexiones más usuales y sus desplazamientos angulares para transformadores de potencia, se muestran en la figura 27.

Las conexiones de las juntas de prueba del TTR, para unidades trifásicas se muestran en la figura 27, en donde:

Pr - Punta de excitación roja (prensa de polaridad)

Pn - Punta de excitación negra (prensa de no polaridad)

Cr = Punta secundaria roja (caimán de polaridad)

Cn = Punta secundaria negra (caimán de no polaridad.)

En la medición de transformadores delta-estrella o estrella delta, cuando el lado de la estrella debe ser excitada al hacer la prueba de T.T.R., debe tenerse presente lo siguiente:

- a).- La relación de placa no es la relación de espiras, si no la relación de tensiones fase a fase sin carga.
- b).- La medición en la relación de espiras, debe dividirse entre  $\sqrt{3}$  para obtener la relación de placa.

Interpretación de resultados.- Si durante la medición no es posible del balance del detector, tampoco será posible registrar la lectura correspondiente a la relación de espiras del transformador bajo prueba, esto puede deberse a un

CONEXION	DIAGRAMA VECTORIAL		FABE	RELACION MEDIDA	CONEXION DEL TTR				CORTO CIRCUITO	DEFASAMIENTO ANGULAR
	A.T.	B.T.			Cr	Cr	Pr	Rn		
ESTRELLA			A	$H_1 H_0 / X_1 X_0$	$H_1$	$H_0$	$X_1$	$X_0$		0°
			B	$H_2 H_0 / X_2 X_0$	$H_2$	$H_0$	$X_2$	$X_0$		
			C	$H_3 H_0 / X_3 X_0$	$H_3$	$H_0$	$X_3$	$X_0$		
DELTA			A	$H_1 H_2 / X_1 X_2$	$H_1$	$H_2$	$X_1$	$X_2$		0°
			B	$H_2 H_3 / X_2 X_3$	$H_2$	$H_3$	$X_2$	$X_3$		
			C	$H_3 H_1 / X_3 X_1$	$H_3$	$H_1$	$X_3$	$X_1$		
DELTA			A	$H_1 H_2 / X_1 X_0$	$H_1$	$H_2$	$X_1$	$X_0$		30°
			B	$H_2 H_3 / X_2 X_0$	$H_1$	$H_2$	$X_1$	$X_2$		
			C	$H_3 H_1 / X_3 X_0$	$H_3$	$H_1$	$X_3$	$X_0$		
DELTA			N1A	$H_1 H_2 / X_1 X_2$	$H_1$	$H_2$	$X_1$	$X_2$	$H_1 H_3$	30°
			N2A	$H_2 H_3 / X_2 X_3$	$H_2$	$H_3$	$X_2$	$X_3$	$H_1 H_2$	
			N3A	$H_1 H_3 / X_1 X_3$	$H_1$	$H_3$	$X_1$	$X_3$	$H_2 H_3$	
			N1B	$H_1 H_2 / X_1 X_3$	$H_1$	$H_2$	$X_1$	$X_3$	$H_2 H_3$	
			N2B	$H_2 H_3 / X_1 X_2$	$H_2$	$H_3$	$X_1$	$X_2$	$H_1 H_3$	
			N3B	$H_1 H_3 / X_2 X_3$	$H_1$	$H_3$	$X_2$	$X_3$	$H_1 H_2$	
			N3B	$H_1 H_3 / X_2 X_3$	$H_1$	$H_3$	$X_2$	$X_3$	$H_1 H_2$	

\* NOTA: LA ESTRELLA CON NEUTRO INACCESIBLE

F E S C U N A M					
I . M . E .					
CONEXIONES DEL TTR PARA TRANSFORMADORES TRIFASICOS					

Fig.27

corto circuito en los devanados o bien a algún devanado -- abierto.

Si durante la medición la corriente de excitación se manifiesta normal, así como el voltaje de prueba para la aguja del detector de ajuste de aire no manifiesta deflexión, en tonces se trata de un circuito abierto en los devanados -- del transformador bajo prueba.

Cuando se registra una corriente de excitación muy elevada y el voltaje no aumenta entonces se trata de un corto circuito en el transformador bajo prueba. Sin embargo, en -- ocasiones aún teniendo un devanado en corto circuito sí se logra el balanceo y se obtiene lectura.

En general, los valores de relación de espiras medidas con el T.T.R., deben encontrarse dentro de un rango de - 0.5 % respecto a la relación de placa del transformador, para -- considerar que éste se encuentra en buenas condiciones, si la relación medida es menor que la de placa entonces el -- corto circuito lo tenemos en la bobina de alta tensión, si la relación medida es mayor a la placa, el corto circuito lo tenemos localizado en la bobina de baja tensión.

#### 4.6.- PRUEBA DE RESISTENCIA OHMICA DE CONTACTOS.

Los puntos con alta resistencia en partes de conducción, - son fuentes de problemas en los circuitos eléctricos, ya - que originan caídas de voltaje, fuentes de calor, pérdidas de potencia, etc.; esta prueba nos detecta esos puntos.

La finalidad de esta prueba, es poder medir bajas resistencias por el método de caída de tensión con C.D., en todo circuito eléctrico donde existen puntos de contacto; tales como juntas de rieles, juntas en conexiones soldadas, resistencia de contactos en interruptores y cuchillas desconectadoras, microresistencias, etc.

Esta medición como prueba de campo se utiliza para medir la resistencia óhmica entre los contactos principales de los interruptores, así como para verificar los ajustes de los contactos de las cuchillas desconectadoras y de esta manera detectar la existencia de conexiones holgadas, desajustes y suciedad entre las partes conductoras.

La prueba de resistencia óhmica de contactos en interruptores o cuchillas desconectadoras, nos proporcionan datos para formar una estadística de los valores de la resistencia óhmica que tienen las unidades mencionadas, antes de ser puestas en servicio; para que con dichos datos se pueda determinar en futuras pruebas de mantenimiento, las necesidades de reparar o cambiar contactos.

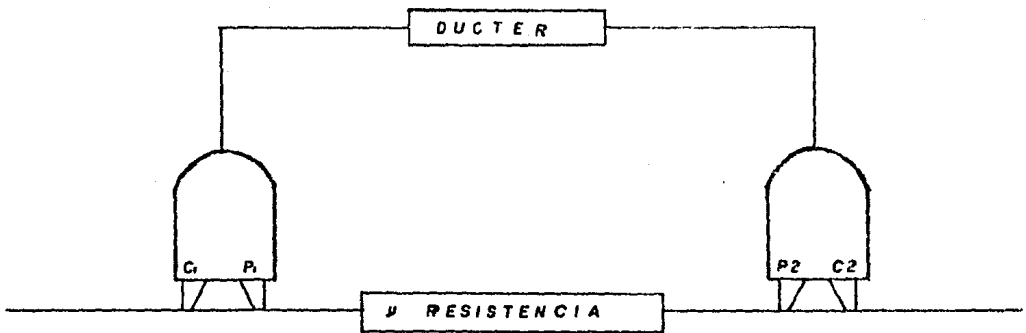
#### 4.6.1.- Equipo de prueba.

El instrumento que se utiliza para medir la resistencia óhmica de contactos se denomina probador de baja resistencia o "DUCTER".

El DUCTER, es un aparato de prueba portátil, que opera sobre 5 rangos y mide resistencias entre 20 ohms hasta un mícrohm.

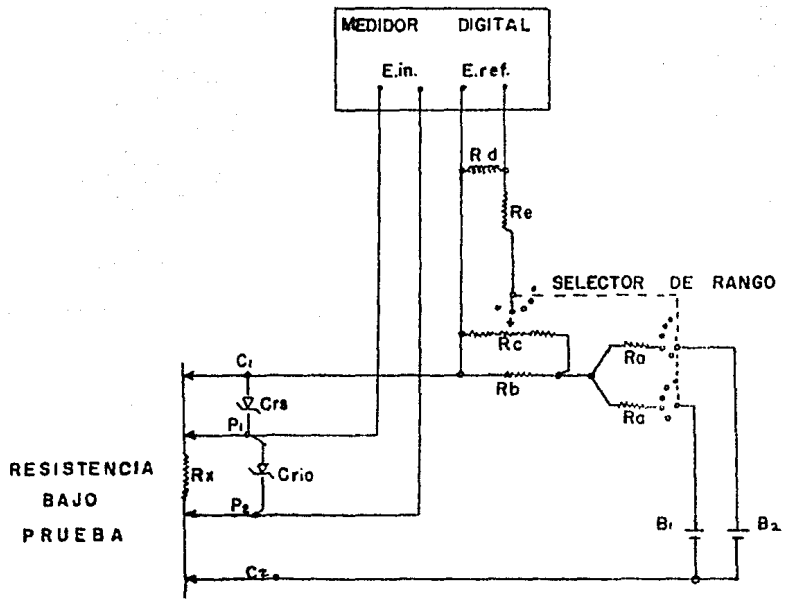
El DUCTER, opera a partir de una fuente de energía interna

o extrema, que es una batería adaptada para proporcionar la plena corriente requerida y ésta puede ser recargada, empleando un cargador interconstruido, el cual puede adaptarse para ponerlo inmediatamente en servicio, siguiendo períodos de utilización de rangos de alta corriente. Conta de dos terminales para efectuar la medición, las cuales deberán conectarse de la siguiente manera:



Las terminales de los extremos siempre deben ser las corrientes (terminales negras) y las interiores los potenciales (terminales rojas).

El diagrama que se muestra en la figura 28, representa el esquema simplificado del circuito de medición del DUCTER de la marca Biddle. En dicho diagrama B1 y B2, son las baterías que suministran el voltaje para la realización de las pruebas. RA y RA', determinan los valores de la corriente que se suministra para las pruebas en cada uno de los 5 rangos diferentes.



F	E	S	C	U	N	A	M
I.	M.	E.					
DIAGRAMA DEL CIRCUITO SIMPLIFICADO Fig.28 DEL DUCTER.							



Es importante mencionar que la corriente de prueba, será afectada en caso de que se modifique la resistencia de las terminales de prueba que se conectan entre las terminales C1 y C2. El instrumento de prueba está diseñado para operar con unos cables de corriente que tienen una resistencia total de 0.02 ohms cada uno. Por esta razón, es importante que los cables de prueba no sean modificados, y si ésto fuera necesario deberán realizarse los ajustes necesarios para compensar el valor de la nueva resistencia, en los cables terminales de prueba.

La resistencia RB, es una resistencia patrón que se utiliza para obtener un voltaje proporcional a la corriente de prueba.

La resistencia RC, es una resistencia de calibración, de la cual se tienen 5 valores, uno para cada rango de prueba que se emplea.

diodos zener CR9 y CR10, cumplen la función de proteger el equipo de prueba, para evitar posibles daños causados por fenómenos transitorios que se presentan cuando realizan las pruebas bajo la acción de campos electros-

En general, al realizar la prueba de resistencia de contactos, tanto en interruptores como en cuchillas desconectadoras, es muy variable su valor con respecto a la marca y tipo, por lo cual no existen normas que nos indiquen cuáles deben ser los valores máximos permisibles por punto de contacto, debido a que ésto depende del diseño empleado por cada fabricante y de los materiales utilizados para su construcción. Por esta razón siempre se deberá contar con

tura es menor de 20 ohms, ajustar la misma perilla para seleccionar un rango menor y de esta manera encontrar su valor real.

- 2.- Colocar la perilla de función en posición de prueba y colocar las terminales de prueba a la resistencia que se va a medir, forzando con las manos las terminales hacia abajo para obtener un buen contacto, tomar las lecturas y anotarlas
- 3.- Cuando se haga la prueba con las terminales de corriente conectadas, asegúrese que la perilla de función regrese inmediatamente a ajuste de cero entre las lecturas que se tomen para así reducir la pérdida de energía en la batería.

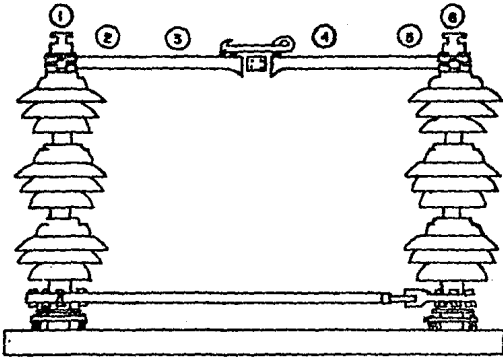
La perilla de función del instrumento debe ser colocada en OFF una vez que se termine la prueba.

Uso de las puntas de mano.

Ambas puntas de cada cable duplex deben de hacer buen contacto con la resistencia que se va a medir.

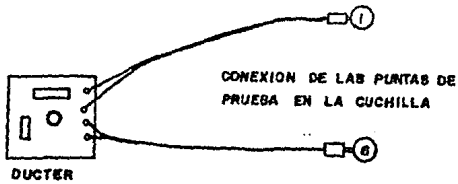
La corriente pasa de una punta a otra, y las puntas de potencial deben de hacer contacto en la trayectoria de esta corriente. La fig. 29, muestra la conexión del Ducter para la medición de resistencia de contacto a una cuchilla. Esto cae entre las dos puntas de potencial y marcadas con la distancia X, diagrama (a) de la figura 30.

Los diagramas a, b, c, d, y e; de la fig. 30, muestran las conexiones que pueden ser utilizadas de acuerdo a los dife



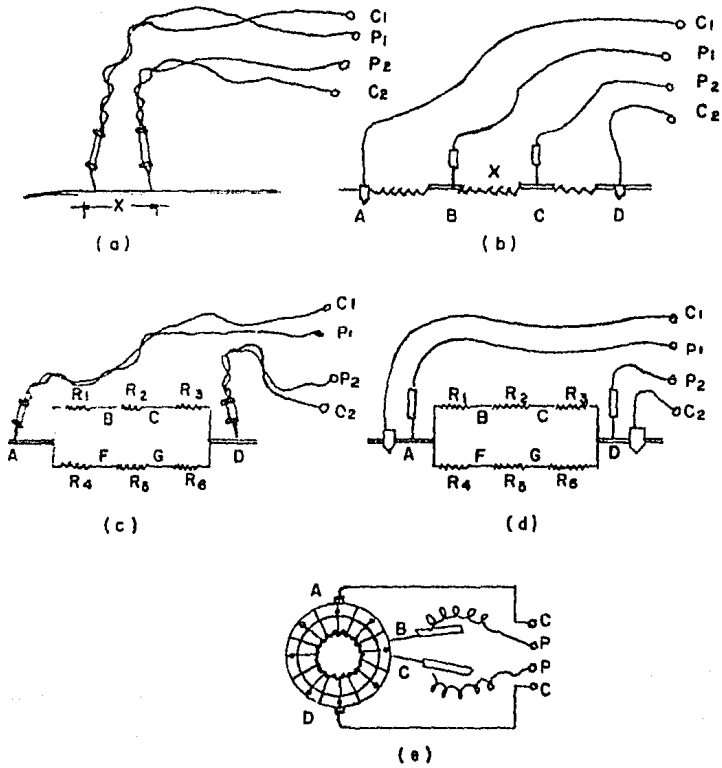
**CUCHILLA LINEGEAR DE 85 y 230 KV  
DE 1200 y 1800 AMPERES**

EN DONDE 1, 2, 3, 4, 5 y 6 SON LOS DIFERENTES PUNTOS DE CONTACTO QUE INFLUYEN EN LA PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS



F	E	S	C	U	N	A	M
I	M	E					
PRUEBA DE RESISTENCIA DE CONTACTOS A UNA CUCHILLA.							

Fig. 29

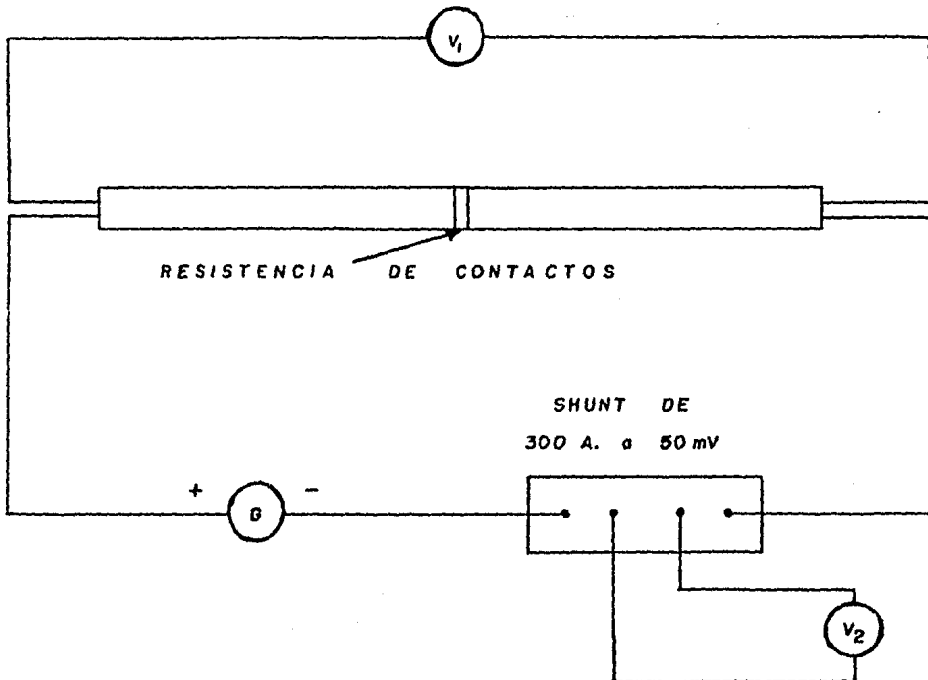


F E S C U N A M	
I. M. E.	
CONEXIONES DE LAS Fig. 30 TERMINALES DE PRUEBA DEL DUCTER	

rentes arreglos de circuito.

Circuitos inductivos.- Cuando se trabaja con circuitos altamente inductivos es aconsejable, desconectar las puntas de potencial antes de abrir el circuito de corriente, en orden para prevenir un alto voltaje de inducción, siendo formado a través del circuito de potencial del instrumento.

Para circuitos donde es necesario corrientes de prueba mayores de 100 amperes, esta prueba se puede realizar con una planta de soldar tipo generador, realizando el circuito siguiente:



#### 4.7.- TIEMPOS DE APERTURA Y CIERRE DE INTERRUPTORES.

El objeto 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 propios polos o fases; estos resultados son importantes, puesto que nos permiten conocer el tiempo que tardan en realizarse las operaciones de cierre y apertura, para que de esta forma poder verificar si dichos interruptores cumplen con las especificaciones solicitadas y las cuales generalmente se indican en los reportes de prueba y montaje proporcionados por los fabricantes.

Tiempo 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 disparo se han separado en todos los polos.

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

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 del arco en ese polo.

Tiempo 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.

Estas pruebas son de primordial importancia, fundamentalmente en lo que se refiere a los tiempos de apertura, ya que es necesario que esta operación se realice en el menor

tiempo posible, para que en condiciones de falla el circuto en cuestión sea aislado del sistema lo más rápido, de acuerdo con la operación de las protecciones. Además estas pruebas son aplicables exclusivamente a interruptores de potencia y en particular a interruptores de alta tensión, en todos sus tipos y diseños como son: En gran volumen de aceite, en pequeño volumen de aceite, en aire comprimido, en hexafloruro de azufre ( $SF_6$ ), de soplo magnético, vacío, etc.

En general, en todos los interruptores de potencia, al aumentar la tensión nominal de trabajo se incrementa la capacidad interruptiva y en consecuencia, se procura que se -- tengan tiempos de apertura y cierre mucho menores con relación a los tiempos que utilizan los interruptores de menor capacidad.

Es importante analizar el tiempo empleado al efectuar el cierre de los interruptores, debido a que en algunos casos estos interruptores tienen que formar parte de los siste--mas de sincronización manual o automática y en tales casos también se requieren tiempos de cierre no muy grandes, para la coordinación de tiempos entre la orden de cierre y el cierre mismo del interruptor.

Así, en coordinación con las pruebas de los tiempos de cierre y apertura es necesario analizar si dichas funciones se realizan sin sincronismo entre las fases. Una condi--ción de asincronismo fuera de los límites establecidos por cada fabricante, originará daños en los interruptores; tanto en la apertura bajo condiciones de falla, como para el cierre, en donde si existe asincronismo de operación entre las fases, esto originará que las protecciones propias del interruptor ordenen la desconexión inmediata del mismo, di

cha operación se denomina "disparo por asincronismo de fases", la cual además de ordenar la apertura del interruptor, también manda señal de alarma de alerta, para que de esta manera se ordene la revisión y corrección de las causas de dicha falla.

#### 4.7.1.- Equipo de prueba.

Existen 3 equipos principalmente para realizar estas pruebas que son:

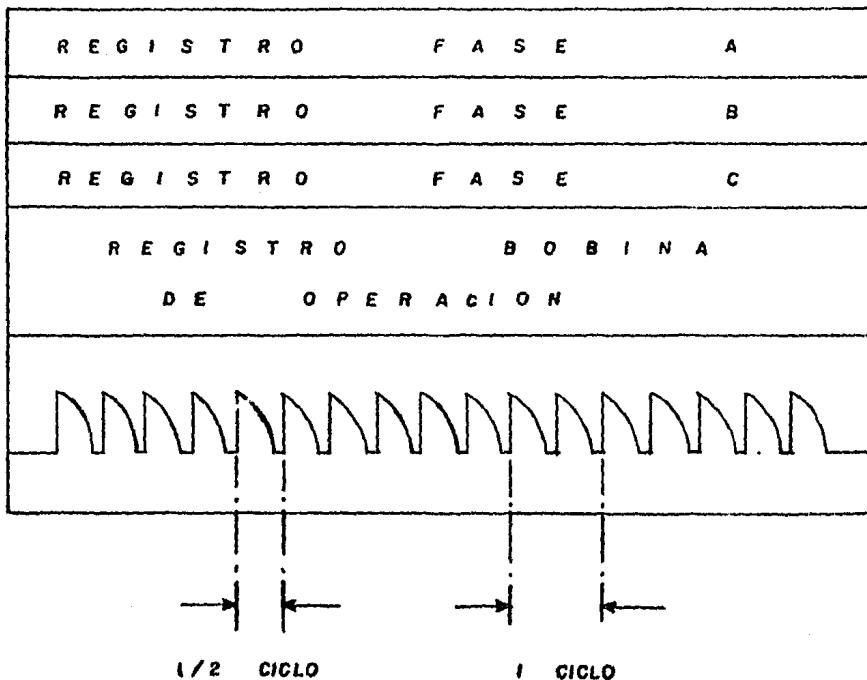
- 1.- El Milligraph.- Que consiste de 6 y 8 pistas para poder graficar simultáneamente en papel metálico.
- 2.- El Favag.- Que utiliza solamente 4 pistas con papel en cerado.
- 3.- El analizador. T R 1-A.- Que utiliza 8 y 12 pistas simultáneamente, graficando además de los tiempos de apertura y cierre el comportamiento y amortiguamiento de cada uno de los polos. Este equipo utiliza galvanómetro del tipo de espejo y papel foto sensible a la luz.

El equipo más utilizado es llamado "FAVAG", el cual es de operación electromecánica y está diseñado para registrar los tiempos de operación de las tres fases y la operación de la bobina de cierre o apertura simultáneamente, así como para registrar el sincronismo existente, entre los diferentes contactos de un mismo interruptor de alta tensión, los cuales constan de varias cámaras interruptivas por polo por mecanismos diferentes.

El FAVAG requiere de una fuente de alimentación de 120Volts.



de C.D., para efectuar las funciones de cierre o apertura, así como para la supervisión de los contactos de operación de las fases de los interruptores y la bobina de control. En tanto que para poder efectuar la medición del tiempo empleado en dichas operaciones, este aparato consta de un motor sincrónico de C.A., alimentado a 220 Volts, que en base a la frecuencia de operación de 60 ciclos / segundo; genera una velocidad constante de desplazamiento del papel de 300 mm., por segundo. Además contiene una plumilla que genera pulsos, estos nos marcan los trazos en el papel; de los instantes en que los diferentes contactos de un interruptor se tocan o se separan a partir de las señales de cierre y apertura de los dispositivos de mando del interruptor, estas señales son registradas sobre la gráfica -- que se muestra a continuación.



La señal de referencia permite entonces medir el tiempo y secuencia de los eventos anteriores.

Frecuencia de trabajo = 60 ciclos/segundo

Por lo que un ciclo = 16.66 milisegundos

Velocidad de desplazamiento del papel 300mm/seg.

Por lo que un ciclo = 5 mm.

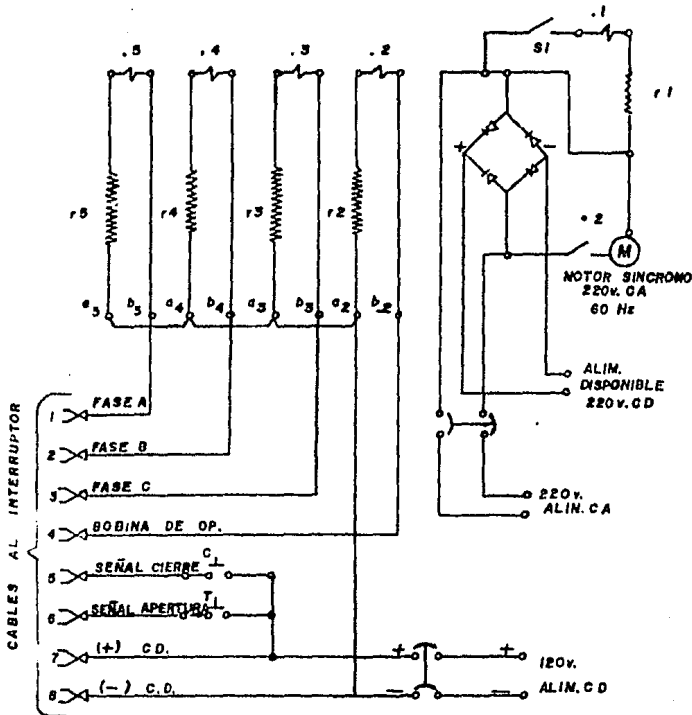
Por lo tanto, las mediciones de los tiempos de operación - se efectúan en base a:

1 Ciclos = 16.66 milisegundos = 5 mm.

Esto puede observarse en la fig. No. 31, en donde se muestra el diagrama simplificado del circuito empleado por el "Favag".

Otro de los equipos para estas pruebas, es el analizador de operaciones marca Cincinnati, que se utiliza en las -- pruebas de los interruptores de potencia de aceite, mediante el cual es posible analizar los desplazamientos reales de los bastones de operación, que deben ser de movimientos verticales.

Esta prueba tiene la finalidad de determinar las condiciones de operación del mecanismo de los contactos de los interruptores, para detectar defectos tales como excesiva -- fricción en las operaciones de cierre o apertura, ajustes incorrectos en los resortes de aceleración acción impropia



- .1 BOBINA DE OPERACION PLUNILLA BASE PARA MEDICIONES DE TIEMPO
- .2 BOBINA DE REGISTRO DE OPERACION BOBINA
- .3 BOBINA DE REGISTRO DE OPERACION FASE C
- .4 BOBINA DE REGISTRO DE OPERACION FASE B
- .5 BOBINA DE REGISTRO DE OPERACION FASE A

F	E	S	C	U	N	A	M
I	M	E					
DIAGRAMA ESQUEMATICO DE Fig. 31 OPERACION DEL FAVAG							

de amortiguadores mecánicos o hidráulicos, efectos de rebote y desajuste en topes y velocidad de contactos.

Estas pruebas también se utilizan para elaborar las estadísticas de los resultados obtenidos durante las pruebas y a través del tiempo tener una base de comparación, para analizar el desgaste en los mecanismos y el comportamiento de éstos durante la vida operativa de los interruptores, al efectuar los trabajos de mantenimiento que se practican periódicamente.

#### 4.7.2.- Procedimiento de prueba con el equipo "FAVAG".

En estas condiciones, es necesario que antes de iniciar estas pruebas debe verificarse que el interruptor esté en condiciones normales de operación, es decir, que tenga los valores de voltaje de c.a. y c.d. nominales, presión de operación y ajustes mecánicos terminados, niveles de aceite, circuitos de control de equipo auxiliar en condiciones óptimas. Este punto es importante, por que si estas condiciones no se cumplen los valores de tiempo de apertura y cierre en interruptores se ven afectados considerablemente.

De igual forma, deben tomarse las siguientes precauciones para realizar estas pruebas:

- 1.- El interruptor debe estar desenergizado y desconectado de cualquier circuito de alta tensión.
- 2.- Verificar que no existan bloqueos mecánicos o eléctricos para la operación del interruptor.

- 3.- Verificar que ninguna persona se encuentra trabajando en el equipo.
- 4.- Que las condiciones de operación sean las nominales.
- 5.- Verificar que el aparato de prueba esté en buenas condiciones.

Para realizar las pruebas de apertura y cierre el aparato debe conectarse como se indica en los diagramas de las figuras 32 y 33 respectivamente, en donde se muestran además las gráficas resultantes.

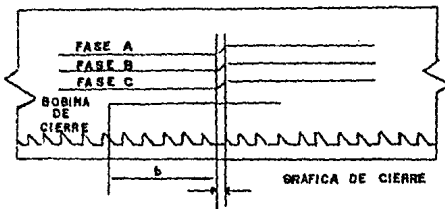
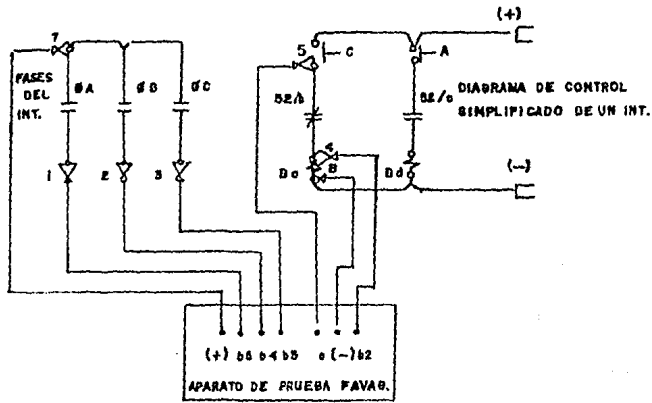
NOTA: A continuación como complemento adicional mencionaremos el procedimiento de prueba con el equipo "MILLI-GRAPH".

De acuerdo al diagrama de la fig. 34, se deben de tomar -- en cuenta los siguientes puntos:

- 1.- Del diagrama de alambrado del interruptor se localizan los bornes positivo y negativo de la señal de cierre y de apertura.

Si al interruptor llega C.D. se desconectan los positivos de las cuchillas de prueba, dejando el negativo -- presente en el interruptor.

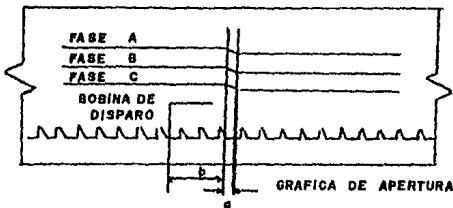
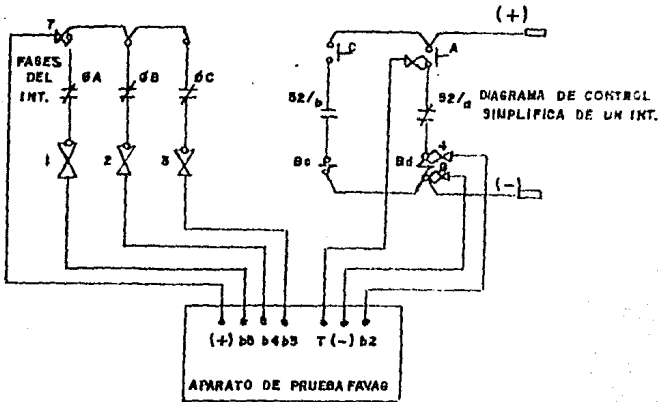
DIAGRAMA DE INTERRUPTOR EN POSICION ABIERTO



EN DONDE: a = ASINCRONISMO DE FASE b = TIEMPO DE CIERRE

F	E	S	C	U	N	A	M
I.	M.	E.					
DIAGRAMA DE CONEXIONES Y RESULTADOS EN LA PRUEBA DE CIERRE DE INTERRUPTORES.							

DIAGRAMAS DE INTERRUPTORE EN POSICION CERRADO



EN DONDE: a = ASINCRONISMO DE FASES  
 b = TIEMPO DE CIERRE

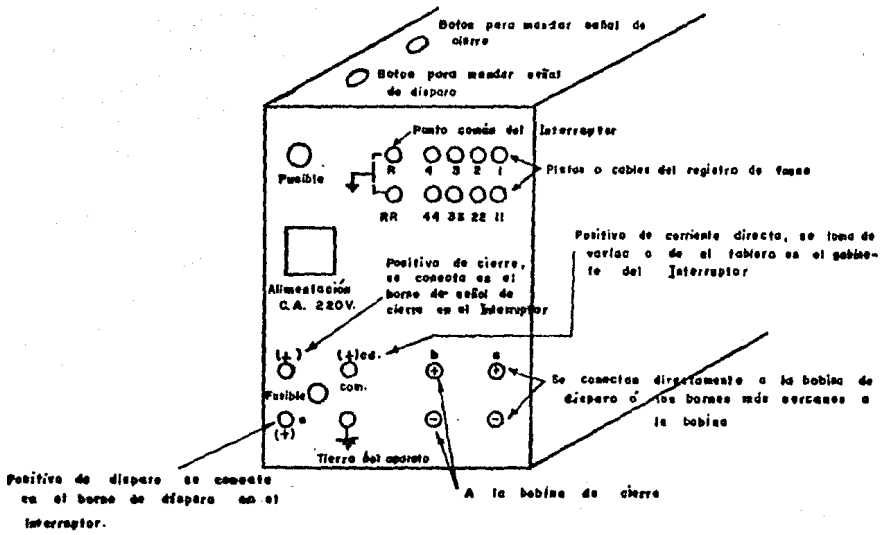
F	E	S	C	U	N	A	M
I	M	E					
Fig.33 DIAGRAMA DE CONEXIONES Y RESULTADOS EN LA PRUEBA DE APERTURA DE INTERRUPTORES.							

De las cuchillas de prueba se toma el positivo de corriente directa para alimentar el milligraph (en el borne Com.).

Cuando se alimenta C.D. con Variac, el negativo del variac se lleva hacia el borne negativo de cierre o apertura del interruptor, según la operación que se vaya a efectuar. Para tener presente el negativo en el interruptor, el positivo del variac se lleva hacia el - - (Com). del milligraph.

- 2.- Del borne c ( + ) del milligraph se lleva un cable hacia el borne ( + ) de señal de apertura del interruptor.  
Del borne (a) ( + ) del milligraph se lleva un cable hacia el borne (+) de señal de apertura del interruptor.
- 3.- Los bornes a (+), (-) del milligraph se llevan directamente a la bobina de disparo del interruptor.  
Los bornes b (+), (-) del milligraph se llevan directamente a la bobina de cierre del interruptor.
- 4.- En el milligraph se conectan las fases y el común del interruptor como se muestra en los diagramas de conexiones.
- 5.- Se alimenta el milligraph con el voltaje de 220 V C.A.





F E S C U N A M									
I . M . E .									
Fig.34		CARATULA DE LAS CONEXIONES DEL MILLIGRAPH							

6.- Una vez teniendo las conexiones mostradas en la figura No. 34 se procede a efectuar la prueba (mandando cierre o apertura según sea el caso) de la siguiente manera:

Se toma el papel dándole un jalón, e inmediatamente -- después se oprime el botón (rojo o negro) para cierre o apertura.

El siguiente paso es el cálculo de la gráfica.

7.- Para la prueba de antibombeo con estas mismas conexiones se da el jalón al papel y se oprimen los botones, -- tanto el de cierre como el de apertura o viceversa.

Cuando se tiene bobina de antibombeo se manda las puntas (+) y (-) de a o de b del milligraph a la bobina de antibombeo para su registro.

#### 4.7.3.- Aplicaciones.

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

Gran volumen de aceite.

Bajo volumen de aceite.

Aire comprimido.

Gas SF<sub>6</sub>.

Soplo magnético.

Vacío.

La prueba adquiere mayor importancia en el caso de equipo sofisticado, como es el de interruptores modulares con cámaras múltiples, con operación independiente por polo, dotados o no de resistencias de inserción, debido a que en estos es más problema la pérdida de sincronismo entre polos o contactos de un polo, así como la variación en servicio de los tiempos de cierre o apertura de todas o cada una de las fases.

La prueba o mediciones que a continuación se indican son aquellas que se consideran normales, tanto para el mantenimiento como para puesta en servicio de un interruptor.

- a).- Determinación del tiempo de apertura.
- b).- Determinación del tiempo de cierre.
- c).- Determinación del tiempo cierre - apertura en condición de disparo libre, o sea el mando de una operación de cierre y uno de apertura en forma simultánea, se verifica además el dispositivo de antibombeo.
- d).- Determinación del sincronismo entre contactos de una misma fase, tanto en cierre como apertura.
- e).- Determinación de la diferencia en tiempo entre los contactos principales y contactos auxiliares de resistencia de inserción.
- f).- Determinación de los tiempos de retraso en operación

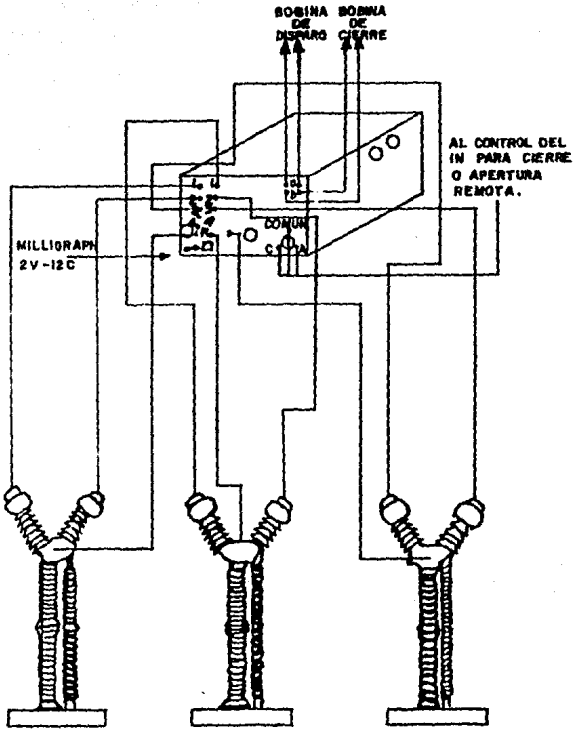
de recierre si el interruptor está previsto para este tipo de aplicación ya sea recierre monofásico o trifásico. Por lo que dependiendo del interruptor por probar en lo que a número y arreglo de cámaras se refiere, así como el número de canales disponibles en el equipo de prueba es posible determinar dos o más de los tiempos anteriores simultáneamente en una sola operación.

En las figuras 35 y 36 se muestran los diagramas para realizar las pruebas a un interruptor multicámara y a un interruptor de gran volumen de aceite, por medio del equipo milligraph.

#### 4.8.- PRUEBA DE VOLTAJES MINIMOS DE OPERACION.

Esta prueba es exclusiva de los interruptores de potencia y se realiza en los diferentes tipos que se fabrican para las diferentes tensiones de operación.

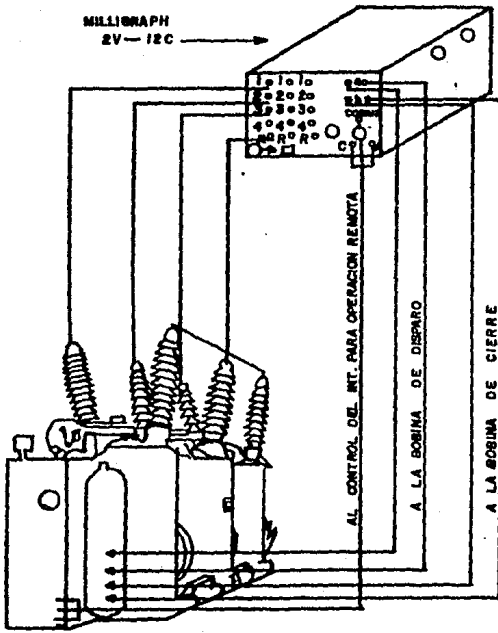
Como sabemos, todos los circuitos de control y protección están alimentados por circuitos de 120 volts de corriente directa para que de esta manera se tenga siempre la posibilidad de operar los interruptores aún cuando los servicios de c.a. llegaron a faltar en la subestación. Bajo estas condiciones, las baterías que proporcionan la c.d. tendrán una duración determinada dependiendo de la carga que están alimentando y en consecuencia, con el tiempo el voltaje de caerá gradualmente hasta agotarse totalmente en el caso de



F	E	S	C	U	N	A	M
I	M	E					

Fig. 35

DIAGRAMA DE CONEXIONS DE UN EQUIPO MILLIGRAPH A UNA FASE DE UN INTERRUPTOR MULTICAMARA.



F E S C		U N A M	
I . M . E .		84	
Fig.36 DIAGRAMA DE CONEXIONES DE UN EQUIPO MILLIGRAPH A UN INTERRUPTOR DE GRAN VOLUMEN DE ACEITE.			

que no se normalizara el servicio de c.a. en un tiempo muy largo.

Es por esta razón que debe verificarse el voltaje mínimo - de operación de la bobinas de cierre o apertura en los interruptores, siendo de mayor importancia el correspondiente a la bobina de apertura.

La forma de realizar la prueba se logra mediante una fuente de alimentación de c.d. variable con la cual se alimenta el (+) y (-) de cada una de las bobinas de cierre o apertura (en los interruptores de 85 a 400 KV se tienen dos bobinas de disparo), desde un valor cero y se aumenta gradualmente el voltaje hasta que el interruptor realice su operación, en este instante se toma el valor del voltaje aplicado, el cual corresponderá a el voltaje mínimo de operación para el cierre o disparo según sea el caso.

Estas pruebas deben realizarse con el interruptor en óptimas condiciones de operación y tomando en cuenta los datos proporcionados por los fabricantes para determinar si dichos valores están de acuerdo a los reportes de fábrica; - en caso contrario debe procederse a realizar los ajustes - necesarios para adecuar los voltajes mínimos de operación.

#### 4.9.- HUMEDAD RESIDUAL.

El objetivo de esta prueba es determinar las condiciones de humedad que guardan los aislamientos de equipos nuevos y en operación, mediante las pruebas de campo utilizadas.

La función principal de los aislamientos sólidos en transformadores es formar una barrera dieléctrica, capaz de soportar la diferencia de potencial a que están sujetas las diferentes partes del equipo, así como mantener el flujo de corriente principal por una trayectoria predeterminada, con el objeto de evitar trayectorias de corrientes no deseadas (corto circuito). Para esto es necesario mantener en óptimas condiciones de operación los aislamientos.

Con los nuevos voltajes de transmisión cada vez más elevados, el secado casi perfecto de los transformadores ha tomado una importancia vital para la instalación y operación de los transformadores, es el agua residual permisible en los aislamientos.

Los métodos de secado tienden a reducir la humedad a 0.5% o menos por peso de los aislamientos secos. Estos métodos varían según el fabricante, siendo los más comunes aire caliente y vacío, vapores calientes y vacío, aceite caliente y vacío.

La presencia de agua afecta considerablemente la rigidez dieléctrica, tanto del papel como del aceite, disminuyendo ésta hasta límites peligrosos dentro de los esfuerzos a que están sometidos estos materiales, originados por las tensiones de operación de los equipos de que forman parte.

Se entiende por humedad residual en transformadores de po-



y 40°C, el equipo deberá ser capaz de obtener un vacío en un banco entre 5 y 75 micrones (ver figura 37).

#### 4.9.2.- Método del punto de rocío del gas (aire o nitrógeno)

El punto de rocío de un gas es por definición, la temperatura a la cual la humedad presente (vapor de agua contenido en el gas) comienza a condensarse sobre la superficie en contacto con el gas; en base a este valor se puede determinar sobre un volumen conocido la cantidad total de agua contenida en él, así como su humedad relativa.

En la actualidad existe suficiente experiencia para decir que la técnica de determinación de humedad por este método es adecuada y con suficiente precisión.

##### Procedimiento.

- 1.- Al terminar con el armado total del transformador ya debidamente sellado y comunicados tanque conservador y radiadores, se le saca todo el aceite y se procede a efectuar vacío hasta alcanzar 1mmHg o menos y se mantiene en estas condiciones por 4 horas.
- 2.- Al término del tiempo fijado en el punto anterior se rompe el vacío con aceite o nitrógeno seco, teniendo cualquiera de ellos un punto de rocío de 45°C o menos y se presuriza el transformador con 1 a 5 lbs/pulg.2 y se mantiene en estas condiciones por 24 horas, tiempo suficiente para alcanzar el punto de equilibrio.
- 3.- Alcanzado el punto de equilibrio se efectúa la medi--

ción del punto de rocío del aire o nitrógeno.

- 4.- Se determina la temperatura de los devanados preferentemente por el método de medición de resistencia - - ohmica.
- 5.- Con el valor de punto de rocío medido y la presión -- del gas (Aire o Nitrógeno) dentro del transformador, se determina la presión de vapor en la gráfica de la fig. 38.
- 6.- Con la presión de vapor y la temperatura de devanados se determina la "HUMEDAD RESIDUAL" con la gráfica de la figura 37.

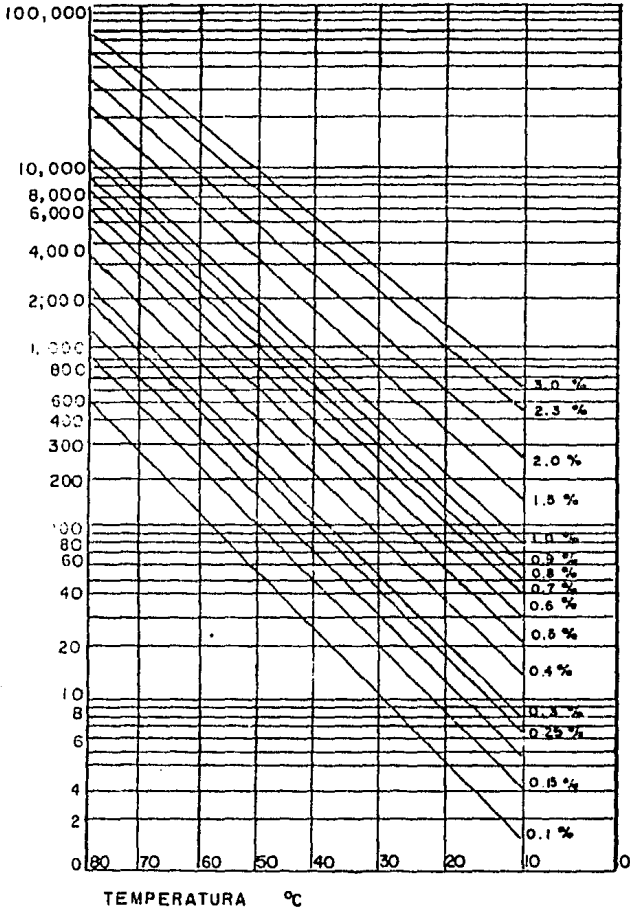
Para la determinación del punto de rocío se puede emplear cualquier Higrómetro, ya sea el de Hielo seco, - alnor y Panametric 2000.

#### 4.9.3.- Valores máximos aceptables de humedad residual en aislamientos sólidos de transformadores de potencia.

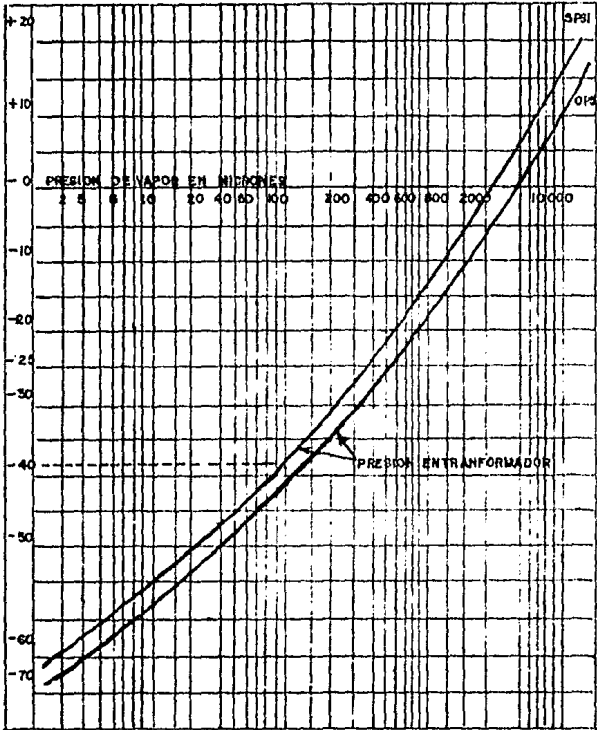
La experiencia de los fabricantes de grandes transformadores de potencia, reactores y reguladores, recomiendan la necesidad de que el secado de este equipo sea menor de -- 0.5% de humedad residual. El contenido de humedad de - 0.2 a 0.3 % es un buen valor de trabajo, humedad residual abajo de 0.1 % además de ser una condición difícil de - - obtener, no es recomendable.

Generalmente el % de humedad residual se da en función - del valor de la clase de aislamiento del transformador, como se verá en la siguiente tabla.

Clase	% Humedad Residual		
400 KV.	0.5		
230 KV.	de 0.5	a	0.7
150 KV.	de 0.5	a	0.9
85 KV.	de 0.9	a	1.5
23 KV.	hasta		2.0



F	E	S	C	U	N	A	M
I. M. E.							
GRAFICA DE EQUILIBRIO							
Fig. 37 . DE HUMEDAD							



F	E	S	C	U	N	A	M
I. M. E.							
GRAFICA DE CONVERSION DEL							
Fig. 38 PUNTO DE ROCIO A PRESION							
DE VAPOR							

## CAPITULO V

### PRUEBAS A EQUIPOS ELECTRICOS DE SUBESTACIONES.

En el presente capítulo, mencionaremos todas las pruebas que se efectúan a los equipos eléctricos en subestaciones acompañándolos de los reportes de prueba que se utilizan, puesto que el objetivo de estas pruebas tienen en principio proporcionar los elementos fundamentales de información normalizada, teniendo presentes los métodos, procedimientos, técnicas y criterios adoptados en las pruebas de puesta en servicio y mantenimiento.

Con el fin de unificar criterios en la determinación de las condiciones del equipo se debe de reafirmar que en la ejecución de estas pruebas se aplicarán los sistemas y procedimientos actuales y se aceptarán cambios cuando los resultados obtenidos permitan la evaluación correcta para reducir las posibilidades de falla del equipo y se tengan que efectuar trabajos innecesarios de mantenimiento, revisión y verificación del equipo instalado.

### 5.1.- PRUEBAS A CUCHILLAS DESCONECTADAS.

- A).- Tipo de operación (manual, motorizado, con carga o sin carga).
- B).- Conexión a tierra del mecanismo de operación (montaje y ajuste).
- C).- Resistencia óhmica total.
- D).- Resistencia de aislamiento.
- E).- Presión de contactos.
- F).- Penetración de contactos.
- G).- Asincronismo de fases.
- H).- Tiempos de cierre y apertura.
- I).- Voltajes mínimos de cierre y apertura.

Los siguientes reportes incluyen las pruebas, la revisión del montaje y los ajustes de cada cuchilla.

### PRUEBAS A CUCHILLAS DESCONECTORAS

SUBESTACION \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

CIRCUITO \_\_\_\_\_ KV \_\_\_\_\_ POSICION EN CIRCUITO \_\_\_\_\_

MARCA \_\_\_\_\_ No. SERIE \_\_\_\_\_

TENSION NOMINAL \_\_\_\_\_ CORRIENTE NOMINAL \_\_\_\_\_ FRECUENCIA \_\_\_\_\_

TIPO DE MONTAJE \_\_\_\_\_

A) TIPO DE OPERACION		EN GRUPO	INDIVIDUAL	
SIN CARGA	MANUAL			
	MOTOR			
CON CARGA	MOTOR			
CUCHILLAS		P O L O		
		A	B	C
B) CONEXION A TIERRA DEL MECANISMO DE OPERACION				
NIVEL DE ANCLAJE				
CALIBRACION CON LAINA DE 1/1000"				
C) RESISTENCIA OHMICA TOTAL				
D) RESISTENCIA DE AISLAMIENTO				
E) PRESION DE CONTACTOS				
F) PENETRACION DE CONTACTOS				
G) ASINCRONISMO DE FASES				
H) TIEMPO DE CIERRE				
TIEMPO DE APERTURA				
I) VOLTAJE MINIMO DE CIERRE				
VOLTAJE MINIMO DE APERTURA				



## 5.2.- PRUEBAS A INTERRUPTORES.

- A).- Resistencia de aislamiento a los circuitos primario y secundario.
- B).- Resistencia eléctrica entre contactos.
- C).- Mecanismos de operación.
- D).- Tiempos de apertura y cierre.
- E).- Dieléctricas del aislante (aceite) o humedad al gas - SF<sub>6</sub>.
- F).- Rigidez dieléctrica del aceite antes del llenado.
- G).- Factor de potencia del aceite.
- H).- Agentes polares.
- I).- Grado de acidez.
- J).- Voltaje mínimo de operación.
- K).- Factor de potencia de aislamientos.



**E) PRUEBAS DIELECTRICAS DEL AISLANTE (ACEITE)**

ACEITE		RIGIDEZ DIELECTRICA KV PROM	NORMA DE PRUEBA	TEMPERATURA AMBIENTE °C	OBSERVACIONES
MARCA	NUOVO USADO				
PRUEBAS DE HUMEDAD AL GAS SF6					
INSTRUMENTO DE PRUEBA _____					
MARCA _____ MODELO _____ N° SERIE _____					
LECTURA		ESCALA			
		CANAL			
1 BAR = 14.5 Lb/Pulg <sup>2</sup>					
750 mmHg = 14.7 LB/PULG <sup>2</sup>					
1 LB/PULG = 15.7 mmHg					
PRESION ABSOLUTA PRESION AL NIVEL DEL MAR PRESION MEDIA					

**F) RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE ANTES DEL LLENADO**

MUESTRA NUMERO	1	2	3	4	5
NORMA					
PROVEDOR MARCA					
SEPARACION DE ELECTRODOS					
REPOSO (ANTES DE PROBAR)					
PRUEBA 1					
PRUEBA 2					
PRUEBA 3					
PRUEBA 4					
PRUEBA 5					
PROMEDIOS PRUEBAS					
MUESTRA TOMADA DE					

**G) FACTOR DE POTENCIA DEL ACEITE**

PRUEBA	LECTURAS EQUIVALENTES _____ KV					FACTOR DE POTENCIA %		
	LECTURA MEDIDA	MULTIPLICADOR	mVA	LECTURA MEDIDA	MULTIPLICADOR	mW	MEDIDO	CORREGIDO A 20°C

**H) AGENTES POLARES**

(PRUEBAS DE CAMPO)

BUENO  REGULAR  MALO

**I) GRADO DE ACIDEZ (PRUEBA DE CAMPO)**

BUENO  REGULAR  MALO

RECOMENDACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



### 5.3.- PRUEBAS DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

A).- Resistencia de aislamiento con megger.

B).- Relación de transformación.

\*C).- Resistencia óhmica de los devanados.

D).- Rigidez dieléctrica del aceite aislante.

E).- Factor de potencia del aceite.

F).- Agentes polares.

G).- Grado de acidez.

H).- Factor de potencia de aislamiento con aceite y boquillas.

I).- Punto de rocío (humedad al nitrógeno).

J).- Núcleo a tierra.

K).- Pruebas de boquillas para transformadores.

\* La medición de la resistencia óhmica de los devanados se realiza en fábricas como prueba de recepción. Es un acoplamiento para la prueba de temperatura. En campo no se realiza ninguna de las dos pruebas anteriores, como prueba de rutina, sino únicamente cuando se desea saber la temperatura de los devanados en función de la resistencia.





J) NUCLEO A TIERRA

FASE \_\_\_ KV AT \_\_\_ KV B.T \_\_\_ KV TERC \_\_\_ KV FREC \_\_\_ Hz %Z \_\_\_\_\_

ELEVACION \_\_\_ msm TEMP \_\_\_ °C TIPO \_\_\_\_\_

CAMBIADOR DE DERIVACIONES TIPO Y SERIE \_\_\_\_\_

CONEXIONES: AT \_\_\_ BT \_\_\_ TERC \_\_\_\_\_

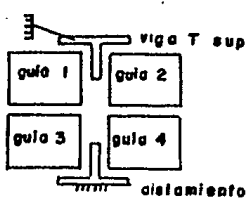
RESISTENCIA DE AISLAMIENTOS: NUCLEOS AISLADOS

TRANSFORMADORES TIPO ACORAZADO

MEGGER \_\_\_ CTE \_\_\_ TEMP \_\_\_ °C

FACTOR DE CORRECCION POR TEMPERATURA K \_\_\_\_\_

I VIGA T SUPERIOR ATERRIZADO ENTRE	M OHMS
GUIA No 1 TIERRA	
GUIA No 2 TIERRA	
GUIA No 3 TIERRA	
GUIA No 4 TIERRA	
GUIA No 1 GUIA No 2	
GUIA No 3 GUIA No 4	
GUIA No 1 GUIA No 3	
GUIA No 2 GUIA No 4	
II VIGA T SUPERIOR DESCONECTADA ENTRE	M OHMS
GUIA No 1 TIERRA	
GUIA No 2 TIERRA	
GUIA No 3 TIERRA	
GUIA No 4 TIERRA	
GUIA No 1 GUIA No 2	
GUIA No 3 GUIA No 4	
GUIA No 1 GUIA No 3	
GUIA No 2 GUIA No 4	
GUIA No 1 VIGA T SUPERIOR	
GUIA No 2 VIGA T SUPERIOR	
VIGA T SUPERIOR TIERRA	



OBSERVACIONES



**K) PRUEBAS DE BOQUILLAS PARA TRANSFORMADORES**

INSTRUMENTO DE PRUEBA \_\_\_\_\_ MARCA \_\_\_\_\_

VOLTAJE DE PRUEBA \_\_\_\_\_ ESCALA \_\_\_\_\_

LINEA No	BOQUILLAS FASE	BOQUILLA SERIE No	RUPTURA KV	LECTURAS EQUIVALENTES _____ KV						% FACTOR DE POTENCIA		PRUEBAS CON COLLAR mW/mVA		ESTADO DE AISLAMIENTO
				MILIVOLTAMPERS			MILIWATTS			MEDIDO	CORREGI DO A 20°C	PARTE SUPERIOR		
				LECTURA MEDIDA	MULTI- PLICADOR	mVA	LECTURA MEDIDA	MULTIPLI DOR	mW					
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19	MUESTRA DE ACEITE											TEMP. ACEITE	°C	

N = NEUTRO

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### 5.4.- PRUEBAS DE TRANSFORMADORES DE MEDICION.

- A).- Resistencia de aislamiento y polaridad.
- B).- Continuidad en devanados secundarios.
- C).- Relación de transformación (con T.T.R.).
- D).- Pruebas del aceite (rigidez dieléctrica, factor de potencia).
- E).- Factor de potencia de aislamiento.

El siguiente juego de formas abarca la posibilidad de que los transformadores sean en aceite. Si es este el caso - se recomienda revisar el nivel del aceite a través de la mirilla.

## PRUEBA A TRANSFORMADORES DE MEDICION

S. E. \_\_\_\_\_ CIRCUITO \_\_\_\_\_ LADO \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_  
 INT. No. ECONOMICO \_\_\_\_\_ No. SERIE \_\_\_\_\_ ZONA \_\_\_\_\_  
 MARCA INT. \_\_\_\_\_ TIPO \_\_\_\_\_ RELACION \_\_\_\_\_  
 MARCA 

TC
TP

 \_\_\_\_\_ TIPO \_\_\_\_\_ KV \_\_\_\_\_

### A) RESISTENCIA DE AISLAMIENTO Y POLARIDAD

NO. SERIE _____ POLO / FASE _____		POLARIDAD _____ TEMPERATURA _____ °C	
CONEXIONES		M Ω	VOLTAJE
H VS X + T			
X VS H + T			
H VS X			
NO. SERIE _____ POLO / FASE _____		POLARIDAD _____ TEMPERATURA _____ °C	
CONEXIONES		M Ω	VOLTAJE
H VS X + T			
X VS H + T			
H VS X			
NO. SERIE _____ POLO / FASE _____		POLARIDAD _____ TEMPERATURA _____ °C	
CONEXIONES		M Ω	VOLTAJE
H VS X + T			
X VS H + T			
H VS X			
NO. SERIE _____ POLO / FASE _____		POLARIDAD _____ TEMPERATURA _____ °C	
CONEXIONES		M Ω	VOLTAJE
H VS X + T			
X VS H + T			
H VS X			
NO. SERIE _____ POLO / FASE _____		POLARIDAD _____ TEMPERATURA _____ °C	
CONEXIONES		M Ω	VOLTAJE
H VS X + T			
X VS H + T			
H VS X			
NO. SERIE _____ POLO / FASE _____		POLARIDAD _____ TEMPERATURA _____ °C	
CONEXIONES		M Ω	VOLTAJE
H VS X + T			
X VS H + T			
H VS X			

### B) CONTINUIDAD EN DEVANADOS SECUNDARIOS

ENTRE BORNES	RESULTADOS
SI — S2	
SI	
SI	
SI	



D) PRUEBAS DEL ACEITE (RIGIDEZ DIELECTRICA) T.C  T.P. 

ACEITE			RIGIDEZ DIELECTRICA KV PROM.	NORMA DE PRUEBA	TEMPERATURA AMBIENTE °C	OBSERVACIONES		
MARCA	NUEVO	USADO						
( FACTOR DE POTENCIA )								
PRUEBA	LECTURAS EQUIVALENTES _____ KV					FACTOR DE POTENCIA %		
	MILIVOLTAMPERS			MILIWATTS			MEDIDO	CORREGIDO A 20 °C
	LECTURA MEDIDA	MULTIPLICADOR	mVA	LECTURA MEDIDA	MULTIPLICADOR	mW		

E) FACTOR DE POTENCIA DE AISLAMIENTO T.C  T.P. 

CONEXIONES	LECTURAS EQUIVALENTES _____ KV					FACTOR DE POTENCIA %		
	MILIVOLTAMPERS			MILIWATTS			MEDIDO	CORREGIDO A 20 °C
	LECTURA MEDIDA	MULTIPLICADOR	mVA	LECTURA MEDIDA	MULTIPLICADOR	mW		
H-X+Y+Z+T								
X+Y+Z-H+T								
X-Y+Z								
Y-Z								

**i.5.- APARTARRAYOS:**

A).- Resistencia de aislamiento.

B).- Factor de potencia y pérdidas dieléctricas.

## REPORTE DE PRUEBAS DE PARARRAYOS

SUBESTACION \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

CIRCUITO \_\_\_\_\_ KV \_\_\_\_\_ POSICION EN CIRCUITO \_\_\_\_\_

MARCA \_\_\_\_\_ TIPO \_\_\_\_\_ BIL \_\_\_\_\_

VOLTAJE NOMINAL \_\_\_\_\_ FRECUENCIA \_\_\_\_\_ No. DE CUERPOS \_\_\_\_\_

### A) RESISTENCIA DE AISLAMIENTO

FASE	VOLTAJE DE PRUEBA	TEMPERATURA AMBIENTE °C	VALORES DE PRUEBA EN M- Hv T	No.SERIE	MARCA DEL APARATO

### B FACTOR DE POTENCIA Y PERDIDAS DIELECTRICAS

INSTRUMENTO DE PRUEBA \_\_\_\_\_ MARCA \_\_\_\_\_

VOLTAJE DE PRUEBA \_\_\_\_\_

FASE	No. SERIE	PRUEBA KV	LECTURAS EQUIVALENTES _____ KV				MEDIDOR A °C	CORR- A 20 °C	FACTORES DE POTENCIA %	PRUEBAS CON COLLAR PERDIDAS		ESTADO DE AISLAMIENTO
			mVA O	mA	mW O	W				PARTE SUPERIOR	PARTE INFERIOR	

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

## CONCLUSIONES.

En la vida diaria, el hombre se ha enfrentado a diversos problemas que van de acuerdo a su capacidad e ingenio para resolverlos. El trabajo presentado tiene como finalidad dar a conocer la importancia que tienen las pruebas aplicadas al conjunto de equipo eléctrico en las subestaciones; las cuales se han clasificado de acuerdo a la función que desempeñan, por lo general las pruebas más conocidas son las que se realizan en fábrica y en campo, por lo que son llevadas a cabo de acuerdo a las normas que rigen a cada tipo de prueba.

Es de gran importancia conocer la clasificación de las subestaciones y el equipo que en éstas intervienen, de acuerdo a la operación que realizan.

Para el arreglo físico de una subestación es conveniente tener en cuenta los criterios básicos para seleccionar el diagrama unifilar más adecuado y de esta manera darle flexibilidad y continuidad al servicio, también debe realizarse un estudio técnico económico del proyecto y seleccionar el que se adapte a las necesidades de servicio.

Día a día se ha venido experimentando con diversos materiales, que cumplan con las características de un dieléctrico, así como también estudiar los fenómenos físicos y químicos que en ellos se presentan.

La teoría del estudio de los dieléctricos ha sido fundamental para el conocimiento del grado de eficiencia y de gradación de dicho material que son los únicos que pue-



den determinar el tiempo de vida útil de los equipos eléctricos.

Es necesario tener conocimiento de las clases de aislamiento que se utilizan en los equipos eléctricos, para que éstos puedan ser confiables en condiciones de operación de acuerdo a las necesidades requeridas.

Como resultado del desarrollo de la presente tesis, se concluye que la realización de las pruebas para la puesta en servicio de las subestaciones de distribución es indispensable, para evitar retrasos en su construcción y para asegurar el buen funcionamiento del equipo; permitiendo con esto aumentar la confiabilidad y mantener la continuidad en el suministro de energía eléctrica.

Por tal motivo, es necesario tener conocimiento de los principios de operación y manejo de los equipos de prueba, ya que sin estos conocimientos no se pueden obtener resultados satisfactorios y la interpretación de éstos sería incorrecta.

En el desarrollo de las pruebas de campo, ya sea para recepción o de puesta en servicio es necesario tener patrones de los fabricantes y noción de los resultados esperados, para poder hacer una interpretación de los resultados obtenidos y así reducir al mínimo los problemas en la operación de la subestación.

Para facilidad, en el desarrollo del presente trabajo se buscó un orden y se delimitaron capítulos en forma congruente.

Durante el desarrollo del montaje es necesario prever -- razonablemente los posibles problemas a resolver y preparar para ello, de lo contrario se puede caer en las improvisaciones que reflejan una mala imagen profesional.

Por lo tanto, es necesario recibir opiniones de otros -- profesionales en relación al mismo asunto, no descuidando sus aportaciones y experiencias de las posibles soluciones al problema planteado.

## BIBLIOGRAFIA .

- 1.- Manual de Diseño de Subestaciones. Tomo I y II.  
Cía. de Luz y Fza. del Centro.
- 2.- Manual del Ingeniero Electricista, Tomo I y II.  
Knowlton.
- 3.- Transformadores para la Industria Eléctrica.  
IEM Westinghouse.
- 4.- Definiciones Técnicas y Clasificación de pruebas.  
General Electric.
- 5.- Guía para Pruebas Dieléctricas.  
A I E E .
- 6.- Dielectric Theory Practice.  
Doble Engineering. Co.
- 7.- Tratado de materiales eléctricos.  
N. G. DROZDOV.  
N. V. NIKULIN.
- 8.- Normas ASTM-877 y 1817 de Rigidez Dieléctrica del  
aceite.
- 9.- Normas CCONNIE.
  - 2.1.3.- Método de prueba de transformadores de Dis-  
tribución y potencia.
  - 2.2.1.- Transformadores de corriente.
  - 8.8.1.- Aceite aislante para transformadores.
  - 8.4.2.- Rigidez dieléctrica de materiales aislantes.

- 10.- Pruebas Dieléctricas de Campo.  
Westinghouse.
- 11.- Procedimiento para Pruebas de Resistencia de Aislamiento. C. F. E. Gerencia de Operación.
- 12.- Instalación & Maintenance of Power Transformer.  
Westinghouse Electric. Co.
- 13.- Instructivos de Operación de los siguientes aparatos.
- |                           |   |
|---------------------------|---|
| a).- Megger -----         | Marca Megger y Norma                    |
| b).- Ducter -----         | " Biddle.                               |
| c).- T.T.R. -----         | " Biddle.                               |
| d).- Meu -----            | " Doble E.                              |
| e).- Probador de aceite - | " Baur.                                 |
| f).- Milligraph -----     | " Migrini G.                            |
| g).- Hygrometros -----    | " Panametric Mod's-1000,<br>2000 y 2100 |
| h).- Favag -----          | " Favag.                                |
- 14.- Capacitores de potencia.  
Balmecc, S.A.
- 15.- Standard Test Code for Distribution, Power and Regulating Transformer, I.E.E.E. ANSI/C. 57. 12. 90
- 16.- Conferencias I.E.M.  
E. Orozco L.