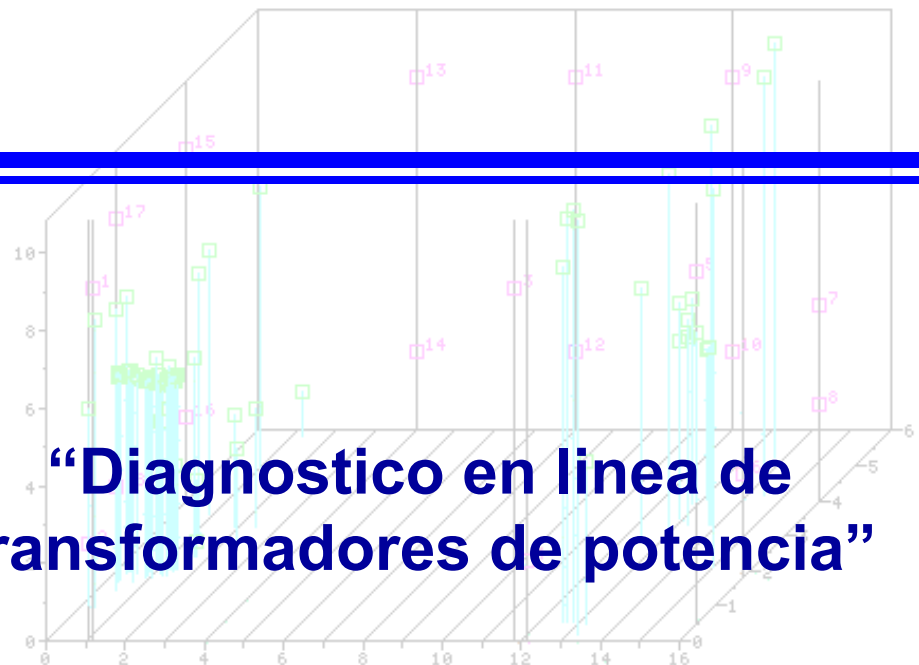




“Diagnostico en linea de transformadores de potencia”



Arturo Núñez
Gerente

Division de Equipo de Potencia
Quality Services Laboratories
www.qslplus.com



International Subsidiaries
& Affiliates



**Innovative Leadership in
Acoustic Emission Since 1968**

We Serve the Public Worldwide . . . by providing quality products and services needed to enhance the environmental safety for gas and oil pipelines, petrochemical pressure vessels and storage tanks, strategic components of nuclear and fossil fuel plants, metal and concrete bridges, advanced aerospace composites, and much more.



**Advanced Automated
Ultrasonic Inspection Systems**

Our Group develops, manufactures and employs leading-edge technologies for nondestructive testing and predictive maintenance, such as advanced acoustic emission, ultrasonics, eddy current, radiography, vibration monitoring and resistivity systems. In addition, we provide on-line asset management by employing Internet-based data acquisition and real-time assessment of the world's industrial & public infrastructure.



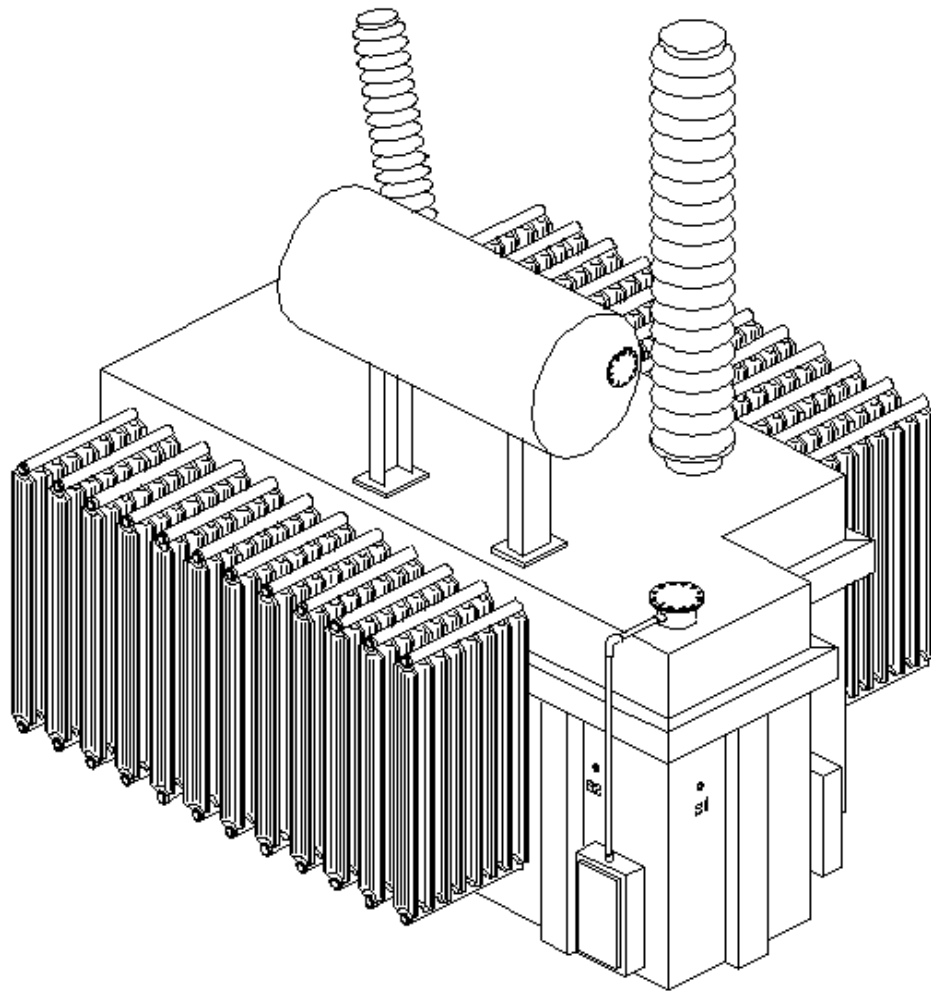
**Vibration Sensors and
Systems
for Predictive Maintenance**



**Complete Engineering &
NDT Inspection Services**



TRANSFORMADORES



- Equipo mas caro en la subestacion
- Muchos años en operacion
- Primera indicacion de un problema: Gases Disueltos
- Comenzar investigacion para determinar el origen de los gases
- Sacar el equipo de operacion para realizar las pruebas en linea son cada vez mas dificiles.

TRANSFORMADORES



- Entre mas informacion se obtiene con el transformador en linea, mejor se planean acciones futuras.

- a) AGD
- b) Termografia
- c) Vibracion
- d) EA

- Si hay una falla:

- a) Reparacion en sitio
- b) Mandarlo con el fabricante

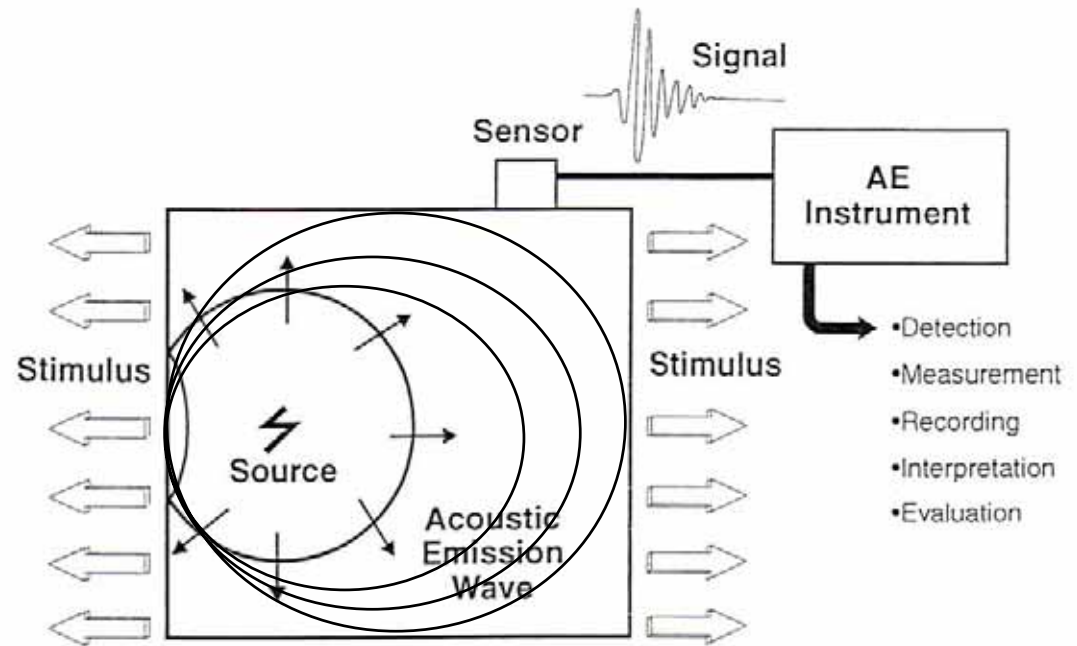
- En ambos casos seria muy conveniente saber la posicion de la falla

EMISION ACUSTICA (EA)

Emisiones Acusticas son ondas elasticas transitorias generadas por el disipamiento rapido de energia de fuentes localizadas dentro de un material (ASTM E610-82)

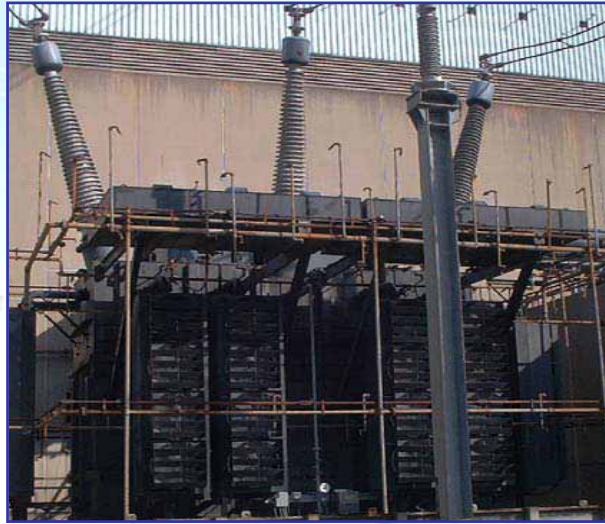
La tecnica de EA ha sido usada por muchos anos para la evaluacion de transformadores

EA es detectada por sensores acusticos colocados en las paredes del transformador

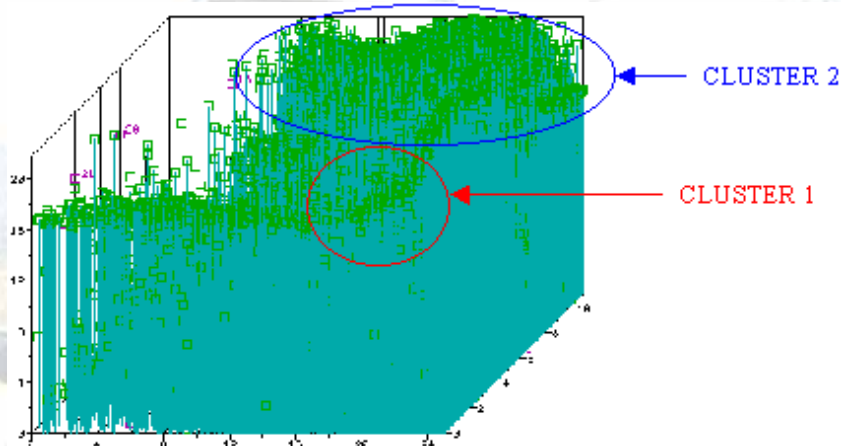


CASO 1

Sobrecalentamiento de una barra en un transformador de maquina



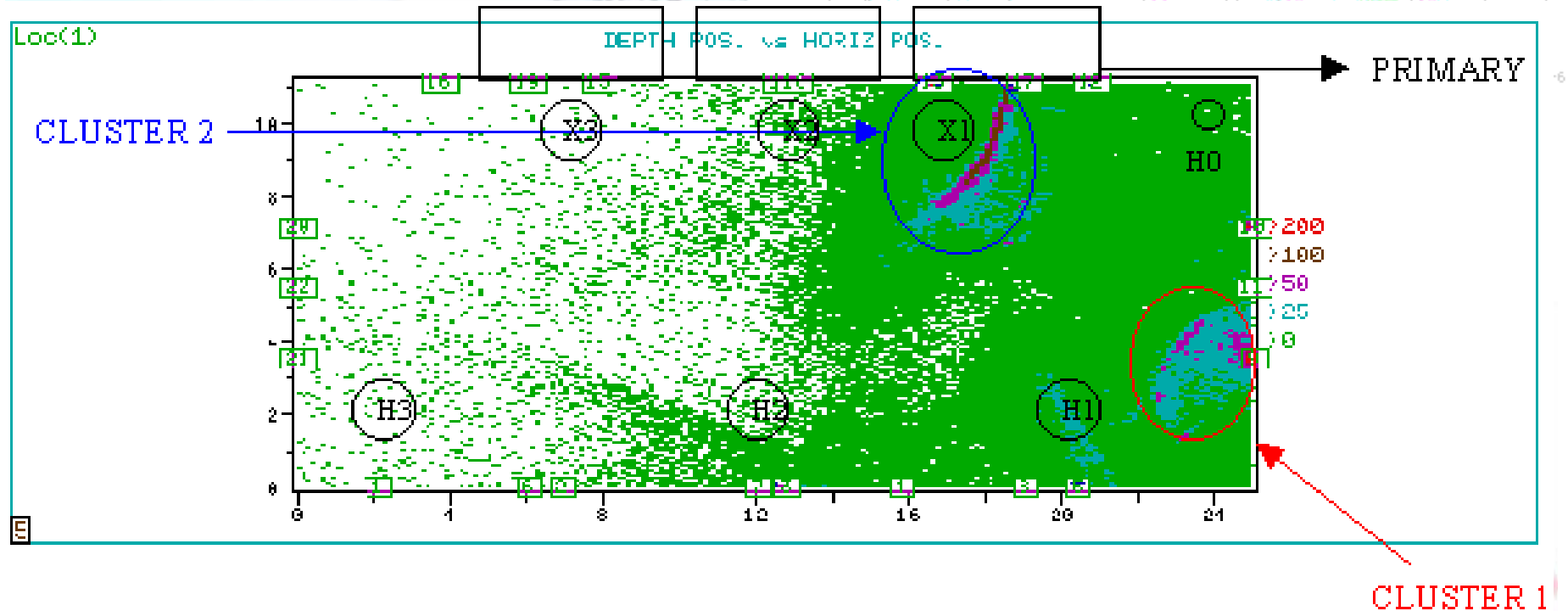
GSU Transformer



- 25/500 kV, trifasico, 784 MVA Westinghouse, Acorazado
- Transformador en operacion por 20 años sin ningun problema.
- Comenzo a generar gases (metano, etano, etileno e hidrogeno).
- Gases totales = 9000 ppm
- AGD indicaba una falla termica.
- Probado con EA por 68 horas en Mayo 2002.
- 2 areas (clusters) de actividad acustica fueron detectadas

CASO 1

Sobrecalentamiento de una barra en un transformador de maquina



CASO 1

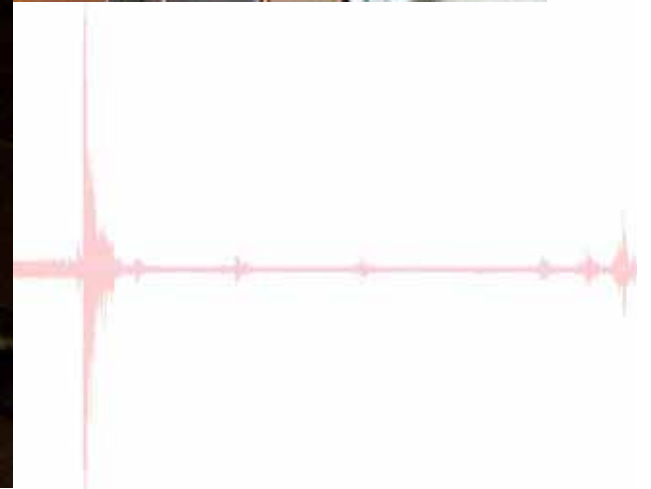
Sobrecalentamiento de una barra en un transformador de maquina

- Transformador fuera de servicio en Agosto 2002.
- Aceite mas oscuro que lo normal y propiedades del aceite apenas aceptables.
- El aceite fue reemplazado
- Inspeccion interna revelo dano en una barra de cobre sin aislar (1 ¼ x ¼ pulgada) [Cluster 2]
- La barra es una de tres barras paralelas que forman la terminal.
- La barra estaba “rota” y una bola de carbon y cobre se habia formado alrededor de la terminal debido a el sobrecalentamiento en la ruptura.



CASO 1

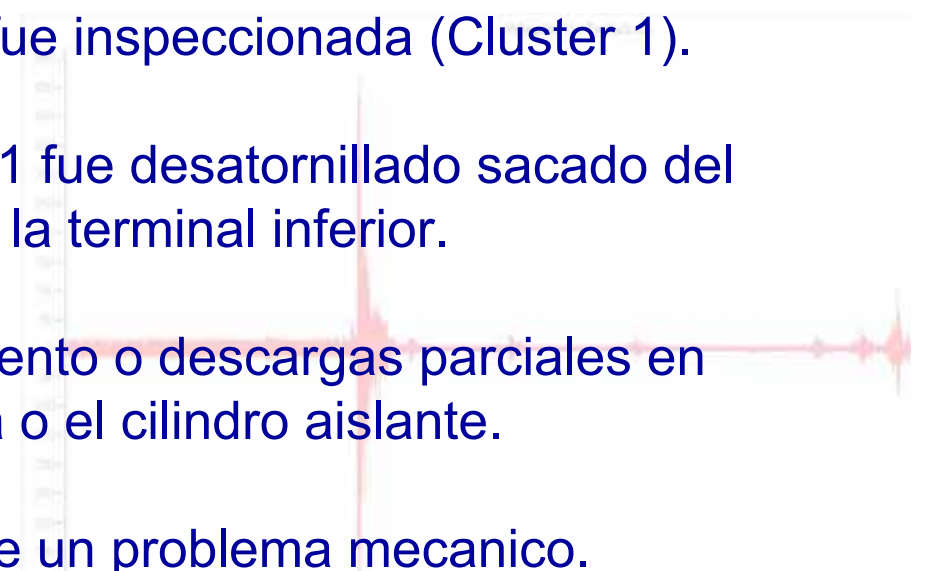
Sobrecalentamiento de una barra en un transformador de maquina



CASO 1

Sobrecalentamiento de una barra en un transformador de maquina

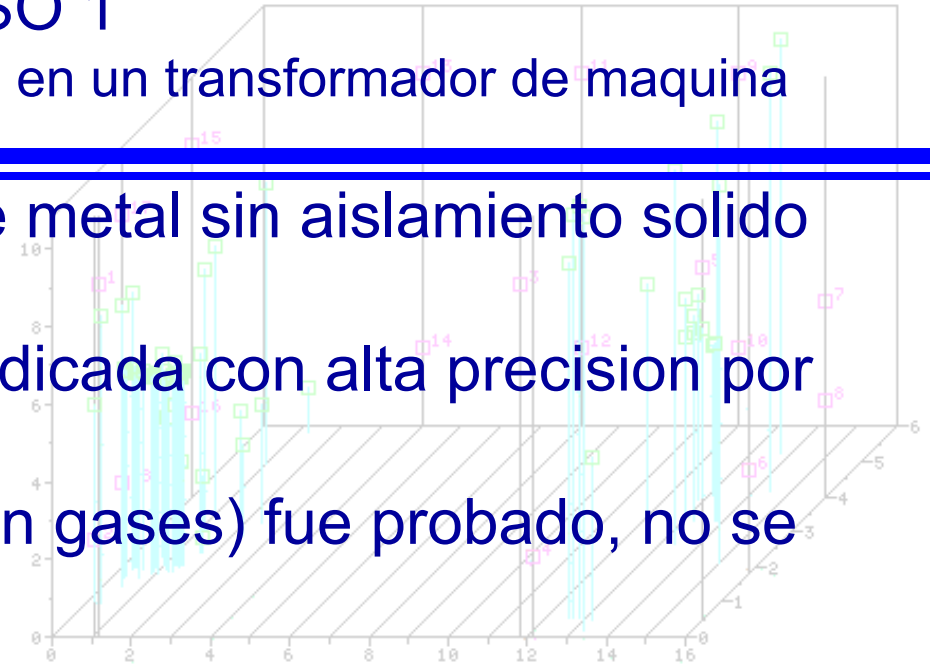
- Cuando el carbon fue removido se pudo observar que la barra se habia separado.
- Se fabrico una barra nueva de cobre.
- Espaciadores nuevos y nueva tornilleria fue necesitada para sujetar la nueva barra y algunos otros danos fueron reparados.
- La parte inferior de la boquilla H1 fue inspeccionada (Cluster 1).
- El cilindro aislante de la boquilla H1 fue desatornillado sacado del tanque principal para inspeccionar la terminal inferior.
- No se encontro dano de calentamiento o descargas parciales en ninguna de las terminales, boquilla o el cilindro aislante.
- Lo mas probable es que se trate de un problema mecanico.



CASO 1

Sobrecalentamiento de una barra en un transformador de maquina

- AGD indico calentamiento de metal sin aislamiento solido involucrado.
- Localizacion de la falla fue indicada con alta precision por EA [± 3 pulgadas (7.5 cm)]
- Un transformador identico (sin gases) fue probado, no se detecto EA significativa.

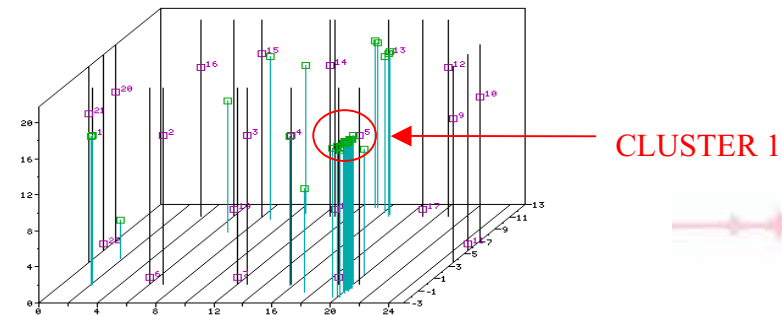


C:\TSTSTO.DTA
Scr#29

REPLAY DONE
FILTERED.PCX

PLEASANTS STATION TRANSFORMER 2

May 23, 2002 13:20:41
0 21:00:02



Hits:1943127 # Ev:92 IN:4697158 ENer:9489657 Load: 3.2246 Free:>2047 HB
F9 STOP F10 STOP F5 Print Scrn F6 Comnt F7 Prev Scrn F8 Nxt Scrn F1 Paus TH ? Help

CASO 1

Sobrecalentamiento de una barra en un transformador de maquina

\$\$\$\$\$\$\$\$

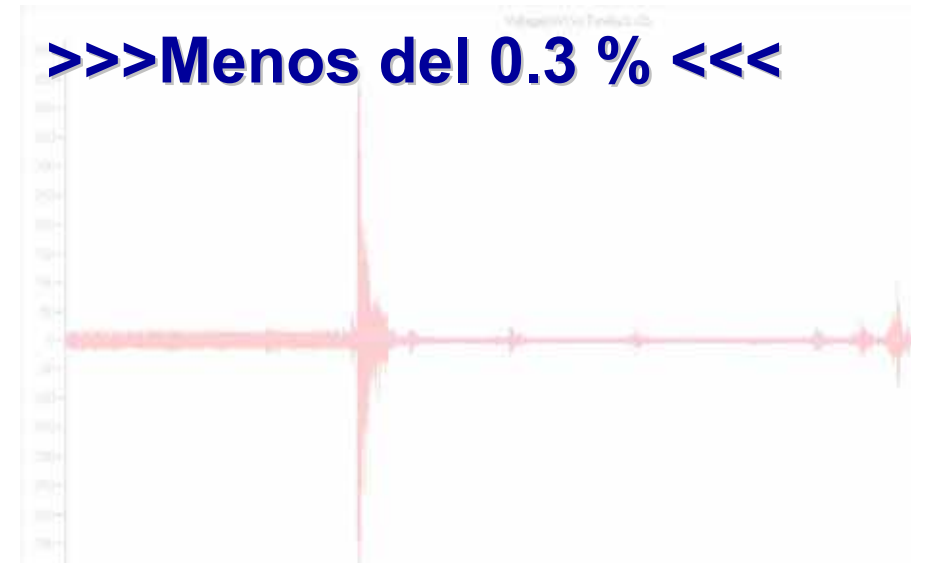
\$ 3,000.000.00 USD

Ahorro estimado por el cliente tan solo por evitar falla catastrófica del transformador

\$ 9,000.00 USD

Costo de la inspeccion.

>>>Menos del 0.3 % <<<



PRUEBA DE EA

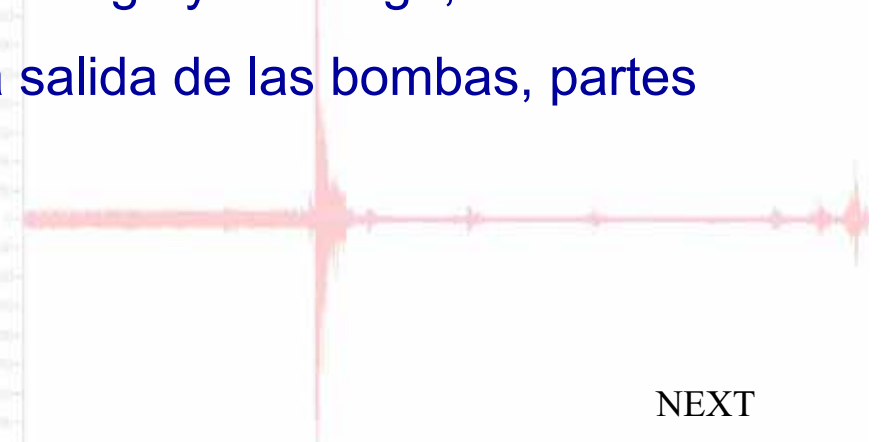
VENTAJAS

- EN-LINEA
- NO-INVASIVA
- DETECTA ACTIVIDAD EN TIEMPO REAL
- DETECCION TEMPRANA
- **LOCALIZACION DE LA FALLA EN 3D.**
ORIENTA LA INSPECCION INTERNA A AREAS ESPECIFICAS EN EL TRANSFORMADOR.
- RAPIDA INSPECCION
- ALTAMENTE SENSITIVA
- REGISTRO PERMANENTE DE LA PRUEBA
- MONITOREO GLOBAL



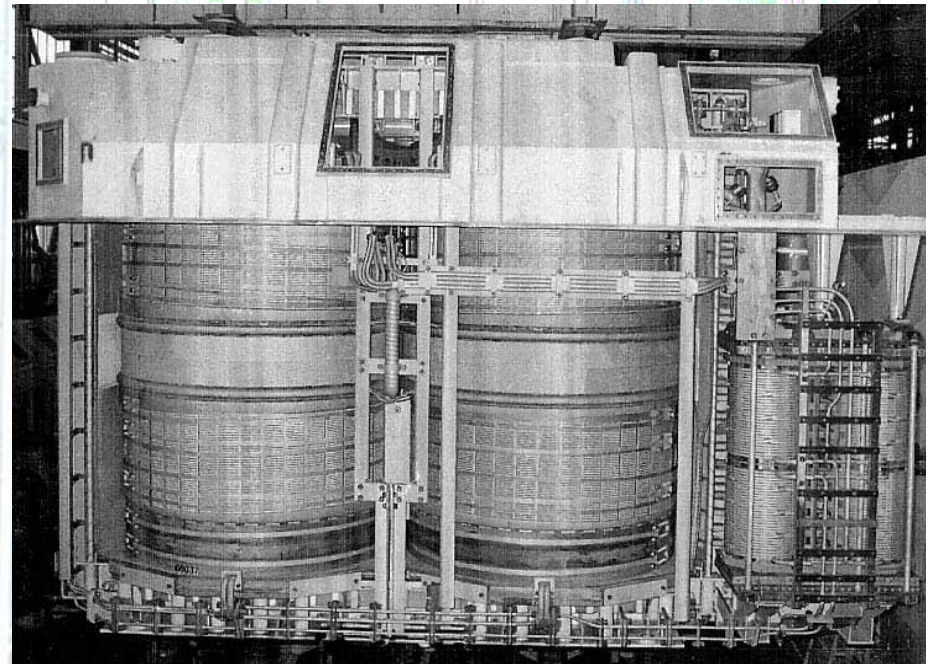
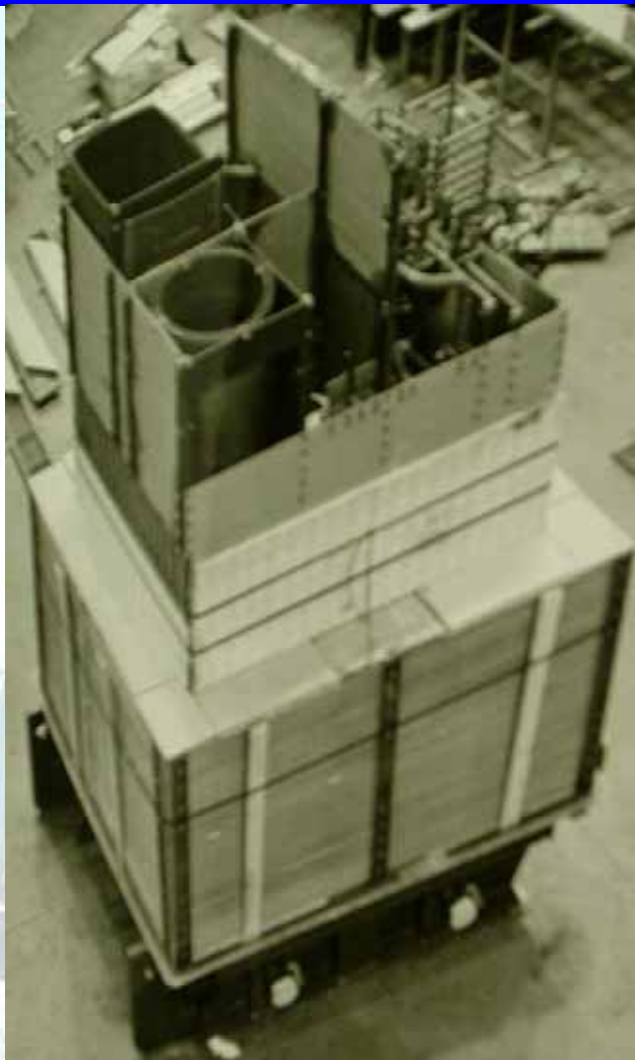
PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

- REVISAR BASE DE DATOS
- INSTALAR EL EQUIPO
- INSTALAR LOS SENSORES
 - Tipo de transformador
 - Todas las paredes son cubiertas, especial atención en la parte inferior de las boquillas, conexión a tierra del núcleo, cambiadores de derivación bajo carga y sin carga, etc.
 - Se evitan áreas cercanas a la salida de las bombas, partes flojas o vibrando, etc.
 - Registra la posición
 - Instalan los cables



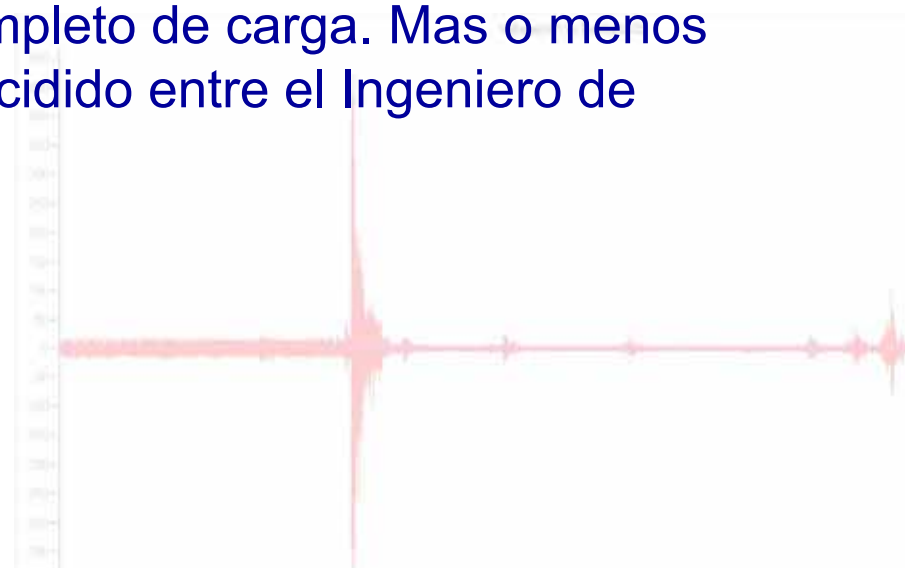
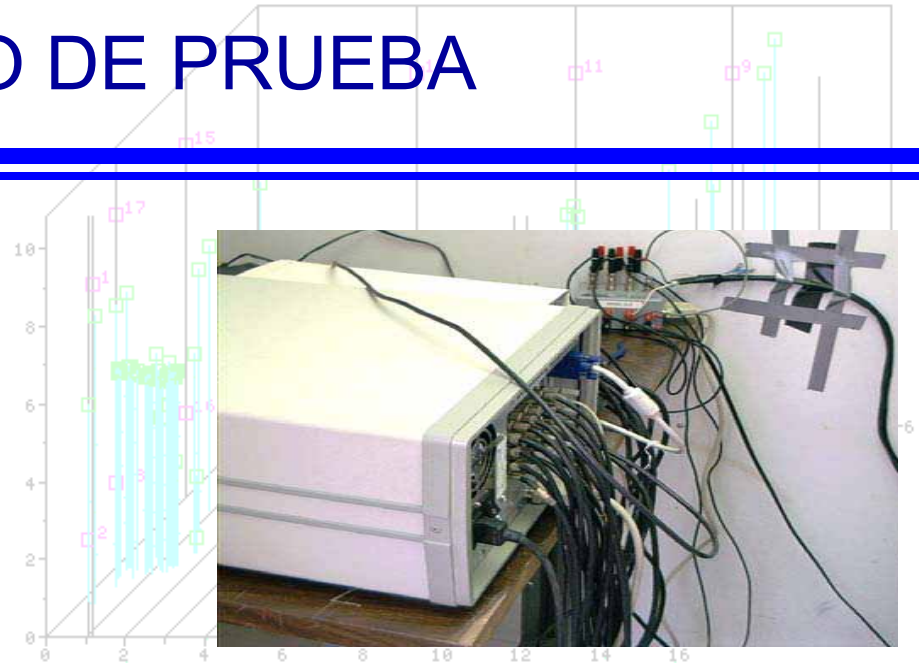
NEXT

PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

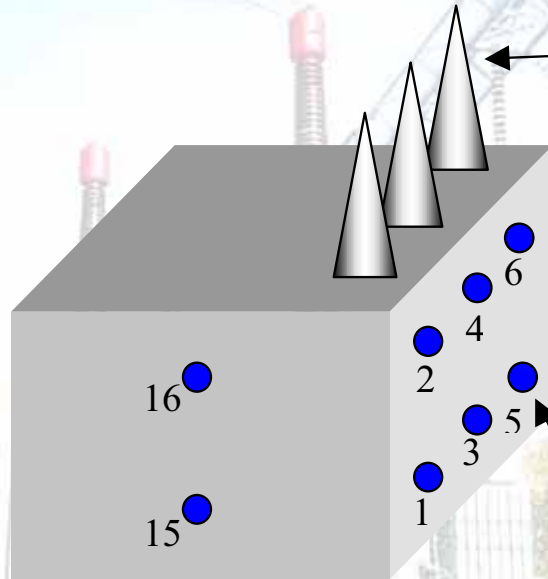


PROCEDIMIENTO DE PRUEBA

- CALIBRACION DEL SISTEMA
- INSTALAR PARAMETRICOS
- AJUSTES DE SOFTWARE
- PRUEBA DE RUIDO DE FONDO
- ACQUISICION DE DATOS
 - 24 horas para tener un ciclo completo de carga. Mas o menos tiempo de monitoreo debe ser decidido entre el Ingeniero de Pruebas y el cliente.
- REGISTRO DE LA PRUEBA
- TERMINAR PRUEBA
- ANALIZAR DATOS
- REPORTE

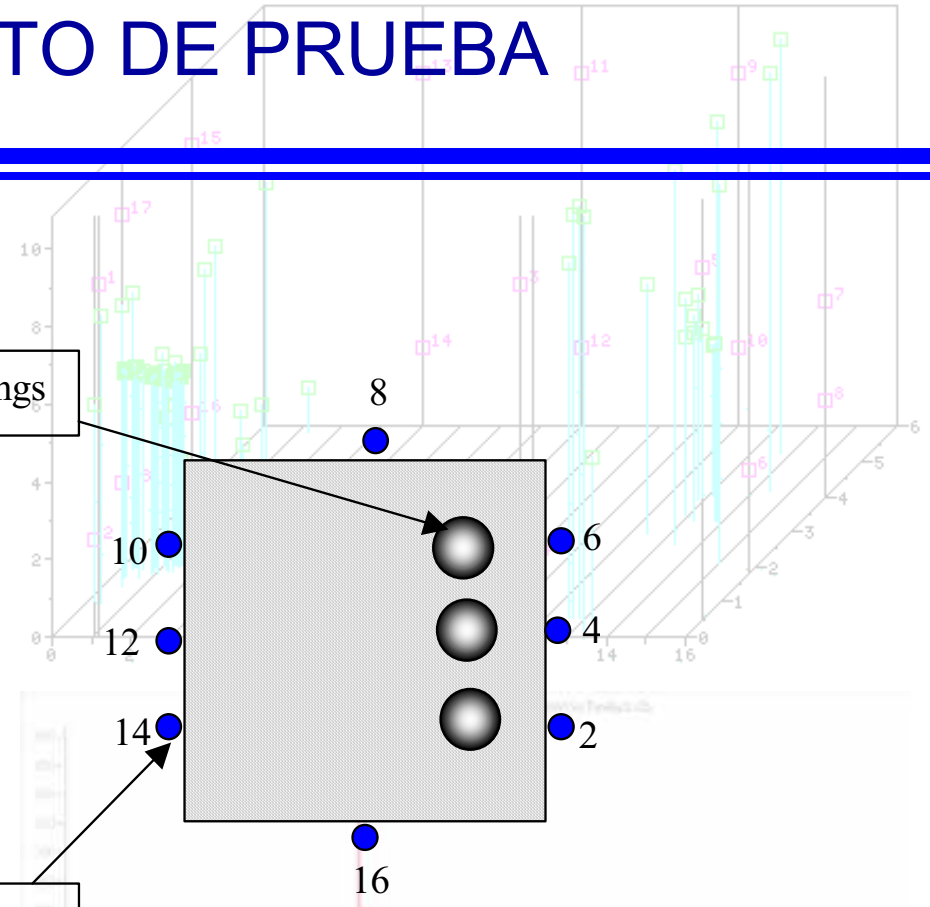


PROCEDIMIENTO DE PRUEBA



Bushings

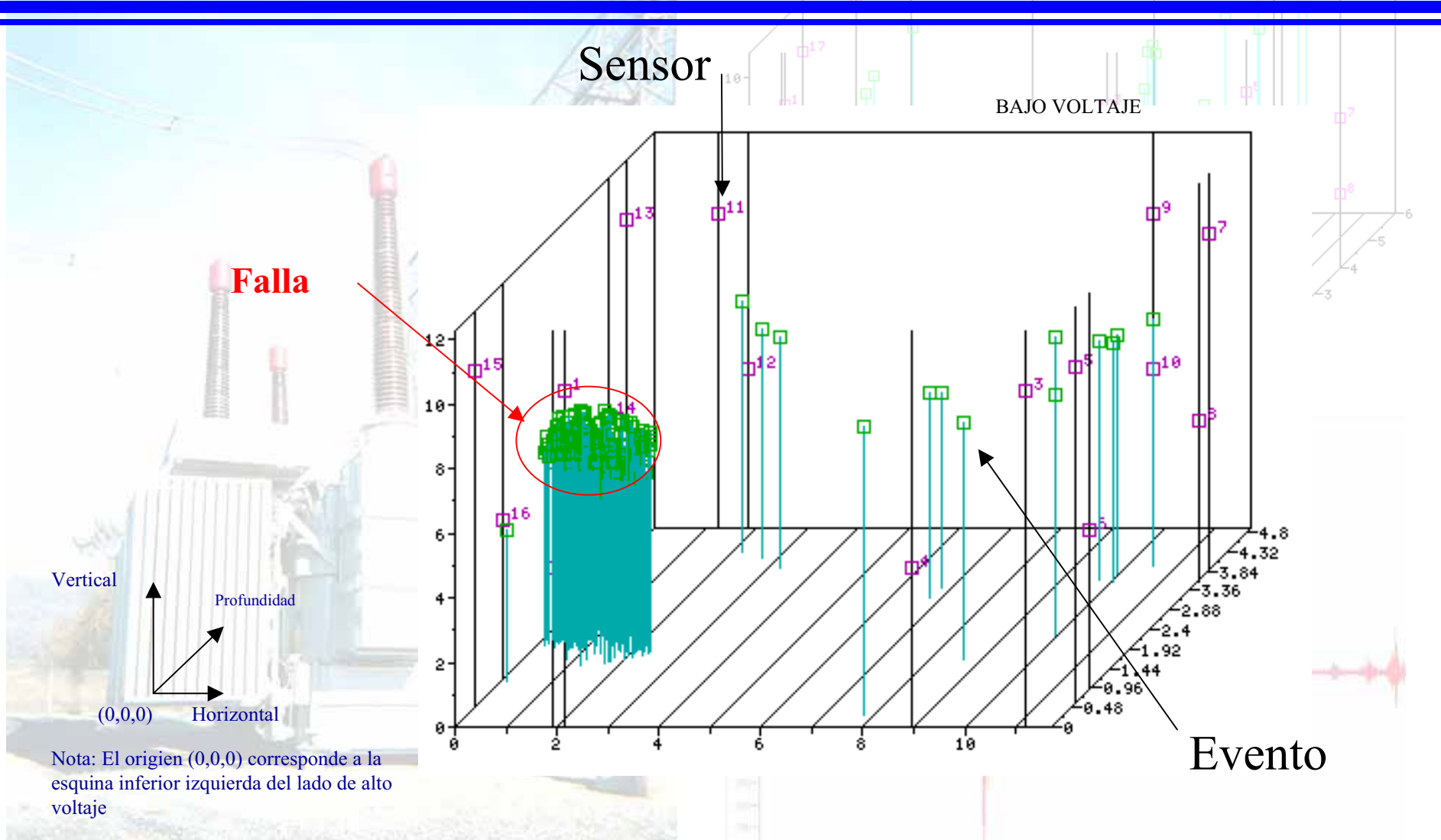
Sensors



Top view looking down

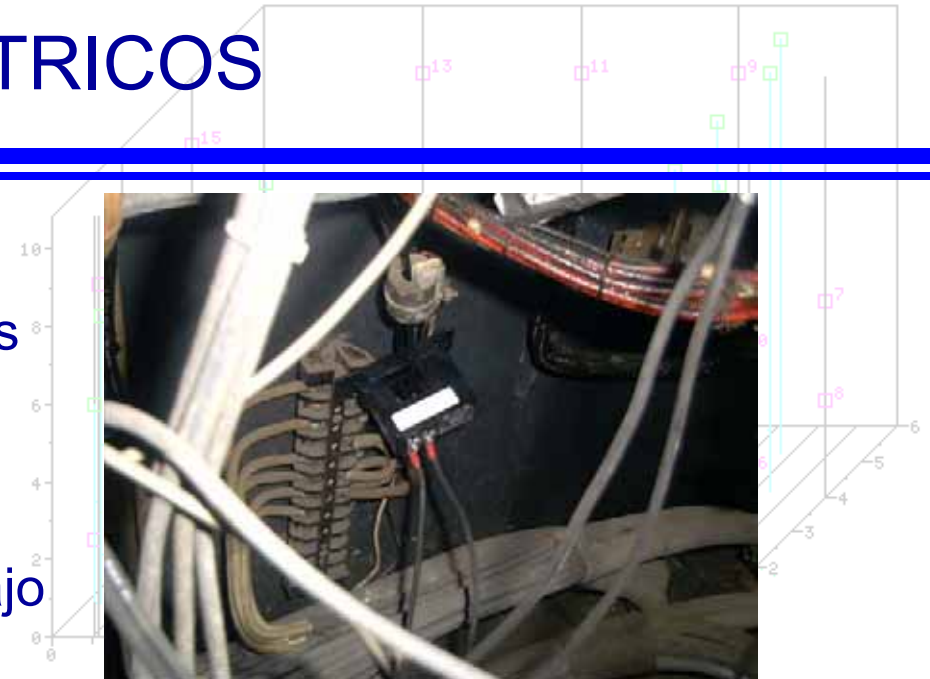
Three-Phase transformer layout.

GRAFICA DE TRES DIMENSIONES



PARAMETRICOS

- Corriente de carga
- Corriente de bombas/ventiladores
- Temperatura
 - Tanque principal
 - Cambiador de derivaciones bajo carga



ANALISIS DE DATOS

- **FILTRANDO RUIDOS EXTERNOS INDESEABLES**

- ◆ Impacto de particulas (viento).
- ◆ Gotas de lluvia golpeando el tanque
- ◆ Ruido de operacion de bombas (Areas de turbulencia debido al flujo de las bombas)
- ◆ Operaciones del cambiador bajo carga
- ◆ Ruido debido a la vibracion de accesorios

- **OBTENER DETALLES DE LOS EVENTOS**

- Localizacion con 4 "hits"
- IDENTIFICACION DE LA FALLA
- ANALISIS DE PARAMETRICOS



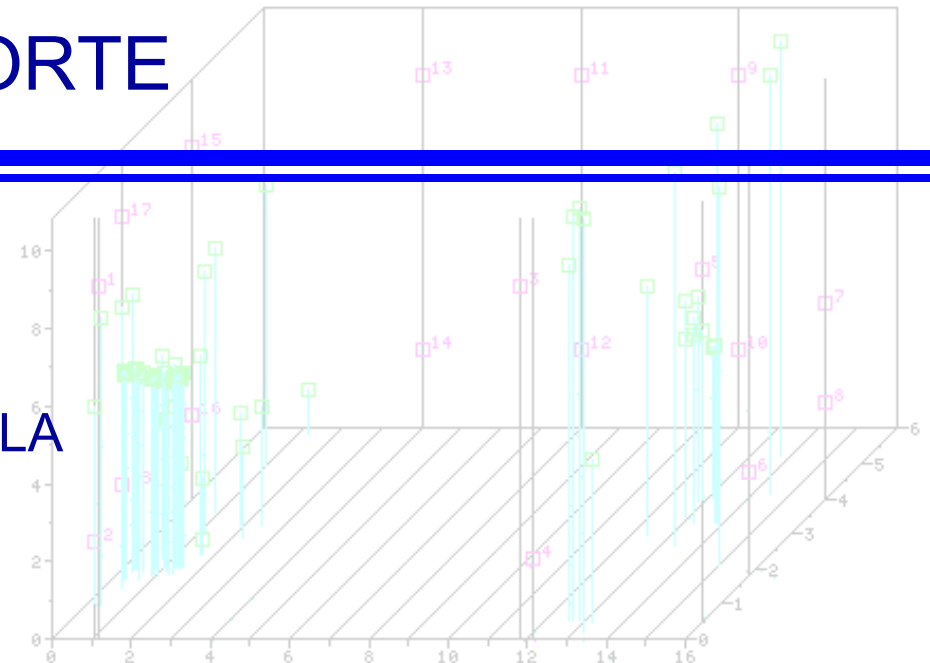
REPORTE

- LOCALIZACION DE LA FALLA
- CARACTERISTICAS DE LA FALLA
- CORRELACION CON AGD
- SEVERIDAD

• La severidad de la actividad detectada es determinada desde “A” (“buen estado”) a “D” (“mal estado”).

• Determinar si se requiere dar seguimiento

- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- LLENAR BASE DE DATOS



APLICACION DE LA PRUEBA DE EA

- DURANTE OPERACION NORMAL
- FABRICAS DE FABRICANTES O TALLERES DE REPARACION
- DURANTE PUESTA EN SERVICIO
- CONDICIONES ESPECIALES DE OPERACION
 - a) SOBRECARGAS
 - b) TORMENTAS SOLARES

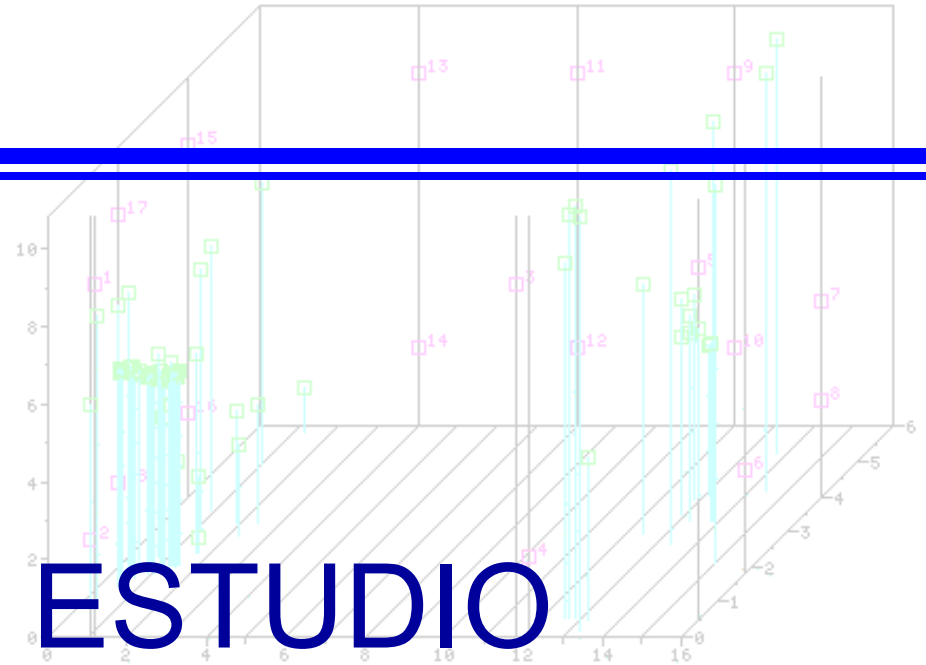


NEXT

SEVERIDAD

- A. NORMAL.** NO SE DETECTO ACTIVIDAD ACUSTICA. CONTINUE LA OPERACION NORMAL.
- B. ACTIVIDAD DE BAJA INTENSIDAD** DETECTADA. NO SE REQUIERE DAR SEGUIMIENTO, MANTENER EL AREA COMO REFERENCIA PARA PRUEBAS O INSPECCIONES INTERNAS FUTURAS. CONTINUE LA OPERACION NORMAL .
- C. INTENSIDAD MEDIA** SE RECOMIENDA DAR SEGUIMIENTO, USAR OTRAS PRUEBAS NO-DESTRUCTIVAS PARA CONFIRMAR Y MONITOREAR LOS GASES DISUELTOS A MAYOR DETALLE.
- D. INTENSIVA.** SEGUIMIENTO ES MUY RECOMENDADO. USE OTRAS PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS PARA CONFIRMAR, INCREMENTE LOS PERIODOS DE MUESTREO DE ACEITE, PLANEE LA SALIDA DE OPERACION Y CONSIDERE EFECTUAR UNA INSPECCION INTERNA O MANTENIMIENTO MAYOR.

CASOS DE ESTUDIO



Caso 2

Transformador TR74

Probado en Octubre 2001.

No se detectaron eventos

Actividad continua canal 12

Fallo en Enero 2003 (15 meses despues EA test)

Area de falla: Devanado de alta tension, parte baja bobina fase C



Canal 12



Caso 2

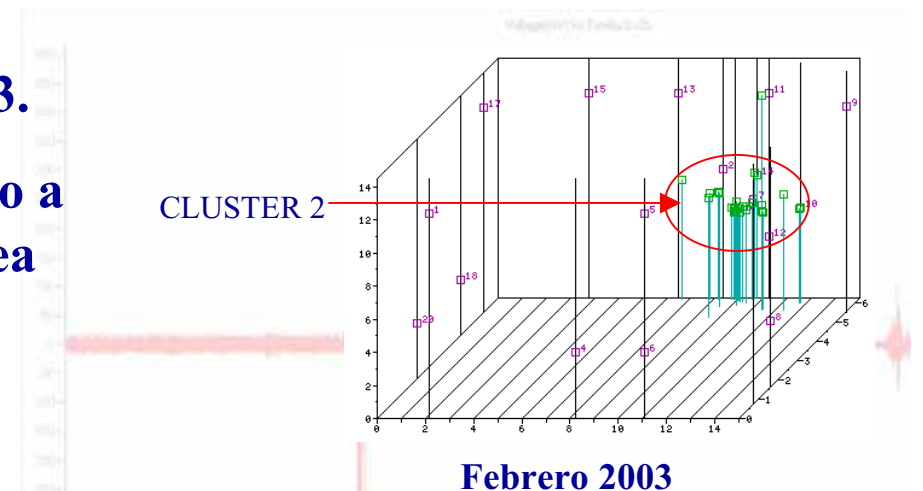
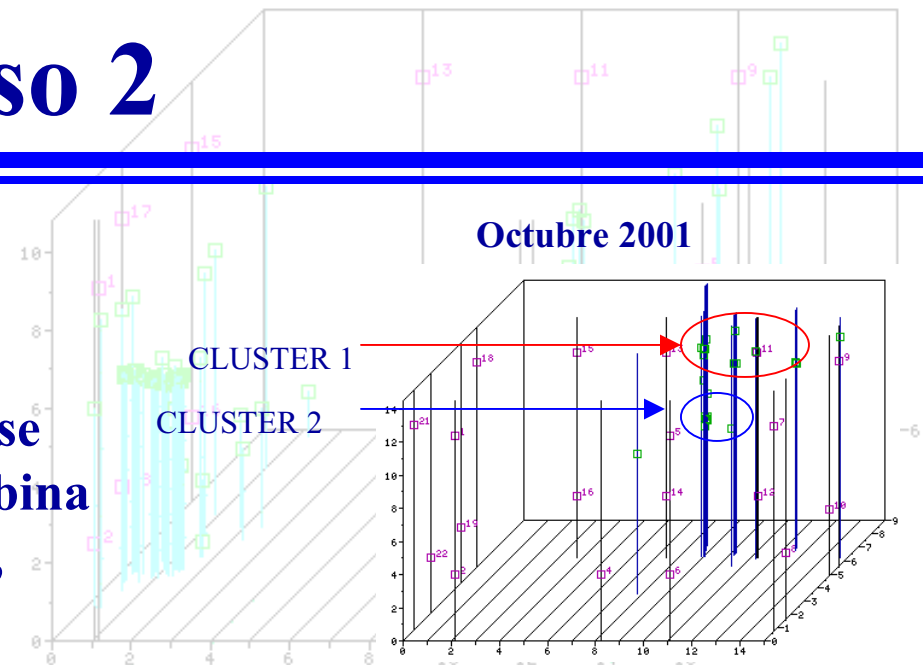
Transformador TR72

- Probado en October 2001:

Dos areas de actividad, ambos en la Fase C. “Cluster” 1 en la parte alta de la bobina y cluster 2 en la parte media. Tambien, actividad continua fue detectada en la parte inferior de esa bobina.

- Probado nuevamente en Febrero 2003.

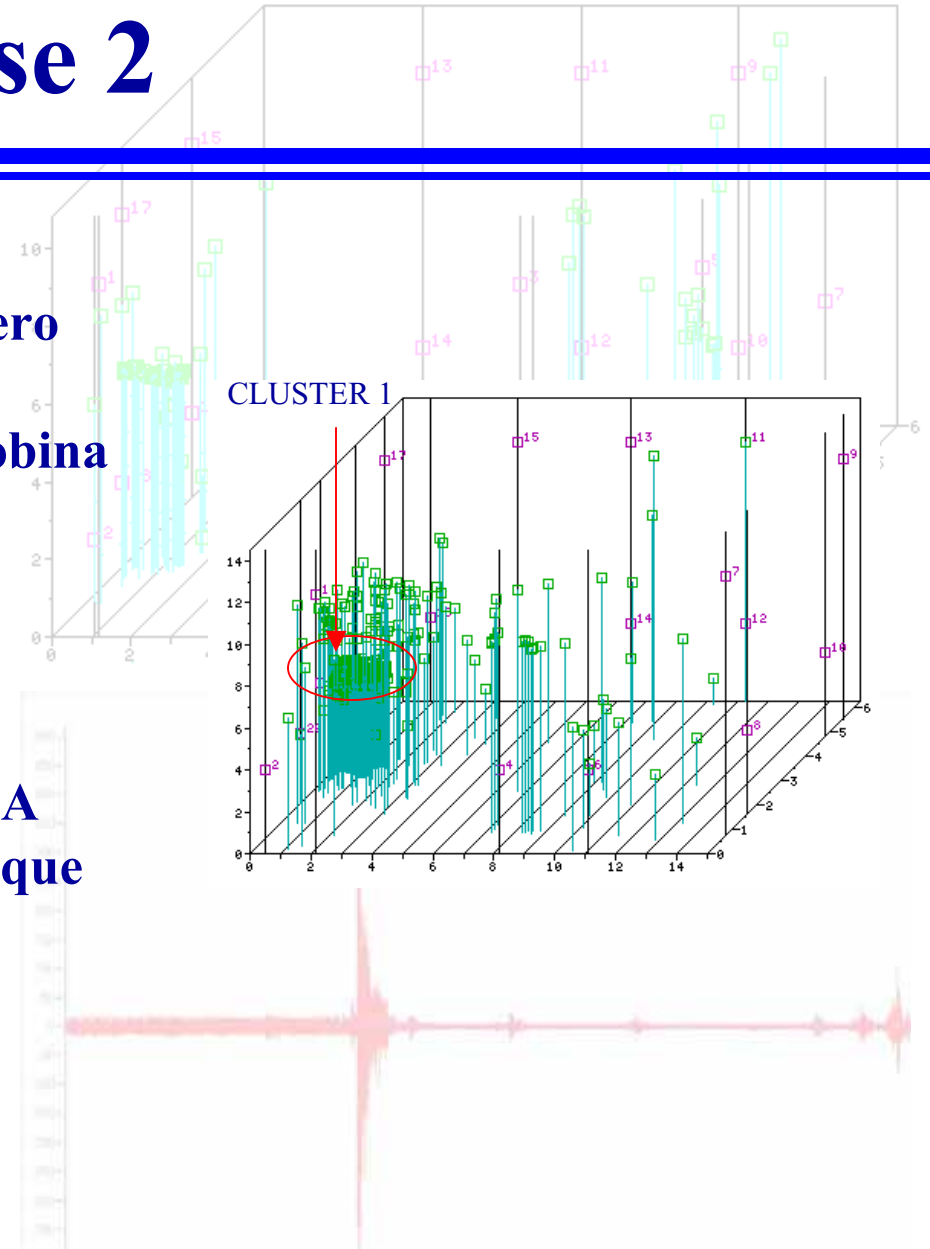
- Incremento en actividad con respecto a la prueba realizada en 2001, misma area donde la unidad TR74 fallo.



Case 2

Transformador TR73

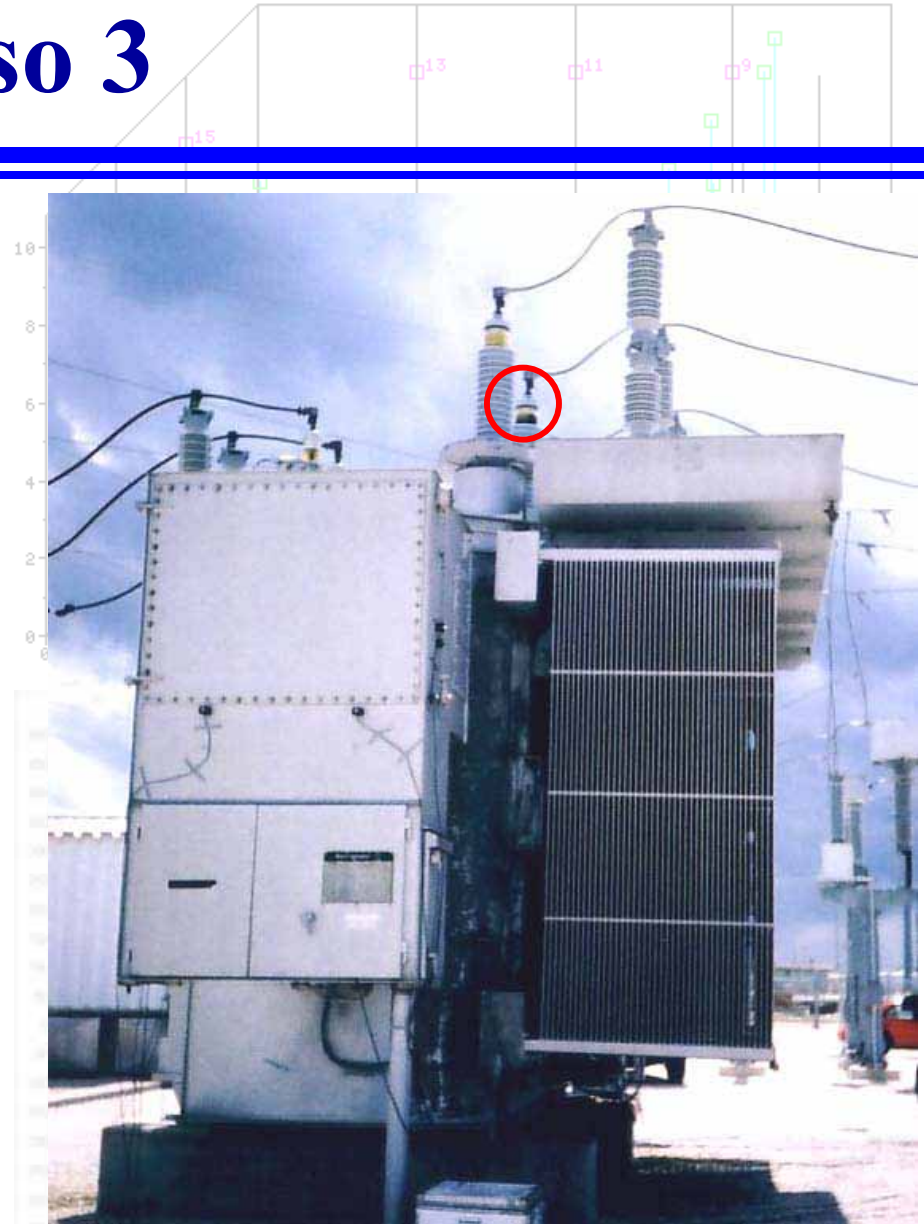
- Probado por primera vez en Febrero 2003. Fuente de actividad acustica localizada en la parte baja de la bobina Fase A. “Cluster” 1
- Origenes posibles:
 - A) Transformador de regulacion
 - B) Parte baja de la bobina de la Fase A (misma posicion – fase diferente – que unidades TR72 & TR74)
- Sigue en operacion



Caso 3

**Autotransformador,
originalmente un
Westinghouse pero
reparado por GE en 1989,
138/69 kV, OA/FA/FOA,
50/66/83/93 MVA, tipo
nucleo.**

**Aceite en parte superior de
la boquilla de alta tension
H2 estaba oscureciendose..**

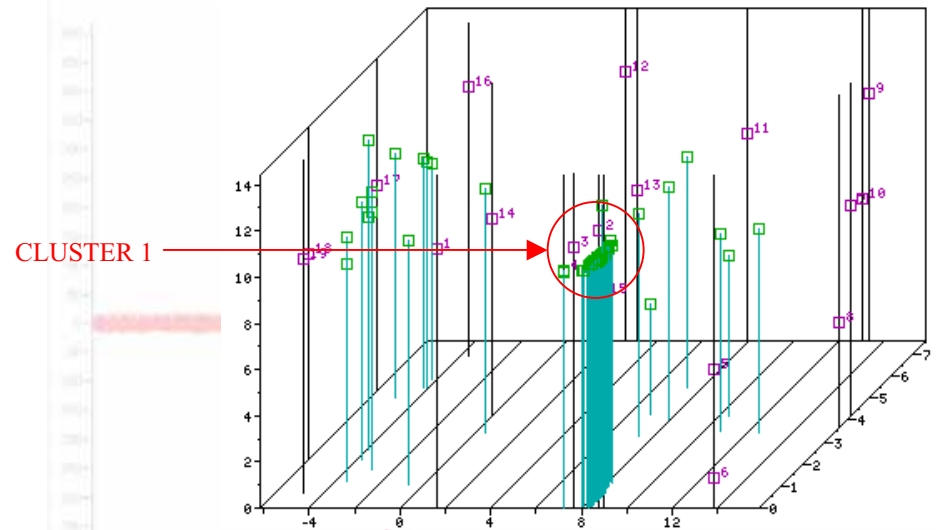


Caso 3

No se esperaba encontrar actividad acustica en el tanque principal ya que los valores de gases disueltos indicaban operacion normal de el transformador.

DATE	H2	CO	CO2	CH4	C2H6	C2H4	C2H2	TDCG
7/23/2002	0	210	1551	6	1	15	0	232

“Cluster” 1 localizado unas pocas pulgadas de la pared de alto voltaje (HV) , justo enfrente del area donde se encuentra la parte inferior de esta boquilla (H2).



Caso 3

Transformador fue sacado de operacion en Mayo del 2003 para realizar pruebas de factor de potencia. Una muestra de aceite fue tomada de la boquilla. Se hizo una prueba de campo con un Hydran al aceite de la boquilla y una muestra fue enviada al laboratorio para analisis.

Boquilla	Hidrogeno
H1	28 ppm
H2	> 2500 ppm
H3	23 ppm
X1	5 ppm
X2	27 ppm
X3	54 ppm

Como puede verse, altas concentraciones de hidrogeno fueron detectados en la boquilla H2. El origen mas probable de este gas seria actividad de descargas parciales. Esta es la **misma boquilla** donde se detecto la actividad acustica en el tanque principal.

Esta boquilla fue sacada de operacion y enviada al fabricante.

CASO 4

Deteccion de descargas parciales durante la prueba de voltaje inducido.



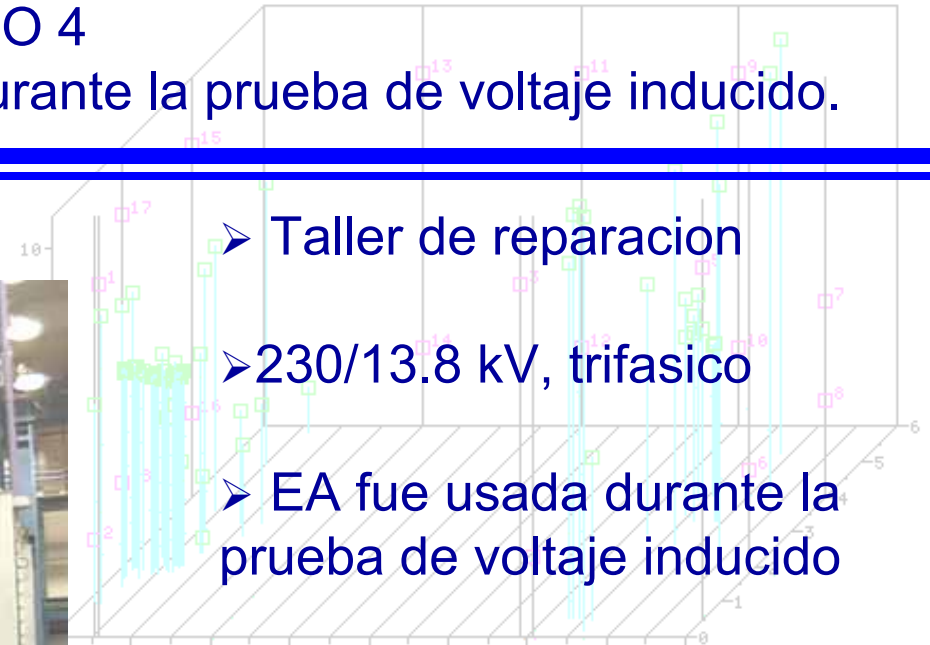
➤ Taller de reparacion

➤ 230/13.8 kV, trifasico

➤ EA fue usada durante la prueba de voltaje inducido

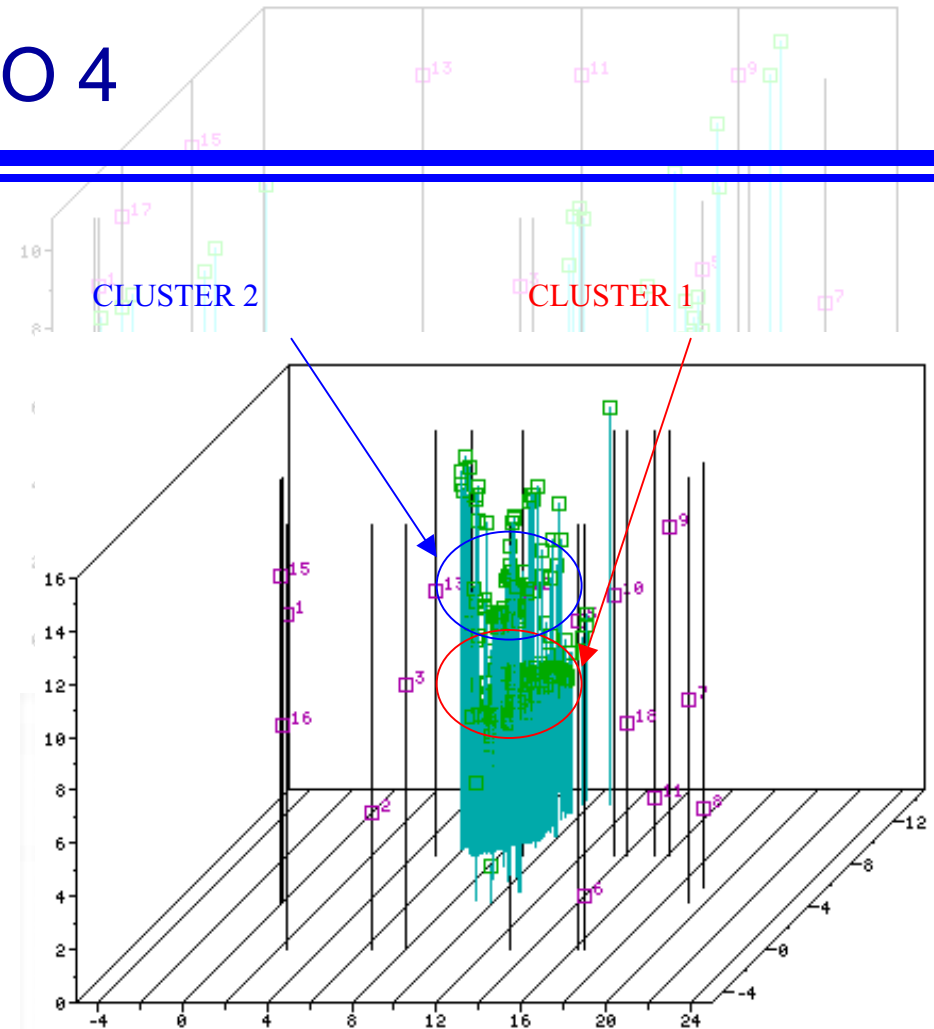
➤ RIV indico hasta $2000 \mu\text{V}$ y un nivel de 400 pC en la fase A


➤ Sensores fueron reposicionados en base a la actividad acustica detectada.



CASO 4

- Dos areas de actividad fueron detectadas
- EA detectadas al 50% del voltaje nominal
- EA registrada con niveles de $100\mu\text{V}$ de RIV
- Inspeccion interna:
 - Descoloracion en el papel aislante de la phase B
 - Terminales de baja tension y del cambiador bajo carga no estaban separadas adecuadamente ni bien aisladas.
- Unidad probada despues de ser reparada y se obtuvo un valor de $200\mu\text{V}$





OTRAS APLICACIONES PARA EQUIPO DE POTENCIA

QSL
Plus

Quality
Services
Laboratories, Inc.

JULIO 2005
SANTIAGO, CHILE
Copyright © 2005 – Quality Services Laboratories

CONAM
Inspection and Engineering Services, Inc.

ANALISIS DE GASES DISUELTOS -EN CAMPO-

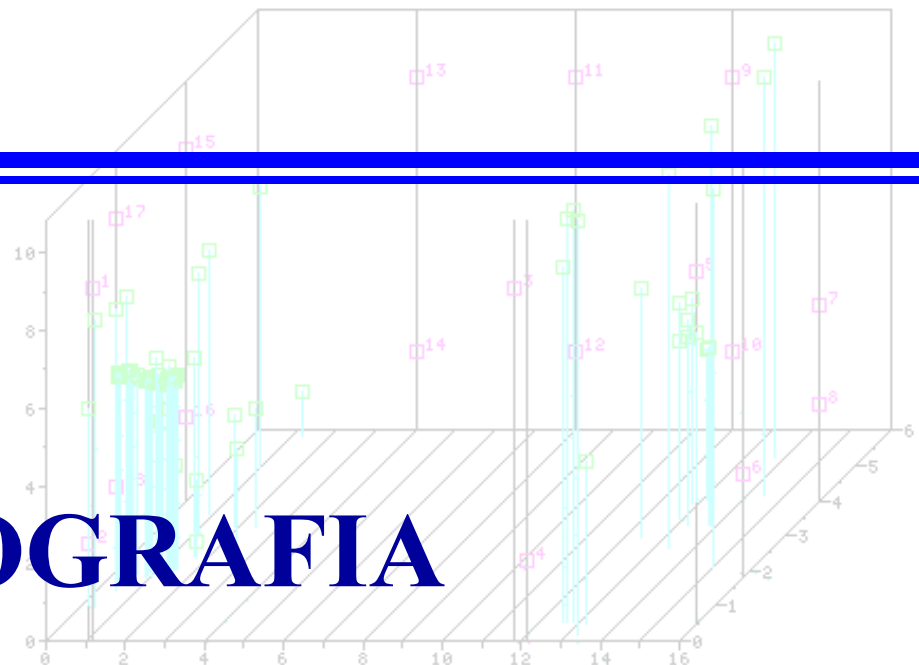




- CROMATOGRAFO PORTATIL
- DETECTA TODOS LOS GASES DE FALLA
- RESULTADOS OBTENIDOS EN 20 MINUTOS
- PUEDE SER USADO EN TRANSFORMADORES, INTERRUPTORES Y CAMBIADORES DE DERIVACION BAJO CARGA

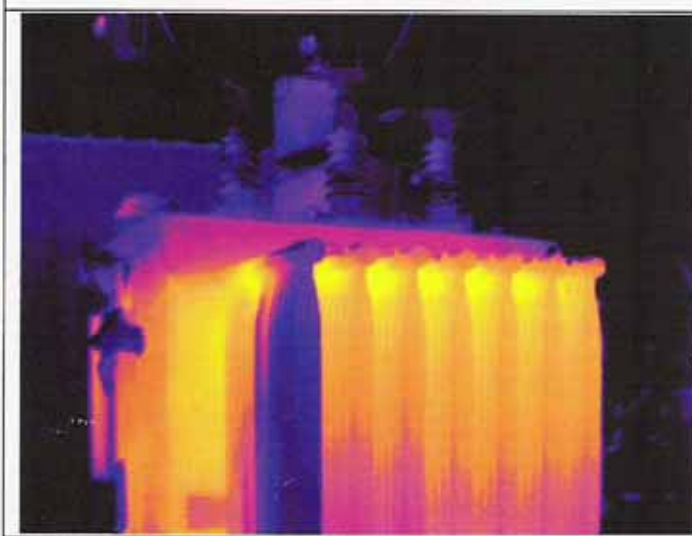


TERMOGRAFIA



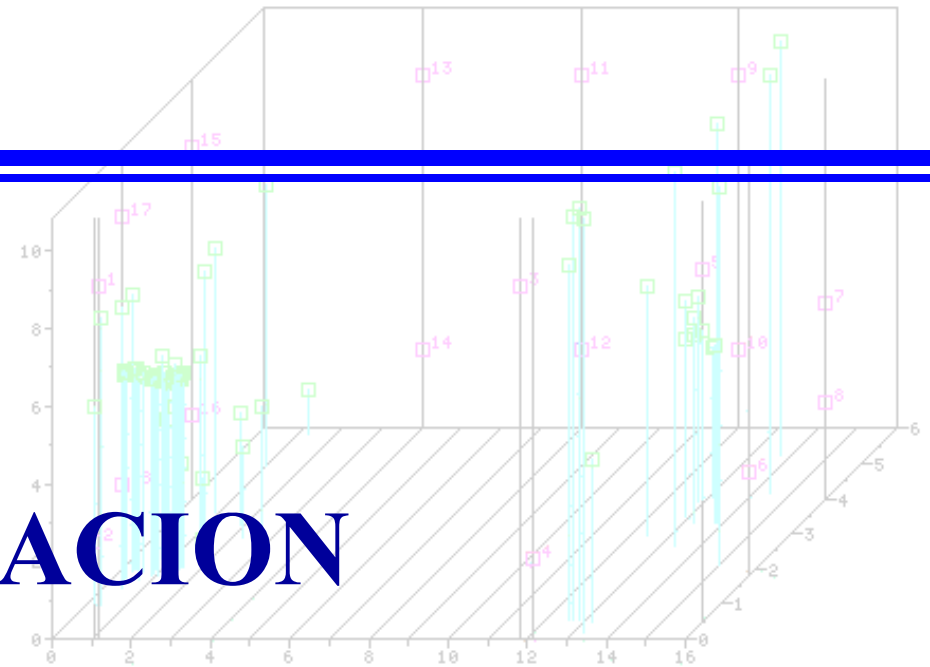
TERMOGRAFIA

- EFICIENCIA DEL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO
- CONEXIONES
- NIVEL DE ACEITE
- ACCESORIOS (BOMBAS, CAMBIADOR)

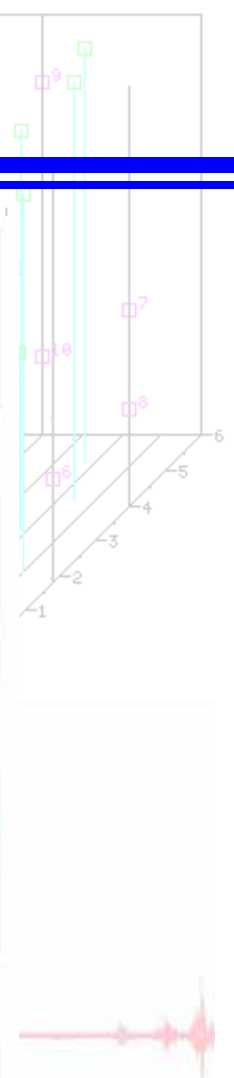


VIBRACION

- AFLOJAMIENTO DE COMPONENTES INTERNOS
- MEDICIONES PERIODICAS PERMITEN DETECTAR TENDENCIAS EN EL COMPORTAMIENTO DEL EQUIPO



ALGUNAS REFERENCIAS





PREGUNTAS?
anunezdmz@msn.com

