



TRANSFORMADORES: SU CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN

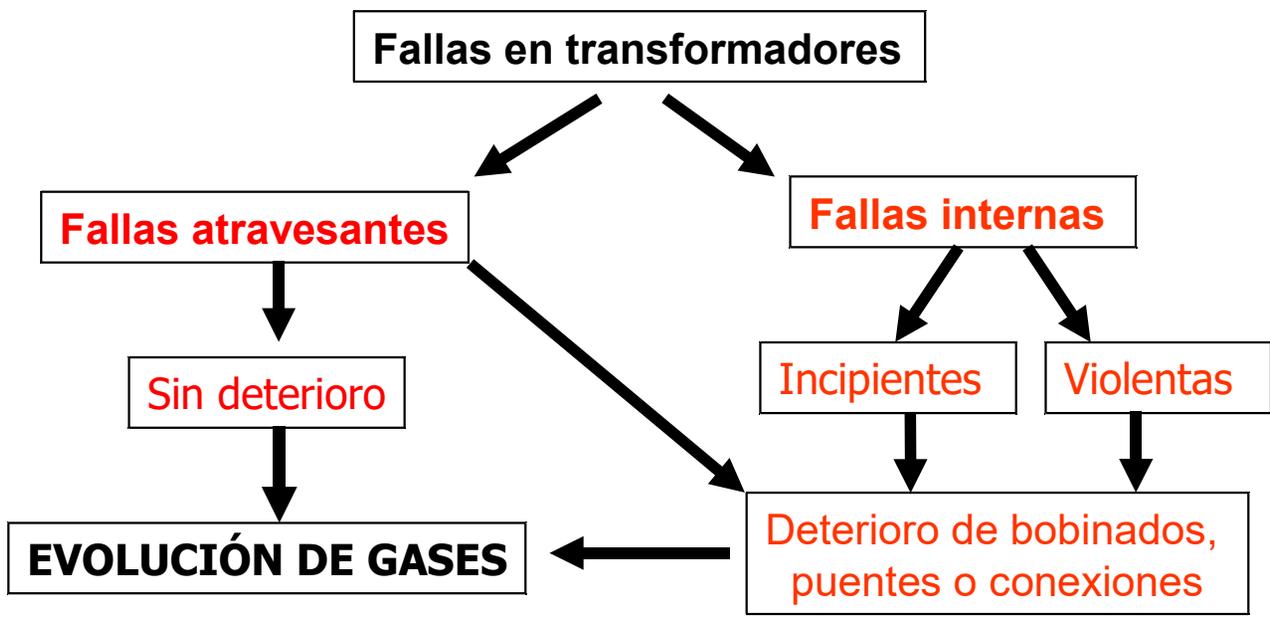
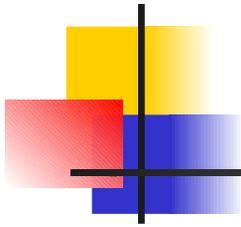
Capítulo 9 : PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR

Docentes:

Ing. Juan Carlos Stecca

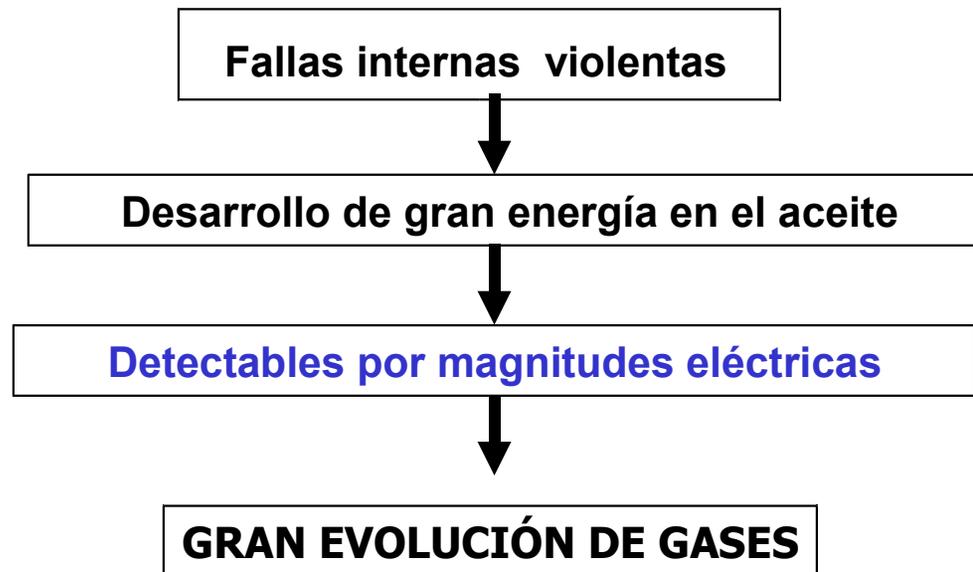
Ing. Claudio Dimenna

Capítulo 10 - PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR



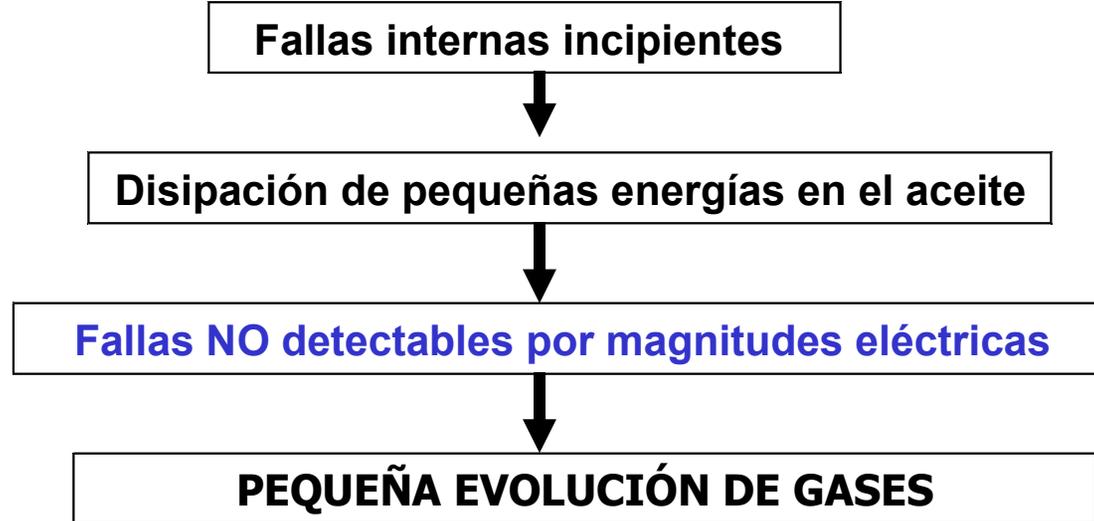
FALLAS INTERNAS VIOLENTAS

- C.C. entre fase y tierra , entre fases o bornes de salida o en arrollamientos
- C.C entre espiras de una misma fase.
- Fallas en arrollamientos terciarios.
- Perforación de aisladores.
- Interrupción de una fase por corte de conductor.
- Falsos contactos.

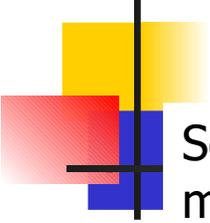


FALLAS INTERNAS INCIPIENTES

- Conexiones defectuosas dentro de la cuba.
- Mala aislación del núcleo laminado (entre chapas), o de los bulones de anclaje.
- Conexiones defectuosas en el conmutador bajo carga.
- Fallas de refrigeración o de circulación de aceite.
- Incorrecta repartición de carga entre máquinas en paralelo.



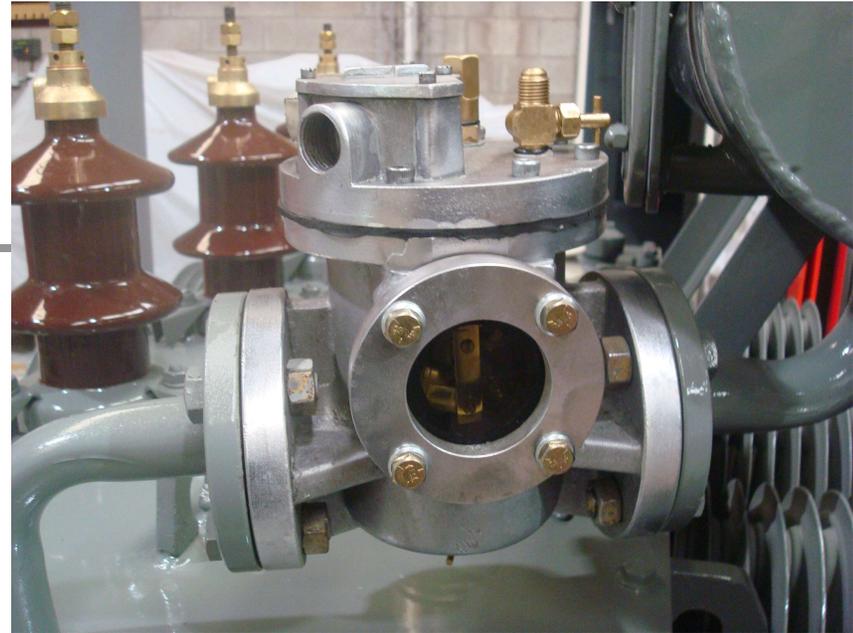
PROTECCIÓN MEDIANTE RELÉ BUCHHOLZ



Se compone básicamente de un recipiente cilíndrico, en el que están montadas dos balanzas, ubicadas una debajo de la otra. Cada una lleva un interruptor a base de mercurio, y una pantalla, también con su interruptor a mercurio.

Para cualquier tipo de falla, siempre se acumulará gases en el interior del relé. Se caracteriza por tener una elevada sensibilidad.

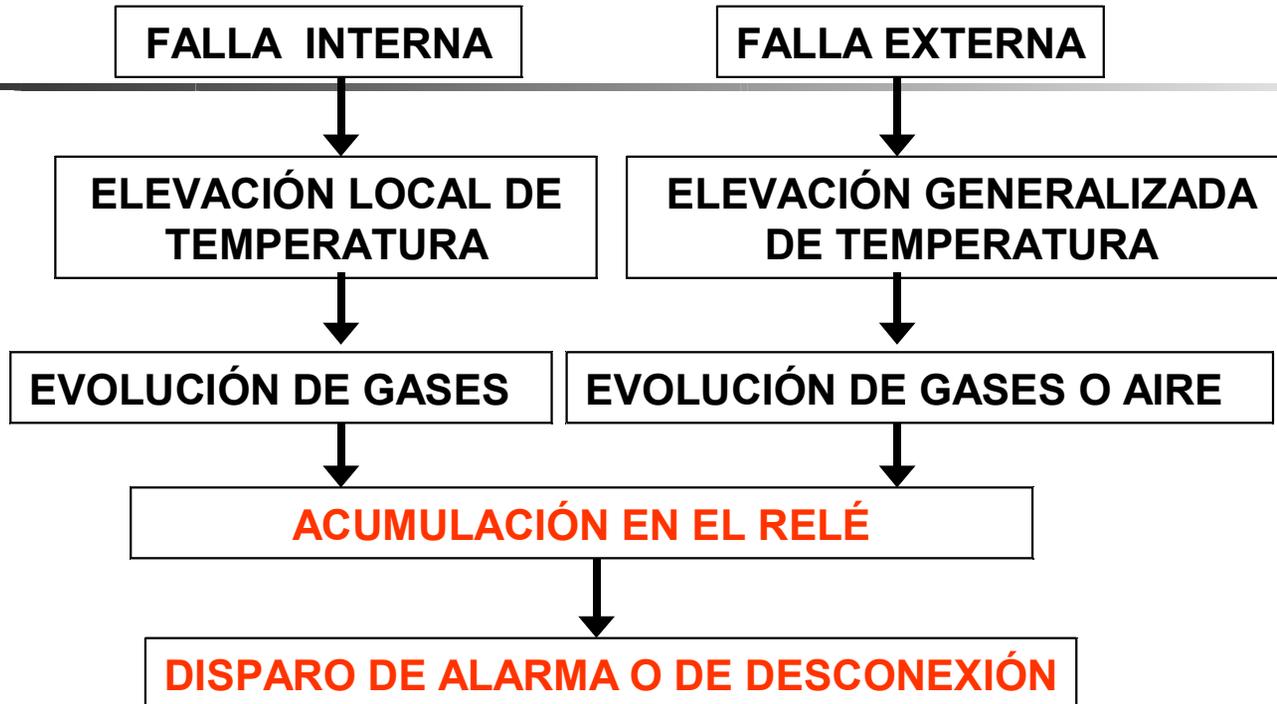
Su uso es generalizado en el sistema de transmisión, y en distribución solo se aplica en S.E. bajo techo. En SE en plataformas aéreas no se utiliza por la dificultad de cablear las señales del relé a un lugar de monitoreo. Las empresas distribuidoras prefieren asumir el costo de reparación del transformador, en lugar del que implica el monitoreo y control del relé.



Anomalías detectadas por el relé sin ser fallas en el transformador:

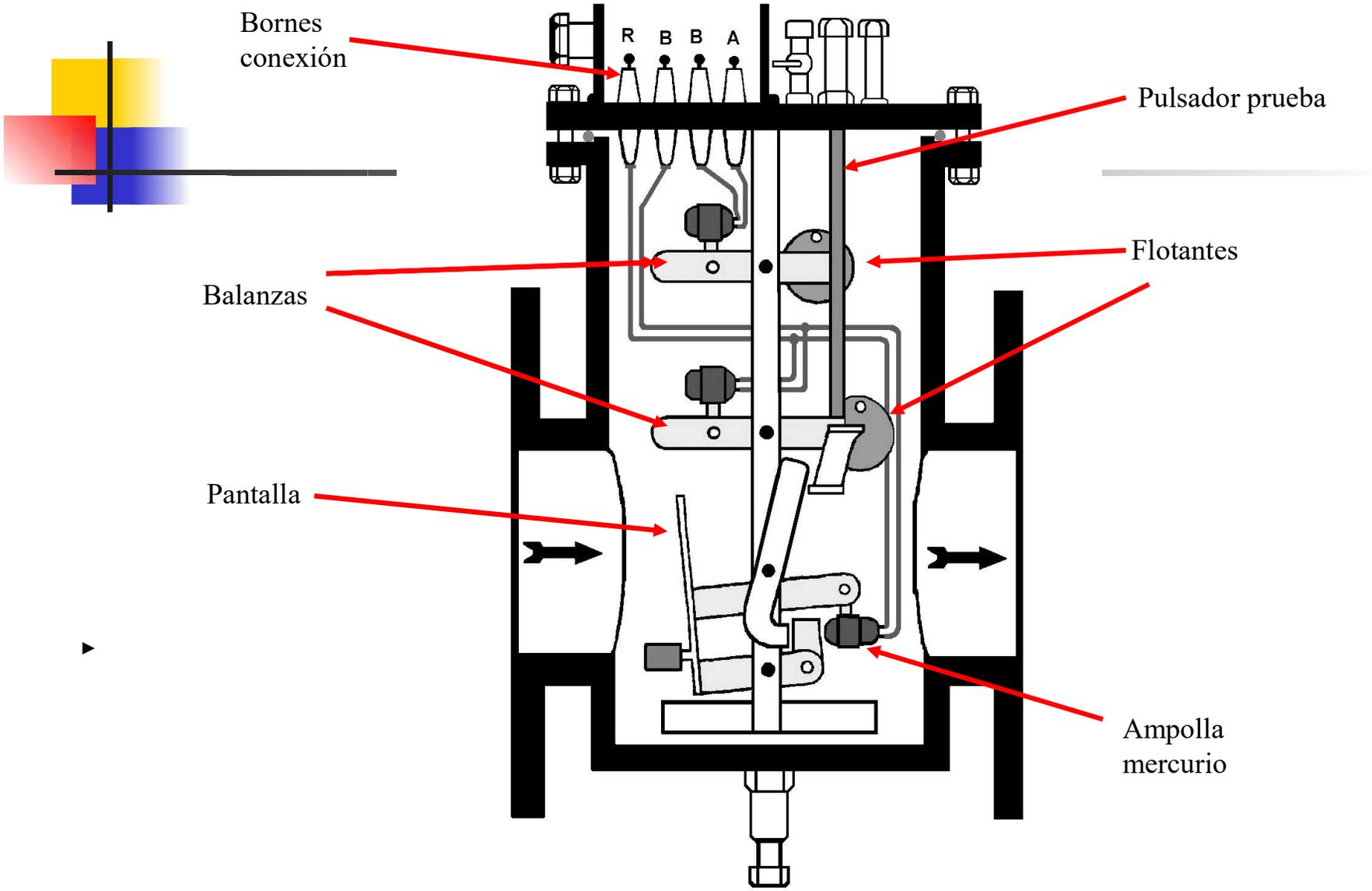
- Aire desprendido inmediatamente después de la instalación.
- Disminución del nivel de aceite debido a un frío intenso.
- Disminución del nivel de aceite por debajo del nivel de seguridad, debido a pérdidas de la cuba.
- Descarga por efecto corona, en aceite de mala calidad.

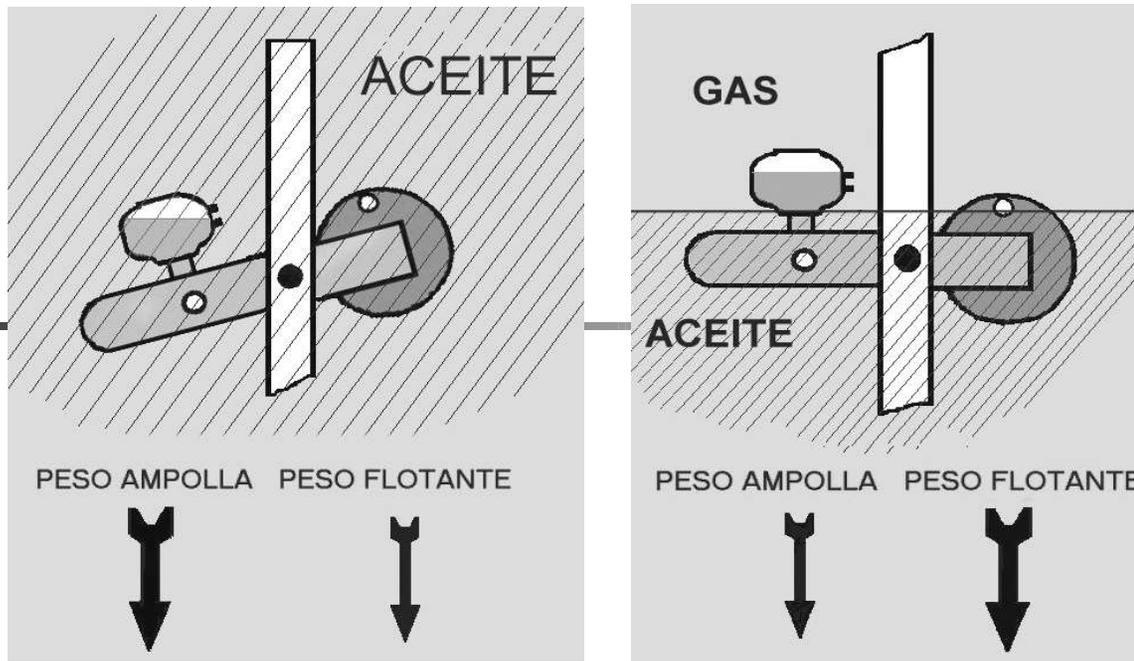
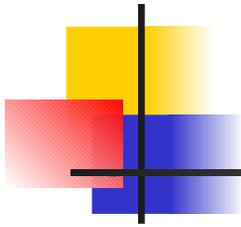
FUNCIONAMIENTO DEL RELÉ BUCHHOLZ



Para cualquier tipo de falla, siempre se acumulará gases en el interior del relé.

RELÉ BUCHHOLZ DE 3 Y 4 PULGADAS

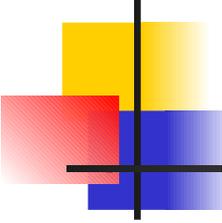




Producido el accionamiento del relé y verificado el descenso del nivel del aceite dentro del mismo, se debe determinar si hay presencia de aire o gas inflamable. Una inspección visual del gas encerrado en el relé nos puede dar una indicación del lugar posible de avería. Si la coloración del gas encerrado es:

- Incoloro:** Existe desprendimiento de aire de las bobinas y laminación.
- Blanco:** Existe destrucción interna de papel, fibra, Prespan, Mylar, etc.
- Amarillo:** Existe destrucción de anclajes de madera.
- Gris:** Existe degradación de aceite por puntos calientes en laminación.

Si en el análisis de los gases extraídos hay presencia de:



Hidrógeno (H₂) y acetileno (C₂H₂)

Indica que se produjo un **arco eléctrico** entre partes constructivas a través del aceite, Por ejemplo, mala conexión entre terminales.

hidrógeno (H₂) ; acetileno (C₂H₂) y metano (CH₄).

Indica que además del arco eléctrico, hay un **deterioro de la aislación fenólica** (Pertinax; Prespan; Mylar, etc.).

Hidrógeno (H₂) ; metano (CH₄) y etileno (C₂H₄).

Indica **puntos calientes en las juntas de los laminados** del núcleo por falla de aislación entre los mismos.

Hidrógeno (H₂); etileno (C₂H₄); anhídrido carbónico (CO₂) y etano (C₂H₆).

Indica **puntos calientes en el bobinado** (el cobre llegó a temperaturas altas y produce deterioro en el bobinado).

Si la falla es pequeña, la evolución del gas es lenta, permitiendo que el gas se disuelva en el aceite y el relé no operará.

Es necesario realizar un análisis del aceite a fin de detectar la presencia de gases disueltos en el mismo.

En la publicación 599 de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) se indican las diferentes relaciones de concentraciones de gases disueltos en el aceite debido a diferentes casos de fallas:

		<u>Acetileno</u>	<u>Metano</u>	<u>Etileno</u>
		Etileno	Hidrógeno	Etano
		$\underline{C_2H_2}$	$\underline{C.H_4}$	$\underline{C_2H_4}$
TIPO DE FALLA		C_2H_4	H_2	C_2H_6
1	Sin falla	<0,1	0,1 - 1	<0,1
2	Descargas parciales	<0,1	<0,1	<0,1
3	Descargas de baja energía	>3	0,1 - 1	>3
4	Descargas de alta energía	1 - 3	0,1 - 1	>3
5	Falla térmica <150 grados	<0,1	0,1 - 1	1 - 3
6	Falla térmica 300-700 grados	<0,1	1 - 3	1 - 3
7	Falla térmica > 700 grados	<0,1	>3	>3

1. Envejecimiento normal.
2. Descargas en cavidades llenas de gas debido a incompleta impregnación.
3. Permanentes descargas en el aceite.
4. Interrupción de arco en el aceite.
5. Calentamiento de conductores aislados.
6. Sobrecalentamiento localizado del cobre debido a corrientes parásitas.
7. Sobrecalentamiento total de los arrollamientos.

Todos los gases mencionados anteriormente pueden disolverse en el aceite hasta cierto grado, aunque sus solubilidades son diferentes.

La disolución de los gases en el aceite se ve influenciada por la temperatura del líquido, como se indica en la Tabla siguiente:

GAS		Solubilidad a:	
		20°C	40°C
Hidrógeno	H ₂	6,9	7,2
Metano	CH ₄	31	28
Etano	C ₂ H ₆	288	256
Etileno	C ₂ H ₄	286	262
Acetileno	C ₂ H ₂	405	384
Propano	C ₃ H ₈	1946	1761
Propileno	C ₃ H ₆	1250	1050
Monóxido de Carbono	CO	9	9

El frecuente muestreo del aceite para análisis de gas es una buena práctica en la supervisión de grandes transformadores (> 170 kV, o > 40 MVA).

Las siguientes frecuencias de muestreo son recomendadas:

Primer muestreo, tres meses después de poner bajo tensión el transformador.

Los siguientes muestreos, a intervalos de alrededor de dos o tres años.

Si resultara una evolución en la indicación del gas, se necesitará una mayor frecuencia (cada dos o tres meses).

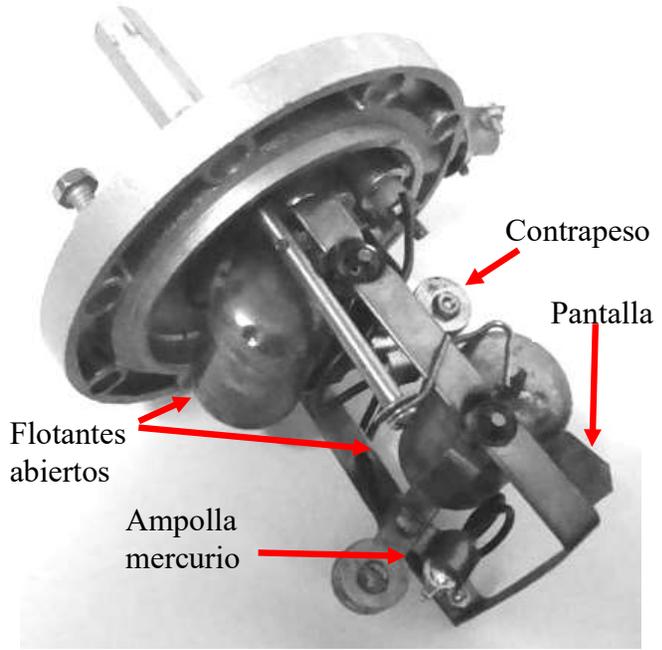
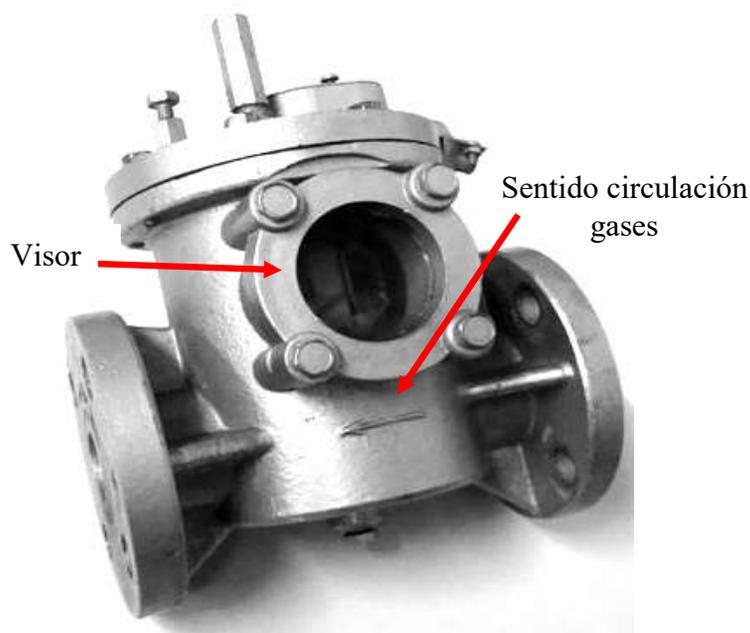
De acuerdo a la potencia del transformador el relé debe tener un diámetro de conducto, volúmenes y velocidades de gases necesarios para su operación, y que se detallan en las siguientes tablas.

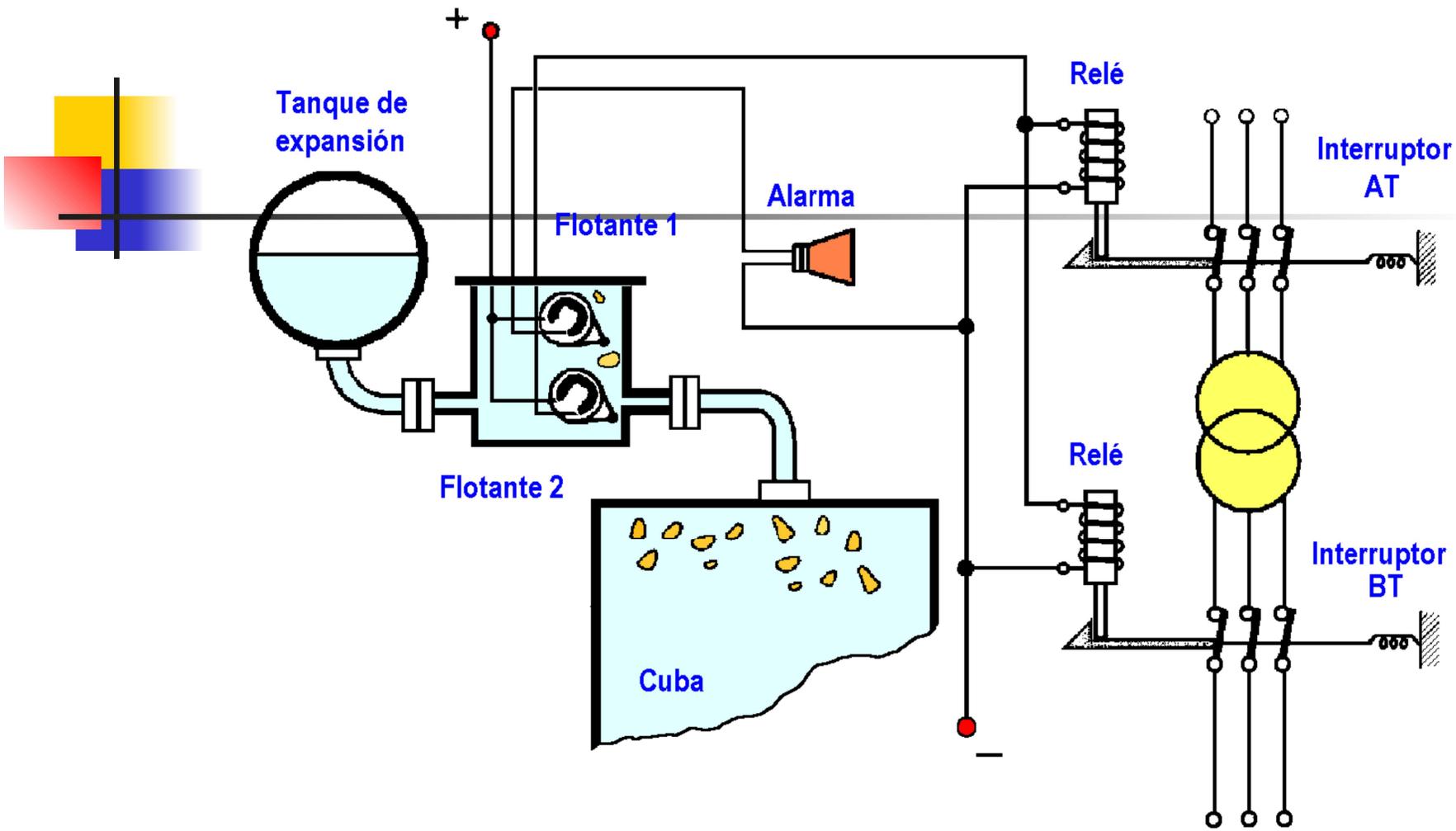
Volumen de gas necesario para operar por pantalla

Potencia nominal	Diámetro conducto	Volumen de gas necesario	
		Rango	Recomendado
Menor a 1 MVA	2,5 centímetros	100-120 cm ³	110 cm ³
1 a 10 MVA	5,0 centímetros	185-220 cm ³	215 cm ³
Mayor a 10 MVA	7,5 centímetros	215-300 cm ³	250 cm ³

Velocidad de los gases para operar por pantalla

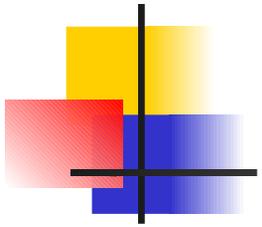
Potencia nominal	Diámetro conducto	Velocidad del gas necesaria	
		Rango	Recomendado
Menor a 1 MVA	2,5 centímetros	75-125 cm/seg.	90 cm/seg.
1 a 10 MVA	5,0 centímetros	80-135 cm/seg.	100 cm/seg.
Mayor a 10 MVA	7,5 centímetros	95-155 cm/seg	110 cm/seg.





Conexión del relé

RELÉ BUCHHOLZ PARA EL CONMUTADOR BAJO CARGA



Este relé no tiene el sistema de detección de gases (flotantes) porque continuamente está viendo la producción de gases toda vez que trabaje el conmutador.

Por lo tanto, el único dispositivo existente en el mismo para detectar una posible falla, es la pantalla, la cual, de igual forma que en el Buchholz de cuba, accionará ante la formación súbita de un movimiento de aceite provocado por un cortocircuito en el conmutador.

ANÁLISIS DE FALLAS POR OPERACIÓN DEL RELÉ BUCHHOLZ

CASO 1

El Relé Buchholz **cierra el circuito de alarma solamente**

El gas acumulado es **transparente y no es combustible**

El analizador de gases **no indica presencia de acetileno**

AIRE

Encubado reciente

Falla de protecciones

PUESTA NUEVAMENTE EN SERVICIO

ANÁLISIS DE FALLAS POR OPERACIÓN DEL RELÉ BUCHHOLZ

CASO 2

El Relé Buchholz **cierra el circuito de alarma solamente**

El gas acumulado **es combustible**

El analizador de gases **indica presencia de acetileno**

FALLA INCIPIENTE

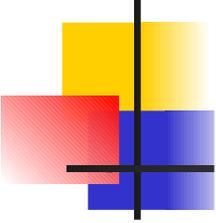
RECONEXIÓN

DISPARO y/o ALARMA

REEMPLAZO DEL TRANSFORMADOR

ENSAYOS DE VACÍO Y CC.

ENSAYO DE VACÍO:



Si se verifican gases, es muy probable que se esté desarrollando una falla en las chapas del núcleo o sus bulones, o cortocircuitos en arrollamientos. La alarma también puede ser originada por mal estado del aceite.

ENSAYO DE CORTO CIRCUITO:

Si se forma gas, podrá suponerse que existe un falso contacto, o conductores por cortarse en el interior. Deberá inspeccionarse el transformador, con apertura del mismo.

ANÁLISIS DE FALLAS POR OPERACIÓN DEL RELÉ BUCHHOLZ

CASO 3

El Relé Buchholz **desconecta el trafo sin señal de alarma**

El disparo es por **pantalla** sin acumulación de gas,

Sobrecarga térmica del transformador por CC

FALLA TEMPORIZACIÓN DE PROTECCIONES

REGULACIÓN PROTECCIONES

PUESTA EN SERVICIO

ANÁLISIS DE FALLAS POR OPERACIÓN DEL RELÉ BUCHHOLZ

CASO 4

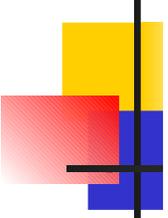
El Relé Buchholz da señal de alarma y después desconecta el trafo

El disparo es por balanzas y pantalla

Posible daño severo en el transformador

POSIBLE CORTOCIRCUITO INTERNO

ANÁLISIS DE LOS GASES



Gas no combustible:

No hay presencia de acetileno. La cantidad de aire liberado es el adherido a las bobinas, y desprendido por un cortocircuito. No obstante, el disparo no es debido a este aire liberado que solamente acciona la alarma, sino a la sobrecarga térmica causada por el cortocircuito.

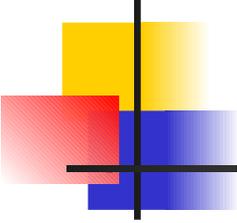
Gas combustible:

Hay presencia de acetileno, es decir se han formado gases de descomposición. El transformador manifiesta una falla eléctrica interna totalmente desarrollada.

No hubo formación de gas: El nivel del aceite en el transformador es inadecuado. Posibles causas:

- Pérdida en la cuba.
- Fuera de servicio por largo tiempo.
- Frío extremo

PROPIEDADES Y DEGRADACION DEL ACEITE



A fin de asegurar las funciones múltiples de dieléctrico (agente de transferencia de calor y de extintor de arco), el aceite debe poseer ciertas propiedades fundamentales, en particular:

- Una **rigidez dieléctrica** suficiente para resistir las mayores solicitaciones eléctricas que se presentan en el servicio.
- Una **viscosidad** adecuada que no afecte la circulación, ni disminuya la transferencia de calor.
- Un **punto de escurrimiento** apropiado que asegure la fluidez a bajas temperaturas, susceptibles de existir en el lugar de la instalación.
- Una conveniente **estabilidad de la oxidación**, a fin de asegurar una larga duración en servicio.

Principales ensayos de los aceites y su significado

Rigidez dieléctrica

La rigidez dieléctrica permite medir la aptitud de un aceite para resistir las sollicitaciones dieléctricas que se permiten en servicio.

Un aceite seco y limpio se caracteriza por tener una elevada rigidez dieléctrica.

Contenido de agua

El agua puede provenir del aire atmosférico o bien resultar de la degradación de los materiales aislantes.

Para los contenidos de agua relativamente bajos, el agua permanece en solución y no modifica el aspecto del aceite.

El agua disuelta afecta a las propiedades dieléctricas del aceite.

La solubilidad del agua en el aceite del transformador aumenta en función de la temperatura y del índice de neutralización.

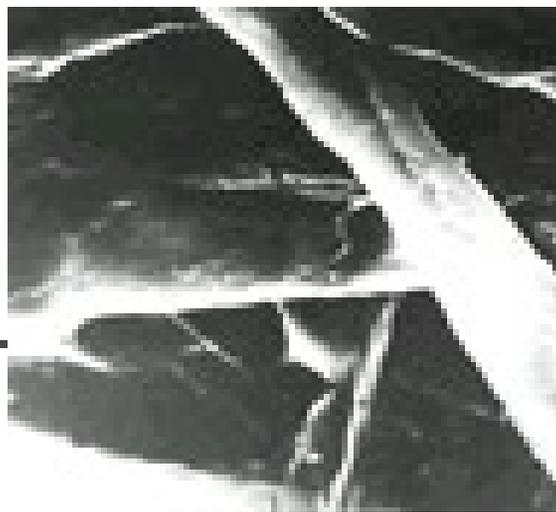
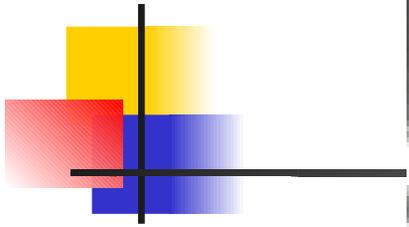
Índice de neutralización

Es una medida de los componentes o agentes contaminantes ácidos en el aceite. En un aceite nuevo su valor es pequeño pero aumenta como resultado del envejecimiento por oxidación. Se utiliza como índice para determinar la conveniencia del reemplazo o regeneración del aceite.

En el aceite se neutraliza la acidez mediante el agregado de KOH (hidróxido de potasio), indicándose siempre su cantidad en mg de KOH que hay que agregar a un gramo de aceite (ácido) para neutralizarlo

Conforme a la experiencia, luego de haber observado cientos de transformadores quemados, se concluye que por encima de 0,05 mg de KOH/g de aceite es perjudicial para el transformador, ocasionando deterioros en los aislantes que son irreparables.

En particular, al superar la barrera de 0.10 mg de KOH/g de aceite, se generan lodos que comienzan a depositarse sobre el papel disminuyendo la expectativa de vida útil del mismo, aumentando la despolimerización por contaminación y reduciendo las cualidades mecánicas (y en consecuencia eléctricas) que estos materiales poseen.



Acidez = 0,05 mg KOH/g aceite



Acidez = 0,10 mg KOH/g aceite



Acidez = 0,20 mg KOH/g aceite



Acidez = 0,30 mg KOH/g aceite



Muestras de aceite con 0,01 mg KOH/g aceite y 0,15 mg KOH/g aceite.

Sedimentos y lodos precipitables

Este ensayo permite hacer la distinción entre los sedimentos, y los lodos precipitables.

Los materiales sólidos comprenden los productos de degradación o de oxidación insolubles de los materiales aislantes sólidos o líquidos, de fibras de orígenes diversos, de carbón, de óxidos metálicos, etc., que resultan de las condiciones de explotación del equipo. La presencia de partículas sólidas puede reducir la rigidez dieléctrica del aceite, y además pueden limitar los intercambios térmicos, favoreciendo así la continuación de la degradación de la aislación. Los lodos están constituidos por productos de descomposición, formados por un estado de oxidación avanzado

Factor de disipación dieléctrica ($\text{tg}\delta$) y / o resistividad volumétrica

Estas características son muy sensibles a la presencia en el aceite de sustancias polares solubles, de productos de envejecimiento o de sustancias coloidales. Sus variaciones se pueden detectar aún cuando la contaminación es tan pequeña, que los métodos químicos no las pueden detectar.

ENSAYOS BÁSICOS

Rigidez dieléctrica	ASTM D 1816
Tensión interfacial	ASTM D 2285
Número de neutralización (acidez orgánica).	ASTM D 974
Contenido de inhibidor de oxidación (para aceites inhibidos)	IEC 60666
Contaminación con agua	ASTM D 1533
Gases disueltos	IEC 60567/60599

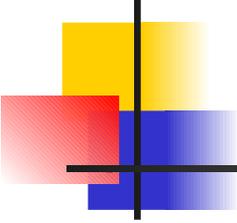
Ensayos Complementarios

Color, aspecto	ASTM D 1500 VDE 0370
Punto de inflamación	ASTM D 93
Punto de escurrimiento	ASTM D 97
Lodos	IEC 60422
Densidad	ASTM D 1298
Viscosidad	ASTM D 445
Tangente delta, factor de disipación dieléctrica	ASTM D 927
Contaminantes sólidos: Método para conteo y tamaño	ISO 4406 / IEC 60970
Residuo carbonoso	ASTM D 189
Cenizas	ASTM D 482

Análisis Físicos y Químicos Transformador 1

ESTACION	LOMAS DEL CUY
IDENT. ESTACION	TR2
MARCA	TTE
SERIE	38741
TENSIÓN (Kv)	35/10.4
POTENCIA (MVA)	5
AISLANTE/LITROS	MINERAL/2890
TEMP. AISLANTE (°C)	22

Análisis Químicos y Físicos	Basado en	Resultado
CONTENIDO DE HUMEDAD (ppm)	ASTM D1533	6
CONTENIDO HUMEDAD EN SOLIDO (%)	CW	2.10
Nº DE NEUTRALIZACION (mgKOH/grAc)	ASTM D974	0.017
CONTENIDO DE INHIBIDOR (%)	IEC 247	0.3
RIGIDEZ DIELECTRICA (KV)	ASTM D1816	>60



Análisis Cromatográfico (ppm) Transformador 1

ANALISIS CROMATOGRAFICO (ppm)

metano	etano	etileno	acetil.	hidrogen	monox.	diox.	oxigeno	nitrogen	comb.	totales
0	0	0	0	0	34	521	23460	68690	34	92705

DIAGNOSTICO: funcionamiento normal.

RECOMENDACIÓN: -

Análisis Físicos y Químicos Transformador 2

Análisis Químicos y Físicos.	Basado en	Resultado
CONTENIDO DE HUMEDAD (ppm)	ASTM D1533	62
CONTENIDO HUMEDAD EN SOLIDO (%)	CW	6.24
Nº DE NEUTRALIZACION (mgKOH/grAc)	ASTM D974	0.037
CONTENIDO DE INHIBIDOR (%)	IEC 247	0.3
RIGIDEZ DIELECTRICA (KV)	ASTM D1816	22

DIAGNOSTICO: El valor de humedad en el aceite es elevado.

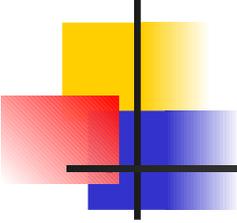
RECOMENDACIÓN: se recomienda tratamiento de deshumectado del aceite.

Análisis Físicos y Químicos Transformador 3

Análisis Químicos y Físicos.	Basado en	Resultado
CONTENIDO DE HUMEDAD (ppm)	ASTM D1533	109
CONTENIDO HUMEDAD EN SOLIDO (%)	CW	14.2
Nº DE NEUTRALIZACION (mgKOH/grAc)	ASTM D974	0.083
CONTENIDO DE INHIBIDOR (%)	IEC 247	NC
RIGIDEZ DIELECTRICA (KV)	ASTM D1816	13

DIAGNOSTICO: El valor de humedad en el aceite y en el aislante sólido es elevado, así mismo el valor de acidez se encuentra cercano al límite.

RECOMENDACIÓN: se recomienda el cambio de aceite y el secado en horno de la parte activa.



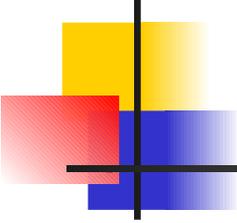
Análisis Cromatográfico (ppm) Transformador 3

ANALISIS CROMATOGRAFICO (ppm)

metano	etano	etileno	acetil.	hidrogen	monox.	diox.	oxigeno	nitrogen	comb.	totales
4	209	122	0	0	90	574	24830	62890	425	88719

DIAGNOSTICO: el análisis cromatográfico indica indicios de sobrecalentamiento localizado.

RECOMENDACIÓN: repetir el análisis cromatográfico en tres meses.



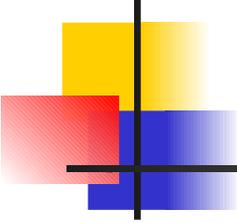
Extracción de Muestras de Aceite de Transformadores

MATERIALES A UTILIZAR

- Adaptadores /reductores
- Manguera
- Trapos que no produzcan pelusa
- Recipiente para muestra, de vidrio color caramelo
- Jeringa tipo hipodérmica, de vidrio
- Balde o recipiente contenedor
- Equipo de protección personal, guantes plásticos industriales
- Embalaje para transporte de muestra
- Herramientas para extracción de tapón (llave tipo francesa)

Válvulas de Extracción de Muestras





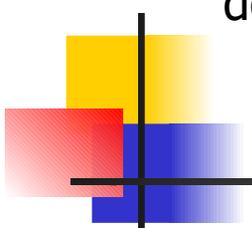
TAREAS A DESARROLLAR

Colocar un contenedor (balde) debajo de la válvula principal y retirar el tapón de seguridad (asegúrese de que la válvula esté completamente cerrada).

Abrir la válvula y dejar salir un poco de aceite para purgar la válvula y la manguera reuniéndolos en el recipiente colector. Al terminar la limpieza cerrar nuevamente la válvula.

Colocar el adaptador / reductor a la válvula de muestreo y asegurarse que quede bien ajustado. Colocar la manguera al adaptador.

Colocar el recipiente de toma de la muestra dentro del recipiente contenedor.



Se debe enjuagar el recipiente de vidrio con un poco de refrigerante, un par de veces, agitando y descartando el refrigerante para asegurarse que el botellón quede libre de partículas visibles.

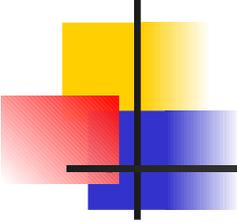
Una vez realizada la limpieza del punto anterior, introducir la manguera hasta el fondo del recipiente de toma de la muestra. Abrir la llave e ir llenando el recipiente, evitando la formación de burbujas. Asegurarse de llenar el botellón hasta el tope de su volumen y colocar a continuación la tapa y contratapa correspondiente. No olvidar rotular correctamente el recipiente mediante una tarjeta de identificación.

Con la válvula de muestreo abierta deslizar hacia abajo el recipiente de toma de la muestra hasta retirar la manguera y cerrar rápidamente el recipiente. Cerrar la válvula de muestreo inmediatamente

Estas operaciones deben ejecutarse rápidamente y sin interrupción, para evitar que el aceite entre en contacto con la atmósfera.

Extracción de Aceite para muestra Cromatográfica





Se realiza la extracción de la misma, mediante una jeringa del tipo hipodérmica, de vidrio (no utilizar plásticas). Para ello:

- De igual manera que para el recipiente, se debe enjuagar la misma llenándola y vaciándola al menos dos veces o enjuagando cada parte con el refrigerante y luego armándola.
- Se vacía la jeringa empujando el émbolo hasta el final, para llevarla a la posición de llenado.
- Se pincha la manguera y se llena hasta la máxima capacidad de la misma (usualmente 20 cc.). Para ello se debe tirar suavemente hacia fuera, haciéndolo lentamente.
- Obtenida la muestra, se retira la jeringa y colocándola en posición vertical, con la aguja hacia arriba, se extraen las pequeñas burbujas de aire que pudiera contener la muestra.
- Finalmente, pinche la aguja a un tapón de goma sin atravesarlo e identifique la muestra mediante una tarjeta

El recipiente y/o la jeringa de la muestra tomada debe acondicionarse para evitar que la luz solar afecte la misma.

Las muestras deben ser colocadas en un embalaje suficientemente seguro para su protección durante el transporte.



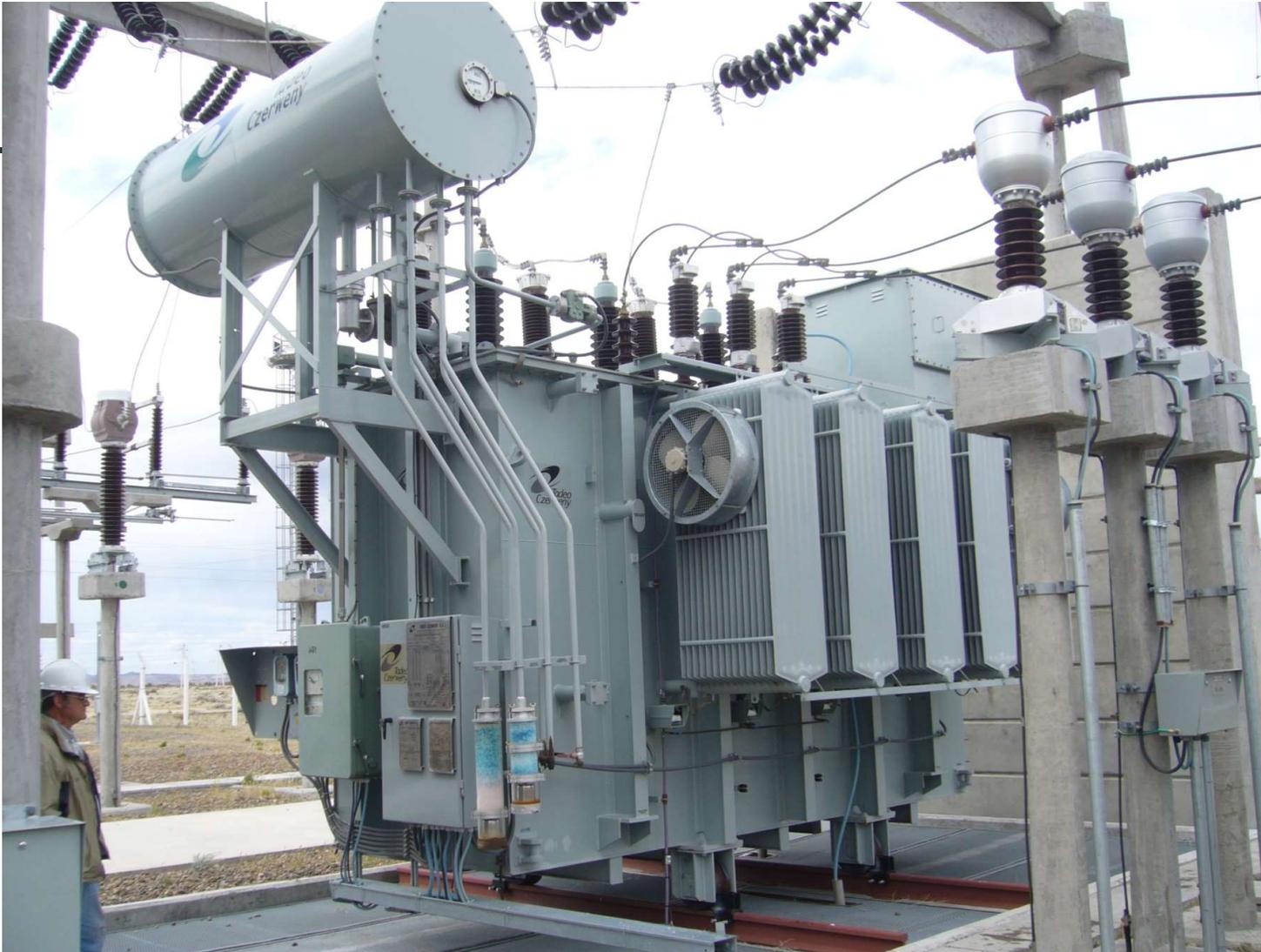
Capítulo 10 - PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR

PROTECCION POR MEDICIÓN TEMPERATURA ACEITE

La temperatura de los bobinados también debe medirse, pues el sobrecalentamiento es causante de formación de corrosión y lodos, aunque solo en maquinas grandes se instalan termómetros en las bobinas.



Protecciones en un transformador de 30 MVA



Capítulo 10 - PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR

Termómetros de indicación de temperatura, en la máquina de 30MVA

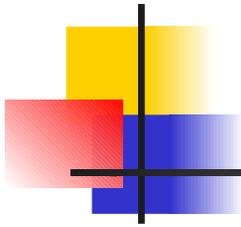
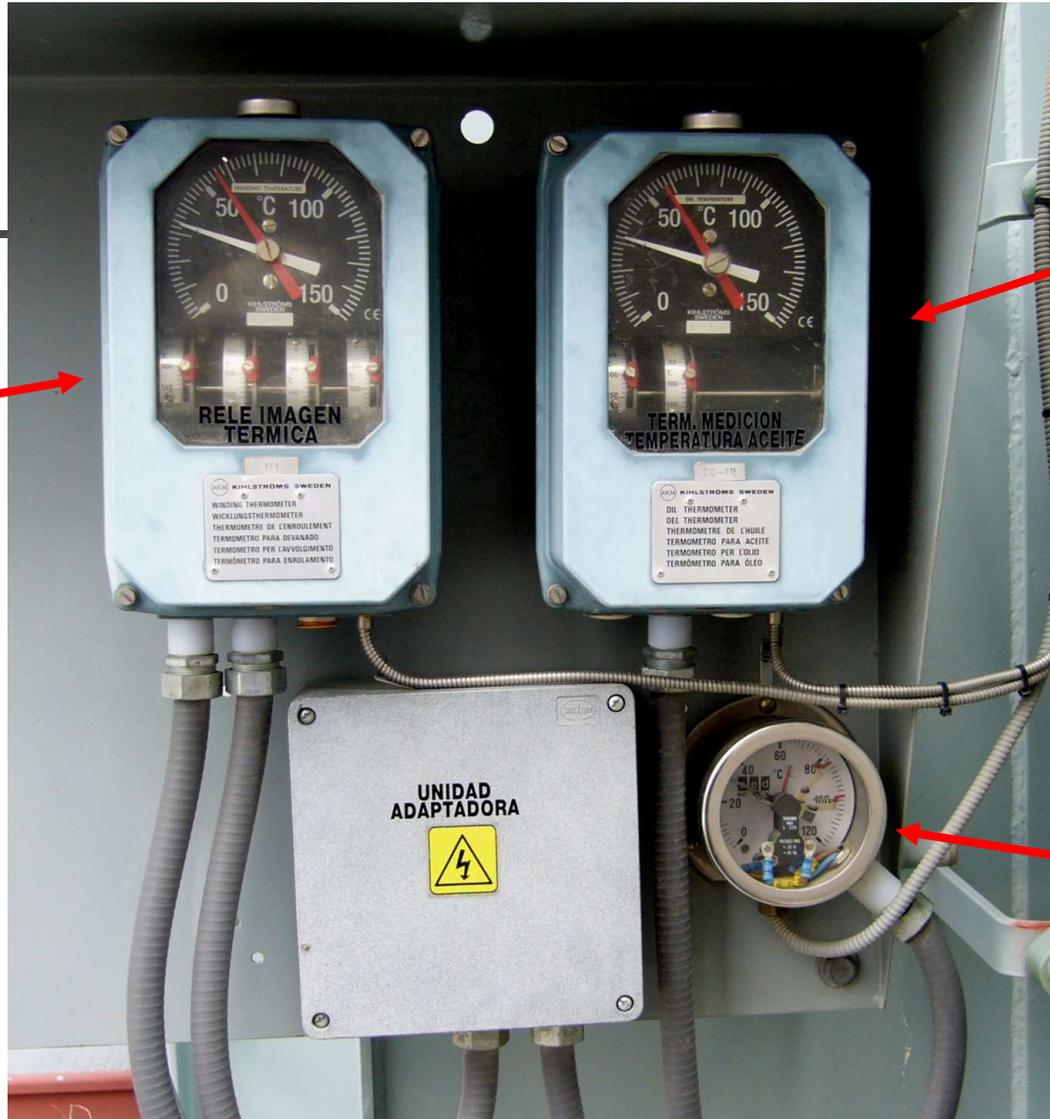


Imagen
térmica



Temperatura
aceite cuba

Temperatura
aceite
conmutador

PROTECCION POR IMAGEN TÉRMICA

La carga máxima admisible por un transformador, esta determinada por la **temperatura del punto mas caliente del arrollamiento.**

Debido a su **inercia térmica**, el transformador permite grandes sobrecargas durante cortos intervalos de tiempo, o pequeñas sobrecargas durante largo tiempo.

En este último caso, la temperatura del aceite refleja el estado de carga del transformador.

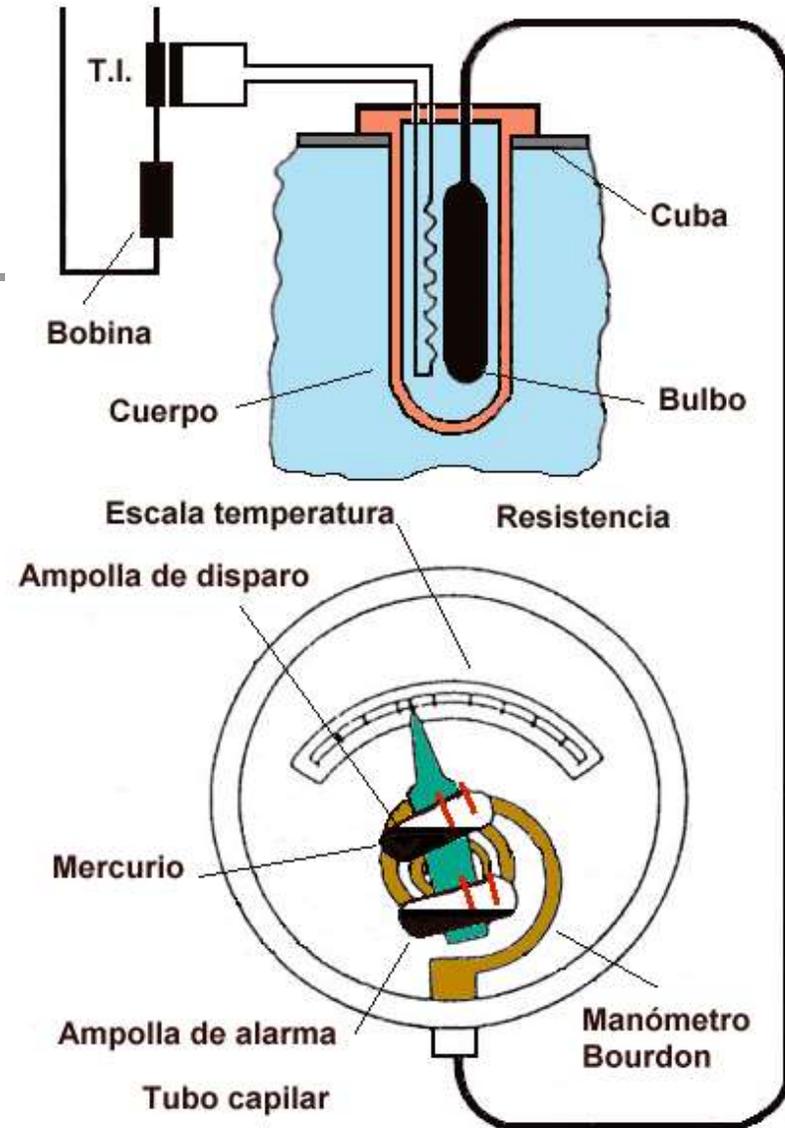
Con grandes sobrecargas en cortos tiempos no ocurre esto, especialmente en grandes transformadores, debido a la gran diferencia entre las constantes de tiempo térmicas:

- Arrollamientos → unos pocos minutos
- Transformador → varias horas

A efectos de evitar tener ctes. de tiempo elevadas, se recurre a utilizar un relé de imagen térmica, cuyo principio de funcionamiento se describe a continuación:

Se determina la temperatura de los devanados, en base a la medición de la corriente que circula a través de ellos

La resistencia trasmite el calor producido por la corriente secundaria y debe tener una constante térmica tan próxima como sea posible a la del transformador para poder reproducir el comportamiento térmico de los devanados

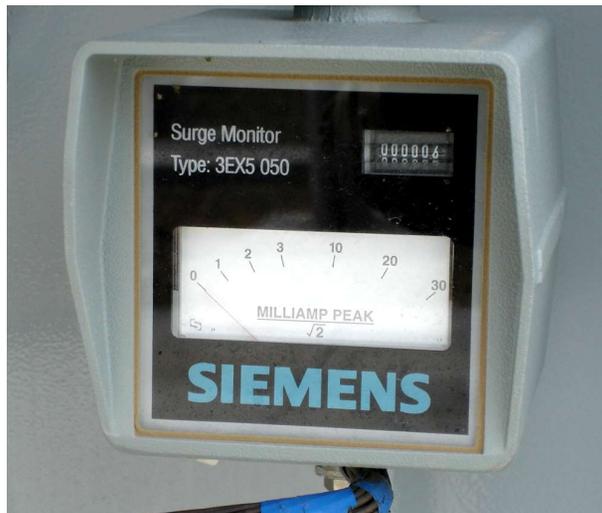


PROTECCIÓN DE CUBA

Aplicable cuando no se utiliza protección diferencial o como respaldo de ella o del Buchholz.

Es necesario aislar de la cuba

Un TI toroidal acciona un relé de sobrecorriente ajustable, con salida de alarma y disparo temporizado.



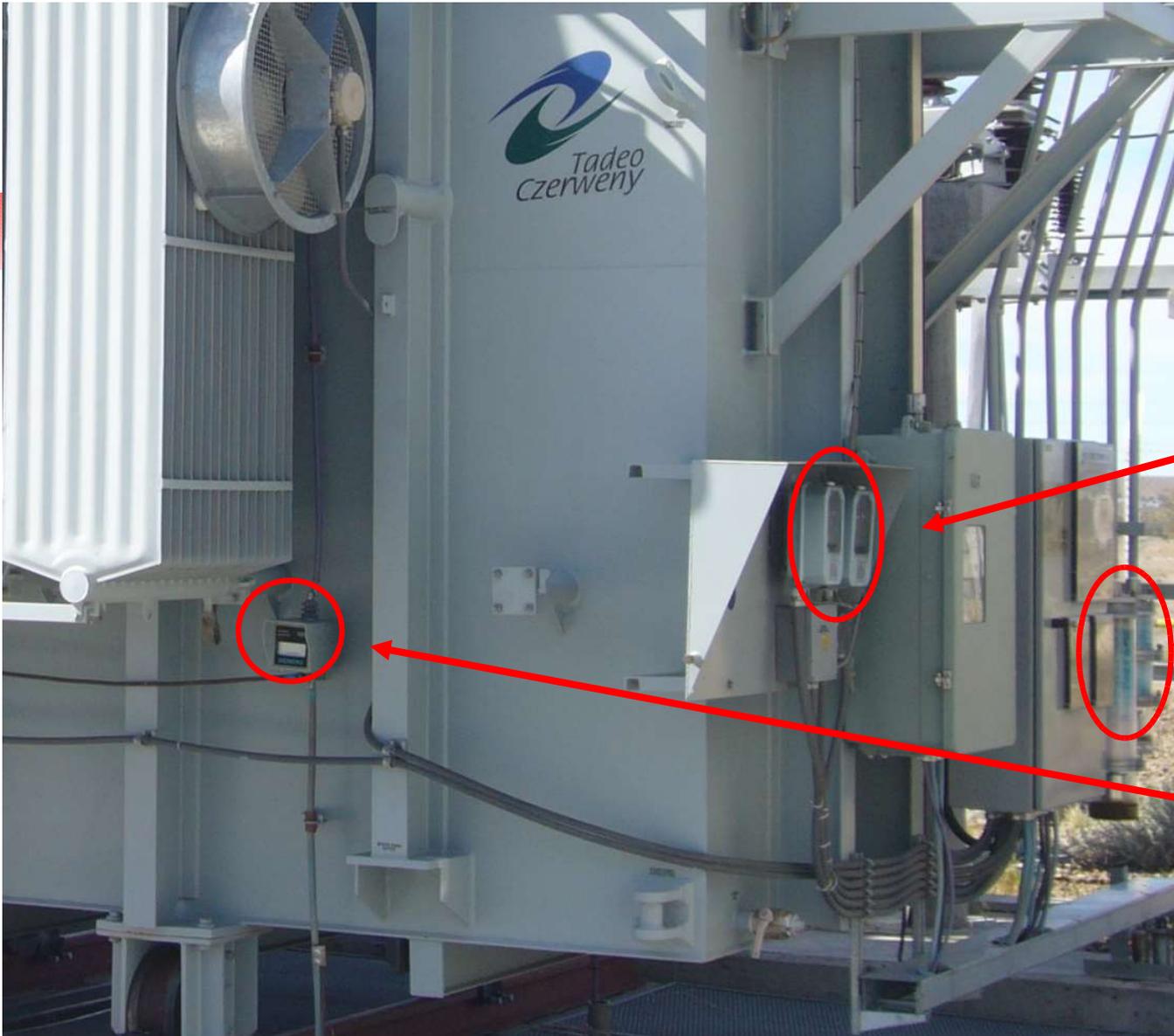


Imagen térmica
y temp. aceite

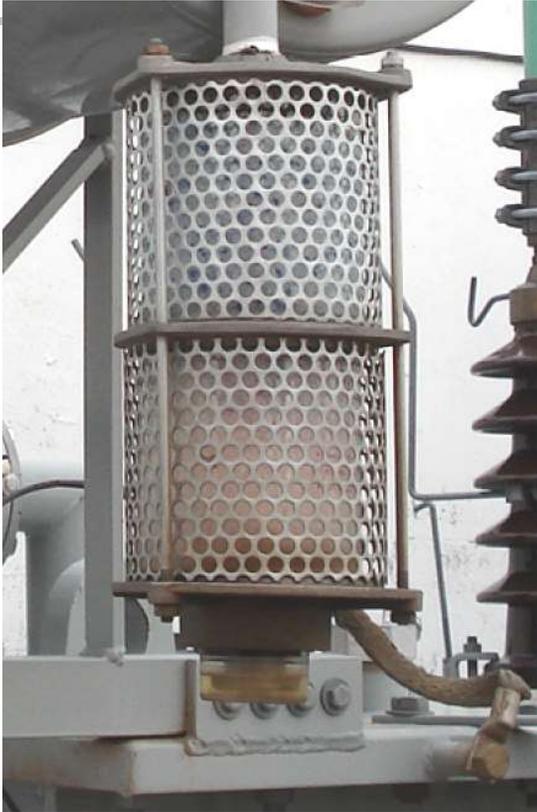
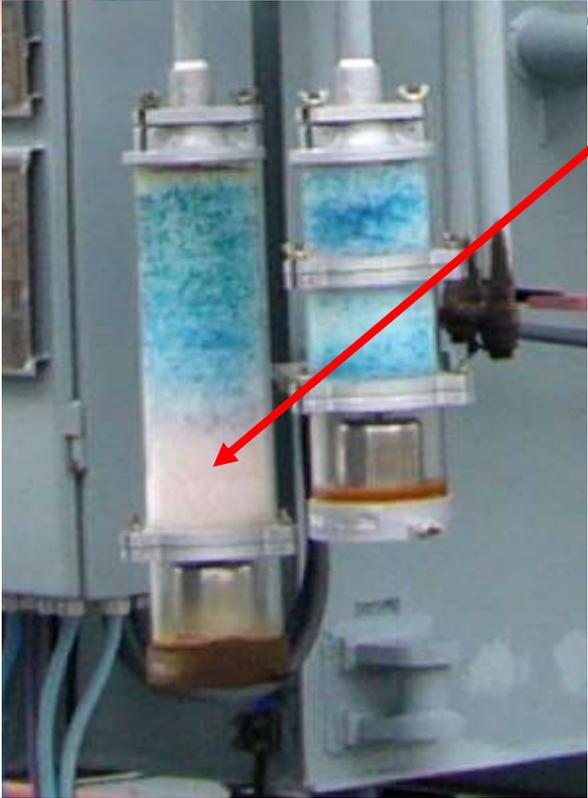
Filtro humedad

Protección
cuba

Capítulo 10 - PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR

PROTECCIÓN CONTRA HUMEDAD

Filtro con SilicaGel



Tanque de Expansión con nivel de aceite por temperatura



OTRAS PROTECCIONES USADAS EN TRANSFORMADORES

“Como con cualquier cosa de nuestras vidas, el costo y el perjuicio que nos produce no tener una cosa tangible, es lo que define cuanto gastamos en protegerla”

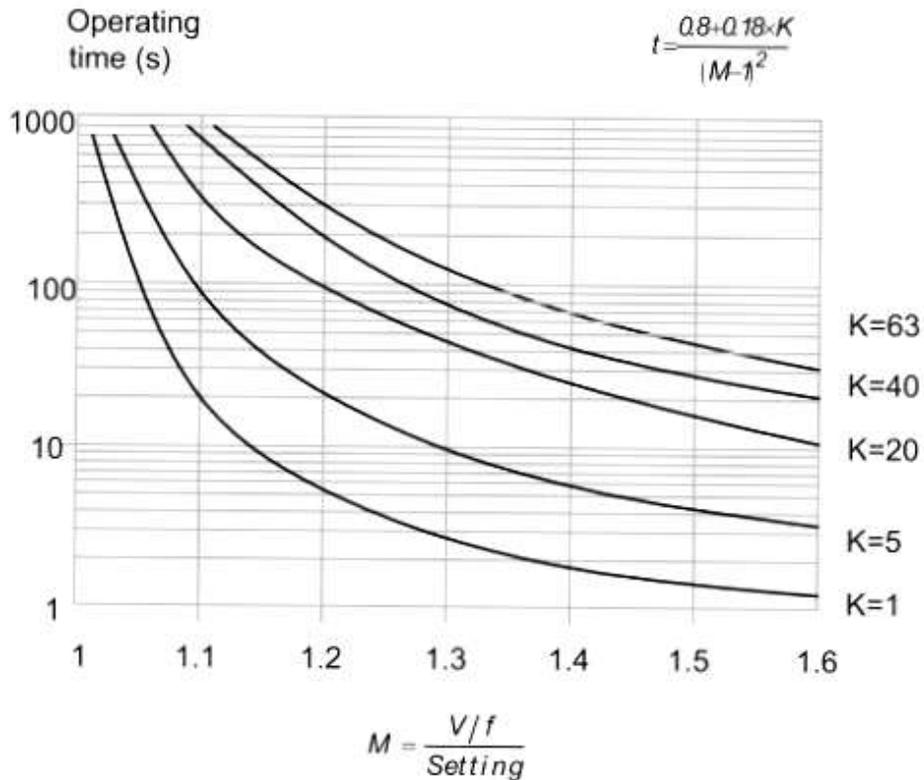
PROTECCIÓN CONTRA SOBREFLUJO

Con excesivo flujo en el transformador, la B se encuentra por encima del codo de saturación, aumentando abruptamente la corriente magnetizante. Dependiendo de la duración, el sobreflujo puede ocasionar daños severos en la aislación y calentamiento en el circuito magnético.

$$E = 4,44 \cdot f \cdot N \cdot B \cdot Sn \quad \longrightarrow \quad B = \text{función} \left(\frac{E}{f} \right)$$

cte ↓ ↑

La protección normal es un relé que mide V/f, con una característica operación de tiempo inversa se puede ajustar con dos niveles de operación: alarma y disparo

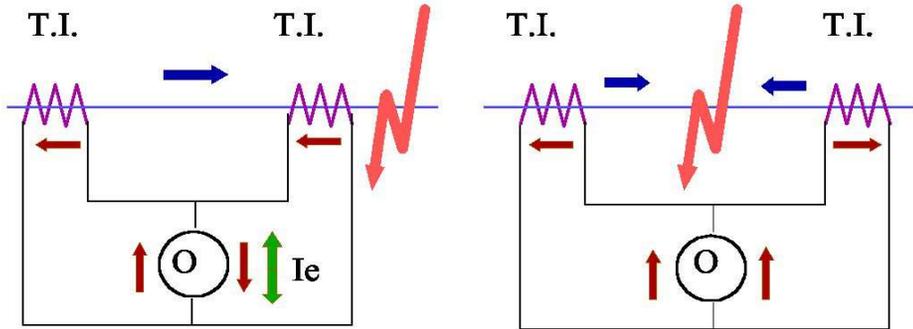


El factor K depende de: el material magnético y del grado de saturación en operación nominal.

PROTECCIÓN DIFERENCIAL

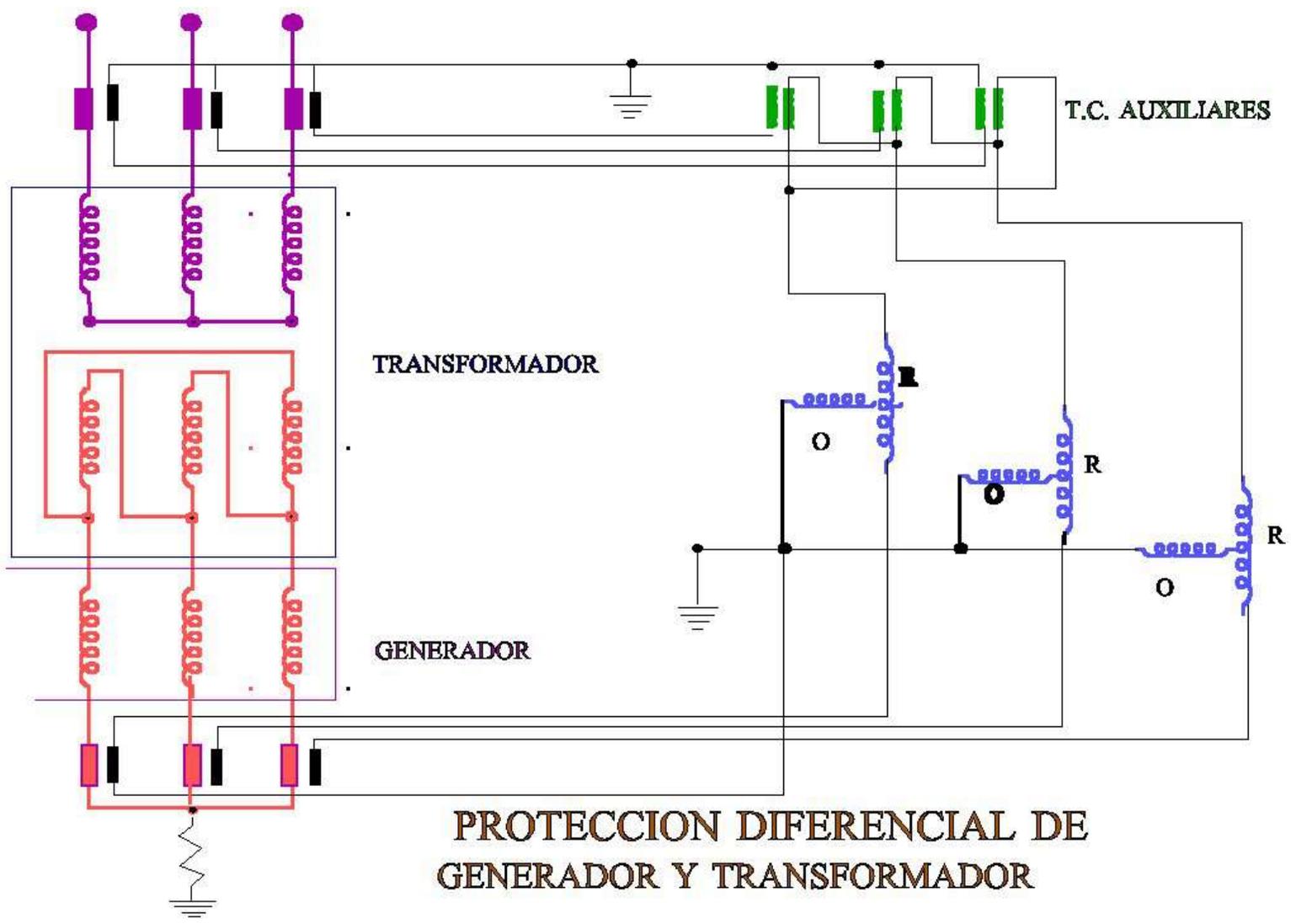
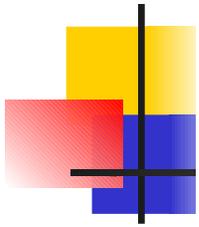


PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA PROTECCION DIFERENCIAL



OPERACIÓN NORMAL: $I_d = 1$ corriente de ajuste diferencial
 $T_{I1} - T_{I2} = I_e < I_d$ (disparo) $I_e = (5-4,5) = 0,5$ corriente espúrea

SOBRECARGA MOMENTÁNEA DE 3 VECES (SIN FALLA):
 $T_{I1} - T_{I2} = I_e > I_d$ $I_e = 3 \text{ veces } (5-4,5) = 1,5 > I_d \rightarrow$ **DISPARO**



PROTECCION DIFERENCIAL DE GENERADOR Y TRANSFORMADOR

PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS Y CORTOCIRCUITOS



Capítulo 10 - PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR



Capítulo 10 - PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR

Finalmente, tratar de evitar o prevenir algunos "problemas", como el siguiente:



Capítulo 10 - PROTECCIONES DEL TRANSFORMADOR