

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“ESTUDIO DE PERDIDAS EN LOS
TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE
MEDIA Y BAJA TENSION”**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECANICA ELECTRICISTA**

JOSE ARNULFO GONZALES DE LA CRUZ

PROMOCION 1983-I

LIMA-PERU

2007

ESTUDIO DE PERDIDAS EN LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN

	Página
PRÓLOGO	1
CAPITULO I	2
1. INTRODUCCION	2
1.1 OBJETIVO	4
CAPITULO II	5
2. FUNDAMENTOS TEORICOS DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	5
2.1. DEFINICIÓN	5
2.2. TIPOS	8
2.3. CLASIFICACION	10
2.4. EFICIENCIA	11
2.5. EFICIENCIA MAXIMA DE UN TRANSFORMADOR	12
CAPITULO III	14
3. TIPOS DE PÉRDIDAS EN LOS TRANSFORMADORES	14
3.1. PERDIDA POR HISTERESIS	14
3.2. PERDIDA POR CORRIENTE FOUGAULT	17
3.3. PERDIDA EN EL COBRE	21
CAPITULO IV	22
4. DETERMINACION DE PÉRDIDAS POR ENSAYOS	22
4.1. PRUEBA DE VACIO	22
4.2. PRUEBA DE CORTOCIRCUITO	24

CAPITULO V	26
5. REDUCCION DE PÉRDIDAS EN LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA	26
5.1. REDUCCION DE PÉRDIDA EN EL NUCLEO	26
5.2. REDUCCION DE PÉRDIDA EN EL COBRE	28
CAPITULO VI	29
6. DETERMINACION DE LA EFICIENCIA DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA	29
6.1. EFICIENCIA DEL TRANSFORMADOR CON PERDIDAS	29
6.2. EFICIENCIA DEL TRANSFORMADOR CON REDUCCION DE PERDIDAS	31
CAPITULO VII	
7. GESTION DE CALIDAD EN LOS TRANSFORMADORES	34
7.1. NORMAS	34
7.2. PROTOCOLO DE PRUEBAS	36
CAPITULO VIII	41
8. ESTUDIO ECONOMICO	41
8.1. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO O Y COSTO	41
8.2. PERDIDAS QUE INFLUYEN EN EL COSTO	44
CONCLUSIONES	50
BIBLIOGRAFIA	53
ANEXOS	

PRÓLOGO

En una electrificación rural o urbano es indispensable el uso de transformadores de distribución de media y baja tensión, cuya función es la de bajar la tensión o un voltaje deseado.

Los transformadores por ser máquinas estáticas y estar contruidos por material ferromagnéticos la cual tiene la cualidad de oponerse a la variación de la inducción magnética ocasionando pérdidas llamada histéresis, que significa retraso.

El calentamiento por efecto joule que aparece en el material a consecuencias de las corrientes de foucault que se inducen en el, por ser variable el flujo con el tiempo. A estas pérdidas, sumada la perdida en el cobre, son la materia de estudio y minimizarlo para optimizar el transformador.

En el capítulo I, se hace mención a la descripción del transformador y la meta que se quiere obtener.

En el capítulo II, se da conocer los fundamentos teóricos del transformador de potencia, los tipos y su eficiencia.

En el capítulo III, trata sobre los tipos de pérdidas en los transformadores.

En el capítulo IV, se describe las pruebas de vacío y cortocircuito.

En el capítulo V, se da conocer la reducción de pérdidas en el núcleo y en el cobre.

En el capítulo VI, se determina la eficiencia del transformador con pérdidas y con reducción de pérdidas.

En el capítulo VII, trata sobre la gestión de calidad en los transformadores, normas y protocolo de pruebas.

En el capítulo VIII, se hace referencia al estudio económico.

Al final se presta conclusiones y anexos.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

Los transformadores son probablemente la parte de equipo de mayor uso en la industria eléctrica varían en tamaño desde una miniatura para radio transistores hasta gigantescos que pesan toneladas que se emplean en las centrales de distribución de energía eléctrica. Sin embargo, todos los transformadores tienen las mismas propiedades básicas como se verán más adelante.

Cuando existe una inducción mutua entre dos bobinas o devanados, un cambio en la corriente que pasa por uno de ellos, induce un voltaje en el otro. Todos los transformadores poseen un devanado primario y uno o más secundarios. El devanado primario recibe energía eléctrica de una fuente de alimentación y acopla esta energía al devanado secundario mediante un campo magnético variable. La energía toma la forma de una fuerza electromotriz que pasa por el devanado secundario y, si se conecta una carga a este, la energía se transfiere a la carga. Es así que la energía eléctrica se puede transferir de un circuito a otro sin que exista una conexión física entre ambos.

Cuando un transformador esta funcionando, pasan corrientes alternas por sus devanados y se establece un campo magnético alterno en el núcleo de hierro, como resultado, se producen perdidas de cobre y hierro que representan potencia real (watts) y que hacen que el transformador se caliente. Para establecer un campo magnético se requiere un potencia reactiva (vars) que se obtiene de la línea de alimentación.

Generalmente se usa el grupo Dy5 para transformadores de distribución, y que las perdidas en el hierro son constantes y no dependen de la carga, mientras que las perdidas en el cobre son directamente proporcionales al cuadrado de la carga.

Un transformador tiene el siguiente circuito.

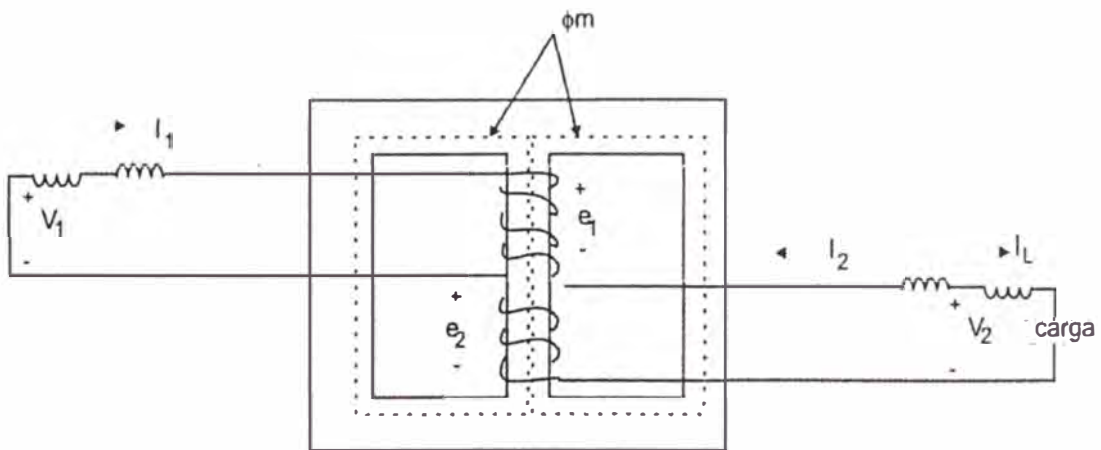


FIG. 1.1. Transformador de potencia

E_1 : fuerza contraelectromotriz autoinducida en el primario.

E_2 : fuerza electromotriz inducida en el secundario

N_1 : número de espiras del devanado primario

N_2 : Número de espiras del devanado secundario

Φ_m : flujo mutuo máximo

f: frecuencia de red de alimentación

R: resistencia de los devanados

X : reactancia

Se cumple las siguientes ecuaciones:

$$E_1 = 4,44 f N_1 \Phi_m \dots\dots\dots (1.1)$$

$$E_2 = 4,44 f N_2 \Phi_m \dots\dots\dots (1.2)$$

$$V_1 = (R_1 + jX_1) I_1 + E_1 \dots\dots\dots (1.3)$$

$$V_2 = (R_2 + jX_2) I_2 + E_2 \dots\dots\dots (1.4)$$

1.1 OBJETIVO

Determinación de las pérdidas en los transformadores de potencia de media y baja tensión y minimizarla para obtener una mayor eficiencia.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL TRANSFORMADOR DE POTENCIA

2.1. DEFINICIÓN

Los transformadores son aparatos estáticos de inducción destinados a transformar un sistema de corriente alterna en otro, pero de intensidad y tensión diferente, manteniendo la frecuencia constante.

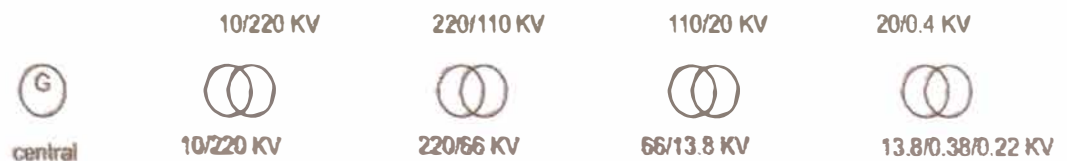


Fig. 2.1. Transporte de Energía desde la central hasta el abonado

2.1.1. Transformador Ideal

En un transformador ideal se supone que:

- Son despreciables las resistencias de los devanados.
- Es despreciable la pérdida en el núcleo
- El flujo magnético total atraviesa todas las espiras de ambos devanados
- La permeabilidad del núcleo es tan elevada que con una fuerza magnetomotriz despreciable se consigue el flujo necesario

- Las capacidades de los devanados son despreciables.
- Por tanto un transformador ideal no tiene pérdidas, no existen fugas magnéticas y sin corriente de excitación.

Además sabemos que:

$$V_1 = R_1 i_1 + N_1 \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots(2.1.)$$

$$V_2 = R_2 i_2 + N_2 \frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots (2.2)$$

Como el transformador es ideal entonces:

$$R_1 = R_2 = 0 \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\text{Entonces : } \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \dots\dots\dots (2.4)$$

2.1.2. Transformador Real

En un transformador real con núcleo de hierro debemos de tener en cuenta al menos en forma aproximada, las siguientes imperfecciones existentes.

- Los devanados tienen resistencia
- Existen fugas magnéticas
- Para crear el flujo se precisa una corriente de excitación
- En el núcleo se producen pérdidas por histéresis y por corrientes de Foucault.

De la figura 1, las tensiones V_1 y V_2 se pueden presentar como:

$$V_1 = R_1 i_1 + L_{f1} \frac{di_1}{dt} + e_1 \dots \dots \dots (2.5)$$

$$V_2 = R_2 i_2 + L_{f2} \frac{di_2}{dt} + e_2 \dots \dots \dots (2.6)$$

Vectorialmente

$$V_1 = (R_1 + j X_{f1}) I_1 + E_1 \dots \dots \dots (2.7)$$

$$V_2 = (R_2 + j X_{f2}) I_2 + E_2 \dots \dots \dots (2.8)$$

2.1.3 Circuitos equivalentes

2.1.3.1. Transformador ideal

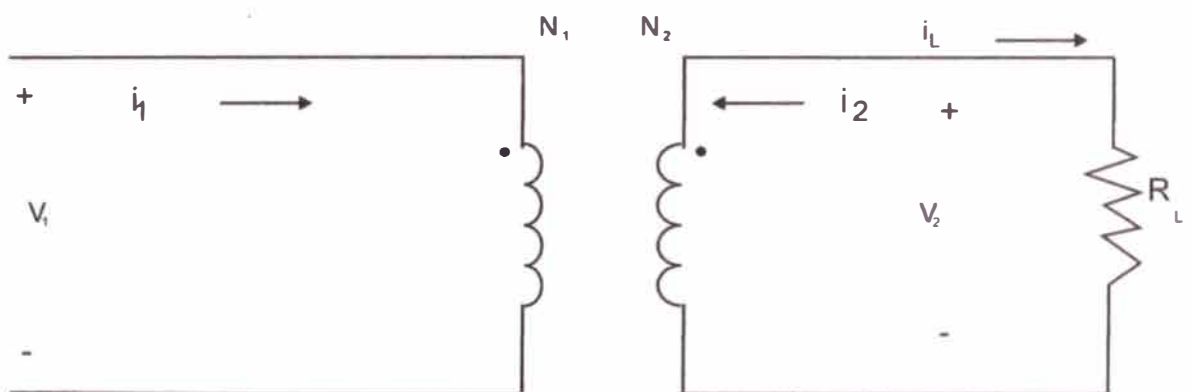


Fig. 2.2 Transformador ideal

2.1.3.2 Transformador Real

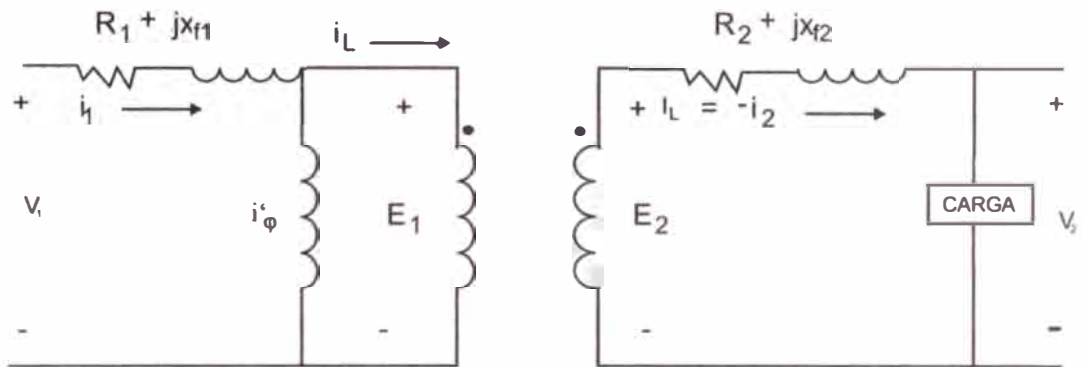


Fig. 2.3. Transformador Real

Circuito equivalente aproximado del transformador monofásico con carga referido al primario.

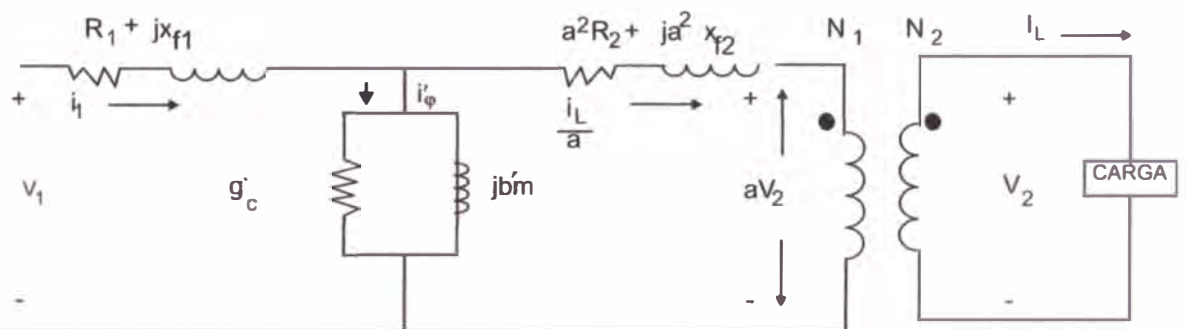


Fig. 2.4. Circuito equivalente referido al primario

2.2. TIPOS

Los transformadores pueden estar destinados a transformar potencias de cierta consideración alimentados por tensión y frecuencias fijas y variables.

Existen tres tipos de transformadores.

2.2.1. Transformadores de potencia.

Destinados a transformar potencia, alimentadas por tensión y frecuencia fija.

2.2.2. Transformadores de comunicación

Previstos para trabajar con tensiones y frecuencias variables y deben introducir diferencias los menores posibles, entre las formas de onda de las tensiones y corrientes de los lados primario y secundario.

2.2.3. Transformadores de medida

Hay dos transformadores especiales que son utilizados en los sistemas de potencia para mediciones. Uno es el transformador de potencial y el otro el transformador de corriente-

2.2.3.1. Transformador de potencial.

Es un transformador con un primario de alto voltaje y un secundario de baja tensión. Su potencia nominal es muy pequeña y su función es entregar una muestra de voltaje del sistema al instrumento de medición.

Debe ser muy preciso para que no distorsione los valores verdaderos.

2.2.3.2. Transformador de corriente

Es un transformador en que el devanado secundario esta arrollado sobre un anillo de material ferromagnético y por cuyo centro Atraviesa la línea primaria, el cual induce corriente y voltaje en el arrollamiento secundario tal como se muestra en el esquema siguiente.

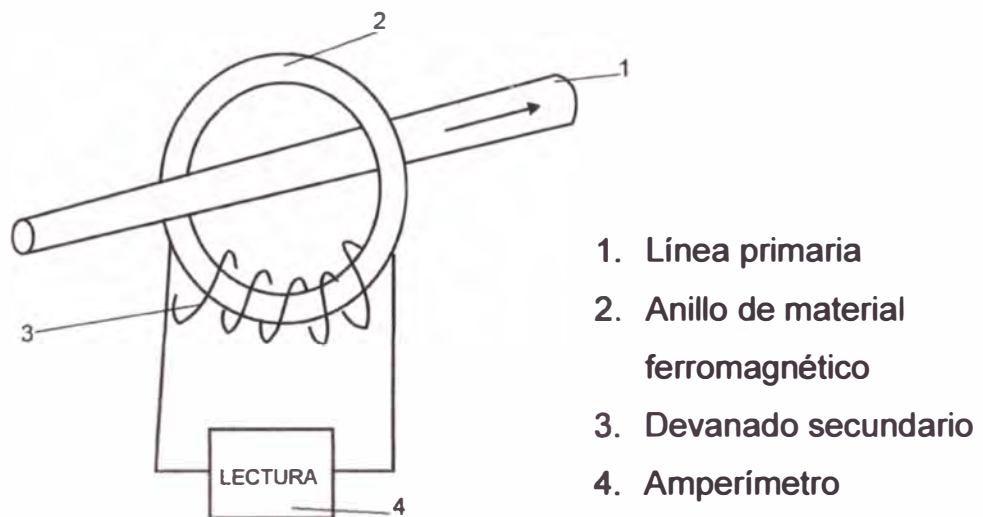


Fig. 2.5. Esquema del Transformador de corriente

2.3. CLASIFICACIÓN:

La clasificación de los transformadores según su tensión es la siguiente: monofásicos, trifásicos, trifásicos-exafásicos, trifásicos-dodecafásicos, trifásicos-monofásicos.

De esta clasificación las mas usadas dentro de un sistema de distribución son las monofásicas y trifásicas.

Los transformadores para circuitos trifásicos pueden construirse de dos formas uno de ellos consiste en tomar tres unidades monofásicas y conectarlas, la otra alternativa que es la mas usada por ser la mas económica es proveer un transformador trifásico, constituido por tres juegos de devanados arrollados sobre un núcleo común.

En los transformadores trifásicos, los primarios y secundarios pueden conectarse independientemente en (Y) o en delta (Δ).

En el sistema de distribución la mas usada es la conexión (Δ Y), donde los voltajes primarios de línea y de fase son iguales, $V_{LP} = V_{\phi P}$, mientras que las tensiones secundarias cumplen la relación $V_{LS} = \sqrt{3} V_{\phi S}$.

Es así que la relación entre los voltajes de la línea del transformador es:

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{\phi P}}{\sqrt{3} V_{\phi S}}$$

$$\therefore \frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{a}{\sqrt{3}} \dots\dots\dots (2.9)$$

2.4. EFICIENCIA

La eficiencia de potencia de un transformador, es por definición, la razón de la potencia útil de salida a la potencia de entrada.

P_s = Potencia de salida (w)

P_e = Potencia de entrada (w)

P_p = Potencia de perdidas (w)

P_o = Potencia en vacío (w)

P_{fe} = Potencia en el fierro (w)

P_{cu} = Potencia en el cobre (w)

P_{cc} = Potencia de las pérdidas en condiciones de carga nominal (w)

$$C = \text{índice de carga} = C = \frac{I_2}{I_{2N}} = \frac{I'_2}{I'_{2N}} \approx \frac{I_1}{I_{1N}} \dots\dots\dots (2.10)$$

η = Eficiencia

Así que:

$$\eta = \frac{P_s}{P_e} = \frac{P_e - P_p}{P_e} = 1 - \frac{P_p}{P_e} = 1 - \frac{P_p}{P_s + P_p} \dots\dots\dots (2.11)$$

2.5. Eficiencia máximo de un transformador de potencia

La potencia de salida del circuito equivalente aproximado es:

$$P_s = V_2 I_2 \cos \varphi_2 \dots\dots\dots (2.12)$$

En la cual φ_2 es el ángulo del factor de potencia entre el voltaje de salida V_2 y la corriente I_2

La potencia de pérdidas es la suma de las pérdidas en el hierro más las pérdidas en el cobre, estas dependiendo de la carga; por tanto:

$$P_p \equiv P_{fe} + P_{cu} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$P_{cu} = I_2^2 (R_1 + R_2) \dots\dots\dots (2.14)$$

La eficiencia del transformador está dado por (2.11) y reemplazando (2.12), (2.13), (2.14) en (2.11) se tiene

CAPITULO III

TIPOS DE PERDIDAS EN LOS TRANSFORM

3.1. PERDIDA POR HISTERESIS

3.1.1. Histéresis

Es el resultado de la propiedad de los material su imanación ú oponerse a una variació magnético y la curva de histéresis es la característica de cada material.

La Curva o lazo de un material ferromagnéti representado en la siguiente figura.

B



CAPITULO III

TIPOS DE PERDIDAS EN LOS TRANSFORMADORES

3.1. PERDIDA POR HISTERESIS

3.1.1. Histéresis

Es el resultado de la propiedad de los materiales de conservar su imanación ú oponerse a una variación del estado magnético y la curva de histéresis es la representación característica de cada material.

La Curva o lazo de un material ferromagnético sería como lo representado en la siguiente figura.

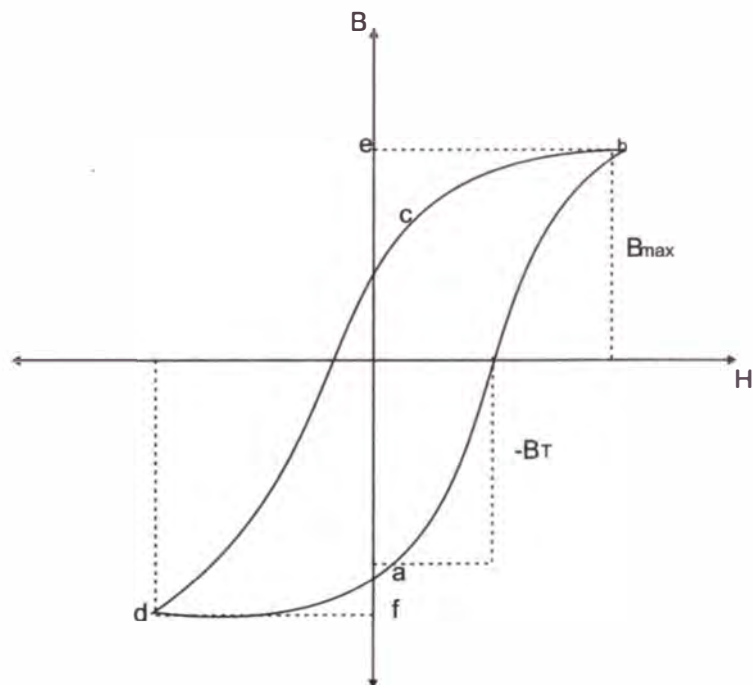


Fig. 3.1. Lazo de histéresis

3.1.2 Perdida Por Histeresis

Es la energía convertida en calor a causa del fenómeno de histéresis y esta asociado solo a una variación cíclica. Este fenómeno esta asociado al fenómeno por el cual una región atravesada por un campo magnético adsorbe energía

La energía se almacena y recupera totalmente de la región, al suprimir el campo magnético. La diferencia de energía se convierte en calor que es justamente la perdida por histéresis.

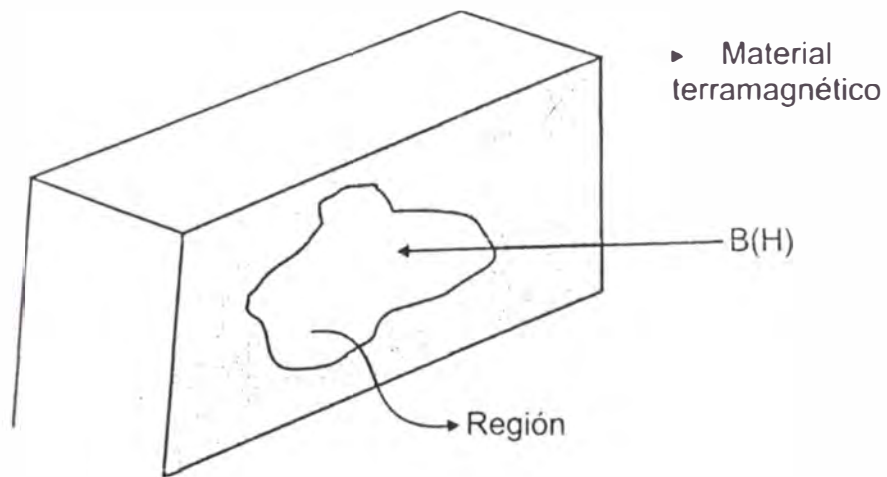


Fig. 3.2. Sólido atravesado por campo magnético

Al suprimir $B(H)$ se crea una energía que por unidad de volumen sería:

$$W = \frac{1}{4\pi} \int_{B_1}^{B_2} H dB \dots\dots\dots (3.1.)$$

W: energía adsorbida por unidad de volumen.

La expresión empírica hallada por Steinmetz tras un gran número de medidas que el área del lazo de histéresis de muestras de distintos hierros y aceros empleados en la construcción de aparatos electromagnéticos que era aproximadamente a la potencia 1.6 de la inducción magnética.

Hoy en día se considera esta pérdida de energía por unidad de volumen por ciclo por la expresión:

$$W_h = \eta B_{\max}^n \dots\dots\dots (3.2.)$$

Donde η y n son valores que depende del material.

$$1.5 < \eta < 2.5$$

Si la inducción magnética es uniforme en un volumen V y que varia cíclicamente con una frecuencia f (hertz), entonces la pérdida por histéresis se puede expresar empíricamente como:

$$P_h : \eta V f B_{\max}^n \dots\dots\dots (3.3.)$$

ó

$$P_h = K_1 A_h f w/m^3 \dots\dots\dots (3.4.)$$

Donde:

K_1 : Coeficiente de proporcionalidad.

A_h : diferencia entre potencia absorbida durante la fase de acumulación de energía y la restitución de la misma,

traduciéndose como pérdida en forma de calor dentro del hierro.

f: frecuencia es el número de ciclos por segundo.

3.2. PERDIDA POR CORRIENTE FOUCAULT

Al magnetizar un núcleo de hierro con corriente continua se obtiene resultados distintos que al hacerlo con corriente alterna, pues el número máximo de líneas de flujo alterno producido por corriente Alterna cuyo valor máximo de intensidad corresponde exactamente a la intensidad continua, queda muy retrasada con respecto al número de línea de flujos continuo.

Si en el núcleo de hierro tiene lugar variaciones de inducción magnética circulan por aquel corrientes, puesto que el hierro no es aislante. Dicha corrientes circulan por circuitos o trayectorias cerradas y se llaman corrientes parasitas o foucault.

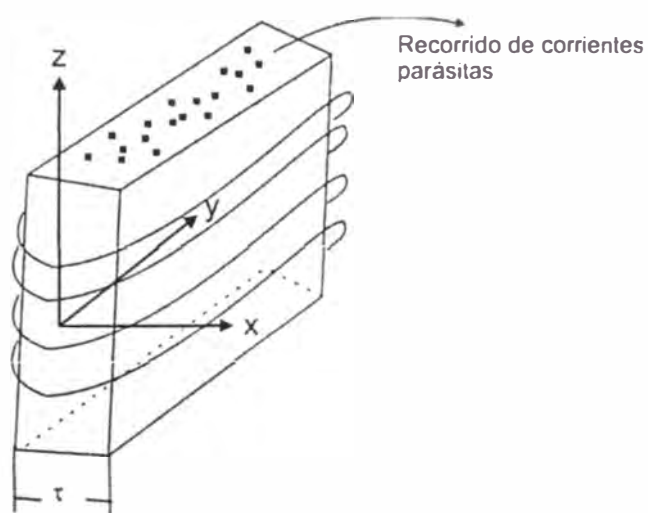


Fig. 3.3. Elemento Unitario de lámina para cálculo de pérdidas por corriente foucault

Siempre que varía el flujo magnético en un medio, como consecuencia de esto aparece en el medio un campo eléctrico; lo cual está considerada en la ley de Faraday para la inducción:

$$\oint E \cdot dl = -\frac{d}{dt} \int B \cdot nds \dots\dots\dots (3.5.)$$

$$\phi = \int B \cdot nds \dots\dots\dots (3.6)$$

Si el medio \leftrightarrow conductor entonces se genera una fuerza electromotriz inducida e resultante del campo eléctrico. Estas corrientes son las llamadas corrientes de Foucault, la cual origina una pérdida de energía proporcional a i^2R , llamada pérdida por corriente Foucault.

Como el núcleo es de hierro, el circuito crea un flujo ϕ , que atraviesa el bloque metálico, por tanto la fuerza electromotriz e inducida a lo largo de una región está dada por:

$$e = -\frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots (3.7)$$

Esta fuerza electromotriz hace que por la región considerada circule una corriente i generando una fuerza magnomotriz que se oponga a la variación de ϕ .

Si aplicamos la ley de Faraday de la inducción en la región en el plano xz normal a la dirección de B da:

$$\oint E_x \cdot dl = -\frac{d}{dt} \int B \cdot nds \dots\dots\dots (3.8)$$

Donde E_x es el gradiente de potencial vertical a una distancia horizontal x del plano yz

Por tanto $\oint E \cdot dl = 2E_x$ y $\int B \cdot nds$ extendida en la región es : $B(2x)(1)$

luego la ecuación anterior se puede escribir en la forma:

$$2E_x = -\frac{d}{dt}(2Bx) \dots\dots\dots (3.9)$$

$$E_x = x \frac{dB}{dt} \dots\dots\dots (3.10)$$

Si el conductor tiene una resistividad ζ , la densidad de corriente j_x a lo largo de la región es:

$$j_x = \frac{E_x}{\zeta} = -\frac{1}{\zeta} \frac{d}{dt}(Bx) \dots\dots\dots (3.11)$$

$$= \left(-\frac{x}{\zeta} \right) \frac{dB}{dt} \dots\dots\dots (3.12)$$

La pérdida instantánea de potencia por unidad de volumen es:

$$j_x^2 \zeta = \frac{x^2}{\zeta} \left(\frac{dB}{dt} \right)^2 \dots\dots\dots (3.13)$$

Esta pérdida de potencia se produce a la distancia x del plano yz del bloque

La pérdida instantánea de potencia en la lámina elemental de espesor dx es :

$$j_x^2 \zeta dx = \frac{1}{\zeta} \left(\frac{dB}{dt} \right)^2 x^2 dx \dots\dots\dots (3.14)$$

La pérdida instantánea en d bloque de anchura unidad, altura unidad y espesor $\tau = 2d$ es:

$$2 \int_0^d j_x^2 \zeta dx = \frac{2}{\zeta} \left(\frac{dB}{dt} \right)^2 \int_0^d x^2 dx \dots\dots\dots (3.15)$$

$$= \frac{2}{3} \frac{d^3}{\zeta} \left(\frac{dB}{dt} \right)^2 \dots\dots\dots (3.16)$$

Siendo un cubo unitario constituido por láminas iguales contendrá 1/2d de dichos volúmenes; luego la pérdida instantánea por corriente de Foucault es:

$$\frac{1}{2d} \left[\frac{2}{3} \frac{d^3}{\zeta} \left(\frac{dB}{dt} \right)^2 = \frac{d}{3\zeta} \left(\frac{dB}{dt} \right)^2 \right] \dots\dots\dots (3.17)$$

Esta ecuación da la pérdida instantánea de potencia originada por la variación de B con el tiempo y como B es sinusoidal, llamando b a su valor instantáneo.

$$b = B_{\max} \cos_{wt}$$

$$\frac{db}{dt} = -w B_{\max} \text{Sen}_{wt} \dots\dots\dots (3.18)$$

$$\left(\frac{db}{dt} \right)^2 = w^2 B_{\max}^2 \text{Sen}^2 wt \dots\dots\dots (3.19)$$

Y por tanto la pérdida instantánea de potencia es:

$$\frac{d^2}{3\zeta} w^2 B_{\max}^2 \text{Sen}^2 wt \dots\dots\dots (3.20)$$

Como el valor medio de una función seno al cuadrado para un número entero cualquiera de ciclo, o para un intervalo de tiempo,

suficientemente largo es igual a la mitad de su valor máximo, el valor medio de la pérdida de potencia por corriente foucault por unidad de volumen cuando la inducción magnética varía sinusoidalmente con frecuencia f es:

$$P_F = \frac{d^2 (2\pi f)^2 B_{\max}^2}{3\zeta} \dots\dots\dots (3.21)$$

$$P_F = \frac{\pi^2 f^2 \gamma^2}{6\zeta} B_{\max}^2 \dots\dots\dots (3.22)$$

$$\text{Haciendo: } K_f = \frac{\pi^2}{6\zeta} \dots\dots\dots (3.23)$$

$$\text{Entonces } P_f = K_f \cdot f^2 \tau^2 B_{\max}^2 \dots\dots\dots (3.24)$$

3.3 PERDIDA EN EL COBRE

Las pérdidas debidas a las corrientes que circulan por los devanados son las llamadas perdidas por efecto joule ($I^2 R$) como en corriente continua.

Un transformador tiene devanados, la combinación de las pérdidas en el cobre son conocidas también como pérdida en la carga y varían con los cuadrados de las intensidades de la corriente, esto es:

$$P_{cu} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2 = I_1^2 R_1 + \left(\frac{I_2}{a}\right)^2 a^2 R_2 = (aI_1)^2 \frac{R_1}{a^2} + I_2^2 R_2 \dots\dots\dots (3.25)$$

$$\text{Siendo : } a = \frac{N_1}{N_2} \dots\dots\dots (3.26)$$

la razón de transformación N_1 / N_2 se representa por a .

CAPITULO IV

DETERMINACIÓN DE PERDIDAS POR ENSAYOS.

Con los ensayos en circuito abierto y cortocircuito, se puede determinar las características de excitación los parámetros de los circuitos equivalentes. Además se determinan las pérdidas en el hierro y en el cobre.

4.1 PRUEBA DE VACIO

En el circuito equivalente referido a lado primario de un transformador.

Cuando se halla en circuito abierto, en este caso el devanado secundario y se aplica al otro una tensión sinusoidal el circuito equivalente quedaría de la siguiente manera.

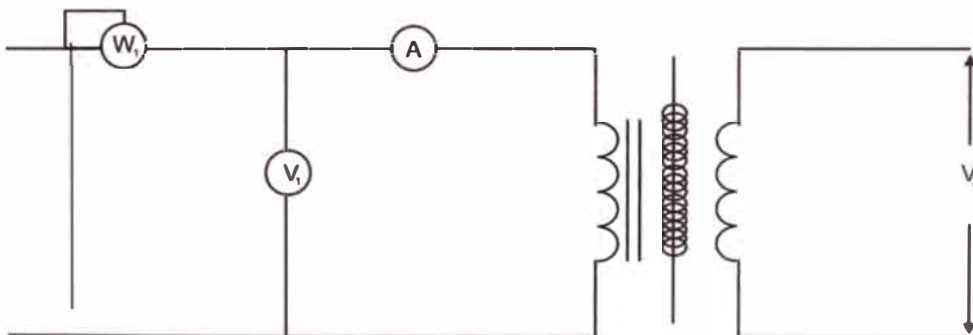


Fig. 4.1. Ensayo en circuito abierto

La tensión inducida en el devanado excitado es casi igual a la tensión aplicada (tensión aplicada al primario = a lo nominal).

Es despreciable la pérdida en el cobre debido a la corriente de excitación es casi igual a la tensión aplicada (tensión aplicada al primario igual a la nominal)

Es despreciable la pérdida en el cobre debido a la corriente de excitación.

Así que el vatímetro medirá la potencia de entrada que es la pérdida en el núcleo o hierro.

De las mediciones se obtiene:

$$I_0 = 2 \text{ a } 6\% I_N$$

$$P_{Fe} = W_1 = W_{Fe}$$

Así podemos hacer los siguientes cálculos

$$Z_0 = 1/y_0$$

$$Y_0 = 1/R_c + 1/jx_m = 1/R_c - j 1/x_m$$

$$Y_0 = g'_c - j b'_m$$

$$g'_c = \frac{P_{Fe}}{V_0^2}$$

$$b'_m = -\sqrt{\left(\frac{I_m}{V}\right)^2 - (g'_c)^2}$$

$$I_m^2 = I_0^2 - I_c^2$$

$$R_c = \frac{V_1^2}{P}$$

$$I_c = \frac{V_1}{R_c}$$

$$X_m = \frac{V_1}{I_m}$$

4.2. PRUEBA DE CORTOCIRCUITO

Similarmente el anterior, si cortocircuitamos el devanado secundario del circuito equivalente referido al primario, dicho circuito quedaría así:

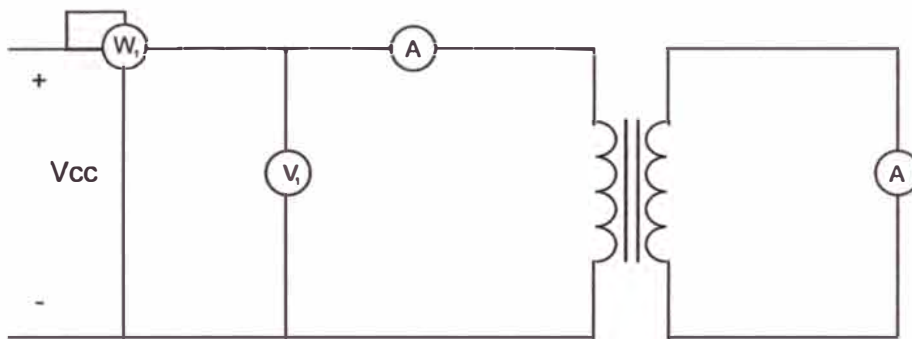


Fig. 4.2. Ensayo en circuito cortocircuito

El ensayo suele hacerse aplicando una baja tensión tal que se cree en el devanado excitado una corriente de intensidad igual al valor nominal ($V_{cc} = 2a\ 12\% V_N$) y midiéndose la tensión, intensidad y la potencia de entrada que es la potencia de pérdidas en el cobre.

Ahora bien conociéndose los tres parámetros anteriores el valor de la impedancia en cortocircuito es:

$$W_1 = P_{cu}$$

$$Z_{eg} = \frac{V_{cc}}{I} = Z_{cc}$$

$$Re\ q = \frac{P_{cu}}{I^2}$$

$$X_{eq} = \sqrt{Z_{eq}^2 - R_{eq}^2}$$

Aquí la corriente de excitación a la tensión nominal suele tener una intensidad aproximada igual al 5% de la intensidad nominal, la corriente de excitación de la corriente del primario cuando el secundario está cortocircuitado es solamente el 0.15% de la intensidad de la corriente del primario, por tanto la corriente que circula por la admitancia de excitación es despreciable, por tanto la impedancia equivalente ($Z_{cc} = Z_{eq}$)

Ahora como las pérdidas en el núcleo varían aproximadamente como el cuadrado del flujo, la pérdida en el núcleo en cortocircuito tendrá un valor de $(0,03)^2 = 0,0009$ por tanto la pérdida en el núcleo es despreciable; ya que en un transformador el flujo en el núcleo durante el ensayo en cortocircuito será un 3% para su funcionamiento a tensión nominal. Por tanto el vatímetro mide la pérdida en el cobre.

CAPÍTULO V

REDUCCIÓN DE PERDIDAS EN LOS TRANSFORMADORES DE POTENCIA

5.1 REDUCCIÓN DE PERDIDA EN EL NUCLEO

Como sabemos las pérdidas en el núcleo se dan por las pérdidas por histéresis y por las perdidas por corriente foucault.

5.1.1 Reducción de perdida por histéresis

Para minimizar estas perdidas, se tiene que reducir el área cíclica, es decir A_h ; ya que la perdida por histéresis esta en función del material ferromagnético, tendremos que buscar un material donde su curva de magnetización se cierre cada vez más.

Para obtener esto se tiene que buscar un material que sea fácil de imanar y troquelar, estas propiedades se encuentran en el hierro y sus aleaciones, llamadas comúnmente con el nombre de materiales ferromagnéticos.

Dentro de estos materiales ferromagnéticos se encuentran los aceros al silicio, de los cuales el acero al 4% silicio y recocido tiene una resistividad entre 50 y 62 $\mu\Omega\text{-cm}$ y su perdida en el

núcleo es 1,59w/kg siendo la más baja entre todos los materiales de acero al silicio.

Además este material se dispone en el mercado por tanto es económicamente barato.

Además sabemos que $P_h = K_h A_h f$ donde se ve que a menor frecuencia la pérdida por histéresis será menor. En los transformadores de potencia para 60Hz la pérdida por histéresis suele estar entre 2/3 y 3/4 de la pérdida total en el núcleo.

5.1.2. Reducción de pérdidas por corriente Foucault

El núcleo debe estar formado por un conjunto de laminaciones delgadas de acero de alta permeabilidad ranuradas. En las ranuras se debanan (o colocan) bobinas idénticas y luego se conectan para formar un devanado.

Si bien el acero al 4% silicio recocido es el material ferromagnético que tiene menor pérdida por histéresis estos tienen que ser laminados con un espesor máximo de 0.35mm y ser aislados uno de otros con un material de papel fino barnizado (carlita) para evitar las fugas de corrientes parasitarias.

Al aumentar la corriente de carga suministrada por un transformador, suelen aumentar las pérdidas por corriente foucault y por histéresis en el núcleo. Estas pérdidas están creadas por el incremento de las fugas de flujo que se producen al incrementar la carga. Para reducir estas pérdidas no se debe de sobrepasar la corriente nominal de la carga.

5.2. REDUCCIÓN DE PERDIDAS EN EL COBRE

Para minimizar esta pérdida se tiene que buscar o encontrar una carga adecuada para los transformadores sin sobrepasar su potencia nominal.

La pérdida calorífica por ampere puede ser apreciablemente mayor en corriente alterna. El aumento de la pérdida se debe a la densidad de corriente no uniforme ocasionado por el campo magnético variable producido en el interior del conductor por su propia corriente y por las corrientes de los conductores próximos. A estos fenómenos suele llamárseles efecto cortical y efecto de proximidad.

La pérdida debido a ellos crece con la frecuencia de la corriente y con el tamaño del conductor y se reduce cuando se trenzan conductores grandes.

CAPÍTULO VI

DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL TRANSFORMADOR

6.1 EFICIENCIA DEL TRANSFORMADOR CON PERDIDAS

En el capítulo II determinamos que la eficiencia de un transformador esta dado de la siguiente manera: (2.11)

$$\eta = 1 - \frac{P_p}{P_s + P_p}$$

Donde la salida es la potencia de salida y se conoce cuando el transformador trabaja a una carga con un factor de potencia de pérdidas; se deben a las ya conocidas pérdidas en el núcleo y en el cobre.

En las pérdidas del núcleo (P_n) existen dos tipos: perdida por histéresis (P_h) y por corrientes de Foucault (P_f), ya estudiados anteriormente, por tanto:

$$P_h = \eta V f B_{\max}^n \dots\dots\dots (6.1)$$

$$P_f = K_f f^2 \tau^2 B_{\max}^2 V \dots\dots\dots (6.2)$$

$$K_f = \frac{\pi^2}{6\zeta} \dots\dots\dots (6.3)$$

Entonces: $P_n = P_h + P_f \dots\dots\dots (6.4)$

$$P_h = nV f B_{\max}^n + K_f f^2 \tau^2 B_{\max}^2 V \dots\dots\dots (6.5)$$

$$P_n = (\eta B_{\max}^n + K_f \tau^2 f B_{\max}^2) fV \dots\dots\dots (6.6)$$

La perdida en el cobre viene dada por:

$$P_{cu} = (aI_1)^2 \frac{R_1}{a^2} + I_2^2 R_2 \dots\dots\dots (6.7)$$

Siendo $a = \frac{N_1}{N_2} \dots\dots\dots (6.8)$

Sumando:

(6.7) Y (6.6)

Tenemos:

$$\text{Pérdidas} = (\eta B_{\max}^n + K_f \tau^2 f B_{\max}^2) fV + (aI_1)^2 \frac{R_1}{a^2} + I_2^2 R_2 \dots\dots (6.9)$$

Como la eficiencia de un transformador depende de las perdidas y como vemos en la última ecuación, siempre va existir, sin embargo. Se ha llegado a reducir estas pérdidas casi al máximo es así que los transformadores han llegado a ser una de las máquinas estáticas más eficientes llegando al promedio de 96 a 98%

6.2. EFICIENCIA DEL TRANSFORMADOR CON REDUCCIÓN DE PERDIDAS

Como se vio en el capítulo V, si se reduce al mínimo las pérdidas en el núcleo por ser esta pérdida la causante de la ineficiencia del transformador, ya que la pérdida en el cobre depende de la carga y esto se puede controlar ya que por el devanado pueden circular diferentes intensidades de corriente, según la carga. Por lo tanto la pérdida en el cobre (por efecto joule) varían en razón directa con el cuadrado de la corriente por los devanados.

Cuando las pérdidas del hierro y las pérdidas en el cobre son iguales, el rendimiento del transformador es máximo.

La potencia activa suministrada por un transformador depende del fdp de la carga, por tanto, cuanto menor es el fdp de la carga, menor es el rendimiento del transformador.

Como las pérdidas en el hierro son independientes de la carga, el rendimiento anual disminuye notablemente si el transformador conectado, pero en vacío, durante periodos muy prolongados de tiempo.

El rendimiento anual es máximo cuando la energía perdida en el hierro, es igual a la energía perdida en el devanado. Por tanto, los transformadores que trabajan con carga reducida, se construyen de

modo que sus pérdidas en el hierro sean inferiores a las pérdidas en el cobre o a plena carga, es decir, con mucho hierro y poco cobre.

Pero otra manera de reducir las pérdidas es haciendo que se disipe calor por el tanque.

Conocemos por teoría, que la radiación de calor esta dada por la ley de Stefan:

$$P = 5.7e \left(\frac{\theta + 273}{1000} \right)^4 \text{ w/cm}^2 \dots\dots\dots (6.10)$$

e = coeficiente de emisividad del material de la superficie.

θ = grados centígrados.

Si existe una variación de temperatura entre la pared interior del tanque (θ) y el exterior (θ_1), entonces habrá una disipación de calor que será según la ecuación anterior:

$$P = 5.7e \left[\left(\frac{\theta + 273}{1000} \right)^4 - \left(\frac{\theta_1 + 273}{1000} \right)^4 \right] \frac{w}{\text{cm}^2} \dots\dots\dots (6.11)$$

Como el tanque es de hierro, su emisividad es: $e = 0.75$ y $\theta = 40^\circ\text{C}$,

$\theta_1 = 35^\circ\text{C}$

Entonces

$$P = 5.7 \times e \left[\left(\frac{40 + 273}{1000} \right)^4 - \left(\frac{35 + 273}{1000} \right)^4 \right] \frac{w}{\text{cm}^2}$$

$$P = 1.1 \times e \times 10^{-8} \frac{w}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Si } e = 0.75 \rightarrow P = 0.825 \times 10^{-8} \frac{w}{\text{cm}^2} \dots\dots\dots (6.12)$$

Como se observa la disipación de calor por el tanque es insignificante y no tiene mucha importancia en la refrigeración de las máquinas estáticas.

Así que cualquiera sea el material la disipación es ínfimo

Por tanto el material puede ser cualquiera pero por su gran resistencia debe ser hierro

Si cabe destacar que esta disipación de calor pueden ser indispensable para dispositivos pequeños pocos ventilados, su efecto es apreciable.

CAPÍTULO VII

GESTIÓN DE CALIDAD EN LOS TRANSFORMADORES

Definimos como gestión de calidad a conjunto de características que cumple con los requisitos para satisfacer al cliente

7.1 NORMAS

La norma estipula los requisitos para establecer un sistema de aseguramiento de calidad o para dar confianza de que un producto satisface los requisitos para la calidad.

Las normas más conocidas para los transformadores de potencia son:

IEC: Internacional Electrotechnical Comisión (1906) hoy en día este departamento dependiente de IRAM (organismo de normalización) centraliza las coordinaciones de todas las actividades relacionadas con el estudio, divulgación y aplicación de las normas IRAM, de la especialidad eléctrica y el electrónica.

Se cuenta hasta ahora con más de 900 normas aprobadas como ejemplo tenemos IRAM 2018 (transformador de potencia:

ensayo de calentamiento), IRAM2106 (métodos de ensayo en vacío y cortocircuito)

La EC nos indica que para transformadores con aislamiento líquido deben tener transformadores de pequeña potencia hasta 315KVA

IEC 354 nos indica sobre las sobrecargas admisibles.

ANSI: American National Standard Institute Miembro de la ISO.

Sus normas nos indica:

- Los transformadores secos y encapsulados tienen tensiones primarios hasta 52KV
- Los transformadores secos y con resina colada hasta tensiones primarias de 72KV
- Transformadores de pequeña potencia hasta 315KVA con aislamiento líquido
- Otras normas existentes son VDE, ITINTEC
- VER ANEXOS

En cuanto a las pérdidas, los transformadores deberán cumplir estrictamente con las normas NTE INEN 2114 (según tabla 7.1) las mismas que establecen los valores máximos permisibles de corriente sin carga (I_0); pérdidas sin carga (P_0); pérdidas con carga a 85°C (P_c); pérdidas totales (P_t) y voltaje de cortocircuito a 85°C (U_{zn})

; para transformador y sumergidos en aceite refrigerante sin contenidos de PCB

Potencia Nominal	I_0 (% de I_n)	P_o (w)	P_c (w)	P_t (w)	U_{zn} (%)
15	2,4	68	192	260	3,0
25	2,0	98	289	387	3,0
37.5	2,0	130	403	533	3,0
50	1,9	160	512	672	3,0
75	1,7	214	713	927	3,0
100	1,6	263	897	1160	3,0

Norma ecuatoriana

Tabla 7.1.

7.2. PROTOCOLO DE PRUEBAS

Es la comprobación para la aceptación de las exigencias mínimas del comprador (Empresa)

El siguiente protocolo de pruebas reúne las pruebas que pueden realizarse durante la recepción.

La empresa seleccionará las pruebas de acuerdo al tipo de instalaciones que recepciona, pudiendo ampliar el número de ellas según lo considere necesario:

7.21. Transformador de potencia:

7.2.1 Control mecánico

- 7.2.1.1. Control de placa según protocolo de fábrica DEE014-PS-18
- 7.2.1.2. Revisión de los sitios provistos con empaquetaduras, para comprobar el buen estado de estos.
- 7.2.1.3. Control de montaje y conexionado, fijación del transformador.
- 7.2.1.4. Control de accesorios.
 - a) Conexión del neutro en el lado de mayor tensión.
 - b) Conexión del neutro en el lado de menor tensión
 - c) Conexión a tierra
 - d) Válvulas de drenaje
 - e) Tanque conservador de aceite
 - f) Resistencia de puesta a tierra
 - g) Todos los bulbos para indicación de la temperatura del aceite, incluyendo los de imagen térmica serán sacadas de su posición y comparadas con un termómetro de mercurio, mediante el calentamiento forzado en agua caliente.
 - h) Caja Terminal de menor tensión y de servicios auxiliares.
 - i) Refrigeración

j) Elemento de entrada de aire seco para el tanque del conservador

7.2.1.5. las tomas de derivaciones por la regulación de tensión tanto sin carga como baja carga serán operados en cada una de las posiciones, comprobando sus bloqueos, pero el caso que se presentase una inadecuada operación

7.2.1.6. Relé buchholz del transformador y del conmutador

7.2.1.7. Control de nivel de aceite, así como de la posición de todas las válvulas de cierre en los ductos del aceite y radiadores de refrigeración.

7.2.1.8. Puesta a tierra del tanque del transformador

7.2.2. Pruebas eléctricas

7.2.2.1. Se harán operar mediante excitación directa todas las alarmas y disparos para la protección del transformador o se hará por simulación de las protecciones, alarmas y señalización
DGE.014-PS-19

7.2.2.2. Se realizaran pruebas de medición de aislamiento para comprobar que el transformador no ha sufrido daño durante el transporte y montaje. Estas pruebas serán realizadas con un megámetro de tensión no menor de 2500V.C.C. para equipos con tensión hasta de 30KV y

5000VCC para equipos con tensión mayor de 30KV, aplicando entre cada fase y masa y entre una fase y otra.

- 7.2.2.3 El caso de transformadores previstos para operar en paralelo, se hará una prueba del grupo vectorial, se hará una prueba del grupo vectorial de cada uno, o en su defecto, se hará una prueba de paridad de fases para determinar cualquier diferencia angular entre las tensiones correspondientes a cada fase.
- 7.2.2.4 Se someterá el aceite a una prueba de rigidez dieléctrica
- 7.2.2.5 Verificación del funcionamiento del conmutador, en todos sus escalones, para prever falsos fines de carrera o bloques mecánicos.
- 7.2.2.6 Control de la coincidencia de la disposición del mando mecánico del conmutador con las derivaciones correspondientes.
- 7.2.2.7 Para reguladores bajo carga se hará el control del bloqueo entre mando remoto-local y eléctrico manual del conmutador así como el bloqueo en las posiciones extremas.
- 7.2.2.8 Control de funcionamiento de los componentes del sistema de refrigeración forzada.

- 7.2.2.9 Prueba de continuidad para todas las posiciones del regulador sin cargo.
- 7.2.2.10 Prueba de tensión gradual con transformador en vacío para comprobar la variación de tensión en los diferentes puntos de regulación bajo carga y el comportamiento del rele diferencial alimentando al transformador en plena tensión y su vacío.
- 7.2.2.11 Verificación de la estabilidad de la protección diferencial contra fallas extremas, cuando menos desde el punto de vista de las conexiones, además contra influencia de la corriente magnetizante al energizar el transformador en vacío DGE 014-PS-1
- 7.2.2.12 Prueba de cortocircuito tráfico aislado en la tierra fuera de la zona de protección diferencial para verificar la estabilidad del relé respectivo, cuando existe protección diferencial

CAPÍTULO VIII

ESTUDIO ECONÓMICO

8.1 CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO Y COSTO

La mejor interrelación que debe de existir entre los diversos elementos contenidos dentro del él. En un transformador de potencia sería:

8.1.1 Circuito: eléctrico – magnético – dieléctrico

La elección del material esta influenciada por los costos y sus características metalúrgicas y como la existencia en el mercado.

Para esta parte de diseño se requiere un elemento de alta conductividad como vemos en la tabla siguiente:

Ag	4.2 w/°C – cm
Cu	3.60 w/°C – cm
Al	1.30 w/°C – cm
Hc	0.79 w/°C – cm

La plata es el elemento de más alta conductividad pero por su costo más elevado (50 veces mayor que el cobre). Hace que se

tome como el elemento a usar el cobre, también el aluminio es económico pero por su mayor tamaño no suele ser adecuado.

Las inducciones magnéticas utilizadas (1 a 2 tesla) los mejores materiales visto ya anteriormente son el hierro con aleación al silicio; desde el punto de vista del costo y del funcionamiento.

Para reducir las fugas de foucault el núcleo se tiene que emplear placas de espesor 0.35mm y aislados por un fino papel (carlita)

8.1.2. Circuito Mecánico

Son los medios para soportar los diferentes esfuerzos mecánicos.

La resistencia mecánica de las diversas partes del transformador tiene que proporcionar una robustez suficiente para soportar las fuerzas de cortocircuitos si lo hubiera.

Además en los transformadores se fabrican piezas individuales normalizadas.

La unión entre yugos y columnas pueden efectuarse a superficie planas (para evitar los cortocircuitos entre planchas); los paquetes formados por las planchas van fuertemente unidos y cerrados mediante pernos aislados. Los esfuerzos de presión

debe alcanzar por lo menos 5 a 8 kg/cm² (con el fin de evitar el zumbido)

8.1.3. Balance de Costo, Facilidad de Mantenimiento y Reparación

El rendimiento del transformador es el mejor posible si la suma del costo inicial y el valor actual de las pérdidas a lo largo de toda su vida útil prevista sea mínima.

Costo total: Costo inicial fijo + costo de perdidas.

Se exceptúa la parte de los gastos de mantenimiento pues es mínimo, debido a sus bajas pérdidas su calentamiento es moderado, siendo el principal componente de este calentamiento la temperatura ambiente, sobre todo en las instalaciones expuestas; por esta razón la degradación de su aislamiento (aceite) es muy lento y casi no requiere mantenimiento; no obstante se tiene que vigilar el correcto nivel de aceite, el ajuste de accesorios, etc. Por todas estas razones el transformador tiene una vida útil de aproximadamente 25 años.

8.1.4. Parámetros económicos para evaluación de perdidas

Las perdidas se evaluarán de acuerdo a la siguiente fórmula

$$C_p = K_1 \times P_0 + K_2 \times P_{cu} \text{ (US\$)} \dots\dots\dots (8.1)$$

$$C_p = 4,66 \times P_0 + 1.63 \times P_{cu} \text{ (US\$)} \dots\dots\dots (8.2)$$

Donde

C_p = costo de perdidas del transformador

K_1 = coeficiente de evaluación de las perdidas en vacío (US\$/w)

K_2 = coeficiente de evaluación de las perdidas con carga (US\$/w)

P_0 = Perdidas en vacío del transformador (w)

$$CF = C1 + CP \dots\dots\dots (8.3)$$

Donde

CF = costo final del transformador

C1 = costo inicial del transformador

C_p = costo de las perdidas del transformador

8.2. PERDIDAS QUE INFLUYEN EN EL COSTO

El diseñador puede fijar el precio del transformador ya que el costo de producción es inversamente proporcional al producto de las pérdidas ($P_n \cdot P_{cu}$) a plena carga. Esta es:

$$\text{Costo producción} = \frac{1}{P_n \cdot P_{cu}} \dots\dots\dots (8.4)$$

Corrientemente el diseñador puede rebajar el costo del transformador y por tanto disminuir los gastos fijos. También puede variar el diseñador la razón de la pérdida en núcleo a la pérdida en el cobre (P_n/P_{cu}) a plena carga.

Como la pérdida en el núcleo existe siempre que está accionado el transformador. La pérdida en el cobre solo tiene importancia cuando el transformador está cargado.

Por tanto puede deducirse una relación general para la determinación de la razón de pérdida más económica. Es así que la razón de pérdidas constituye un factor en la determinación del costo de funcionamiento, para cualquier carga.

Sea:

L_s : Producto de pérdida conocido cuya potencia nominal sea deseada (w^2)

P_n : Pérdida en el núcleo desconocido (w)

P_{cu} : pérdida en el cobre desconocido a la carga nominal.

m = razón de la demanda máxima en KVA de la carga a la potencia nominal en KVA del transformador.

D : Gasto de demanda para las pérdidas del transformador, dólares por año y por KVA

E : Gasto de energía para las pérdidas del transformador, dólares por KWh

λ : Razón de la intensidad eficaz anual I_a a la intensidad nominal a plena carga I_v de la corriente.

Si se suman las pérdidas en el núcleo y cobre y si se supone que la demanda en KVA debido a las pérdidas se suman aritméticamente con la demanda en KVA debido a la carga, (Si el fdp es uno es cierto)

Por tanto los costos anuales de las pérdidas del transformador son:

$$\text{Costo anual de energía} = 8760.E(P_n) + 8760.E(W_{cu}) \dots \dots \dots (8.5)$$

Cálculo de las pérdidas anuales en la carga (W_{cu})

La pérdida momentánea en el cobre P , que es proporcional al cuadrado de la intensidad momentánea de la corriente de carga, puede expresarse en función de la pérdida en el cobre conocida a plena carga y de la intensidad conocida de la corriente a plena carga

así: $P = P_{cu} \left(\frac{i}{I_n} \right)^2$ entonces la pérdida anual total en el cobre es:

$$W_{cu} = \int_0^{8760} P dt = \int_0^{8760} P_{cu} \left(\frac{i}{I_n} \right)^2 dt \dots \dots \dots (8.6)$$

$$= \frac{P_{cu}}{I_n^2} \int_0^{8760} i^2 dt \dots \dots \dots (8.7)$$

Por definición del valor eficaz, la intensidad eficaz anual de la corriente de la carga es:

$$I_a = \sqrt{\frac{1}{8760} \int_0^{8760} i^2 dt} \dots \dots \dots (8.8)$$

$$\text{Donde } \int_0^{8760} i^2 dt = 8760 I_a^2 \dots\dots\dots (8.9)$$

(8.9) en (8.7)

$$W_{cu} = 8760 \left(\frac{I_a}{I_n} \right)^2 P_{cu} \dots\dots\dots (8.10)$$

$$W_{cu} = 8760 \lambda^2 P_{cu} \dots\dots\dots (8.11)$$

Donde λ para una tensión constante es:

$$\lambda = \frac{\text{Demanda eficaz anual (KVA)}}{\text{potencia nominal del transformador (KVA)}}$$

La ecuación (8.11) determina la pérdida anual de energía resultante de las pérdidas en el cobre.

Si consideramos la tensión de salida constante del transformador, λ es análogamente la razón de la demanda eficaz anual en KVA de la carga a la potencia nominal a plena carga en KVA del transformador.

Por tanto la demanda máxima de pérdida en el cobre.

$$P_{cu} = \left(\frac{\text{Demanda máxima (KVA)}}{\text{potencia nominal del transformador (KVA)}} \right)^2$$

Reemplazando (8.11) en (8.5) tenemos:

$$\text{Costo anual de energía} = 8760.E.P_n + 8760.E (\lambda^2 P_{cu})$$

$$\text{Costo anual de energía} = 8760E (P_n + \lambda^2 P_{cu}) \text{ dolares}$$

Costo anual de demanda = $D (P_n + m^2 P_{cu})$ dolares

Costo anual total de pérdidas=

$$= (D+8760E) P_n + (8760 \lambda^2 E + m^2 D) P_{cu} \dots\dots\dots (8.12)$$

Haciendo $a = D + 8760 E \dots\dots\dots (8.13)$

$$b = m^2 D + 8760 \lambda^2 E \dots\dots\dots (8.14)$$

Siendo a: componente de pérdida en el núcleo de costo unitario expresado en dólares por año y por kilowatt de pérdida en el núcleo.

b : componente de pérdida en el cobre de costo unitario, expresado en dólares por año y por KVA eficaz de demanda.

Si : $P_{cu} = \frac{Ls}{P_n} \dots\dots\dots (8.15)$

(8.15) ,(8.14) en (8.12)

$$\text{Costo anual total de pérdidas} = aP_n + \frac{bLs}{P_n} \dots\dots\dots (8.16)$$

Para hallar el costo anual mínimo derivamos el costo anual total de pérdidas con respecto a P_n

Entonces:

$$\frac{d(\text{costo anual t. de perdidas})}{dP_n} = 0 = a - \frac{bLs}{P_n^2}$$

$$\text{De donde } P_n = \sqrt{\frac{b}{a}} L_s$$

$$P_{cu} = \frac{L_s}{P_n} = \sqrt{\frac{aL_s}{b}}$$

$$\text{Por lo tanto la razón de pérdida : } \frac{P_{cu}}{P_n} = \frac{a}{b}$$

Esta última ecuación nos dice que para máxima economía de funcionamiento, la razón de la pérdida en el cobre a plena carga a la pérdida en el núcleo debe ser igual a la razón del costo anual por kilowatt de pérdida en el núcleo al costo anual de pérdida en el cobre por KVA eficaz de demanda.

CONCLUSIONES

1. Pese a los años transcurridos no se vislumbra cambios notables en las formas convencionales de transformación de la energía eléctrica, por tanto se continuará operando sistemas eléctricos en forma parecida a los años anteriores.
2. El transformador es la parte más importante en un sistema por la función que representa de transferir la energía eléctrica.
3. La evolución de los materiales empleados para su construcción y de las técnicas constructivas han traído como consecuencia una reducción progresiva en el peso y dimensiones a igualdad de potencia eléctrica.
4. Las principales partes que constituyen un transformador de potencia son el núcleo magnético, los devanados, el conmutador o cambiador de derivaciones (en vacío o bajo carga), el tanque y accesorios
5. La pérdida por histéresis se minimiza cuando el lazo de histéresis se cierra.
6. La pérdida por foucault es mínima cuando las placas de hierro sea de 0.35mm y el aislante (carlita) entre las láminas sea de alta rigidez (dieléctrico) . El elemento que cumple estas características es el hierro al 4% silicio.
7. Se ha realizado un análisis teórico del transformador y se ha llegado a demostrar que las pérdidas en el hierro son independientes de la carga,

solo existe cuando el transformador este accionado. En cambio, por el devanado circulan diferentes intensidades de corriente, según la carga, por tanto las pérdidas en el cobre (por efecto joule), varían en razón directo con el cuadrado de la corriente por los devanados

8. Las pruebas de vacio y cortocircuitos es necesario realizarlo porque con esto obtenemos las perdidas en el hierro y en el cobre respectivamente.
9. Cuando las perdidas en el hierro y las perdidas con el cobre sean iguales, el rendimiento del transformador es máximo.
10. Un aspecto importante a considerar con respecto al medio de enfriamiento de los transformadores es que la disipación de calor por convección por las paredes del tanque es ínfimo y además disminuye con la altitud.
11. Por las grandes ventajas que tiene la conexión Dy5 se escoge esta como la más indicada para una distribución eléctrica.
12. El costo de un transformador es inversa a las pérdidas es decir; cuando es menor las perdidas el costo del transformador es mayor y viceversa..
13. Al diseñar un transformador es necesario cumplir con las normas internacionales y nacionales tales como : IEC, ANSI, VDE e ITINTEC
14. Se deben verificar todas las especificaciones de las normas, bajo las cuales se han diseñado los transformadores, a fin de comprobar las características de los materiales, la calidad de diseño y fabricación de los transformadores.
15. El protocolo de pruebas reúne las pruebas que pueden realizarse durante la recepción, contiene solo la recepción de ellos para considerar con las

mínimas exigencias la aceptación de las instalaciones, la empresa o autoproductor seleccionará las pruebas de acuerdo al tipo de instalaciones que recepcionará, pudiendo ampliar el número de los según lo considere necesario

16. El problema de las pérdidas en el hierro y por el efecto joule en los devanados tienen una importancia notable en los criterios de selección de los transformadores ya que estas pérdidas inciden directamente sobre los costos de operación.

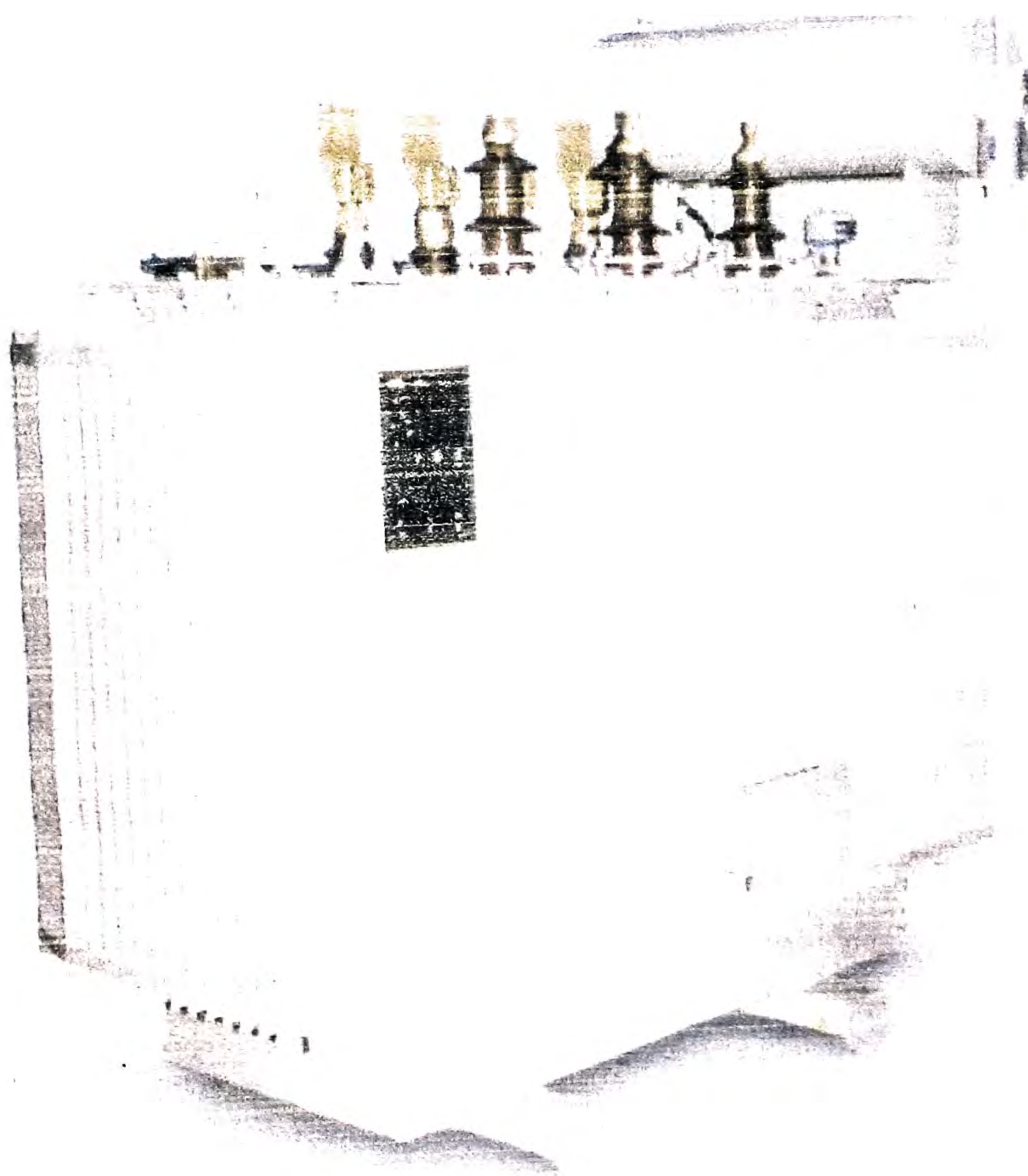
BIBLIOGRAFÍA

- Circuitos magnéticos y transformadores: E.E.STAFF. M.I.T -1983
Editorial Limusa – Mexico
- Análisis de circuitos eléctricos II, Ing. Dario Btella 1978 Lima – Perú
- Separatas: Brown Bovexi Industrial Canepa, Tabini S.A. Máquinas Eléctricas I 2001 Lima- Perú
- Separatas; Máquinas eléctricas: TECSUP Máquinas eléctricas – departamento de electrotecnia – 2001
- Física parte II Halliday Resnick. 1974 – México
- Fabrica de transformadores ABB www.abb.com.pe

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS

DE DISTRIBUCION EN ACEITE

De 50 a 2000 KVA hasta 36 KV.



ABB

GENERALIDADES

Los transformadores son aparatos estáticos con dos ó más arrollamientos, los cuales mediante inducción electromagnética transforman un sistema de corriente y tensión alterno en otro sistema de tensión y corriente, generalmente de diferentes valores y a la misma frecuencia con el propósito de transmitir potencia eléctrica

NORMAS :

Los transformadores ABB se diseñan construyen y son probados de acuerdo a las normas internacionales IEC-76. Además, cumplen con exigencias particulares de las normas ANSI C57.12.00

CONDICIONES DE SERVICIO :

Todos los transformadores son fabricados para trabajar tanto en instalaciones interiores como exteriores, poseen refrigeración natural ONAN y son diseñados para entregar en funcionamiento normal y continuo la potencia nominal especificada con el conmutador en cualquiera de sus tomas

REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCION

NUCLEO :

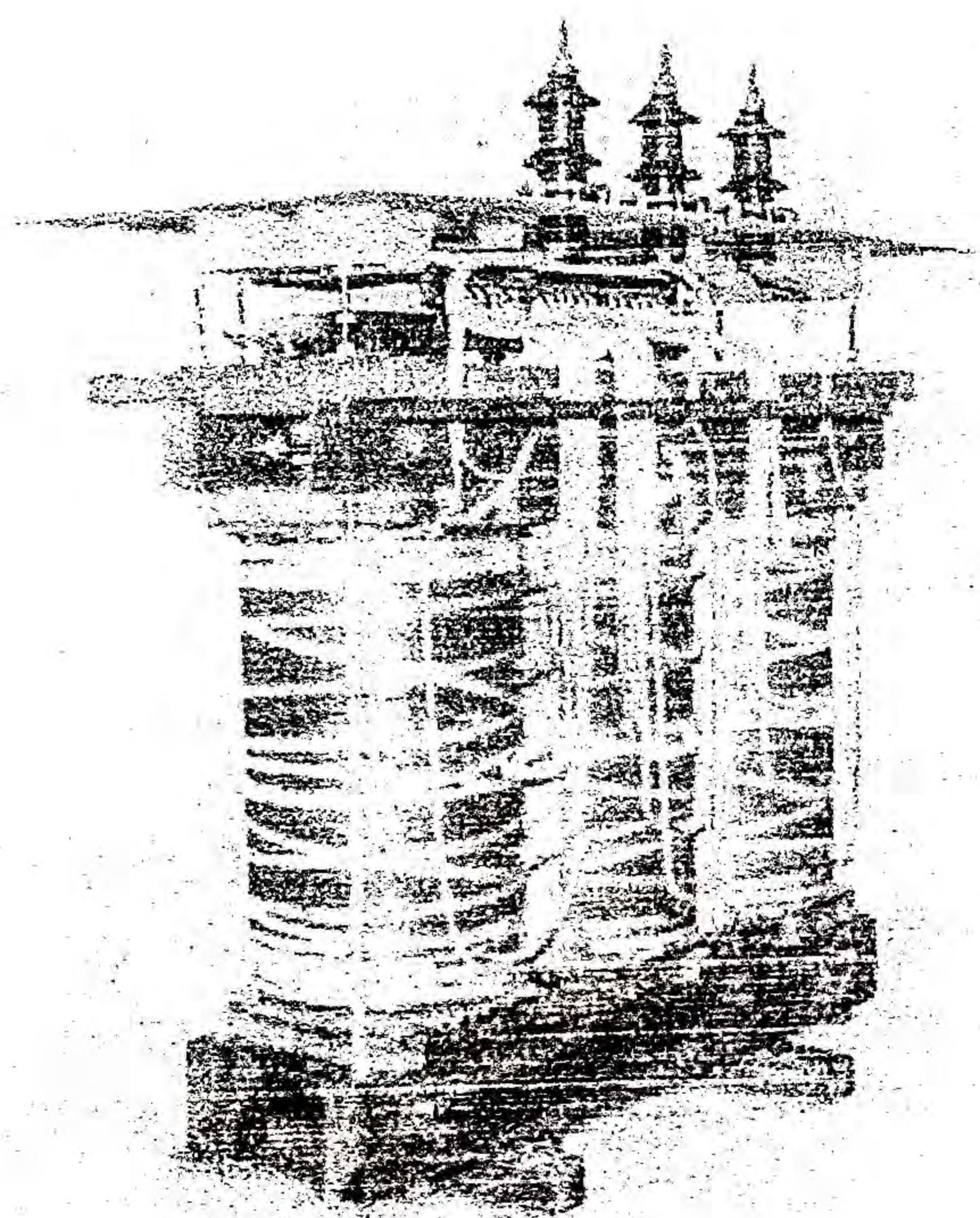
El circuito magnético es del tipo ensamblado compuesto por columnas y yugos constituidos de láminas de acero al silicio,

de grano orientado laminado en frío y de alta permeabilidad magnética recubierto de aislamiento inorgánico en ambas caras, que cortadas asegurando la ausencia de rebabas, permiten obtener bajos valores de corriente de excitación y pérdidas en vacío

ARROLLAMIENTOS :

Los devanados están formados por bobinas concéntricas de cobre electrolítico de alta conductividad y el aislamiento es papel impregnado en aceite (clase A). Su diseño permite que el transformador pueda suministrar la potencia nominal en cualquier posición del conmutador de derivaciones. Las bobinas son compactas, ensambladas y aseguradas.

Las conexiones al cambiador de derivaciones y a los aisladores pasatapas de alta y baja tensión son realizadas de manera que aseguren una correcta conexión eléctrica y mecánica, a prueba de vibraciones durante el transporte y la operación del transformador.



TANQUE :

El tanque es del tipo corrugado con tapa empernada, en el cual las paredes están conformados por aletas onduladas soldadas a la estructura y constituyen el sistema de refrigeración del transformador.

Con esta construcción en plancha de acero estructural se obtiene una robustez de gran resistencia a los esfuerzos mecánicos y se permite el despacho de los transformadores llenos de aceite listos para entrar en servicio. La protección contra la intemperie incluye la eliminación de todo óxido mediante granallado previo a la aplicación de pintura base anticorrosiva (2 capas) y de pintura de acabado (2 capas).

ACEITE :

Es mineral constituyendo el elemento aislante y refrigerante del transformador.

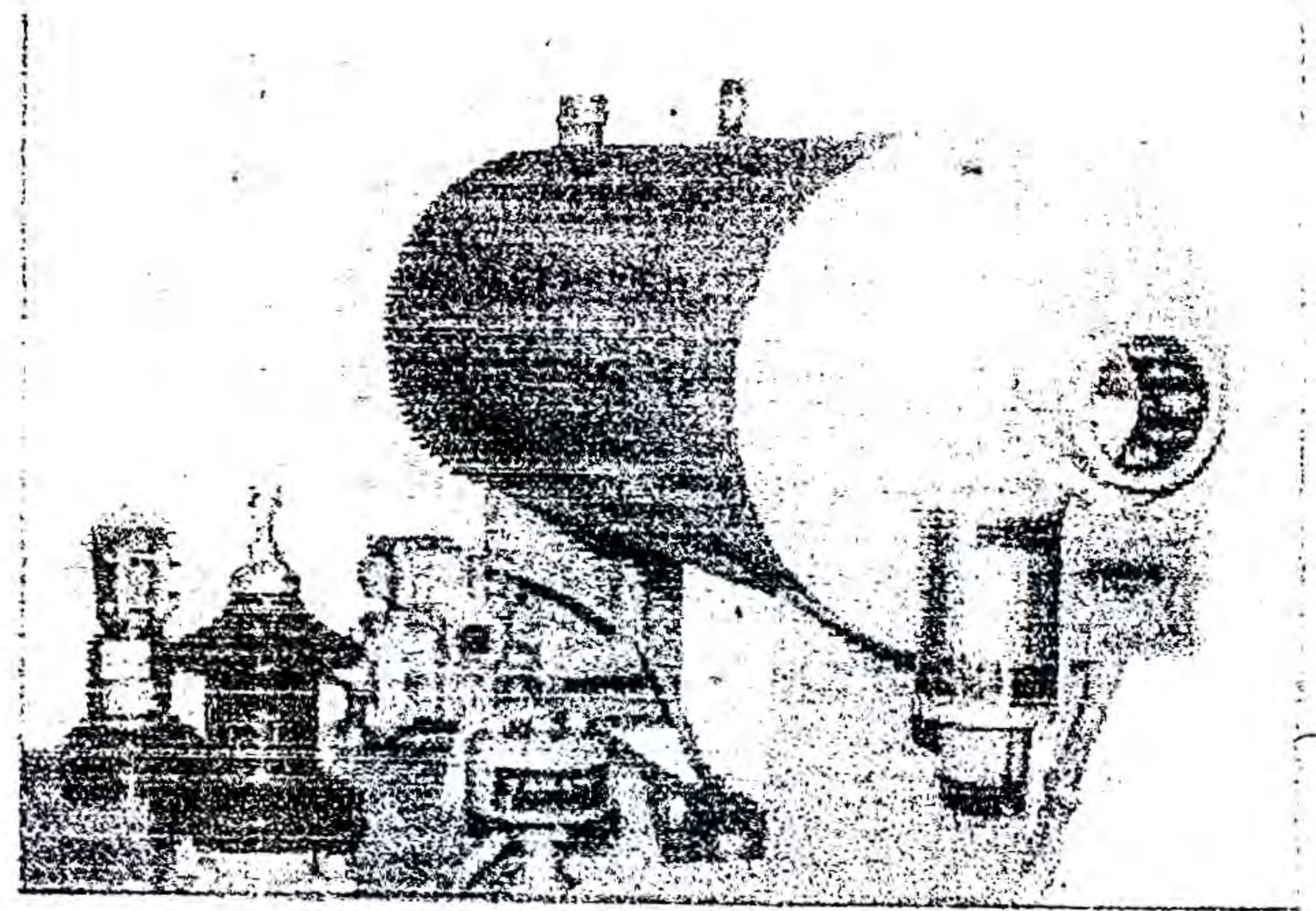
Sus características destacables son las siguientes:

- Baja viscosidad para obtener una buena transferencia de calor.
- Alta rigidez dieléctrica.
- Ausencia de ácidos inorgánicos alcalis y azufre corrosivo, para prevenir un deterioro en los aislamientos y los conductores
- Resistencia a la oxidación y a la formación de lodos.
- Resistencia a emulsiones con agua.
- Bajo punto de congelación.

Antes de ser introducido al tanque, el aceite se somete a proceso de filtrado y secado. El llenado se hace bajo vacío para asegurar la eliminación de la humedad.

SISTEMA DE CONSERVACION DEL ACEITE :

El sistema de preservación del aceite contra la oxidación consiste en un tanque de expansión de sección circular conectado mediante tubo al tanque del transformador. El tanque conservador cuenta con indicador de nivel y puede opcionalmente equiparse con Relé Buchholz y respiradero deshidratante lleno de cristales de silicagel.



AISLADORES PASATAPAS :

Los aisladores pasatapas son de porcelana marrón, de material denso y homogéneo, libre de porosidades, burbujas e imperfecciones que puedan afectar sus características eléctricas o mecánicas.

Las características eléctricas de los aisladores pasatapas cumplen con la norma IEC Pub. 137.

Los aisladores se encuentran montados sobre la tapa y pueden ser reemplazados sin necesidad de desencubar el transformador.

ACCESORIOS NORMALES :

- Conmutador de tomas en vacío de 5 posiciones con mando exterior sobre la tapa.
- Indicador de nivel de aceite.
- Placa de características.
- Válvula de filtrado.
- Perno de puesta a tierra del tanque.
- Ganchos de suspensión.
- Pozo termométrico.

ACCESORIOS OPCIONALES :

- Relé Buchholz.
- Desecador de aire.
- Ruedas.
- Cajuela de protección AT / BT.
- Válvula de seguridad (desde 250 kVA).
- Termómetro de aceite.

- Medida de la tensión de cortocircuito.
- Medida de las pérdidas en carga.
- Medida de las pérdidas sin carga y de la corriente de excitación.
- Ensayo de la tensión inducida.
- Ensayo de la tensión aplicada.
- Medida de la resistencia de aislamiento.

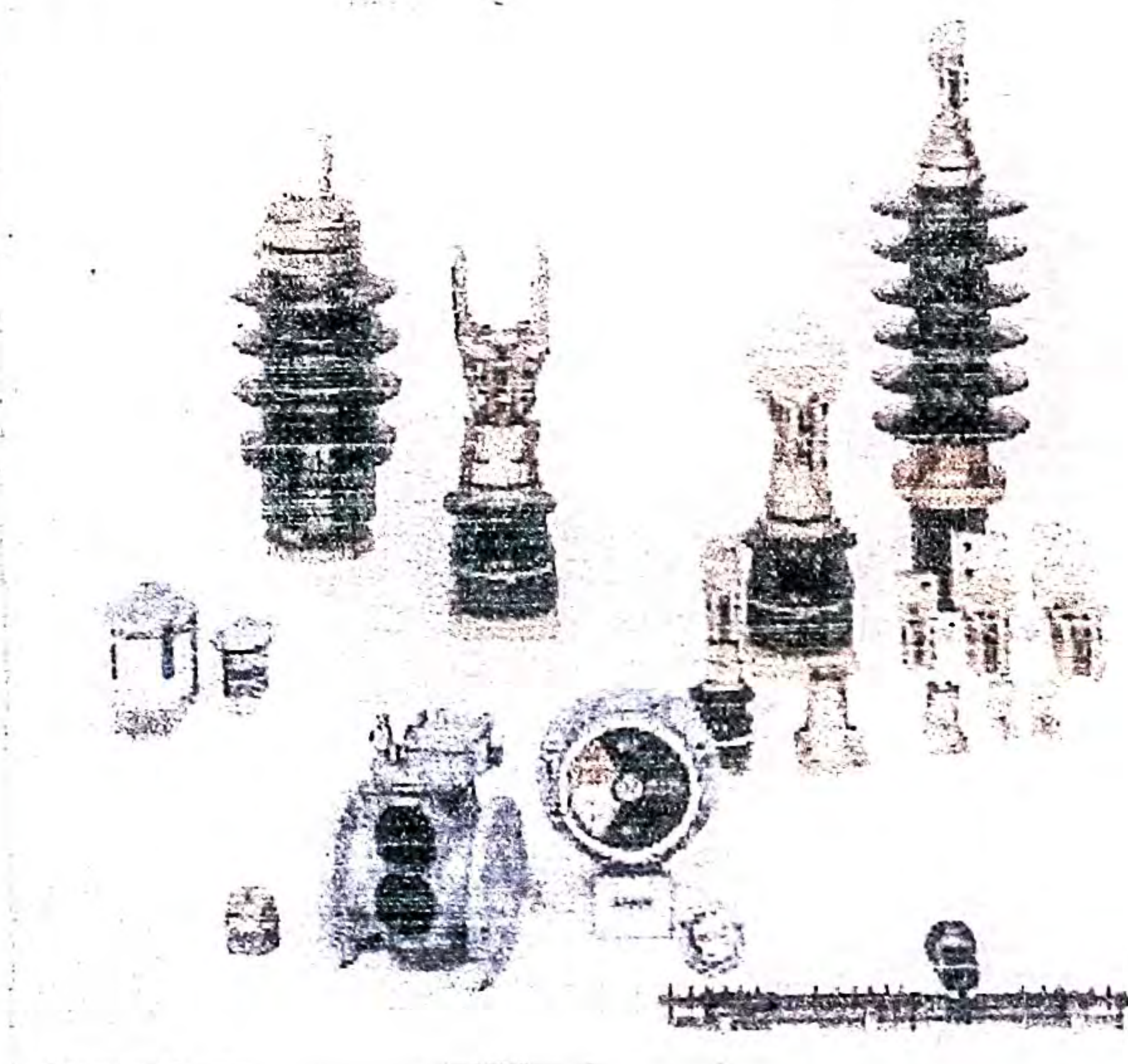
TIPO (OPCIONAL) :

- Prueba de calentamiento.
- Prueba de tensión de impulso.
- Análisis fisicoquímico incluye determinación de: cantidad de agua presente, tangente delta, rigidez dieléctrica, índice de neutralización (acidez) y tensión interfacial.
- Análisis cromatográfico.- Estudia los gases disueltos que se encuentran en suspensión en el aceite.

Contamos con la certificación ISO 9002 para el análisis de aceite aislante.

EJECUCIONES ESPECIALES

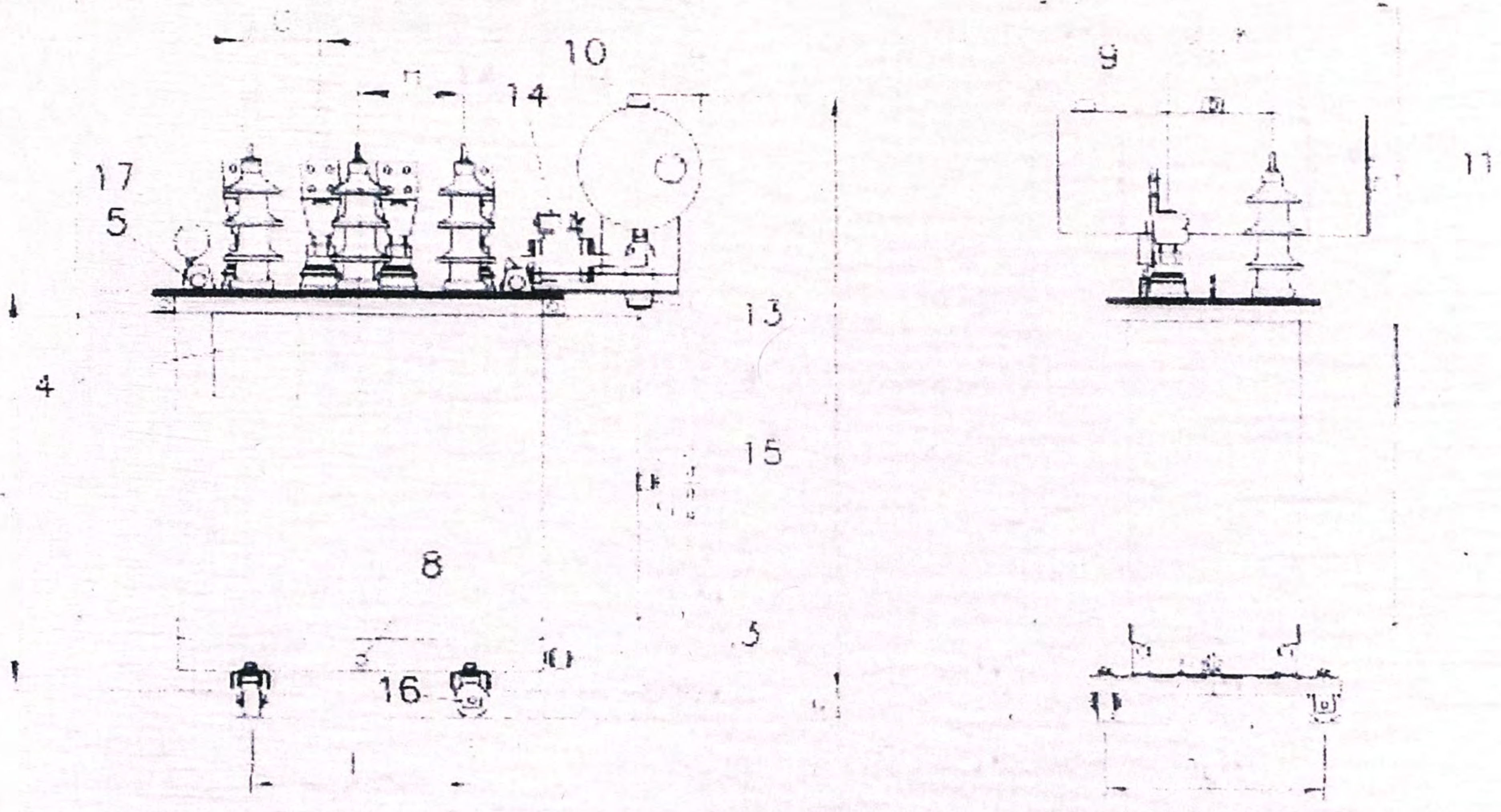
- Tipo Pedestal (gabinete)
- Tipo Bóveda (subterráneo)
- Tipo Integrado (adosable a celda o tablero)



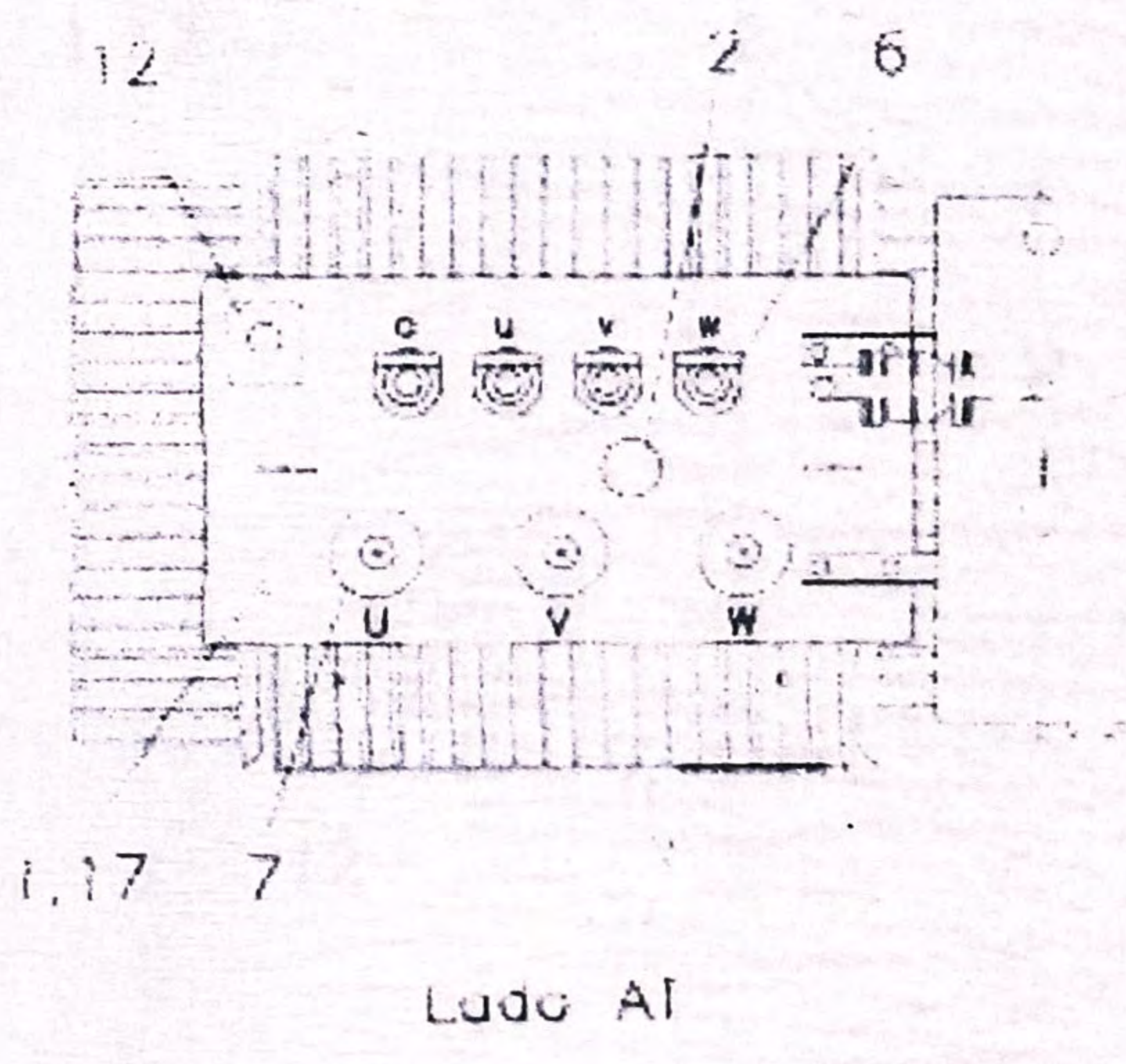
PRUEBAS ELECTRICAS :

RUTINA :

- Medida de la resistencia de los arrollamientos.
- Medida de la relación de transformación.
- Control del grupo de conexión.



Transformador Trifásico en Aceite



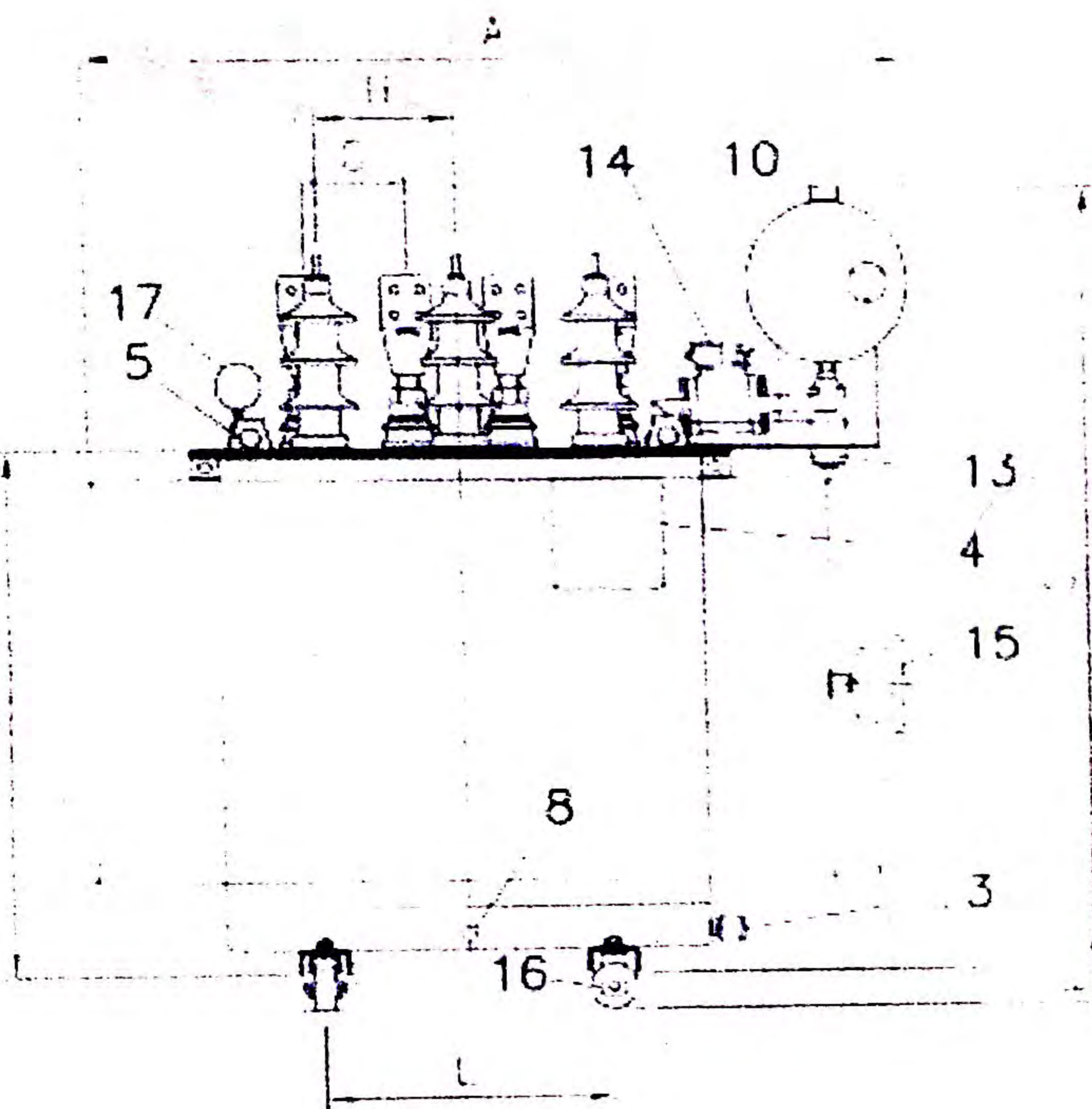
- 1 Faja protectora
- 2 Mando del convertidor
- 3 Válvula de filtrado BT
- 4 Placa de características
- 5 Jera de suspensión
- 6 Bornes BT
- 7 Bornes AT
- 8 Borne de conexión a tierra
- 9 Conservador
- 10 Tapa de llenado
- 11 Ventilador sobre el aceite
- 12 Válvula de seguridad
- 13 Desecador
- 14 Rete Buchholz
- 15 Caja de bornes
- 16 Ruedas
- 17 Termómetro

E - Ejecución especial BT > 1500A
Dimensiones en mm.

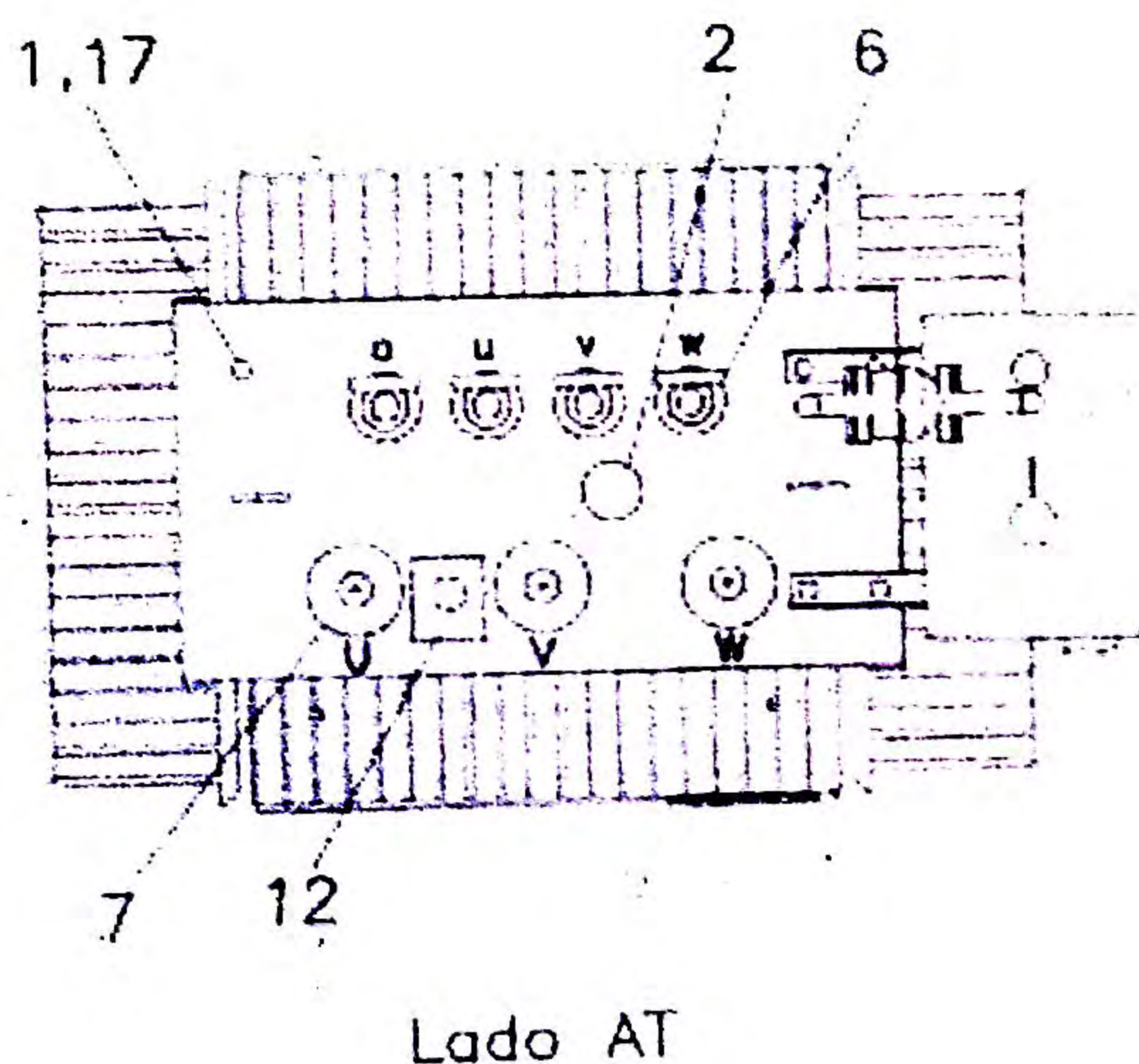
Tensión prueba BIL AT 50/125 kV
Altura 3000 msnm 60 Hz

kVA	Dimensiones Exteriores				Distancia				Pesos			
	A	B	C	D	Bornes		Ruedas		Aceite	Total		
640 ÷ 800	1950	1025	1915	1233	G	H	J	K	F	L	680	2600
1000 ÷ 1250	2100	1070	2190	1473	210	345	175	175	88	670	900	3560
1600	2150	1070	2300	1585	210	345	200	200	88	820	1095	4120
1000 ÷ 1250E	2150	1140	2190	1475	210	345	180	230	88	820	1090	3910
1600E	2200	1200	2350	1585	210	345	200	250	88	900	1410	4765
2000	2200	1200	2350	1585	210	345	200	250	88	900	1370	4970

ABB



Transformador Trifásico en Aceite



- 1 Bobinado trifásico
 - 2 Manos del conmutador
 - 3 Cámara de filtrado G.T.
 - 4 Placa de características
 - 5 Creta de suspensión
 - 6 Bobinas AT
 - 7 Bobinas AT
 - 8 Punto de conexión a tierra
 - 9 Conmutador
 - 10 Tabla de bornes
 - 11 Indicador nivel de aceite
 - 12 Varilla de seguridad
 - 13 Desecador
 - 14 Bobinado trifásico
 - 15 Caja de bornes
 - 16 Ruedas
 - 17 Termómetro
- } Opcionales

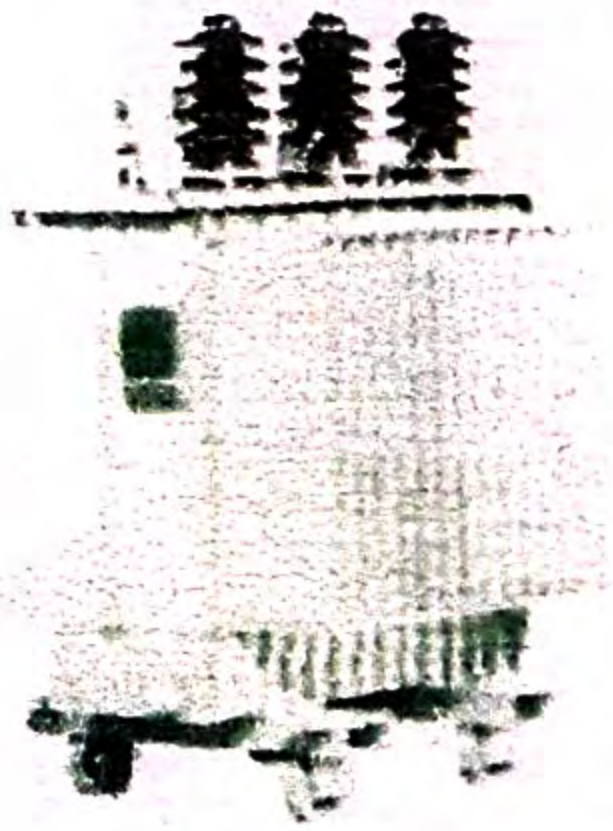
Tensión prueba / BIL AT : 28/75 kV

Altura : 1000 msnm. ; 60 Hz

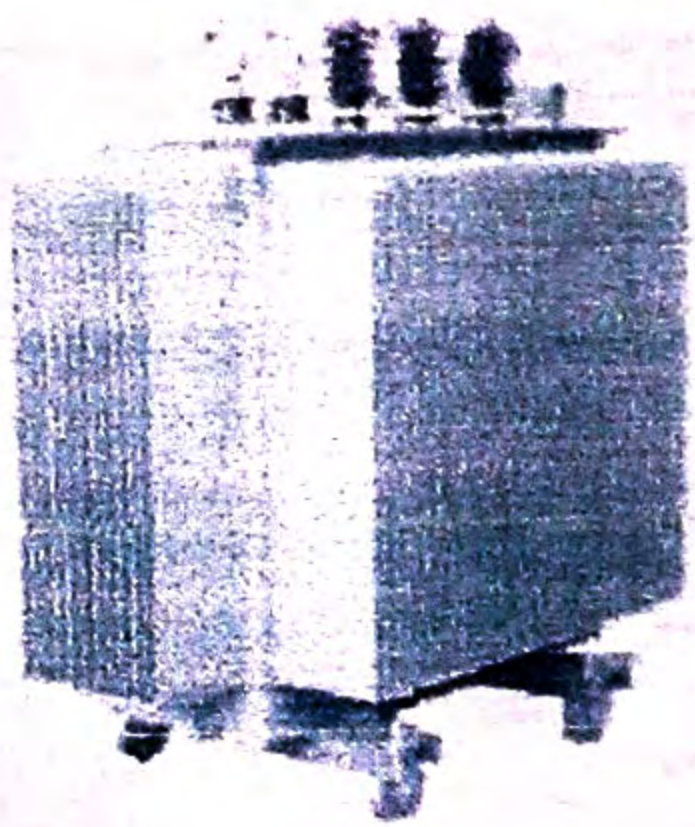
Dimensiones en mm.

kVA	Dimensiones Exteriores				Distancia				Pesos			
	A	B	C	D	Bornes		Ruedas		Aceite	Total		
50	955	485	930	630	G	H	J	K	F	L	70	280
100	1070	595	985	690	100	215	84	69	71	350	100	425
160	1190	710	1115	785	100	275	79	79	71	350	125	560
200 + 250	1275	755	1170	840	100	275	101	101	71	400	185	805
320	1425	790	1350	930	150	275	118	118	71	470	220	1020
400 + 500	1490	870	1645	1190	210	315	155	150	71	570	540	1900

▼▼▼ Portafolio ▼▼▼

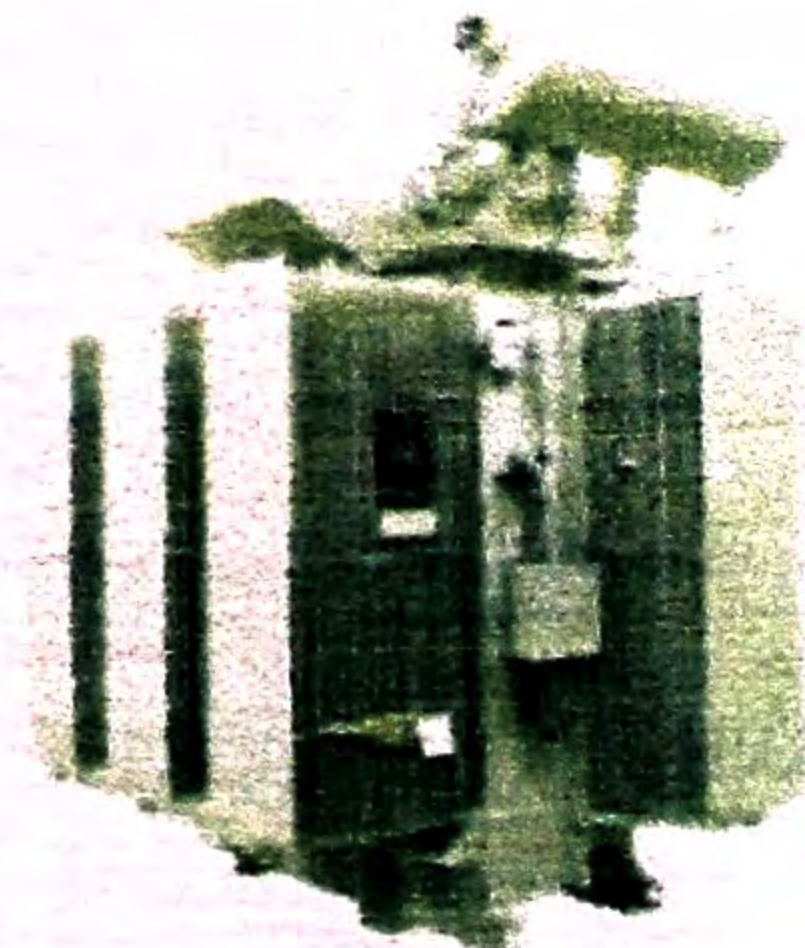


Transformadores pequeños trifásicos de distribución desde 25 KVA hasta 250 KVA y 35 kV diseñados bajo las Normas IEC y ANSI

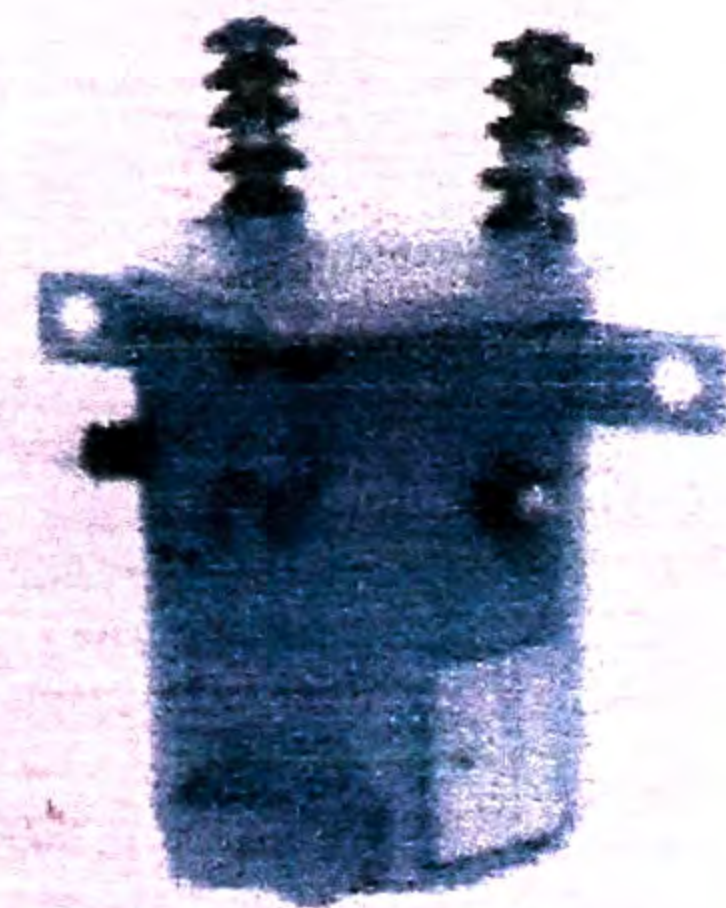


Transformadores medianos trifásicos de distribución hasta 2500 KVA y 35 kV diseñados bajo las Normas IEC y ANSI

Transformadores trifásicos de distribución y potencia hasta 75 MVA y 220 kV diseñados bajo las Normas IEC y ANSI



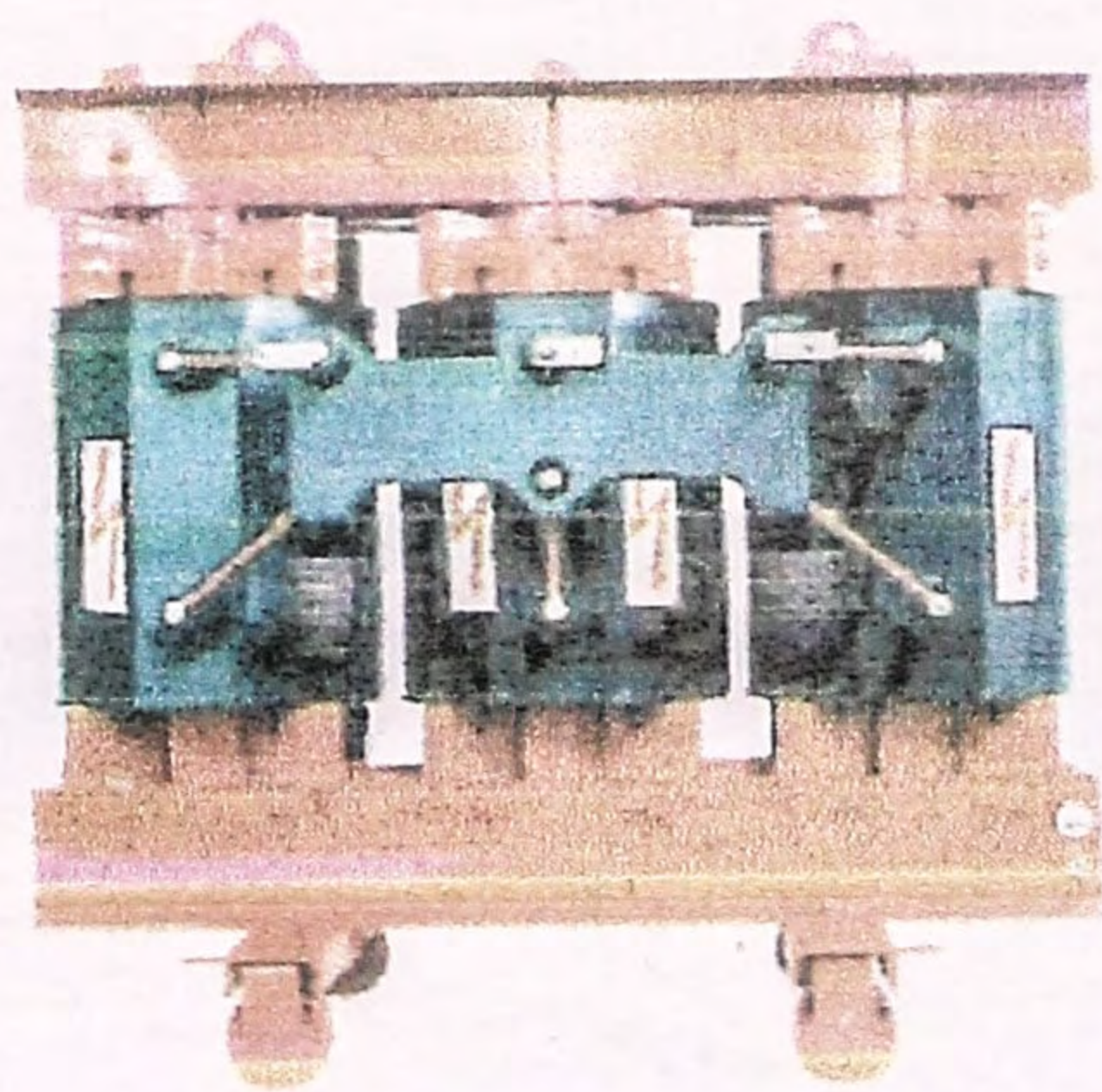
Transformadores monofásicos de distribución tipo poste desde 5 KVA hasta 500 KVA y 34.5 kV diseñados bajo las Normas IEC y ANSI



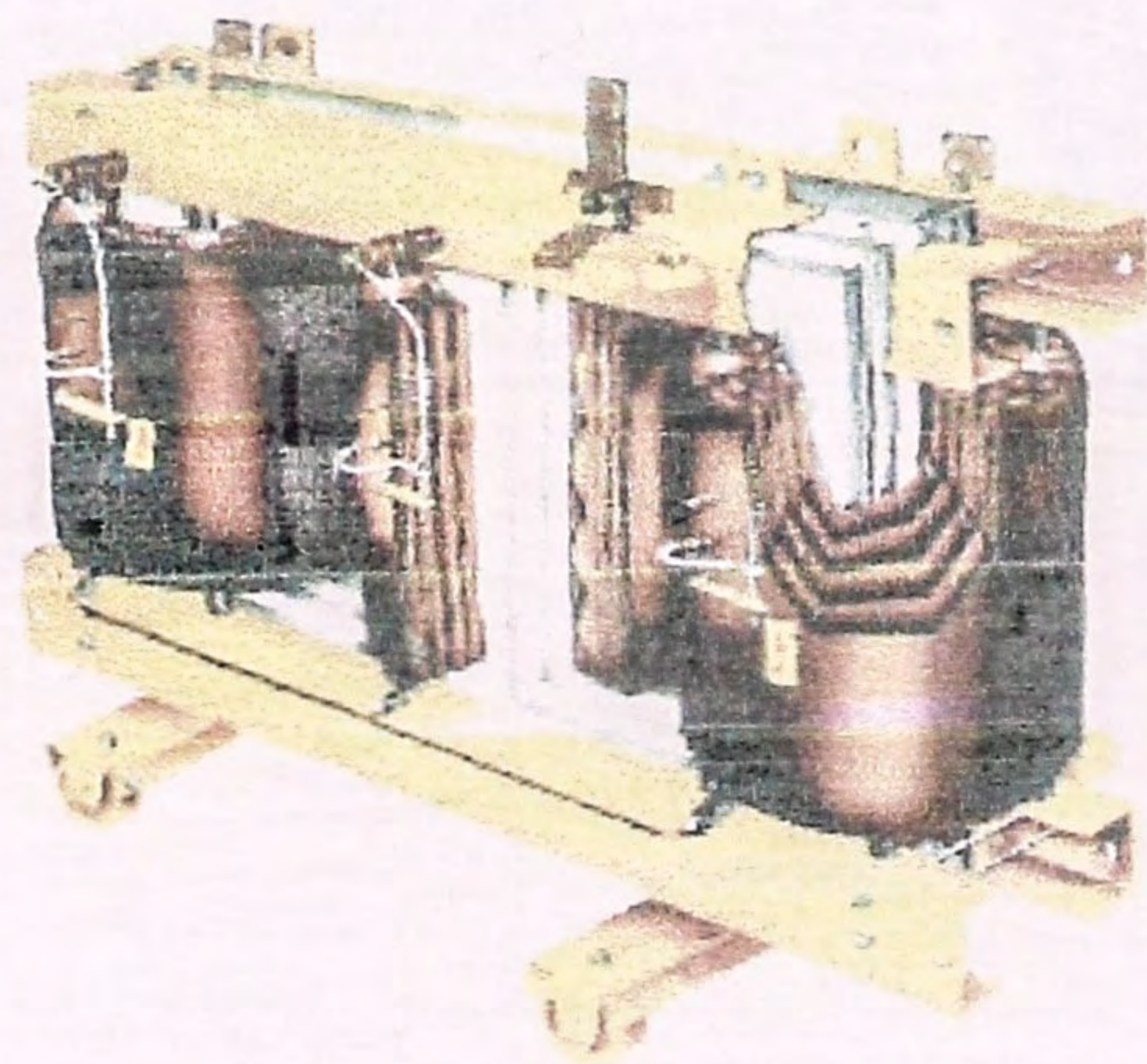
ABB

Transformadores sumergidos en aceite

Portafolio



Transformadores secos para el rango 30 KVA, a 30 MVA, tensión primaria hasta 41,5 kV, y tensión secundaria hasta 36 kv. Estas unidades están diseñadas para operar en condiciones difíciles: contaminación ambiental, riesgo de fuego, humedad alta o condiciones climáticas extremas.



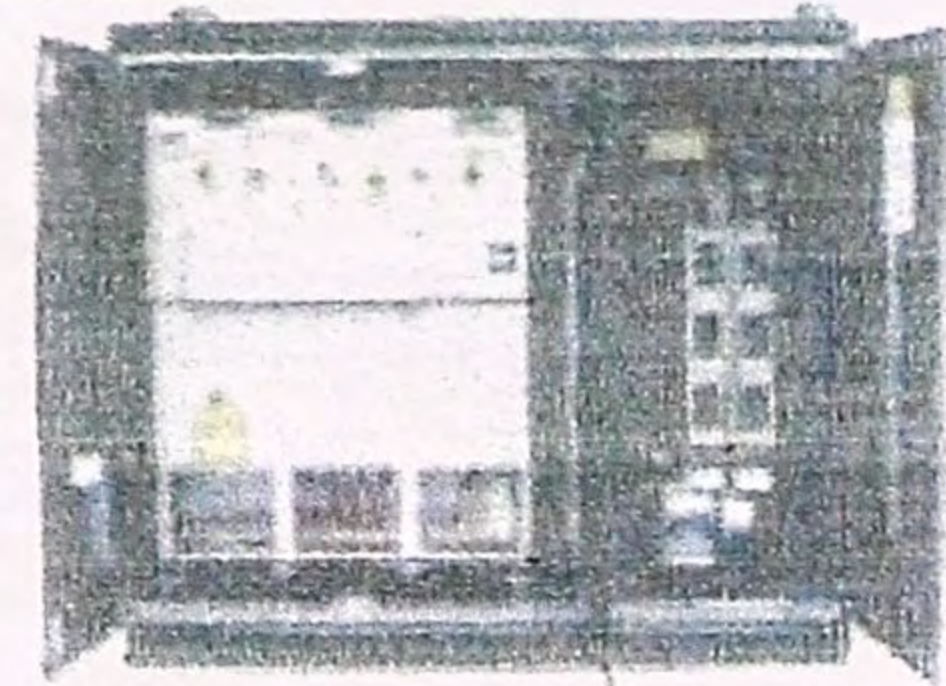
Transformadores secos de RESIBLOC tienen una construcción encapsulada en resina especial que es única en ABB. Esta construcción proporciona gran fuerza y dimensiones de diseño flexibles.

ABB

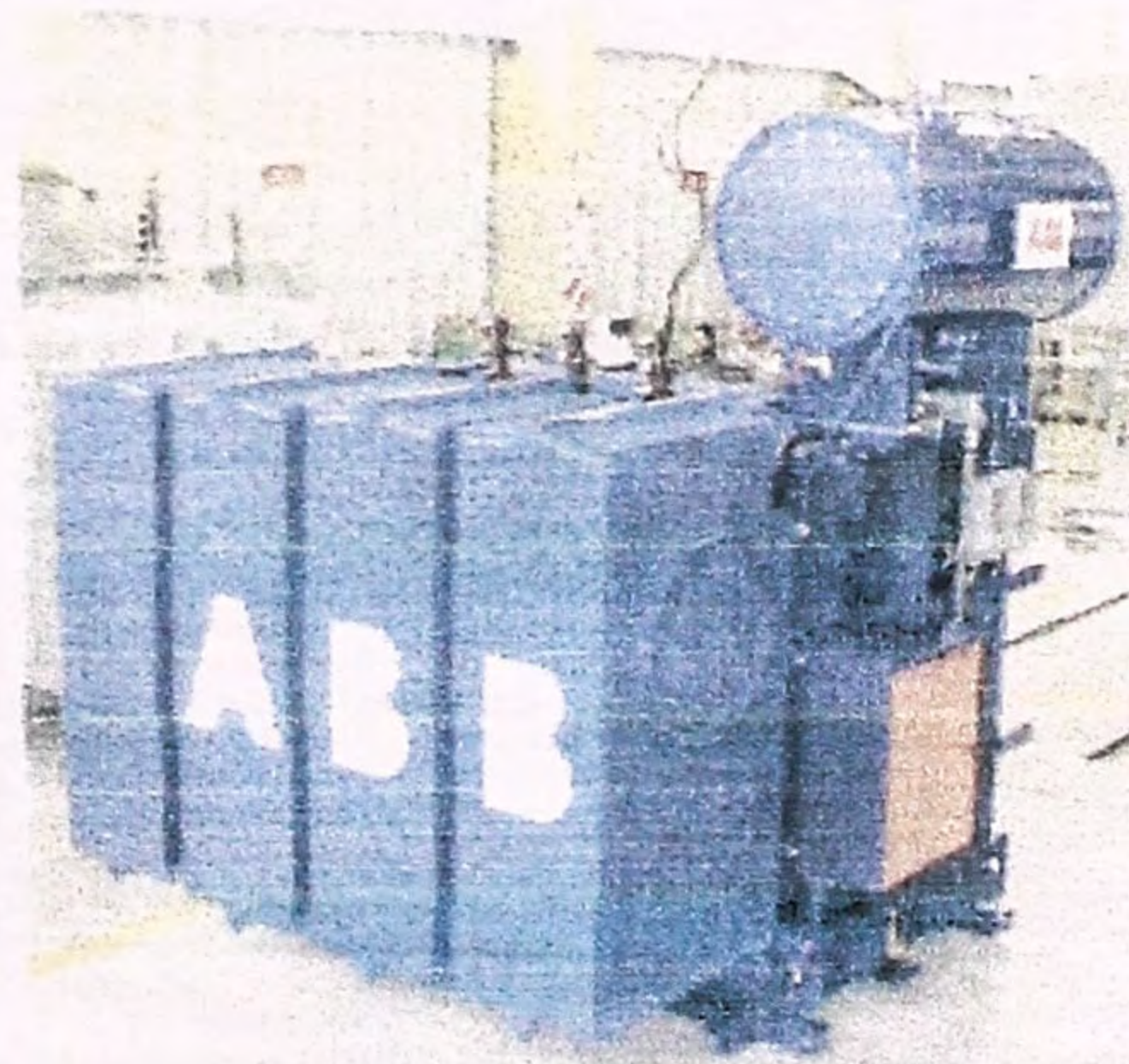
Transformadores secos

▼ Portafolio

Transformadores tipo pedestal desde 100 hasta 1000 KVA, diseñados bajo las Normas IEC y ANSI



Transformadores para rectificadores y para hornos, diseñados bajo las normas IEC y ANSI.



Unidades Compactas de Medida con transformadores de corriente y tensión incorporados.

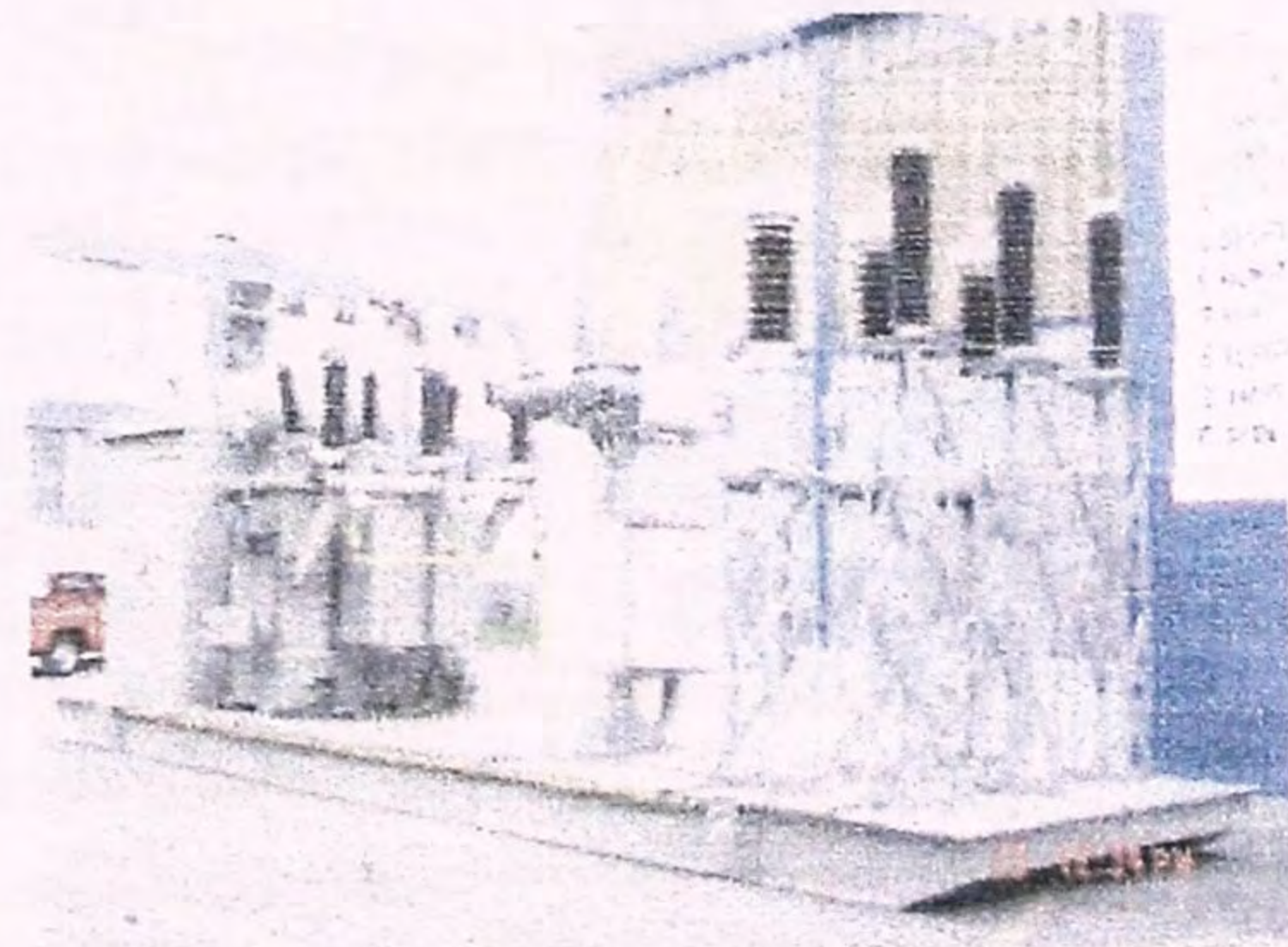
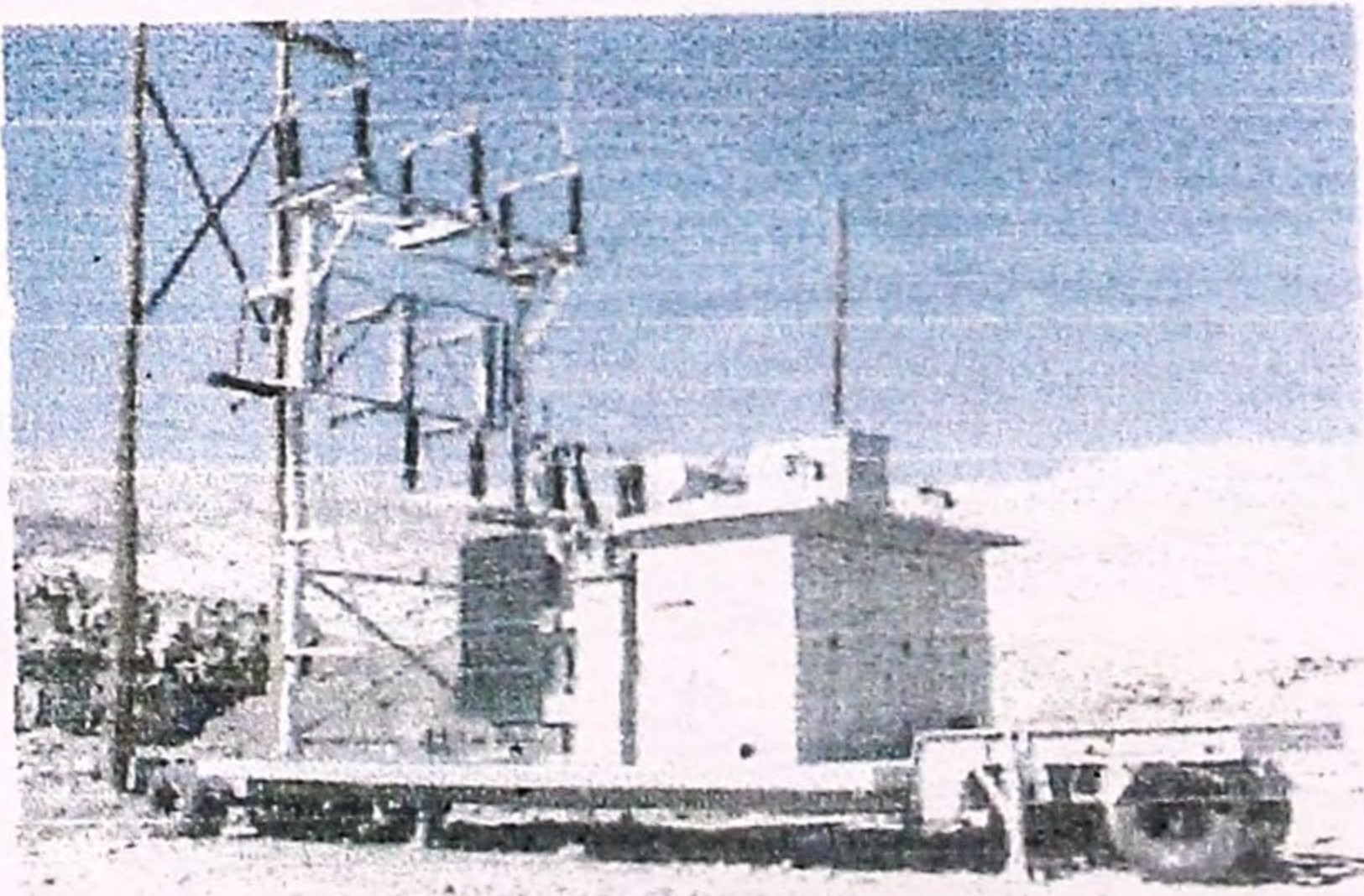
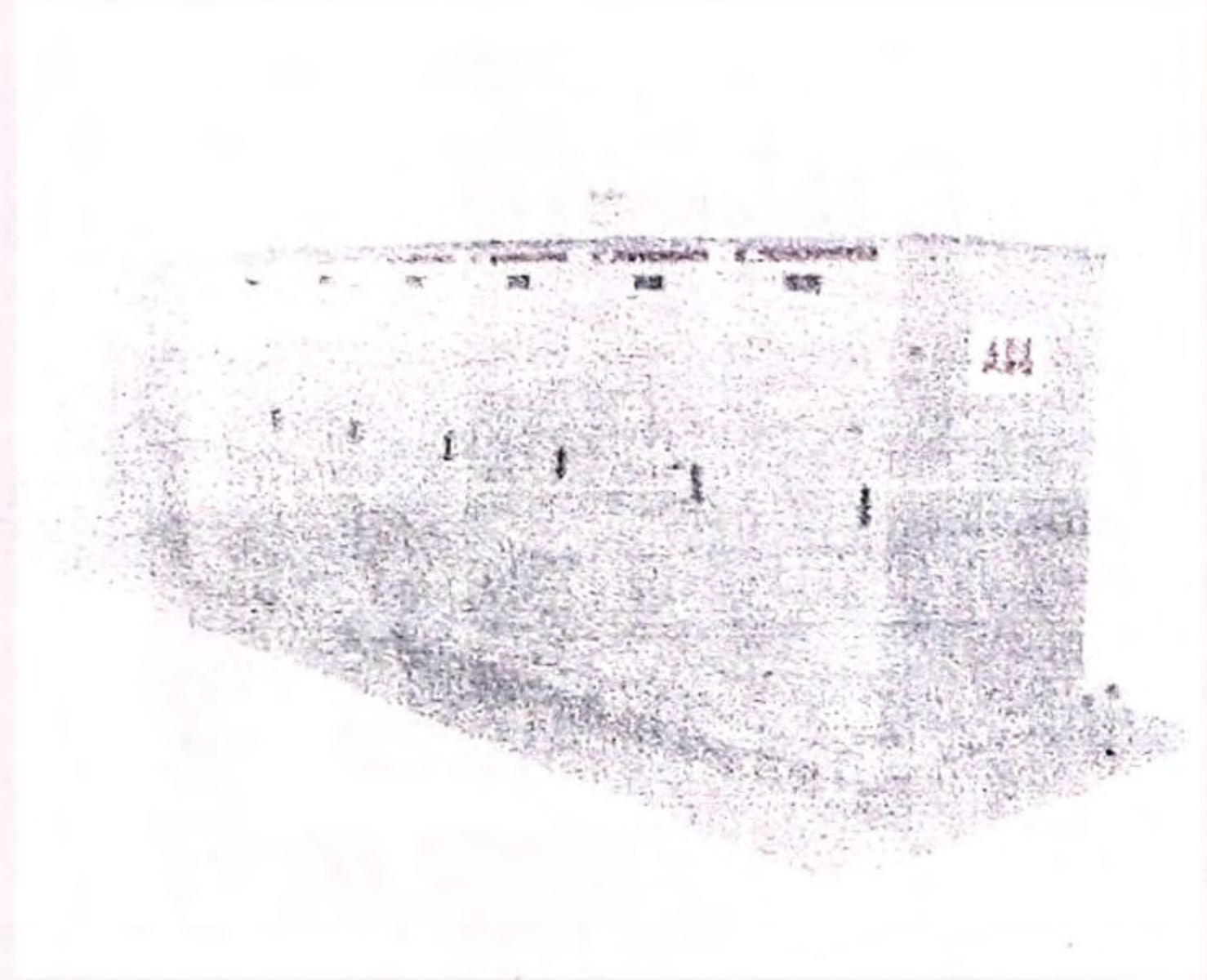


ABB

Transformadores para aplicaciones especiales

▼ ▼ ▼ ▼ ▼ ▼ Portafolio

Sub-estaciones móviles tipo path
con niveles de tensión hasta 36 kV



Sub-estaciones móviles tipo remolque, con niveles de
tensión hasta 72.5 kV

ABB

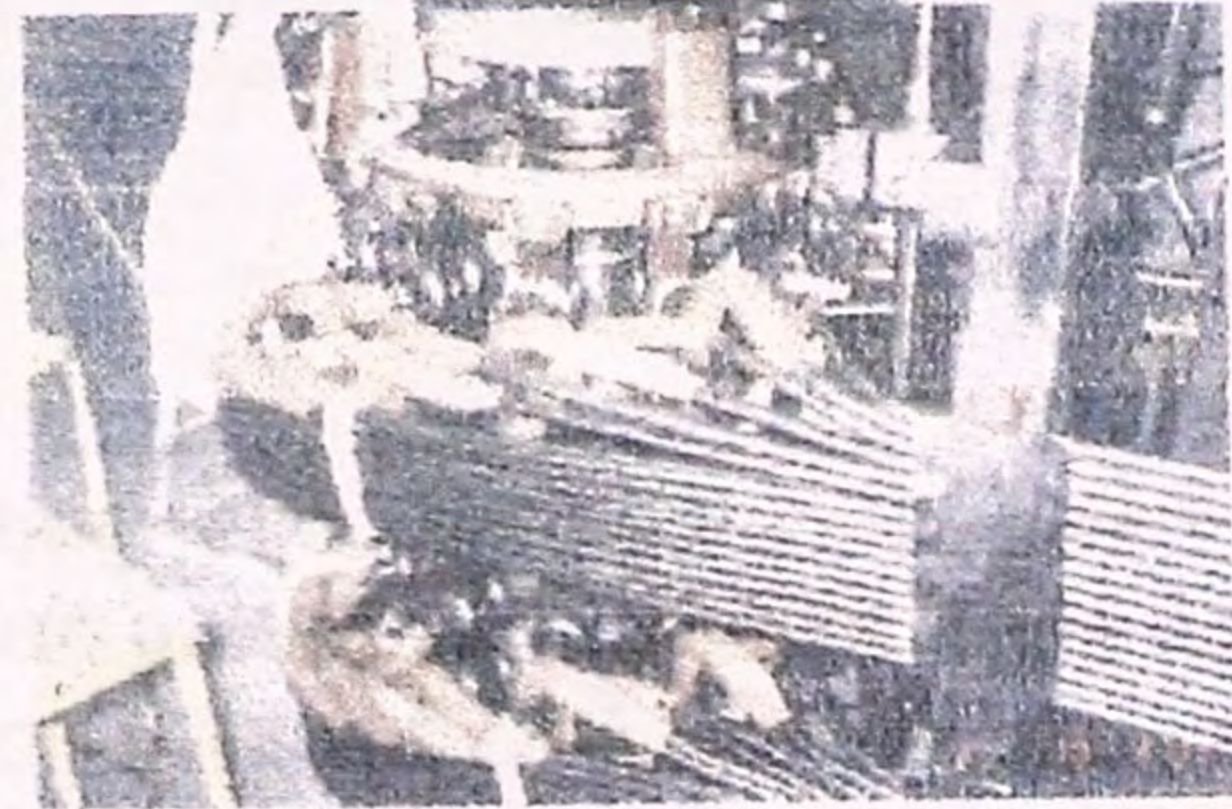
Transformadores para aplicaciones especiales

Portafolio

Reparación y Mantenimiento de Transformadores de Distribución y de Potencia



Características constructivas



Análisis de Aceite y Pruebas Eléctricas

Características constructivas

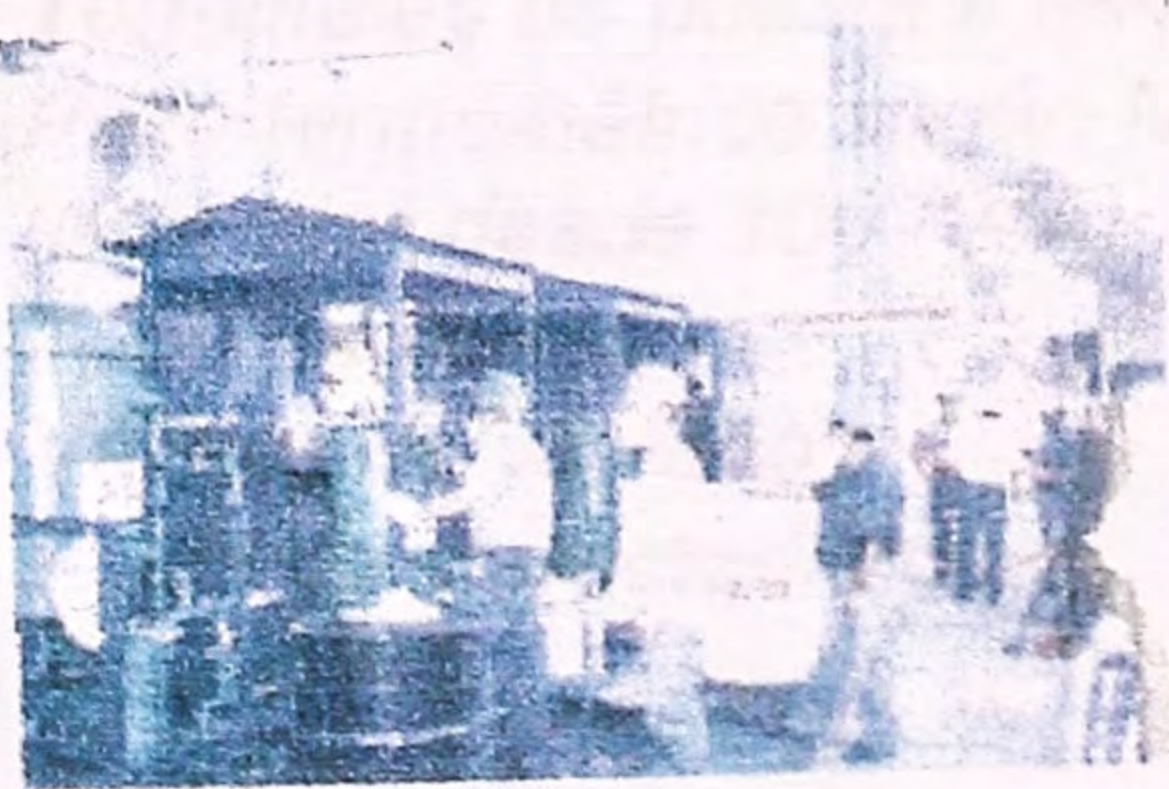


Tanques especiales
Ejemplos de aplicaciones

Eliminación de PCB

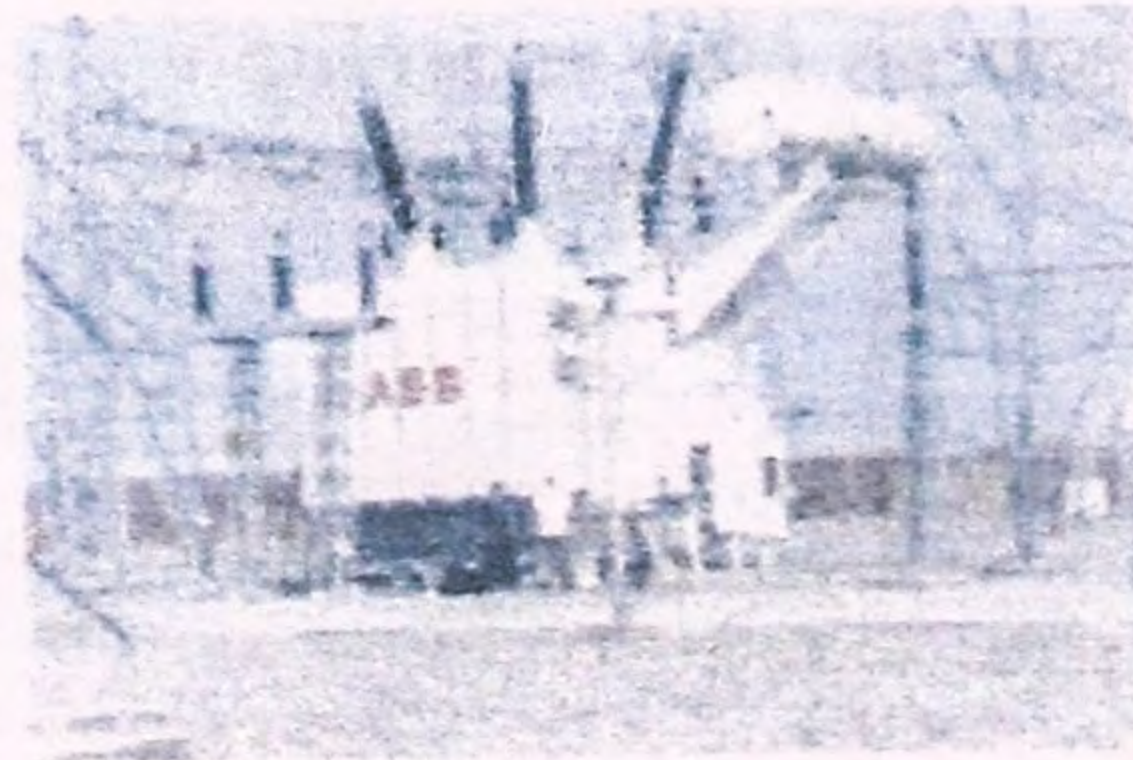


Creación de superficies



Mantenimiento Preventivo y Predictivo

Montaje y Puesta en Servicio de Sub-estaciones



ABB

Servicios en Transformadores

Transformadores Trifásicos de Distribución (≤ 250 KVA)



Características constructivas

Descripción

ABB fabrica transformadores trifásicos de distribución sumergidos en aceite y hasta un límite de 250 KVA y 36 kV. Los transformadores son adaptables para la instalación en postes o montados en sub-estaciones.

Características estándares

Transformadores con tanque conservador completamente llenos de aceite:

- *Tanques corrugados*
- *Bornes de alta y baja tensión según Norma DIN 42531 y DIN 42530*
- *Conmutador de tomas en vacío de 5 posiciones*
- *Orejas de suspensión*
- *Terminales de puesta a tierra*
- *Pozo termométrico según Norma DIN 42554 (estándar desde 100 KVA)*
- *tubo de llenado*
- *Válvula de vaciado*
- *Placa de Características*
- *Aceite*

Otros tipos de productos con diferentes dimensiones y especificaciones técnicas pueden ser diseñados y fabricados sobre pedido.

Núcleo

El circuito magnético es del tipo de tres columnas con juntas traslapadas. Este es fabricado con láminas de fierro silicoso de primera calidad, de grano orientado aislado con carlite. El núcleo montado es sujetado con el fin de reducir vibraciones y minimizar niveles de ruido.

Bobinados

Las bobinas están hechas de cobre, aisladas con papel celulosa o con doble esmalte. Además, las columnas están fabricadas para resistir esfuerzos generados por cortos circuitos.

Conmutador en vacío

Las posiciones ($\pm 2 \times 2.5\%$) del bobinado AT, son conectadas al conmutador en vacío localizado horizontalmente entre el yugo y la cubierta del tanque. El mando está localizado sobre la cubierta y debe ser operado cuando el transformador está desactivado. El diseño evita ajustes del conmutador en vacío a posiciones intermedias. El mecanismo puede ser bloqueado durante la operación del transformador.

Aceite aislante

El aceite mineral con sus características eléctricas y químicas está en conformidad con la norma IEC y es libre de PCB.

Tanque y Cubierta

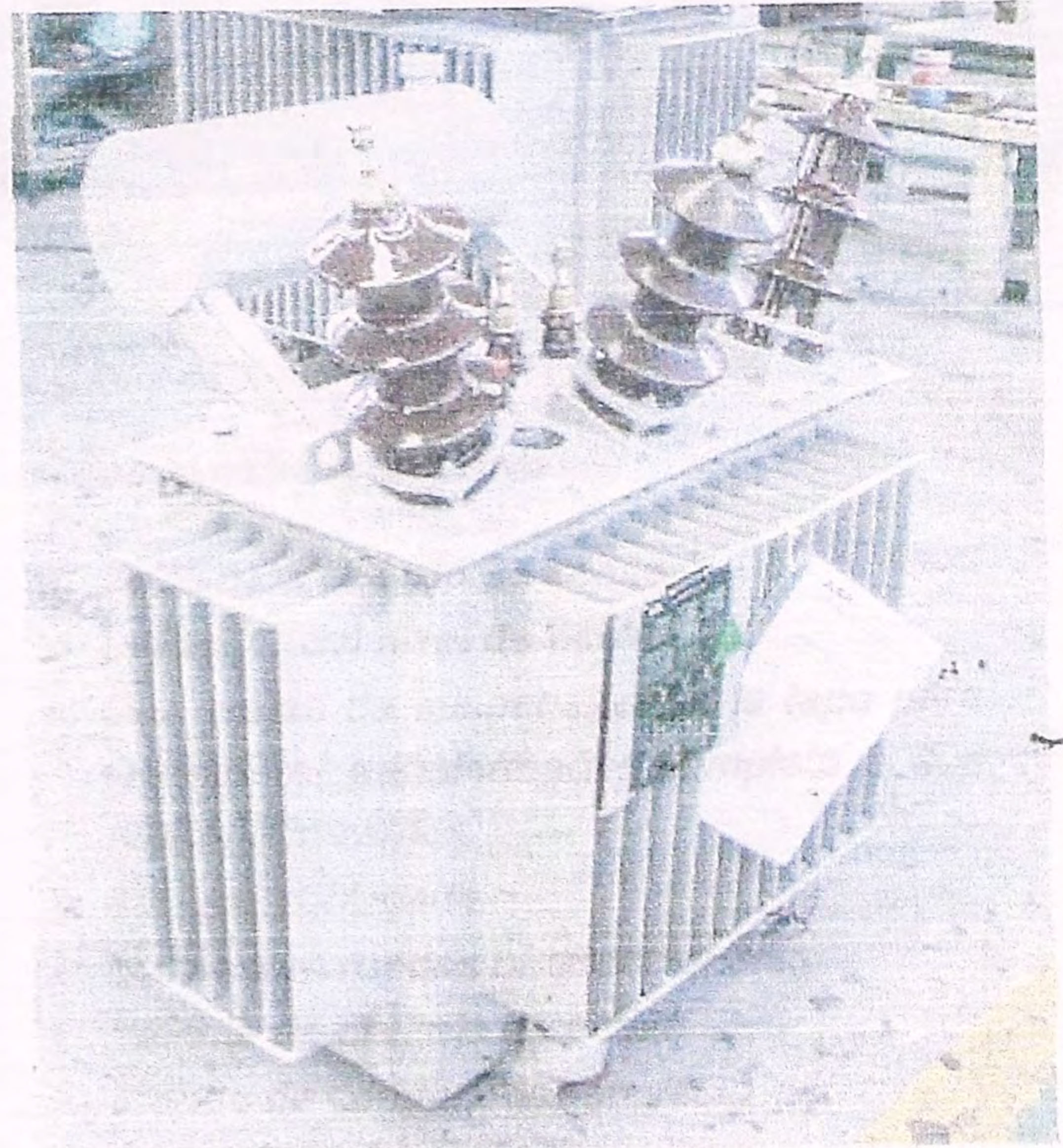
Los lados del tanque están hechos de superficies corrugadas refrigerantes. La plancha inferior, lados y bordes están soldados. Los cordones de soldadura son probados para verificar el hermetismo. Los pozos termométricos, bornes, mando del conmutador y orejas de suspensión están ubicados en la tapa. La cubierta está empernada al marco del tanque. El soporte de ruedas está soldado a la plancha inferior y las ruedas están previstas para movimientos longitudinales o transversales.

Pintura y Tratamiento de la superficie

Las partes metálicas son sometidas a un proceso de arenado, y luego reciben un tratamiento de pintura epóxica. El acabado está de acuerdo al tono de color RAL 7030.

Opciones y Accesorios

- *Termómetro de dial con dos contactos*
- *Indicador del nivel de aceite.*
- *Pozo termométrico según Norma DIN 42554 (estándar desde 100kVA)*
- *Conmutador en vacío de 5 posiciones*
- *Válvula de seguridad*
- *Caja de Bornes*
- *Ganchos de fijación a poste en el tanque*
- *Ruedas bi-direccionales*
- *Cajuela de protección*



Pruebas

Los transformadores son fabricados de acuerdo con las normas de calidad ISO 9001 e ISO 14001. Al final del proceso de fabricación los transformadores son probados individualmente de acuerdo con la Norma IEC.

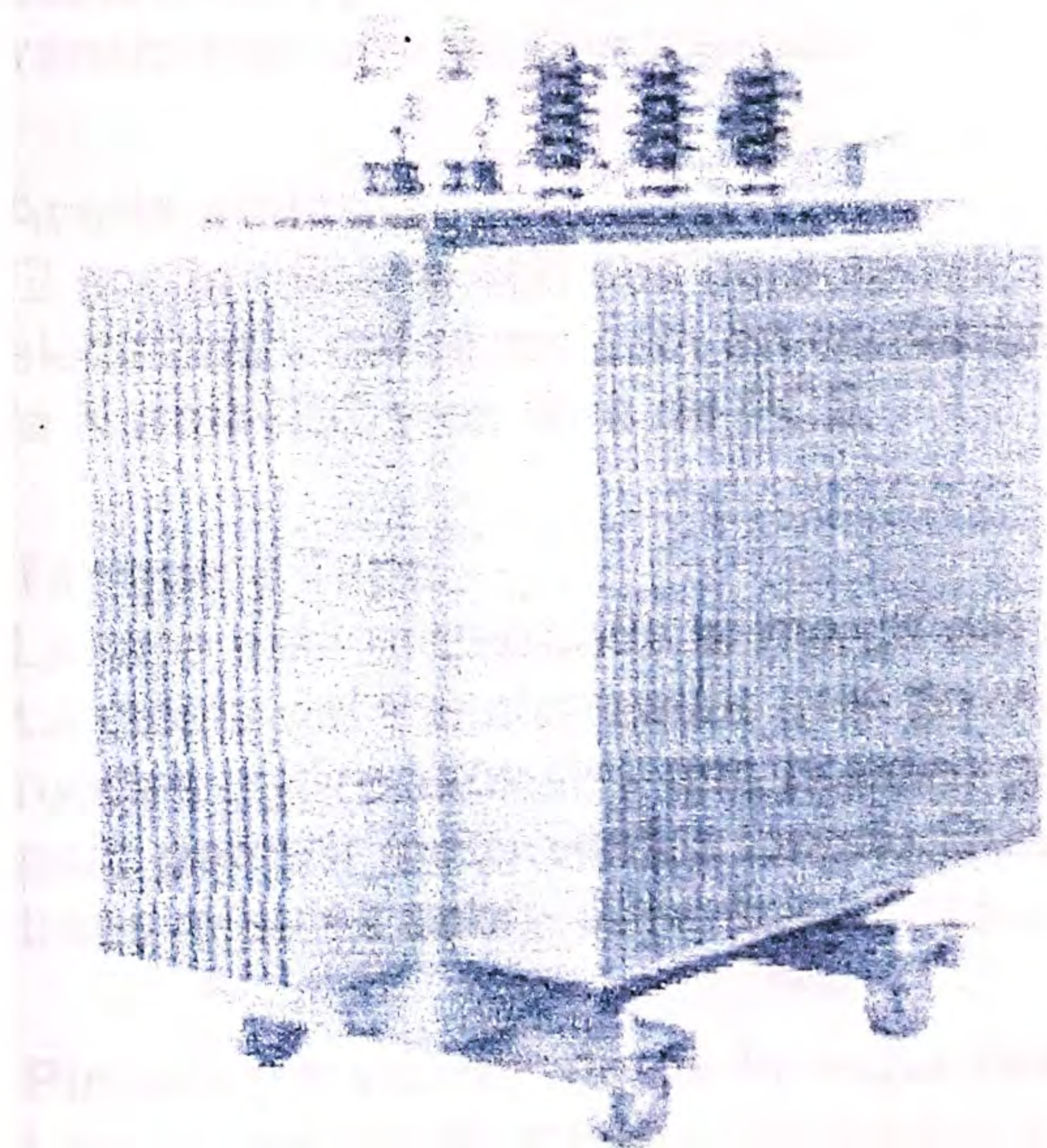
Las pruebas de rutina son:

- *Medida de la resistencia del bobinado*
- *Medida de relación de transformación y verificación del grupo de conexión*
- *Medida de la tensión de impedancia y medida de pérdidas bajo carga*
- *Medida de pérdidas y corrientes en vacío*
- *Pruebas dieléctricas*

Bajo petición, se puede efectuar ensayos tipo - especiales.

ABB

Transformadores Trifásicos de Distribución (> 250 KVA, ≤2000 KVA)



Características constructivas

Descripción

Los transformadores de distribución medianos son usados para reducir tensiones trifásicas de alta a baja tensión en sistemas de distribución, principalmente en áreas metropolitanas y para aplicaciones industriales. Los transformadores en versiones estándar son diseñados para utilizarse en climas moderados y pueden ser instalados en exteriores e interiores. La carga de los transformadores está de acuerdo a las normas IEC 354. Los transformadores de distribución medianos están herméticamente sellados (el tanque es llenado completamente de aceite) o equipados con conservadores de aceite. Ambos tipos están construidos con paredes flexibles corrugadas permitiendo una adecuada refrigeración del transformador. Estas paredes también compensan los cambios de volumen del aceite durante el funcionamiento.

Características Estándar

- Tubo para llenado de aceite
- Indicador del nivel de aceite
- Dos orejas de suspensión en la tapa para levantar el transformador completo o sus partes removibles
- Tanque corrugado
- Culata con ruedas bi-direccionales
- Válvula de drenaje de aceite
- Mando de conmutador en vacío
- Terminales de conexión a tierra
- Placa de características
- Termómetro
- Desecador de Aire
- Conservador

Núcleo

El núcleo de los transformadores está hecho de hierro silicoso laminado en frío de grano orientado magnéticamente de bajas pérdidas.

Bobinados

Las bobinas de los transformadores están hechas de cobre de alto grado electrolítico. Las bobinas de alta tensión son fabricadas con alambre o platina forrada de papel aislante o con doble esmalte. Las bobinas de baja tensión son fabricadas con platinas forradas de papel aislante o con folios. La estructura de la bobina está caracterizada por su alta intensidad dieléctrica con alta resistencia a descargas atmosféricas y a efectos de corto circuito. Los puntos neutros de las bobinas de baja tensión son llevados a la tapa del tanque.

Conmutador en vacío

El conmutador en vacío es de 5 posiciones conectado al lado de Alta tensión con un mando ubicado en la tapa. El conmutador deberá ser operado sólo cuando el transformador esté desactivado.

Aceite aislante

El aceite mineral con sus características eléctricas y químicas está en conformidad con la Norma IEC y es libre de PCB.

Tanque y Tapa

La tapa está empernada al marco del tanque. La culata del transformador está provista de ruedas bi-direccionales que pueden girar 90° para permitir movimientos longitudinales y transversales sobre superficies lisas.

Pintura y tratamiento de la superficie

Las partes metálicas son sometidas a un proceso de arenado, y luego reciben un tratamiento de pintura epóxica. El acabado está de acuerdo al tono de color RAL 7030.

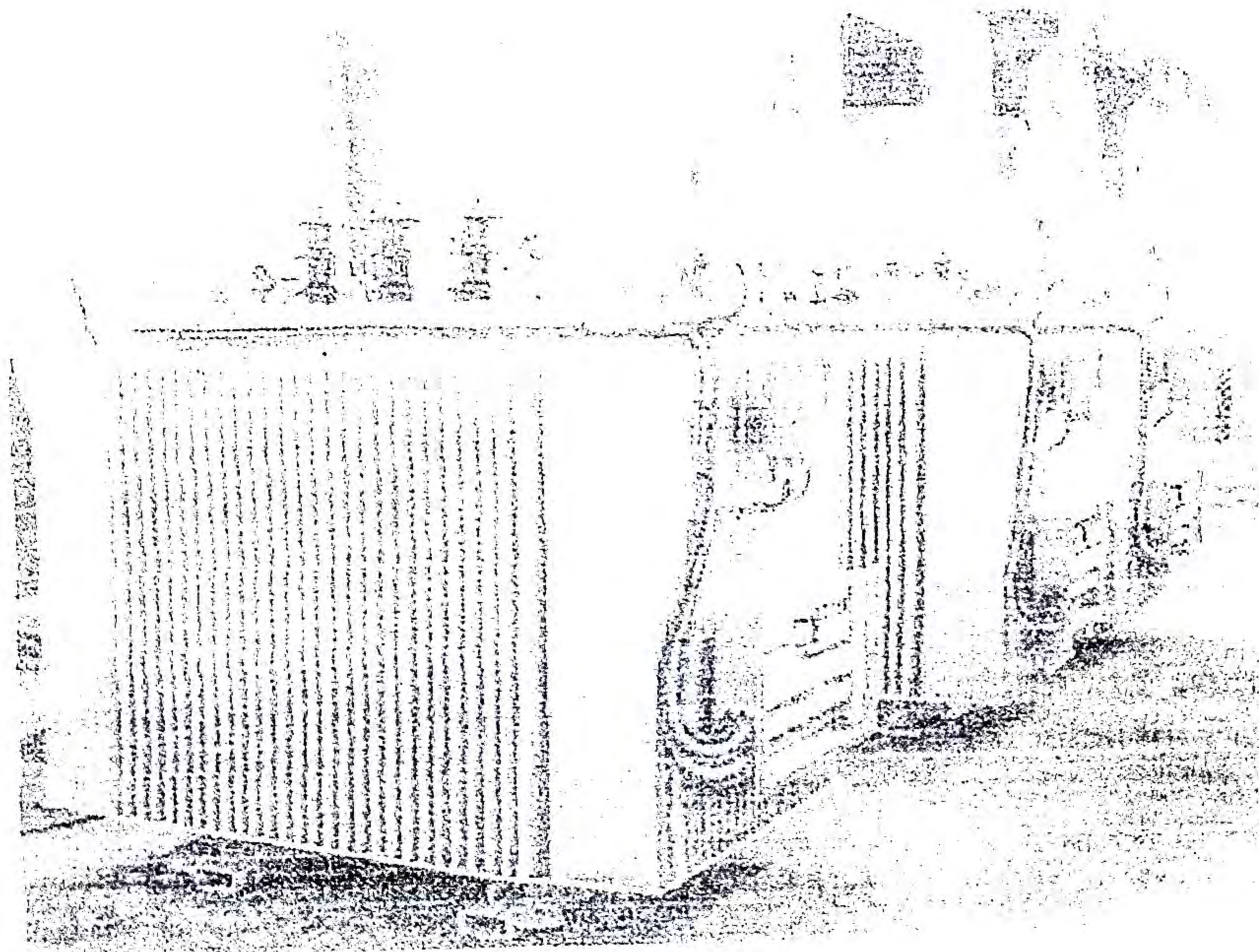
Opciones y Accesorios

- *Termómetro de dial con dos contactos*
- *Válvula de seguridad con o sin contactos*
- *Conmutador en vacío con más de 5 posiciones*
- *Caja de Bornes*
- *Cajuela de Protección*
- *Pozo termométrico adicional*
- *Transformación para dos voltajes*

Especificaciones

- *Normas: IEC, ANSI*
- *60 Hz estándar, 50 Hz opcional*
- *Alta Tensión: 3,000 – 36,000 V*
- *Baja Tensión: 100 – 15,750 V*
- *Grupo de Conexión: Dy, Yy, Dd, Yd*
- *Tensión de corto circuito: 4-7%*
- *Regulación de tensión: +2 x 2.5%; +2 x 5%; +2.5%, -3 x 2.5%*

Pruebas especiales y/o tipo presenciadas pueden ser llevadas a cabo sobre pedido.



ABB

Transformadores Trifásicos de Potencia (hasta 75 MVA y 220 kV)

Características constructivas

Descripción

ABB lleva unos cien años construyendo transformadores. La producción se basa en el desarrollo y en la investigación realizados en la oficina de diseño y en el Centro de Investigaciones ABB en estrecha colaboración con nuestros clientes. Esta larga experiencia asociada con procesos de investigación y desarrollo garantizan nuestra alta calidad, larga duración y fiabilidad.

Características Generales

Los transformadores están fabricados y ensayados según IEC Publicación 76. Son también conformes a numerosas normas nacionales p.e. BS 171, VDE 0532, SS4270101, etc. Los transformadores pueden ser sobrecargados según IEC Publicación 354 (1972). El conmutador bajo carga y los bornes se eligen de manera que no se limite la capacidad de sobrecarga. Los métodos de refrigeración son ONAN o ONAN/ONAF.

Características Constructivas

Los transformadores son del tipo convencional, provistos de un conservador de aceite. Se producen dos tipos de transformadores:

- Transformadores con conmutador en vacío
- Transformadores con conmutador bajo carga

Núcleo

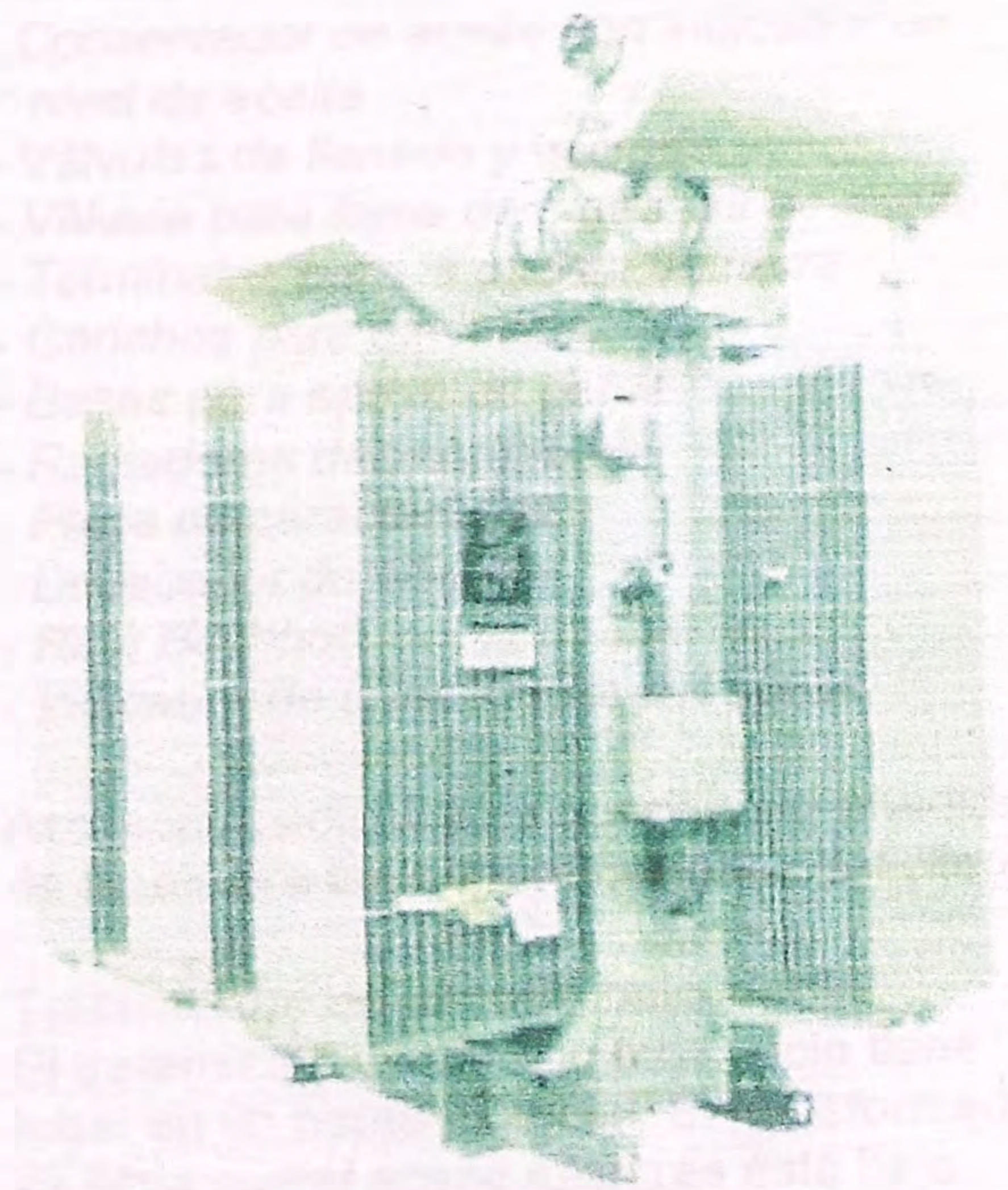
El núcleo con tres columnas, está construido con chapas de acero laminado con grano orientado. Los empalmes entre columna y culata están intercalados a 45° y solapados. La sección transversal de la columna es circular.

Bobinados

El material de los bobinados es cobre. Los bobinados del tipo multicapa, de disco o helicoidal están hechos con un alambre rectangular aislado con papel. Los transformadores con cambiador de tomas bajo carga normalmente tienen un bobinado de regulación separado.

Conmutador en vacío

Los transformadores están normalmente equipados con un conmutador en vacío de 5 posiciones en el lado de alta tensión, con el mando situado en la tapa. Cuando se cambia de posición el transformador tiene que estar desconectado, sin tensión. Posición 1 del conmutador (posición +) corresponde a la relación más alta, que da la tensión más baja en el lado de baja tensión. Posición 5 del conmutador (posición -) corresponde a la relación más baja, que por consiguiente dará la tensión más alta en el lado de baja tensión.



ABB

Conmutador bajo Carga

El cambiador funciona como un interruptor selector, combinando las características de un conmutador en carga y de un selector de posiciones. El selector está ubicado en un compartimiento de aceite separado y conectado con su propio conservador; el aceite en el compartimiento puede ser cambiado independientemente. El conmutador en carga se acciona por muelle de gran velocidad y dispone de resistencias de transición para limitar la corriente. El cambiador de tomas dispone de un relé de protección.

El conmutador bajo carga está provisto de un accionamiento motorizado para control local y a distancia.

Normalmente el motor es trifásico y la unidad de control y los circuitos de calentamiento son para alimentación monofásica AC. Si se solicita, se pueden suministrar circuitos DC.

Aceite Aislante

El aceite mineral usado en los transformadores es conforme a IEC 296 y a numerosas normas nacionales.

Bajo petición, se pueden entregar los transformadores con conmutador en vacío y con silicona.

Cuba

La cuba del transformador es normalmente de tipo rígido, provista de radiadores adosados conectados a la cuba por medio de una válvula de separación y cierre. Bajo petición, la cuba puede hacerse resistente al vacío. Alternativamente los transformadores hasta 5 MVA pueden estar provistos de una cuba compacta con aletas onduladas para refrigeración.

Pintado y Tratamiento de las Superficies

Antes del pintado; la cuba, la tapa y el conservador son limpiados con chorro de granalla. Las superficies externas son pintadas inmediatamente después del pre-tratamiento con un primera capa de epoxy bicomponente. El pintado final se efectúa mediante la aplicación de pintura epóxica de

acabado. El conservador y la parte inferior de la cuba son pintados internamente.

Opciones y Accesorios

Los transformadores están provistos de los siguientes accesorios estándar:

- *Bornes*
- *Conservador de aceite con indicador de nivel de aceite*
- *Válvulas de llenado y vaciado*
- *Válvula para toma de muestras de aceite*
- *Terminales para la puesta en tierra*
- *Ganchos para elevación*
- *Bases para apoyo de gatos*
- *Radiadores desmontables*
- *Placa de características*
- *Desecador de silicagel*
- *Relé Buchholz*
- *Indicador de temperatura del aceite*

Accesorios adicionales pueden ser añadidos de acuerdo a las especificaciones del cliente.

Tratamiento de secado bajo Vacío

El tratamiento de secado bajo vacío tiene lugar en un horno especial. El transformador se llena con el aceite mientras está bajo vacío. De esta manera la humedad y los gases son efectivamente eliminados de los bobinados y del aceite.

Bornes

Los bornes son del tipo de porcelana y situados sobre la tapa. Los bornes pueden cambiarse sin abrir el transformador. Los bornes son conformes a la norma IEC 137 ó cualquier norma solicitada. Los terminales pueden estar provistos de una caja cubre bornes de aislamiento al aire. Dicha caja puede situarse en el lado primario y/o secundario y puede estar diseñada para conexión a cable o conducto de barras. Alternativamente los transformadores pueden estar provistos de bornes enchufables.



Pruebas

Todos los transformadores están contruidos de acuerdo con el sistema de calidad ISO 9000. Los transformadores son probados individualmente según la norma IEC.

1 Prueba de rutina

1.1 Medida de la resistencia de los bobinados

1.2 Medida de la relación de transformación y control del grupo de conexión

1.3 Medida de la tensión de impedancia, impedancia de corto circuito y pérdidas debido a la carga

1.4 Medida de las pérdidas y de la corriente en vacío

1.5 Pruebas dieléctricas:

1.5.1 Ensayo de tensión aplicada a frecuencia industrial

1.5.2 Ensayo de tensión inducida a frecuencia elevada

2 Pruebas tipo

2.1 Prueba de calentamiento

2.2 Prueba de Impulso

3 Pruebas especiales

3.1. Prueba Tangente delta

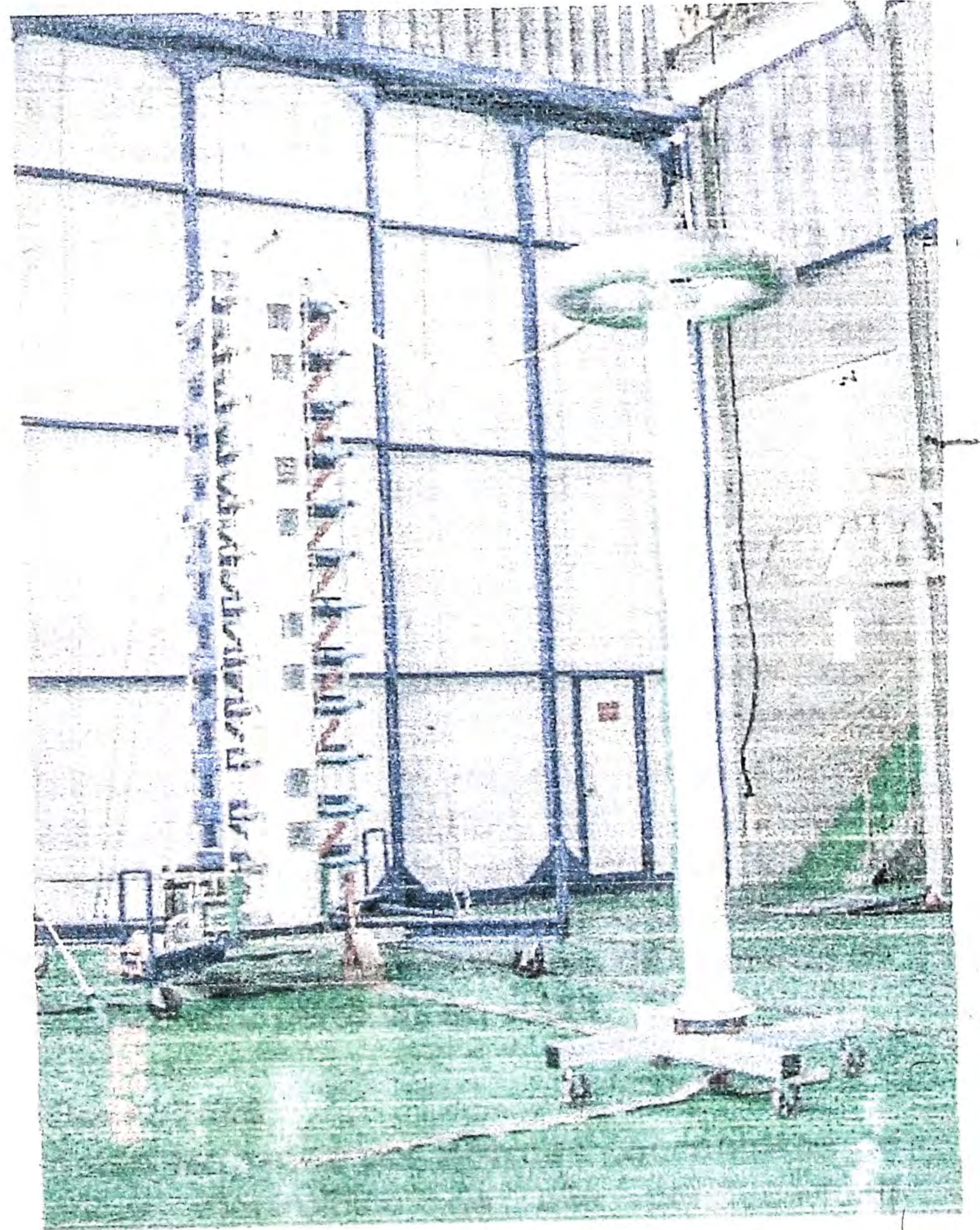
3.2 Prueba de descargas parciales

3.3 Nivel de ruido

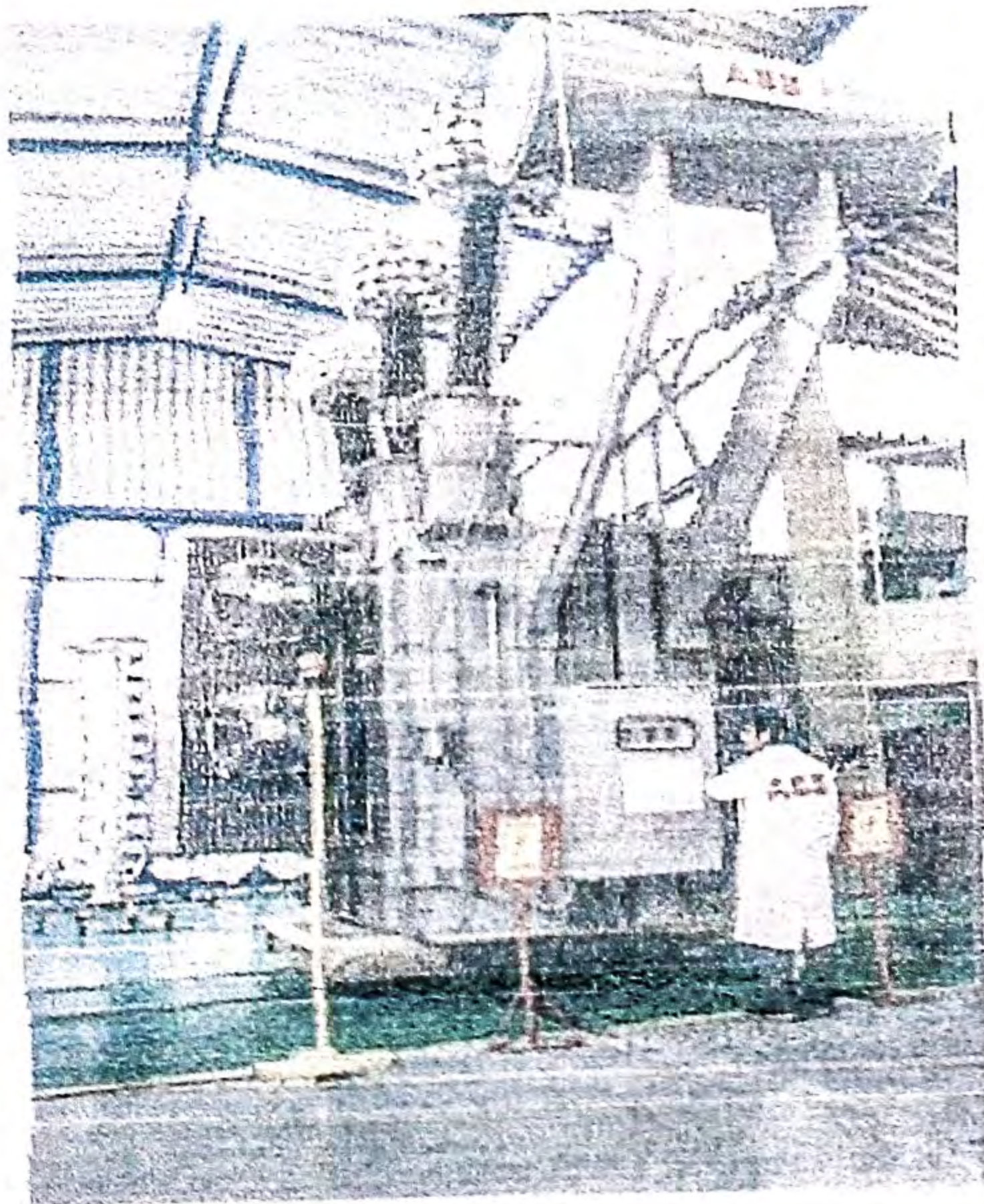
3.4 Pruebas de equipos auxiliares y cableado

3.5 Prueba de conmutación en carga

3.8 Prueba de hermetismo

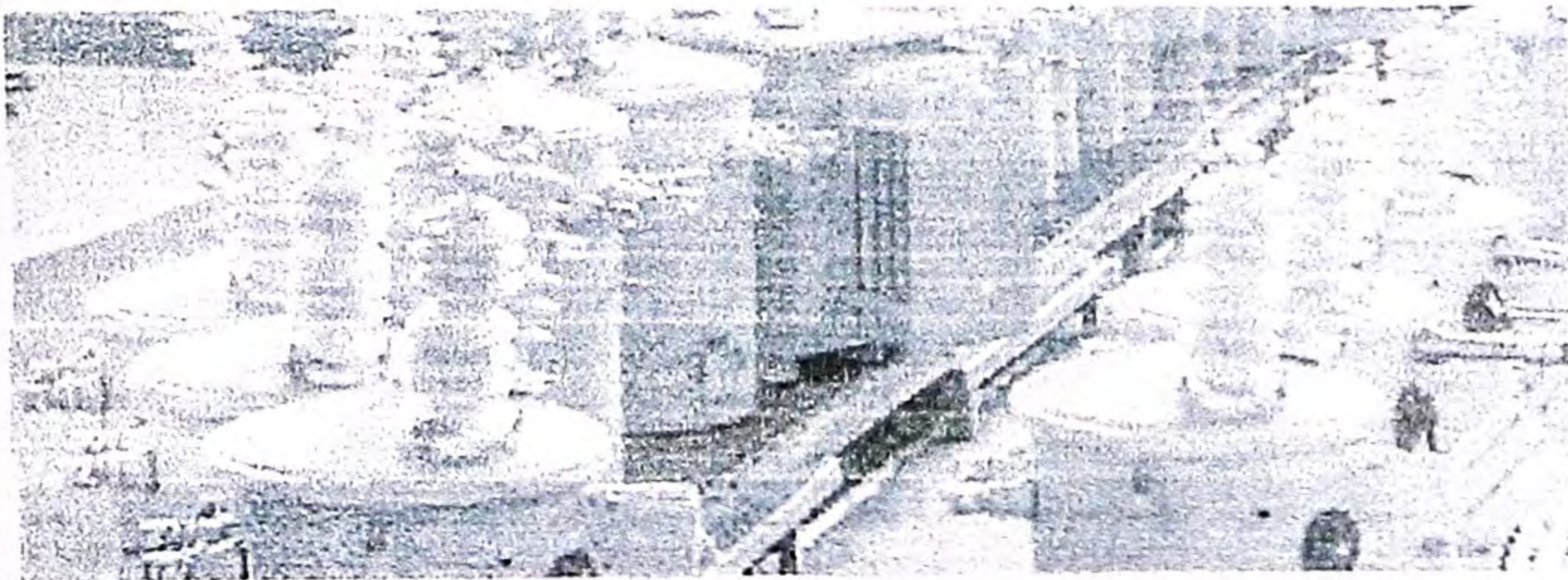


Equipo de Impulso de última generación con sistema de medición digital / Fabricación 2003



ABB

Transformadores monofásicos de distribución (< 500 KVA)



Aplicación

El Transformador de distribución monofásico ABB, sumergido en aceite, de montaje en poste, ha sido diseñado específicamente para suministrar servicio a cargas residenciales de distribución aérea, cargas comerciales ligeras, alumbrado industrial y diversas aplicaciones de potencia. Estos transformadores están diseñados para las condiciones de uso normales en los sistemas de distribución de las empresas eléctricas.

Características

- Potencia desde 5 hasta 333 KVA
- Voltaje AT desde 2400 hasta 34500 Voltios
- Voltaje BT 120/240, 240/480
- 65C° aumento de Temperatura
- 60 ó 50 Hz
- Niveles de aislamiento según normas internacionales ANSI, IEC o locales del país del cliente.

Accesorios Estándar

- Soporte para colgar en poste
- Dispositivo para levantar o izar
- Indicador interno del nivel del líquido refrigerante
- Puesta a tierra del tanque
- Puesta a tierra del terminal neutro de baja tensión
- Terminales de baja tensión
- Soporte para montaje de Pararrayos en Alta Tensión
- Tapa Auto válvula (Dispositivo para alivio de sobrepresión)

- Marcación de los bornes de Alta, Baja Tensión, de la Potencia nominal y del número de serie
- Placa de características en acero inoxidable
- Conmutador de derivaciones de operación sin carga
- Bornes de alta tensión
- Terminales de alta tensión
- Bornes de baja tensión

Núcleo

EL circuito magnético es fabricado con láminas de acero al silicio de grano orientado, laminado en frío y de alta permeabilidad magnética, recubierto de aislamiento inorgánico en ambos lados con un tipo de corte tal que permite la ausencia de rebabas y por consiguiente bajos valores de corriente de excitación y pérdidas en vacío.

Devanados

Están formados por Bobinas concéntricas de cobre electrolítico de alta conductividad aislado por medio de papel termo estabilizado impregnado en aceite dieléctrico. Son diseñados para soportar esfuerzos de cortocircuito y sollicitaciones eléctricas debido a cargas atmosféricas.

Tanque

Son fabricados con láminas comerciales laminadas en frío ASTM 36, con soportabilidad suficiente a esfuerzos mecánicos. La protección contra la intemperie incluye granallado previo a la aplicación de pintura electrostática.

Aceite

Es aceite mineral obtenido de la destilación fraccionada del Petróleo crudo, preparado y refinado para uso en equipo eléctrico y constituye el elemento aislante y refrigerante del transformador.

Pruebas

Rutina

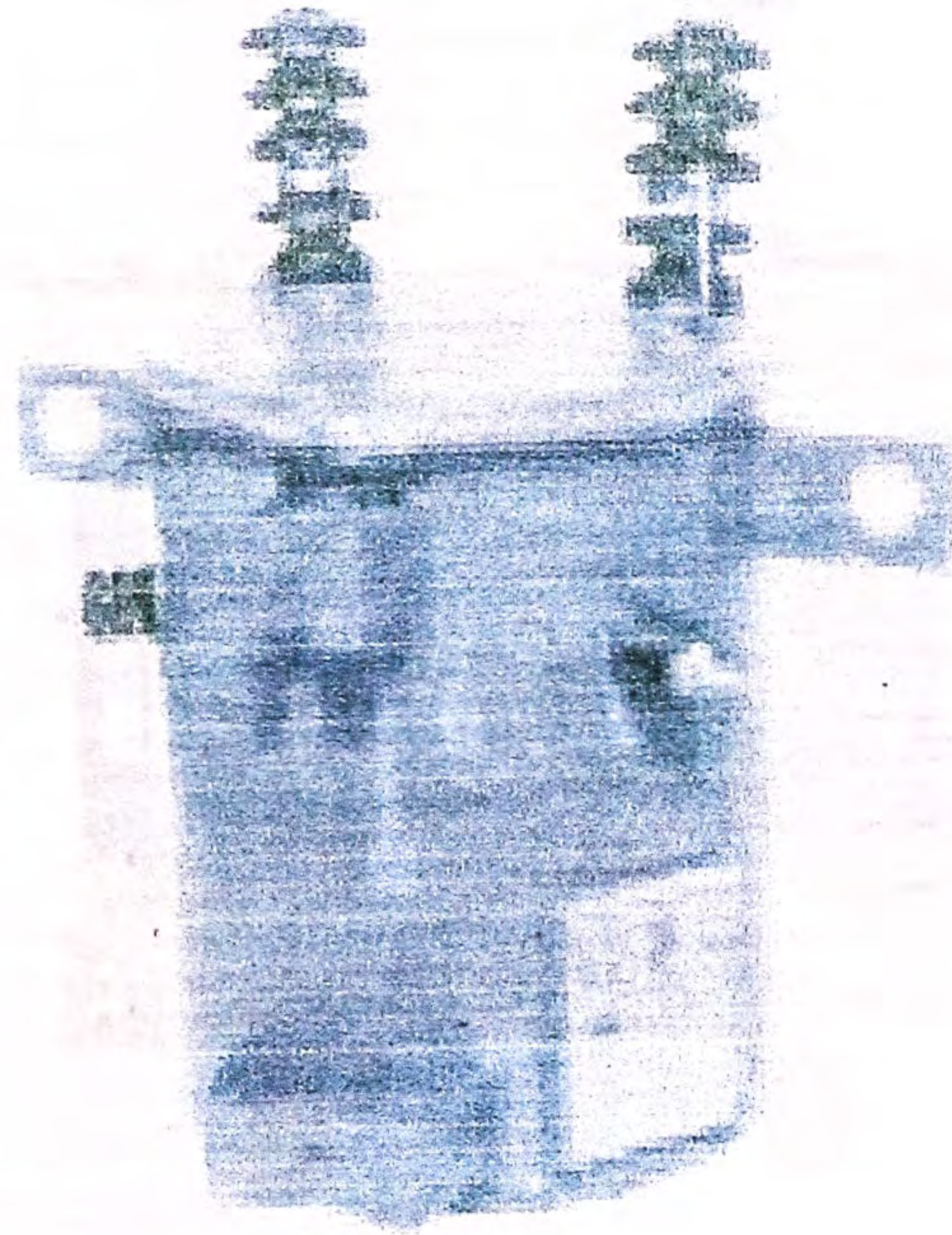
Las pruebas de rutina se ejecutan a todos los transformadores, de acuerdo con normas Internacionales o locales del país del comprador. Típicamente se desarrollan las siguientes:

- *Medida de resistencia de los devanados*
- *Medición de la relación de transformación*
- *Medición de la tensión de cortocircuito*
- *Medida de las pérdidas bajo carga*
- *Medición de las pérdidas sin carga y de la corriente de excitación*
- *Ensayo de la tensión inducida*
- *Ensayo de tensión aplicada*
- *Medición de la resistencia de aislamiento*

Tipo

Pruebas tipo o especiales, se realizan de acuerdo con las solicitudes de nuestros clientes. Típicamente se solicitan las siguientes:

- *Prueba de impulso*
- *Prueba de calentamiento*



ABB

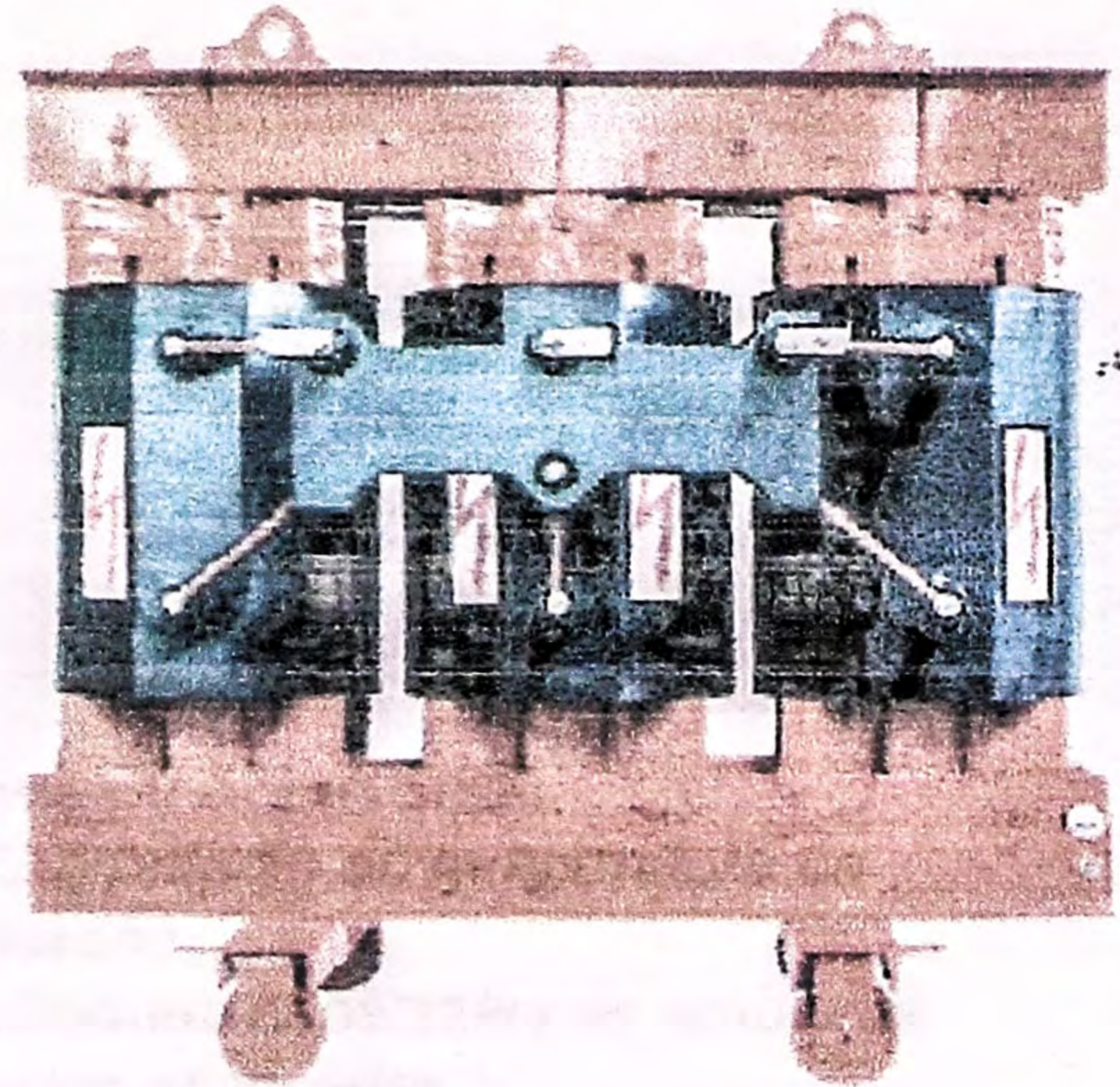
Transformadores secos (< 30 MVA)

Vacuum Cast Coil

Para el rango 30 KVA a 30 MVA, tensión primaria hasta 41,5 kV. y tensión secundaria hasta 36 kV. Estas unidades están diseñadas para operar en condiciones difíciles: contaminación ambiental, riesgo de fuego, humedad alta o condiciones climáticas extremas.

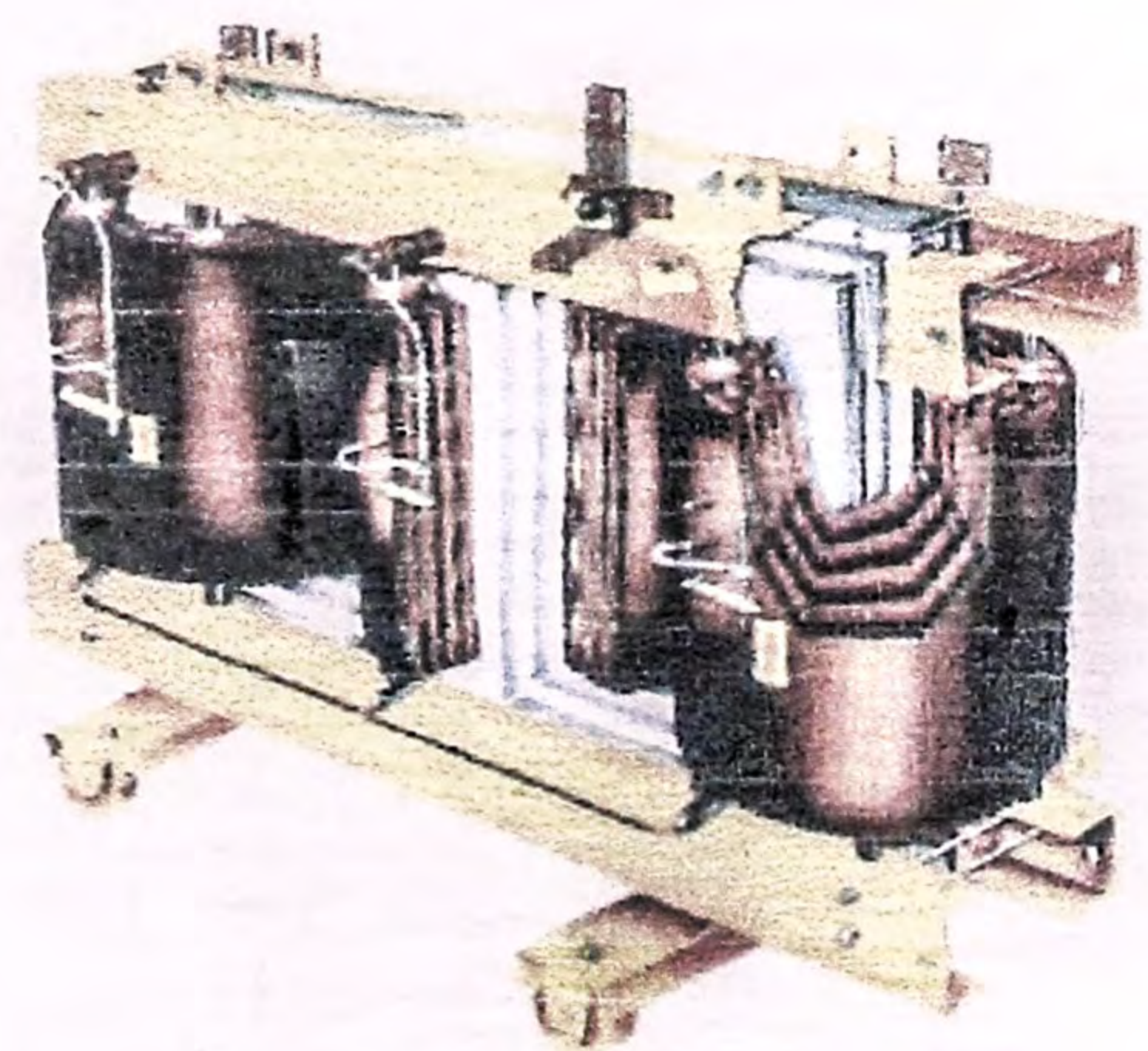
Estos proporcionan un alto nivel de seguridad y se encuentran en los hospitales y otras áreas públicas, en plataformas petrolíferas, barcos, vías férreas subterráneas y minas.

Los transformadores en seco son sumamente fuertes, elásticos y son resistentes a los efectos de vibración. Se debe tomar en cuenta el uso de estos transformadores en áreas con alto riesgo sísmico.



RESIBLOC—Resina encapsulada

Los transformadores de RESIBLOC tienen una construcción encapsulada en resina especial que es única en ABB. Esta construcción proporciona gran fuerza y dimensiones de diseño flexibles.

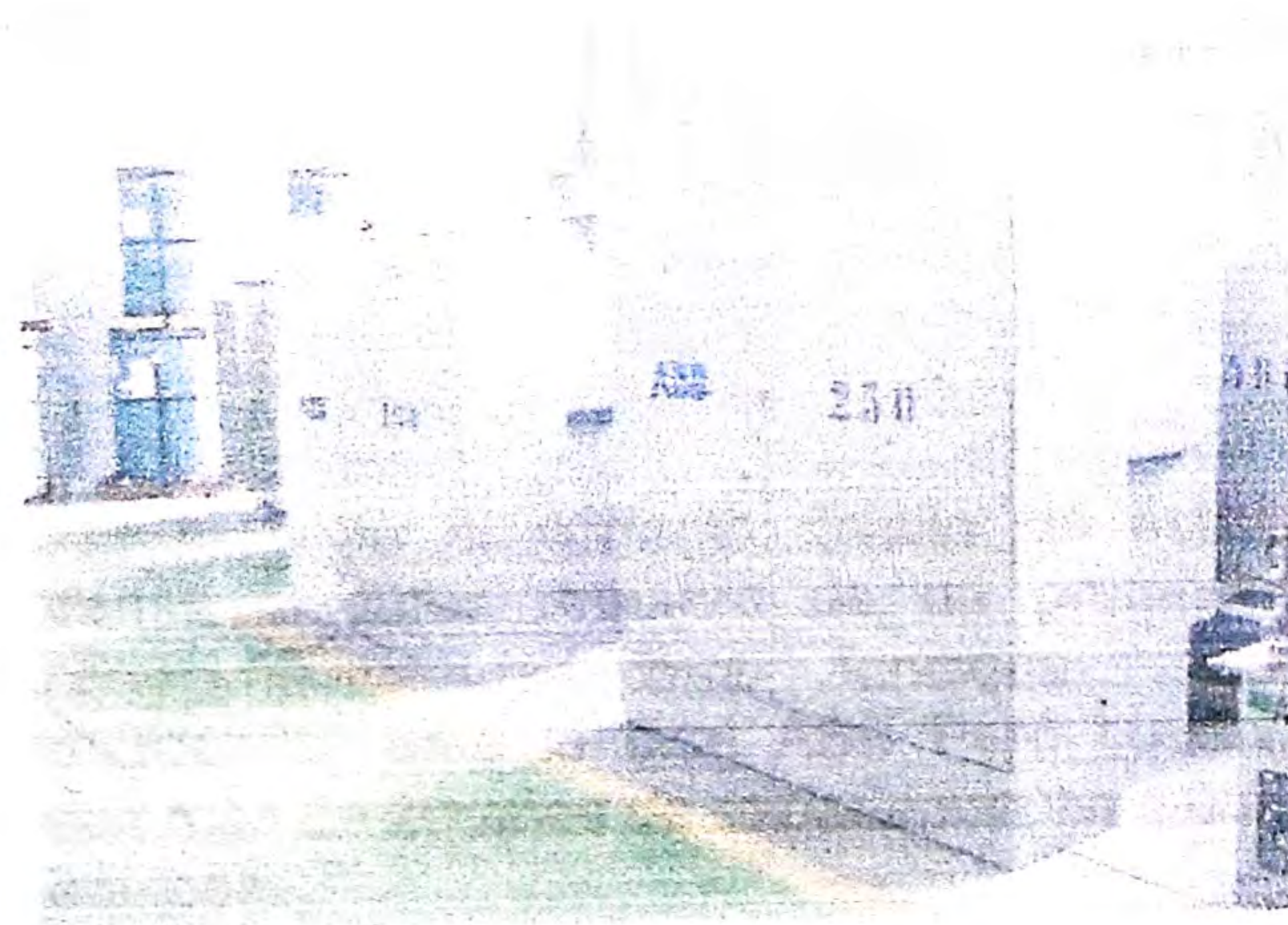


ABB

Características constructivas

Descripción

Los transformadores pedestales no son accesibles externamente, ellos proporcionan una seguridad y no puede ser accesado por personal que no esté autorizado. Todas las unidades son completamente ensambladas en fábrica y son transportadas en una sola pieza. Asimismo son fabricadas con un núcleo rectangular y bobinas diseñadas de acuerdo a las características de ABB para transformadores inmersos en aceite. Estos diseños proveen confiabilidad, durabilidad y dimensiones reducidas. Cerca de 40 años de servicio y pruebas exigentes confirman la consistencia del diseño.



Características estándares

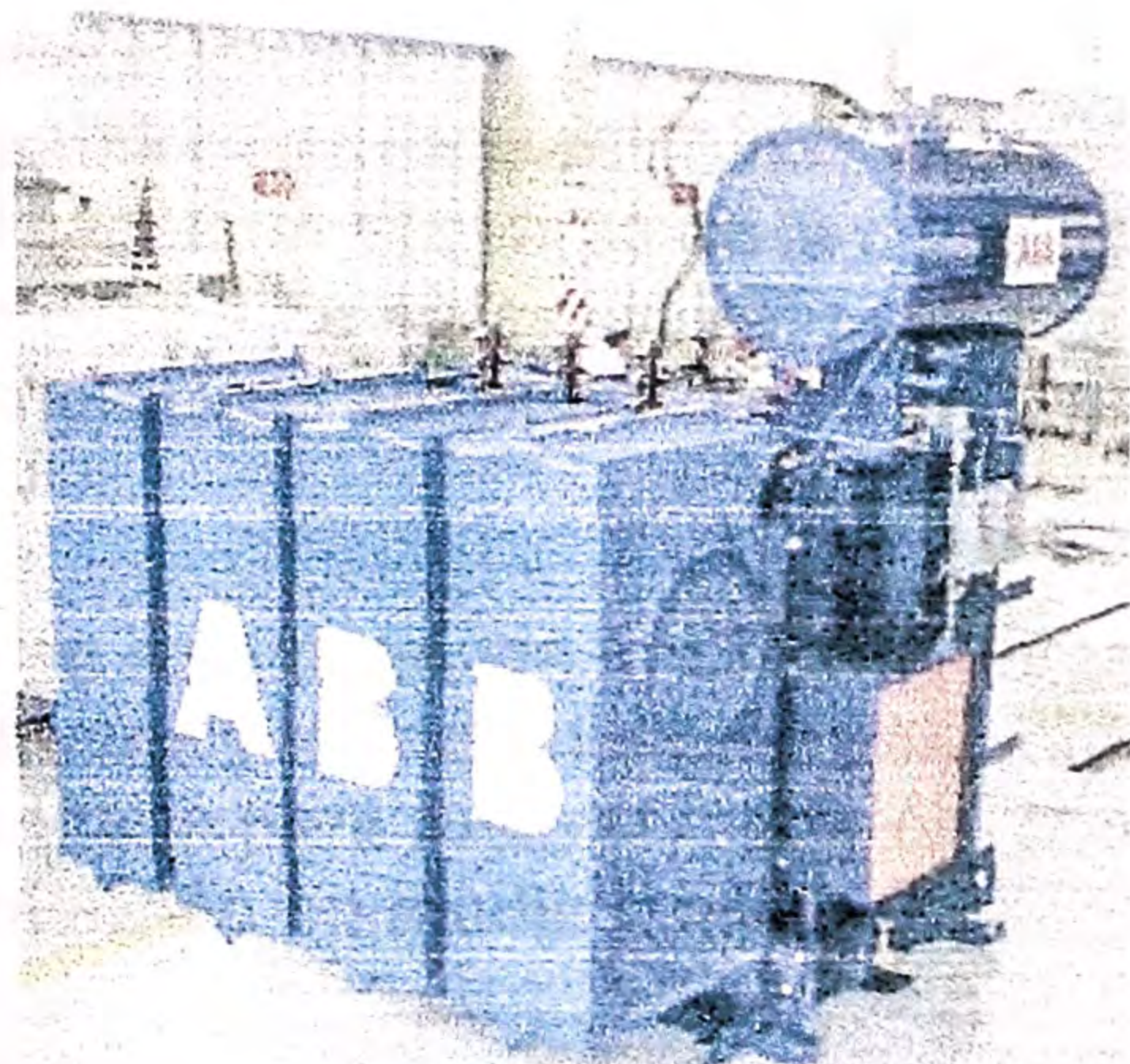
1. Bobinas de cobre
2. Diseños especiales de cobre y fierro
3. 65°C de temperatura promedio de arrollamientos
4. Conmutador para operación en vacío
5. Tanque conservador
6. Orejas de izado para mover completamente la unidad
7. Válvula de seguridad
8. Compartimiento para alta tensión localizado en el lado izquierdo de la unidad.
9. Compartimiento para baja tensión localizado en el lado derecho de la unidad.
10. Bornes insertables.
11. Llave de seguridad para acceso a las puertas de los compartimientos de alta y baja tensión de la unidad.
12. Provisión para termómetro
13. Indicador de nivel de temperatura
14. Placa de características
15. Pintura de acuerdo a las necesidades del cliente.

Opciones y Accesorios.

- 55°C promedio en temperatura de bobinados
- Condiciones especiales de ambiente
- Altitudes especiales
- Impedancia especial
- Nivel de ruido especial
- Pantalla electrostática
- Pintura de acabado especial

The ABB logo, consisting of the letters 'ABB' in a bold, red, sans-serif font.

Transformadores Rectificadores



Empleados en plantas electroquímicas y plantas para la producción de metales no ferrosos (aluminium, zinc, cobre etc.).

Son suministrados para instalaciones que usan rectificadores a base de diodos o tiristores.

Los transformadores rectificadores tienen características específicas que hacen que su diseño y construcción sean relativamente complejos. Dentro de estas características se encuentra el arreglo de conexiones a ser empleados con el fin de obtener los desfases requeridos, asimismo, se debe tener en cuenta que durante la operación con los rectificadores se crea un sistema de corrientes armónicas que ocasionan pérdidas adicionales.

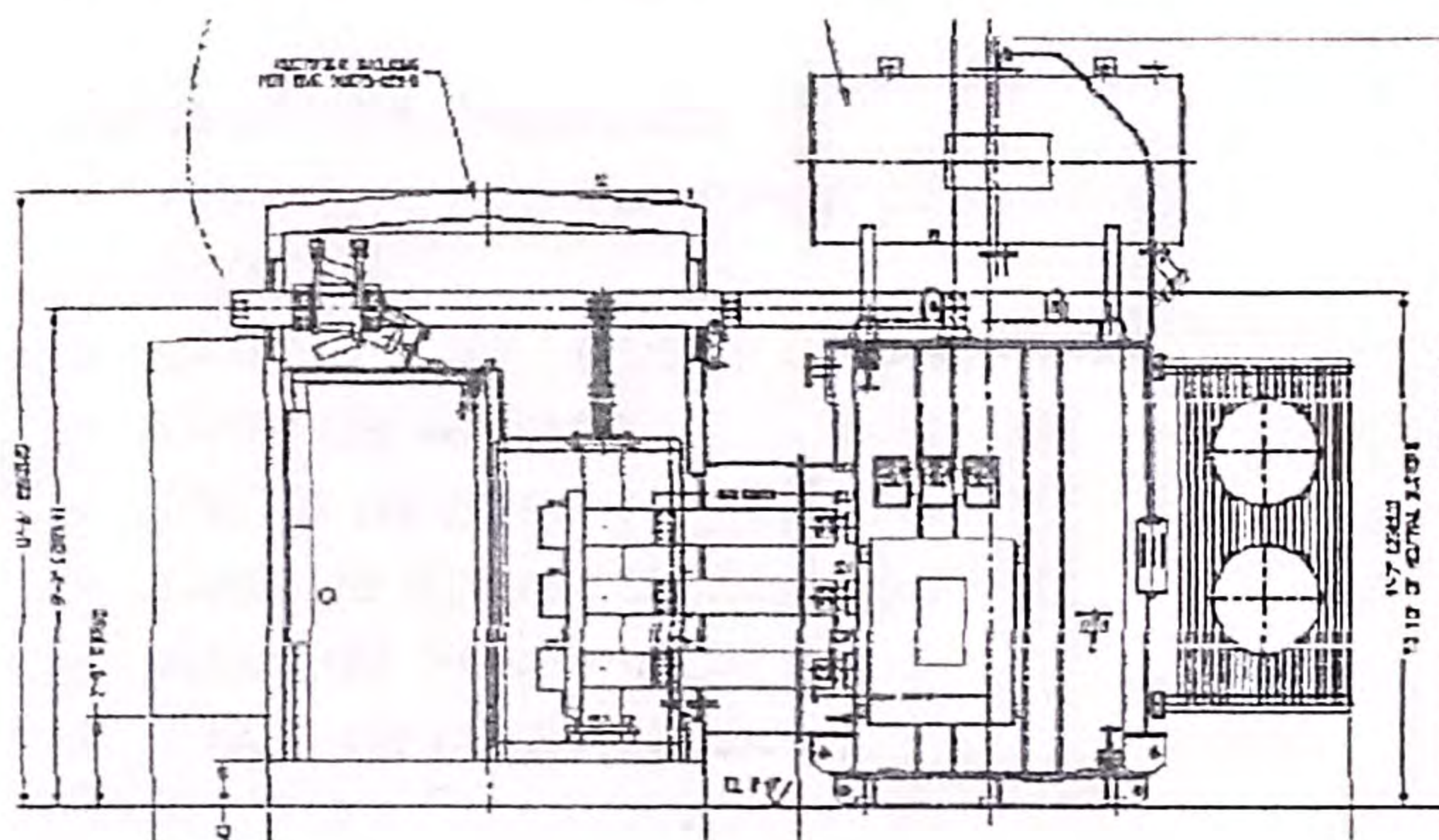
Estos transformador son diseñados y construidos con moderna tecnología y diseño eficiente para garantizar una larga vida útil. Todos los bornes del secundario se disponen en una sola pared, la cual está hecha de acero inoxidable. Esta sola pared permite conexiones muy cercanas entre el secundario del transformador y el rectificador de manera que el conjunto sea prácticamente una sola unidad integrada, reduciendo de este modo pérdidas reactivas y activas.

Por lo tanto el correcto diseño de estos transformadores requiere de un profundo conocimiento de cómo funciona un rectificador para lo cual ABB Perú cuenta con más de 20 años de experiencia en estos equipos.

Características Principales

- *Altas corrientes en el secundario*
- *Amplio rango de regulación*
- *Opciones con diseño común de tanque*
- *Tolerancia a armónicas*
- *Hechos a medida del rectificador*
- *Impedancia*
- *Desfase / número de pulsos*
- *Conexión en baja tensión*
- *Conexiones tipo puente y con Interfase*

Acople Rectificador - Transformador



ABB

Unidades de Medida

Generalidades

Las unidades de medida compactas son aplicadas en el campo de la medición y/o protección de sistemas trifásicos y monofásicos en media tensión (2.2 a 36 kV).

En su interior tienen transformadores de corriente y tensión. Esta es una unidad diseñada para realizar medición, control y protección en media tensión.

Normas

La unidad de medida es diseñada, construida y aprobada de acuerdo a las normas IEC-76, además cumplen con las exigencias particulares de las normas ANSI y VDE para la clase de precisión en cada uno de los transformadores de tensión y corriente que se solicite.

Condiciones de Servicio:

En instalaciones al interior

Puede instalarse en celdas existentes, sin necesidad de reubicar los equipos ya instalados.

En instalaciones al exterior

Puede instalarse suspendido en un solo poste o en plataforma aprovechando uno de los postes de una sub-estación aérea (sub-estación biposte).

Ventajas

- Reducción de los costos de los equipos y de la instalación.
- Eliminación del complejo conexionado tanto en el lado de alta como de baja tensión.
- Total simplificación del conexionado, eliminándose el riesgo de errores de polaridad que podrían conducir a falsas mediciones.
- Superior capacidad para soportar sobre tensiones así como los esfuerzos originados por las corrientes de cortocircuito.



- Capaces de trabajar en ambientes con alta contaminación.
- Pueden ser reparados con facilidad ante una posible falla.

Altura de Utilización

La unidad de medida puede trabajar en instalaciones desde el nivel del mar hasta la altura requerida por el cliente. La altura de utilización sólo tiene influencia en el dimensionamiento externo del transformador, pues la disipación del calor, que es pequeña en el equipo, está garantizada por la superficie del tanque, a cualquier altitud sobre el nivel del mar.

Accesorios normales

- Aisladores de porcelana para uso exterior.
- Indicador de nivel de aceite.
- Grifo de vaciado.
- Perno de puesta a tierra.
- Caja de bornes de baja tensión.
- Asas de Suspensión.
- Placa de características.

Accesorios Opcionales

- *Abrazaderas para sujeción a un poste*
- *Seccionador para aislar circuito de tensión y cortocircuitar el circuito de corriente.*
- *Conservador*

Ensayos

Nuestra empresa tiene establecido un procedimiento de control de calidad, que asegura que las unidades que llegan a la sala de pruebas después de haber completado el proceso de fabricación, aprobarán satisfactoriamente las pruebas de rutina (precisión y aislamiento), que prescriben las normas nacionales e internacionales para estos equipos, y por tanto, su rendimiento está garantizado.

Los equipos de medición con los que se realizan las pruebas de los transformadores son de clase 0.2 los que nos permiten garantizar que nuestros transformadores cumplan con la clase de precisión correspondiente.

Nuestros transformadores acreditan estar en servicio por más de 20 años en diversas regiones del país, en sistemas y líneas en las cuales, sin ninguna duda, se han producido eventos de sobretensión y cortocircuito que nuestros equipos han tolerado, sin que por esto se resienta o se comprometa el buen rendimiento que ostentan.

Mantenimiento

La unidad de medida es un transformador compacto que no requiere de mucho mantenimiento ya que el desgaste de su aislamiento (sólido y líquido) es muy lento, esto se debe al calentamiento moderado del equipo, dependiendo éste de la temperatura ambiente sobre todo en instalaciones externas. Se recomienda tomar en cuenta lo siguiente:

- *Vigilar los niveles de aceite.*

- *Observar el estado de conservación de la pintura.*
- *Mantener los aisladores y cuba libre de la contaminación.*
- *Revisar el ajuste y resistencia baja de los empalmes y conexiones.*
- *Medir el valor de las resistencias antiferroresonantes del transformador de unidad de medida provistos con éstas (comparar con el protocolo de pruebas.).*
- *Medir la resistencia de los pozos de tierra.*

Aplicaciones Generales

- *Medición en sub-estaciones.*
- *Medición de consumo eléctrico a clientes cuyo contrato de suministro es en media tensión.*
- *Medición para realizar balances de energía en diferentes puntos de la red. Mediante un adecuado balance se puede cuantificar las pérdidas por conexiones clandestinas.*
- *Medición propia permanente (para contrastarlos con las mediciones mensuales de la empresa de energía) y temporal para efectuar registros que permitan vigilar permanentemente el uso racional de la energía eléctrica.*
- *Puede ser usado por empresas de energía eléctrica, mineras, empresas industriales, hoteles, universidades, etc.*

La unidad de medida ABB trabajan perfectamente con cualquier tipo y marca de medidores y relés.

The ABB logo is displayed in a bold, red, sans-serif font. The letters 'A', 'B', and 'B' are stacked vertically, with the 'A' on top, the first 'B' in the middle, and the second 'B' on the bottom. The letters are slightly shadowed, giving them a three-dimensional appearance.

Subestaciones Móviles

Aplicación

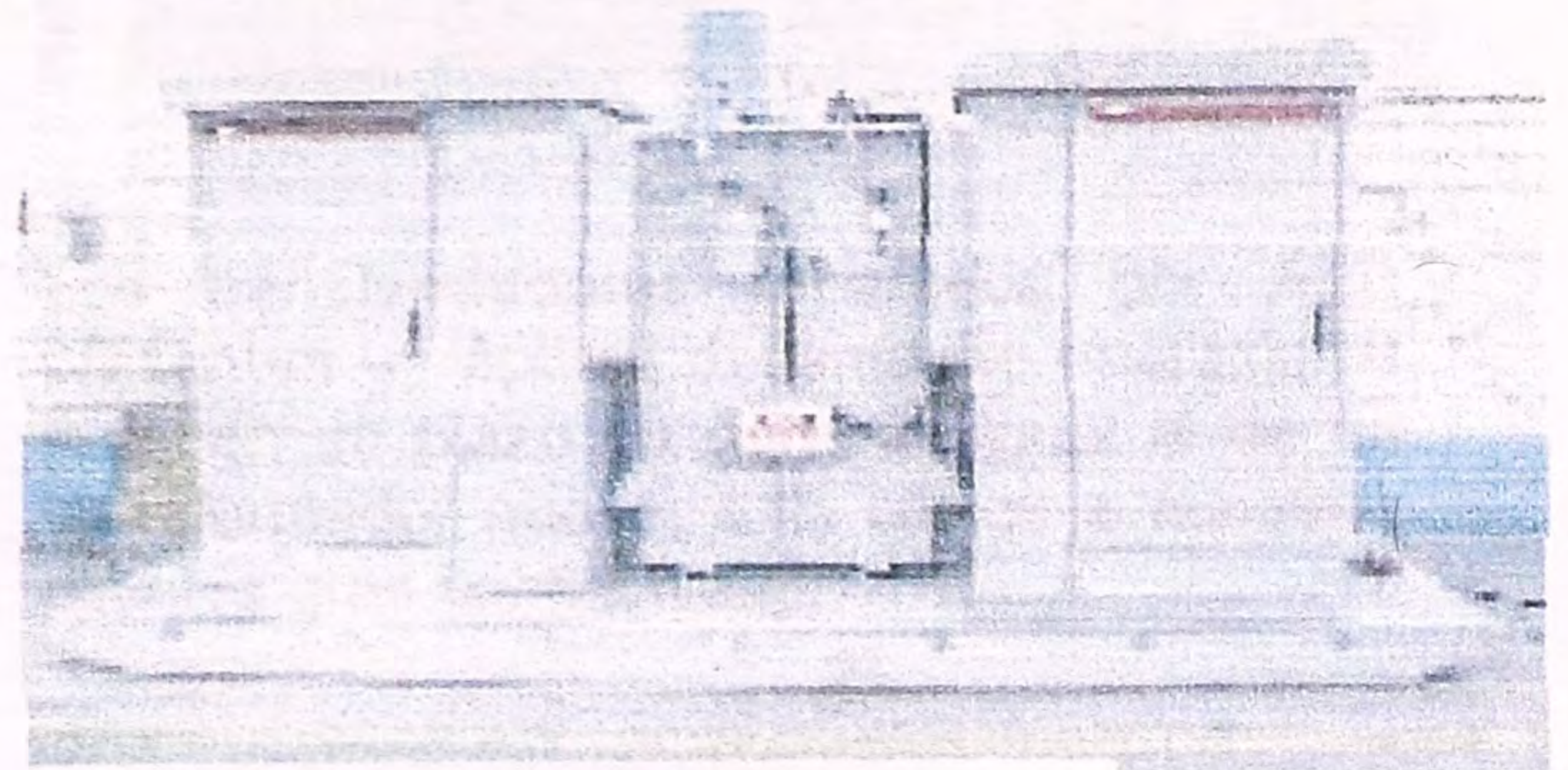
Este tipo de sub-estaciones presentan muchas ventajas en comparación con las sub-estaciones convencionales, debido a que las subestaciones móviles representan energía cuando quiera y donde quiera, y su uso puede ser muy diverso no sólo en minería sino en utilities, plantas industriales, etc.

Pueden ser utilizadas para suministrar energía rápida y confiable en lugares poco accesibles, por ejemplo; en mineras donde el lugar de explotación cambia de lugar geográfico, para incrementos repentinos en la demanda de energía eléctrica. Para la construcción de grandes plantas en una nueva localización conviene instalar una subestación desmantelable para generar la energía necesaria para la realización de la obra en lugar de armar una subestación fija, para casos de emergencia en caso de fallas del sistema principal de suministro de energía, en trabajos rutinarios de mantenimiento, etc.

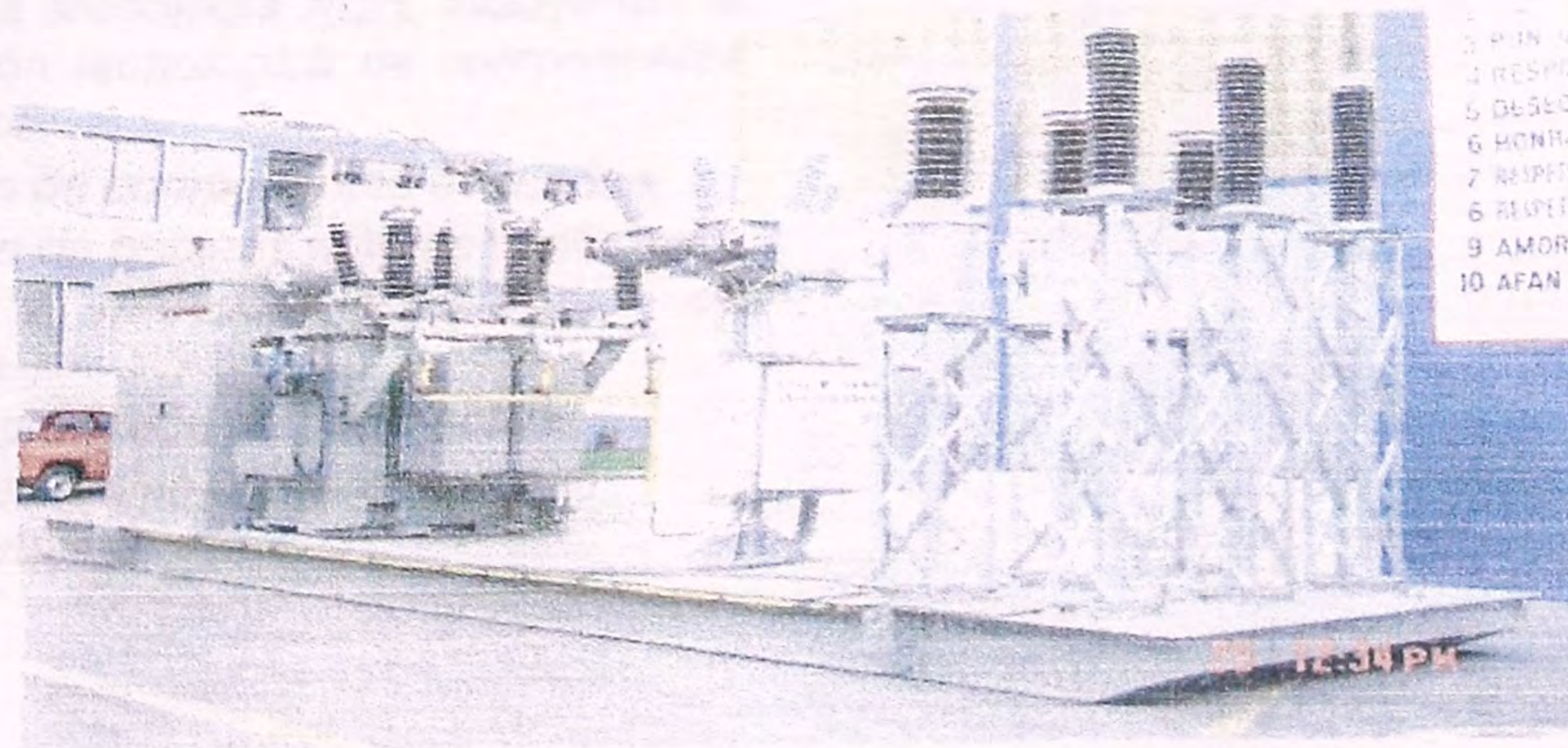
Sub-estación móvil integrada en trailer: 10MVA, 69/7.2kV



Sub-estación móvil integrada en patín desde 100 KVA hasta 10,000 KVA



Sub-estación tipo patín con solución PASS – 60 KV : 4/5 MVA , 60/10 KV



ABB

Servicios: Reparación y Mantenimiento de Transformadores

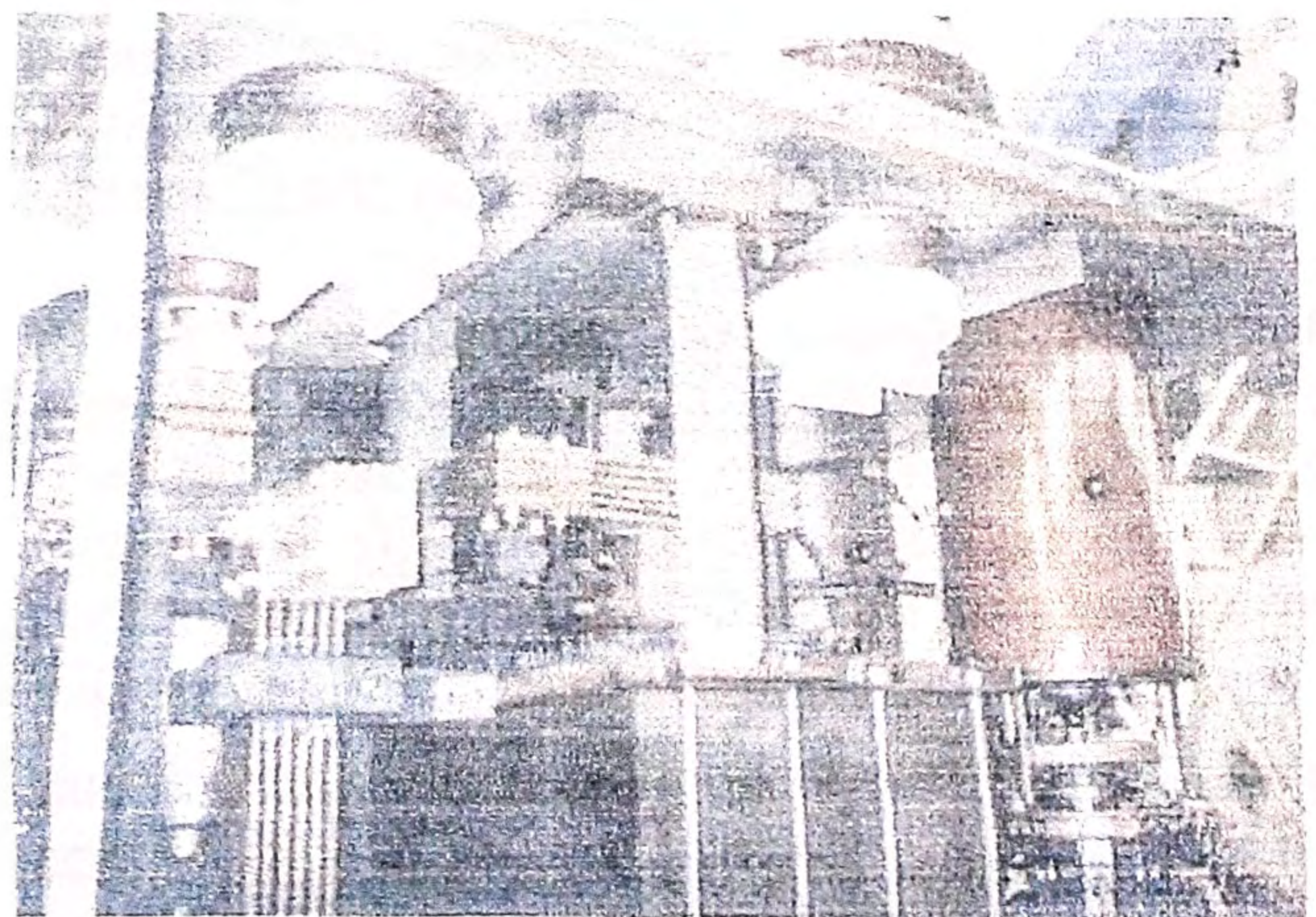
Los transformadores son equipos de alto rendimiento y confiabilidad. Sin embargo, como cualquier otro equipo eléctrico, puede estar sujeto a fallas como consecuencias de agentes externos. La falla o indisponibilidad de un transformador genera pérdidas económicas elevadas.

ABB ofrece una estructura completa para la reparación de transformadores de cualquier fabricante.

La reparación de transformadores involucra la actualización tecnológica de los equipos.

El proceso de reparación de un transformador en fábrica envuelve varias etapas, ABB está preparado para la asistencia a sus clientes desde la detección de la falla, ofreciendo:

- Soporte de Ingeniería.
- *Desmontaje y transporte desde el sitio hasta la fábrica.*
- *Diagnóstico de la falla por especialistas.*
- *Desmontaje de la parte activa, bobinas, núcleos, conmutadores.*
- *Reingeniería o adaptación del proyecto original a la tecnología ABB, incluyendo la actualización tecnológica de componentes y accesorios.*
- *Reparación de componentes averiados.*
- *Fabricación de bobinas nuevas conforme a procesos y métodos actualizados de producción.*
- *Montaje y prensado de parte activa.*
- *Llenado del equipo con aceite nuevo.*
- *Ensayos finales.*



Los transformadores reparados por ABB presentan un óptimo desempeño operacional y tienen un plazo de garantía igual al de un transformador nuevo, esto ofrece a nuestros clientes gran confiabilidad.

ABB

Servicios: Análisis de Aceite y Pruebas Eléctricas



ABB ofrece un conjunto de ensayos y servicios especializados orientados a asegurar la operación confiable de transformadores de Distribución y Potencia. Estos ensayos y servicios pueden ser realizados como contratos individuales o contratos de servicios completos (full-service).

Servicios de laboratorio de aceites:

El laboratorio de aceites de ABB, con equipos actualizados y personal calificado y de gran experiencia, está capacitado para la realización de ensayos del aceite utilizado en transformadores, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Análisis de Rutina: Fisicoquímicos

ENSAYO	NORMA
Gravedad específica	ASTM D 1298
Rigidez dieléctrica	ASTM D 1816 ASTM D 877
Factor de potencia	ASTM D 924
Contenido de humedad	ASTM D 1533
Tensión interfacial	ASTM D 971
Índice de neutralización	ASTM D 974
Color	ASTM D 1500

Cromatográfico

Cromatografía de gases (AGD1)	ASTM D 3612
-------------------------------	-------------

Análisis especiales:

Contenido de furanos	ASTM D 5837
Contenido de inhibidor	ASTM D 4768 / ASTM D 2668
Contenido de PCB's	EPA 8082

En razón de nuestra gran experiencia como fabricantes de equipos, conjuntamente con los resultados de los análisis realizados según las pruebas anteriores, se entrega un informe técnico donde se relaciona un diagnóstico especializado de estado del transformador.

Pruebas eléctricas en campo: ABB tiene experiencia comprobada para la realización de pruebas eléctricas en campo, un equipo de técnicos e ingenieros especializados en fábrica realiza ensayos de conformidad con las normas IEC, ANSI, IEEE, etc.

Las pruebas eléctricas que realizamos en campo son:

- Relación de transformación
- Resistencia de aislamientos
- Resistencia de devanados
- Factor de potencia (en transformadores y bomes)

Otros servicios que ABB puede prestar en campo son:

- Verificación de accesorios, ensayos funcionales y calibración de termómetros.
- Toma e identificación de muestras de aceite para análisis.
- Toma e identificación de muestras de papel para ensayos de grado de polimerización y estudios de expectativa de vida útil.



ABB

Los aceites con PCB se conocen generalmente como Askarel y se denominan también con el nombre comercial de los productos usados por los fabricantes (Clophen, Pyraléne, Inerteen, Apirolío o Kaneclor). Estos son "transformadores con Askarel" y aún en transformadores fabricados con aceite mineral puro, se puede encontrar una cantidad significativa de PCB introducida durante el proceso de fabricación (uso del mismo equipo para transformadores con Askarel y aceite) o durante las operaciones de mantenimiento en los transformadores.

Estos transformadores se han convertido en "transformadores con aceite contaminados con PCB".

Especialmente se debería comprobar la situación de los transformadores con aceite contaminados con PCB, ya que muchos propietarios desconocen la composición del aceite de sus transformadores hasta que lo analizan. Incluso de los transformadores fabricados después de 1984, ya que la contaminación de PCB puede haber sido introducida de forma inadvertida durante el mantenimiento.

Los beneficios de la disposición final de PCB para nuestros clientes

La disposición final de los transformadores con PCB supone un beneficio para sus empleados, el medio ambiente y, finalmente, su reputación, evitando que se produzca un accidente.

Reemplazar los transformadores antiguos también puede resultar conveniente desde el punto de vista financiero, ya que muchos de ellos tienden a tener más pérdidas eléctricas que los transformadores modernos, lo que afectaría la situación energética actual en una planta del cliente. Los ahorros obtenidos por el reemplazo pueden compensar los costos del mismo en poco años.



ABB en el Perú

ABB en el Perú tiene más de 50 años liderando el mercado nacional y ha obtenido la certificación ISO 14001 luego de una exhaustiva evaluación de nuestro sistema de Gestión Ambiental por parte de la empresa certificadora.

Responsabilidad total en el reemplazo de transformadores

ABB no sólo puede asegurar el reciclaje seguro del equipo contaminado con PCB en nuestras instalaciones en Dortmund, sino que también puede hacerse cargo del proyecto completo: desconexión del transformador contaminado, preparación del transporte y carga en el sitio, logística, almacenaje temporal, gestión para la provisión de los permisos apropiados de las autoridades locales, de tránsito y de destino para el transporte transfronterizo bajo el convenio de Basilea y para la provisión de los certificados de reciclaje. El suministro, la instalación y la puesta en servicio de un transformador nuevo también pueden ser realizados por especialistas del grupo ABB. ABB se preocupa y trabaja para sus clientes y para el medio ambiente.

Servicios: Mantenimiento Preventivo y Predictivo

La experiencia de ABB en la prestación de Servicios en transformadores de potencia y de distribución es una de las más extensas a nivel mundial, lo cual nos permite ofrecer programas de mantenimiento que aseguran la operabilidad de su transformador y su óptimo desempeño.

Desde la instalación, pasando por mantenimientos para la rehabilitación, hasta la reparación y repotenciación de su transformador, ABB tiene el equipo humano y técnico para ofrecerle una solución confiable.

Con base a los resultados obtenidos de las pruebas del aceite y del papel, ABB ofrece servicios especializados que garantizan la confiabilidad en la operación del equipo.

Los servicios ofrecidos por ABB son los siguientes:

- *Monitoreo mediante análisis de gases disueltos de los equipos que presenten indicaciones de una posible falla.*
- *Procesamiento de aceite en campo con transformador **ENERGIZADO**, dicho procesamiento puede incluir:*
 - *Filtrado y desgasificación del aceite (TERMOVACIO).*
 - *REGENERACION del aceite aislante.*
- *Eliminación de lodos de la parte activa y limpieza y sustitución de aceite (equipo desenergizado).*
- *Secado de parte activa de transformadores en campo.*
- *Sellado de sistemas de preservación de aceite (instalación de membranas).*
- *Análisis de vida consumida y residual de transformadores en operación.*
- *Mantenimiento de conmutadores tipo OLTC.*
- *Corrección de fugas de aceite.*
- *Cambio de empaquetaduras.*
- *Pintura general del transformador.*



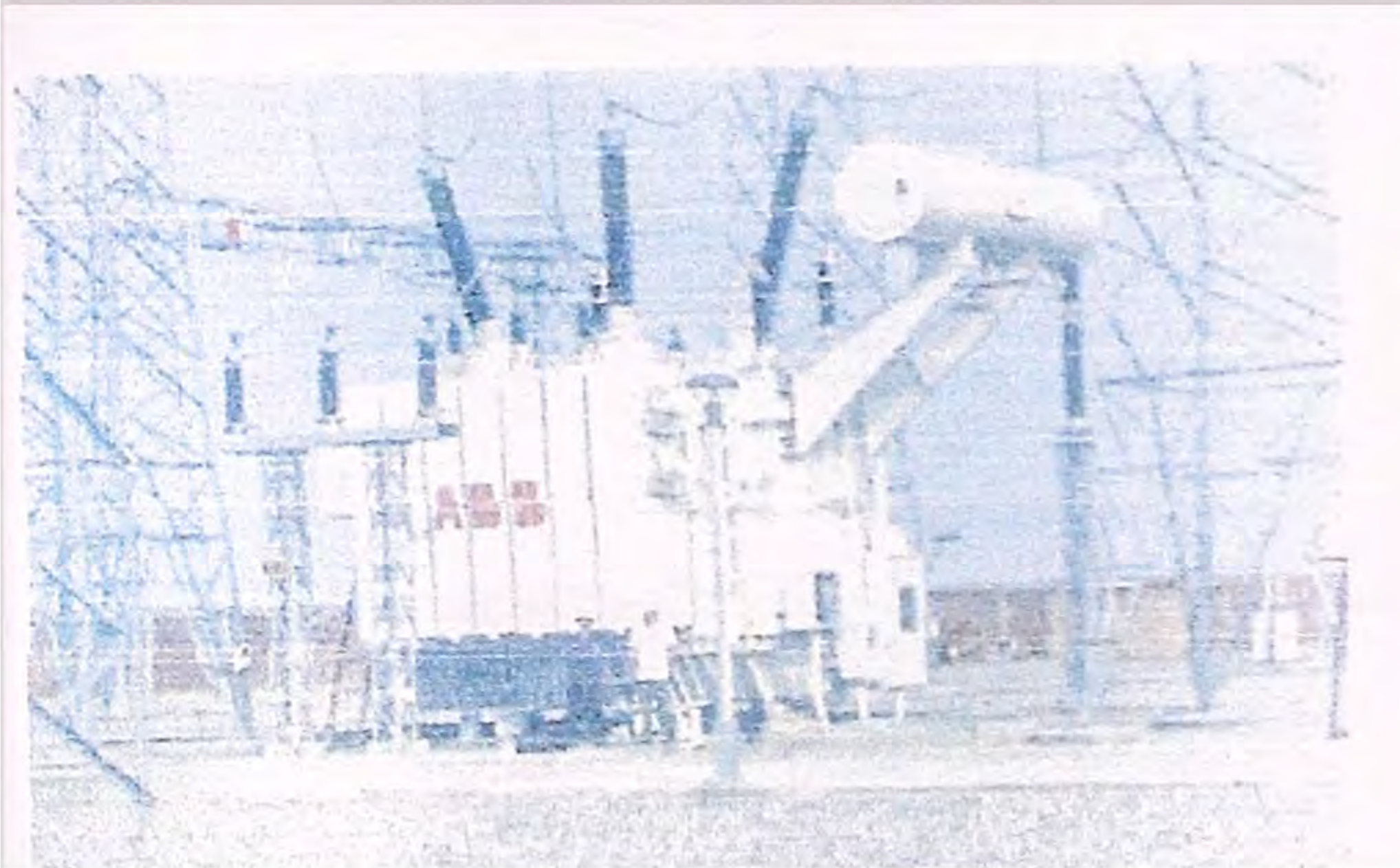
ABB posee la más extensa experiencia en tratamientos de aceite con equipo **ENERGIZADO**, lo cual representa un gran beneficio para nuestros clientes en cuanto a la mayor disponibilidad de los equipos y disminución de los cortes de energía.

ABB ha realizado este tipo de trabajos en más de 100 transformadores de potencia que van desde los 3 MVA hasta los 75 MVA y tensiones hasta de 220 KV.

Mediante la Regeneración del aceite aislante de los transformadores, se garantiza un mayor tiempo de disponibilidad del equipo y un prolongamiento de la vida útil del equipo.

ABB

Servicios: Montaje y Puesta en Servicio



Soporte Técnico

Supervisión de ensamble, montaje y puesta en servicio de subestaciones en media y alta tensión.

Pruebas de equipos de media y alta tensión.

Pruebas y control de equipos de protección

ABB ofrece una amplia gama en servicios de campo como son:

Montajes y Puesta en Servicio

Desmontaje, montaje de estructuras soporte y de equipos en media y alta tensión.

Ensamble y montaje de transformadores de distribución y de potencia.

Todos los montajes se realizan de acuerdo a los procedimientos y garantía del fabricante.

Se cuenta con la certificación ISO 9001 para la ejecución de servicios.

De acuerdo a las necesidades del cliente se incluye carga, transporte y descarga

Proyectos en Media Tensión

Elaboración del proyecto que incluye los trámites hasta la aprobación por parte de la empresa concesionaria de electricidad.

Ejecución de las obras civiles de la caseta que albergara la subestación.

Tendido de cable aéreo o subterráneo de alimentación desde la subestación de la concesionaria hasta la subestación proyectada del cliente.

Suministro y montaje de los equipos de la subestación.

