



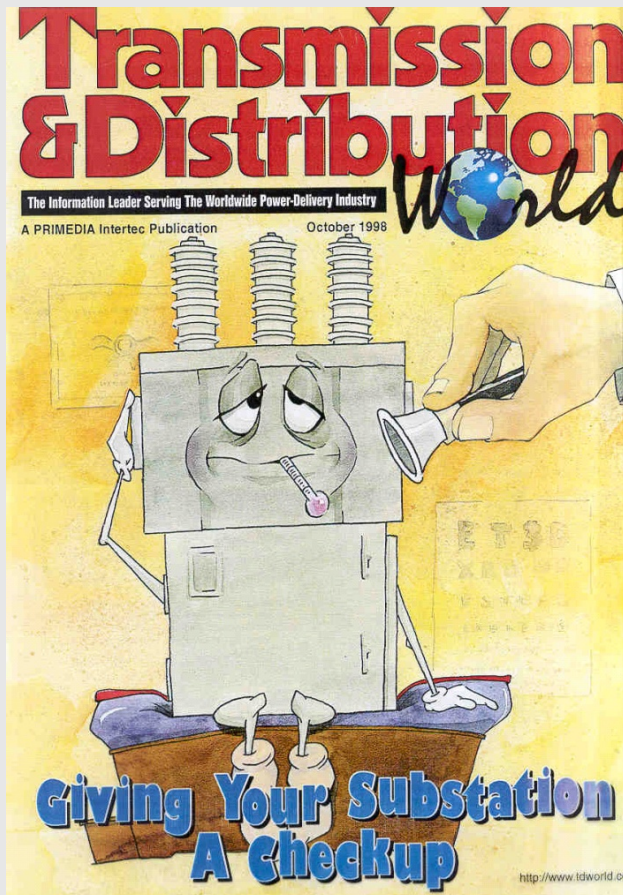
M.R.

LÍDER EN TRANSFORMACIÓN DE
ENERGÍA ELÉCTRICA



UNA EMPRESA DE

GRUPO CONDUMEX S.A.



MODERNIZACIÓN DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA

M.C. Rodrigo Ocon Valdez
17-Agosto-2016

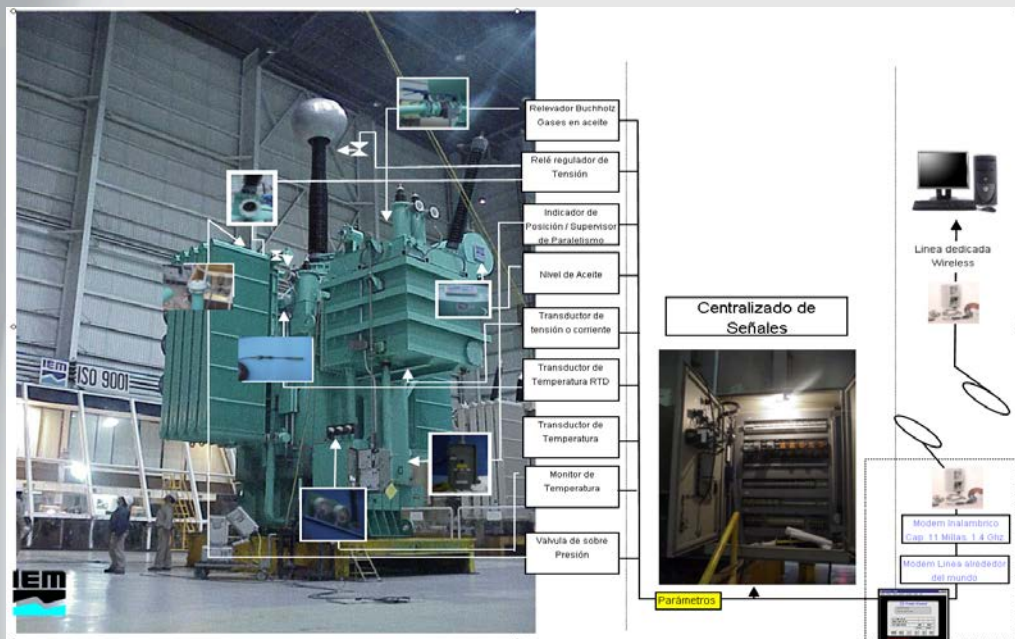
Actualmente existen muchos transformadores instalados a nivel nacional con mas de 35 años de operación los cuales de forma natural requieren modificaciones (actualizaciones) en sus sistemas de protección, comunicación, enfriamiento y características de operación.

La **modernización** consiste básicamente en las **adaptaciones** necesarias para su **actualización tecnológica**, como por ejemplo:

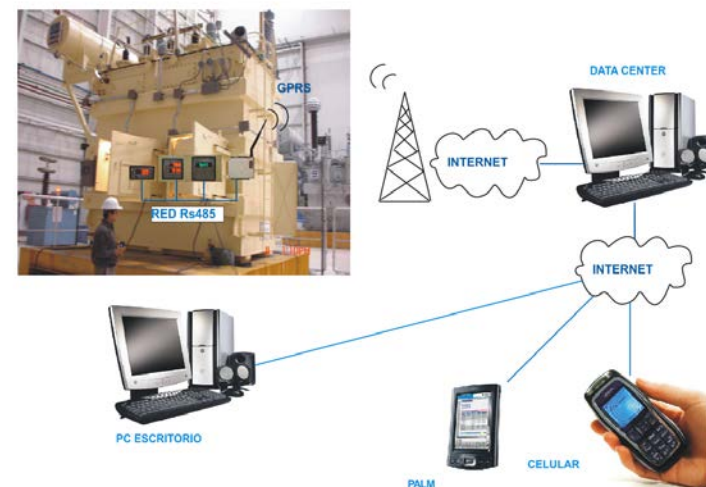
- Cambio de boquillas
- Actualización de Indicadores de temperatura analógicos (de aceite y devanado) por instrumentos con salidas tipo SCADA.
- Actualización de Indicadores de nivel de aceite analógicos por instrumentos con salidas tipo SCADA.
- Integración de Monitores electrónicos de temperatura
- Integración de Monitores de gases disueltos en el aceite

- **Modernización y optimización de sistemas de enfriamiento (radiadores enfriadores, bombas y ventiladores). Sustitución de liquido aislante.**
- **Sustitución de válvulas de sobre presión y relevador Buchholz. Sistemas de preservación del aceite, deshidratadores auto- generables.**
- **Acabado exterior.**
- **Actualización del gabinetes de control tanto del propio del equipo como sus centralizadores.**
- **Mandos a motor y Cambiadores de derivaciones de operación bajo carga.**
- **Estudios de Incremento de capacidad de operación continua y de sobrecarga del transformador.**
- **Optimización del sistema de aislamientos para incrementar el nivel básico de aislamiento al impulso (BIL).**

Sistemas de Monitoreo



ARQUITECTURA DEL SISTEMA



TIPOS DE SISTEMAS DE MONITOREO.

De acuerdo con CIGRE es posible definir 3 tipos fundamentales de sistemas de monitoreo modernos:

- a) **Sistemas independientes** (stand-alone). Local al transformador, en la mayoría de los casos utilizando una PC ó microcontrolador para analizar y almacenar datos. Normalmente incluyen un enlace de comunicación hacia un punto remoto.
- b) **Sistemas que utilizan unidades de adquisición de datos** para recolectar y transmitir datos a una PC remota (centralizador) dentro de la misma subestación. Normalmente incluyen un enlace de comunicación hacia un punto remoto.
- c) **Sistemas que utilizan el sistema de control y adquisición de datos de la subestación** (SCADA) para recolectar y almacenar los datos y analizarlos de manera remota.

Técnicas con el transformador desenergizado	
Pruebas de DOBLE (capacitancia de las boquillas, factor de potencia del aislamiento, corriente de excitación).	Pérdida de la integridad dieléctrica del aislamiento, pérdida la integridad dieléctrica de las boquillas, humedad en los devanados.
Relación de transformación	Devanados en corto circuito, corto circuito entre vueltas.
Medición de impedancia de corto circuito (reactancia de dispersión).	Deformación mayor en los devanados.
Medición de resistencia de núcleo a tierra.	Mala conexión de tierras intencionales del núcleo ó existencia de conexiones a tierra no intencionales.
Medición de resistencias de los devanados con corriente directa.	Falsos contactos, cintas rotas, conexiones flojas, falso contacto en cambiadores de derivaciones.
Análisis de respuesta en frecuencia (FRA)	Movimientos y deformaciones locales en los devanados.
Inspección visual interna.	Lodos en el aceite, desplazamiento de devanados y cuñas, falta de apriete en devanados, malas conexiones, calentamientos excesivos, objetos extraños en el equipo.
Grado de polimerización.	Condición y tiempo de vida estimada del aislamiento
Métodos de Respuesta Dieléctrica PDC, RVM, FDS) [8]	% de humedad en aislamiento y conductividad del aceite, problemas de factor de potencia del aislamiento.

DIAGNÓSTICO Y MONITOREO DE TRANSFORMADORES



Prueba	Detecta
Técnicas con transformador energizado	
Análisis de gases disueltos (DGA).	Arqueo interno, mal contacto eléctrico, puntos calientes, descargas parciales y sobrecalentamiento de conductores, aceite y aislamientos.
Pruebas físicas y químicas del aceite.	Humedad, acidez, tensión superficial, furanos, rigidez dieléctrica y factor de potencia.
Inspección externa física.	Fugas de aceite, partes rotas, pintura dañada, defectos en las estructuras de soporte, operación ruidosa, conexiones flojas, problemas con los ventiladores y bombas de enfriamiento.
Temperaturas externas del tanque principal y cambiador de derivaciones.	Cambios de temperaturas debidos a cambios en la carga y temperatura ambiente.
Termovisión.	Puntos calientes, corrientes circulantes, bloqueos del enfriamiento, problemas con el cambiador de derivaciones, conexiones flojas.
Análisis acústico (ultrasónico)	Descargas parciales internas, arqueo, blindajes no aterrizados, malas conexiones en boquillas, falla en contactos del cambiador, problemas de puesta a tierra del núcleo, aislamiento débil que produce efecto corona.
Detección sónica de fallas	Fugas de nitrógeno, fugas de vacío, vibración excesiva de núcleo bobinas, efecto corona en las boquillas, problemas mecánicos en rodamientos de motores y bombas.
Análisis de vibraciones	Problemas internos de núcleo, bobinas, blindajes, partes flojas y rodamientos defectuosos.

MONITOREO DE TRANSFORMADORES

<i>Sensor para:</i>	<i>Detecta</i>
Técnicas con transformador energizado (On-line)	
Monitoreo de Humedad en Aceite	Estimación de humedad en aceite y sistema de asilamientos
Monitoreo de Boquillas	Cambios en Factor de potencia y corriente de Fuga
Monitoreo de Bolsa COPS	Estado del sistema de preservación de aceite del equipo
Vibración mecánica el cambiador	Problemas de operación del cambiador bajo carga
Análisis de respuesta en frecuencia	Deformación mecánica de bobinas (Técnica en desarrollo)
Descargas parciales	Descargas parciales en el sistema de aislamiento
Equipo de enfriamiento	Problemas con equipos de enfriamiento y tiempo de operación y vida estimada
Transitorios	Sobretensión transitorias que pueda afectar la condición del equipo
Partículas en aceite	Contaminación del aceite por partículas.
Detección de explosión	Riesgo de explosión ó incendio

SUSTITUCION DE BOQUILLAS

Clase de Aislamiento y Voltaje Nominal

Corriente Nominal

Nivel Básico de aislamiento al Impulso KVBIL

Dimensiones internas y externas , espacio para TC's.

Correcta selección de aislamiento para la guía, considerar Aspectos dieléctricos y térmicos .

Adaptación de bridas y carretes adicionales



Transformador con Boquillas de Prueba para SF6

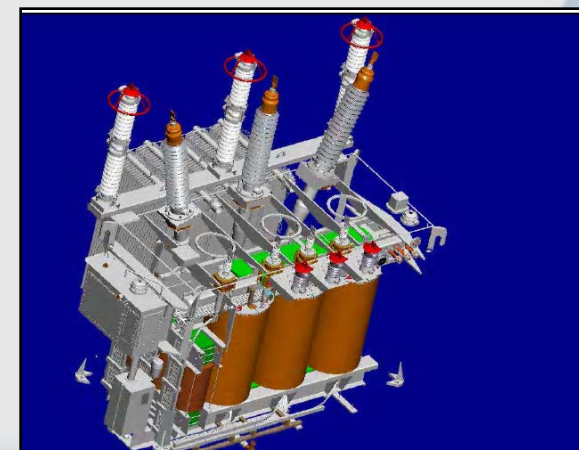
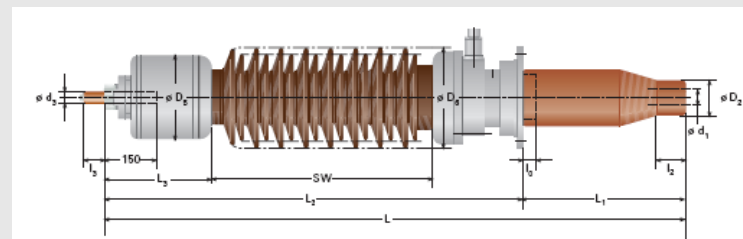


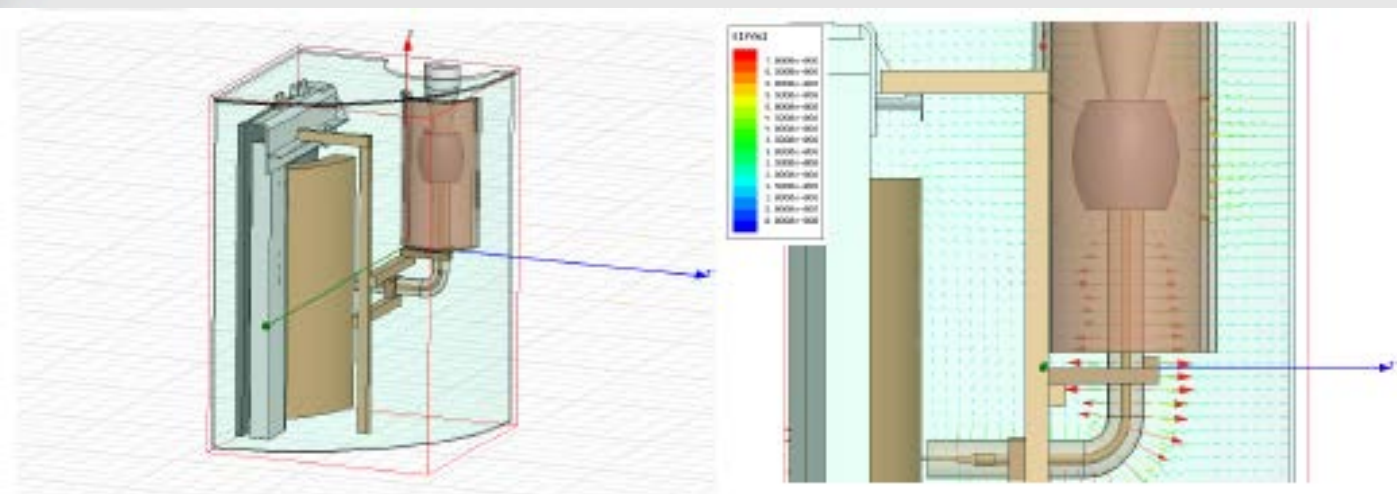
Conectores Para Salida a Cable XLP



Dependiendo de las necesidades del cliente :

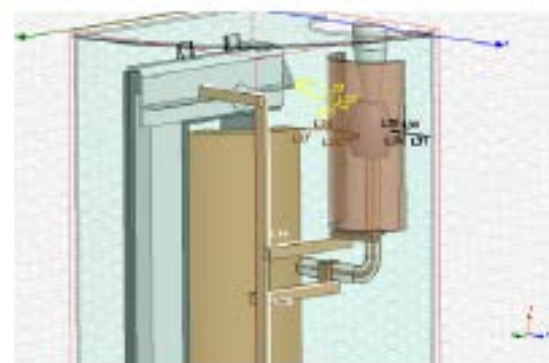
- * Boquillas Tipo Sólido
- * Boquillas Tipo condensador
- * Boquillas SF6 -Aceite
- * Boquillas Aceite-Aceite
- * Boquillas de Alta Corriente
- * Pasa Barras





Verificación de distancias dieléctricas en alta tensión

Barridos de Línea: L3T				
EQUIPO PRODUCTOR DE CAMPO				
Modelo	% Integración	Distancia	Unidad	Comentarios
1000V 1.5m (1000V 1.5m) (1000V 1.5m)	40.04%	1.5T	m	1
1000V 1.5m (1000V 1.5m) (1000V 1.5m)	81.18%	2.25	m	2
1000V 1.5m (1000V 1.5m) (1000V 1.5m)	80.02%	2.25	m	3
1000V 1.5m (1000V 1.5m) (1000V 1.5m)	80.04%	2.25	m	4
1000V 1.5m (1000V 1.5m) (1000V 1.5m)	80.04%	2.25	m	5
1000V 1.5m (1000V 1.5m) (1000V 1.5m)	84.34%	2.25	m	6
1000V 1.5m (1000V 1.5m) (1000V 1.5m)	47.20%	1.5T	m	7
1000V 1.5m (1000V 1.5m) (1000V 1.5m)	84.34%	2.25	m	8
1000V 1.5m (1000V 1.5m) (1000V 1.5m)	84.34%	2.25	m	9
1000V 1.5m (1000V 1.5m) (1000V 1.5m)	84.34%	2.25	m	10



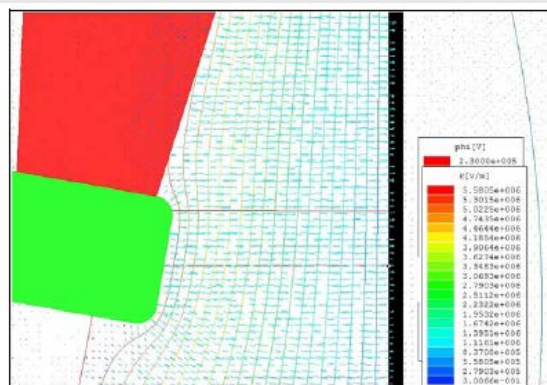


Figura 1. Modelo 2D, simetría catenaria (X-Y)

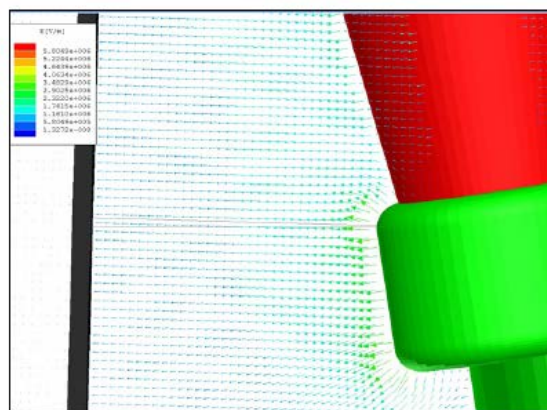
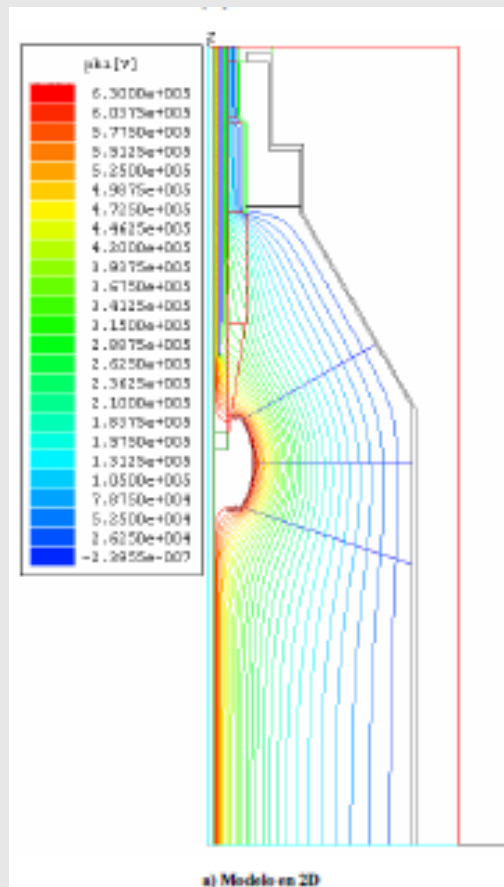


Figura 2. Modelo 3D.



Experiencia en re-manufactura de Transformadores y Reactores de Potencia.

Industrias IEM ha re-manufacturado transformadores IEM y de otras marcas desde 1993, en la mayoría de los casos, con el fin de garantizar la confiabilidad del equipo con pruebas dieléctricas al 100%, el cambio de boquillas de Alta tensión es un tarea común. Algunos ejemplos de equipos re-manufacturados de otras marcas se muestran a continuación:



Transformador GSU, 525 KV, 511 MVA.,
Marca. Westinghouse



Transformador GSU, 75 MVA 400 KV
Marca Mitsubishi



Reactor 33.33 MVA 400 KV Marca ABB



Reactor Monofásico
Marca Ansaldo, 25 MVA, 400 KV



Reactor Monofásico
Marca PROLEC, 25 MVA, 400 KV



Autotransformador
Marca Mitsubishi, 60/75 MVA,
400/230 KV

Actualización de Indicadores de temperatura analógicos (de aceite y devanado) por instrumentos con salidas tipo SCADA



Considerar el espacio requerido en el gabinete de control para señales de alarmas. Señales 4-20 mA , 0-1 mA

GRADIENTE: 12.69 A

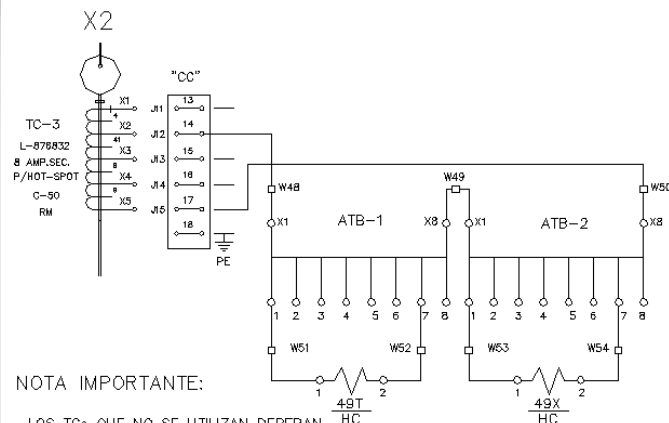
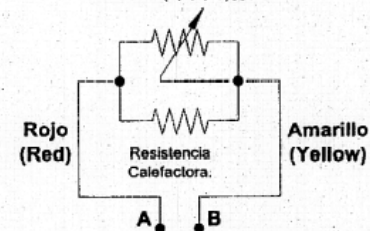


Diagrama de Conexiones. (Connection Diagram).

Resistencia Variable
25 Watts (1,2,3,5)Ω

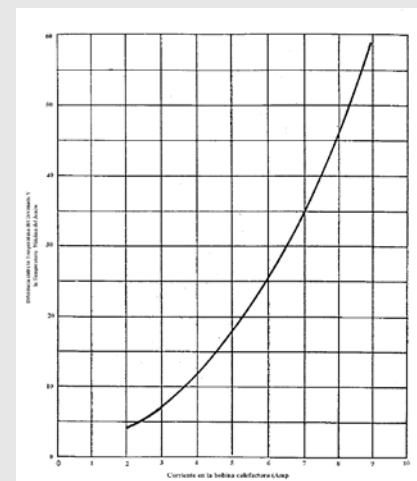


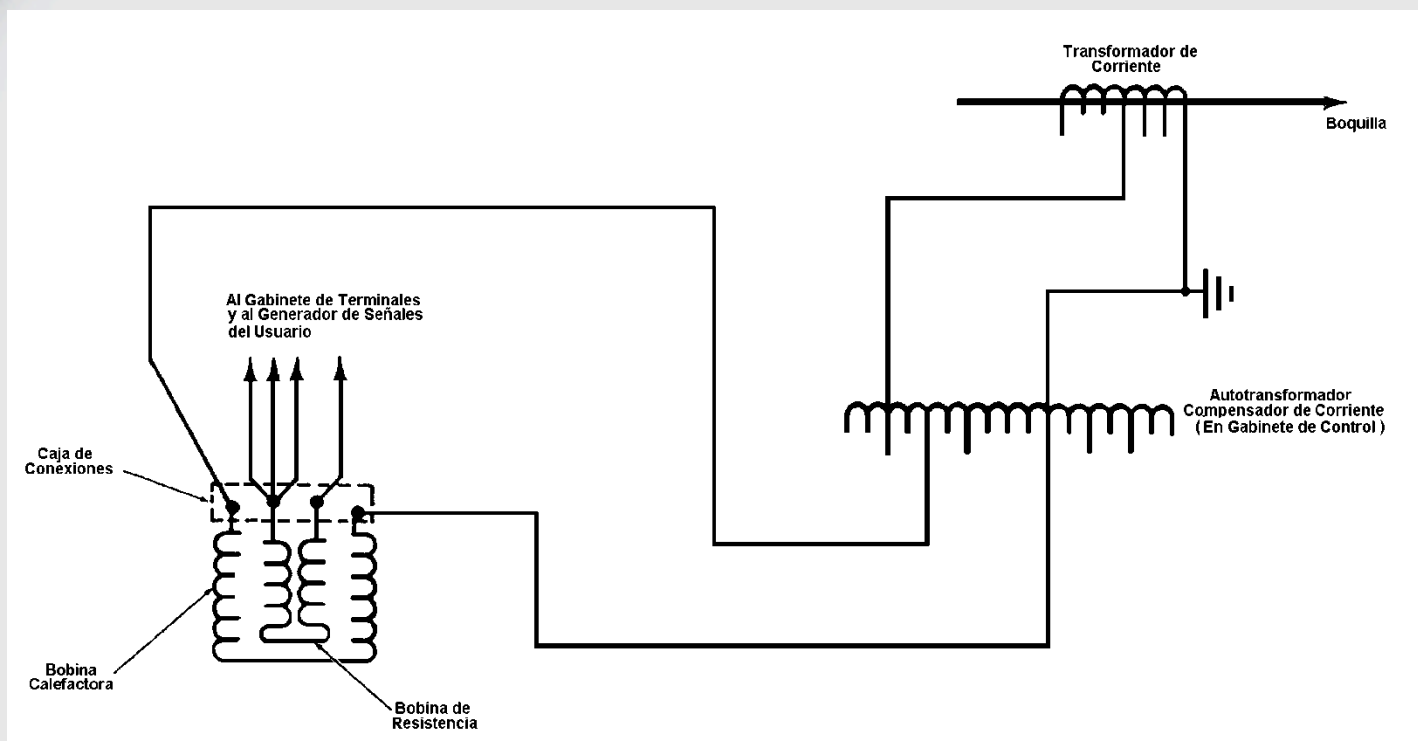
Alimentación del transformador
de corriente (TC) de 0 a 5 Amperes.

(Current input 0-5 Amp Between A and B.

Verificar el ajuste de gradiente en bobina calefactora.

Las curvas pueden variar entre fabricantes de instrumentos



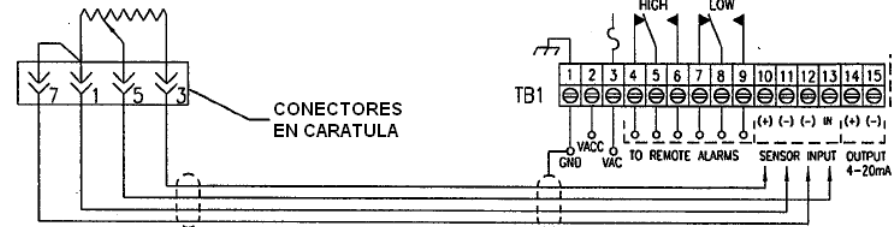


Actualización de Indicadores de nivel de aceite analógicos por instrumentos con salidas tipo SCADA.



Considerar el espacio requerido en el gabinete de control para señales de alarmas. Señales 4-20 mA , 0-1 mA

TRANSDUCTOR DE NIVEL



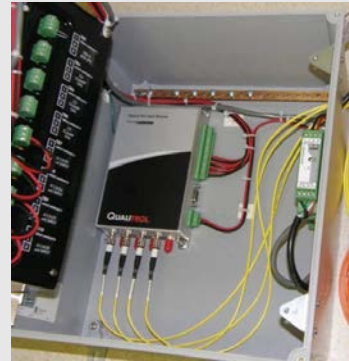


Monitores electrónicos de Temperatura

Medición directa con Fibra óptica

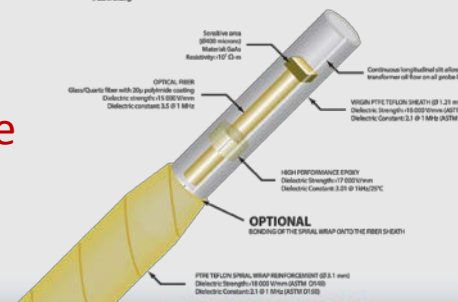


Modelos matemáticos

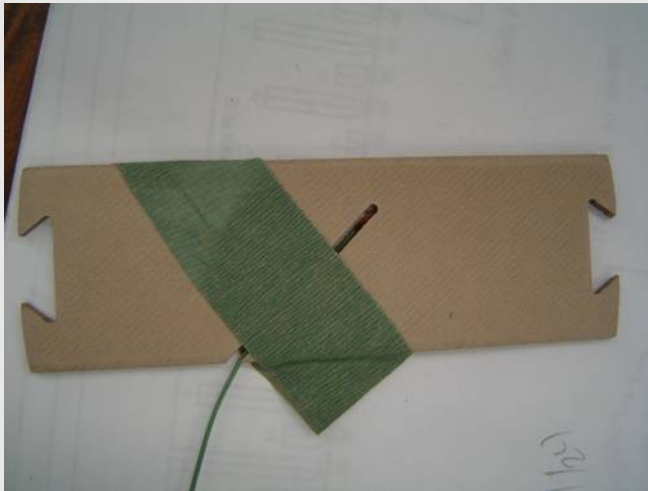


La correcta localización de Sensores es la parte importante

neoptix T2™ Fiber Optic Temperature Sensor (Patent Pending)



FIBRA OPTICA



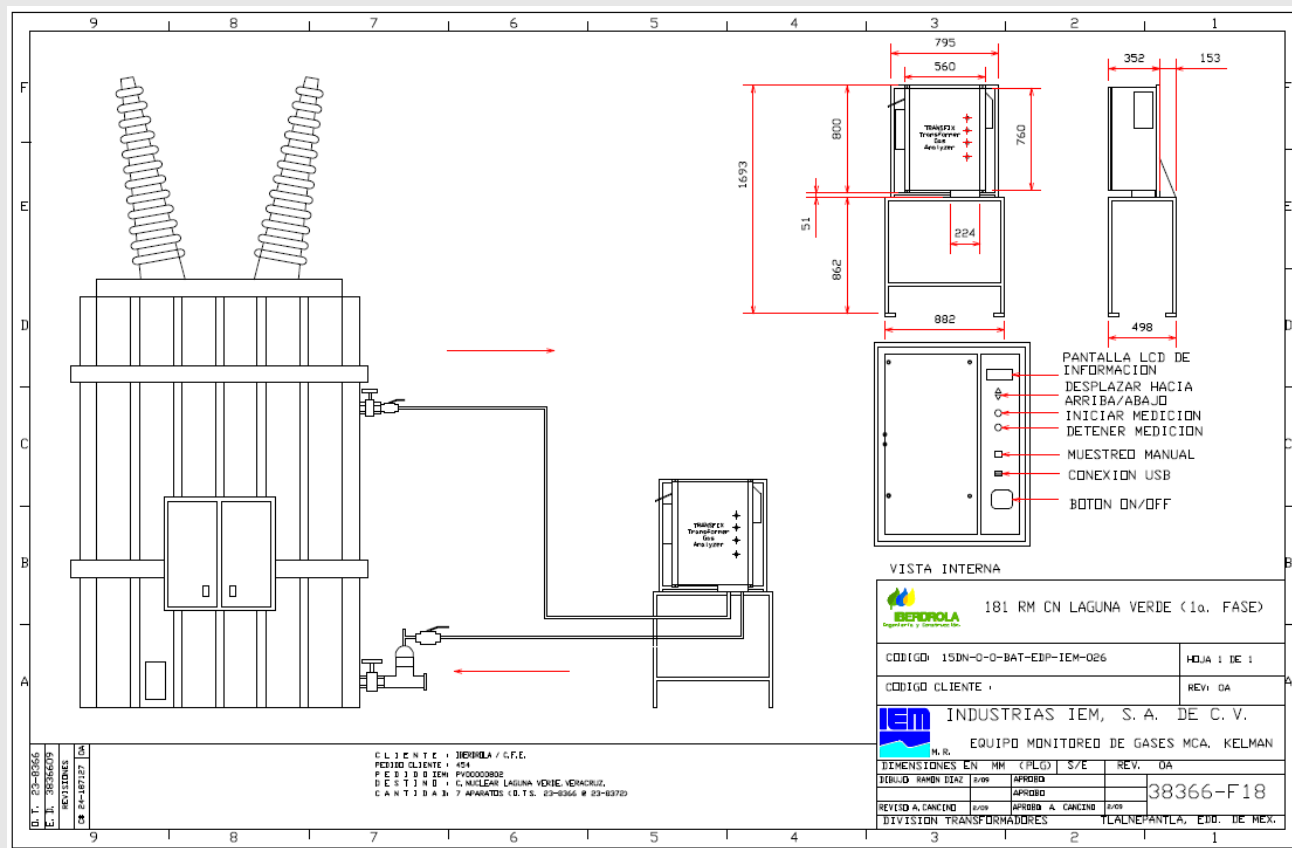
Sensor de fibra óptica en espaciador radial



Localización del sensor en la bobina

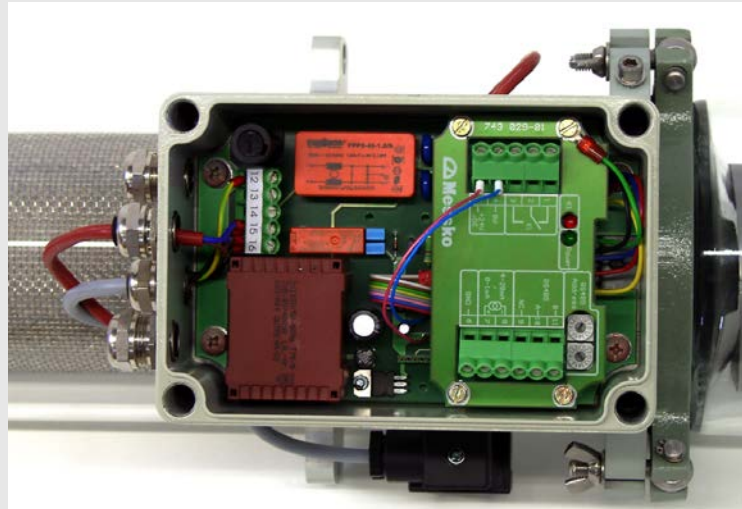


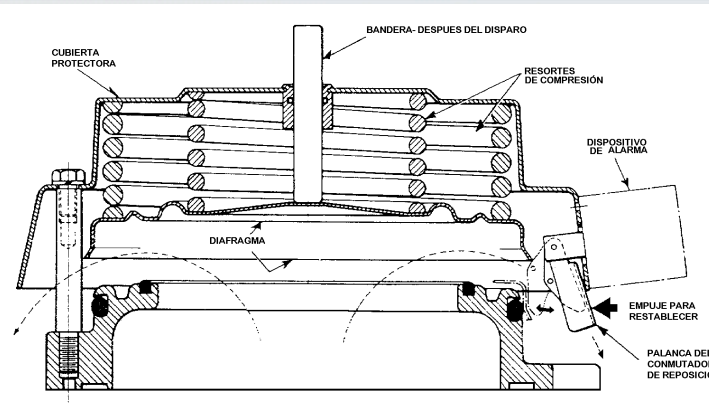
Sistema de Monitoreo de Gases y Humedad en el Aceite.



Deshidratadores Autoregenerables

Utilización de filtro de metal microporoso ciclos de calefacción controlados por condición real del ambiente y del material desecante. Autosupervisión y control remoto

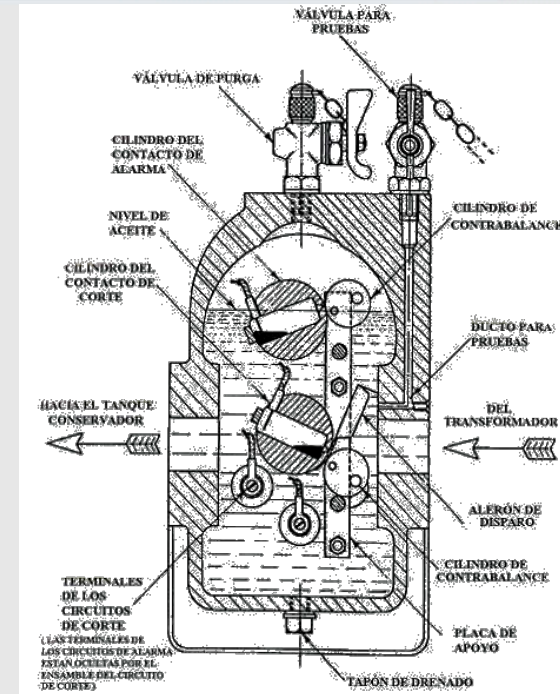




Extensiones



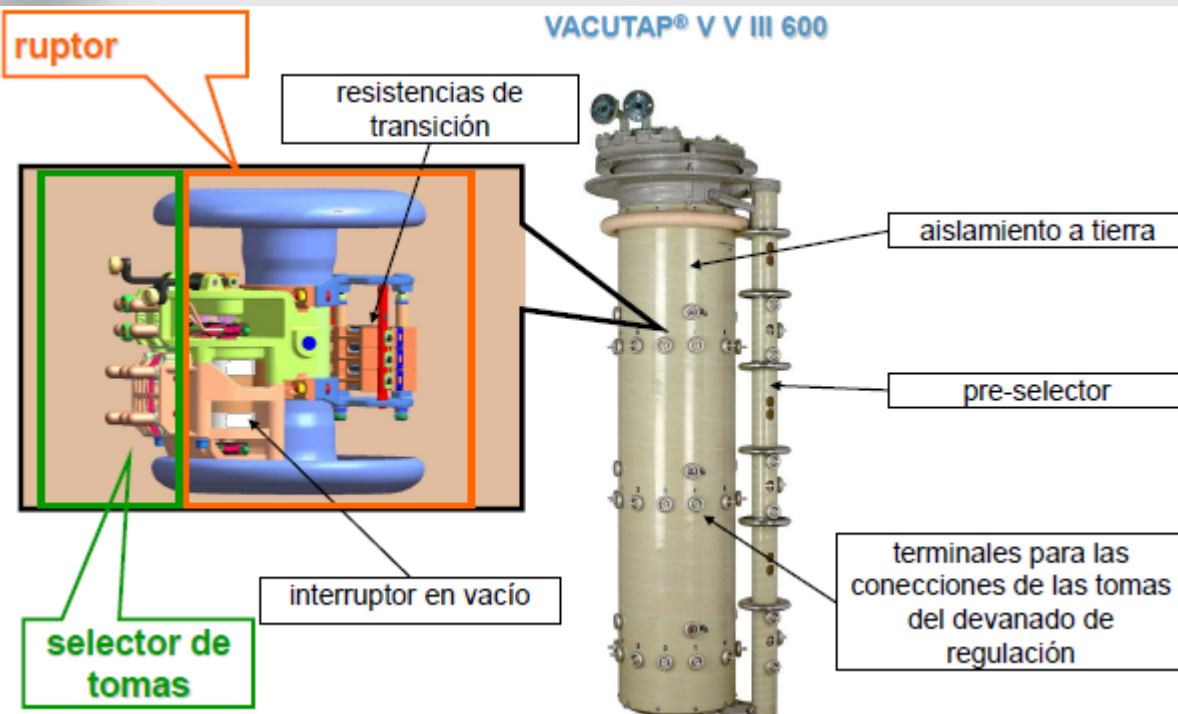
Flujo dirigido y cubiertas protectoras



Relevador buchholz



VACUTAP® V V III 600



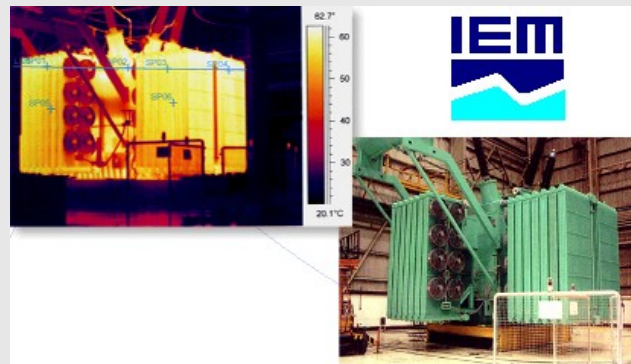
Cambio y modernización de cambiadores de derivaciones

SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

Los límites térmicos normales definidos en la norma IEEE C57.12.00 bajo condiciones de carga continua, temperatura ambiente promedio y condiciones nominales definidos en la norma.

Para los devanados : 65 °C de elevación de temperatura promedio
80 °C de elevación de temperatura del punto mas caliente
110 °C Punto mas Caliente (Hot Spot)

Para el liquido aislante : 65 °C Elevación de temperatura del aceite superior



Reconocido en normas internacionales (IEC y IEEE)

IEC 60076-14 Anexo C

Table C.2 – Comparison of ageing results

	Constant a	Temperature T °C	Thermal index	Thermal class
IEEE mineral oil/thermally upgraded paper	$9,80 \times 10^{-18}$	110,0	110	120
Natural ester liquid/thermally upgraded paper	$7,25 \times 10^{-17}$	130,6	130	140
IEEE mineral oil/kraft paper	$2,00 \times 10^{-18}$	95,1	95	105
Natural ester liquid/kraft paper	$1,06 \times 10^{-17}$	110,8	110	120

+20
↻

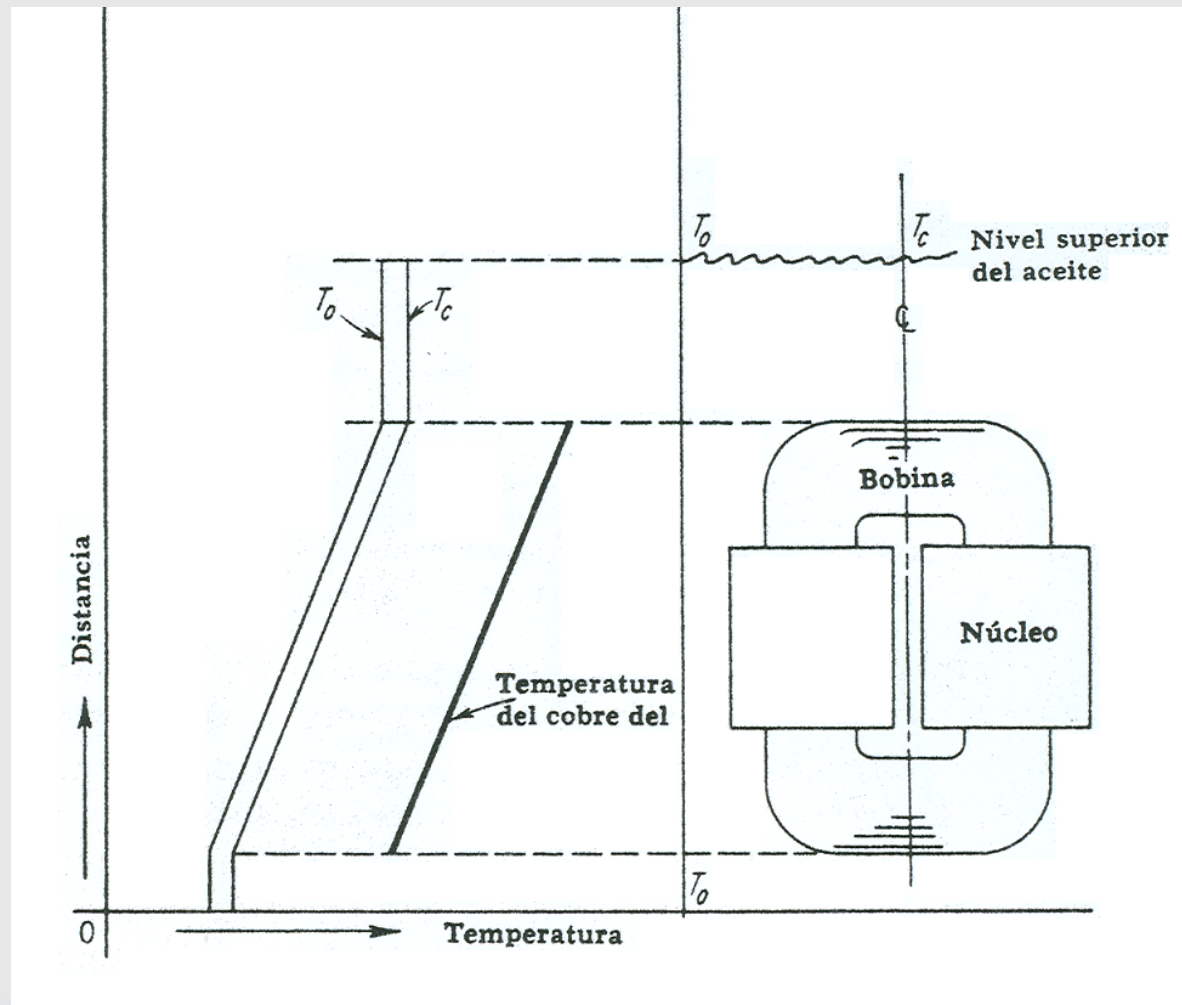
Table A.1 – Typical properties of solid insulation materials

Material	Thermal class (IEC 60085) °C	Form
Cellulose-based	105	Paper
Cellulose-based thermally upgraded	120	Paper
Cellulose-based	105 ^b	Board

IEC 60076-14 Anexo A

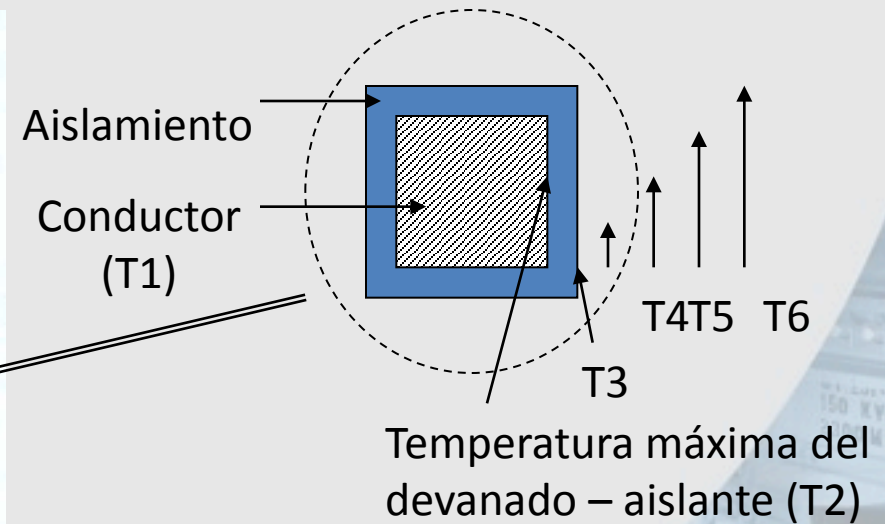
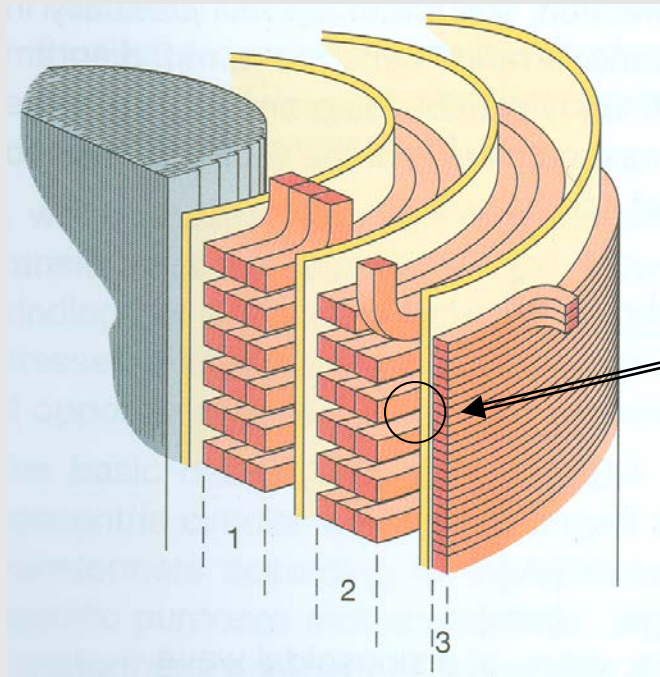
b – Experiencia practica permite clasificar como TUP, incluso en ésteres.

VARIACION DE TEMPERATURA EN EL TRANSFORMADOR



GRADIENTES DE TEMPERATURA

- Deterioro Mecánico y Dieléctrico del Aislamiento
- Distribución de Temperatura y Punto más Caliente de los Devanados
- Envejecimiento Térmico
- Fin de la Vida del Aislamiento = $\frac{1}{2}$ (Resistencia a la Tensión)





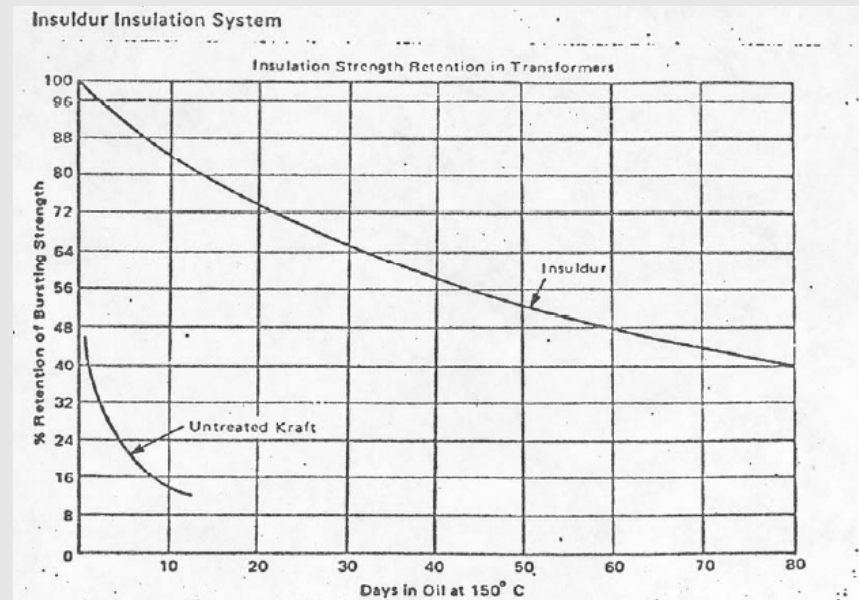
Retro-llenadosl

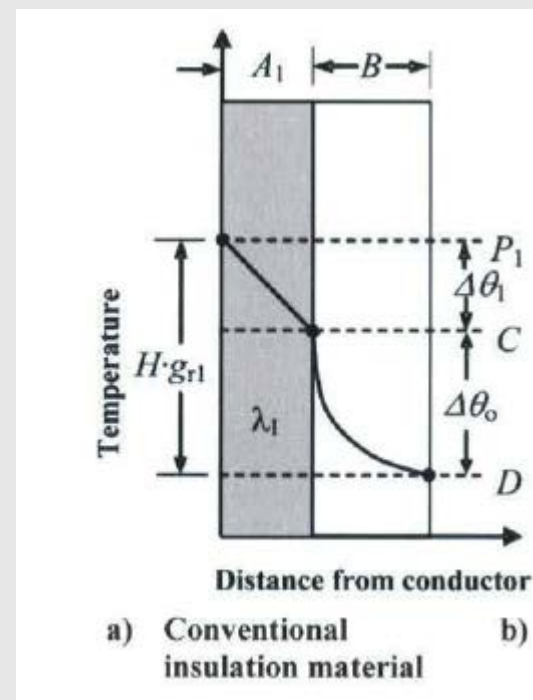
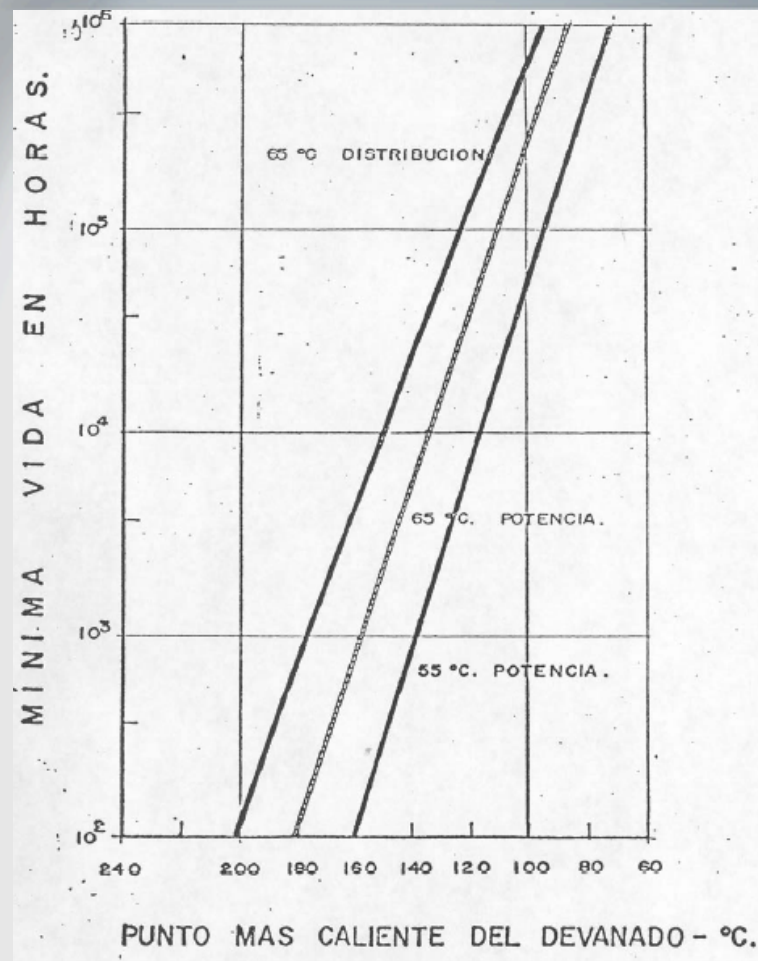
Papel Térmicamente Mejorado . Papel con base celulosa que ha sido químicamente Modificado para reducir la razón a la cual este se descompone

Se considera papel Térmicamente mejorado si cumple con el criterio de vida IEEE c57.100: 50% de retención en la resistencia a la tensión en la prueba de tubo sellado a 110 C, por 65000 hr

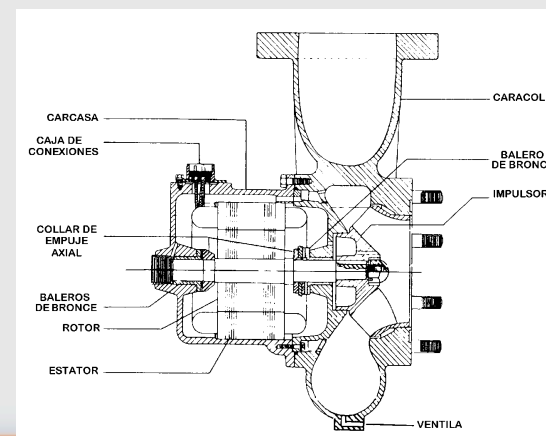
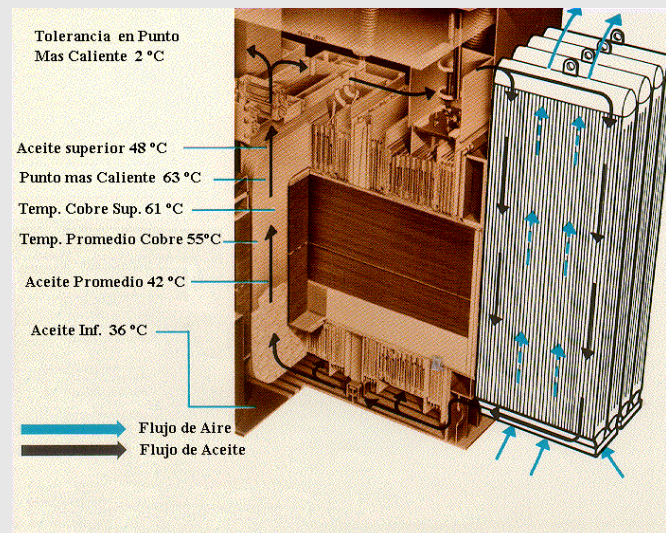
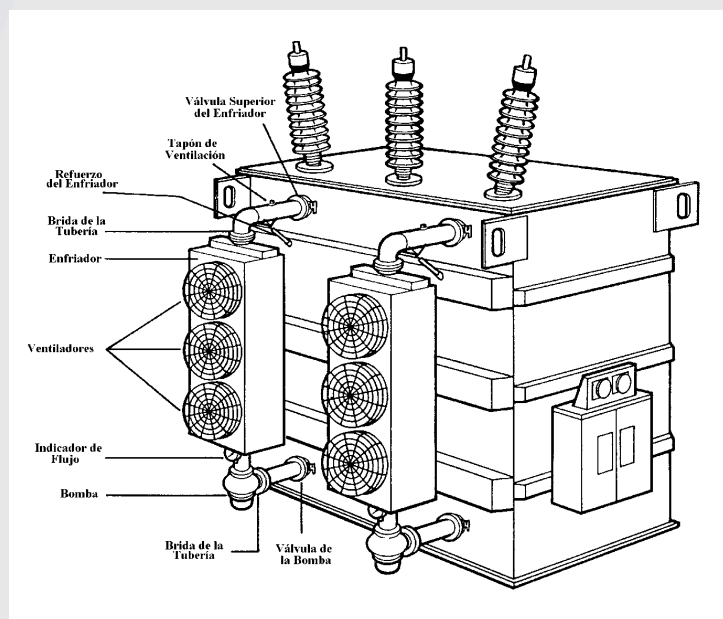
$$\text{Time (h)} = e^{\left(\frac{15000}{(t_h + 273)} - 28,082 \right)} = 65000 \times e^{\left(\frac{15000}{(t_h + 273)} - \frac{15000}{(110 + 273)} \right)}$$

Contenido de nitrógeno entre 1 y 4%



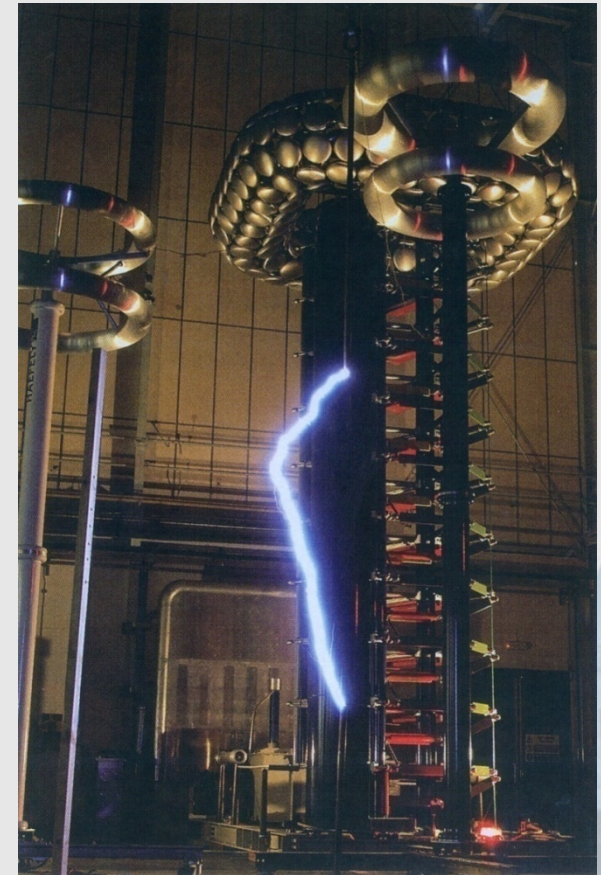
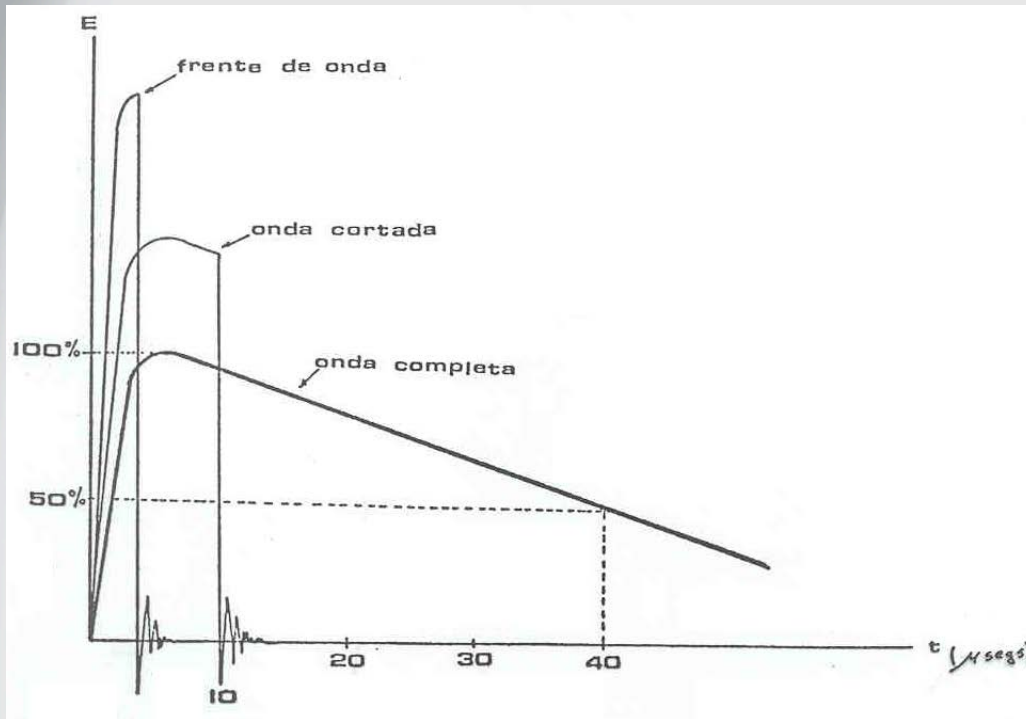


Sistemas de enfriamiento

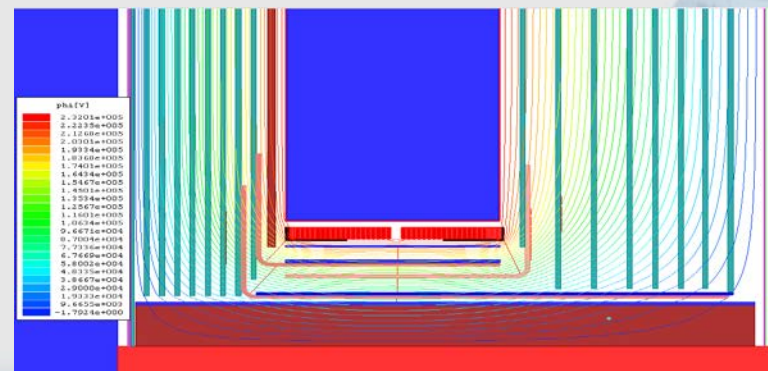
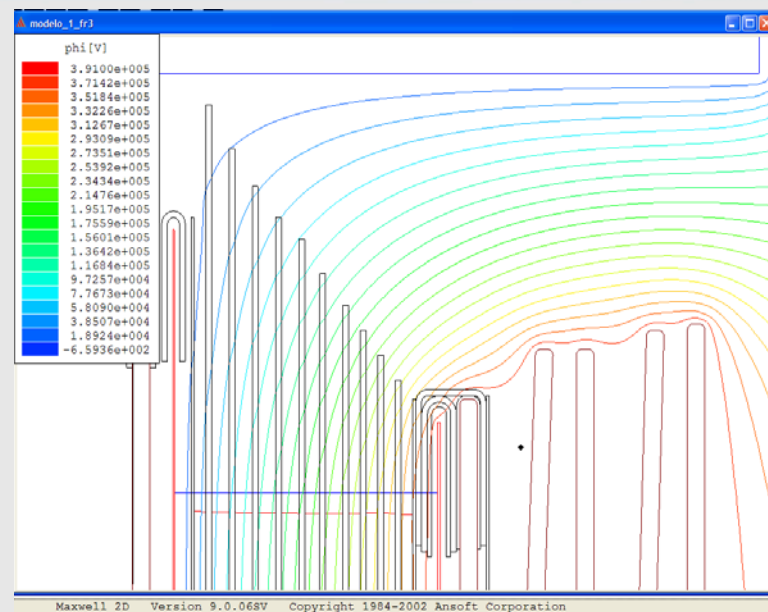
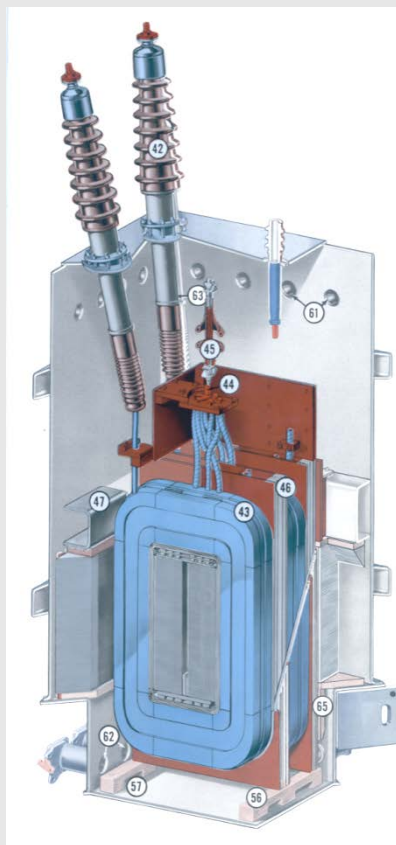
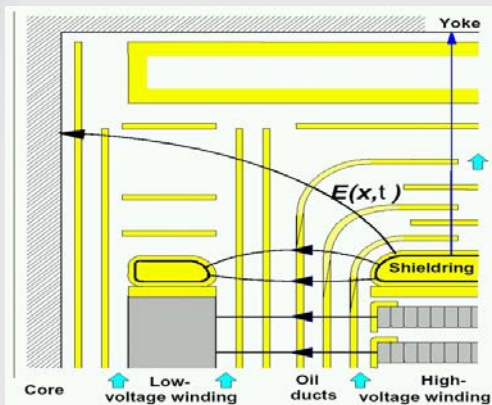
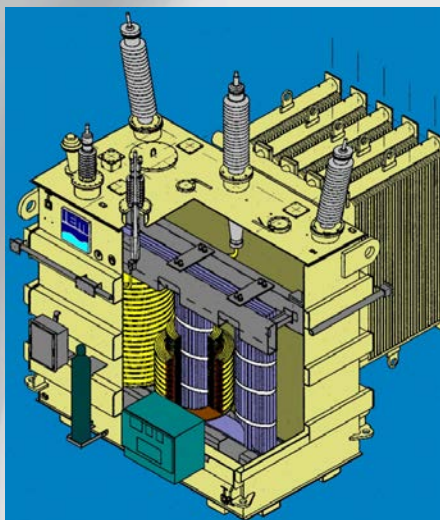


DISEÑO DIELECTRICO

Nivel básico de aislamiento al Impulso (BIL)



Diseño dieléctrico



CONCLUSIONES

La modernización consiste básicamente en las adaptaciones necesarias en el transformador para su actualización tecnológica.

Actualmente es una opción para incrementar la confiabilidad de los equipos y por ende del sistema.

Puede ser realizada en sitio o en fabrica dependiendo el alcance.



GRACIAS POR SU ATENCIÓN