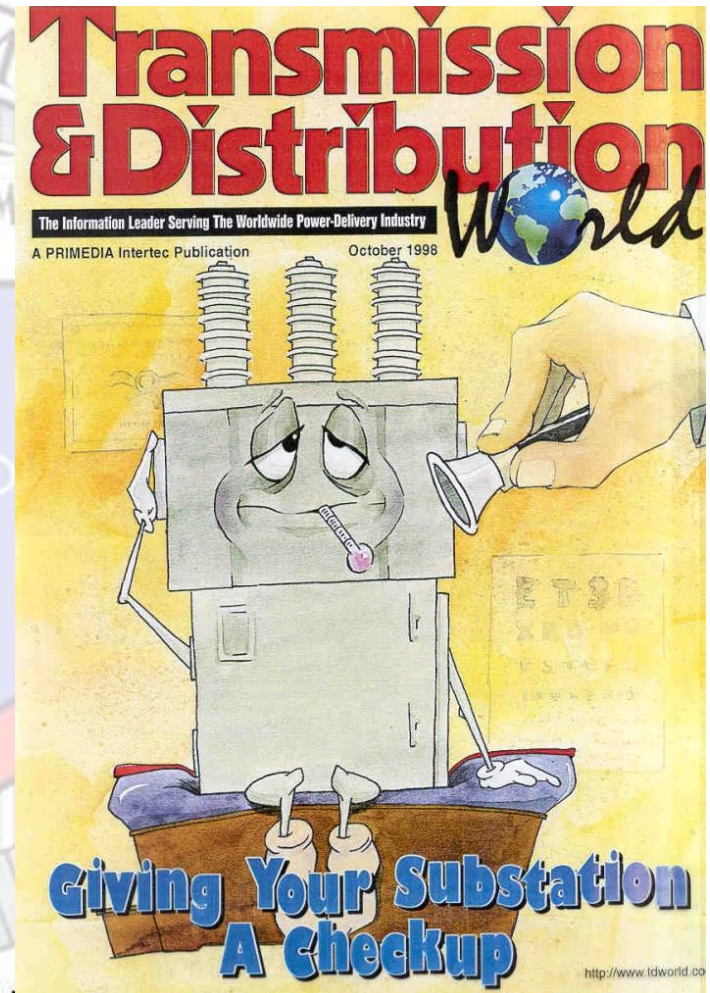
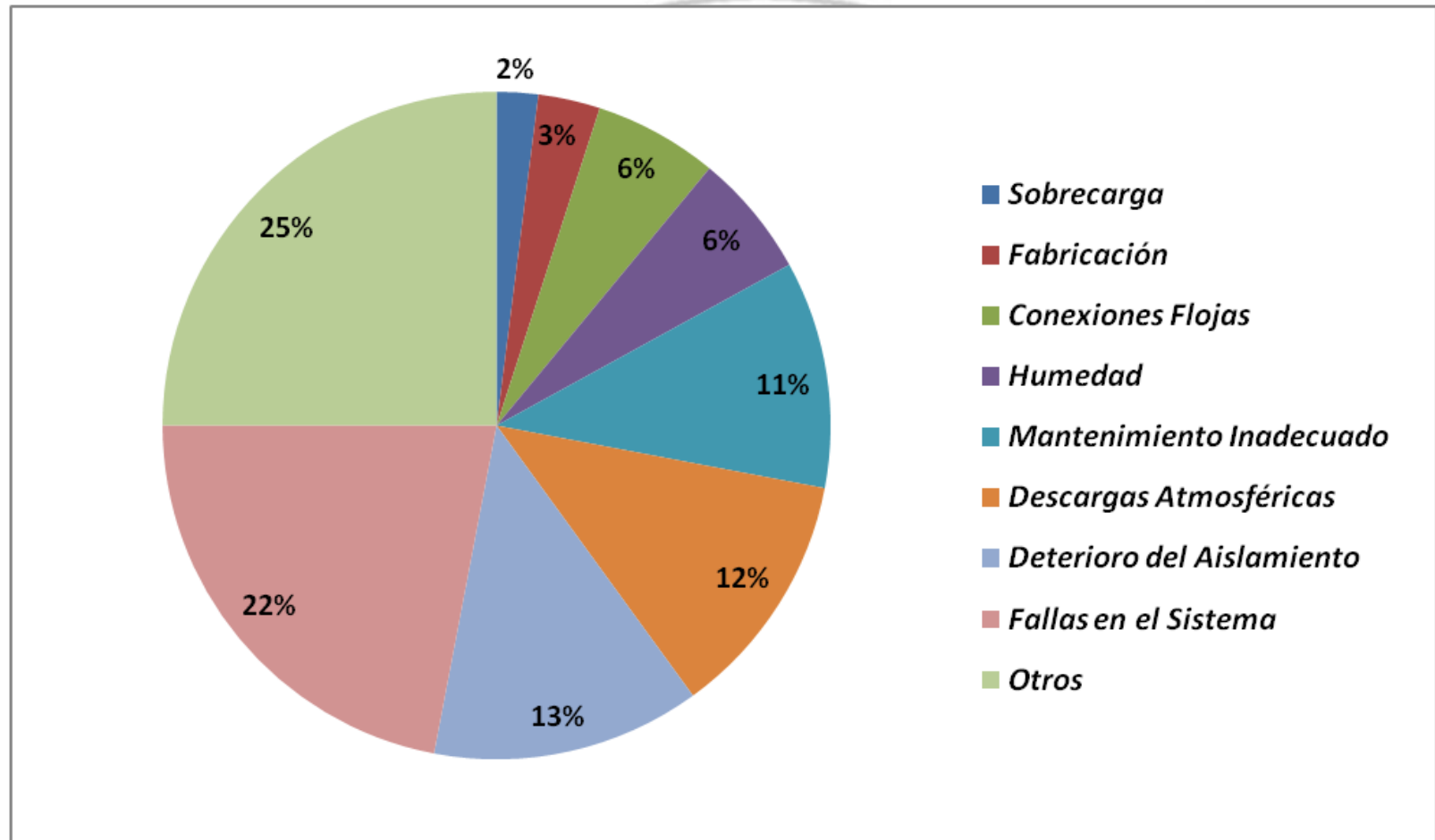


# DIAGNÓSTICO DE FALLAS DE TRANSFORMADORES EN OPERACIÓN

**La confiabilidad** de equipos utilizados en los sistemas eléctricos de potencia (SEP), tales como los transformadores, es altamente importante ya que desde el punto de vista de las compañías de generación y suministro de energía eléctrica, una falla en servicio de un transformador de potencia representa un costo que puede exceder el costo de un equipo nuevo, pues existen costos adicionales asociados con la falta de suministro de energía, tales como: compra de energía bajo condiciones de emergencia, costo por limpieza de los lugares donde el transformador falló y en ocasiones problemas ambientales graves y de seguridad.



## PRINCIPALES CAUSAS DE FALLA EN TRANSFORMADORES



***Disturbios Eléctricos.*** Los Sobrevoltajes de Línea son la causa número uno de fallas en transformadores. Incluye los impulsos por maniobra, picos de voltaje, fallas de línea o descargas en la línea. Los rayos se consideran cuando caen directamente en el transformador. Se deben atender las protecciones contra descargas y sobretensiones, además de sujetar adecuadamente las bobinas.

***Deterioro del Aislamiento.*** Segunda causa de falla en los últimos 20 años, reduciendo la expectativa de vida del transformador a 17 años. Se incluyen las fallas no atribuidas a sobretensiones. Existen cuatro factores responsables del deterioro del aislamiento: Pirólisis (calentamiento), Oxidación, Acidez y Humedad, pero ésta se reporta por separado para el aceite.

***Sobrecarga.*** A éste apartado pertenecen las fallas atribuibles sólo a aquellos transformadores con una carga que excede considerablemente a la especificada en la placa de datos.



***Mantenimiento Inadecuado.*** Cuarta causa de falla. Aquí se engloban las fallas de conexión de los controles o malos ajustes, pérdidas de enfriamiento, acumulación de polvo, aceite y corrosión. Se le debe la no detección temprana de fallas incipientes (muestreo de aceite, sobrecalentamiento, fugas, etc.)

***Malas Conexiones.*** Se deben a la fabricación y al mantenimiento de las conexiones eléctricas, así como dar torques inapropiados a las uniones con tornillos.

***Humedad.*** Se refiere a las fallas causadas por inundaciones, fugas en tuberías, uniones del tanque, boquillas y empalmes, y a la presencia confirmada de humedad en el aceite.

***NÓTESE QUE LA "EDAD" NO ES UNA CAUSA DE FALLA.***

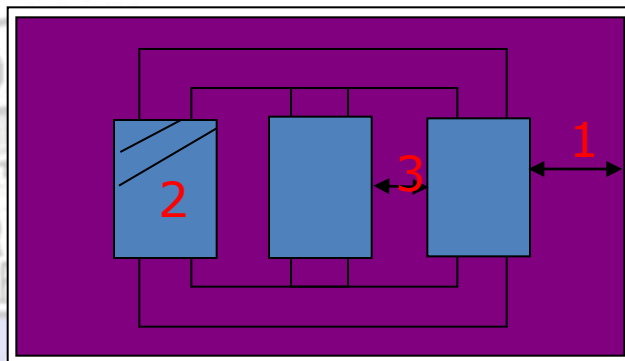


## SISTEMA DE AISLAMIENTOS EN LOS TRANSFORMADORES

1 - AISLAMIENTOS  
MAYORES

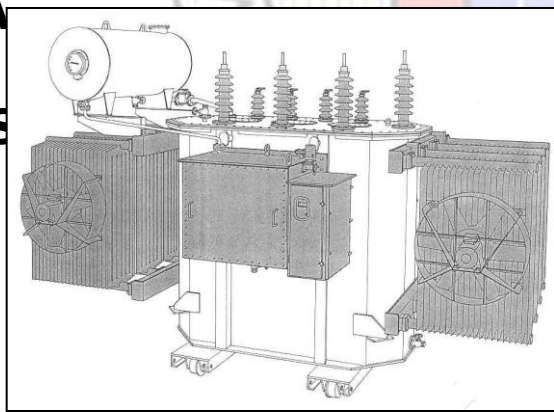
2- ASILAMIENTOS  
MENORES

3- AISLAMIENTOS  
FASE - FASE



### AISLAMIENTOS EXTERNOS

PORCELANA  
VIDRIO  
SINTETICOS

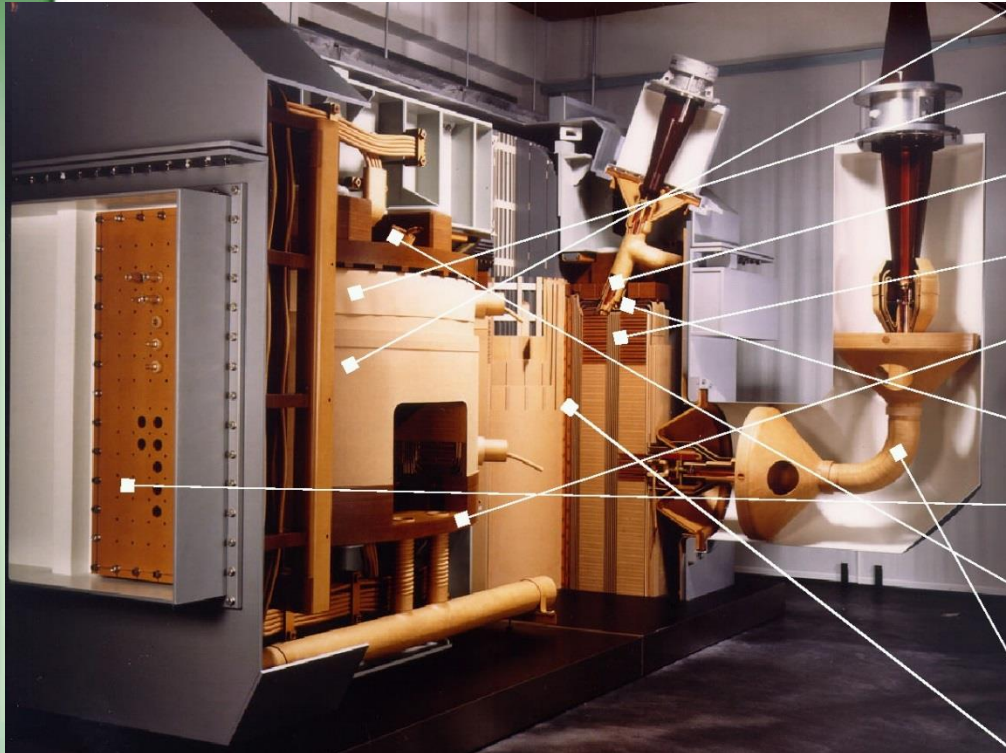


### ASILAMIENTOS INTERNO ORGANICOS:

ALGODON  
PAPEL  
SEDA  
CARTON  
ACEITE, SILICONE  
GASES (SF6)

INORGANICOS  
MICA

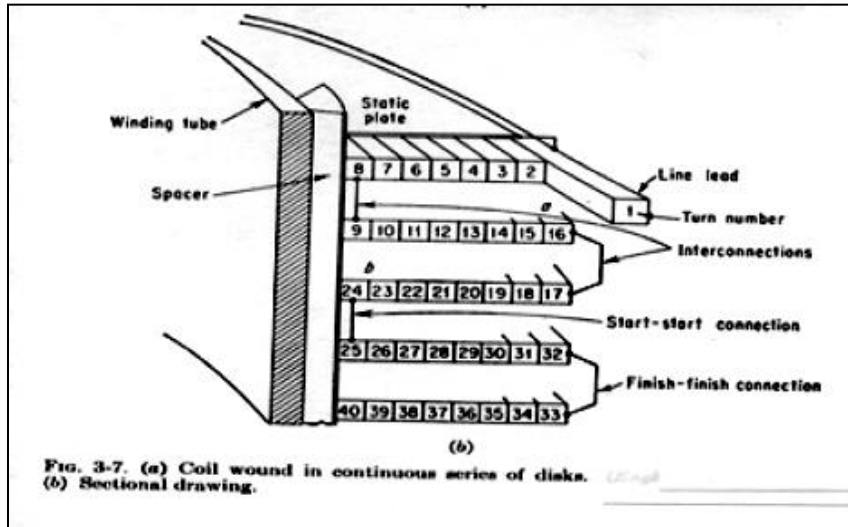




## **Subsistema de aislamientos**

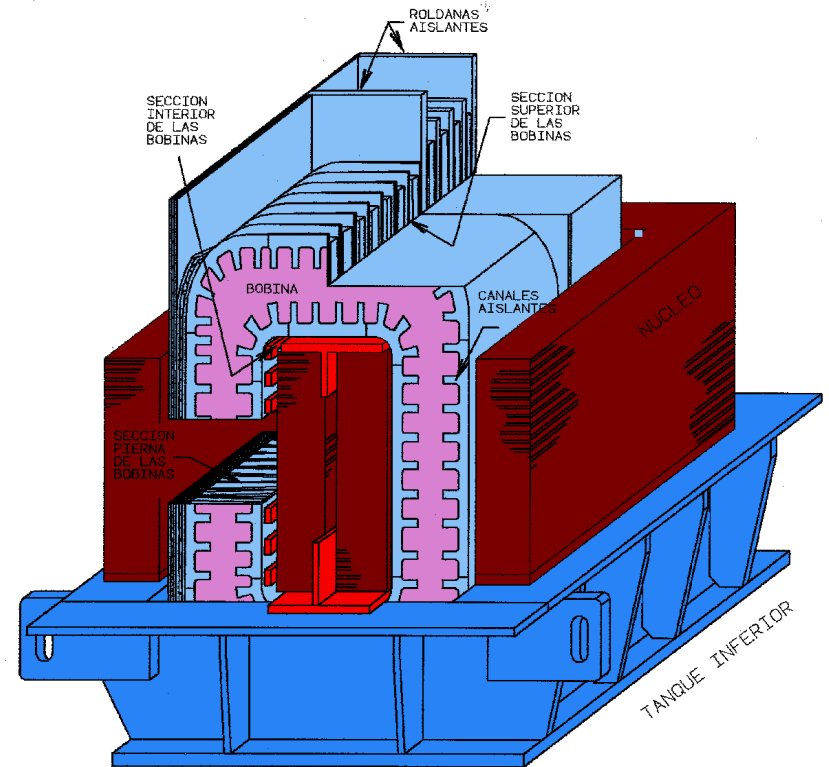


## AISLAMIENTO ENTRE VUELTAS

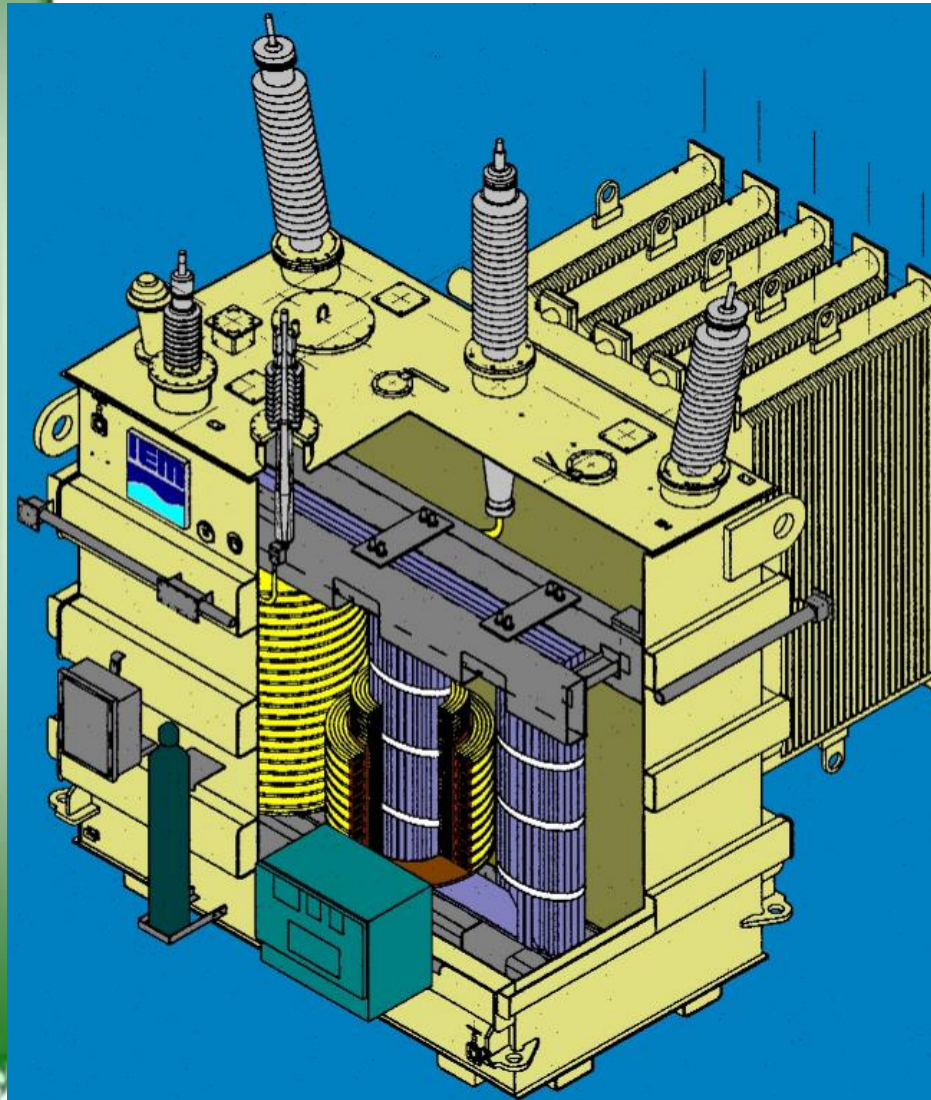


## DEVANADO TIPO DISCO

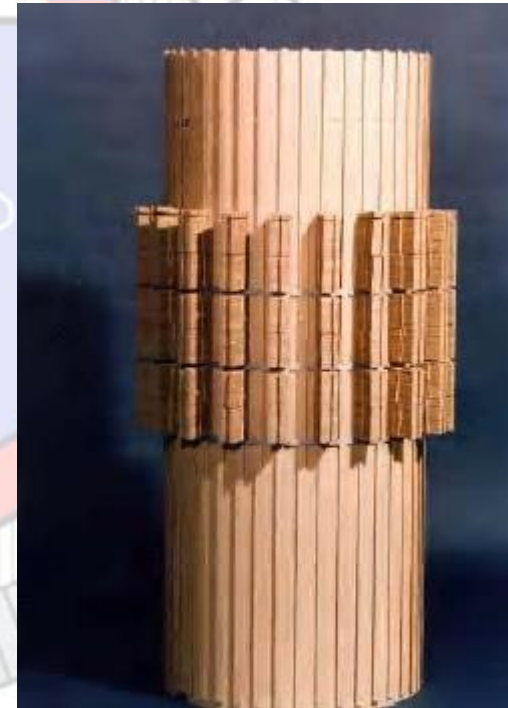




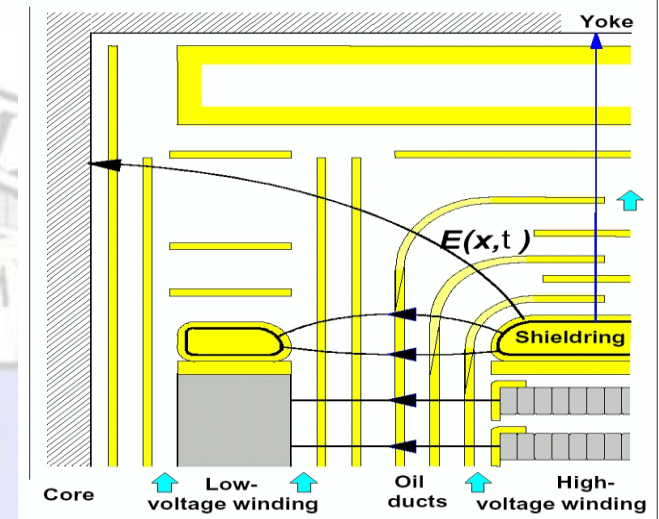
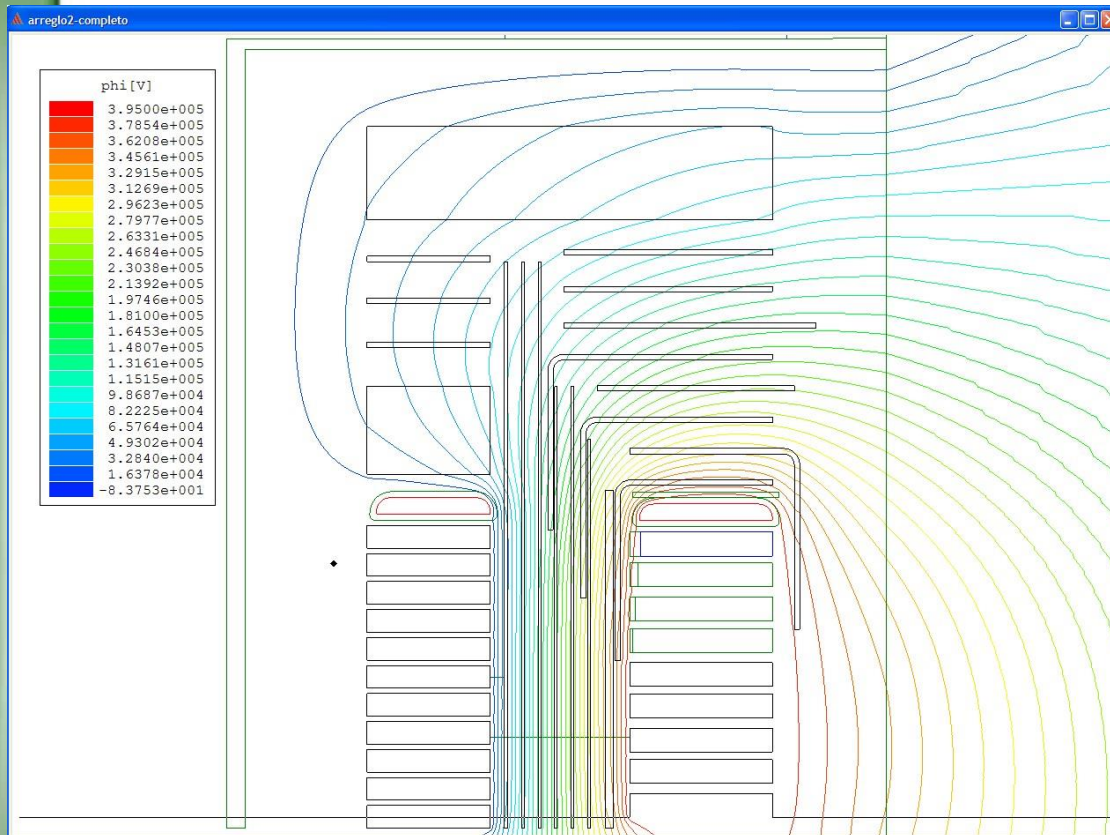
**TIPO ACORAZADO**



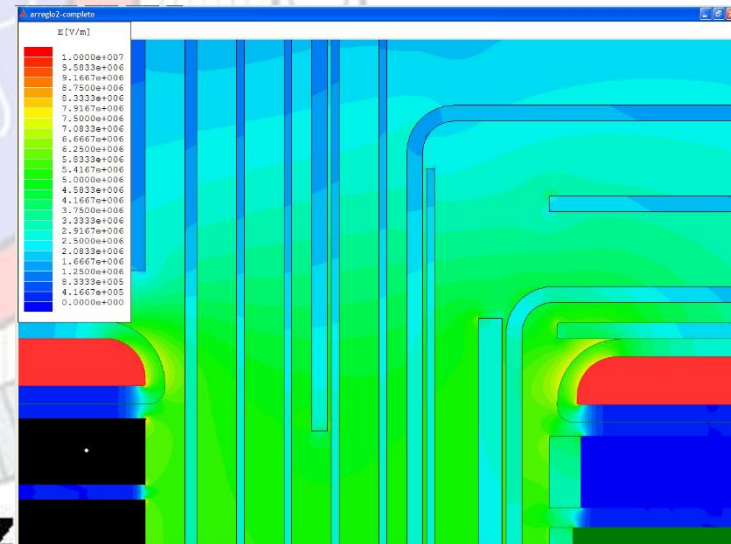
**TIPO COLUMNAS**

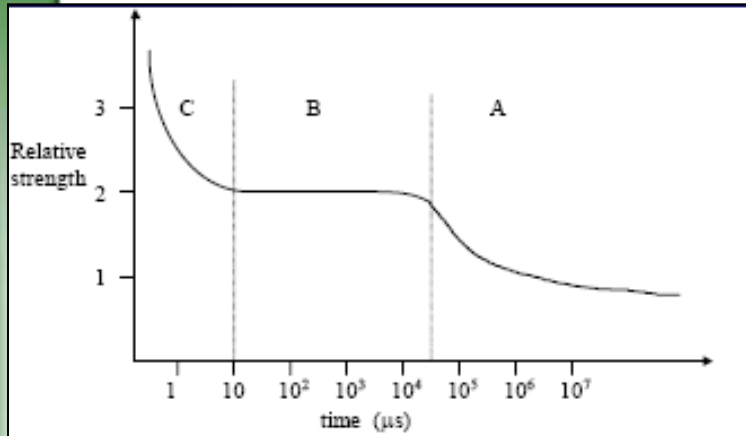


# CALCULO DE ESFUERZOS DIELÉCTRICOS



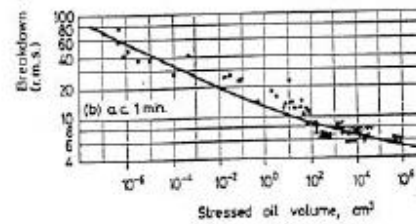
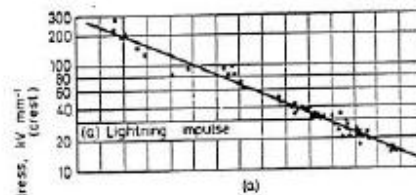
Diseño de aislamientos en aceite



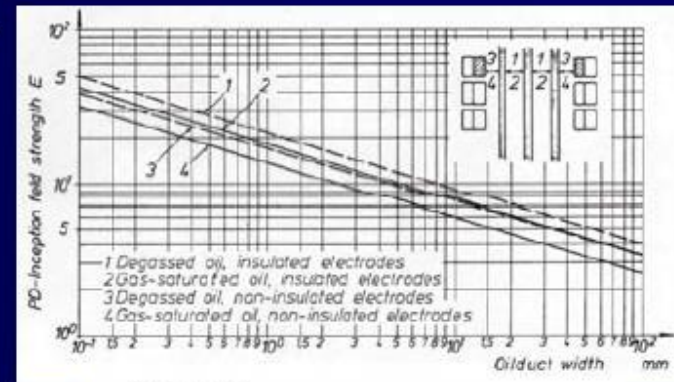


Oil or pressboard breakdown relative strength vs time - schematic

## Características de soporte dieléctrico de los materiales



Breakdown voltage of oil as a function of oil volume examined



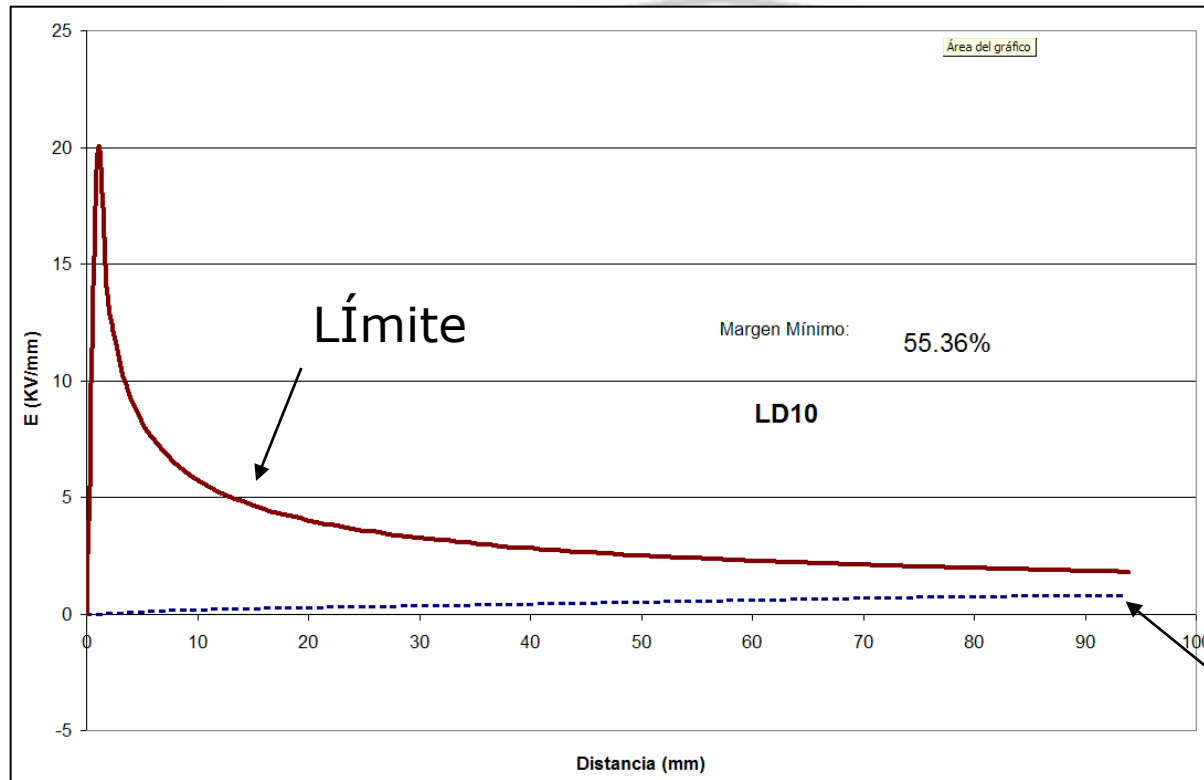
$$E_{pd,ac} \left( \frac{kV_{mm}}{mm} \right) = \frac{14.2}{d^{0.36}} \quad (\text{gas saturated oil, non insulated electrodes})$$

$$E_{pd,ac} \left( \frac{kV_{mm}}{mm} \right) = \frac{17.8}{d^{0.36}} \quad (\text{degassed oil, non insulated electrodes})$$

$$E_{pd,ac} \left( \frac{kV_{mm}}{mm} \right) = \frac{19.0}{d^{0.36}} \quad (\text{gas saturated oil, insulated electrodes})$$

$$E_{pd,ac} \left( \frac{kV_{mm}}{mm} \right) = \frac{21.2}{d^{0.36}} \quad (\text{degassed oil, insulated electrodes})$$

## CRITERIOS DE DISEÑO



Calculado



## TIPOS DE FALLAS EN TRANSFORMADORES

**FALLAS FRANCAS**  
**SOBRECARGAS**  
**CORTOCIRCUITOS**

**FALLAS INTERNAS**  
**ELECTRICAS**  
**ELECTRICAS**  
**INCIPIENTES**



- A) FASE A TIERRA , FASE A FASE , EN LOS DEVANDOS A.T. Y B.T.
- B) FALLA A TIERRA DEL DEVANADO TERCIARIO
- C) CORTO CIRCUITO ENTRE VUELTAS

### INCIPIENTES

- A) MALAS CONEXIONES
- B) FALLA DE ENFRIAMIENTO
- C) BAJO NIVEL DE ACEITE
- D) FALLA POR CORRIENTES CIRCULANTES



**EFFECTO DE LOS ESFUERZOS DIELECTRICOS EN EL SISTEMA**



**APERTURA DE INTERRUPTO**



## **OPERACION A 60 HZ**

**SOBRETENSIONES A 105% Y 110 %**

**CAUSAS DE FALLA:**

**Errores en el diseño o Fabricación.  
Descargas Parciales.  
Envejecimiento.**

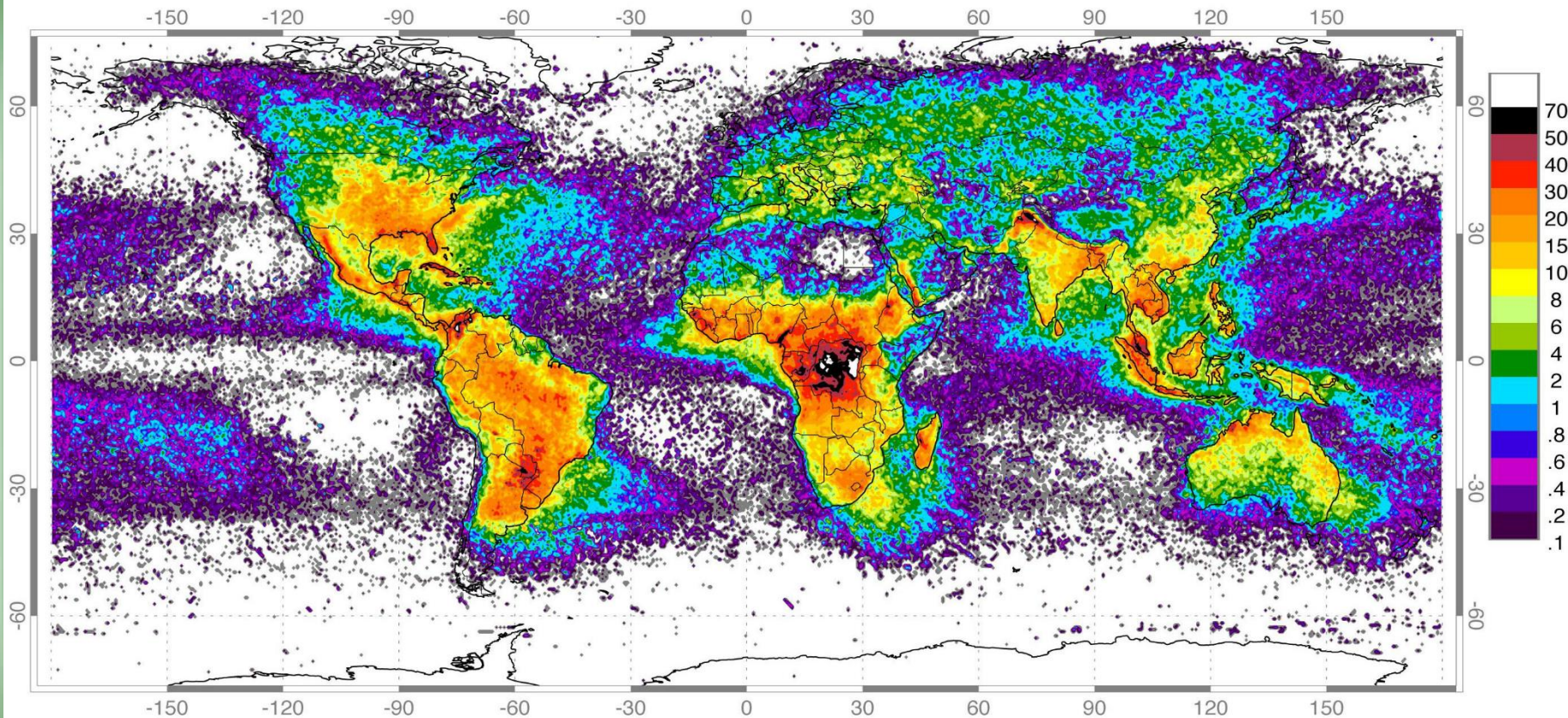
## **FRENTES DE ONDA**

**Esfuerzos Principales en :**

**Boquillas, Guías, Primeras Vueltas de los devanados**



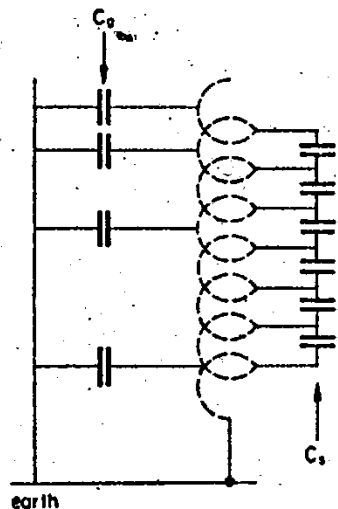
# DESCARGAS ATMOSFERICAS



## High Resolution Full Climatology Annual Flash Rate

Global distribution of lightning April 1995-February 2003 from the combined observations of the NASA OTD (4/95-3/00) and LIS (1/98-2/03) instruments





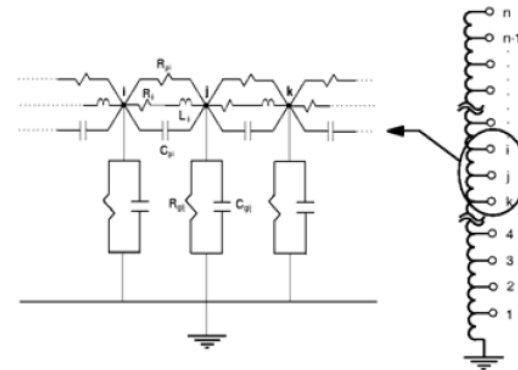
Equivalente del Devanado

DISTRIBUCION INICIAL

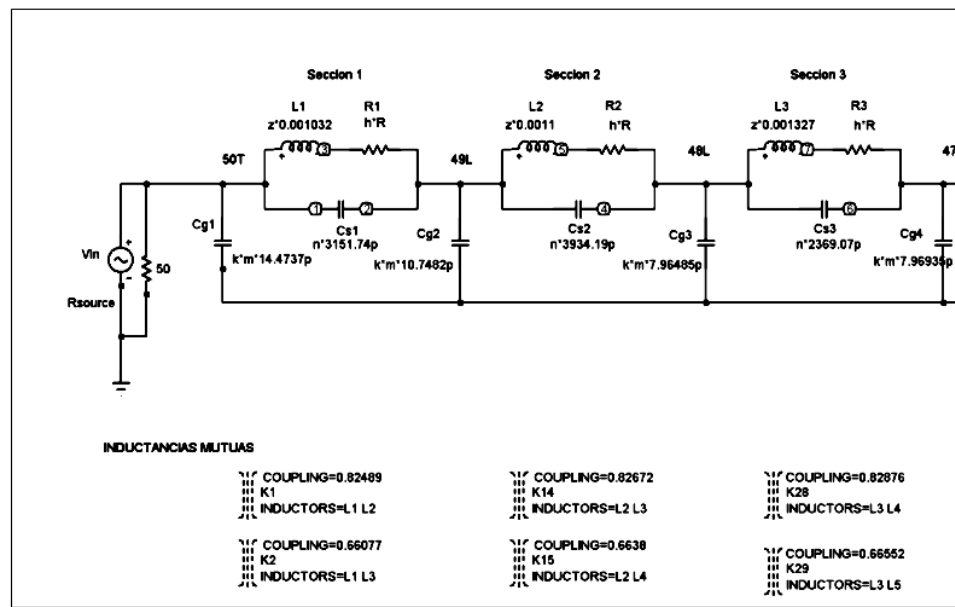
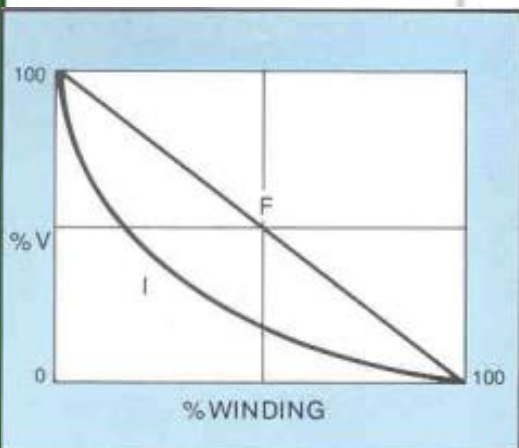
$$\alpha \approx \sqrt{|C_g| / C_s}$$

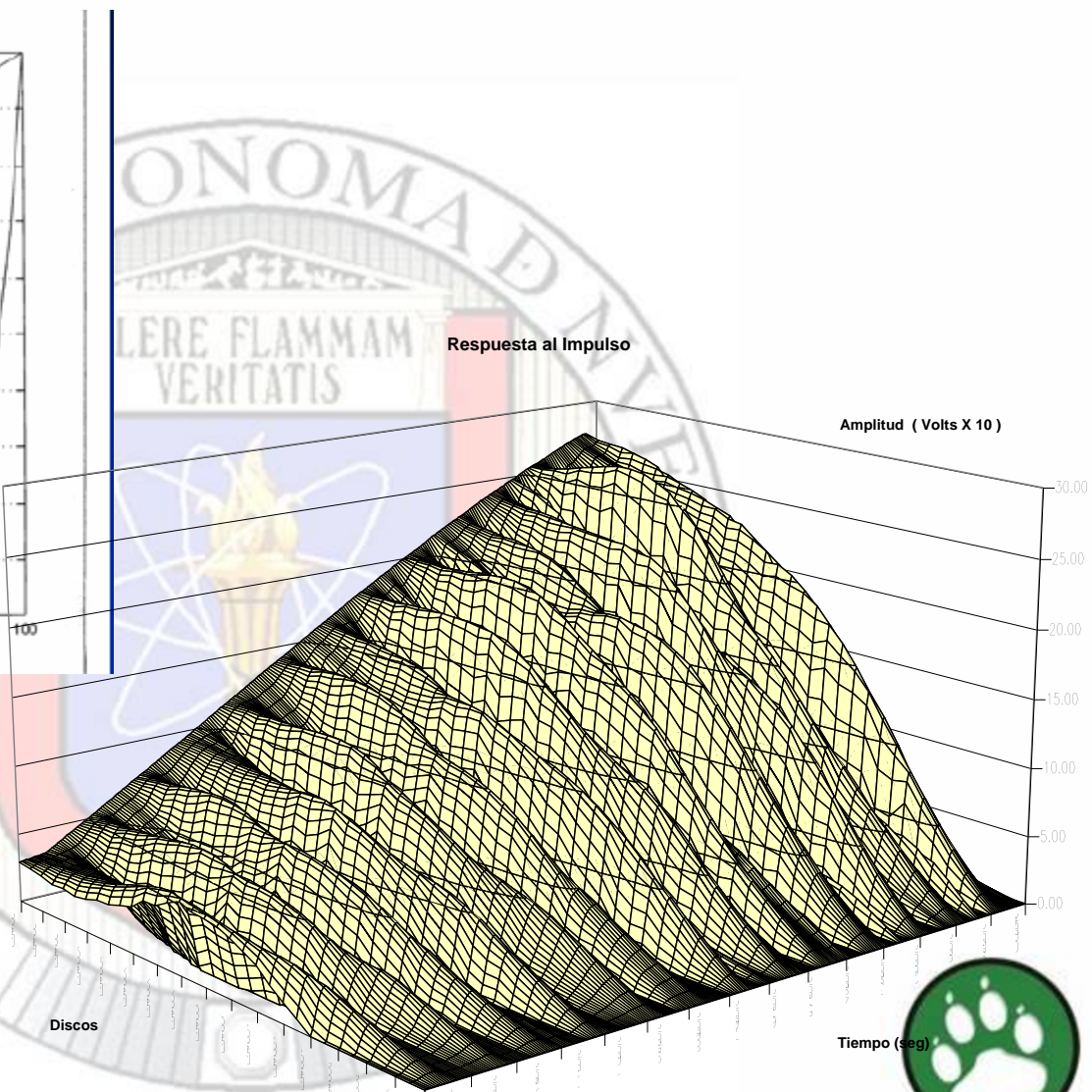
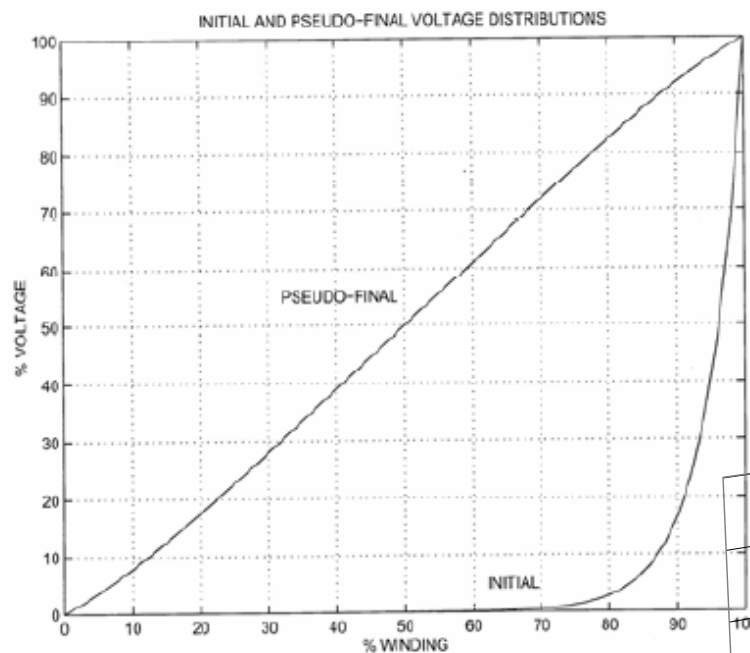
Cg = Capacitancia a tierra

Cs = Capacitancia Serie



Mutual Inductances should be considered, i.e.  $M_{ij}$  is between segments  $j$  and  $i$ .





## TÉCNICAS CON TRANSFORMADOR ENERGIZADO

<i>Prueba</i>	<i>Detecta</i>
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.

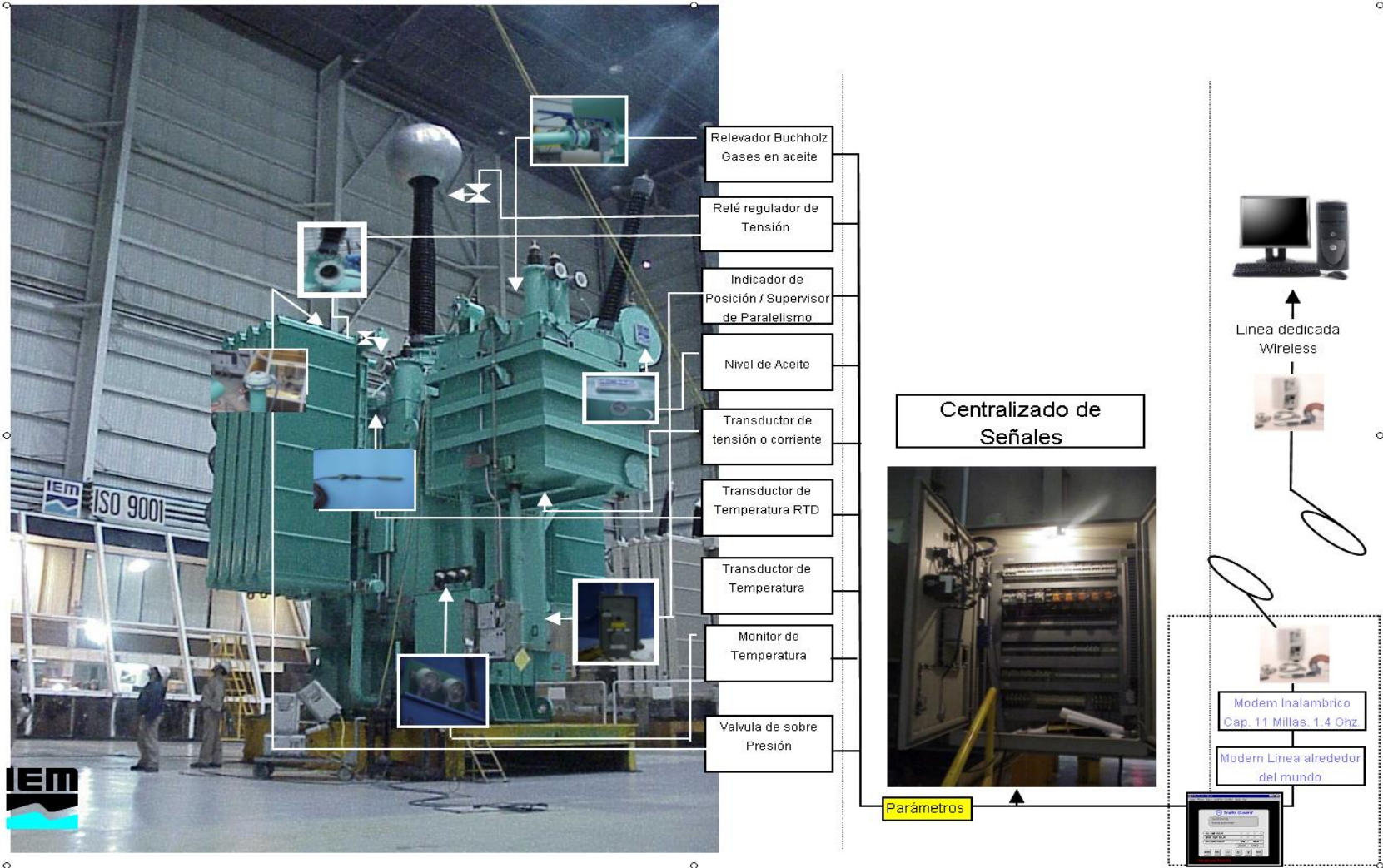


## TÉCNICAS CON EL TRANSFORMADOR DESENERGIZADO

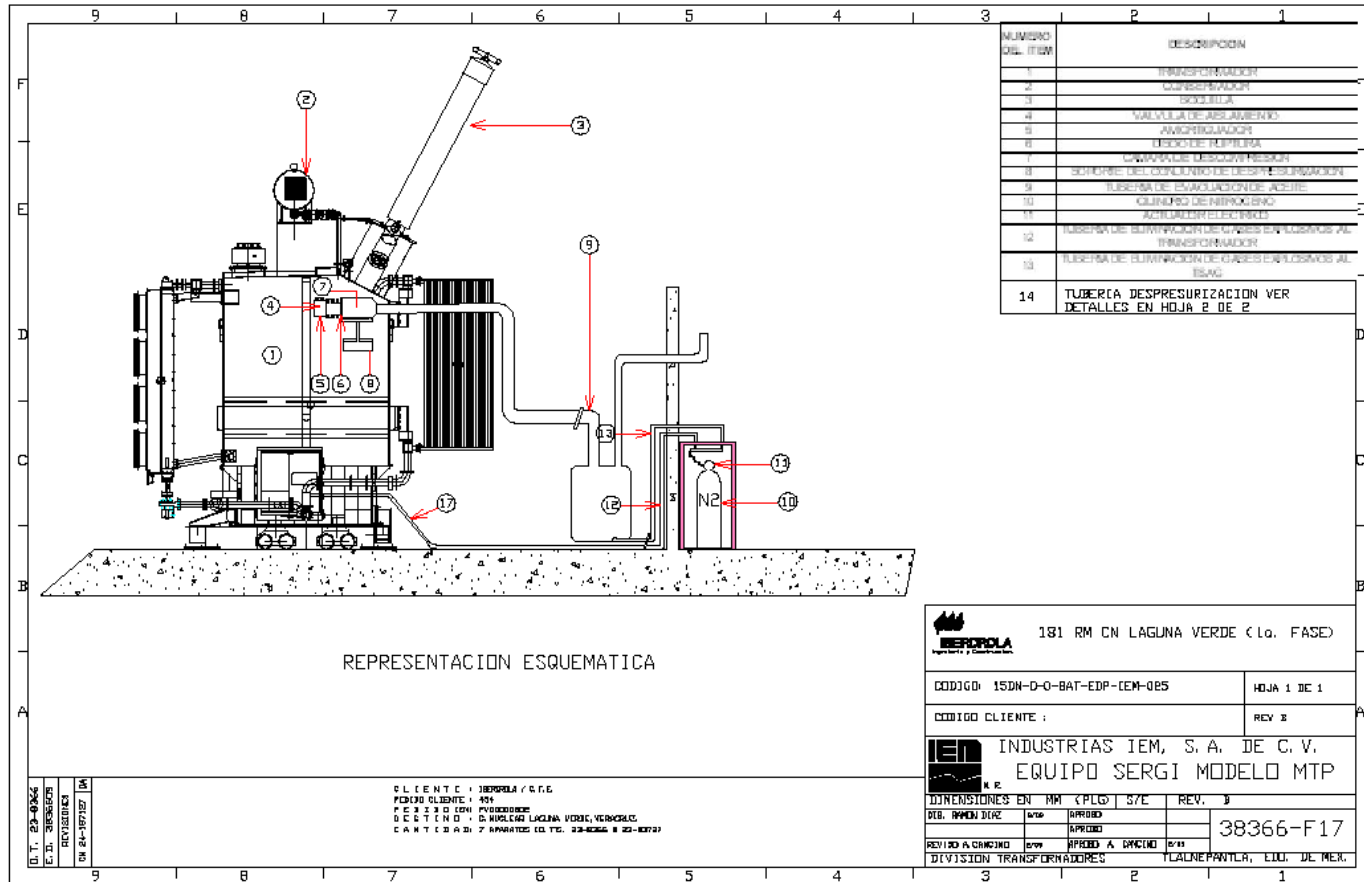
Pruebas de DOBLE (capacitancia de las boquillas, factor de potencia del aislamiento, corriente de excitación).	Pérdida de la integridad dieléctrica del aislamiento, pérdida la integridad dieléctrica de las boquillas, humedad en los devanados.
Relación de transformación	Devanados en corto circuito, corto 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



# EQUIPOS DE MONITOREO EN LÍNEA

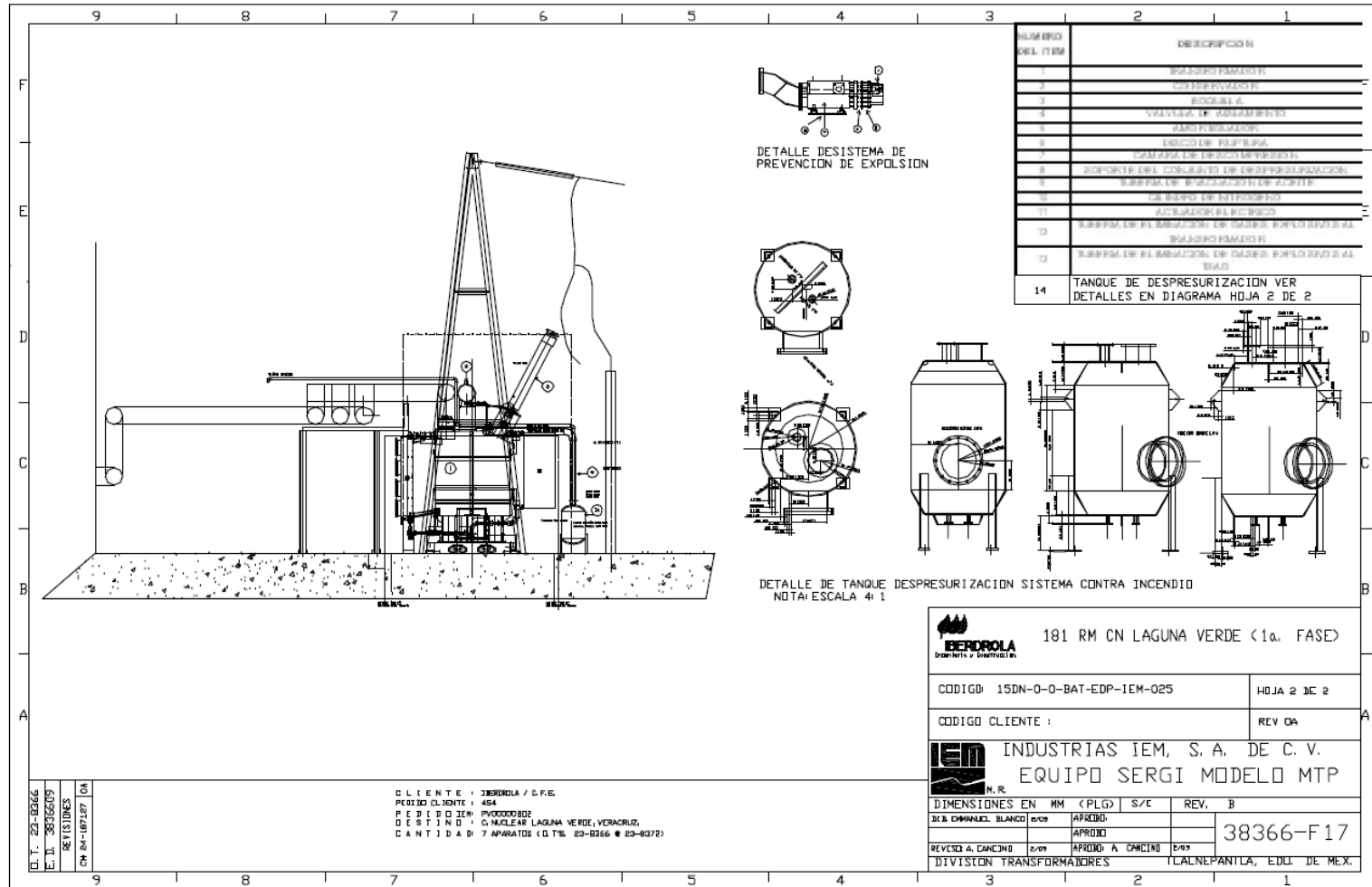


# SISTEMA DE PREVENCIÓN CONTRA EXPLOSIÓN E INCENDIO. SERGI



# OBED RENATO JIMENEZ MEZA

## ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS



El tipo STP no requiere un Soporte del Conjunto de Despresurización dado que la función de Despresurización la realiza el Tanque de Separación de Aceite-Gas.

Para el tipo MTP, el Conjunto de Despresurización se instala en la pared lateral del transformador. El soporte (ítem número 3 en la Figura 5) está atornillado a la Base Soporte (ítem número 1 en la Figura 5), el cual está soldado en fábrica al transformador por el fabricante de transformadores. El Soporte del Conjunto de Despresurización completo es ajustable en todas direcciones en un rango de +/- 20 mm.

El fabricante de transformadores suministra la Base Soporte (1). La Figura 4 muestra un Conjunto de Despresurización Horizontal.

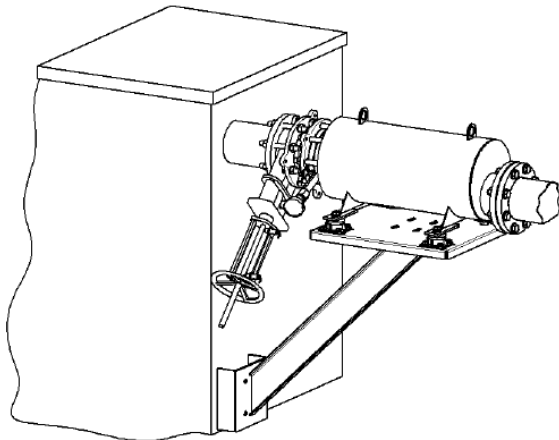


Figura 4: Conjunto de Despresurización para MTP

**ELEMENTOS DEL SISTEMA  
 SERGI**

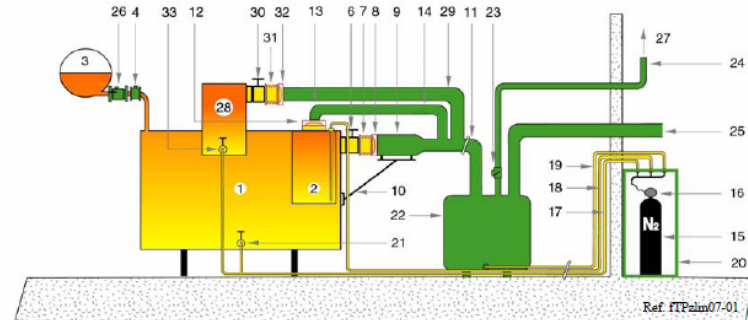


Figura 2: TRANSFORMER PROTECTOR, tipo MTPAB

Número de Ítem	Descripción	Número de Ítem	Descripción
1	Transformador	18	Tubería de Eliminación de Gases Explosivos al CDBC
2	Cambiador de Derivaciones Bajo Carga (CDBC)	19	Tubería de Eliminación de Gases Explosivos al TSAG
3	Conservador	20	Gabinete
4	Buchholz	21	Válvula(s) de Eliminación de Gases Explosivos en el Transformador
5	Boquilla	22	Tanque de separación Aceite-Gas (TSAG)
6	Válvula de Aislamiento	23	Válvula de Aislamiento de Aire
7	Amortiguador	24	Tubería de Evacuación de Gases Explosivos
8	Disco de Ruptura	25	Tubería de Drenado de Aceite de otros Transformadores
9	Cámara de Descompresión	26	Válvula de Cierre del Conservador
10	Soporte del Conjunto de Despresurización	27	Gases Explosivos se queman en un área segura
11	Tubería de Drenado de Aceite	28	Caja de Aceite de Boquillas
12	Disco de Ruptura del CDBC	29	Tubería de Drenado de Aceite de la Caja de Aceite de Boquillas
13	Cámara de Descompresión del CDBC	30	Válvula de Aislamiento de la Caja de Aceite de Boquillas
14	Tubería de Drenado de Aceite del CDBC	31	Absorbedor
15	Cilindro de Nitrógeno	32	Disco de Ruptura de la Caja de Aceite de Boquillas
16	Actuador Eléctrico	33	Válvula(s) de Eliminación de Gases Explosivos en la Caja de Aceite de Boquillas
17	Tubería de Eliminación de Gases Explosivos al Transformador		

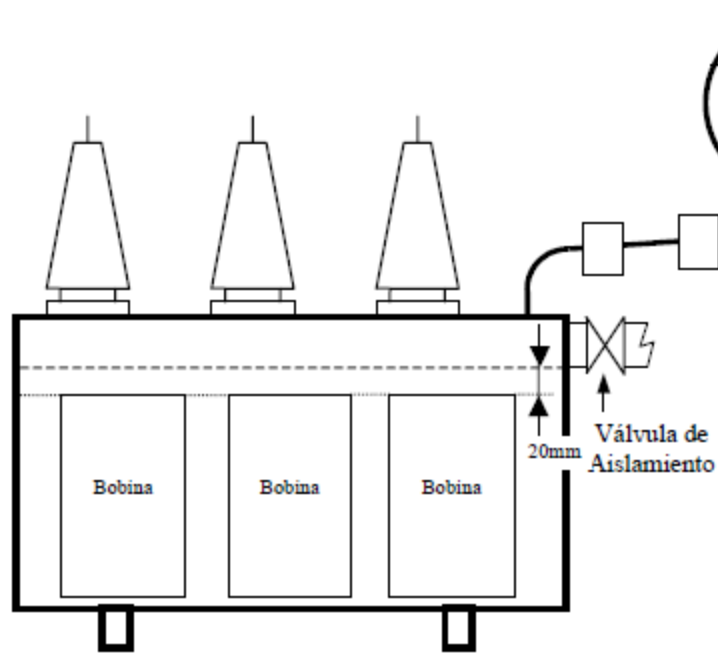
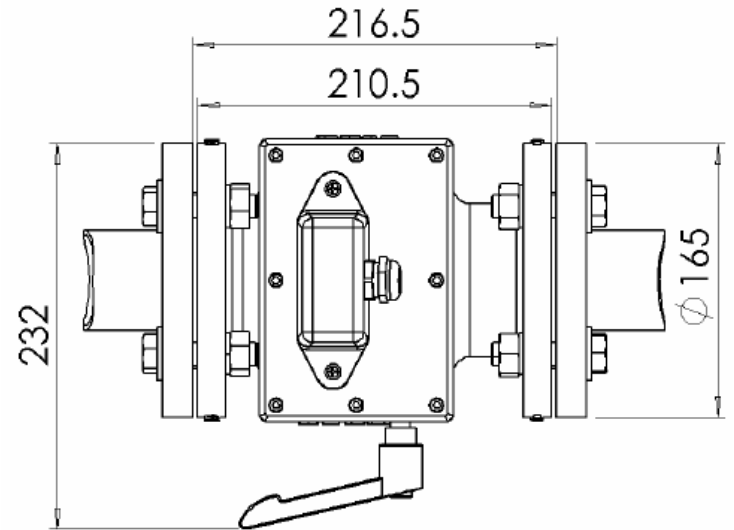


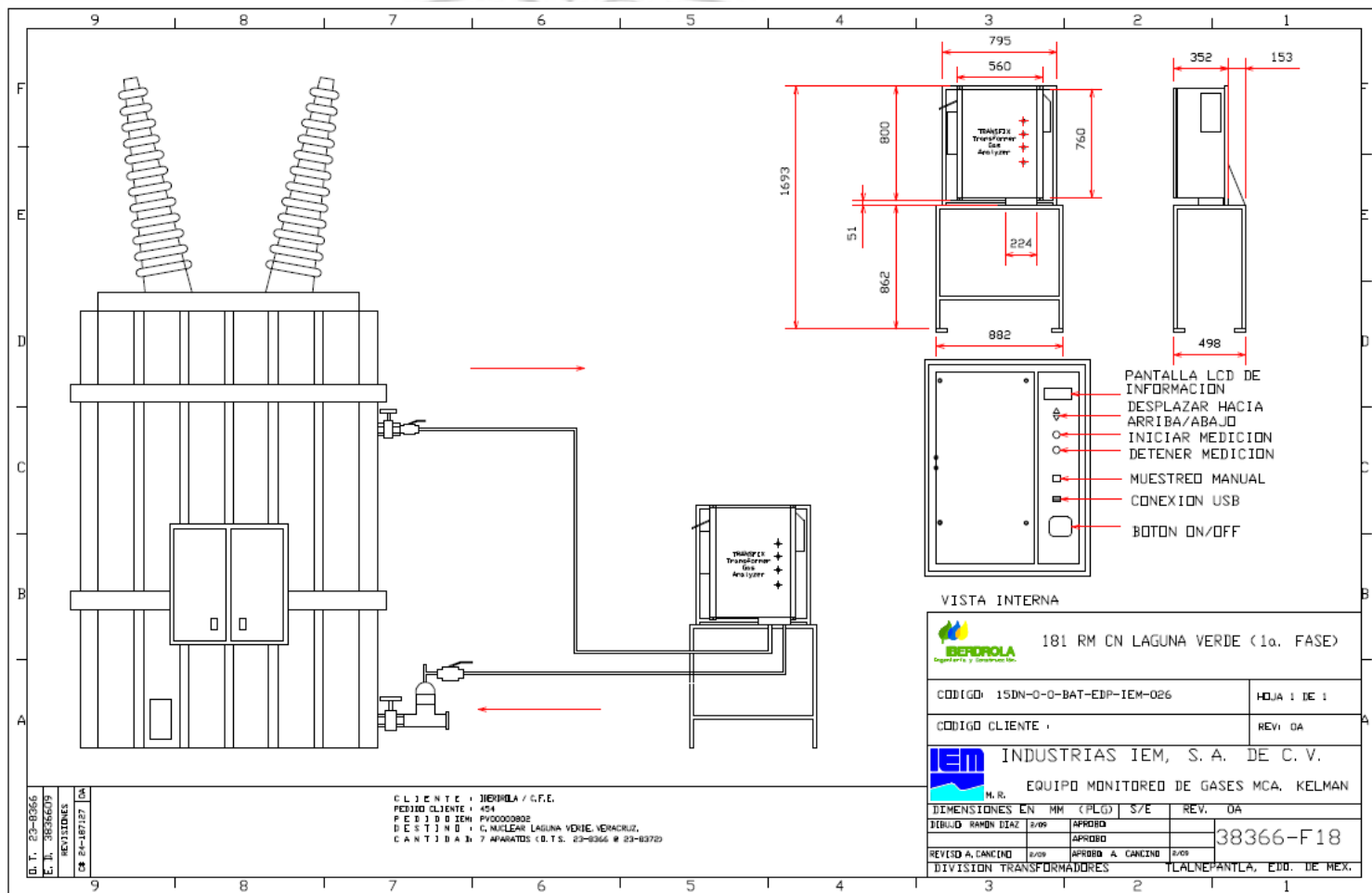
Figura 11: Posición de la Válvula de Aislamiento

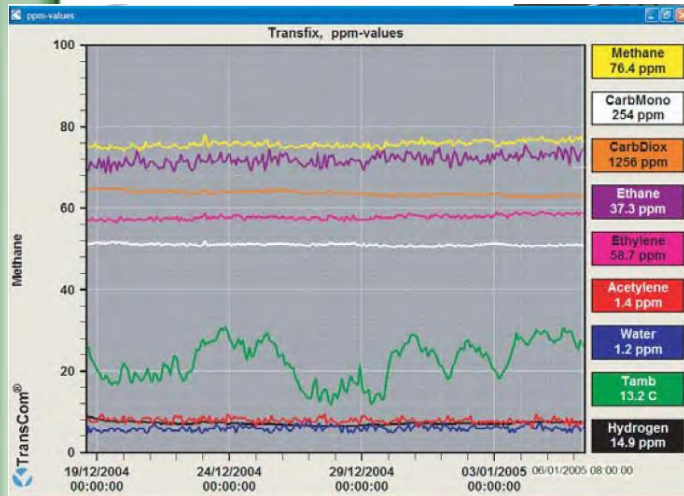


a 18: Válvula de Cierre del Conservador SERGI TL24 Vista Superior



**SISTEMA DE MONITOREO DE GASES Y HUMEDAD EN EL ACEITE.**





**PARAMETRO VALOR**

GAS	RANGO DE MEDICION (ppm)
HIDROGENO (H2)	5 - 5,000
METANO (CH4)	1 - 50,000
ETANO (C2H6)	2 - 50,000
ETILENO (C2H4)	1 - 50,000
ACETILENO (C2H2)	1 - 50,000
MONOXIDO DE CARBONO (CO)	1 - 50,000
DIOXIDO DE CARBONO (CO2)	10 - 50,000
OXIGENO (O2)	100 - 50,000

EXACTITUD  $\pm 5\%$  o  $\pm$  el límite de detección mas bajo  
 AGUA 0 – 100% SR (dada a 25°C, o a la temperatura del aceite, o ppm)

**AMBIENTE**

- RANGO DE TEMP. EXTERNA -40 to 55°C
- RANGO DE TEMP. DEL ACEITE -40 to 120°C
- HUMEDAD DE OPERACION 10 – 95% sin condensación
- PESO 80 Kg (170 lbs)
- CONSUMO DE POTENCIA 90 -250 V C.A.; 47-63 Hz; 150 W;
- 8 A max, Relevadores de Alarma: NA y NC, 5 A 250 V C.A., 5 A 30 V C.D.
- INTERVALO DE MEDICION Variable – 1 vez por hora a 1 vez por día

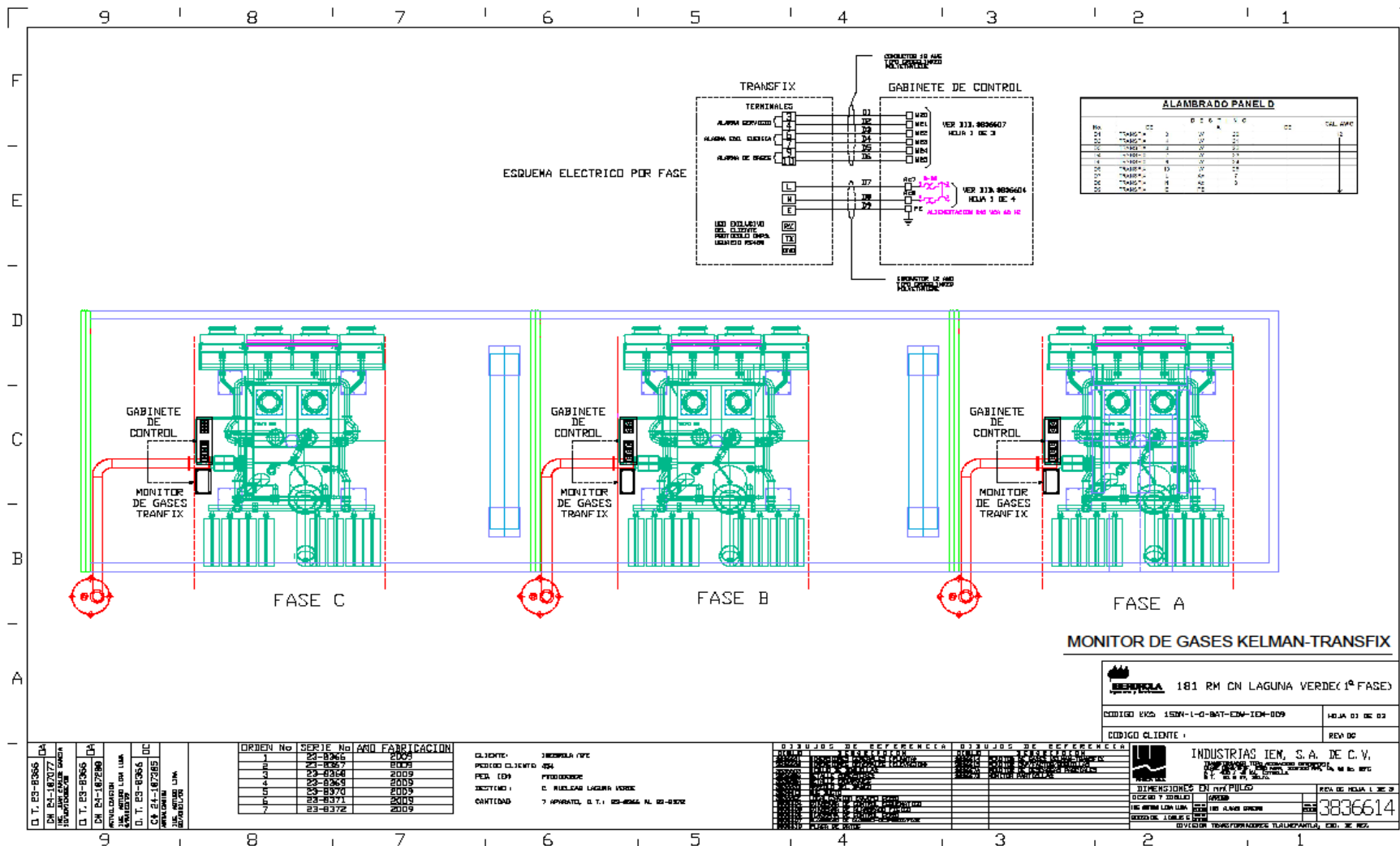


Fig 1 - Interior de la unidad TRANSFIX.



# OBED RENATO JIMENEZ MEZA

## ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS





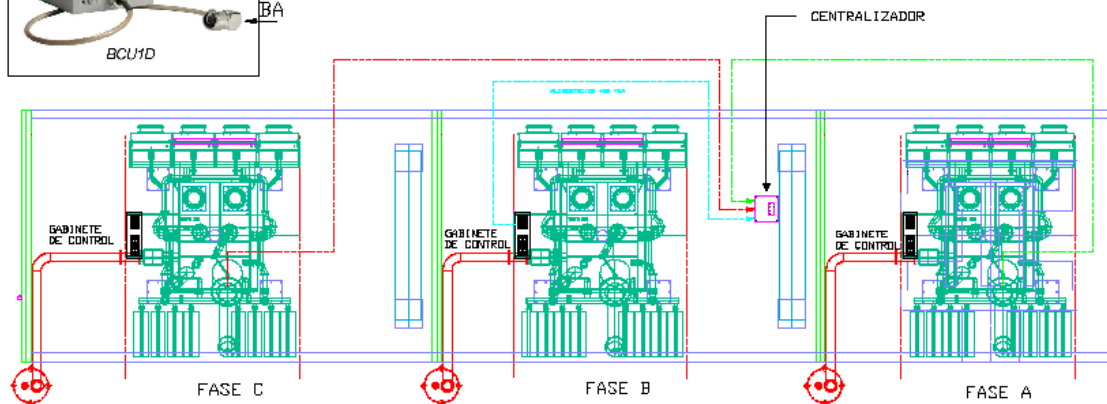
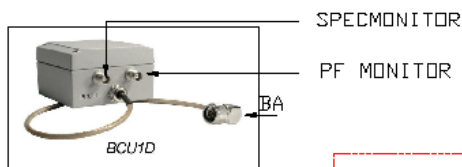
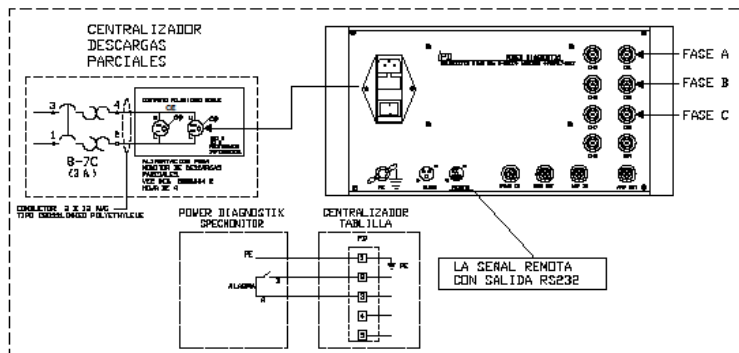
# OBED RENATO JIMENEZ MEZA

## ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS

9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1



EN LA BOQUILLA OBSERVADA PRESENTA EL BCU1D ESTE ADAPTADOR SALE UN CONDUCTOR COAXIAL HACIA EL EQUIPO SPEC MONITOR



MONITOR DE DESCARGAS PARCIALES

Q. T. ES-8066	DA
Q. T. ES-8067	DA
Q. T. ES-8068	DA
Q. T. ES-8069	DA
Q. T. ES-8070	DA
Q. T. ES-8071	DA
Q. T. ES-8072	DA
Q. T. ES-8073	DA
Q. T. ES-8074	DA
Q. T. ES-8075	DA

ORDEN No	SERIE No	AÑO FABRICACION
23-8366	2009	
23-8367	2009	
23-8368	2009	
23-8369	2009	
23-8370	2009	
23-8371	2009	
23-8372	2009	

CLIENTE: DEBBELA AFE  
 PERIOD CLIENTE: 454  
 REG. IEM: PNO0000002  
 DESTINO: C. ARELIZAR LAGUNA VERDE  
 CANTIDAD: 7 APARATOS, Q. T.: 23-8366 AL 23-8372

SEÑALES DE REFERENCIA	SEÑALES DE REFERENCIA
SEÑAL 1	SEÑAL 1
SEÑAL 2	SEÑAL 2
SEÑAL 3	SEÑAL 3
SEÑAL 4	SEÑAL 4
SEÑAL 5	SEÑAL 5
SEÑAL 6	SEÑAL 6
SEÑAL 7	SEÑAL 7
SEÑAL 8	SEÑAL 8
SEÑAL 9	SEÑAL 9
SEÑAL 10	SEÑAL 10
SEÑAL 11	SEÑAL 11
SEÑAL 12	SEÑAL 12
SEÑAL 13	SEÑAL 13
SEÑAL 14	SEÑAL 14
SEÑAL 15	SEÑAL 15
SEÑAL 16	SEÑAL 16
SEÑAL 17	SEÑAL 17
SEÑAL 18	SEÑAL 18
SEÑAL 19	SEÑAL 19
SEÑAL 20	SEÑAL 20

**DEBBELA** 183 RM CN LAGUNA VERDE (1ª FASE)

CODIGO EXD: 1504-1-0-047-EDM-104-007 HOLA 03 DE 03

CODIGO CLIENTE: REV 00

**INDUSTRIAS IEM, S.A. DE C.V.**  
TRANSFORMADORES, EQUIPOS DE ALTA TENSION, EQUIPOS DE BAJA TENSION, EQUIPOS DE MEDICION Y CONTROL, EQUIPOS DE MONITORIA Y PROTECCION

DIMENSIONES EN MM (PULGOS) PUNTO DE HOJA: 1 DE 1

DESBRO Y BORNILLOS: 383667A

DEBRO EN UN LUGAR: DEBRO EN ALGUN OBRON

REVISOR: JIMENEZ MEZA DISEÑADOR: TRANSFORMADORES Y ALTA TENSION



## **SISTEMA DE MONITOREO DE TEMPERATURAS.**



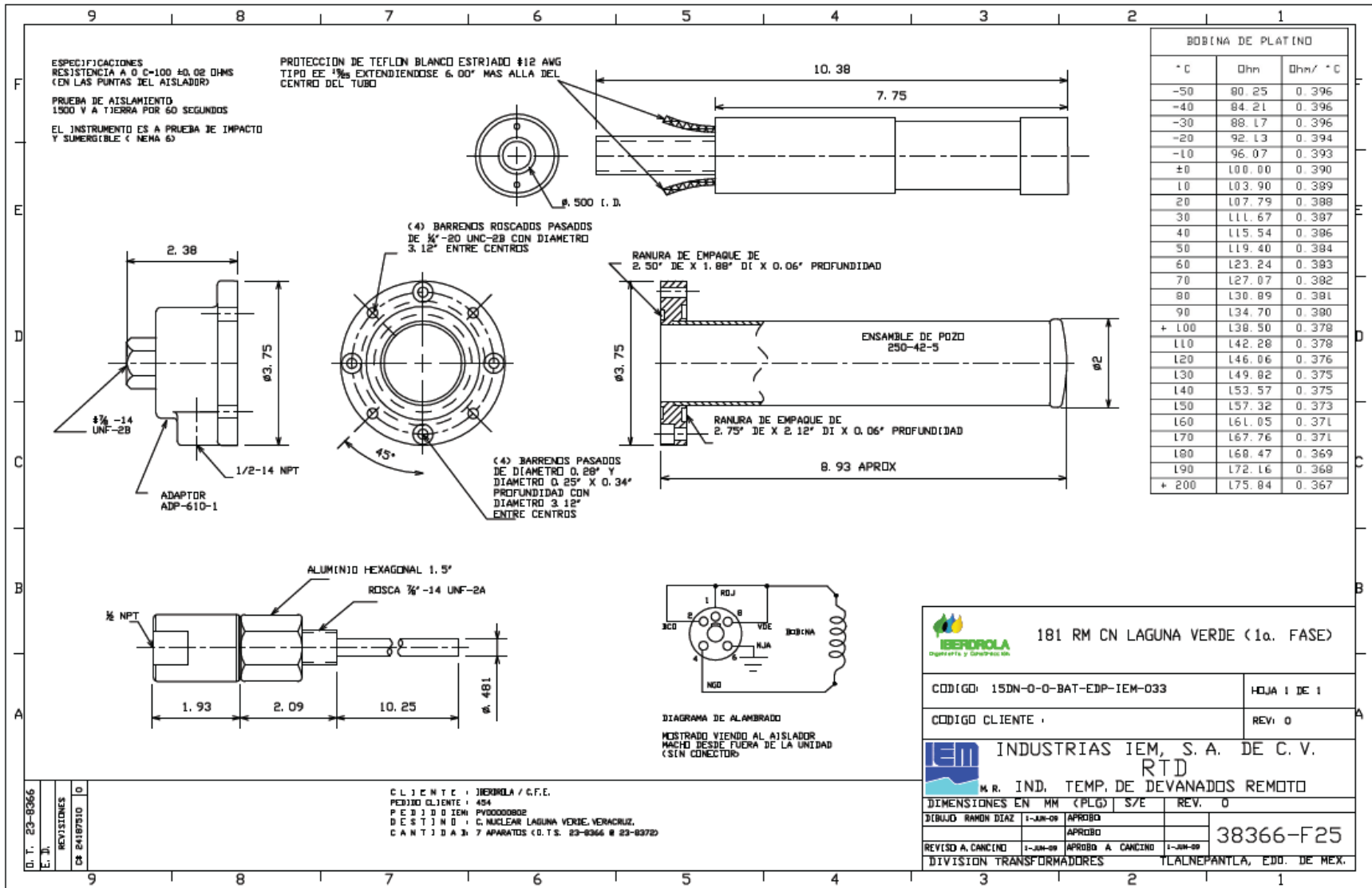
### **TERMOMETROS CON SALIDA SCADA**

- **TEMPERATURA DE LIQUIDO Y DEVANADOS**
- **INDICACIÓN LOCAL Y SALIDA SCADA 4-20 mA**
- **CONTACTOS DE ALARMA Y DISPARO.**



# OBED RENATO JIMENEZ MEZA

## ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS



01.T. 23-8366  
E.I.  
REVISIONES  
DE 24187310 0

CLIENTE: IBEROLA / C.F.E.  
PEDIDO CLIENTE: 454  
PROYECTO IEM: PV0000808  
DESTINO: C. NUCLEAR LAGUNA VERDE, VERACRUZ.  
CANTIDAD: 7 APARATOS (O.T.S. 23-8366 B 23-8372)

**IBEROLA**  
Ingeniería y Construcción

181 RM CN LAGUNA VERDE (1a. FASE)

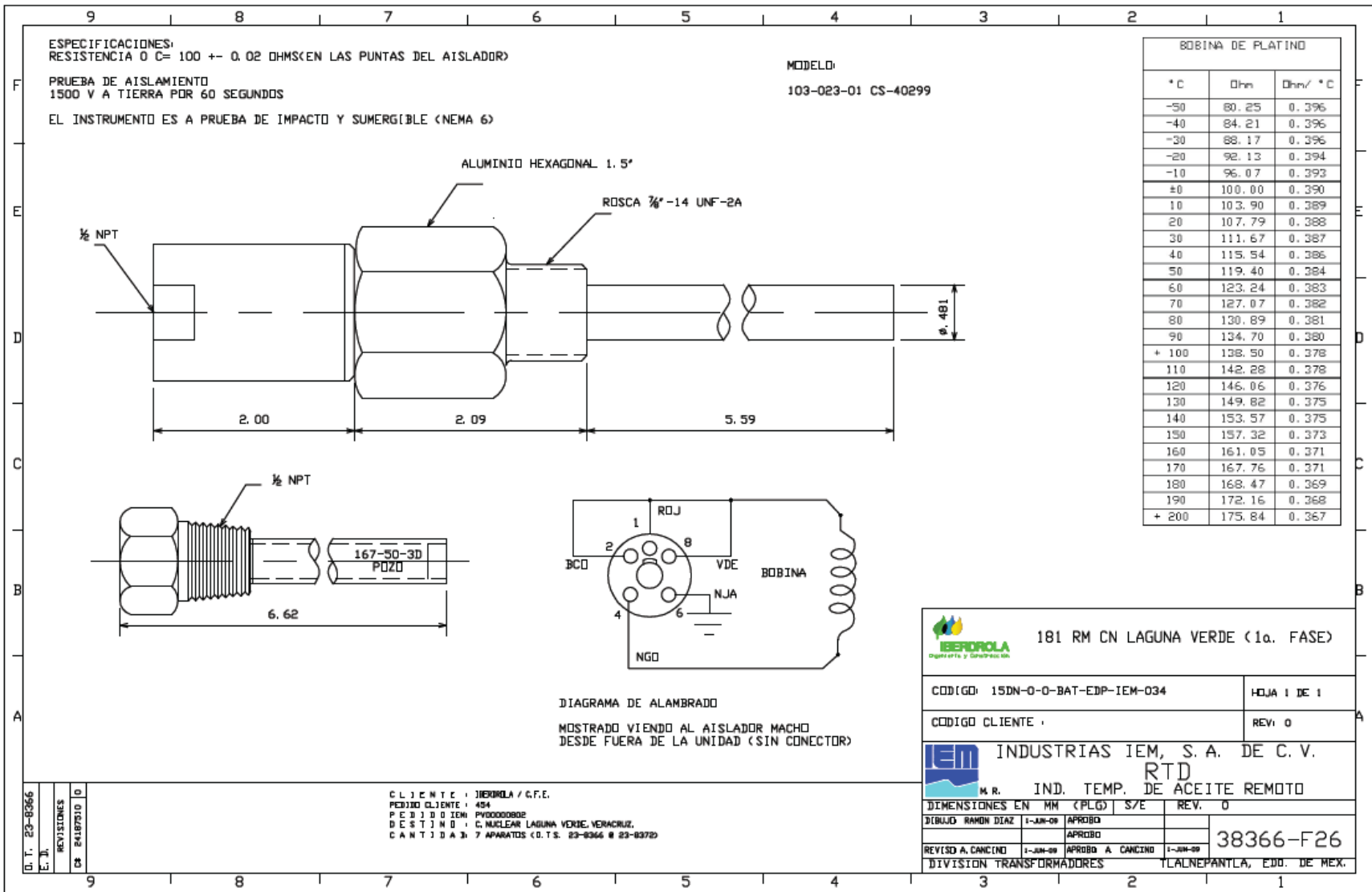
CODIGO: 15DN-0-0-BAT-EDP-IEM-033	HOJA 1 DE 1
CODIGO CLIENTE:	REVISION


**IEM** INDUSTRIAS IEM, S. A. DE C. V.  
RTD  
M.R. IND. TEMP. DE DEVANADOS REMOTO

DIMENSIONES EN MM (PLG) S/E REV. 0	
DIBUJ RAMON DIAZ 1-JUN-09 APROBADO	<b>38366-F25</b>
REVISO A. CANCINO 1-JUN-09 APROBADO A. CANCINO 1-JUN-09	
DIVISION TRANSFORMADORES TLALNEPANTLA, EDD. DE MEX.	

# OBED RENATO JIMENEZ MEZA

## ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS




181 RM CN LAGUNA VERDE (1a. FASE)

CODIGO: 15DN-0-0-BAT-EDP-IEM-034	HOJA 1 DE 1
CODIGO CLIENTE:	REV: 0
<b>IEM</b> INDUSTRIAS IEM, S.A. DE C.V. M.R. IND. TEMP. DE ACEITE REMOTO RTD	
DIMENSIONES EN MM (PLG) S/E REV. 0	
DIBUJ: RAMON DIAZ 1-JUN-09 APROBO:	38366-F26
REVISO A CARGO: 1-JUN-09 APROBO A CARGO: 1-JUN-09	CALNEPANTLA, EDD. DE MEX.
DIVISION TRANSFORMADORES	

# Sistema de Monitoreo de Partículas en el Aceite. Hiac

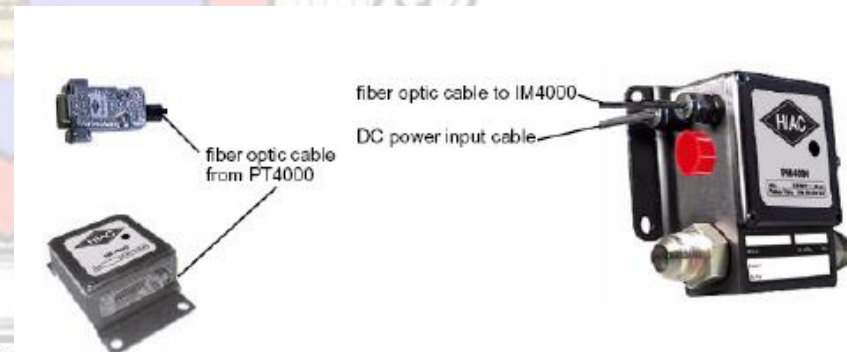
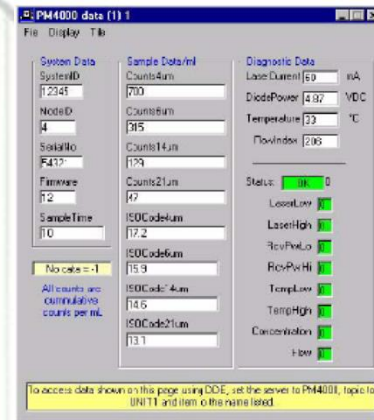
**El monitor de partículas** en línea está diseñado para monitorear el nivel de contaminación del aceite. Proporciona indicación de la acumulación de partículas  $>4 \mu\text{m}$ ,  $>6 \mu\text{m}$  y  $>14 \mu\text{m}$ , aplicables a las requerimientos para contadores de partículas ópticas, de acuerdo a las normas ISO 4406, ISO 11943, and ISO 11171. También incluye un canal para medición de partículas  $>21 \mu\text{m}$

El sistema se compone de dos elementos:

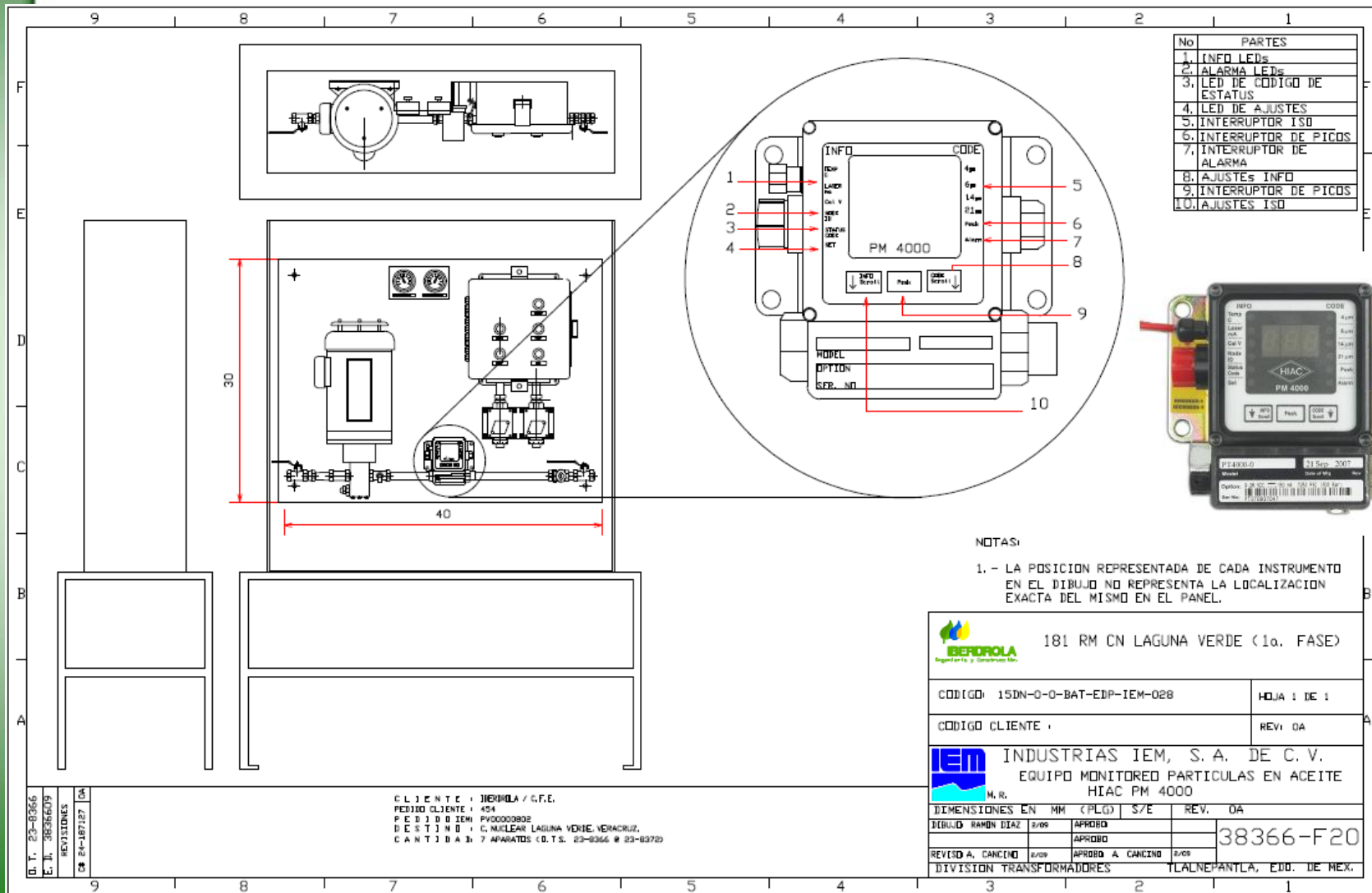
- Transductor de partículas (PT4000)
- Modulo de interfase (IM4000)

El primero incluye el dispositivo transductor y la electrónica para detectar el nivel de contaminación. El sensor (basado en tecnología láser) utiliza el principio de bloqueo de luz para detección de partículas: los objetos que pasan frente a la celda bloquean cierta cantidad de luz proporcional a su tamaño. Los datos de la concentración de las partículas son enviados a la siguiente etapa (IM4000) vía fibra óptica.

El IM4000 convierte la información recibida y la muestra en el software de manera amigable.





**OBED RENATO JIMENEZ MEZA**  
**ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS**



No	PARTES
1	INFO LEDs
2	ALARMA LEDs
3	LED DE CODIGO DE ESTATUS
4	LED DE AJUSTES
5	INTERRUPTOR ISO
6	INTERRUPTOR DE PICOS
7	INTERRUPTOR DE ALARMA
8	AJUSTES INFO
9	INTERRUPTOR DE PICOS
10	AJUSTES ISO

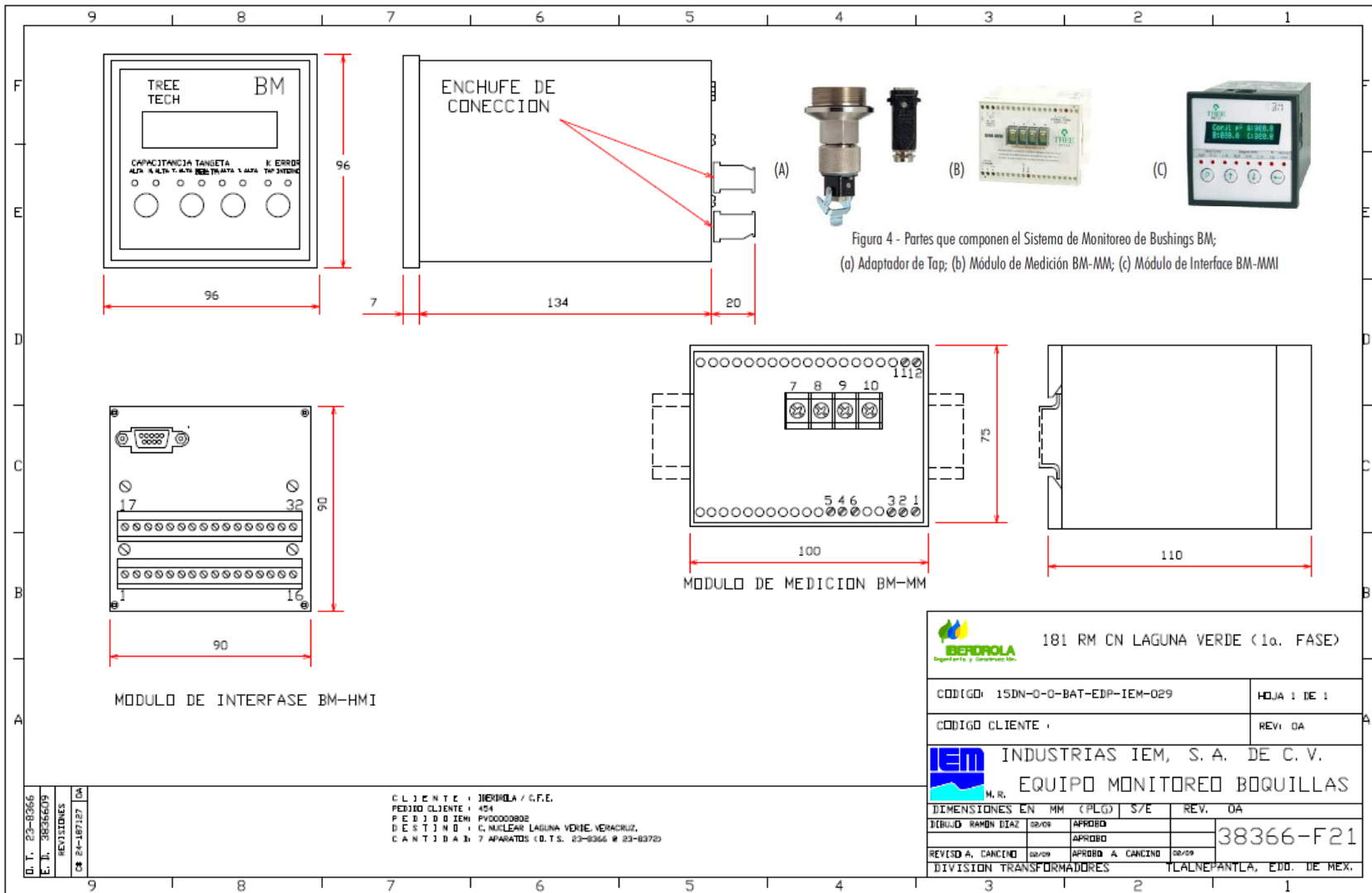
NOTAS:  
 1. - LA POSICION REPRESENTADA DE CADA INSTRUMENTO EN EL DIBUJO NO REPRESENTA LA LOCALIZACION EXACTA DEL MISMO EN EL PANEL.



 181 RM CN LAGUNA VERDE (1a. FASE)	
CODIGO: 15DN-0-0-BAT-EDP-IEM-028	HOJA 1 DE 1
CODIGO CLIENTE :	REVISOR
 INDUSTRIAS IEM, S. A. DE C. V. EQUIPO MONITOREO PARTICULAS EN ACEITE HIAC PM 4000	
DIMENSIONES EN MM (PLG) S/E	REV. 0A
DIBUJO RAMON DIAZ 2/09	APROBADO
REVISOR A. CANCINO 2/09	APROBADO A. CANCINO 2/09
38366-F20	
DIVISION TRANSFORMADORES TLANTEPEPANTLA, EDO. DE MEX.	

CLIENTE : IEROLA / C.F.E.  
 FECHADO CLIENTE : 4/04  
 FECHADO IEM: PV0000802  
 DESTINADO : C, NUCLEAR LAGUNA VERDE, VERACRUZ,  
 CANTIDAD : 7 APARATOS (D.T.S. 23-8366 R 23-8372)

D.T. 23-8366  
 E.H. 38366/09  
 REVISIONES  
 24-187127 DA

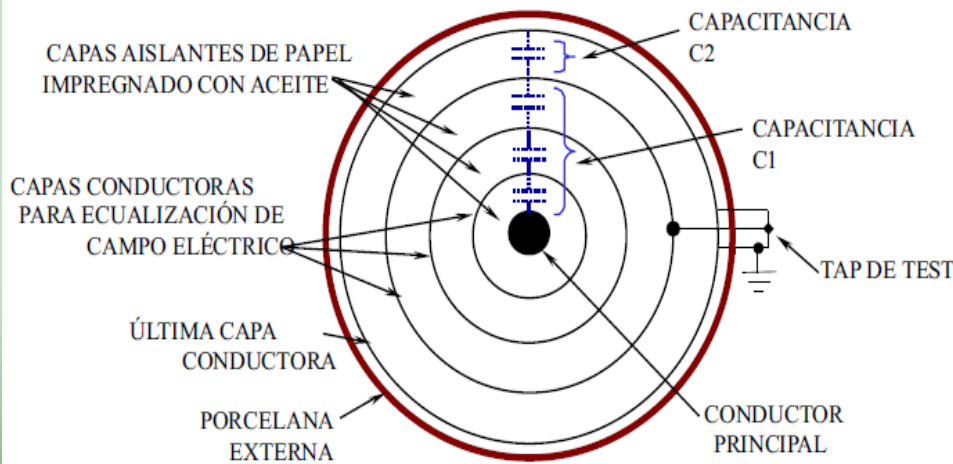
# SISTEMA DE MONITOREO DE BOQUILLAS DE AT. TREETECH



 181 RM CN LAGUNA VERDE (1a. FASE)	
CODIGO: 15DN-0-0-BAT-EDP-IEM-029	HOJA: 1 DE 1
CODIGO CLIENTE:	REVI: DA
 INDUSTRIAS IEM, S. A. DE C. V. EQUIPO MONITOREO BOQUILLAS	
DIMENSIONES EN MM (PLG) S/E REV. DA DIBUJO RAMÓN DÍAZ 02/09 APROBADO APROBADO REVISÓ A. CANCINO 02/09 APROBÓ A. CANCINO 02/09 DIVISION TRANSFORMADORES TLALNEPANTLA, EDO. DE MEX.	
38366-F21	

D. T. 23-0366 E. L. 38366/09 REVISIONES 23-0366-01	CLIENTE: BEROPOLA / C.F.E. PEDIDO CLIENTE: 454 PROYECTO: PY00009802 DISEÑO: C. MACLEAR LAGUNA VERDE, VERACRUZ. CANTIDAD: 7 APARATOS (C.T.S. 23-0366 & 23-0372)
---	--

La forma constructiva de los bushings da origen a una capacitancia entre el conductor principal del bushing y tierra, como lo ilustra la figura 1. Una vez energizado el bushing, ésta capacitancia permite el paso de una corriente de fuga hacia tierra, adelantada en  $90^\circ$  con respecto a la tensión, como muestra la figura 2. Debido a las pérdidas presentes en el dieléctrico, esta corriente de fuga posee también una componente resistiva, en fase con la tensión.



VISTA SUPERIOR

Figura 1 - Forma constructiva de un bushing

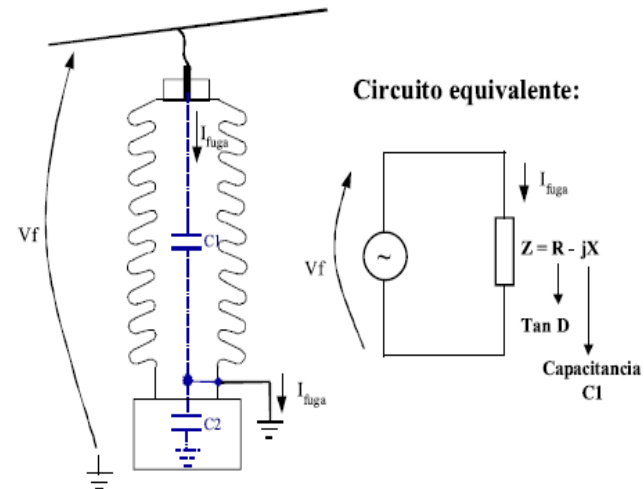


Figura 2 - Circuito equivalente de un bushing energizado

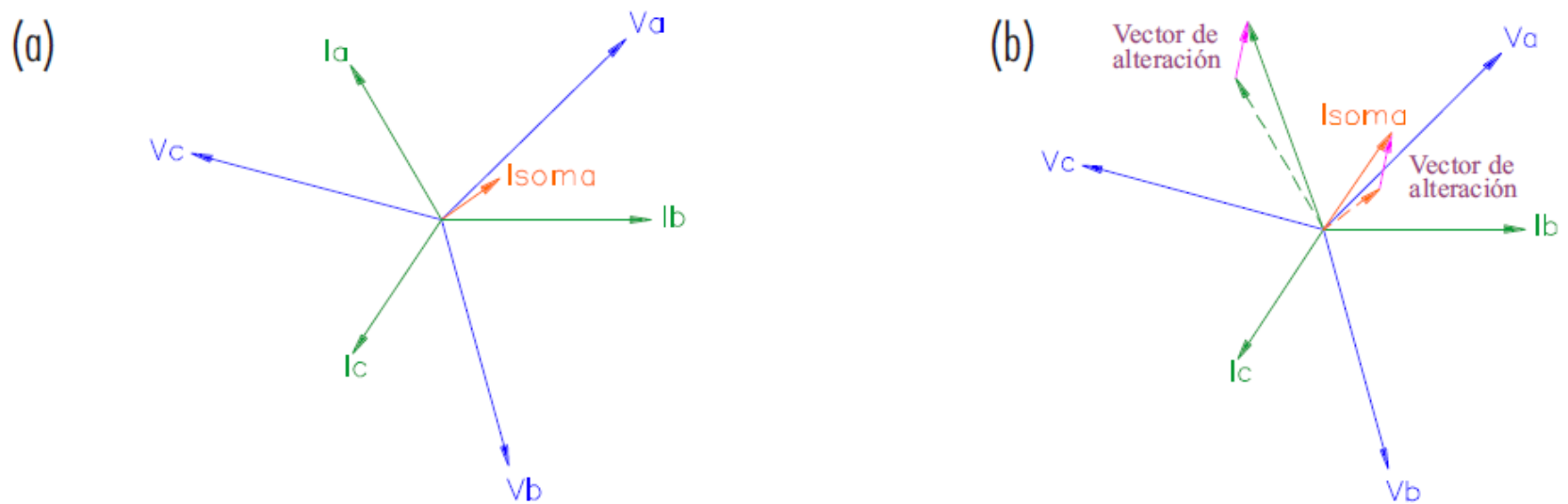


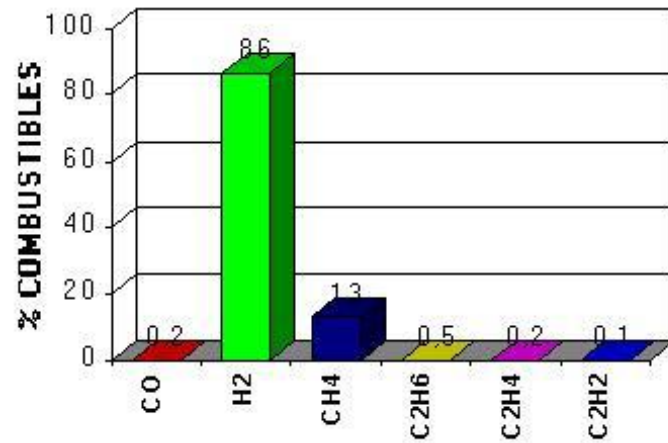
Figura 3 - Corrientes de fuga de tres bushings en un sistema trifásico y su suma;  
(a) Para una condición inicial dada;  
(b) Con alteración en la capacitancia y factor de disipación del bushing de la fase A

## ANÁLISIS DE GASES DISUELTOS (AGD)

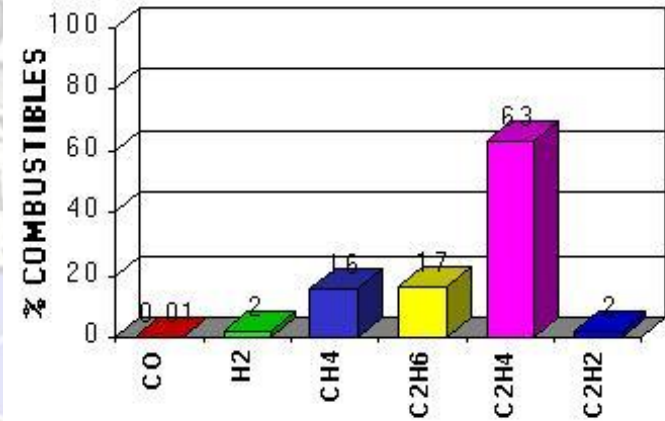
- **AGD (DGA)** es el método más efectivo y popular para diagnosticar el aislamiento del transformador y evaluar sus condiciones. El procedimiento de tomar muestras de aceite y enviarlas al laboratorio requiere contenedores especiales (jeringas) para prevenir un escape de gases altamente volátiles como Hidrógeno .
- La interpretación del contenido de los gases medidos es más bien compleja y funciona mejor cuando resultados recientes son comparados a lecturas previas. Se han propuesto diferentes métodos de interpretación (e.g. Rogers, Duval) y algunos de ellos están estandarizados (IEC, IEEE)
- Sin embargo , se cree que un solo código no debe ser aplicado para todos los tipos y marcas de transformadores, sino basado en la experiencia, códigos especializados deben ser desarrollados para transformadores de maquina, red, transformadores de distribución e industrial. Estos códigos pueden también diferir para diferentes fabricantes.



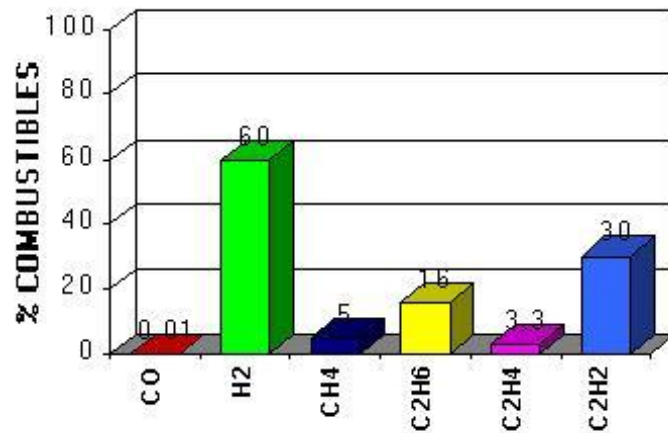
DESCARGA PARCIAL



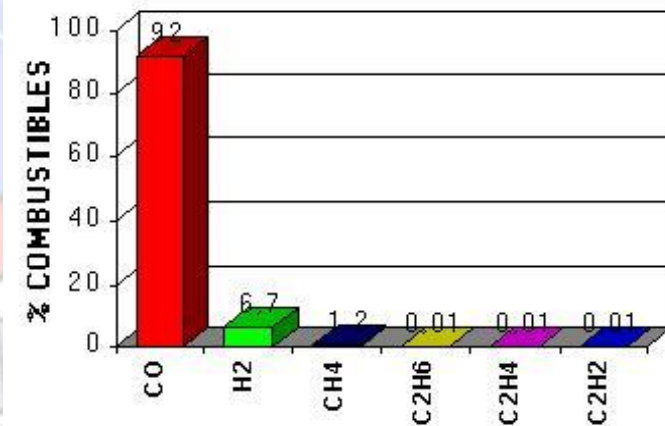
PUNTO CALIENTE



ARQUEO



PIRÓLISIS DE CELULOSA



**OBED RENATO JIMENEZ MEZA**  
**ESTA INFORMACION ES SOLO CON FINES EDUCATIVOS**

<b>Gases Clave</b>	<b>Fallas Posibles</b>	<b>Hallazgos Probables</b>
H <sub>2</sub> , rastros posibles de CH <sub>4</sub> y C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> . Posible CO	Descargas Parciales (corona)	Aislamiento Debilitado por envejecimiento y esfuerzo dieléctrico
H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , ( CO si las descargas involucran papel aislante) Posibles rastros cantidad de C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Descargas de baja energía (sparking) (Pueden ser descargas estáticas)	Perforación en papel aislante con carbón y rastros de carbón. Posibles partículas de carbón en aceite. Aterrizamiento deficiente de objetos metálicos.
H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , y los gases clave para arqueado C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> estará presente eventualmente en grandes cantidades. Si C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> se esta generando, el arqueado continua ocurriendo. CO estará presente si el papel esta siendo calentado.	Descargas de alta energía (arqueado)	Fusión de metal, (contactos <b>pobres</b> en cambiador o conexiones principales). Aislamiento debilitado, por envejecimiento y esfuerzo eléctrico. Aceite carbonizado. Destrucción de papel si esta en el camino del arco o sobrecalentamiento
H <sub>2</sub> , CO	Falla térmica menor a 300°C en un área cercana al papel aislante ( el papel esta se esta calentando)	Decoloración del papel aislante. Sobrecarga y o problema de enfriamiento. Mala conexión en guias o cambiador. Corrientes parásitas y/o flujo magnético disperso.
H <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	Falla térmica menor a 300°C y 700°C	Papel aislante destruido. Aceite altamente carbonizado.
Todos los gases anteriores y acetileno en grandes cantidades	Arqueo de alta energía eléctrica 700°C y mayor	Mismo que anterior con decoloración de metal. Arqueo puede haber causado una falla térmica.

**OBED RENATO JIMENEZ MEZA**

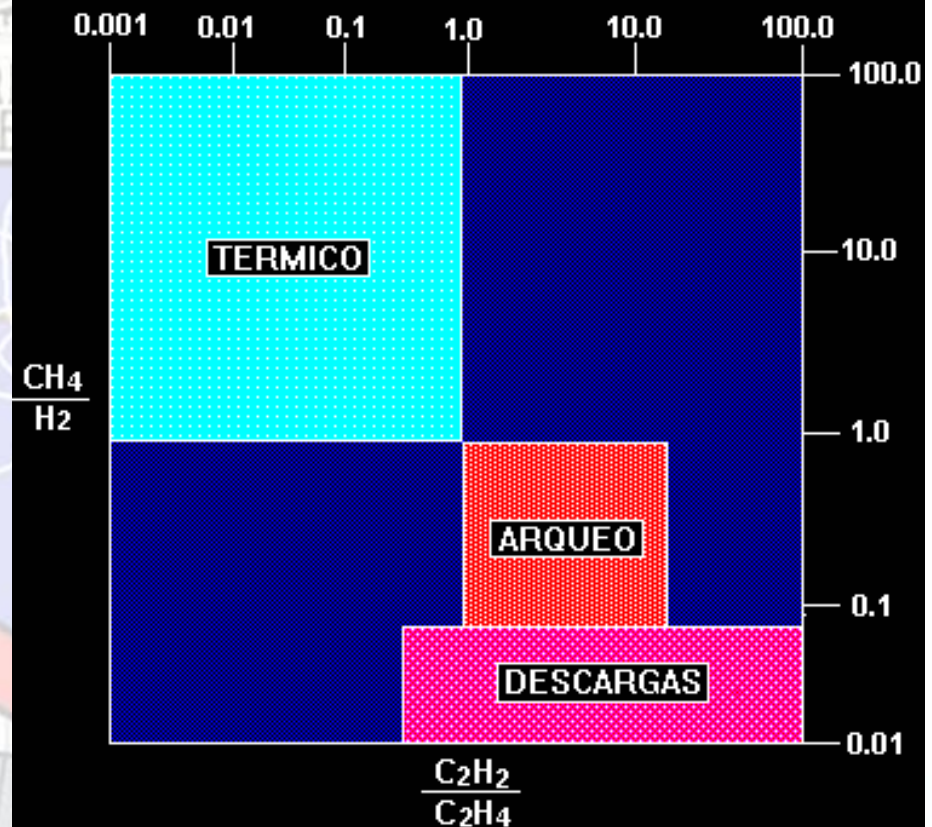
**JEFE DE ACADIA DE ILUMINACIO Y ALTA TENSION**



### Límites de Dörnenburg y Strittmater

GAS	LÍMITE (ppm)
HIDRÓGENO	200
METANO	50
ETANO	15
ETILENO	60
ACETILENO	15
MONOXIDO DE CARBONO	1,000
BIOXIDO DE CARBONO	11,000

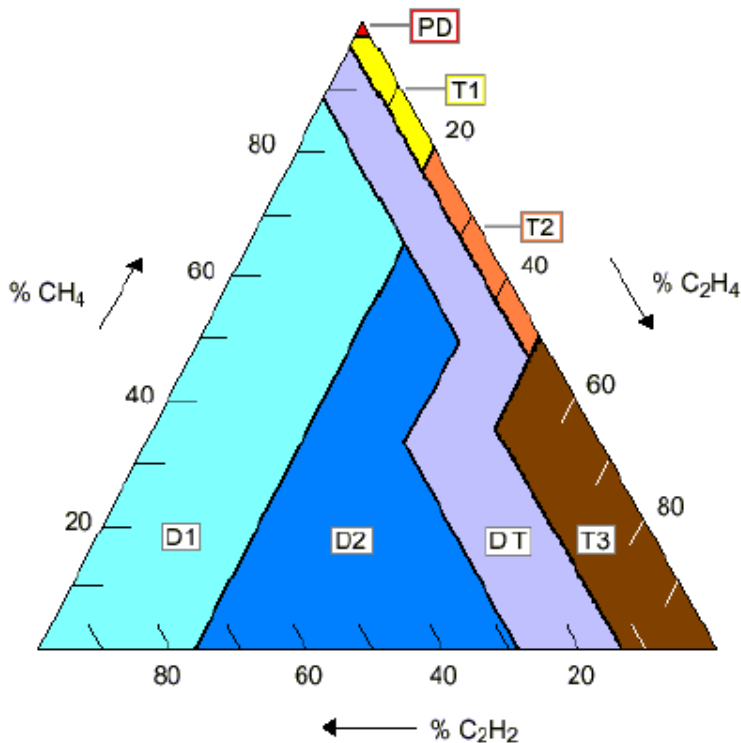
### METODO DE DÖRNENBURG



## METODO DE ROGERS

COCIENTE DE GAS	INTERVALO	CODIGO
CH <sub>4</sub> /H <sub>2</sub>	< 0.1	5
	> 0.1 < 1.0	0
	> 1.0 < 3.0	1
	> 3.0	2
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> /CH <sub>4</sub>	< 1.0	0
	> 1.0	1
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> /C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	< 1.0	0
	> 1.0 < 3.0	1
	> 3.0	2
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> /C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	< 0.5	0
	> 0.5 < 3.0	1
	> 3.0	2

CH <sub>4</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	DIAGNOSTICO
0	0	0	0	DETERIORO NORMAL
5	0	0	0	DESCARGA PARCIAL
1 ó 2	0	0	0	SOBRECALENTAMIENTO MENOR A 150°C
1 ó 2	1	0	0	SOBRECALENTAMIENTO DE 150° A 200°C
0	1	0	0	SOBRECALENTAMIENTO DE 200° A 300°C
0	0	1	0	CALENTAMIENTO GENERAL EN CONDUCTORES
1	0	1	0	CORRIENTES CIRCULANTES EN EL DEVANADO
1	0	2	0	CORRIENTES CIRCULANTES EN EL NUCLEO Y TANQUE
0	0	0	1	DESCARGA NO SOSTENIDA
0	0	1 ó 2	1 ó 2	ARQUEO SOSTENIDO
0	0	2	2	CENTELLEO CONTINUO
5	0	0	1 ó 2	DESCARGA PARCIAL CON DESCARGA SUPERFICIAL



DP = Descarga Parcial  
T1 = Falla Térmica Menor de 300 °C  
T2 = Falla Térmica entre 300 y 700 °C  
T3 = Falla Térmica Mayor de 700 °C  
D1 = Descarga de Baja Energía (Sparking)  
D2 = Descarga de Alta Energía (Arcing)  
DT = Mezcla de Fallas Térmica y Eléctrica

La grafica del **Triangulo de Duval** para la velocidad de generación de gas y el contenido de gas deben ser rastreados y comparados

1. Tomar la cantidad (ppm) de metano ( $\text{CH}_4$ ) en el AGD y sustraer la cantidad de  $\text{CH}_4$  del un AGD anterior, anterior al repentino aumento de gas. Esto dará la cantidad de metano generado desde el inicio del problema.
2. Repetir este proceso para los dos gases restantes, etileno ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) y acetileno ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ).
3. Sumar los tres numeros (diferencias) obtenidos por el proceso del paso 2 anterior. Esto da 100 porciento (%) de los tres gases clave generados desde la falla, utilizados en el Triangulo de Duval. .
4. Divide cada diferencia individual de gas por la diferencia total de gas obtenido en el paso 3 anterior. Esto da el porcentaje de aumento de cada gas del aumento total.
5. Graficar el porcentaje de cada gas en el Triangulo de Duval , iniciando por el lado indicado por dicho gas en particular. Dibujar líneas a través del triangulo para cada gas paralelo a las marcas en cada lado del triangulo.

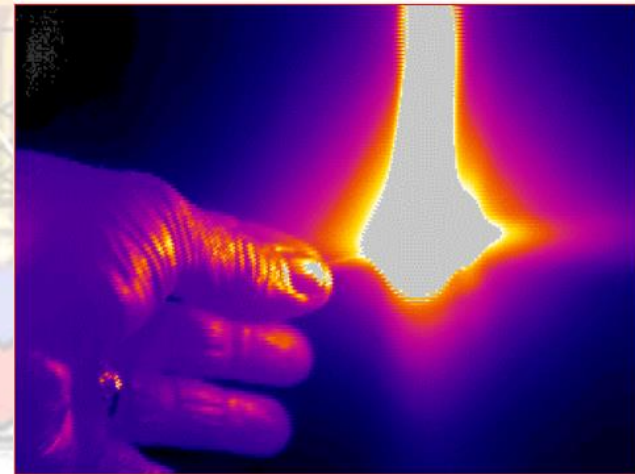
## **EQUIPOS DE TERMOVISIÓN**

La termografía es la técnica de formación de imágenes usando como fuente la radiación infrarroja emitida en forma de calor, que permite adquirir, procesar y desplegar en forma visual la información térmica de un objeto.

Una imagen térmica o termografía es una imagen creada por el calor, de la misma manera que una fotografía es creada por la luz.

La luz infrarroja es un término utilizado para describir la banda del espectro de radiación electromagnética cuya longitud de onda esté entre  $0.75 \mu\text{m}$  y  $1000 \mu\text{m}$ .

Todos los objetos con temperaturas mayores a  $-273 \text{ }^\circ\text{C}$  emiten radiación infrarroja. La potencia y longitud de onda de la emisión varían con la temperatura de tal modo que los objetos más fríos emiten menos energía.



• Cuánta energía calorífica radía desde una superficie depende de:

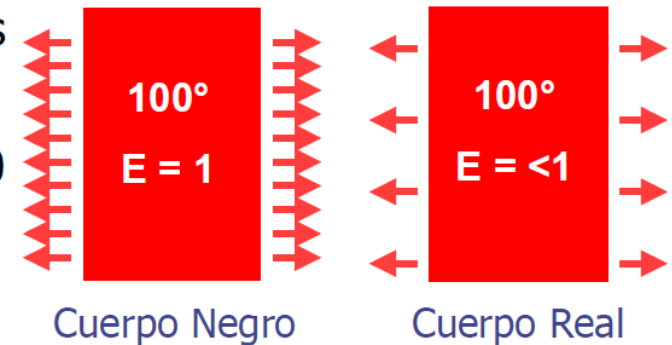
- $\sigma$  = constante S-B
- Emisividad ( $\varepsilon$ )
- Temperatura (T)
- Una superficie caliente emite más radiación que una fría (si es que ambas son del mismo material).

Ley Stefan-Boltzmann:

$$Q = \sigma \cdot \varepsilon \cdot T_{\text{absoluta}}^4$$

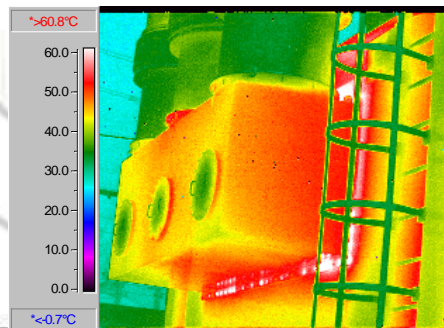
### Emisividad

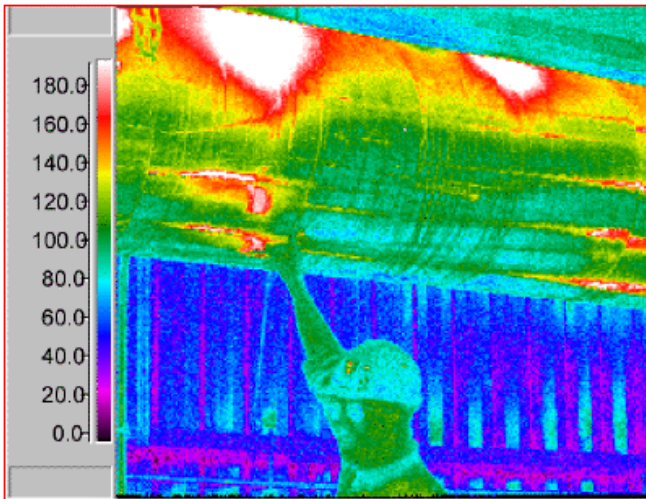
- Propiedad de los materiales
- Un "factor de eficiencia"
- Valor de corrección = 0-1.0
  - Cuerpo negro = 1.0
  - Reflector perfecto = 0.0
  - Cuerpo real = <1.0.



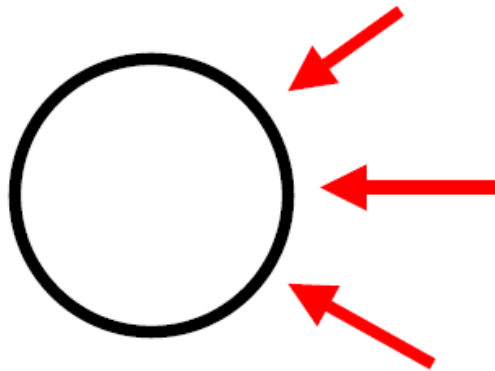
- Las tablas de emisividad deben utilizarse como **guías**
- Valores de más materiales pueden encontrarse en el manual del ThermoView
- Mediciones abajo de 0.6 son **inestables**— aún cuando se ajusten los valores de corrección de emisividad

• Piel humana	.98
• Agua	.98
• Cinta de aislar	.95
• Pintura	.90
• Papel	.90
• Cobre (oxidado)	.68
• Cobre (pulido)	.02
• Aluminio (pulido)	.05





- Trabaje tan cerca de la perpendicular como le sea posible
- Esté atento a los cambios de temperatura radiante debidos a:
  - Cambios en el ángulo de visión
  - Variaciones de forma de su objetivo
  - Orillas de objetos curvos a menudo parecen estar a temperatura diferente



ANGULOS DE VISIÓN

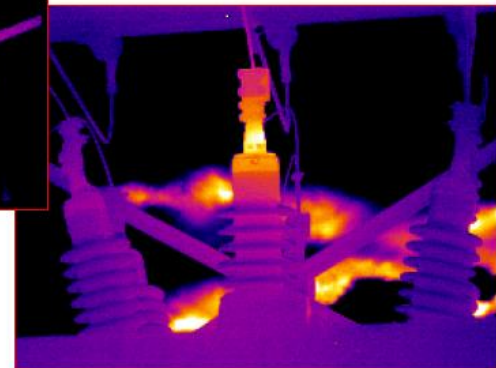
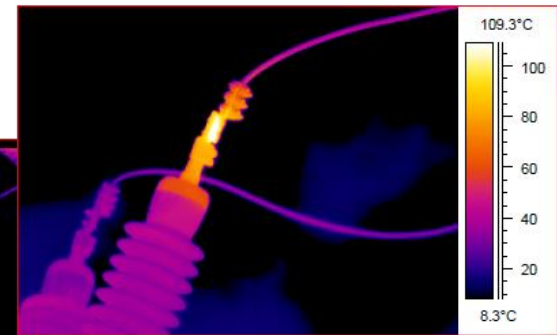
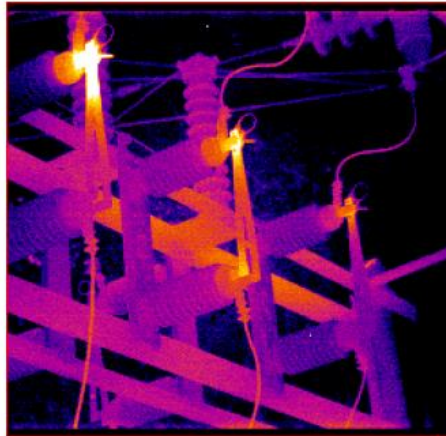
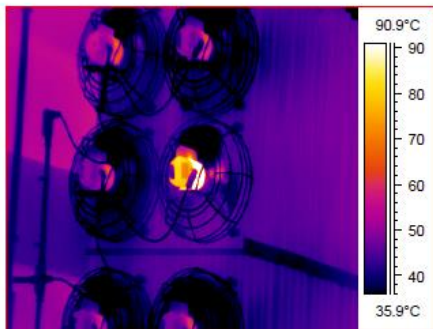
**OBED RENATO JIMENEZ MEZA**

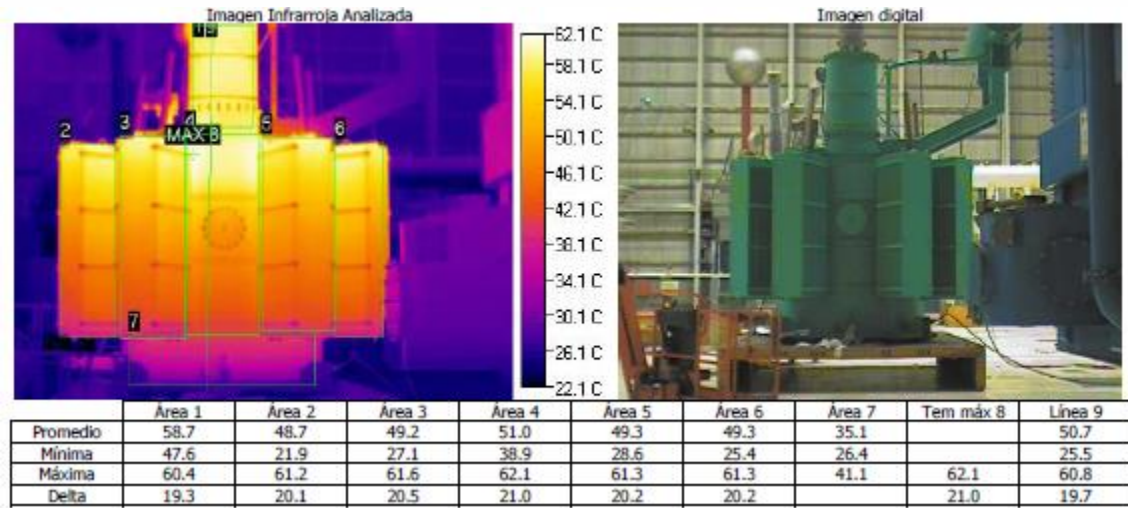
**JEFE DE ACADIA DE ILUMINACIO Y ALTA TENSION**



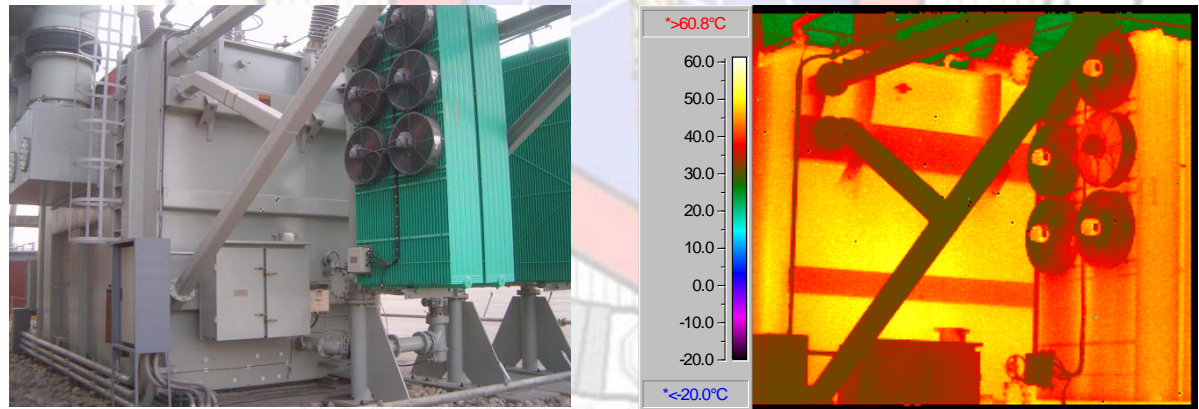
# Subestaciones eléctricas

- Interruptores de todo tipo
- Transformadores
- Terminales (bushings)
- Ventiladores de enfriamiento





## Termovisión en transformadores



## RESPUESTA A LA FRECUENCIA



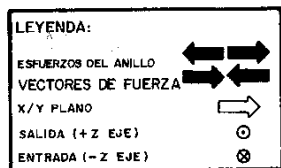
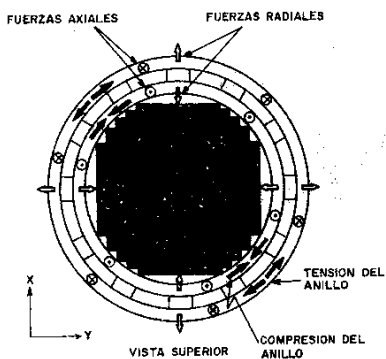
## **TÉCNICAS DE DETECCIÓN DE DEFORMACIONES EN DEVANADOS**

- Medición de Capacitancia de los devanados.
- Medición de Corrientes de Magnetización (Corrientes de excitación).
- Medición de Impedancia de Corto-circuito (Reactancia de dispersión).
- Aplicación de Impulsos de bajo Voltaje.
- **Análisis de Respuesta en Frecuencia (FRA).**

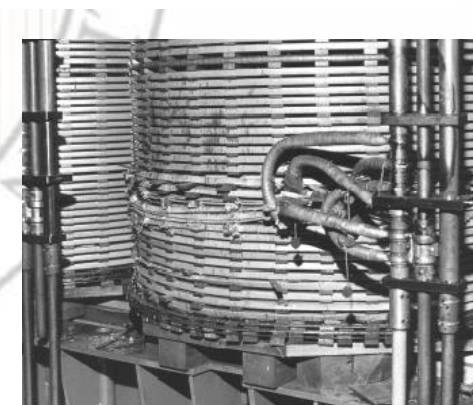
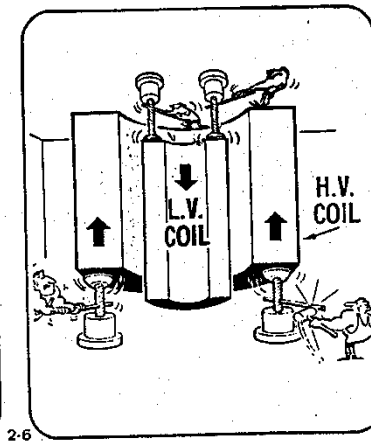
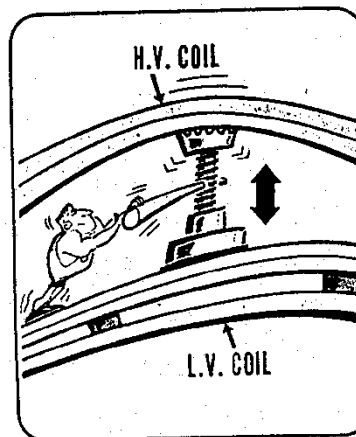
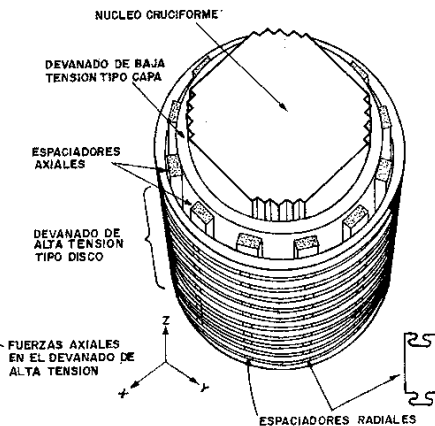
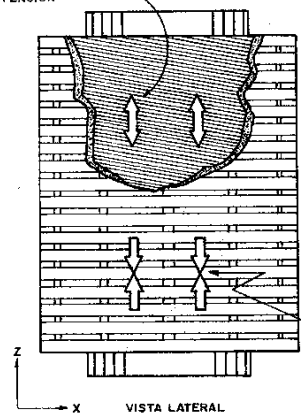


## DEFORMACIONES MECÁNICAS EN DEVANADOS (TRANSFORMADORES TIPO COLUMNA)

### Corto Circuito



FUERZAS AXIALES EN EL DEVANADO DE BAJA TENSION



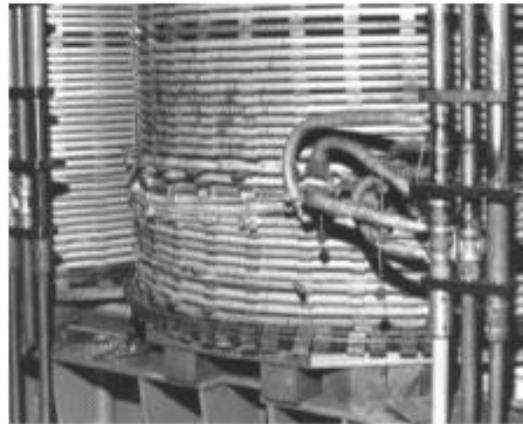
- a) Desplazamiento entre vueltas por fuerza axial
- b) Deformación de bloques espaciadores por efecto de fuerzas de compresión en devanados tipo acorazado.
- c) Pandeo en conductores por efecto de fuerzas axiales.
- d) Torcimiento de conductores superiores.



(a)



(b)



(c)



(d)

e) Falla por pandeo radial

f) Deformación radial en discos

g) fenómeno de inclinación en conductores por exceso de fuerza axial.

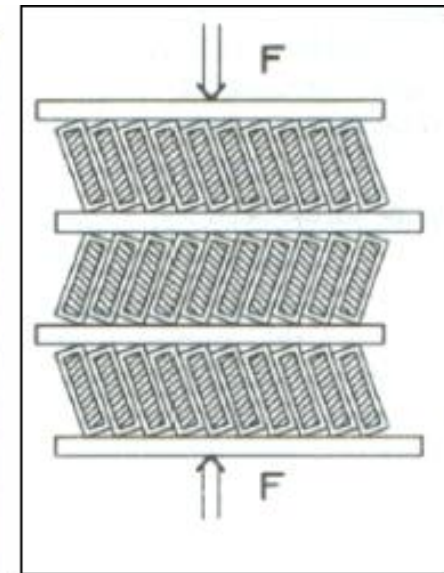
h) Pandeo entre espaciadores radiales por efecto de fuerzas axiales



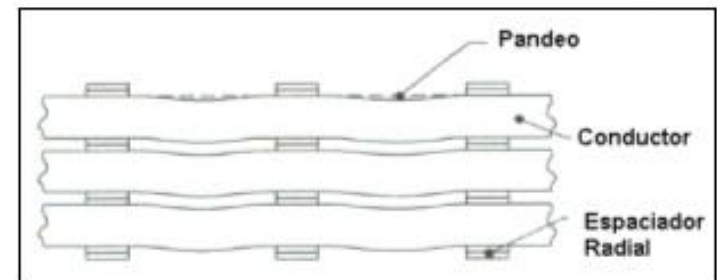
(e)



(f)



(g)



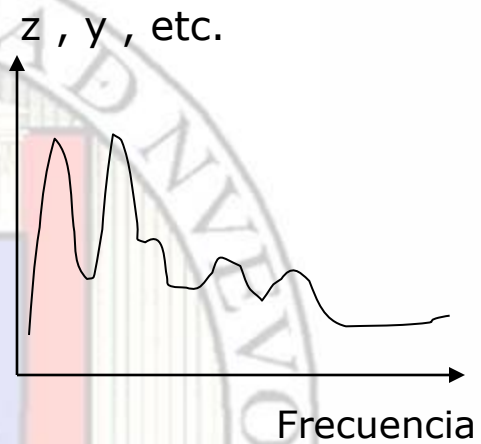
(h)

**DEFORMACIONES MECÁNICAS EN DEVANADOS**

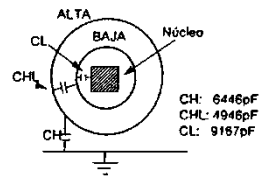
**TRANSPORTE Y PUESTA EN SERVICIO**



# Descripción en Frecuencia del Equipo

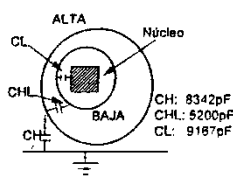


- Propiedades de Materiales ( $\epsilon$ ,  $\mu$ , etc.)
- Geometría Interna.



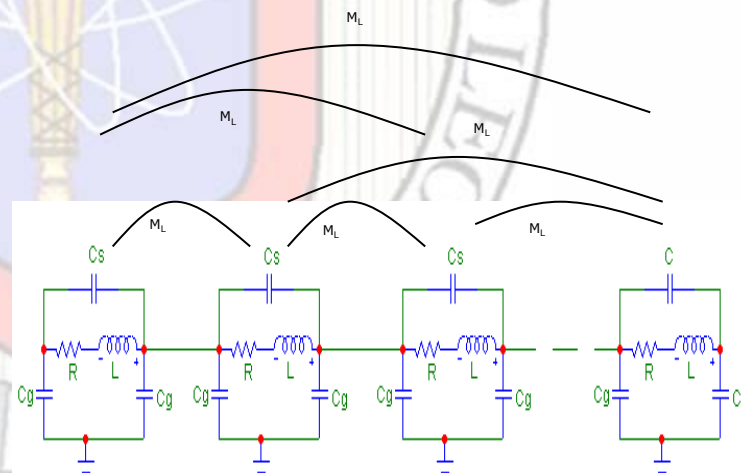
CH: 6446pF  
CHL: 4946pF  
CL: 9167pF

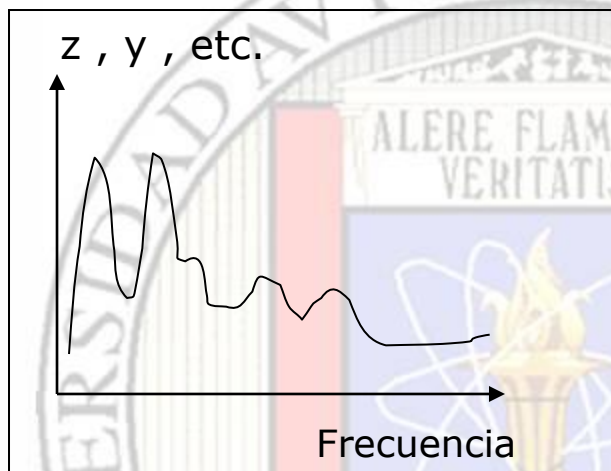
Estado Correcto



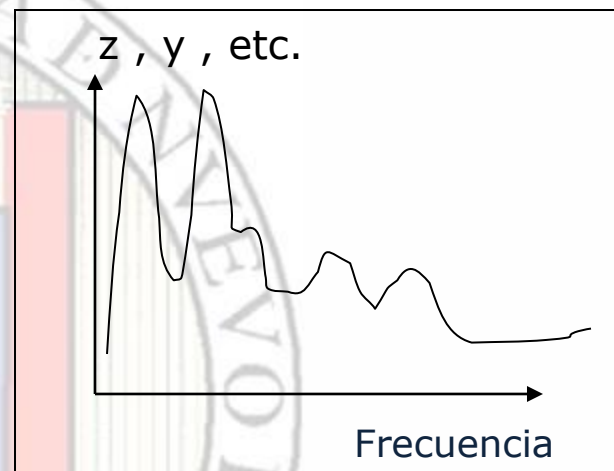
CH: 8342pF  
CHL: 6200pF  
CL: 9167pF

Mal Estado





Huella Digital



Después de Falla



Diagnóstico del Equipo antes  
de ponerlo en operación



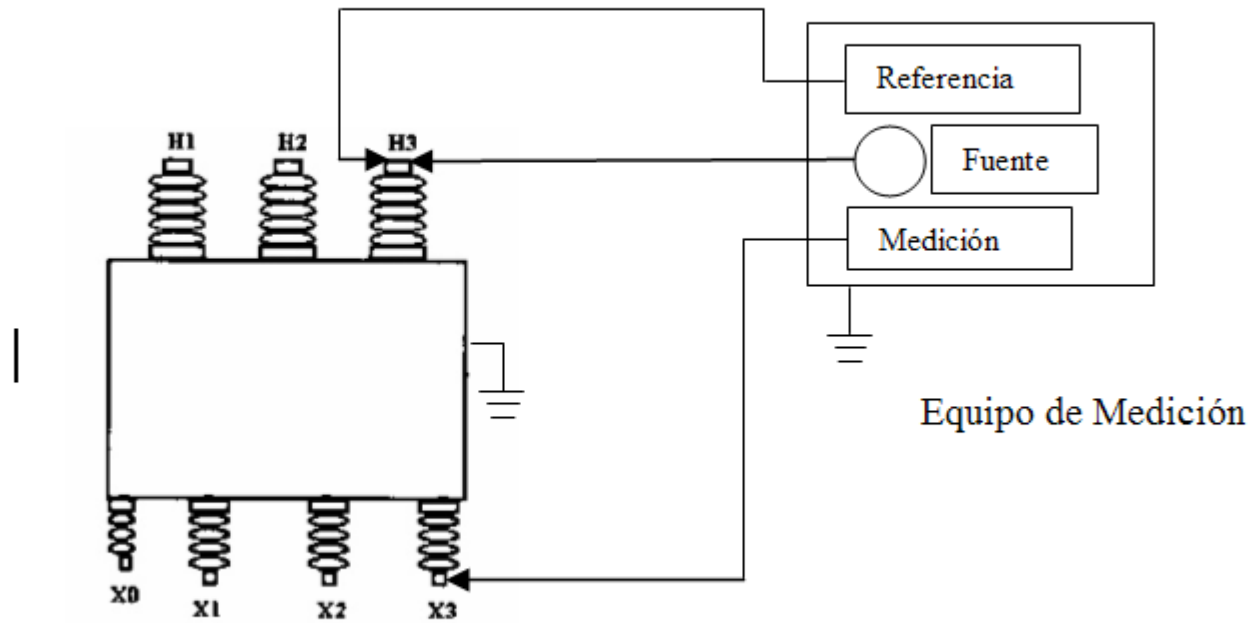


Figura 2.9. Configuración de 3 cables para medición de respuesta en frecuencia

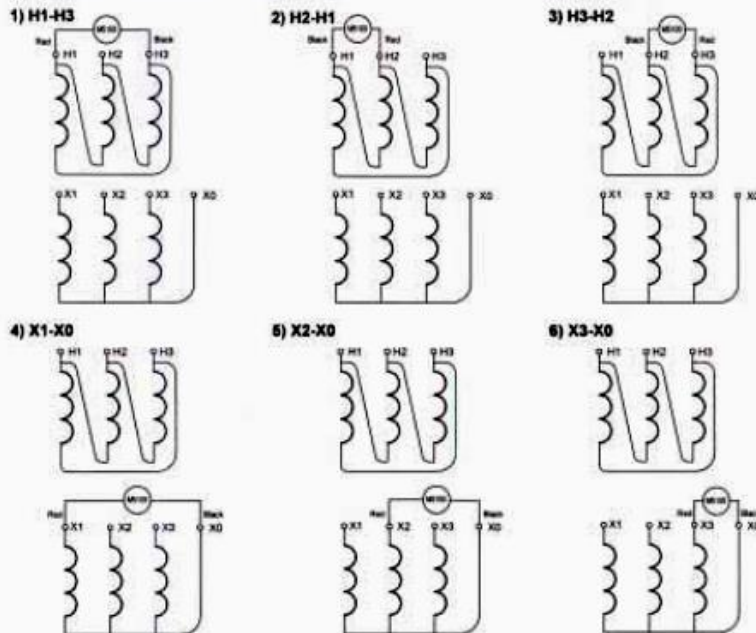
MEDICIÓN USANDO BARRIDO EN FRECUENCIA



## MEDICIONES TÍPICAS

### Doble M5100 Test Connections

A: Delta-Wye Transformer- Nine Tests: Six Per-Phase, Three Interwinding



1. Mediciones en circuito abierto en cada devanado.
2. Medición en AT con corto circuito en BT.
3. " Medición interdevanados (no muy usada)"

Ejemplo: Transformador Delta-Estrella

Importante Tomar nota de la posición del Cambiador de derivaciones



**PRUEBA DE RESPUESTA EN FRECUENCIA (FRA)**

O.T.	26-1507
Posición del Cambiador	2
Fecha de la Prueba:	27 - Nov- 04, 10:14 AM
Equipo :	M5100 , DOBLE

Posición del Cambiador de derivaciones

Medido en	Corto circuito en	Figura
H1-H3	--	1
H2-H1	--	1
H3-H2	--	1
X1-X0	--	2
X2-X0	--	2
X3-X0	--	2
H1-H3	X1, X2, X3	3
H2-H1	X1, X2, X3	3
H3-H2	X1, X2, X3	3

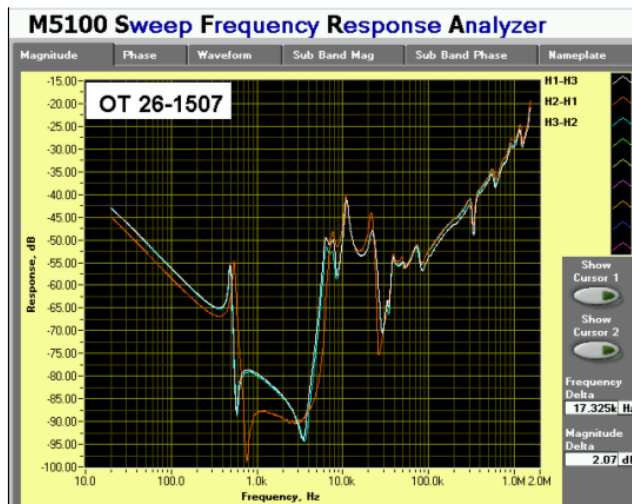


Fig. 1

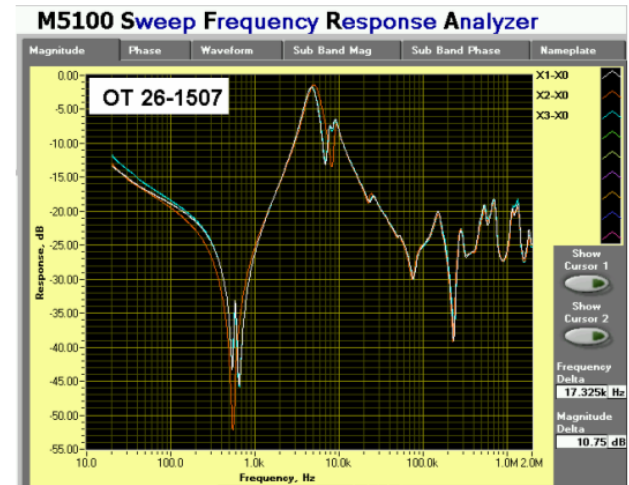


Fig. 2

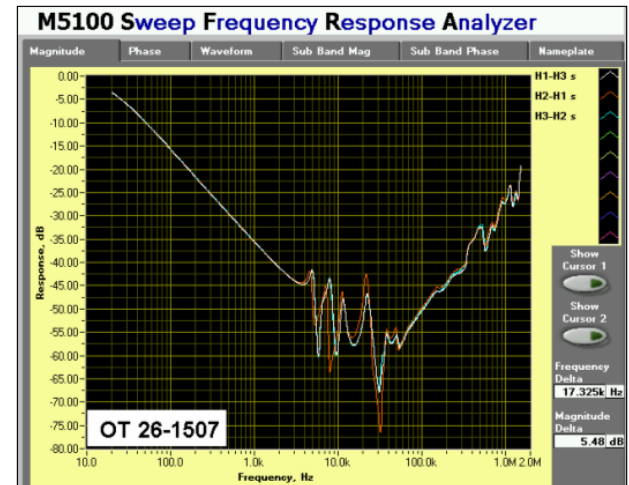
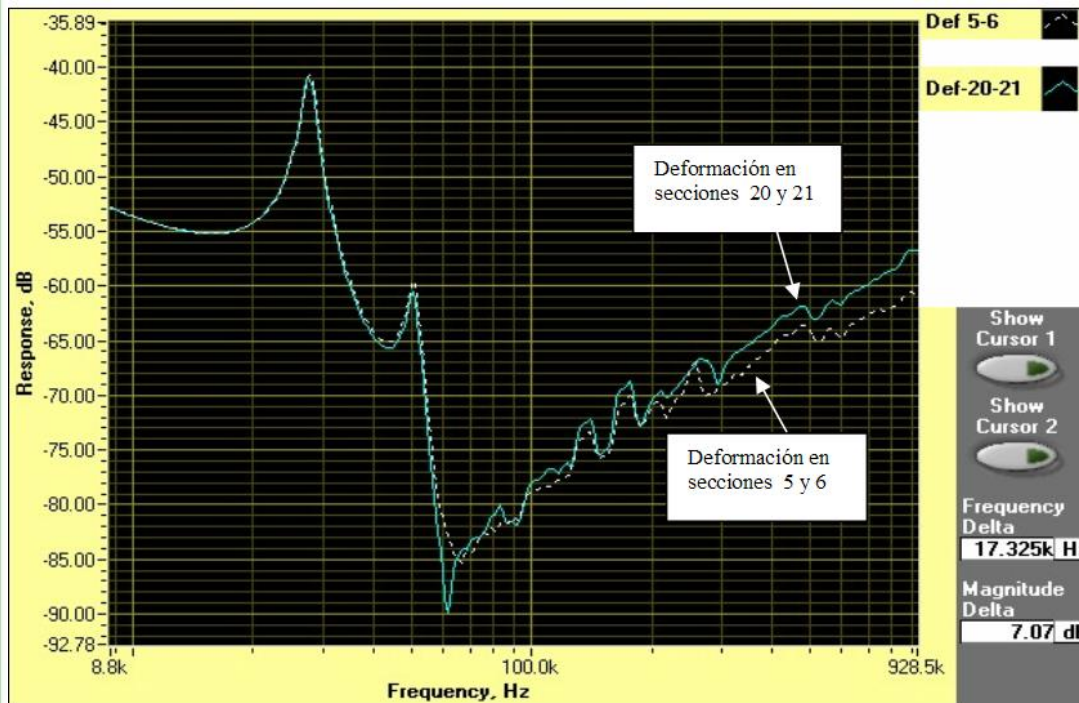


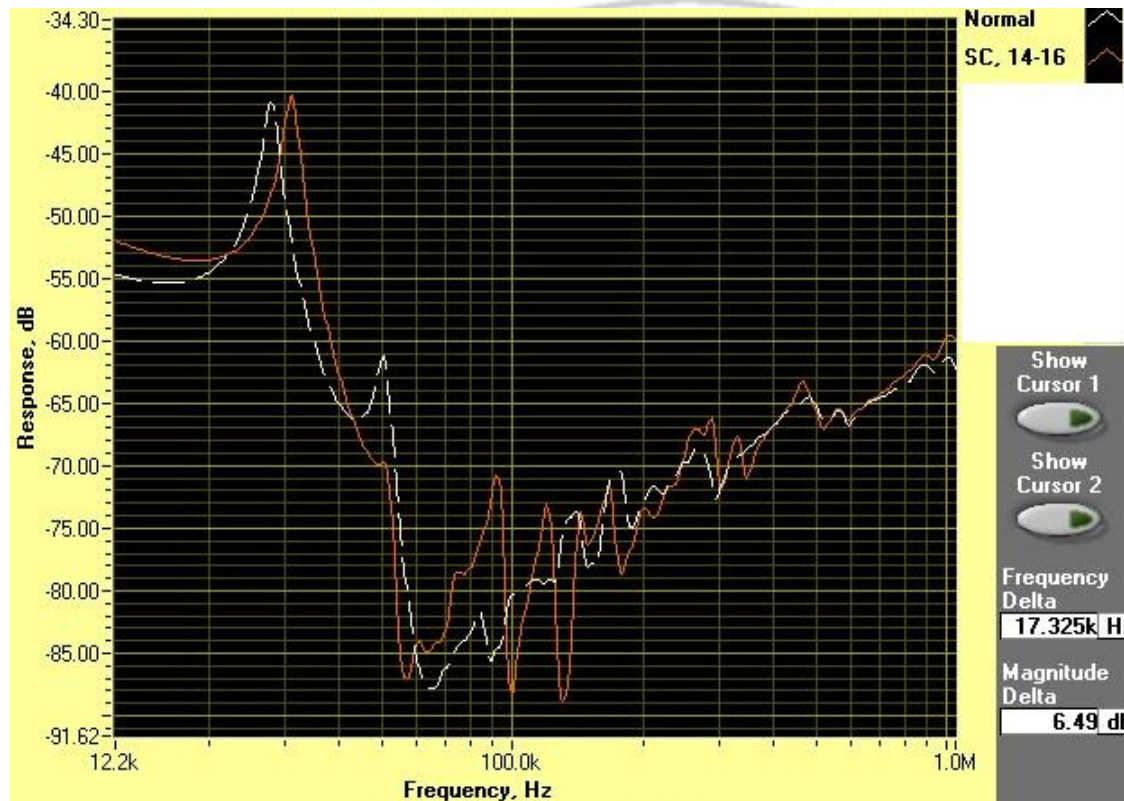
Fig. 3

**ENATO JIMEN**



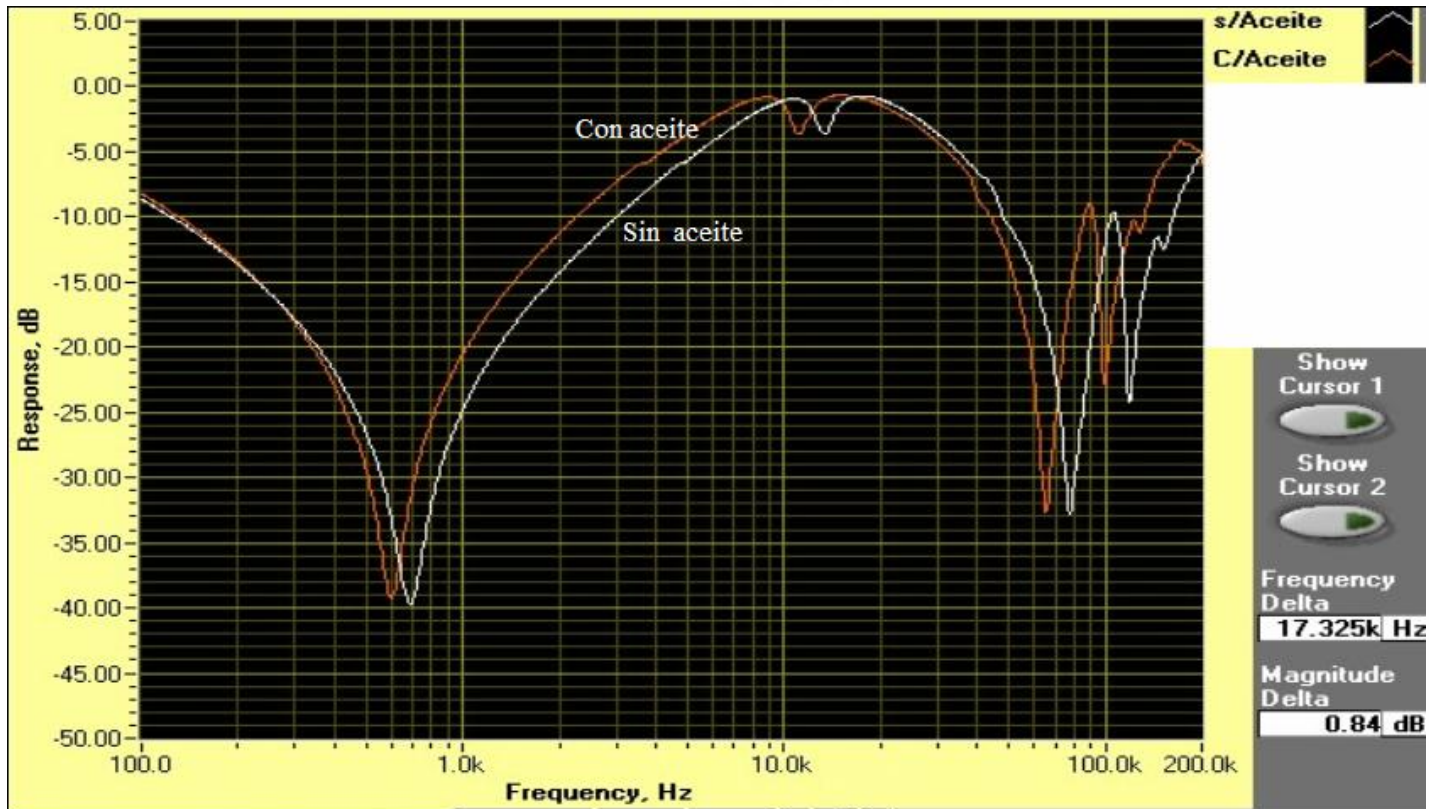
Comparación de respuestas en frecuencia para dos diferentes casos de deformación en el devanado.





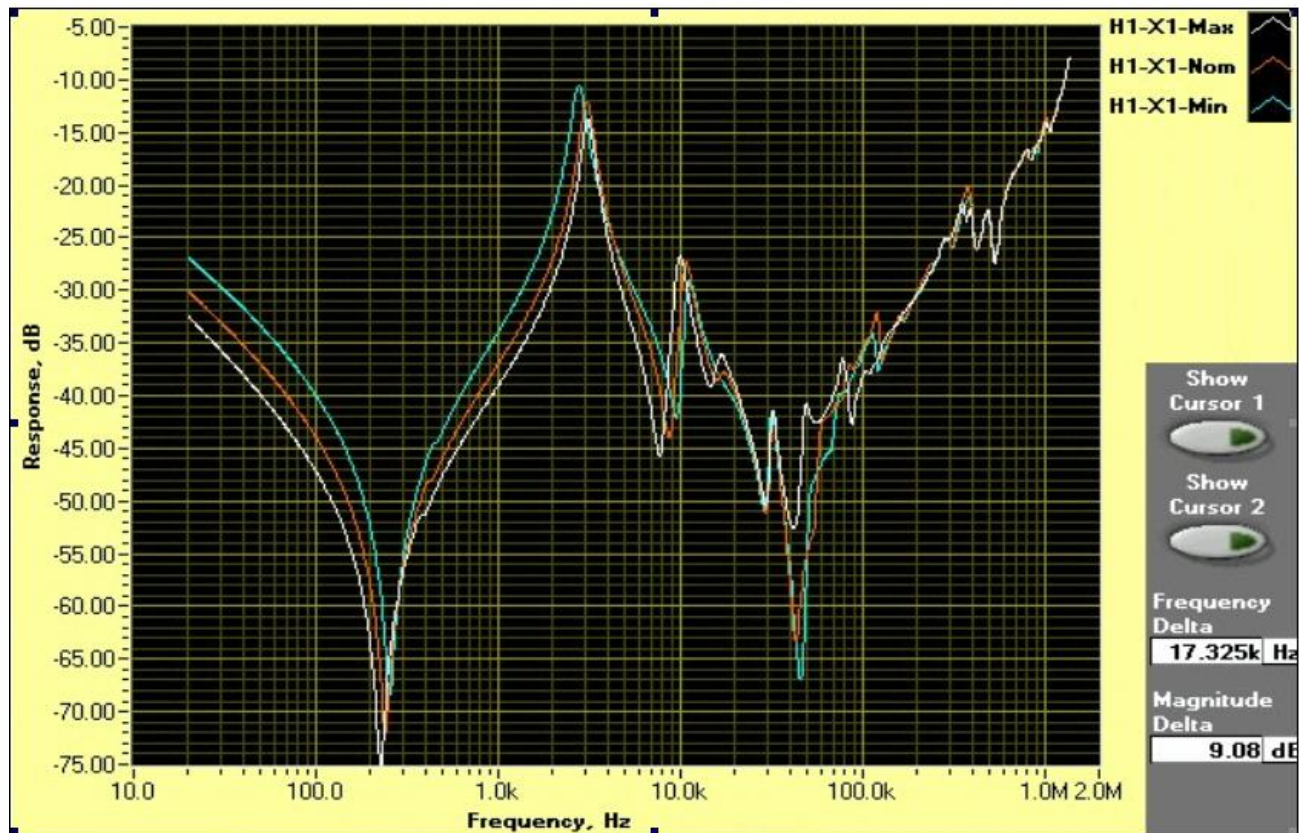
Comparación entre respuestas en frecuencia de un devanado experimental antes (Normal) y después de provocar un corto circuito entre las secciones 14 y 16 (SC 14-16). El devanado es de un transformador tipo columna de 20 MVA., 115 kV





Comparación de funciones de transferencia con y sin aceite en un Transformador de Potencia de 500 MVA, 525kV

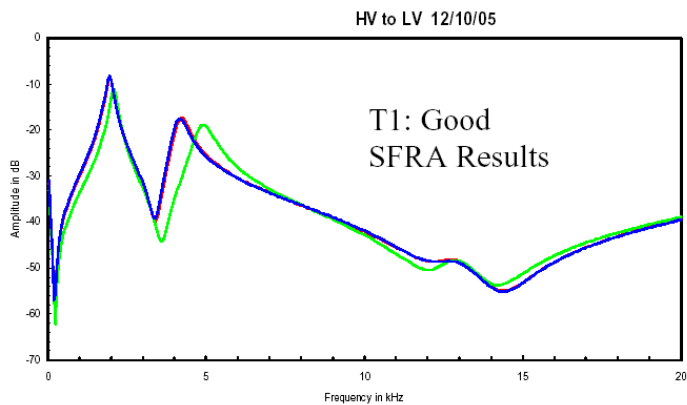
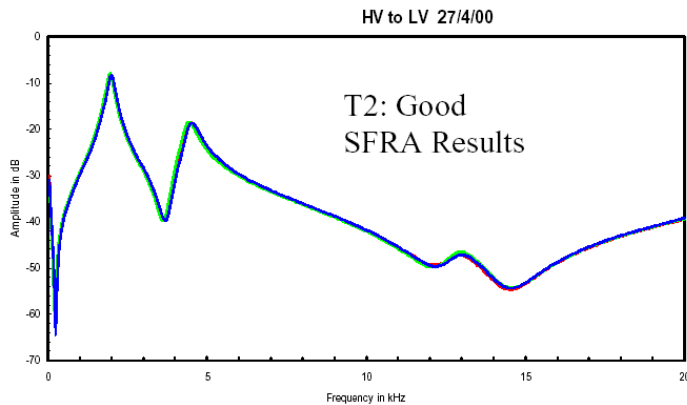




Medición de respuesta en frecuencia en un transformador en 3 diferentes posiciones del cambiador de derivaciones (máxima, nominal y mínima)

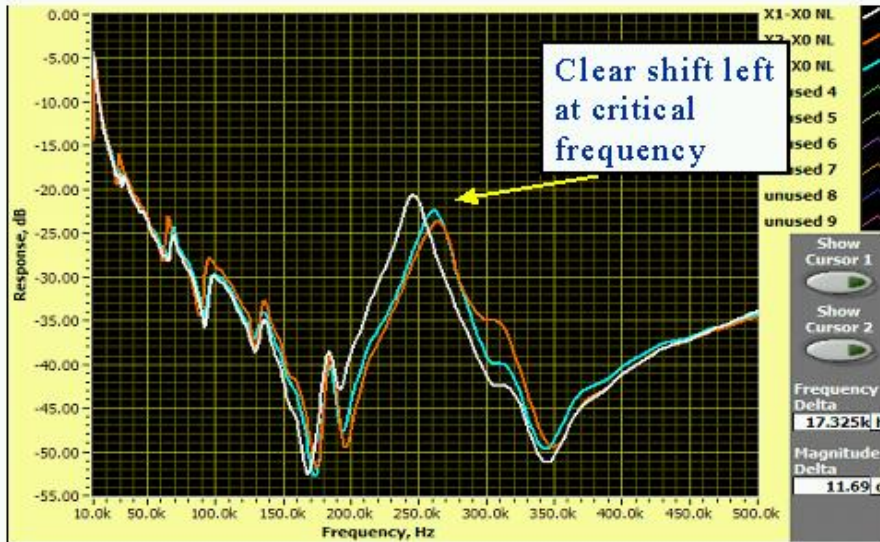


## Caso Detección de Ruptura de soportes



HV to LV results for all three phases of each transformer  
**FIGURE 6**





Comparación entre las fases de un transformador trifásico de 28 MVA, mostrando el efecto de una deformación en una de las fases (hoop buckling). El efecto de la deformación (mostrado en la fotografía) se manifiesta como un desplazamiento de la frecuencia de resonancia hacia la izquierda. Este caso fue tomado de la referencia [25].



## ***DETECTORES DE FALLAS EXTERNAS***

- ***RELEVADORES DE FALLA A TIERRA***
- ***RELEVADORES DIFERENCIALES***
- ***RELEVADORES DE SOBRECORRIENTE***
- ***RELEVADORES DE BAJO VOLTAJE***
- ***FUSIBLES***
- ***TERMOMAGNETICOS***
- ***APARTARRAYOS***



*• Gracias al personal de IEM por la información proporcionada para esta clase de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica*



LÍDER EN TRANSFORMACIÓN DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA



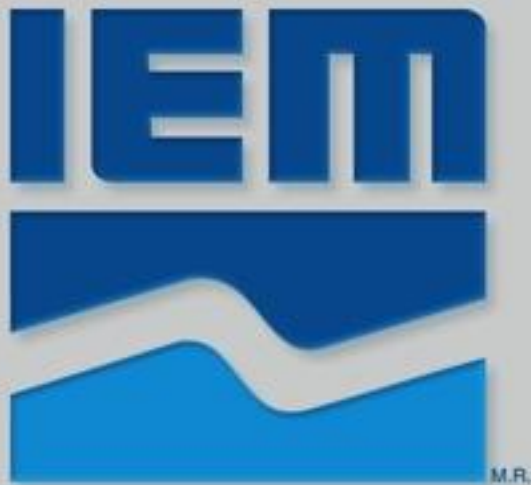
UNA EMPRESA DE  
GRUPO CONDUMEX™

**OBED RENATO JIMENEZ MEZA**

**JEFE DE ACADIA DE ILUMINACIO Y ALTA TENSION**



***•Gracias al personal de IEM por la informacion proporcionada para está clase de la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica***



**LÍDER EN TRANSFORMACIÓN DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA**

