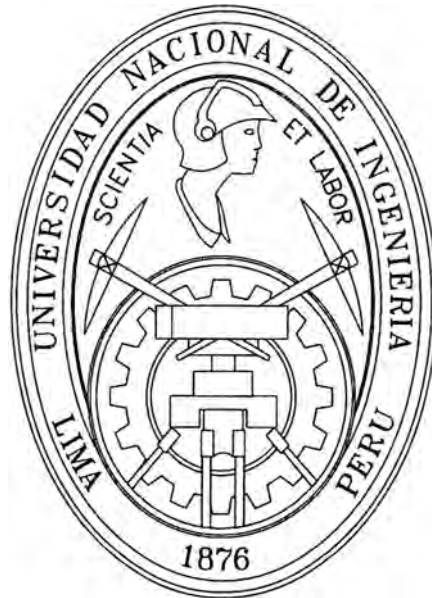


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



**CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN DE UN
TRANSFORMADOR DE 40 MVA – 60 / 22,9 / 10 KV**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

EDUARDO BECERRA BONELLI

PROMOCION

1997-II

LIMA – PERU

2008

INDICE

PRÓLOGO	1
CAPITULO I	
1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Generalidades	3
1.2. Normas	3
1.3. Características del Transformador	5
1.4. Objetivo	5
1.5. Alcances	5
CAPITULO II	
2. ASPECTOS TEÓRICOS GENERALES DEL DISEÑO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA	6
2.1. Diseño del Transformador	6
2.2. Núcleo	6
2.3. Bobinados	8
2.4. Tipos de Bobinas	10
2.5. Aislamiento Principal	17
2.6. Enfriamiento de Bobinas	18
2.7. Resistencia de Corto Circuito	20
CAPITULO III	
3. ESPECIFICACIONES TECNICAS	23
3.1. Requerimientos de Diseño y Construcción	23

3.2.	Condiciones de Operación	23
3.2.1.	Condiciones Ambientales	23
3.2.2.	Características del Sistema	24
3.2.3.	Condiciones Críticas	24
3.2.4.	Nivel de Aislamiento	25
3.2.5.	Exigencias Térmicas	26
3.2.6.	Exigencias Mecánicas	26
3.3.	Requerimientos de Construcción	27
3.3.1.	Tanque y Tapa	27
3.3.2.	Sistema de conservación del Aceite	28
3.3.3.	Sistema de Enfriamiento	29
3.3.4.	Nivel de Ruido	32
3.4.	Características Eléctricas a Considerar	32
3.4.1.	Núcleo.	32
3.4.2.	Devanados	32
3.5.	Especificaciones Técnicas de Accesorios	33
3.5.1.	Conmutador Bajo Carga	33
3.5.2.	Relé Buchholz	33
3.5.3.	Válvula de Sobre presión	34
3.5.4.	Equipos de Control y Monitoreo	34

CAPITULO IV

4.	DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	35
4.1.	Fabricación del Núcleo	35
4.1.1	Corte longitudinal del hierro magnético	35
4.1.2	Corte transversal	36
4.1.3	Ensamble del núcleo	37
4.2.	Fabricación de los Devanados	39
4.3.	Ensamble de la Parte Activa	43

4.3.1	Montaje de Devanados	43
4.3.2	Conexiones de la parte activa	44
4.3.3	Montaje del Conmutador	45
4.4.	Encubado y Llenado de Aceite.	47

CAPITULO V

5.	CONTROL DE CALIDAD EN LA RECEPCIÓN DE MATERIALES	51
5.1.	Metodología de Control de Calidad	51
5.2.	Control de Calidad de las Materias Primas	55
5.2.1.	Platinas de Cobre Electrolítico	55
5.2.2.	Fierro Silicoso	62
5.2.3.	Aislamientos	64
5.3.	Control de Calidad de los Aisladores	73

CAPITULO VI

6.	CONTROL DE CALIDAD EN LAS ESTRUCTURA METÁLICA.	79
6.1.	Tolerancias Generales para la Construcción de Estructuras Metálicas de Transformadores	79
6.2.	Aplicación de Pintura en Transformadores de Potencia	82
6.3.	Inspección de Estructuras Metálicas	87
6.4.	Prueba de Sobre presión	88
6.5.	Tintes Penetrantes	90
6.6.	Prueba de Niebla Salina	91
6.7.	Ensayo de Adherencia	94

CAPITULO VII

7.	CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN.	96
7.1.	Fabricación del Núcleo	96
7.2.	Fabricación de los Devanados	98
7.3.	Parte Activa	100

7.3.1.	Montaje de la Parte Activa	100
7.3.2.	Secado de la Parte Activa	101
7.3.3.	Inspección de Distancias de Seguridad	103
7.4.	Encubado	104
7.4.1.	Impregnación de Aceite	104
7.4.2.	Prueba de Vacío	105
7.4.3.	Prueba de Punto de Rocío	108
7.4.4.	Prueba de Hermetismo	111
7.4.5.	Prueba de Tablero de Control	111
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		115
BIBLIOGRAFÍA		116
ANEXOS		118

PROLOGO

El presente informe desarrolla una metodología para el control de calidad de los materiales y del proceso de fabricación de un transformador de 40 MVA, basado en las normas y estándares internacionales referidos a la construcción de transformadores de potencia. Este informe está basado en la experiencia que se tiene en la fábrica de transformadores de potencia de ABB en Lima.

En el capítulo I se determina el alcance del trabajo, las características principales del transformador, las normas bajo las cuales se realiza su diseño, construcción y control de calidad.

En el capítulo II se menciona los aspectos teóricos de diseño del transformador de potencia, tipos de núcleos, bobinados y de aislamientos, forma de enfriamiento y las características que el proyectista tiene que tener en cuenta para calcular la resistencia de cortocircuito.

En el capítulo III se describen las especificaciones técnicas para el diseño, instalación y funcionamiento del transformador de potencia. Las especificaciones determinan desde el punto de vista técnico las características del transformador como las condiciones de operación, condiciones ambientales, características del sistema, nivel de aislamiento, entre otras. También se determina los requerimientos de construcción y de protección del equipo.

En el capítulo IV se detalla el proceso de fabricación del transformador de potencia, el proceso de corte del núcleo desde su llegada en huacales hasta obtener la forma acorazada

definitiva, el proceso de fabricación de las bobinas, el ensamble de la parte activa y el encubado.

El capítulo V, y VI se expone la metodología que se sigue para realizar el control de calidad de los materiales requeridos para la fabricación del transformador así como las tolerancias y criterios técnicos de aceptación de las estructuras metálicas.

Finalmente en el capítulo VII se explica el control de calidad durante el proceso de fabricación, criterios adoptados, tolerancia y las pruebas de verificación del producto.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES.

El Control de Calidad es una herramienta para asegurar el mejoramiento continuo de la calidad. Nos sirve para asegurar la continua satisfacción de los clientes mediante el desarrollo permanente de la calidad de nuestros productos y servicios.

En ABB Perú implementamos los Sistemas de Gestión de Calidad desde el año 1996, desde ese año contamos con la certificación ISO 9000 en la fabricación de transformadores de potencia, contando con el respectivo control del aseguramiento de la calidad de producto durante todo el proceso de fabricación de transformadores de potencia.

El control de calidad es un concepto que involucra la orientación de la organización a la calidad manifestada en la calidad de sus productos, servicios, desarrollo de su personal y contribución al bienestar general.

1.2. NORMAS.

El diseño, fabricación, pruebas y control de calidad del transformador de potencia deberá cumplir con las especificaciones de las siguientes normas.

A.- Normas de Construcción.

IEC (Internacional Electrical Committe)

IEC 60044-1 Transformadores de Corriente.

IEC 60076 Transformadores de Potencia. Partes 1,2,3,5 y 8.

IEC 60137 Aisladores de Potencia de Corriente Alterna mayores a 1000V.

IEC 60354 Guía de carga para Transformadores de Potencia inmersos en aceite.

IEC 60815 Guía para la selección de Aislamientos considerando el grado de Polución.

ASTM (American Society for Testing and Materials)

ASTM A36 Especificaciones el acero estructural.

ASTM A345 Especificaciones para láminas lisas de acero hechas en horno eléctrico para aplicaciones magnéticas.

ASTM B16.5 Bridas de tubos de acero y accesorios embridados.

NEMA (Nacional Electrical Manufactures Association)

NEMA TR1 Distancias mínimas de aislamiento.

IEEE (Institute of Electrical and Electrones Engineers)

IEEE STD 519 Recomendaciones prácticas y requerimientos para el control de armónicos en sistemas eléctricos de potencia.

B.- Normas de Control de Calidad.

IEC (Internacional Electrical Committe)

IEC 60060 Técnicas de pruebas en Alto Voltaje. Partes 1 y 2.

IEC 60270 Medida de las descargas parciales.

IEC 60076-4 Transformadores de potencia – Parte 4: Guía para la prueba de impulso : onda completa y onda cortada para transformadores de potencia y reactores.

IEEE (Institute of Electrical and Electrones Engineers)

IEEE STD 62 Guía para la el diagnostico y pruebas de aparatos eléctricos de potencia. Parte I: Transformadores de potencia sumergidos en aceite, reguladores y reactores.

1.3. CARACTERÍSTICAS DEL TRANSFORMADOR.

El transformador será trifásico del tipo exterior, con conmutador de tensión bajo carga, en baño de aceite, con circulación natural de de aceite y aire ONAN hasta los 32 MVA y circulación forzada de aire ONAF hasta los 40 MVA.

Potencia Nominal del Transformador	: 32 MVA ONAN / 40MVA ONAF.
Relación de Transformación	: $58,0 \pm 13 \times 0,565/22,9/10$ kV.
Grupo de Conexión	: YN0/yn0/d5
Tensión Nominal A.T.	: 60 kV.
Tensión Nominal M.T.	: 22,9kV
Tensión Nominal B.T.	: 10kV
Frecuencia Nominal	: 60 Hz
Tensión de Cortocircuito	: 11.6%

1.4. OBJETIVO.

Desarrollar una metodología para el control de calidad de los materiales y del proceso de fabricación de un transformador de 40 MVA.

1.5 ALCANCES.

Control de calidad de materiales nacionales e importados de acuerdo a normas y especificaciones técnicas.

Control de calidad del proceso de fabricación.

CAPÍTULO II

ASPECTOS TEÓRICOS GENERALES DEL DISEÑO DE TRANSFORMADORES DE POTENCIA

2.1. DISEÑO DEL TRANSFORMADOR.

En este capítulo se describe las principales partes de un transformador de potencia como: el núcleo, bobinas y el tanque (la parte activa del transformador consiste en el conjunto núcleo y bobinas).

2.2. NÚCLEO.

En esta sección se presentan los distintos tipos de núcleos de los transformadores de potencia. La Figura 2-1 muestra un núcleo de un transformador trifásico con tres columnas, que están relacionadas cada fase magnéticamente, unidas en la parte superior e inferior por yugos. El espacio disponible para los devanados se llama ventana. Normalmente las columnas están en el mismo plano y con orientación vertical.

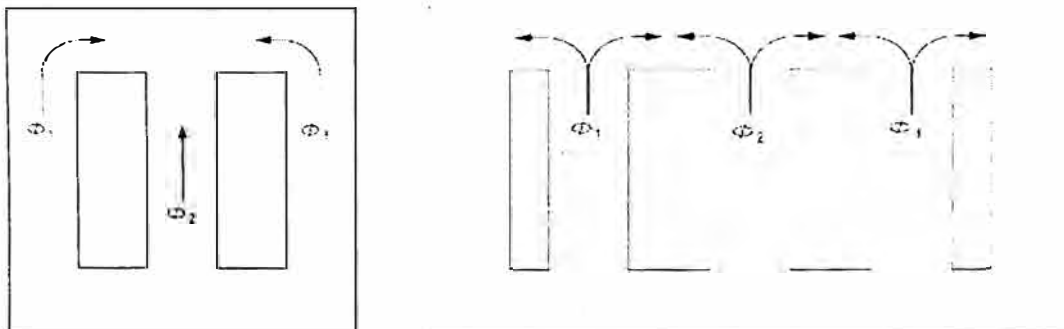


Fig 2-1 Núcleo acorazado y de cinco columnas

En los transformadores trifásicos los devanados de cada fase se encuentran en una misma columna. Estas están magnéticamente acopladas ya que están unidas en la parte superior e inferior por los yugos.

En operación simétrica normal la suma de los voltajes y la suma de las corrientes, en cualquier instante es igual a cero. La suma de los flujos en las tres partes es también igual a cero. Todo el flujo permanecerá en el núcleo debido a que las tres partes se conectan entre ellas en la parte superior y la inferior por los yugos. El flujo varía dentro de la columna sinusoidalmente al igual que la tensión.

En transformadores trifásicos de tres columnas el yugo del núcleo debe ser capaz de transportar el mismo flujo como en las columnas. En la práctica la sección transversal de los yugos es el igual que el de las columnas o algo más.

En transformadores trifásicos de cinco columnas a parte de los tres columnas principales donde van los bobinados, adicionales hay dos caminos de retorno a través de las extremidades externas. Esto significa que el flujo principal se divide cuando llega al yugo. En la Figura 2-1. se puede apreciar esto. Los yugos y las extremidades laterales pueden tener las dimensiones necesarias para la mitad del flujo principal. En otras palabras, la sección transversal de los yugos y las extremidades externas pueden ser la mitad de la sección transversal de las columnas principales. Este modelo da al diseñador la posibilidad de reducir el total de altura del núcleo, mientras que el espacio de la ventana mayor es la misma que en un transformador de tres columnas.

El núcleo de cinco columnas es más caro que uno de tres columnas, por lo que la opción de tres columnas es preferida a pesar que tenga mayores restricciones a la hora de transportarlo.

Desde el punto de vista operativo los usuarios deben ser conscientes de que un transformador de cinco columnas tiene extremadamente alta la impedancia de secuencia cero.

Otra posibilidad para hacer frente a las restricciones de transporte por dimensiones y peso es hacer tres transformadores monofásicos en lugar de uno trifásico.

El núcleo de un transformador monofásico se puede hacer en dos formas diferentes, ya sea con una parte central principal y dos columnas con bobinados en la parte central o con dos columnas y dos bobinados separados. Vea la Figura 2-2.

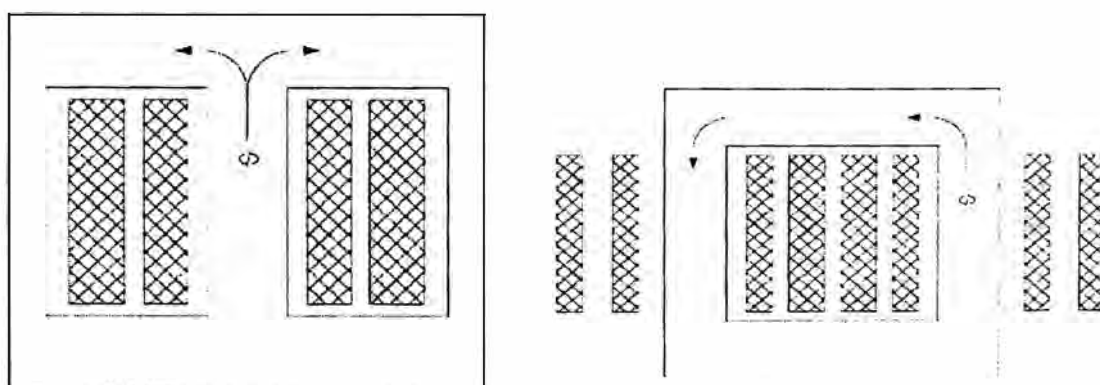


Fig 2-2 Núcleo de transformador monofásico

El diseño del lado derecho en la Figura 2-2 es en general más económico que el que del lado izquierdo.

Otra ventaja con los transformadores monofásicos es que si se quiere tener una unidad de repuesto es más barato una unidad monofásica que tener una trifásica.

2.3. BOBINADOS.

La forma del conductor de la bobina en los transformadores de potencia es generalmente rectangular con la finalidad de utilizar eficientemente el espacio disponible. Aún en los transformadores pequeños de distribución en donde las

secciones transversales necesarias del conductor se obtienen fácilmente por medio de un alambre circular y pequeño, este alambre a menudo se aplana en los dos lados para incrementar el factor de espacio en la ventana central.

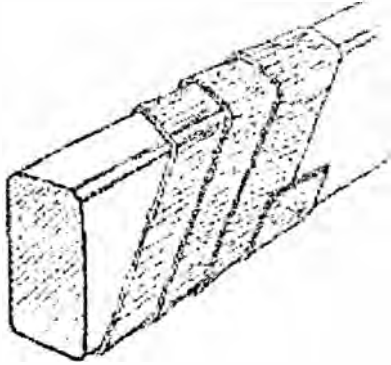


Fig. 2-3 Platina de cobre



Fig. 2-4 Platina de cobre paralela

Al incrementar el área del conductor, dicho conductor deberá dividirse en dos o más elementos paralelos con la finalidad de reducir las pérdidas debido a la corriente Eddy (o efecto Foucault) en la bobina y facilitar el trabajo de bobinado. El elemento del conductor de forma rectangular se llama platina. Cada platina se aísla ya sea envolviendo con papel o con barniz aislante. Algunas veces, dos o más platinas aisladas por separado y eléctricamente paralelas podrían tener la misma cubierta de papel en estos casos a esta disposición se le denomina como cable. Aquí la palabra 'cable' se usa para denotar el elemento más pequeño y visible del conductor cuando se observa la bobina desde el exterior. Esto puede describirse como sigue: uno o varios cables en paralelo pueden llevar la corriente por medio de las platinas que se encuentran aisladas por separado. La envoltura de papel se construye de tiras delgadas de papel Kraff (de aprox. 60 micrómetros), de aprox. dos centímetros de ancho, envueltos alrededor y a lo largo de la platina como se indica en la Figura 2-3. El papel se envuelve en varias capas para obtener el grosor total y necesario establecido por las tensiones eléctricas y mecánicas.

Una clase especial de cable de bobina es el conductor continuamente transpuesto. Este cable tiene dos o más capas de platinas aisladas con barniz configuradas de forma axial entre ellas, como se muestra en la Figura 2-4. Al transponer secuencialmente cada una se logra obtener un cable continuamente transpuesto. Cuando este cable atraviesa el mismo flujo todas las espirales de las platinas reciben el mismo voltaje inducido y se evitan las corrientes circulantes entre las platinas.

Un cable transpuesto puede tener hasta cien platinas en paralelo, con un punto de transposición cada 10cm se puede completar un ciclo total de transposición después de algunos metros.

Las transposiciones de las platinas también se hacen en bobinas con conductores convencionales para evitar las corrientes circulantes. Estas transposiciones se realizan durante el trabajo en la máquina de bobinado, tomando mucho tiempo hacer estas transposiciones. Los fabricantes de cables continuamente transpuestos realizan las transposiciones en máquinas automáticas disminuyendo en gran porcentaje el número de horas de trabajo de bobinado. Si es necesario, para darle mayor resistencia mecánica las platinas se cubren con pegamento epoxico el cual seca durante el proceso de bobinado. Para voltajes bajos se utiliza una red alrededor del cable transpuesto para mantener las platinas juntas. Para los voltajes altos, se utiliza papel de aislamiento para cubrir el cable.

Con el fin de evitar tensiones en el aislamiento, la superficie del conductor es suave y sin marcas. Las esquinas son redondeadas.

2.4. TIPOS DE BOBINAS.

Las bobinas pueden dividirse en cuatro tipos principales:

- Bobinas de capa.
- Bobinas helicoidales.
- Bobinas de disco.

- Bobinas de Regulación.

Principalmente, el número de vueltas y la corriente en la bobina determina la elección del tipo de bobina.

- **BOBINAS DE CAPA.**

Las vueltas se arreglan axialmente a lo largo de la bobina. Las vueltas consecutivas se envuelven cerca una de la otra sin espacio intermedio. Puede ser un bobinado simple o de múltiples capas.

Los bobinados simples o de múltiples capas se usan principalmente para los transformadores pequeños y medianos. Para los transformadores grandes, este tipo de bobina se usa para la bobina de regulación.



Fig. 2-5 Bobina de capa

- **BOBINAS HELICOIDALES.**

La bobina helicoidal puede apreciarse como una variante del bobinado de múltiples capas pero con espacios entre cada vuelta del bobinado. La bobina helicoidal es adecuada para las corrientes altas, donde la corriente se comparte entre varias platinas paralelas. Luego, las dimensiones de cada platina pueden mantenerse razonablemente pequeñas con el fin de mantener bajas las pérdidas de la corriente Eddy.

Una característica de este tipo de bobinas es que todos los cables (una o varias platinas) en un disco pertenecen a la misma vuelta eléctrica, y se encuentran conectados en paralelo. El bobinado puede hacerse como enroscado simple o múltiple con dos o más discos eléctricamente paralelos.

Los conductores de las bobinas con platinas en paralelo que se encuentran en un campo magnético varían en dimensiones de acuerdo al punto donde están ubicados en el bobinado ocasionando corrientes circulantes entre las platinas. Para evitar las corrientes circulantes a lo largo de la bobina, la posición de cada platina se cambia a lo largo del bobinado de tal manera que cada platina recorre la misma cantidad del campo magnético. El voltaje inducido en cada vuelta formada por cada platina será el mismo.

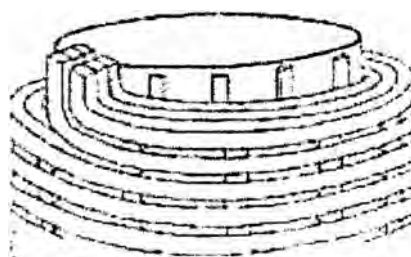


Fig. 2-6 Bobina Helicoidal

Sin esta precaución (llamada transposición de conductores y platinas) la distribución de la corriente entre las platinas sería muy dispareja. Algunas platinas llevarían corrientes altas mientras otras platinas llevarían corrientes bajas. Esto crearía puntos innecesarios de temperatura alta y pérdidas altas.

La bobina helicoidal es el concepto preferido cuando no se tiene restricciones en el número de vueltas y la cantidad total de corriente. La cantidad de material de conductor que puede encajar dentro de un volumen dado es alto comparado a otros tipos de bobinados. Se dice que las bobinas helicoidales tienen un alto factor de espacio, el cual es beneficioso para una relación completa entre la

masa total - pérdida total. Además es fuerte mecánicamente y fácil de fabricar, particularmente cuando se usa el cable continuamente transpuesto.

- **BOBINAS DE DISCO.**

El concepto de bobinas de disco se usa para los bobinados con un gran número de vueltas y corrientes relativamente pequeñas. La bobina de disco se encuentra construida por un número de discos conectados en serie. Las vueltas en cada disco tienen una dirección radial como un espiral con una dirección hacia adentro y hacia fuera en los discos adyacentes.

Generalmente, se prefiere la bobina de disco en lugar de la bobina helicoidal cuando el número de cruces es alto. En una bobina helicoidal, si se mantiene constante el alto de la bobina, la altura de las platinas disminuirá al incrementar el número de cruces.

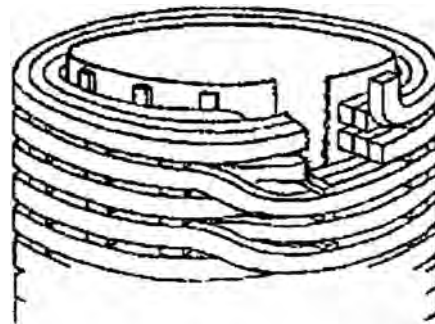


Fig. 2-7 Bobina de disco

La diferencia principal entre una bobina helicoidal y de disco es el número de vueltas por capa. En las bobinas helicoidales, nunca hay más de un cruce por capa mientras que en las bobinas de disco tienen más de un cruce por capa. Las bobinas de disco ofrecen libertad para elegir el número de discos y el número de cruces por disco siempre que el producto de los dos iguale el número total de cruces deseado.

Las propiedades mecánicas de las bobinas de disco son similares a las de las bobinas helicoidales.

Una aplicación principal para la bobina de disco está en los bobinados para los voltajes altos. Estos son bobinados donde las tensiones del aislamiento necesita un cuidado especial.

Los sistemas de alto voltaje operan en la mayoría de los casos con un punto neutro conectado directamente a tierra, lo que significa que el sistema neutral efectivamente se encuentra conectado al potencial de tierra. Con el bobinado trifásico conectado en estrella (la conexión más común para altos voltajes) el término de la línea se encuentra sobre el terminal de alto voltaje y el neutro se encuentra cerca al potencial de tierra. El aislamiento del bobinado hacia tierra puede construirse de acuerdo al voltaje actual a tierra en cada sección del bobinado. El término 'aislamiento no-uniforme' en los estándares de IEC significa un nivel de aislamiento completo en el término de la línea y nivel de aislamiento reducido en el neutro.

En los transformadores con aislamiento no-uniforme, una solución económica de diseño es colocar la entrada de la línea en la mitad de la altura del bobinado. El bobinado tiene dos mitades con dirección opuesta al bobinado, y las dos mitades se conectan en paralelo. El potencial en la parte superior e inferior del bobinado se encuentra en servicio cerca del potencial de la tierra, lo que significa que las distancias entre el bobinado y las guías pueden ser menores y el sistema de aislamiento hacia un bobinado adyacente puede ser más simple que si ambos finales tuvieran un nivel completo de aislamiento.

Una clase especial de bobinas de disco es la bobina de doble disco. Este tipo de bobina se usa para las corrientes más altas, en la magnitud de 100kA como en los transformadores de horno y transformadores rectificadores en

aplicaciones industriales. El voltaje es bajo, a veces mucho más alto que 1kV, a menudo más bajo.

El bobinado tiene un número de grupos conectados en paralelo, cada grupo consiste de dos discos conectados en serie. Estos grupos están ubicados uno sobre otro sobre el borde, y se conectan en paralelo por barras colectoras gruesas verticalmente orientadas a lo largo del bobinado.

- **BOBINAS DE REGULACIÓN.**

La regulación del voltaje del transformador puede hacerse en la misma bobina cuando la corriente no es muy alta y el rango de regulación no es muy amplio. Sin embargo, si las regulaciones se hacen en una bobina de disco, una sección de la bobina tendrá vueltas sin amperios. Esto perturbará el balance de las bobinas del transformador. Un componente radial del flujo magnético se incrementará, el cual en la vuelta crea fuerzas realzadas de corto circuito axial. El transformador puede diseñarse para soportar dichas fuerzas provistas por el componente radial del campo magnético que no es muy grande.

Para los rangos reguladores más grandes, las vueltas reguladoras se arreglan en una bobina separada. La altura de esta bobina de regulación es aproximadamente la misma que de las otras bobinas. El tipo de bobinado es de capas o helicoidal. Las vueltas de cada paso regulador están distribuidas a lo largo de toda o casi de toda la altura de la bobina. Las vueltas de cada paso regulador se conectan en serie por conexiones de cable fuera de la bobina. Los cables proporcionan conexiones entre cada paso regulador y el conmutador.

La solución más económica de diseño es ubicar (eléctricamente) la bobina reguladora en el punto neutral de una bobina conectada en estrella donde la

diferencia de potencial entre las tres fases es pequeña. Esto provee un conmutador más simple y más barato.

Se encuentran disponibles los conmutadores para la operación durante la carga (OLTC), así como el tipo más barato sólo operativo bajo una condición sin energía. El último tipo se llama conmutador en vacío (OCTC), para enfatizar que no puede operarse cuando el transformador está energizado.

El conmutador y el arreglo de la bobina de regulación pueden conformarse de tres maneras diferentes, ya sea regulación lineal, más-menos o regulación fina-gruesa. Para los rangos pequeños de regulación (10% del valor nominal) es común utilizar una regulación lineal. Esto significa que el voltaje a través de la bobina reguladora se suma al voltaje que pasa a través de la bobina principal.

Para rangos reguladores más grandes la regulación más-menos puede ser más apropiada, ver el esquema del centro. En una regulación más-menos la bobina reguladora se conecta a la bobina principal por un interruptor más-menos separado. Este interruptor permite sumar o restar el voltaje que pasa por la bobina reguladora al voltaje que pasa a través de la bobina principal.

Un tercer arreglo es la regulación gruesa-fina en donde la función de regulación se divide en dos bobinas, una para el proceso grueso y otra para los procesos finos.

2.5. AISLAMIENTO PRINCIPAL.

Las bobinas se configuran como cubiertas concéntricas alrededor del eje central del núcleo. Tienen aproximadamente la misma altura y una distribución pareja de vueltas a lo largo de la altura. Las alturas iguales y distribución pareja de vueltas son beneficiosas con respecto a las pérdidas y las tensiones de corto circuito.

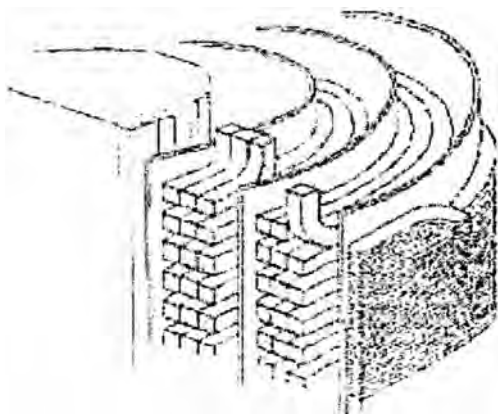


Fig. 2-8 Aislamientos circulares

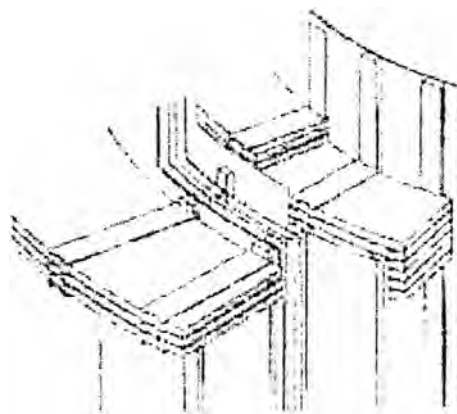


Fig. 2-9 Aislamientos

El aislamiento entre bobina - bobina y bobina - núcleo se construye como un sistema de barrera. La distancia del aislamiento entre dos componentes de diferente potencial (dos bobinas o bobina -núcleo o tierra) se divide en un número de segmentos por hojas de cartón prensado perpendiculares a la tensión del campo. Esto significa que las hojas de cartón prensado deben formarse idealmente a lo largo de las superficies equipotentes.

Los bastones de cartón prensado, verticalmente orientados, regulan la distancia entre las dos barreras adyacentes y también así las bobinas, ver Figura 2-9.

El diseño proporciona las aperturas necesarias para que el aceite ingrese y salga de la bobina.

2.6. ENFRIAMIENTO DE BOBINAS.

Las bobinas son grandes productores de calor, que necesitan enfriamiento. El aceite tiene un alto valor de capacidad de calor: 1.8 kWs/kgK (mientras que el acero y el cobre tiene $0.4 - 0.5$). Su capacidad de disipación de calor es por lo tanto grande,

pero aún así existe una necesidad considerable de flujo de aceite a través de los ductos de enfriamiento de las bobinas.

Un ejemplo simple: Suponga que las pérdidas de la bobina son 180 kW que se deben eliminar. La diferencia de temperatura entre la entrada y salida de aceite puede ser 20 grados, entonces, el flujo necesario de aceite es 5 kg por segundo ($5 \times 20 \times 1.8 = 180$).

En la mayoría de transformadores la circulación del aceite que pasa a través de las bobinas se retira automáticamente del volumen libre del tanque de conservación por efecto termosifón. El flujo se ajusta por sí mismo a un equilibrio entre la cabeza de conducción del termosifón y la resistencia del flujo en el ducto. Luego, aparece otra propiedad física importante del aceite, principalmente su viscosidad característica bajo temperatura variante.

La Figura 2-10 muestra un transformador con una circulación natural de aceite. La curva 1 a la derecha del diagrama es el perfil de la temperatura en la bobina y en el tanque. La curva 2 es el perfil de la temperatura en los radiadores. El área sombreada entre las dos curvas indica la cabeza de conducción disponible.

En un clima caliente esto es de importancia, pero en un clima ártico pueden existir problemas reales con "el arranque en frío", es decir, cuando un transformador se ha desconectado por algún tiempo y tiene que encenderse desde una temperatura muy baja. Normalmente, en un clima frío se especifica un aceite con bajo índice de viscosidad.

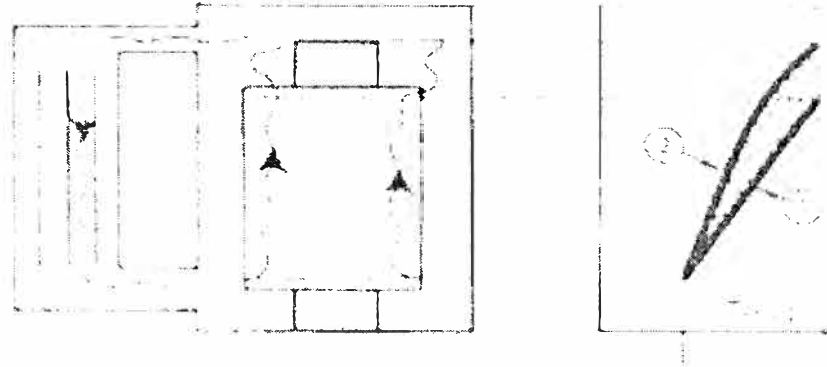


Fig. 2-10 Distribución de temperatura en la bobina.

2.7. RESISTENCIA DE CORTO CIRCUITO.

La sección describe el patrón de la fuerza sobre y dentro de una bobina durante un corto circuito externo. De acuerdo con la división de las fuerzas en los componentes radiales y axiales, el criterio de resistencia puede establecerse para las dos direcciones.

Las fuerzas electromagnéticas son proporcionales al cuadrado del valor instantáneo de la corriente. Con una corriente alterna, las fuerzas correspondientes son repetitivas y variantes. El pico de la corriente alterna invocará la fuerza electromagnética más alta. En general el criterio de resistencia se basa en este primer valor pico de fuerzas y corrientes. Bajo algunas circunstancias es necesario un análisis más completo, donde se considera el comportamiento dinámico de la bobina.

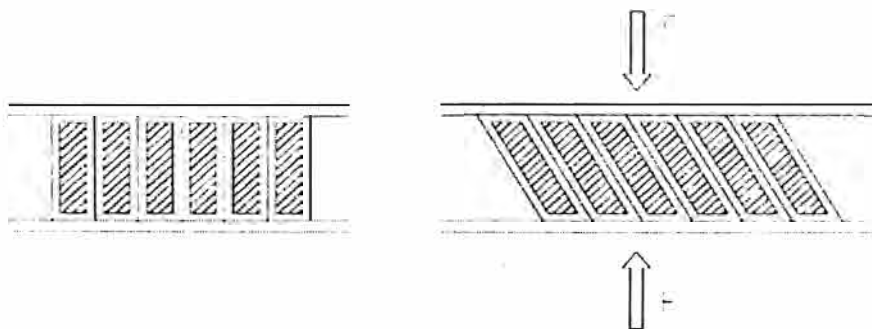


Fig. 2-11 Fuerzas electromagnéticas

En un transformador bien balanceado, las bobinas internas y externas están sujetas a las fuerzas axiales compresivas. Las fuerzas radiales tienden a comprimir una bobina interna (reduce su diámetro) y expandir una bobina externa (aumenta el diámetro). Las fuerzas actúan de tal manera que tienden a aumentar el espacio del volumen de fuga entre las bobinas.

Las fuerzas axiales permisibles se limitan por la fuerza mecánica de los soportes extremos de la bobina y de los espacios entre los discos. Para las bobinas helicoidales y de disco existe una probabilidad cada vez mayor de que los conductores se inclinen cuando aumentan las fuerzas axiales.

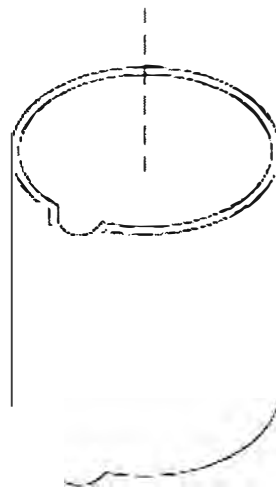


Fig. 2-12 Pandeo de una bobina originado por fuerzas axiales.

Las dimensiones pequeñas del conductor en dirección radial y la gran altura en dirección axial aumenta el riesgo de inclinación. Por el contrario, se prefiere una dimensión pequeña en dirección radial con el fin de reducir las pérdidas de la corriente de Eddy en la bobina. El diseñador tiene que encontrar una dimensión del

conductor que brinde una fuerza mecánica satisfactoria sin sacrificar el requerimiento de pérdidas bajas.

La fuerza radial máxima permisible en una bobina interna se establece por la fuerza de pandeo (curvatura o flexión). Debido a la forma cilíndrica de la bobina, la fuerza radial causa una tensión tangencial en el material conductor.

Con el fin de visualizar una falla de pandeo, una sección del disco de la bobina (bobina helicoidal o de disco) puede representarse por un número de las barras paralelas entre dos espacios, el ángulo entre los espacios y la barra permanece sin cambio, pero los espacios junto a los extremos de las barra permanecen libres para que se muevan axialmente.

Con este modelo puede observarse que la resistencia de pandeo se incrementa con el aumento del ancho del conductor.

La resistencia de pandeo es frecuentemente un factor de dimensión de una bobina interna y consecuentemente de todo el transformador.

CAPITULO III

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

3.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

Esta especificación determina desde el punto de vista técnico las características del transformador trifásicos de potencia de 40MVA y establece las condiciones que se deben de satisfacer para su provisión, instalación y funcionamiento del transformador trifásico, con circulación natural de aceite y ventilación natural y/o forzada de aire.

3.2 CONDICIONES DE OPERACIÓN.

3.2.1. Condiciones Ambientales.

El transformador deberá de ser diseñado para operar a las siguientes condiciones ambientales de operación:

Altura sobre el nivel del mar	: 1000 msnm.
Humedad relativa	: 70 a 99%
Temperatura media	: 20°C
Temperatura máxima	: 40°C
Temperatura mínima	: 5°C
Fuerza del viento	: 40 kg/m ²
Grado de polución	: Muy severo según IEC
Nivel Isoceraunico	: 0
Cantidad de lluvia anual	: 12 mm
Instalación	: Exterior
Fuerzas sísmicas	
Fuerza Vertical	: 0,3g

Fuerza Horizontal	: 0,5g
Frecuencia	: 0 - 10 ciclos/s

3.2.2. Características del Sistema.

Tensión Nominal A.T.	: 60,0 kV
Tensión máxima de servicio A.T.	: 72,5 kV.
Tensión Nominal M.T.	: 22,9 kV
Tensión máxima de servicio M.T.	: 24,0 kV.
Tensión Nominal B.T.	: 10,0 kV
Tensión máxima de servicio B.T.	: 12,0 kV.
Frecuencia Nominal	: 60 Hz
Tensión de Cortocircuito posición 1:	11.6%
Potencia de Cortocircuito	: 5000 MVA

3.2.3. Condiciones Críticas.

A. Sobre carga: El transformador deberá proporcionar continuamente la potencia de salida en cualquier toma, cuando sea excitado con el 105% de la tensión correspondiente a la toma, sin exceder los límites de temperatura. Estando el transformador excitado con el 95% de la tensión correspondiente a la toma, deberá entregar continuamente la potencia de salida en esta toma sin que el aumento de temperatura límite exceda de 5° C.

El transformador deberá entregar sin disminución de la vida útil, las sobrecargas admisibles que especifica la publicación IEC 60354.

B. Sobre temperatura con carga continua: El transformador a régimen permanente deberá proporcionar 40 MVA de potencia con la siguiente elevación de temperatura (sobre la temperatura ambiente máxima de 30°C), sin pérdida de vida útil:

Aceite	:60°C medida con termómetro en la parte superior del tanque.
Arrollamiento	:65°C medida por resistencia.
Punto más caliente	:80°C

C. Capacidad de soportar cortocircuitos: El transformador deberá soportar cortocircuito entre bornes, sin daños de ningún tipo, sin deformaciones permanentes en ningún arrollamiento ni daños al aislamiento o sus sujeciones (con el conmutador en cualquier posición), cortocircuitos francos en bornes de Alta Tensión y Baja Tensión durante un tiempo de dos segundos, considerando una potencia máxima de corto circuito en el punto de conexión al sistema de 60 Kv de 5000 MVA y una impedancia thevenin equivalente:

Barra	Secuencia Positiva		Secuencia Negativa		Secuencia Cero	
	R1	X1	R2	X2	R0	X0
	Ohmios					
60 Kv	0,114152	1,084821	0,111811	1,087787	0,016425	0,214864

Tabla 3.1 Valores de impedancia thevenin equivalente

3.2.4. Nivel de Aislamiento.

El nivel de aislamiento a frecuencia industrial para los arrollamientos y terminales de conexión del transformador deberá ser:

Características	Terminal Alta Tensión (Incluido el neutro)	Terminal Media Tensión (Incluido el neutro)	Terminal Baja Tensión
Tensión máxima del sistema (kV eficaces)	72,5	24	12
Tensión de ensayo con fuente independiente durante 1 minuto a frecuencia industrial con conexiones idénticas a las de servicio (kV eficaces).	140	50	28
BIL (kV máximo) Onda de impulso plena 1,2/50 μ s	325	125	75

Tabla 3.2 Valores de nivel de aislamiento

La tensión de ensayo a frecuencia industrial para los circuitos de control durante 1 minuto deberá ser de 2 kV r.m.s.

3.2.5. Exigencias Térmicas.

El transformador debe ser capaz de resistir sin peligro, sobre cualquier toma en las condiciones de servicio, los efectos térmicos causados por la corriente de corto circuito en los bornes de cualquier arrollamiento, durante los siguientes periodos de trabajo:

- Dos segundos si el valor eficaz de la corriente de corto circuito es superior a 20 veces la corriente nominal.
- Tres segundos si el valor simétrico de la corriente de cortocircuito es igual o inferior a 20 veces la corriente nominal.

3.2.6. Exigencias Mecánicas.

El transformador deberá ser capaz de resistir sin peligro, sobre cualquier toma y en las condiciones de servicio, los esfuerzos electrodinámicos causados por la corriente de corto circuito. Esta corriente de falla deberá ser calculada considerando sólo la impedancia del transformador sin tomar en cuenta las impedancias de las líneas a ser conectadas.

3.3 REQUERIMIENTOS DE CONSTRUCCIÓN

3.3.1. Tanque y Tapa.

Se diseñará para soportar la sobre presión de 0.5 atm con los radiadores en su lugar con todos sus accesorios instalados en el tanque y sus válvulas abiertas, medida en la parte superior de la cuba llena de aceite. También deberá resistir en forma continua un vacío de 0.01 atm.

La cuba vendrá provista de cuatro apoyos para gatos, pudiendo soportar, dos cualquiera de ellos, el peso completo del transformador. La junta de goma sobre la que se apoyará la tapa, deberá ser de Nitrilo.

Los pernos de fijación de la tapa con la cuba tendrán un diámetro y una separación que permita una distribución uniforme de la presión a lo largo de la junta, sin producir deformaciones en la tapa que comprometan la estanqueidad del transformador. Los pernos serán de acero inoxidable de grado 7.

El proveedor deberá indicar en la placa de decubaje, el par de apriete de los pernos en (daN.m).

Cada cuba deberá ser provista como mínimo de los siguientes elementos:

- a) Un sistema aprobado de orejas o muñones adecuados para el izaje, girado y/o acarreo del transformador completo con aceite.

- b) Un sistema adecuado de soportes ubicados convenientemente para utilizar gatos hidráulicos o a rosca para subir o bajar el transformador completo con aceite.
- c) El estanque deberá tener dos (02) conexiones a tierra, soldados a ésta y ubicadas al nivel de la base en dos caras opuestas.
- d) La cuba del transformador deberá tener válvulas para el tratamiento del aceite, ubicadas en puntos contrarios del estanque y de diámetros no inferior a 50 mm, incluyendo válvulas de toma de muestras de aceite.
- e) Válvula de asiento para conexión inferior al equipo de tratamiento y vaciado del transformador con dispositivo de toma de muestra del aceite, sin que entre en contacto con la atmósfera.
- f) Válvula de asiento para conexión superior al equipo de tratamiento.
- g) Válvula de vaciado rápido ante sobrepresiones causadas por cortocircuito interno.
- h) Para cuando se requiera realizar una inspección al Conmutador de Tomas, se necesita que exista un agujero de visita, de tal manera de no ser necesaria la extracción de la parte activa.
- i) La tapa del estanque de los transformadores será empernada al estanque.

3.3.2. Sistema de conservación del Aceite.

El tanque de expansión tendrá una capacidad entre los niveles visibles más alto y más bajo no menor al 8% del volumen total del aceite a temperatura ambiente del transformador.

Se suministrará un indicador de nivel de aceite con cuadrante de aguja accionado o flotante, para el tanque del transformador.

El campo registrable de niveles de aceite deberá ser desde -5°C hasta + 105°C.

La posición del tanque de expansión será a la derecha del transformador, observándola desde el lado de Alta Tensión.

El tanque de expansión será desmontable, las cañerías de comunicación entre el tanque de expansión y la cuba poseerán brida de unión conjunta.

3.3.3. Sistema de Enfriamiento.

El sistema de enfriamiento se compondrá de los radiadores, ventiladores y sistema de comando y protección sujetándose a sus características generales a lo que se detalla más abajo.

a) Radiadores

Los radiadores deberán soportar valores de sobre presión y depresión idénticos a los establecidos para la cuba. Se fijarán a la cuba por medio de bridas e irán provistos de válvulas tipo mariposa individuales de manera que se pueda efectuar su desmontaje sin disminuir el contenido de aceite en la cuba.

Estarán provistos de los siguientes accesorios:

Caños de entrada y salida del aceite con sus respectivas bridas maquinadas.

Tapones roscados, en la parte superior apto para llenado y purga, y en la inferior para el drenaje de aceite.

Cáncamos de izaje en la parte superior.

Tapas ciegas para el transporte.

La cuba, deberá poseer para su unión con los radiadores, caños de entrada y salida con sus respectivas bridas maquinadas. Entre estas bridas y las de los radiadores, se dispondrán válvulas tipo "mariposa".

La puesta a tierra de cada uno de los radiadores se efectuaran mediante un conductor de cobre flexible de sección plana estañado de 50 mm² de sección que se fijará en sus extremos a dos cilindros de bronce o de acero inoxidable con rosca interior y soldados a los caños colectores. Los pernos de fijación del mismo material.

b) Motoventiladores

Los motoventiladores serán montados independientemente de los enfriadores. Deberá ser posible desmontar el ventilador completo con su motor sin perturbar o desmantelar el armazón de la estructura de enfriamiento.

Se diseñará para el funcionamiento continuo a la intemperie o en celdas, con un grado de protección IP 44. A efectos de limitar el nivel de ruido, serán montados con dispositivos antivibratorios, y se admitirá una velocidad de giro máxima de 950 r.p.m., siendo el promedio máximo admisible de acuerdo con lo establecido en la Norma NEMA TR-1 no superior a los 60 decibeles. El control de la vibración deberá ser tal que los esfuerzos dinámicos sobre el transformador no exceda los 2 kg/mm².

Además, se dispondrán protectores construidos con tejido de acero galvanizado, grado de protección IP 20, a fin de evitar contactos accidentales con las paletas.

Cuando sean de eje vertical, los motores llevarán cojinetes de empuje axial. Estarán equipados con rodamientos blindados y protección térmica con contacto para señalar su actuación.

c) Tableros de fuerza motriz y comando de ventilación

Los tableros serán totalmente cerrados, protegidos contra polvo y salpicaduras. Todo el material eléctrico será perfectamente accesible desde el frente para su provisión y/o reemplazo. Poseerán acceso para cables de potencia y control por la parte inferior, estando provistos de una chapa ciega removible para su posterior perforación.

Todas las conexiones que salen de los tableros lo harán por medio de borneras con aislamiento entre bornes adyacentes y de amplias dimensiones. Las borneras y cables deberán estar identificados de acuerdo con lo indicado en los planos.

Todos los materiales que se usen como soportes de borneras serán retardantes de llama y autoextinguibles, no higroscópicos y de alta rigidez dieléctrica. Tanto las termo-resistencias como los motores estarán cableados hasta los tableros correspondientes debiendo alojarse en cañerías de PVC.

d) Dispositivos indicadores de temperatura

Se proveerán dispositivos indicadores de temperatura del punto más caliente de arrollamiento y del aceite, de características antisísmicas y con transductores adecuados (4 a 20 mA) para indicación remota.

Se dispondrán en la tapa de la cuba 3 (tres) vainas aptas para la instalación de elementos sensores de temperatura con una longitud sumergida en el aceite de 150 mm. Se ubicarán a criterio del diseñador y en la zona de influencia de la fase central. Las vainas no utilizadas estarán con su correspondiente tapón roscado.

Los elementos indicadores de la temperatura del arrollamiento deberán colocarse en el mismo transformador.

e) Indicador de la temperatura del punto caliente del arrollamiento

Se ubicará sobre la fase S y la referencia de corriente la tomará del arrollamiento primario a través del núcleo de medición, o de un núcleo individual de acuerdo con la indicación del fabricante del equipo. La constante de tiempo térmica será similar a la de los arrollamientos con posibilidad de regulación.

El proveedor entregará la información necesaria para realizar los ensayos que permitan controlar la exactitud del equipo.

3.2.7. Nivel de ruido.

De acuerdo a lo especificado en la norma NEMA Publicación TR-1 1974 ítem 9.04, no deberá exceder los 73 decibeles para el 100% de la tensión nominal, en sistemas de refrigeración de agua.

3.4 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS A CONSIDERAR.

3.4.1. Núcleo.

El núcleo del transformador deberá ser del tipo de 3 columnas. Los mismos estarán formados por chapas de hierro-silicio de grano orientado con alta permeabilidad y bajas pérdidas específicas, según IEC 76.

Las láminas serán libres de rebabas y poseerán un recubrimiento aislante inorgánico resistente a alta temperatura.

Se deberá prestar particular atención a la fijación de las láminas del núcleo, para mantener el ruido de ese origen en un nivel aceptable.

3.4.2. Devanados.

Los devanados serán construidos con cobre electrolítico con una conductividad mínima del 99%. A partir de cada columna, los arrollamientos se dispondrán en el siguiente orden; Baja Tensión, Media Tensión, Alta Tensión, Regulación.

Para la impregnación se utilizará un aceite mineral aislante que cumpla con los requisitos indicados en la norma IEC 76.

Los puntos neutros de los arrollamientos primario y secundario deben ser accesibles, provistos de los correspondientes aisladores pasatapa y dimensionados para la máxima corriente de fase.

3.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE ACCESORIOS.

3.5.1. Conmutador Bajo Carga.

Se requiere un conmutador, cambiador de tomas con tensión, con el principio de funcionamiento paso a paso, de trece (13) tomas, variación entre tomas \pm 0.5% de la tensión nominal en el devanado de alta tensión. Este deberá ser accionado desde el exterior por un mecanismo dispuesto a altura de un hombre con indicador visual de las posiciones.

Deberá contar con tuberías adicionales que permitan la recirculación de aceite en el conmutador.

Se deberá considerar que el conmutador cuente con un sistema de filtrado automático de aceite del conmutador y una válvula de alivio de presión con contactos de alarma y disparo.

3.5.2. Relé Buchholz.

El transformador estará provisto de un relevador accionado a gas y a aceite (Sistema Buchholz). Este relevador actuará al acumularse gas, o por acción de una onda de aceite y cumplirá con la norma DIN 42566.

Tipo Antisísmico, tipo magnético con dos contactos para alarma y disparo; con válvulas antes y después del relé Buchholz y que permita la purga de gases para fines de mantenimiento. Con dispositivos mecánicos para prueba efectiva del relé. El relevador tendrá válvulas de purga de aceite y gas, y permitirá

simular la respuesta del relé (alarma y disparo) ante un descenso del nivel de aceite y por inyección de gas.

Los contactos serán aptos para abrir y cerrar circuitos de 110 Vcc, 300 mA, y constante de tiempo (L/R) de 15 mseg.

Todos los puntos altos de la tapa del transformador de poder, torretas de los bushings, bushings, etc, deben estar conectados al sistema del relé Buchholz.

3.5.3. Válvula de sobrepresión.

La válvula de sobrepresión en la tapa del transformador de potencia, estará dispuesta de modo que opere a un valor de 0,7 atmósferas, con contactos para disparo.

3.5.4. Equipos de Control y Monitoreo.

El transformador deberá contar con un equipo de medición de temperatura en los arrollamientos, con las siguientes características:

- a. 04 contactos: de alarma, disparo, arranque y parada de ventiladores uno por devanado de AT, MT y BT.
- b. 01 indicador de temperatura en la parte superior del aceite con 04 disparos para alarma y disparo.
- c. 02 indicadores de nivel de aceite en la parte superior del transformador, uno para la cuba del transformador y otro para el conmutador, con salidas analógicas 0-20 mA para scada con monitoreo on-line.

Deberá contar con un equipo de monitoreo on-line de humedad y sistema de detección de gases en el aceite.

CAPITULO IV

DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION

4.1. FABRICACIÓN DEL NÚCLEO.

Para la fabricación del núcleo se utiliza chapas de acero silicoso de grano orientado no recocido, laminado en frío, libre de fatiga por envejecimiento, de bajas pérdidas por histéresis y alta permeabilidad.

Las láminas de acero utilizadas están libres de rebordes y cantos filosos. Cada chapa tiene un recubrimiento en ambas caras constituido por una película aislante inorgánica resistente al calor y al aceite.

4.1.1. Corte longitudinal del hierro magnético

La fabricación del núcleo empieza con el corte longitudinal del hierro silicoso. El hierro viene en rollos estándar de un metro aproximadamente de altura con un peso de una tonelada.



Fig. 4.1 Huacales de hierro silicoso

Estos rollos se cortan longitudinalmente siguiendo el siguiente proceso:

1. Colocar el rollo en la maquina de corte longitudinal verificando que no contenga oxidaciones y que las rebabas estén dentro de las tolerancias.
2. Verificar la disposición de las cuchillas según el programa de corte.
3. Revisar el programa de corte elaborado y verificar que para un mismo rollo por cortar, no sean programadas simultáneamente anchos de pequeñas dimensiones, con el fin de evitar el traslape de estos en la poza del enrollador.
4. Identificar los rollos con los siguientes datos: Código de Rollo, Ancho, Espesor, Peso.
5. Liberarlas para el proceso del recorte.

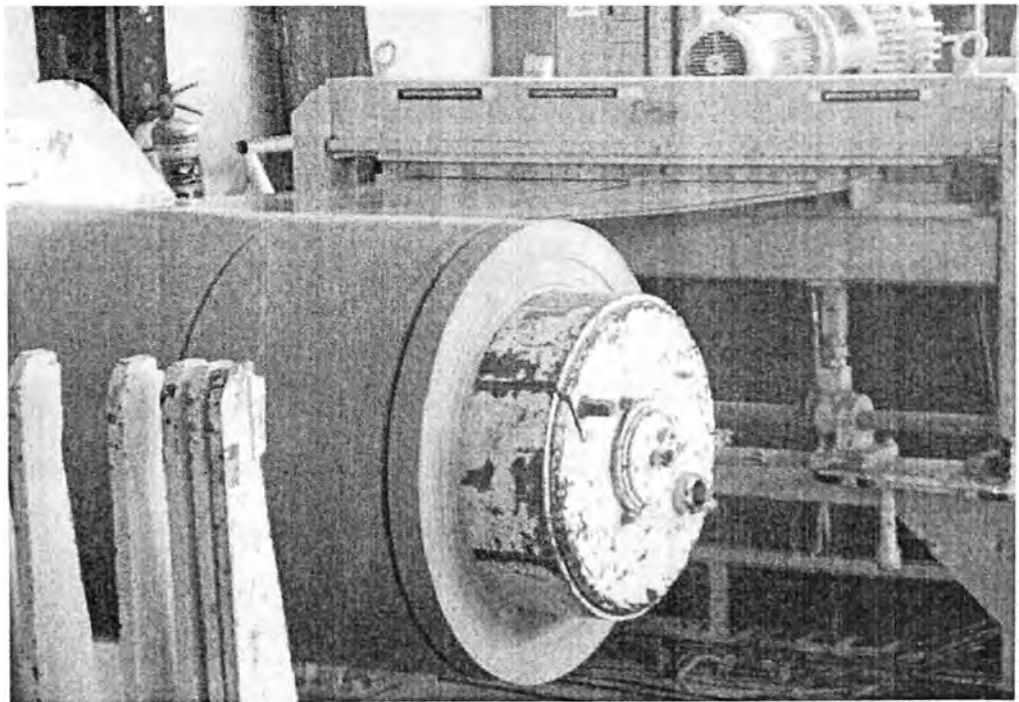


Fig. 4.2 Corte longitudinal de hierro silicoso

4.1.2. Corte transversal del hierro magnético

La fabricación del núcleo continua con el corte transversal del hierro silicoso. El hierro después de haber sido cortado longitudinalmente se almacena en rollos con el ancho final de la columna del transformador. Estos rollos se cortan

transversalmente en forma de v para disminuir las pérdidas y el calentamiento del núcleo. Para el corte transversal se realiza el siguiente proceso:

1. Colocar el rollo en la maquina de corte transversal verificando que no contenga oxidaciones y que las rebabas estén dentro de las tolerancias.
2. Verificar la disposición de las guillotinas de corte, revisando el ángulo de corte, largo de corte de la columna y cantidad de planchas a cortar.
3. Apilar las planchas de acuerdo a la disposición final que tendrá la columna del transformador.
4. Liberar las columnas para el proceso de ensamble de núcleo.

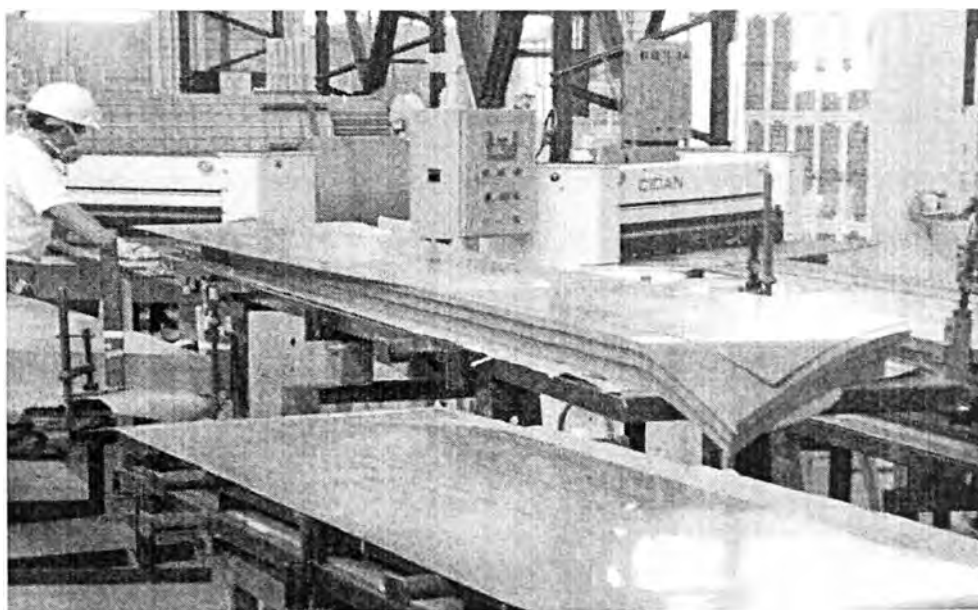


Fig. 4.3 Corte transversal de hierro silicoso

4.1.3. Ensamble de Núcleo

Previamente al ensamble del núcleo, preparar los perfiles del yugo (vigas) ya sean de madera o metálicas.

Para realizar el ensamble del núcleo se realiza el siguiente proceso:

Preparar la mesa de ensamble y ensamblar el núcleo sobre las vigas, apilando las placas de hierro magnético según plano de ensamble.

Verificar el espesor de los escalones y dimensiones de la ventana de núcleo y longitud de columna según planos.

No dejar las placas con aberturas (entre hierro) ni desalineadas.

Fijar y ajustar el núcleo con las vigas, los prisioneros del yugo, los prisioneros de suspensión y las patas de apoyo.

Echar una pasta de relleno al espacio entre las patas de apoyo y las placas.

La pasta de relleno tiene la siguiente proporción:

100 partes en peso de Araldit F.

25 partes en peso de Endurecedor HY 956.

200 partes en peso de Harina de Cuarzo.

6 partes en peso de Aerosyl 60.

Esperar 12 horas para el secado después de echar la pasta de relleno.

Bañar con Araldit-F las placas del yugo interior y de columnas y dejar secar por espacio de 24 horas. Luego, levantar el núcleo y echar un segundo baño de Araldit-F.

Ingresar el núcleo al horno por espacio de 24 Horas, para garantizar la plena eficacia del barniz.

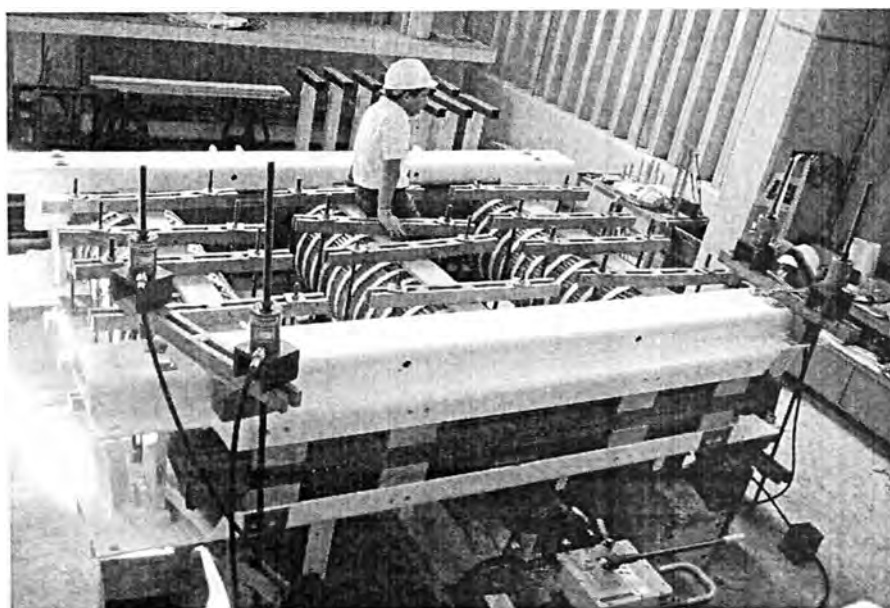


Fig. 4.4 Ensamble del núcleo

4.2 FABRICACIÓN DE LOS DEVANADOS.

La platina utilizada es de cobre electrolítico de 99,9 % de pureza como mínimo en todos los arrollamientos, cables de conexión de estos a los aisladores pasatapas y en general en conexiones entre arrollamientos.

En todo el aislamiento de los conductores y arrollamientos del primario se utiliza papeles y cartones de alta densidad, térmicamente estabilizados, del tipo termokraft de marca WEIDMANN.

El tipo de papel utilizado en la construcción y todos los materiales del aislamiento sólido resisten sin sufrir deterioro aumentos de temperaturas de 80 °C sobre una temperatura ambiente máxima de 40°C.

Para realizar la fabricación de las bobinas se realiza el siguiente proceso.

Escoger o adaptar el molde según el plano fijado en la especificación de fabricación correspondiente.

Antes de iniciar el bobinado, el operario debe revisar y comprender la ejecución del bobinado en la especificación de bobinado de transformadores teniendo cuidado de las observaciones adicionales indicadas en éste.

Colocar en los caballetes alimentadores el conductor a utilizar.

Seguir la secuencia de aislamientos indicada en la especificación de bobinado de transformadores.

Doblar el conductor a 90 grados, con la dobladora manual, tomando en cuenta el sentido de bobinado; dejando la longitud de los conductores.



Fig.4.5 Bobinado de devanados

Según el valor fijado en la especificación de bobinado de transformadores.

Forrar el conductor doblado de 1 papel crepé de 25 mm de ancho, a media cinta sobre un tramo aproximado de 100 mm en la parte externa y 50 mm en la parte interna del bobinado.

Asegurar fuertemente la entrada del bobinado junto con el listón de igualación, con un bandaje de pabilo o algodón.

Poner el contómetro en la posición 0 y ajustar el tensor del conductor de manera que se ajuste perfectamente al molde sin deteriorar el aislamiento del conductor.

El proceso terminara cuando se haya alcanzado la cantidad de vueltas indicados en la especificación de fabricación. Las uniones de tipo permanente entre conductores se realizan mediante terminales de compresión o son soldadas con soldadura de aleación de plata. Las uniones emperradas o de presión utilizadas en conexiones a aisladores pasatapas, conmutador de

tomas, etc. están provistas de elementos de fijación o bloqueo que impidan que estas se suelten por vibraciones, transporte, etc.

Los conductores que unen los arrollamientos con los tableros terminales y aisladores pasa tapas o arrollamientos entre si, quedan rígidamente afianzados de manera de prevenir danos por vibraciones o durante el transporte y montaje del transformador. Donde sea posible se utilizará tubos aislados como guía.

Con el fin de asegurar una adecuada resistencia mecánica a los arrollamientos, estos reciben un tratamiento de estabilización previa consistente en el secado de las bobinas mientras se encuentran bajo esfuerzos de compresión iguales que los esfuerzos máximos a los que serán sometidos los arrollamientos bajo condiciones de cortocircuito.

Los esfuerzos de compresión previa, de dimensionamiento y finales en el núcleo no deberán ser menores que 60 kg/cm^2 y 45 kg/cm^2 para espesores de alambre mayores a 1,3 mm y de 35 kg/cm^2 y 30 kg/cm^2 para espesores de alambre menores o iguales a 1,3 mm respectivamente, como presión en el papel.

El grado de polimerización mínimo aceptable del papel después del secado final debé GP 1000.

Después de concluidas los devanados se debe de realizar el siguiente proceso de tratamiento y secado.



Fig 4.6 Prensado de bobinas

Una vez terminado el bobinado, medir la altura axial sin prensar.

Antes de prensar, verificar que los separadores, cuñas, protectores de pasos y aislamientos de la bobina estén debidamente alineados y en perfecto estado.

Prensar la bobina según el valor prescrito en la especificación de bobinado, Medir la bobina así prensada y apuntar este valor.

Para el prensado, utilizar dispositivos Hidráulicos con cilindros tipo RCM- 202 (ENERPAC). La cantidad de los cilindros a utilizarse puede ser: 2, 3 ó 4 según requerimiento de diseño.

Colocar los cilindros hidráulicos equidistantes sobre el plato de prensado, con la finalidad que la presión sea repartida uniformemente sobre toda la superficie de la bobina.

Secar la bobina en el horno, por lo menos durante 24 horas a 110 °C

Evitar variaciones de temperaturas bruscas, debido a que este pueda provocar grietas en el aislamiento, (logrando la altura en bloque según diseño).

Medir la altura axial de la bobina en cuatro puntos diametrales aproximadamente equidistantes.

Durante el período de espera, antes de realizar el montaje en bloque, la bobina absorberá humedad nuevamente y altura subirá nuevamente. Es peligroso dejar la bobina prensada durante más de 2 semanas según el grado de

humedad. El esfuerzo puede provocar daños de los aislamientos. Durante este tiempo de espera, cubrir las bobinas con plástico para evitar penetración de polvo y reducir la absorción de humedad.

Realizar el montaje en bloque, terminado el montaje, prensar el bloque completo utilizando platos de prensado y cuatro prisioneros de columna. Secar el bloque completo y volver a prensar hasta obtener la longitud axial del bloque. Luego de cumplir todas éstas instrucciones, el bloque de bobinas se encuentra expedito para ser montado al núcleo correspondiente.

4.3 ENSAMBLE DE LA PARTE ACTIVA.

Para ensamblar la parte activa se tiene que realizar tres procesos de ensamble:

4.3.1. Montaje de Devanados

Desmontar el yugo superior del núcleo.

Revisar la documentación técnica de diseño (planos).

Verificar que el material aislamientos de madera y cartón habilitados sean correctos y estén completos.

Disponer todo aislamiento en el núcleo de acuerdo a diseño.

Verificar que los bloques de bobinas se encuentren en condiciones de montaje (revisar altura del bloque y reforzar aislamientos de salidas de acuerdo a diseño).

Colocar el dispositivo de izaje del bloque, asegurándolo fuertemente con una correa de amarre. Levantar el bloque con la grúa o pluma mecánica a la altura de la columna, teniendo cuidado en centrar el bloque con la columna. Cubrir la columna con una capucha de cartón como elemento de protección del bloque e insertar lentamente el bloque, observando.

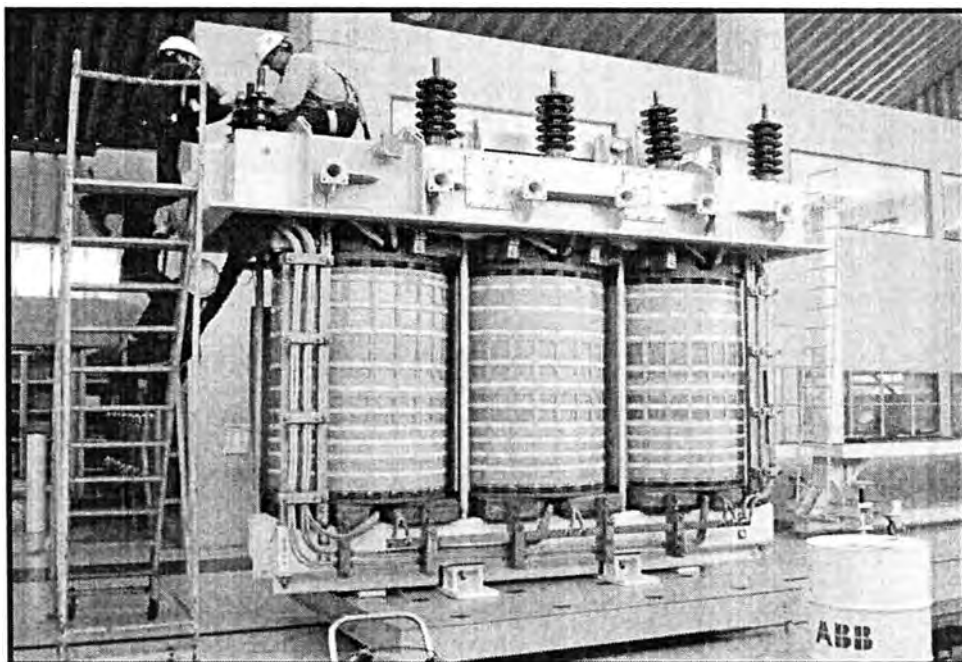


Fig. 4.7 Parte activa

Que no se deteriore el aislamiento inferior.

Disponer los bloques de bobinas en las columnas del núcleo.

Ubicar aislamientos del yugo superior.

Colocar las vigas del cuerpo magnético y prensar los bloques.

Iniciar el cierre de yugo y colocar los refuerzos del yugo de acuerdo a diseño.

Liberar para conexiones.

4.3.2. Conexiones de la Parte Activa

Preparar la tapa del transformador para disponer aislamiento de acuerdo a diseño y empaquetaduras.

Ubicar los transformadores de corriente en las cúpulas según diseño, si fuera el caso.

Realizar el montaje sobre la parte activa verificando el nivel de ajuste de los prisioneros.

Disponer, verificar y preparar los accesorios aislantes (madera, cartones, etc.).

Ubicar los soportes de cables de conexiones de acuerdo a plano.

Realizar las soldaduras de cables a parte activa.

Revisar distancias eléctricas de acuerdo a lo especificado por diseño.

Liberar para montaje de conmutador.

4.3.3 Montaje de Conmutador

Equipamiento eléctrico de potencia que realiza el cambio de tensión en carga del transformador de Potencia. Esta constituido por:

Compartimiento de aceite del ruptor con la cabeza del cambiador y el cuerpo insertable incorporado.

Para montar la cabeza del CBC se requiere una brida de montaje ubicada en la tapa del transformador. El CBC se introduce desde arriba a través de la abertura de la tapa del transformador y se embona, por medio de la cabeza del CBC, con la brida de montaje. Se procede de la manera siguiente:

Verticalizar (Parar) el CBC.

Limpiar las superficies de junta de la brida de montaje y de la cabeza del CBC.

Colocar la empaquetadura resistente al aceite sobre la brida de montaje.

Levantar el CBC por la cabeza del mismo y bajarlo con cuidado por la abertura de la brida de montaje.

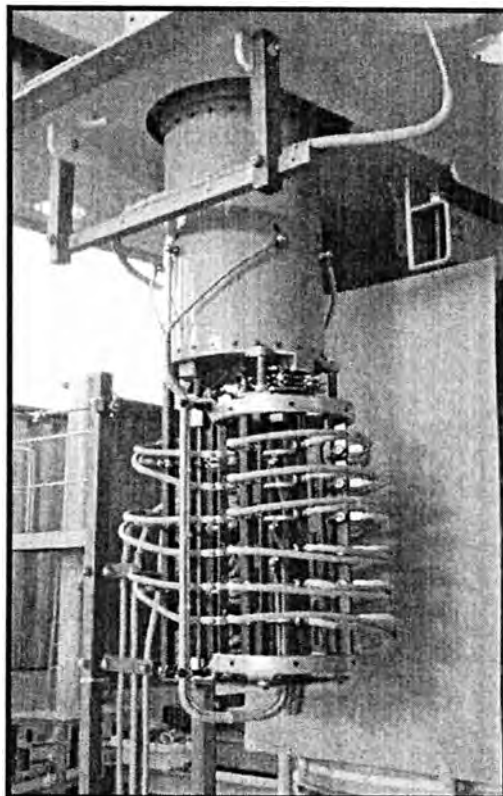


Fig. 4.8 Conmutador bajo carga

Prestar atención a los terminales del cambiador.

Controlar la posición de la cabeza del CBC.

Empernar la cabeza del CBC con la brida de Montaje.

La conexión debe realizarse de acuerdo al esquema eléctrico suministrado con el equipo y en concordancia con el esquema de conexiones suministrado por diseño.

Todas las conexiones deben realizarse y asegurarse con esmero y cuidado. Las conexiones al CBC deben ejecutarse de tal manera que puedan conectarse al selector sin ejercer esfuerzo mecánico.

Si las conexiones han de rodear el compartimiento de aceite, se deberá observar una distancia mínima de 50 mm entre éstas y el compartimiento de

aceite. Todos los terminales del CBC están numerados de acuerdo al esquema de conexión.

Después se procede al secado de la parte activa del transformador por 8 días aproximadamente.

4.4 ENCUBADO Y LLENADO DE ACEITE

Para el encubado e impregnación de la parte activa del transformador se realiza el siguiente proceso:

Se libera la parte activa del transformador del proceso de revisión y acabado.

Se libera el tanque del transformador del proceso de fabricación del tanque (Incluye pintado y acabado del tanque).

Al terminar el proceso de revisión y ajuste final, la parte activa debe regresar a la autoclave para tener las condiciones de temperatura de aproximadamente 100 °C. Se retira la parte activa de la autoclave para iniciar el proceso de encubado (aplicado a unidades que por su condición de ajuste están expuestas más de 6 horas).

Se verifica que todas las herramientas hayan sido retiradas de la parte activa.

Durante la inserción al tanque (Encubado), se verifica que no exista pieza o parte que pueda desligarse y/o deteriorarse.

Se limpia la parte interna del tanque antes de introducir la parte activa.

Se fija la posición definitiva de la parte activa, asegurándose que las bases de apoyo estén en contacto con el fondo del tanque y que la tapa esté apoyada uniformemente al tope del marco del tanque.

Se ubica correctamente la empaquetadura entre la tapa y el tanque, teniendo mucho cuidado que no se deteriore con el ajuste de los pernos de la tapa. Se ajustan los pernos de la tapa, bornes, bridas y demás accesorios; y se verifica que los lugares donde se han montado accesorios estén reemplazados momentáneamente por bridas, hasta llegar al proceso de llenado de aceite al

transformador. En este momento se sacan estas bridas y se colocan los respectivos accesorios.

Antes de impregnar aceite, se verifica que la rigidez dieléctrica de éste tenga los valores mínimos requeridos, siendo el Responsable del Área de Transformadores de Potencia el que ordena, de acuerdo a las especificaciones de fabricación, el tipo de aceite a utilizarse en la impregnación. La verificación de las condiciones dieléctricas del Aceite es alcanzada por el Laboratorio de Análisis de Aceite.

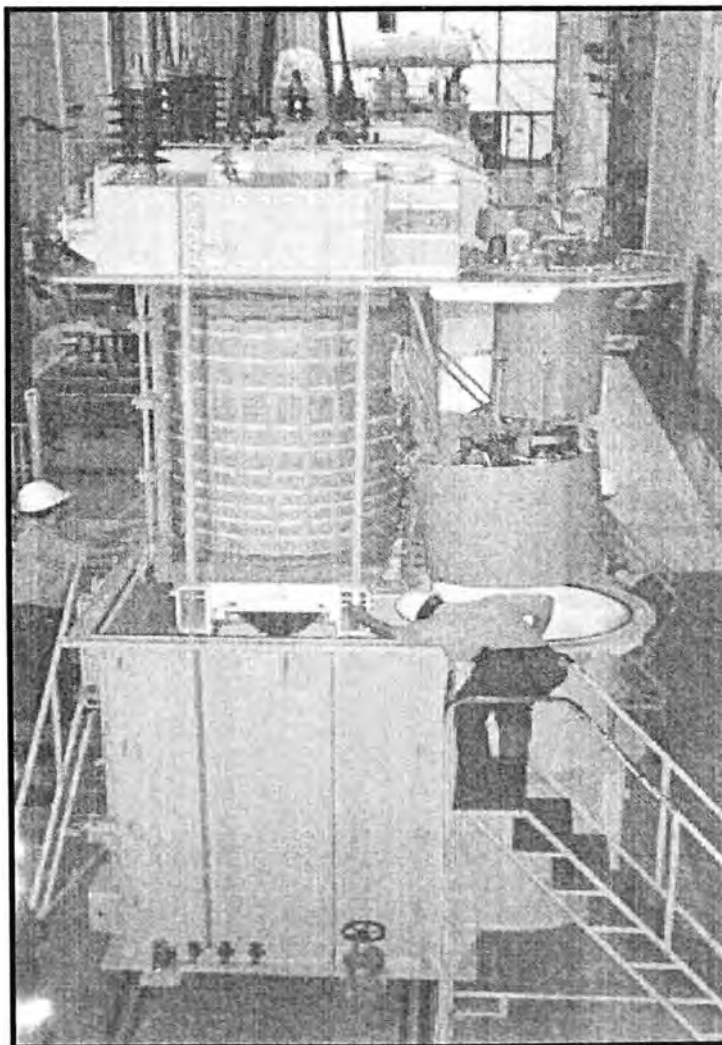


Fig. 4.9 Encubado parte activa

Al terminar las instrucciones anteriores, se inicia el proceso de impregnado en vacío, este proceso puede realizarse de 2 maneras:

Dentro de la Autoclave.- Se introduce el tanque en la autoclave y cuando la temperatura llega aproximadamente entre 60 y 70 °C comienza el vacío. Cuando este vacío llega a 0.5 mbar o menos, se abre la válvula de aceite, iniciando el impregnado en vacío dentro del tanque, la duración es aproximadamente 1 día llegando a 0.02 Lt/hora de agua condensada. En estas condiciones, se corta el vacío y finaliza el proceso de impregnación dentro de la autoclave.

Fuera de la Autoclave.- Se realiza sin calor. Se conecta el equipo de vacío con un tiempo aproximado de 48 horas con una presión de 0.5 mbar o menos. Impregnando aceite al transformador, se llega a 0.02 Lt/hora de agua condensada cortando el vacío y dando fin al proceso de impregnado.

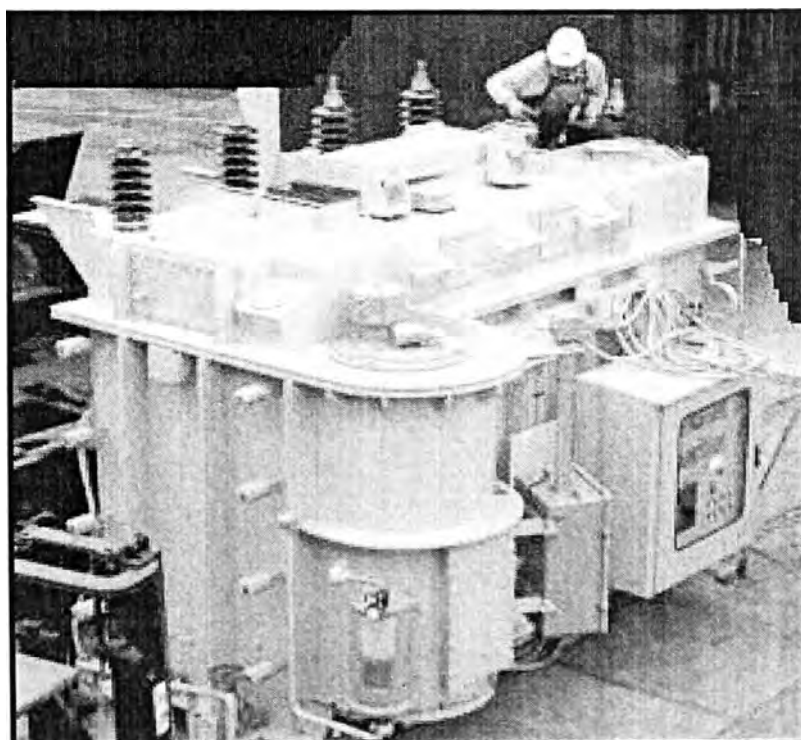


Fig. 4.10 Acabados finales

Se realiza el montaje de los accesorios del transformador pendientes (Ejemplo: conservador de aceite, relés, indicador de nivel de aceite, válvulas, bornes, etc.).

Se rellena de aceite hasta llegar a la marcación correspondiente del indicador de nivel (+20 °C), el tipo de aceite a utilizarse debe ser el mismo de la impregnación.

CAPITULO V

CONTROL DE CALIDAD EN LA RECEPCIÓN DE MATERIALES

5.1. METODOLOGÍA DE CONTROL DE CALIDAD.

El control de calidad empieza con la recepción de materiales y productos comprados por logística para cada orden de producción en particular. La metodología aplicada se basa en describir las actividades y responsabilidades de la inspección y ensayos de recepción, para los materiales y productos adquiridos.

Los materiales y productos que intervienen en la fabricación son:

- Cartones Aislantes
- Fierro Magnético
- Madera Caoba
- Cobre Electrolítico
- Construcciones Metálicas
- Aceites Aislantes y
- Accesorios del Transformador

El proceso de inspección empieza con el aviso de almacén de la llegada de un nuevo material, el aviso se hará via e-mail a control de calidad.

Control de calidad de acuerdo a la relación de equipos y materiales inspeccionables y aprobados en la recepción, registra los datos de identificación de Material como: No. de Orden de Compra, Cantidad, etc. en el software "Sistema de Inspecciones" que genera una ficha de inspección de recepción.

Control de Calidad localiza los documentos necesarios para la inspección visual y dimensional del material a probar como son las instrucciones, catálogos y/o certificados de pruebas del proveedor. Además, realiza los controles eléctricos o mecánicos según la naturaleza del material a probar.

Control de calidad determina el estado de inspección y ensayo del material controlado y lo clasifica como:

1. **Aprobado:** Cuando el material se encuentra estrictamente conforme con los parámetros indicados en los documentos de adquisición. Se coloca una etiqueta verde para identificarlo, quedando liberado para su emplazamiento en Almacén. En el caso de construcciones metálicas, el material quedara liberado y emplazado en el área productiva.
2. **Aprobado con Reservas:** Cuando el material presenta alguna desviación en una o más características originales fijadas por los documentos de adquisición. Sin embargo, la función del material no se ve afectada por la no conformidad, el material es utilizable tal como lo es después de la autorización por parte de la sección involucrada o el material puede ser recuperado mediante un re-trabajo o una reparación. Se coloca una etiqueta amarilla para identificarlo, quedando emplazado en el área de Almacén para su definición, aperturando el respectivo aviso de no conformidad. En el caso de construcciones metálicas, luego de la identificación, se emplazan en el área de control de recepción de construcciones metálicas.
3. **Rechazado:** Cuando el material no puede, de ninguna manera, ser utilizado. Se coloca una etiqueta roja para identificarlo, quedando emplazado en el área de almacén para su definición, aperturando el respectivo aviso de no conformidad.

Una vez realizada la inspección y determinado el estado del material se procede a ingresar los datos en el software "Sistema de Inspecciones", y enviar un aviso de estado de inspección vía e-mail.

En la inspección y ensayo de recepción, se aplica el método de trabajo por muestreo, en el cual las muestras se obtendrán empleando sistemas adecuados de extracción de muestras al azar que aseguren la representatividad del lote en consideración.

Se deberá considerar para el plan de muestreo los siguientes parámetros:

- a) El tamaño de la muestra está en función del tamaño del lote de acuerdo a plan de muestreo (Tabla 5.1).
- b) Comparar las unidades defectuosas con los valores de Rechazo (Re) de la Tabla 5.1 para determinar la aceptación o el rechazo del lote.

Condiciones Generales Adoptadas

- a) Plan de Muestreo por Atributos.
- b) A_c = número de rechazos aceptables del lote.
 R_e = número de rechazo del lote.

Para las inspecciones y ensayos de construcciones metálicas, éstas ingresan al área productiva y se procede a la respectiva inspección, según la Instrucción de trabajo de "inspección de estructuras metálicas".

TABLA 5.1 Muestreo

PLAN DE MUESTREO POR ATRIBUTOS

Tamaño del Lote	PLAN DE MUESTREO POR ATRIBUTOS		
	Normal		
	I	Ac	Re
0-8	2	0	1
9-15	2	0	1
16-25	3	0	1
26-50	5	0	1
51-90	5	0	1
91-150	8	0	1
151-280	13	0	1
281-500	20	0	1
501-1200	32	1	2
1201-3200	50	1	2
3201-10000	80	2	3
10001-35000	125	3	4
35001-150000	200	5	6
150001-500000	315	7	8
500001	500	10	11

Diagrama de Flujo del Proceso de Inspección de Materiales

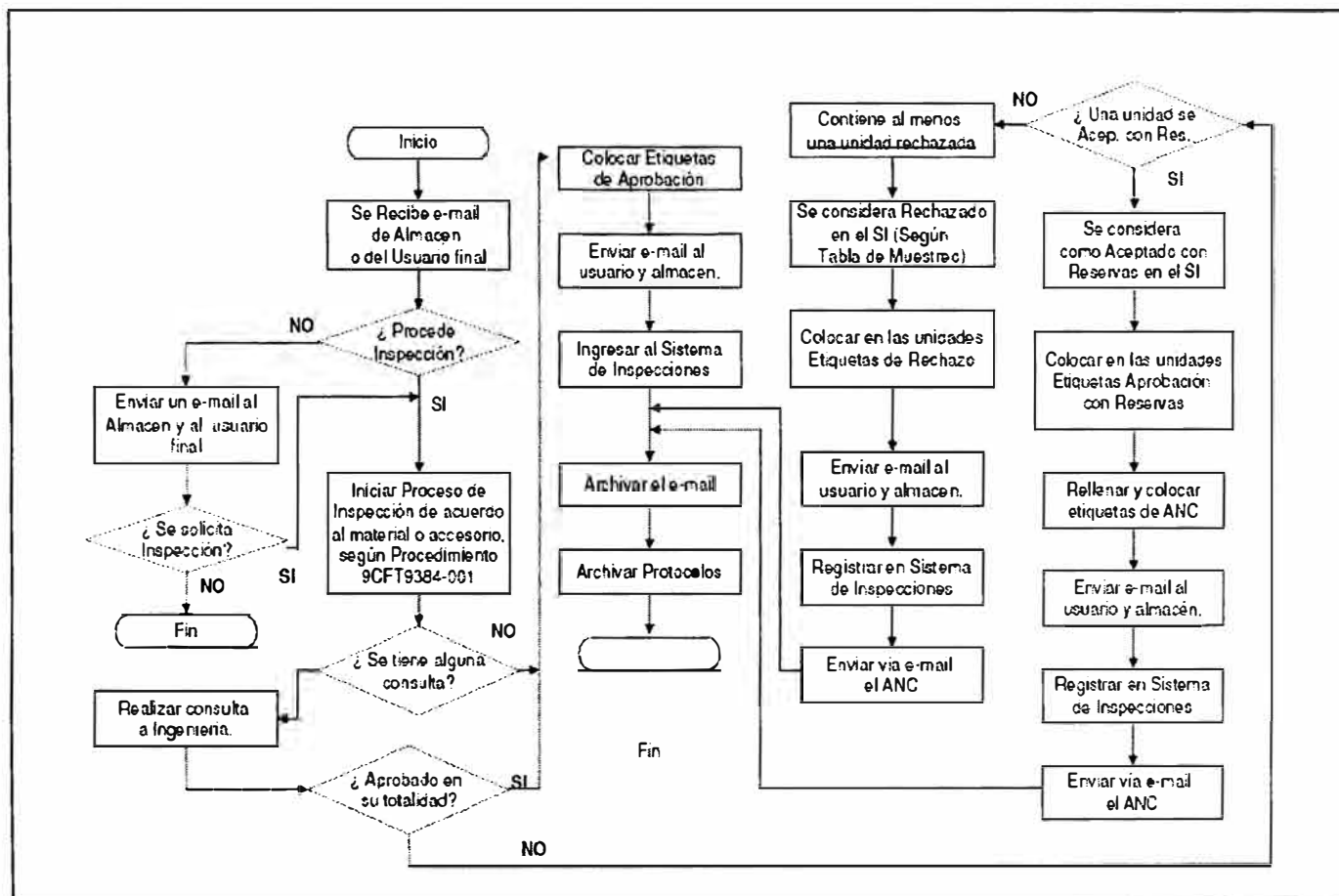


FIG 5.1 Diagrama del proceso de inspección de materiales

5.2. CONTROL DE CALIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS.

5.2.1. Platinas de Cobre Electrolítico.

- **Suministro:**
- El conductor de cobre debe ser bobinado sobre un carrete rígido con un diámetro interno mínimo de 45 mm.
- Cada carrete debe estar compuesto de un único tramo. Si por motivos excepcionales, el carrete es constituido de dos o más tramos, éstos deben ser mantenidos sueltos o unidos sin soldadura.

- Cada carrete debe ser convenientemente protegido y embalado de acuerdo a la práctica del proveedor.
- Cada carrete debe presentar, en lugar adecuado, las siguientes indicaciones:
 - Nombre del proveedor.
 - Dimensiones nominales del conductor rectangular.
 - Peso neto y peso bruto del carrete.
 - Nro. de identificación del carrete.
 - Certificado de pruebas.
- Cada entrega deberá ser acompañada de un certificado donde se registren los valores obtenidos durante las pruebas realizadas como comprobación de características: dimensiones del conductor, resistividad, resistencia a la tracción.

- **Inspección de Recepción**

Con la muestra de cada carrete entregada se realiza las siguientes actividades:

- Realiza el control dimensional (espesor y ancho) en 3 (tres) diferentes puntos de la muestra, sacando el valor promedio de estas mediciones y comparándolo con los valores de las tabla 5.2 y 5.3.
- Realiza una prueba de dobléz a 90° en una de las extremidades y a 180° en la otra. En ambas pruebas, el cobre no debe presentar grietas o rajaduras.
- Verifica la apariencia visual de la muestra, el conductor de cobre debe estar libre de óxidos u otros defectos de estructura que pueden influir negativamente en el uso de este material.

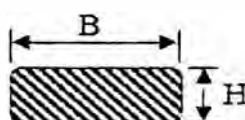


Fig. 5.2 Dimensiones de platinas

Tolerancia en el ancho (B):

Ancho (mm)	Tolerancia (mm)	Ancho (mm)	Tolerancia (mm)
$2.00 \leq B < 3.15$	± 0.03	$16.0 \leq B < 25.0$	± 0.13
$3.15 \leq B < 6.30$	± 0.05	$25.0 \leq B < 40.0$	± 0.17
$6.30 \leq B < 12.5$	± 0.07	$40.0 \leq B < 63.0$	± 0.23
$12.5 \leq B < 16.0$	± 0.10	$63.0 \leq B \leq 80.0$	± 0.30

TABLA 5.2 Tolerancias de ancho**Tolerancia en el Espesor (H):**

Ancho (mm)	Espesor (mm)	Tolerancias (mm)
$2.00 \leq B < 16.0$	$0.80 \leq H < 3.15$ A	± 0.03
	$3.15 \leq H < 6.30$ B	± 0.05
	$6.30 \leq H < 10.0$ L	± 0.07
$16.0 \leq B < 40.0$	$0.80 \leq H < 3.15$ A	± 0.05
	$3.15 \leq H < 6.30$	± 0.07
	$6.30 \leq H < 10.0$	± 0.09
$40.0 \leq B \leq 80.0$	$0.80 \leq H < 3.15$	± 0.07
	$3.15 \leq H < 6.30$	± 0.09
	$6.30 \leq H < 10.0$	± 0.11

TABLA 5.3 Tolerancia de espesor

Aislamiento:

DENOMINACIÓN	Elevación de Temperatura (°C)	ESPEJOR (mm)
Papel Kraft Común	55	0,055 ± 0,005
		0,090 ± 0,005
Papel Kraft Termoestabilizado (Termo 90)	65	0,060 ± 0,005
		0,090 ± 0,005

TABLA 5.4 Tolerancia espesor

Tolerancia en el Aislamiento:

(*)Espesor del aislamiento en mm	Rango de Tolerancias en mm		(*)Espesor del aislamiento en mm	Rango de Tolerancias en mm	
	Mín.	Máx.		Mín.	Máx.
0,10	0,09	1,12	1,90	1,81	1,90
0,20	0,18	0,20	2,00	1,91	2,00
0,30	0,27	0,31	2,20	2,10	2,20
0,40	0,36	0,41	2,40	2,30	2,40
0,50	0,46	0,51	2,80	2,70	2,80
0,60	0,56	0,61	3,00	2,90	3,00
0,70	0,66	0,71	3,25	3,10	3,25
0,80	0,75	0,82	3,50	3,35	3,50
0,90	0,85	0,92	3,75	3,60	3,75
1,00	0,94	1,02	4,00	3,85	4,00
1,10	1,04	1,12	4,25	4,10	4,25
1,20	1,15	1,22	4,50	4,35	4,50
1,30	1,21	1,30	4,75	4,60	4,75
1,40	1,31	1,40	5,00	4,85	5,00
1,50	1,41	1,50	5,50	5,30	5,50
1,60	1,51	1,60	6,00	5,80	6,00
1,70	1,61	1,70	6,50	6,30	6,50
1,80	1,71	1,80	7,00	6,80	7,00

TABLA 5.5 Tolerancia de aislamiento

Tolerancia en el Radio de Curvatura (R):

Espesor (mm)	Radio de Curvatura (mm)	Descuento de Área (mm)
H < 1.00	0.5* H ± 25 %	0.215
1.00 < H ≤ 1.60	0.50 ± 25 %	0.215
1.60 < H ≤ 2.24	0.65 ± 25 %	0.363
2.24 < H ≤ 3.55	0.80 ± 25 %	0.550
H > 3.55	1.00 ± 25 %	0.860

TABLA 5.6 Tolerancia radios

Cuando se utilizan dos espesores diferentes de papel, el papel mas fino debe fijarse junto al conductor con una abertura admisible entre ellas de no máximo 0,25 mm.

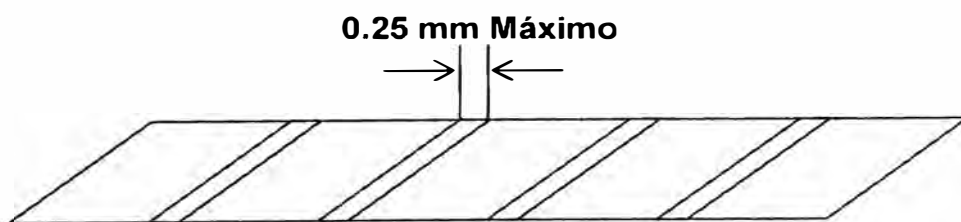


Figura N° 5.3 Apertura máxima en la Primera capa de papel.

La próxima capa debe ser traslapada de 20 a 30 % de ancho del papel con relación a la camada interna.

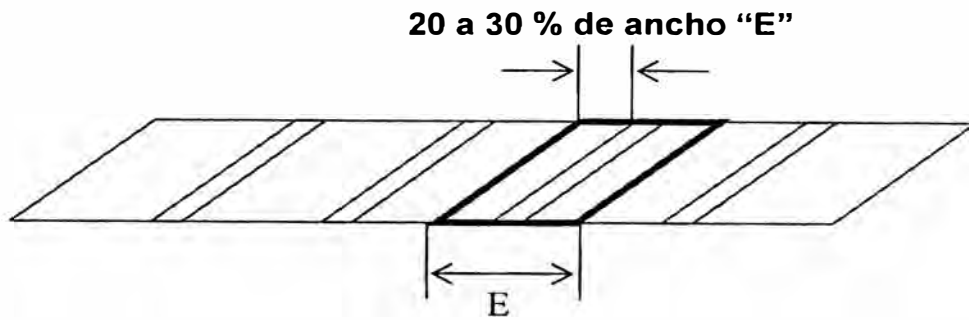


Figura N° 5.4 Traslape en los próximos papeles.

- **Criterios de Aceptación**
- Al detectar la repetición de una no-conformidad de la misma característica en más de un carrete de un mismo tipo de conductor, rechazar todos los carretes que pertenezcan al lote entregado de este conductor.
- La aceptación del conductor se hará de acuerdo a la tablas 5.4, 5.5 y 5.6.

- **Requisitos de Conductor de Cobre de Sección Rectangular:**

Tipo de defecto	Superficie Máxima por Defecto	Número Máximo de Defectos
Burbujas, escamaciones	-----	Este tipo de defecto es absolutamente rechazado
Oxidos en la superficie o abajo de la superficie	-----	Este tipo de defecto es absolutamente rechazado
Rebabas en los cantos	-----	Este tipo de defecto es absolutamente rechazado
Rayas con penetración	50 mm en dirección longitudinal	1 para cada 50 m
Decoloración química	100 mm en dirección longitudinal y en un 30% del ancho del conductor	1 para cada 50 m

TABLA 5.7 Requisitos del conductor

5.2.2. Fierro Silicoso.

Estos controles son aplicables a las planchas magnéticas de grano orientado tipo M2H, M4 y M5.

a) Características Dimensionales:

- Espesor Nominal: 0.30 ± 0.03 mm. (M5 y M2H)
- Espesor Nominal: 0.27 ± 0.03 mm. (M4)
- Ancho de los rollos: varía entre 840 mm y 1000 mm.

- Diámetro interior aprox. del rollo: 508 mm.
- Doblamiento: mínimo un dobléz, sin ocurrencia de rajadura de fierro visible.

b) Suministro

- El peso de los rollos varía entre 1000 y 3000 kg aproximadamente.
- Los rollos deben ser acondicionados con el eje vertical, protegidos con una cubierta metálica, montados sobre una parihuela de madera y zunchados.
- Los rollos deben ser enteramente embalados con papel resistente a la humedad.
- El embalaje metálico debe evitar cualquier deformación y oxidación durante el transporte y proteger la plancha de la oxidación durante su almacenamiento.
- La base de madera debe proteger el rollo contra eventuales impactos durante las operaciones de despacho.

c) Exigencias Particulares

Cada rollo debe estar compuesto de una única tira, si el rollo, excepcionalmente, está compuesto por dos tiras, el cordón de soldadura debe ser ejecutado correctamente y sin sobre-espesor. Además, esta soldadura debe estar señalada visiblemente al exterior del rollo.

d) Certificado del Proveedor

El certificado debe contener las características siguientes:

- N° del certificado o del pedido.
- N° del rollo.
- Pérdidas en W/kg.
- El peso neto en kg del rollo.

e) Criterios de Aceptación

1. Se verificará la apariencia visual (externa) de cada rollo.
2. Los rollos oxidados debido a la ruptura de la envoltura de protección deberán ser examinados y separados de acuerdo a los siguientes conceptos:

Si la oxidación se presenta en manchas localizadas, de espesor delgado y poca penetración (sin asperezas), la plancha podrá ser aprovechada.

Si la oxidación presenta una fuerte penetración con gran rugosidad, las partes afectadas deberán ser rechazadas.

3. Sólo los rollos con señales visibles de abolladuras deberán ser abiertos y controlados. Los demás permanecerán cerrados en su embalaje original.

5.2.3. Aislamientos.

Estos controles son aplicables a los papeles aislantes y a los aislamientos moldeados preformados.

a) Características:

Rollos: Papeles aislantes de 0,13 mm de espesor en bobinas de 1300 y 2000 mm de ancho, de fácil manipulación para uso exclusivo de aislantes y sombreretes entre alta y baja tensión en los transformadores de mediana potencia.

Cintas: Papeles aislantes de 0,05mm de espesor en rollos pequeños de 6, 10, 12, 14 y 25 mm de ancho, 51mm de diámetro interior y de 200 mm de diámetro exterior, empleado en forrado de conductores de cobre redondo y rectangular.

b) Suministro:

En rollos o cintas. El material no debe contener tinta, pintura o pigmentos, debe ser uniforme en espesor, no debe tener arrugas, huecos, rajaduras, cortes u otros defectos. Además, no debe contener suciedad, carbón, jebe partículas metálicas, sustancias corrosivas u otros materiales extraños.

El material debe ser enrollado de manera compacta sobre un núcleo sólido de tubo de cartón y protegido por una envoltura a prueba de humedad (papeles impermeabilizados o plásticos, etc.) confeccionada de tal manera que asegure la calidad original del material hasta el sitio de entrega.

Las extremidades de los rollos o del conjunto de cintas deben ser protegidas con materiales resistentes (presspan, madera, etc.) para evitar daños en los bordes.

c) Inspección de Recepción:**I. Papel Aislante:**

1. Se verifican los valores registrados en el certificado según las características establecidas.
2. Se realiza el control dimensional: espesor, ancho del rollo o de la cinta, diámetro interno del núcleo, diámetro externo del rollo o de la cinta, sobre muestras retiradas.
3. Se verifica la apariencia visual de las muestras.

II. Aislamientos Moldeados:

Se lleva a cabo una inspección visual para determinar el estado y verificar cantidad total de las piezas.

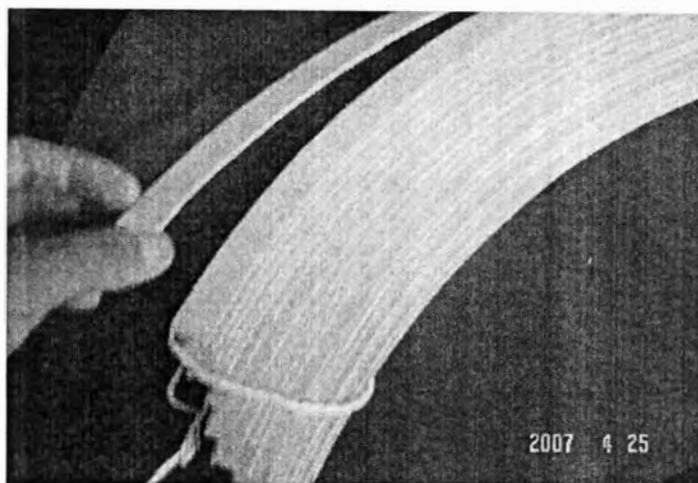


Fig. 5.5 Aislamientos moldeados

No debe presentar suciedad.

Las especificaciones dimensionales de los aislamientos pueden estar dados en dos grupos.

El primer grupo esta constituido por cuatro esquemas del proveedor:

Esquema D 21 1 (2) ver fig 5.9.a

Esquema D 55 2 (6) ver fig.5.9.b

Esquema D 55 3 (6) ver fig 5.9.b

Esquema D 57 1 (7) ver fig 5.9.c

El proveedor para su fabricación. Por ejemplo el esquema: segundo grupo esta dado por los esquemas que el área de Ingeniería solicita al:

1ZSE 524035 DAX - 7
 a b c

a = Número de Orden de Producción.

b = Identificación de esquema de aislamiento moldeado.

c = Número del plano.

Se procede al armado de una sola bobina. Tener en cuenta que esta puede estar compuesta de uno o más segmentos.

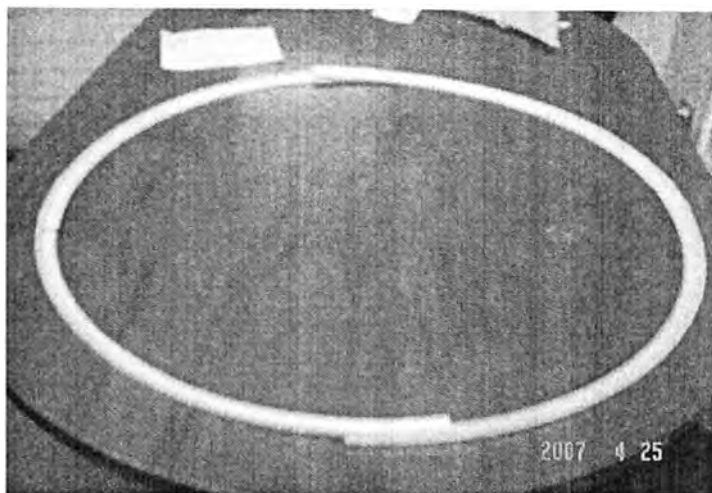


Fig 5.6 Formación de diámetro de instalación

Este ejemplo consta de cuatro segmentos.

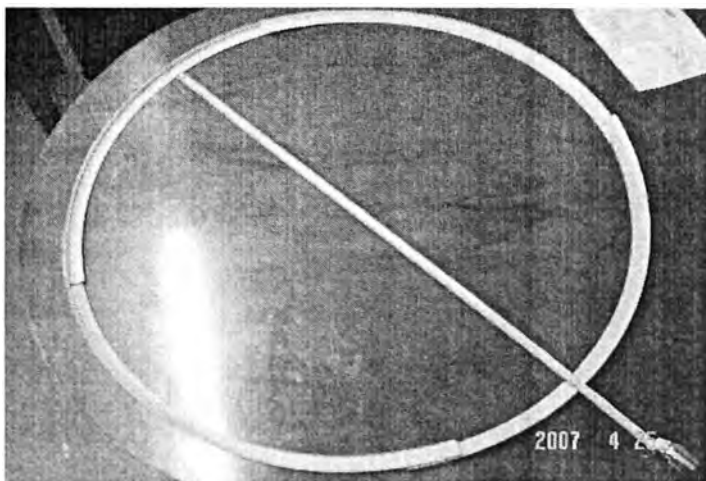


Fig 5.7 Comprobación de tamaño

Se realiza el control dimensional, diámetro y altura del aislamiento con su esquema correspondiente, respetando las tolerancias admitidas por el proveedor.

Medición del diámetro interno del aislamiento.

La medición del espesor del aislamiento moldeado se realiza en el punto central de la pieza, respetando las tolerancias admitidas por el proveedor.

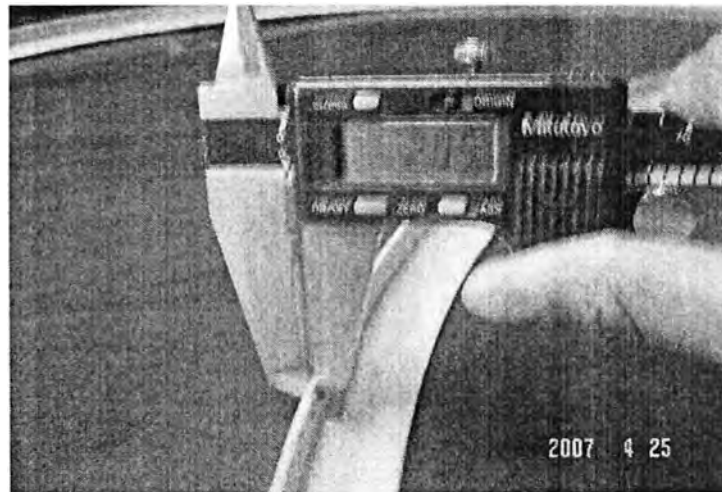
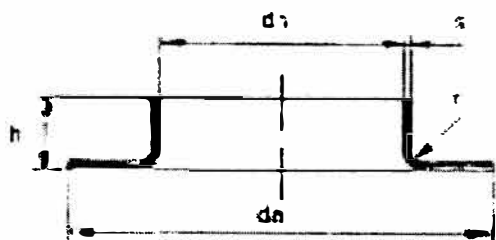


Fig 5.8 Comprobación de espesor

Fig. 5.9.b Esquemas D 55 2 (6) y D 55 3 (6)



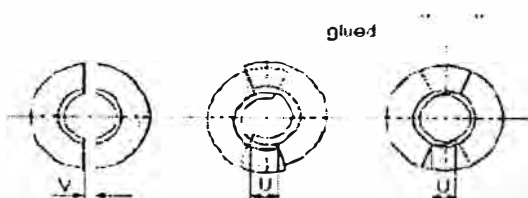
Andere Durchmesser auf Anfrage
(erfordern u.U. Werkzeugkosten-
anteil)

Other diameters upon request
(participation on costs of
moulds possible)

Telexbestellungen wie:

Telex orders: angleri

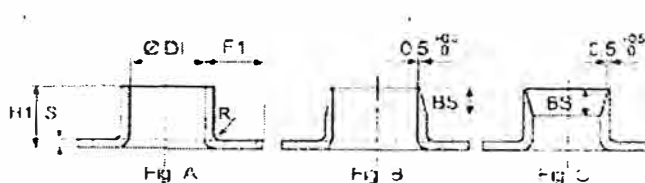
D55 di/da x h x s x r [mm]



Split or open-type angle rings are available in segments. Please indicate the number of segments.

Dimensions:

To manufacture this type of angle ring, special tools are needed. Please see catalogue pages C2D:10 for list of available tools.



All angle ring types are available with collar scarfed on the inside or the outside. Please indicate the required type number.

Di < 300	applies only to «butt joint» and «closed». Di is determined by tool
Di > 300	On split and open angle rings > 300 Di deviating from tool diameter, can usually be adapted accordingly. (The smaller F1 is, the larger the possible Di modification is.)

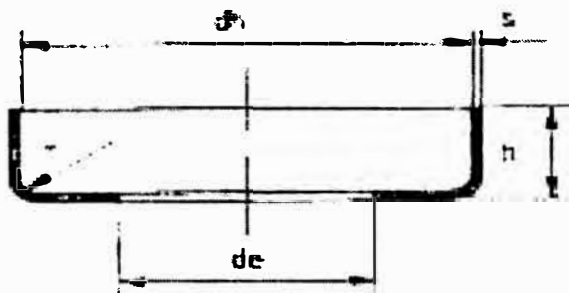
Ø Di	Height of collar H1 max					
	Thickness S					
	C 5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
200	15.0	17.0	19.0	21.0	22.5	25.0
300	18.0	20.0	23.0	25.0	27.0	28.0
500	23.0	24.0	27.5	30.0	32.5	35.0
750	25.0	31.5	34.0	37.0	38.5	39.5
1050	27.5	33.5	36.0	37.5	39.0	-
1350	31.5	34.5	36.5	38.0	39.5	-
1700	31.0	35.0	37.0	39.0	40.0	-
2050	31.5	35.5	38.0	39.5	-	-

Di intermediate sizes: H1 interpolate.
Exceptions possible, accord. tool ince

Tolerances:

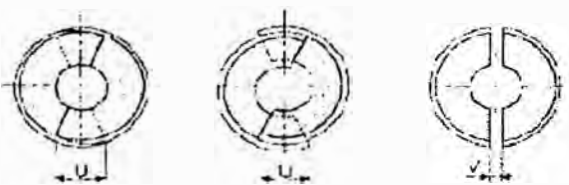
Di	± 0.5 ± 1 ± 0.2% Di	if Di < 200 if Di > 200 if Di > 500	valid for closed angle rings
F1	±	Flange width incl. S	
H1	± 1	Height incl. S	
S	± 0.3	Thickness 0.5 - 3.0, according to tool	
R	± 0.5	according to tool	
J	+ 10	Standard 20 x S + 30	
√	± 2		
BS	± 2		

Fig. 5.9.c Esquemas D 57 1 (7)

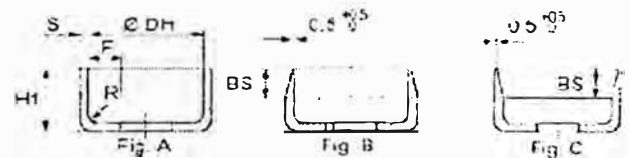


$de = 0$: Durchmesser nach Wunsch
Diameter as required

Telexbestellungen: Kappen 057 dh/de x h x s x r [mm]
Telexorders : caps



Split or open type caps are available in segments
Please indicate the number of segments



All cap types are available with collar scarfed on the inside or outside. Please indicate the required type number.

Dimensions:

To manufacture this type of caps, special tools are needed. Please see catalogue page C2D111 for list of available tools.

$\varnothing DH$	Height of collar H* max					
	Thickness S					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
200	22.0	26.0	29.0	32.0	34.0	35.0
300	24.0	28.0	31.0	34.0	36.0	37.0
400	26.0	31.0	34.0	36.0	38.0	39.5
750	27.5	33.5	36.5	39.0	41.0	42.5
1050	29.0	36.5	39.0	42.0	44.0	-
1350	31.5	37.5	41.5	44.0	46.0	-
1700	32.0	38.6	42.5	45.0	47.0	-
2050	33.5	39.6	43.0	45.5	-	-

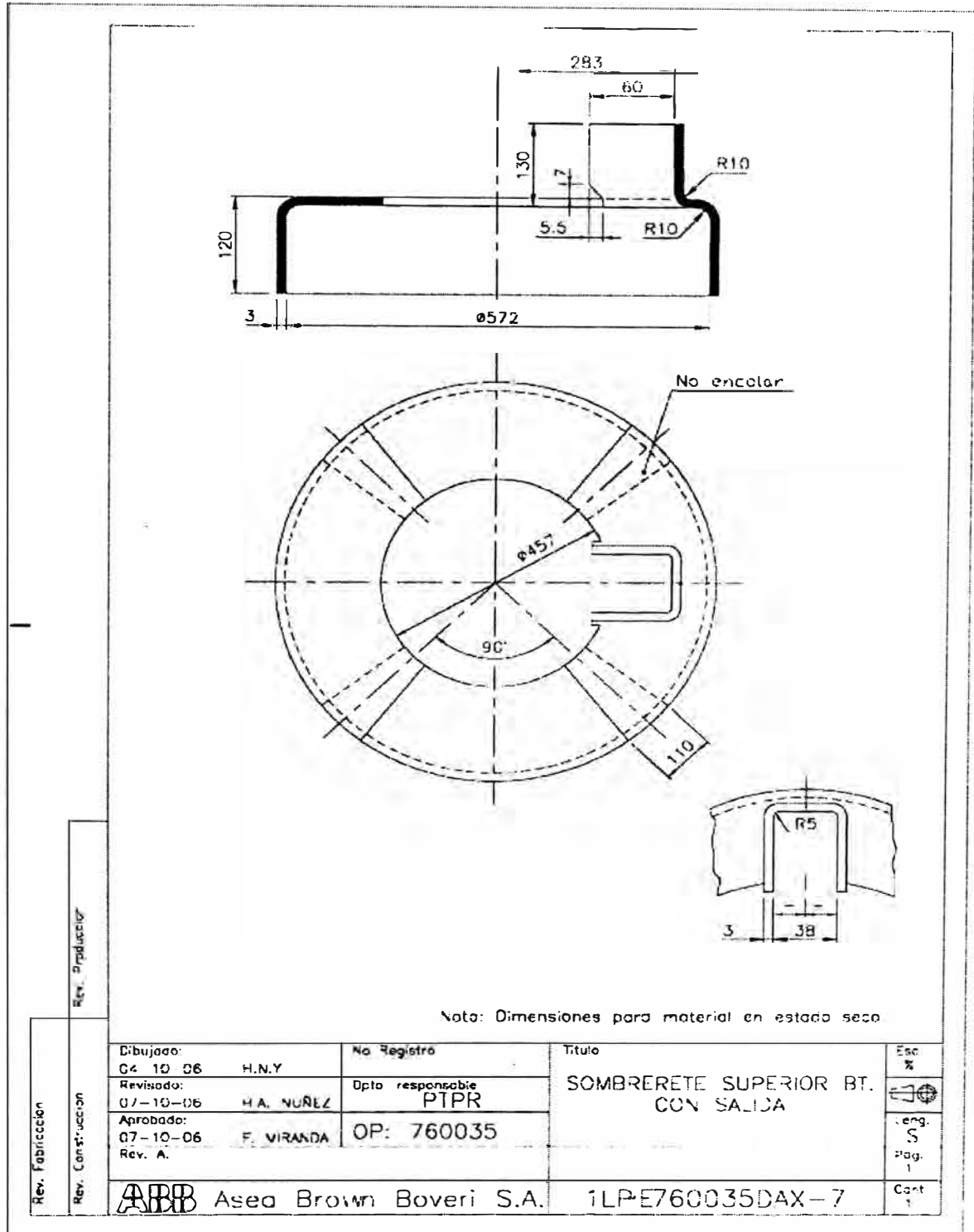
DH: intermediate sizes; H1 interpolate.
Exceptions possible, accord. technical

$DH < 400$	applies only to (but joints and closed) DH is determined by tool
$DH \geq 400$	On split and open caps ≥ 400 DH deviating from tool diameter, can usually be accepted accordingly. The smaller F is, the larger the possible DH modification is.

Tolerances:

DH	± 0.5 ± 1.0 $\pm 0.2\% DH$	if DH ≤ 200 if DH > 200 if DH > 500	valid for closed caps
F	± 1	Flange width without S	
H1	± 1	Height of collar S	
S	± 0.3	Thickness 0.5 - 3.0, according to tool	
R	± 0.5	according to tool	
U	± 10	Standard: $20 \times S + 50$	
V	± 2		
BS	± 2		

FIG. 5.9.d Esquema 1ZSE 524035 DAX - 7



5.3. CONTROL DE CALIDAD DE LOS AISLADORES

Aplicación:

Establecer las actividades para realizar la inspección y ensayo en recepción de los bornes de potencia tipo GOB, GOE, GOM, GOH.

a) Suministro:

Todas las cajas están marcadas con la indicación tope (top end)para evitar una manipulación incorrecta durante el transporte y el almacenaje.

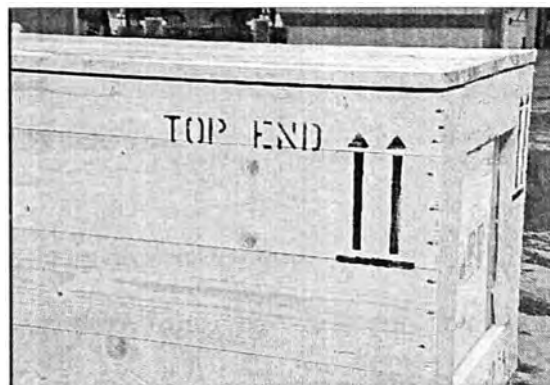


Fig. 5.10 Aislador embalado

Compruebe detenidamente el embalaje de los aisladores después de la entrega para asegurarse de que no se han producido daños durante el transporte en la caja o en el aislador.



Fig. 5.11 Aislador embalado

b) Inspección de Recepción:

Compruebe las listas de empaque para asegurarse de que ha recibido todas la piezas. Algunas piezas como el protector de campo (shield) se entregan en cajas separadas.



Fig. 5.12 Inspección visual

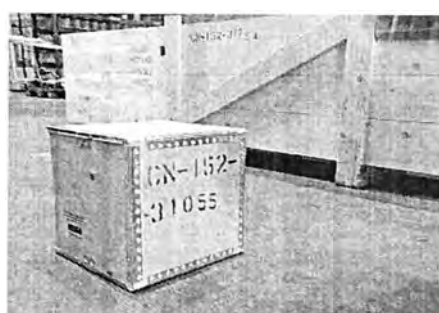


Fig. 5.13 Comprobación de códigos

Verificación de las dimensiones:

Proceder a verificar las medidas de los bornes con los esquemas dimensionales, los cuales son información técnica del fabricante suministrada por el área de Ingeniería.

Salvo acuerdo previo entre fabricante y comprador, aquellas dimensiones donde no se especifique una tolerancia especial, están sujetas a mantener las siguientes tolerancias:

+ - (0.04d + 1.5) mm. Cuando d es menor o igual a 300 mm.

+ - (0.025d + 6) mm. Cuando d es mayor a 300 mm.

Donde d es la dimensión comprobada en milímetros.

Tolerancias para la línea de fuga:

La medida de la línea de fuga estará vinculada a las dimensiones de diseño especificadas en el plano del aislador, aunque dicha dimensión puede ser mayor que la inicialmente especificada por el comprador.

Las tolerancias para la línea de fuga son las siguientes:

Cuando la línea de fuga esta especificada como un valor nominal e incluye un valor mínimo nominal según la norma CEI 60273.

$$\pm (0.04 d + 1.5) \text{ mm}$$

Examen visual individual.

El color del aislador deberá corresponder de forma aproximada con el color especificado en el plano. Las pequeñas variaciones de contraste del esmalte se consideran como aceptables y no constituirá motivo suficiente para rechazar el aislador. Esta consideración también es aplicable en las zonas donde la capa de esmalte es mas fina, por ejemplo, en los bordes con radios reducidos.

Se consideran defectos de esmalte las zonas sin esmaltado, el esmalte picado o con inclusiones y la existencia de poros.

Las tolerancias para los defectos de aspecto que se indican a continuación son aplicables a cada elemento del aislador.

El área total máxima de defectos de esmalte no deberá ser superior a:

$$100 + \frac{D \times F}{2000} \text{ mm}^2$$

El área máxima de un solo defecto de esmalte no deberá ser superior a:

$$50 + \frac{D \times F}{20000} \text{ mm}^2$$

Donde:

D es el diámetro mayor del elemento del aislador en milímetros

F es la línea de fuga del elemento de aislador en milímetros.

Los poros de dimensiones muy reducidas, con diámetros inferiores a 1mm. Sobre el esmalte (por ejemplo, los poros causados por partículas de polvo durante el esmaltado) no deberán incluirse en el cálculo del área total de defectos de esmalte. No obstante, la cantidad total de poros encontrados en cualquier área de 50 mm x 10 mm no deberá ser superior a 15. Por otra parte, el número total de poros en un aislador no deberá ser superior a:

$$50 + \frac{D \times F}{1500} \text{ mm}^2$$

Si el aislador va a ser maniobrado:

Utilice dos eslingas elevadoras limpias para elevar y sacar el aislador de la caja. No coloque las eslingas elevadoras alrededor de las cubiertas de la porcelana ya que ello podría dañar las cubiertas.

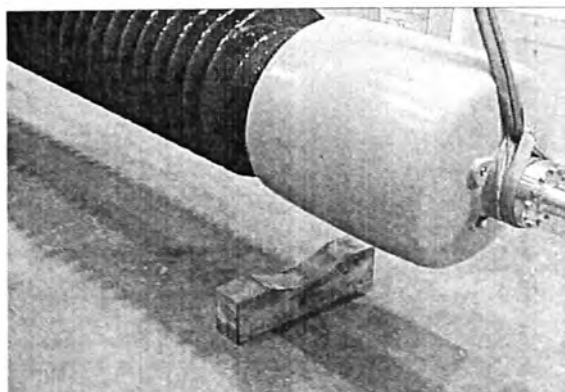


Fig 5.14 Izaje aisladores

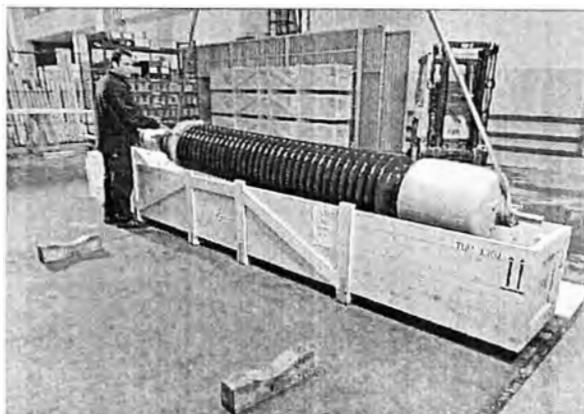


Fig 5.15 Izaje aisladores

Apoye los aisladores en los mismos puntos que en la caja o con bloques debajo de la carcasa superior y de la brida.

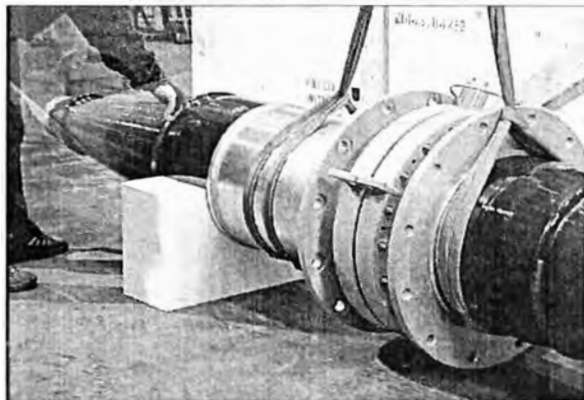


Fig 5.16 Apoyo correcto del aislador para su inspección

Los aisladores se prueban de forma rutinaria antes de la entrega. Durante la prueba el aislador se sumerge en aceite lo que podría ocasionar manchas de aceite en el fondo de la caja. Además se utiliza vaselina para lubricar los cables, a ciertas temperaturas la vaselina parece aceite.

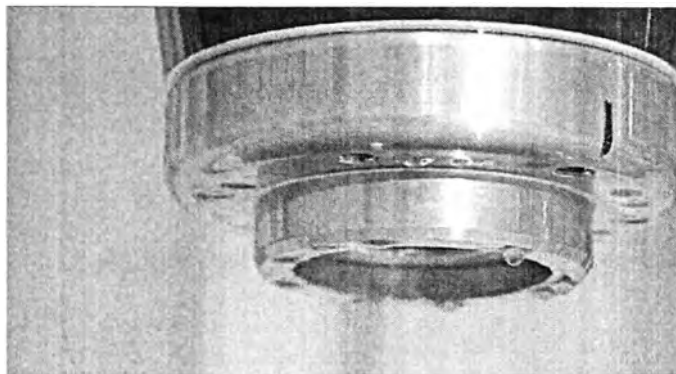


Fig 5.17 Inspección visual

Los defectos leves dentro de los límites de la tolerancia no afectan a los funcionamientos del aislador y se consideran normales en conformidad con la norma IEC actual.

Algunas veces la porcelana revela un color diferente esto se considera normal en conformidad con la norma IEC actual.

CAPITULO VI

CONTROL DE CALIDAD DE LAS ESTRUCTURAS METÁLICAS

6.1. TOLERANCIAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS DE TRANSFORMADORES.

Se tiene por objetivo fijar un sistema general de tolerancias de fabricación aplicables de manera referencial para las estructuras metálicas, estas son aplicados como limites máximos de desviaciones admisibles dentro de los cuales deben de mantenerse las dimensiones nominales del componente o producto para ser considerado aprobado y permitir la continuación de las operaciones de producción.

Al detectar desviaciones mayores se detendrá el trabajo que solamente podrá proseguir con la aprobación de dicha desviación por parte del departamento técnico.

a) Tolerancias Generales de Fabricación para Piezas o Componentes Metálicos recortados con equipo Oxido Acetileno.

a.1) Desvío de la línea de Corte

Espesor del Material	Desvio Admisible
3....20 mm	1 mm
20....40 mm	1.4mm
40....60 mm	1.8 mm
60 mm y más	2.2 mm

Tabla 6.1 Desvio línea de corte

a.2) Desviaciones Admisibles sobre las medidas Nominales

Nivel de Calidad	Espesor del Material	Grupos de dimensiones Nominales			
		35... < 315	315... < 1000	1000.. < 2000	2000.. < 4000
A	3... 50	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.0
	>50... 100	± 1.0	± 2.0	± 2.5	± 3.0
B	3... 50	± 1.5	± 2.5	± 3.0	± 3.5
	> 50 ... 100	± 2.5	± 3.5	± 4.0	± 4.5

Tabla 6.2 Tolerancias medidas nominales

b) Tolerancias admisibles para dimensiones Lineales Soldadas

Estas desviaciones son validas para dimensiones lineales tales como dimensiones exteriores, dimensiones interiores, anchos, distancia entre ejes, etc.

Nivel de Calidad	Grupos de dimensiones Nominales									
	> 30 hasta 120	> 120 hasta 315	> 315 hasta 1000	> 1000 hasta 2000	> 2000 hasta 4000	> 4000 hasta 8000	> 8000 hasta 12000	> 12000 hasta 16000	> 16000 hasta 20000	> 20000
6.2.1.1.1.1.1 A	± 1	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6	± 7	± 8	± 9	± 9
B	± 2	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16
C	± 3	± 4	± 6	± 8	± 11	± 14	± 18	± 21	± 24	± 27
D	± 4	± 7	± 9	± 12	± 16	± 21	± 27	± 32	± 36	± 40
Para las dimensiones hasta 30 mm la tolerancia es ± 1 mm										

Tabla 6.3 Tolerancias piezas soldadas

c) Tolerancias admisibles para dimensiones Angulares Soldadas

Para la tolerancia admisible de las medidas angulares el lado más corto del ángulo es considerado como referencial.

- Su largo puede igualmente depender de un punto referencial especialmente indicado. Este punto debe ser marcado en el plano solamente en este caso.

- Las tolerancias admisibles de los grados de ángulos de la tabla sin validos cuando estos ángulos son indicados en el plano. Cuando este no posee indicaciones de ángulos pero medidas lineales, las tolerancias admisibles son indicadas en mm/m.

Nivel de Calidad	Tolerancias admisibles en grados y minutos		
	315	315.....1000	1000
6.2.1.1.1.1.1 A	$\pm 20'$	$\pm 15'$	$\pm 10'$
B	$\pm 45'$	$\pm 30'$	$\pm 20'$
C	$\pm 1^\circ$	$\pm 45'$	$\pm 30'$
D	$\pm 1^\circ 30'$	$\pm 1^\circ 15'$	$\pm 1^\circ$

Tabla 6.4 Tolerancias angulares

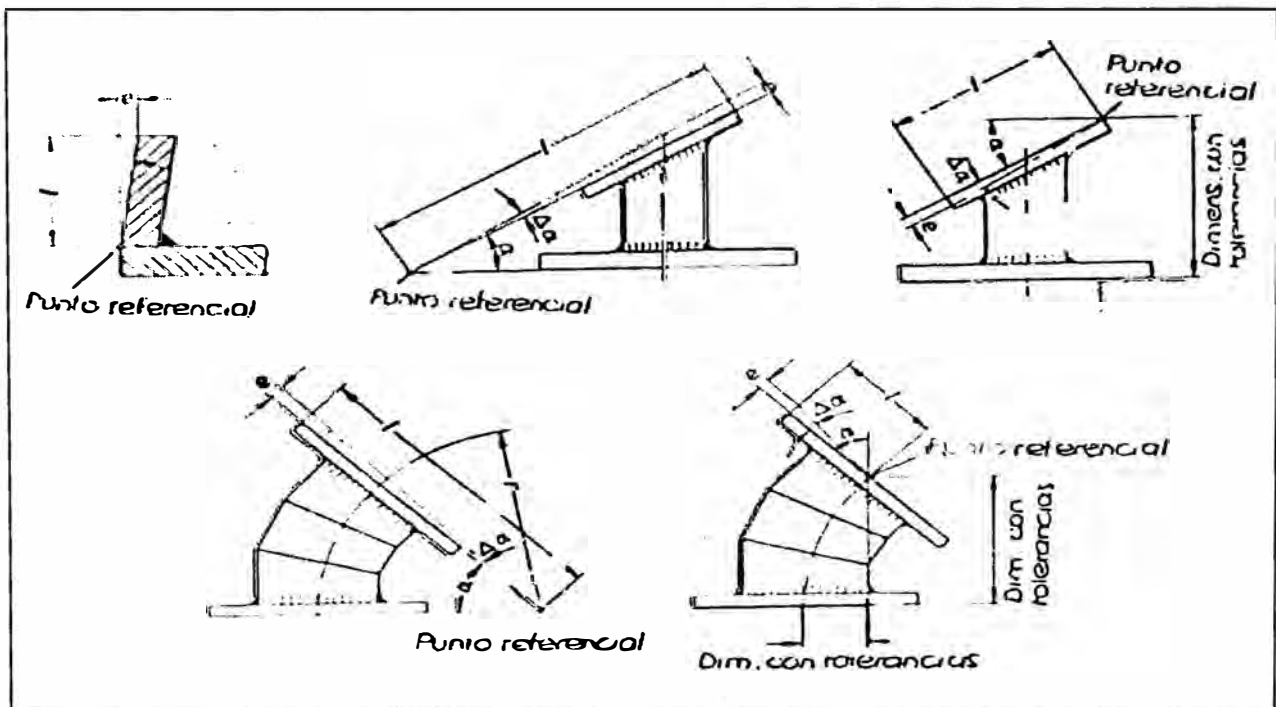


Fig 6.1 Tolerancias angulares

Nivel de Calidad	Tolerancias admisibles en mm/m		
A	± 6	± 4,5	± 3
B	± 13	± 9	± 6
C	± 18	± 13	± 9
6.2.1.1.1.1.1.1.1 D	± 26	± 22	± 18
El factor de mm/m sobre mm/100 es 0,1			

Tabla 6.5 Tolerancias admisibles en mm/m

6.2 APLICACIÓN DE PINTURA EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA.

a) GRANALLADO.

Proceso por impacto que se aplica a las superficies metálicas para eliminación de óxidos y herrumbres de forma tal que las superficies queden preparadas con la rugosidad adecuada (1.5mils) para el proceso de pintado.

a.1) Clasificación de la Calidad del Arenado.

Denominación : Metal casi blanco Norma SSPC –SP10

Padrón comparativo: BS a 2 ½ hasta CS a 2 ½

Según norma sueca SIS 05 59 00 – 1967.

a.2) Proceso de Arenado.

- La granalla utilizada debe ser limpiada y desengrasada periódicamente.
- El arenado funciona con aire comprimido para impulsar la granalla de acero contra las superficies metálicas a limpiar.
- Posee extractores de polvo para mantener las condiciones de visibilidad en el interior de la cámara.
- El sistema de recirculación de la granalla es automático.
- Antes de arenar:
 - Conectar los interruptores de los extractores y ventiladores.
 - Abrir la válvula de ingreso de aire comprimido.
 - Purgar el agua condensada de los tanques.
 - Cerrar cuidadosamente la puerta para evitar accidentes.
 - Colocarse el uniforme de seguridad.
- Arenar cuidadosamente todas las partes metálicas llegando a la calidad de metal casi blanco.
- Eliminar el polvo y granallado residuales con aire comprimido.
- La primera capa de pintura de base debe ser aplicado inmediatamente después del granallado para evitar la oxidación.

b) Aplicación de pintura.**b.1) Monitoreo de las condiciones ambientales:**

Durante el desarrollo de los trabajos se debe monitorear los parámetros de las condiciones ambientales como son:

- Humedad relativa.
- Punto de rocío.
- Materiales contaminantes (polvo etc).
- Temperatura de la superficie.

La aplicación del sistema de pintura especificado se realizará en las siguientes condiciones climatológicas y ambientales:

- Humedad relativa no mayor a 85%.
- La temperatura de la superficie debe ser mínimo 3°C por encima de la temperatura del punto de rocío.

b.2) Preparación de la Pintura

- Remover las capas delgadas que suelen formarse sobre la superficie de la pintura.
- Antes de usarse, la pintura debe ser agitada con el fin de mantener todos sus componentes en perfecta homogeneidad de suspensión.
- Las pinturas pueden ser mezcladas o diluidas en el recipiente original.
- Nunca realizar la mezcla con ayuda de aire comprimido.
- Observar en el fondo del recipiente, la presencia de pigmentos no diluidos.
- Todas las pinturas pigmentadas deben ser filtradas mediante un tamiz después de la mezcla y antes de su utilización.
- Las pinturas pueden permanecer en los cubiletes de aplicación solamente cuando son utilizadas al momento.
- En cualquier otra condición, ellas deben ser mantenidas en los recipientes de suministro.
- La pintura debe prepararse lo necesario para su utilización dentro del intervalo de vida indicado de la mezcla.
- Las pinturas deben ser diluidas solamente cuando sea necesario, utilizando el diluyente especificado por el suministrador y en la mínima proporción posible. De ser recomendado por el suministrador se podrá

agregar 10 (diez) por ciento más de diluyente para compensar la atomización del disolvente durante el proceso de pintado.

- Solamente en caso excepcional previa consulta al proveedor se podrá agregar diluyente a una pintura ya anteriormente diluida.

b.3) Proceso de aplicación

Aplicación de soplete (Air spray)

- El equipo debe ser adecuado y mantenido en perfectas condiciones de utilización. El debe tener un regulador de presión para proporcionar una atomización correcta y regular de la pintura.
- La pintura debe estar frecuentemente agitada para mantenerla en suspensión homogénea.
- La aplicación debe ser realizada en capa uniforme y en pasos cruzados. El soplete debe ser mantenido a una distancia de 35 hasta 40cm. Y perpendicular a la superficie por pintar. EL movimiento ejecutado será lineal y no circular.
- Quitar inmediatamente cualquier exceso de pintura que pueda perjudicar la uniformidad visual del componente.

Aplicación a chorro

- La pintura debe estar frecuentemente agitada para mantenerla en suspensión homogénea.
- Quitar inmediatamente cualquier exceso de pintura que pueda perjudicar la uniformidad visual del componente.

b.4) Cuidados Especiales Durante la Aplicación

Antes de aplicar una nueva capa de pintura, se debe observar que:

- La capa anterior este seca para evitar la formación de arrugas y la pérdida de adherencia.
- Las superficies de pintura brillante deben ser ligeramente lijadas para proporcionar una buena adherencia de la próxima capa.

b.5) Secado

- Los tiempos de secado recomendados por el suministrador deben ser tomados en cuenta.
- Las pinturas intermediarias deben ser cubiertas de acuerdo a las especificaciones técnicas de secado del proveedor a fin de asegurar la adherencia de ésta.
- No se debe "acelerar" el secado de pintura mediante equipos o medios susceptibles de provocar arrugas, rajaduras, grietas, etc, en la superficie recién pintada.
- No agregar sustancias "secadoras" a las pinturas, a no ser que esto sea expresamente recomendada por el suministrador.
- Hasta alcanzar el secado completo de la pintura aplicada, las piezas deben ser protegidas de la mejor manera posible contra el polvo, la humedad y el manipuleo deficiente.
- No deben ser embaladas o despachadas piezas o componentes pintados antes de su secado completo.

b.6) Manipuleo de Piezas o Componentes Pintados

Piezas y/o componentes recién pintados no deben ser manipulados antes del secado completo a no ser para voltearlas para terminar el proceso.

Las partes de pintura dañada durante el manipuleo deben ser reacondicionadas de la siguiente manera:

- Lijar el área dañada hasta llegar a la primera capa sana del esquema.
- Volver a pintar siguiendo la secuencia de capas establecidas por el esquema, debiendo conseguir uniformidad en el acabado final de la pieza o componente.

b.7) Sistema de Pintado de Transformadores

Aplicación	Pintura Exterior		Pintura Interior
Rubro	R1	R2	R3
Proceso	Epoxico/Epoxico	Epoxico/Poliuretano	Epoxico
Preparación de Superficie	SIS 0055900	SIS 0055900	SIS 0055900
Primer	Epoxico	Epoxi polvo de Zinc	Epoxico
Color	Rojo oxido o verde	Gris	Amarillo Claro
Espesor (mills)	2.2	1.5	2.0
Intermedio		Epoxico	
Color		Rojo oxido o verde	
Espesor (mills)		2.0	
Acabado	Epoxico	Poliuretano	
Color	Gris RAL 7030	Gris RAL 7030	
Espesor(mills)	3.0	3.0	
Espesor total Minimo (mills)	5.0	6.5	2.0

Tabla 6.6 Sistema de pintura**6.3. INSPECCIÓN DE ESTUCTURAS MÉTALICAS.**

A continuación se presentan las características a examinar y los criterios de calidad a tomar en cuenta en el proceso de inspección de estructuras metálicas, según la característica a examinar.

Característica a examinar	Condiciones de control	Límites	Medios		
Dimensiones	Se verifica:	Planos de diseño			
	Que las dimensiones de las piezas esten de acuerdo al plano de fabricación				
Forma	Se verifica:	-----x-----	Nivel Escuadra Regla		
	Que el paralelismo de las superficies sea respetado				
	Que la nivelación de la superficies sea respetada				
Disposición de huecos y/ roscas.	Se verifica:	Planos y Tablas	Wincha Vernier		
	Que la disposición de los huecos y/o rosca sea de acuerdo al plano de fabricación				
Disposición y de dimensiones piezas auxiliares	Se verifica:	Planos de diseño	Wincha Vernier		
	Que la disposición de las piezas auxiliares soldadas (soporte, tope, etc) sea de acuerdo al plano de fabricación				
	Que las dimensiones de las piezas auxiliares soldadas sea de acuerdo al plano de fabricación				
Soldadura	Se verifica:	Planos de Diseño	Wincha Regla		
	Que la dimensión y el perfil de las soldaduras sea de acuerdo al plano				
	Que el acabado sea sin grietas, poros o mordeduras			-----x-----	Visual
	Que para las soldaduras herméticas al aceite:				
	1, No haga cruces de soldadura			-----x-----	Visual Wincha
2. Que los huecos y/o roscas no sean dispuestos sobre un cordón de soldadura	-----x-----	Visual Wincha			

Tabla 6.7 Verificación de tanques

6.4. PRUEBA SOBREPRESIÓN

La prueba de sobrepresión se realiza con la finalidad de comprobar la completa hermeticidad, resistencia a la presión de la estructura metálica y a fin de descartar la presencia de poros, fisuras pasantes, etc.

Se aplica durante el proceso de fabricación, antes de los procesos de pintura. Esta prueba se realiza mediante el método neumático. La inspección es en todos los

cordones de soldadura, tanto en los que tienen contacto con el interior así como los que fueron realizados en los refuerzos y soportes de la estructura.

a) Procedimiento.

- Se aplicará limpieza de los cordones de soldadura para eliminar inclusiones de escorias y escamas de laminación, el cual se llevará a cabo mecánicamente con escobilla metálica, arenado ó granallado.
- Se procederá a realizar el montaje del conjunto tapa – tanque así como sus diversos accesorios.
- Todas las juntas deberán ser hermetizadas colocandose una brida ciega de Fe, entre las cuales se colocará una empaquetadura.
- Se colocará en la salida para radiador inferior derecha de AT un dispositivo de prueba con un manómetro de presión calibrado de amplia escala con rango de medida de 0 – 1.0 Atm., el equipo debe de estar equipado con una válvula de seguridad en condiciones de activarse a 0.52 Atm.
- Se colocará en la salida para radiador inferior izquierda de BT una brida de acople con un dispositivo para el ingreso de aire comprimido.
- Se introducirá una carga de aire comprimido lentamente observando que no se produzcan deformaciones (pandeos) de las paredes de la estructura, hasta alcanzar una presión en el manómetro de 0.5 Atm.
- El aire comprimido quedará en el interior del conjunto por espacio de 30 min.
- Tiempo en el cual se aplicará una solución jabonosa (01 parte de jabón o detergente con 15 partes de agua en emulsión) mediante una brocha o por rociado en todos los cordones de soldadura sin excepción.
- Se realizará una inspección visual exhaustiva sobre los cordones de soldadura a fin de detectar formaciones de burbujas de aire, en caso de detectarse estas deben ser exactamente ubicadas y señalizadas mediante una flecha ó inserta en un círculo realizado con marcador de metales ó marcador industrial indeleble.

- Al cabo del tiempo indicado se liberará la presión de aire comprimido.

6.5. TINTES PENETRANTES.

Con la prueba de tinte penetrante, se pueden detectar discontinuidades como grietas que entran en la superficie, fallas de soldadura, etc. Se aplica a la estructura metálica después de terminar todos los procesos de soldadura y antes del proceso de pintado. En esta prueba se utiliza un tinte líquido que es atraído por acción capilar hacia una grieta delgada, que de otra manera resultaría invisible.

a) Procedimiento.

Hay cuatro etapas en este proceso.

- La superficie (cordones de soldadura) primero se limpia completamente.
- Se rocía sobre ella un tinte líquido y se deja durante un periodo de 30 minutos durante el cual el tinte es atraído hacia cualquier discontinuidad superficial.
- La tinta excedente entonces se limpia retirándola de la superficie del metal.
- Finalmente, sobre ésta se rocía una solución reveladora, la cual reacciona con cualquier tinte que haya quedado y extrayendo el de las grietas. Entonces la pintura ya puede ser observada, debido a los cambios de color del revelador o porque se vuelve fluorescente bajo luz ultravioleta.

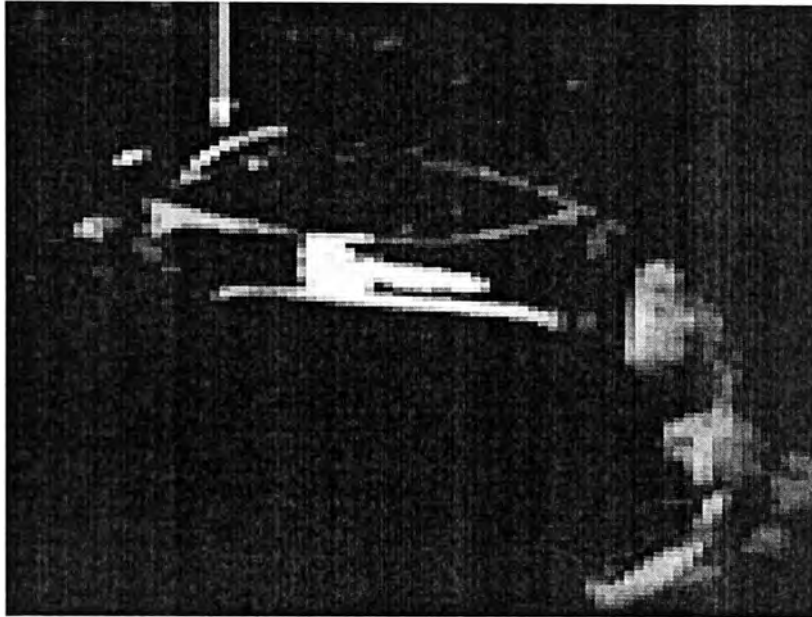


Fig. 6.2 Exposición tintes penetrantes

6.6. PRUEBA DE NIEBLA SALINA.

La prueba de niebla salina se utiliza para evaluar visualmente el grado de herrumbre o grado de oxidación de la pintura. Se aplica a unas probetas preparadas del mismo material y con la misma pintura de la estructura metálica. Estas muestras son ensayadas en la cámara de niebla salina por espacio de 264 horas, expuestas a una solución salina de NaCl 5% en peso con una temperatura interior de la cámara de 35°C y una presión de aire de 1 bar.

a) Procedimiento.

- Se preparan seis probetas para el ensayo de niebla salina neutra. Las probetas serán de 2 mm de espesor, 100 mm de ancho y 250 mm de largo.
- Dos probetas son expuestas sin incisión (codificadas como A y B).
- Dos probetas son expuestas con incisión (codificadas como C y D). Se hace una incisión horizontal de aproximadamente 7 cms sobre las probetas.
- La quinta probeta E se separa como testigo.
- Se protegen todos los bordes de la probeta con cinta adhesiva aislante.

La evaluación de las probetas al final del ensayo se realiza de acuerdo a los procedimientos descritos en las siguientes normas:

- Grado de oxidación ASTM D 610-01
- Grado de ampollamiento ASTM D 714-02
- Degradación en la incisión ASTM D 1654-05

La norma ASTM D 610-01, Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces, se basa en un estándar visual para la designación del grado de herrumbre o grado de oxidación de un sistema de pintura. El estándar muestra una serie de dibujos (27 en total) que representan los diferentes grados de herrumbre como un porcentaje del área afectada, así como la distribución que presenta el óxido sobre la superficie evaluada. La relaciones entre el grado de oxidación o grado de herrumbre, el porcentaje de área afectada y la distribución de óxido se muestran en la siguiente Tabla.

Grado de Oxidación	Porcentaje de área afectada	Ejemplos visuales de la distribución de óxido sobre la superficie		
		Localizada	General	Puntiforme
10	Sin oxidación o menos de 0.01% del área aherrumbrada	-----	-----	-----
9	Menos de 0.03% del área aherrumbrada	9-S	9-G	9-P
8	Pocas manchas de herrumbre aisladas, menos de 0.1% del área aherrumbrada	8-S	8-G	8-P
7	Menos de 0.3% de área aherrumbrada	7-S	7-G	7-P
6	Manchas generalizadas de herrumbre, pero menos de 1% del área aherrumbrada	6-S	6-G	6-P
5	3% del área aherrumbrada	5-S	5-G	5-P
4	10% del área aherrumbrada	4-S	4-G	4-P
3	Aproximadamente una sexta parte del área aherrumbrada	3-S	3-G	3-P
2	Aproximadamente una tercera parte del área aherrumbrada	2-S	2-G	2-P
1	Aproximadamente la mitad del área aherrumbrada	1-S	1-G	1-P
0	Aproximadamente 100% del área aherrumbrada	-----	-----	-----

Tabla 6.8 Prueba de niebla salina

La norma ASTM D 714-02, Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints, constituye un estándar visual y se basa en la utilización de una serie de fotografías para acceder a la clasificación del grado de ampollamiento en categorías de tamaños (tamaños 2,4,6,8 y 10), donde 10 representa ninguna ampolla, 8 representa el menor tamaño de ampolla observado a simple vista y 6,4,2 representan tamaños progresivamente mayores de ampollamiento. La norma también clasifica la densidad del ampollamiento en cuatro categorías: F(poca), M(media), MD(medio densa) y D(Densa).

La norma ASTM D 1654-05, Standard Test Method for Evaluating of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments, describe un método para evaluar el daño producido en la zona de incisión. Los paneles pintados deben de ser expuestos con una incisión horizontal practicada según se indicó anteriormente. Al finalizar el ensayo los paneles expuestos seran lavados con agua potable. Luego las incisiones serán raspadas vigorosamente con una espátula metálica y el daño observado (corrosión o desprendimiento de la pintura) a partir de la incisión será medido, en milímetros, según la escala de la tabla siguiente.

Milímetros	Grado
Cero	10
>0 a 0,5	9
> 0,5 a 1	8
>1 a 2	7
>2 a 3	6
>3 a 5	5
> 5 a 7	4
> 7 a 10	3
> 10 a 13	2
>13 a 16	1
> 16	0

Tabla 6.9 Grado de desprendimiento

6.7. ENSAYO DE ADHERENCIA.

Se preparan dos probetas pintadas siguiendo el procedimiento basado en la Norma ASTM D 3359-02 Standard Test Methods for Measuring Adhesión by Tape Test, método test A.

a) Procedimiento:

Se seleccione una zona libre de manchas y de pequeñas imperfecciones superficiales, asegurándose que la superficie está limpia y seca. Las variaciones extremas en la temperatura o la humedad relativa pueden afectar a la adherencia.

Realizar dos cortes diagonales en la película cada uno de alrededor de 1,5 pulgadas (40 mm) que se cruzan al centro con un ángulo entre 30 y 45. Al realizar las incisiones, utilice una cuchilla y cortar a través del recubrimiento en un constante movimiento.

Inspeccione las incisiones para ver la reflexión de la luz del metal, trate de establecer si la película de revestimiento ha sido penetrado. Si el corte no se ha llegado al metal, hacer otra en un lugar diferente. No intente profundizar en el anterior corte, ya que esto puede afectar a la adherencia a lo largo de la incisión

La adherencia se clasifica según la siguiente tabla.

Grado de Adherencia	Descripción
5 A	Sin desprendimiento o levantamiento.
4 A	Desprendimiento ligero a lo largo de la incisión o en la intersección.
3 A	Desprendimiento dentado a lo largo de la incisión hasta 1,6 mm sobre cada lado.
2 A	Desprendimiento dentado a lo largo de la incisión hasta 3,2 mm sobre cada lado.
1 A	Desprendimiento de la mayoría del área de la incisión en "x" situada por debajo de la cinta adhesiva.
0 A	Desprendimiento total del área de la incisión en "x".

Tabla 6.10 Grado de Adherencia

CAPITULO VII

CONTROL DE CALIDAD EN LA FABRICACIÓN

El control de calidad durante la fabricación se basa principalmente en el autocontrol que tienen los operarios sobre los procesos que ellos realizan, con tal propósito se han elaborado lista de inspección de cada una de las etapa del proceso de fabricación, estas listas son validadas por el supervisor de planta o por el supervisor de control de calidad. Estas son requisito indispensable para que se pase de una etapa a otra en el proceso de fabricación.

7.1 FABRICACIÓN DEL NÚCLEO.

Para el proceso de fabricación del núcleo se cuenta con tres listas de inspección, una por cada sub proceso, estos son:

- Corte longitudinal del fierro silicoso.
- Corte Transversal del fierro silicoso.
- Ensamble de Núcleo.

a) Corte longitudinal del fierro silicoso: Para este sub proceso se realiza una inspección visual y dimensional del material.

- Las planchas del fierro magnético no presenten señales de accidente, ni oxidación. La penetración máxima admisible de oxidación en los bordes del rollo (en caso de existir) es de 5mm.
- Se verifican las medidas de las planchas cortadas.
- Se identifican los rollos con: Código de Rollo, Ancho, Espesor, Peso y se liberan para el proceso del recorte

b) **Corte Transversal del fierro silicoso:** Para este sub proceso se realizan una inspección visual y dimensional del material, en los cuales las tolerancias son mínimas y muchas veces de sólo existir se rechazan.

- El rollo de Fe Si -presenta oxidación , (la penetración máxima aceptable de oxidación en los bordes del rollo en caso de existir es de 5 mm).
- El rollo de Fierro Silicoso presenta desprendimiento del recubrimiento.
- El rollo de Fierro presenta rebabas.
- El rollo de Fierro Silicoso presenta Ondulaciones.

En la fig. 7.1 se muestra un ejemplo de la lista de inspección para fierro silicoso.

LISTA DE INSPECCION CORTE TRANSVERSAL DE FE MAGNETICO EN TRANSFORMADORES				POTENCIA NOMINAL	Vista	Fecha	Operario	
CP	Nº DE PLANO DE CORTE	CODIGO DE CIERARIO						
PUNTOS DE INSPECCION								
1	Numero de rollos	1	2	3	4	5		
2	Codigo de Rollo							
2	El rollo de Fe Si presenta oxidación. ¿la penetración máxima aceptable de oxidación en los bordes del rollo en caso de existir es de 5 mm?							
3	El rollo de Fierro Silicoso presenta desprendimiento del recubrimiento? Si () No ()							
4	El rollo de Fierro Silicoso presenta Ondulaciones?							
5	El rollo de Fierro presenta rebabas?							
6	Se realizaron medidas de ancho en las laminas de Fe Si en un espesor de 4 ticks (20 laminas) y comparadas según plano correspondiente:							
6	Ancho Máximo		Ancho Medio		Ancho Mínimo			
	1) S Ancho Med _____ mm		Punto _____ mm		Esp. Med. _____ mm			
	2) M Ancho Med _____ mm		Punto _____ mm		Esp. Med. _____ mm			
	3) I Ancho Med _____ mm		Punto _____ mm		Esp. Med. _____ mm			
6	Ancho Máximo		Ancho Medio		Ancho Mínimo			
	1) S Ancho Med _____ mm		Punto _____ mm		Esp. Med. _____ mm			
	2) M Ancho Med _____ mm		Punto _____ mm		Esp. Med. _____ mm			
	3) I Ancho Med _____ mm		Punto _____ mm		Esp. Med. _____ mm			
7	Si las medidas obtenidas en las espesores en el env. sereno difieren con respecto o plano. anteriores se deben de cortar las planchas que sean necesarias para alcanzar la medida indicada en el paquete total del rollo.							
8	Las planchas de recorte presentan rebabas (> 0.03 mm)?							
9	Las medidas de las planchas del rollo de Fe Si fueron verificadas según el plano correspondiente.							
Mediciones de Dimensiones de Corte de plancha								
10	M2H		M2I		L2H			
	1) M2H _____ mm		M2I _____ mm		L2H _____ mm			
	2) M2H _____ mm		M2I _____ mm		L2H _____ mm			
	3) M2H _____ mm		M2I _____ mm		L2H _____ mm			
	Ancho Máximo		Ancho Medio		Ancho Mínimo			
	1) M2H _____ mm		M2I _____ mm		L2H _____ mm			
11	M1H		M1I		L1H			
	1) M1H _____ mm		M1I _____ mm		L1H _____ mm			
	2) M1H _____ mm		M1I _____ mm		L1H _____ mm			
	3) M1H _____ mm		M1I _____ mm		L1H _____ mm			
	Ancho Máximo		Ancho Medio		Ancho Mínimo			
	1) M1H _____ mm		M1I _____ mm		L1H _____ mm			
12	Las caras de amarras para el rollo están liberadas para el proceso de armado?							
<input type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Suplemento <input type="checkbox"/> N.A. No se sabe								
OBSERVACIONES								

Fig 7.1 Lista de inspección de corte de fierro silicoso

c) **Ensamble de Núcleo:** Para este sub proceso se realizan las verificaciones dimensionales del material además de una prueba eléctrica, estas son:

- Las dimensiones de los perfiles y de sus detalles de fabricación están conforme al plano de vigas (superior/ inferior).
- Los perfiles (Superior é Inferior de AT) están paralelos, en un mismo nivel y la distancia entre ellos conforme al plano.
- Se han marcado los ejes de acuerdo al plano y las primeras planchas están correctamente dispuestas en relación a los ejes. (error máx. admisible en la distancia entre ejes es + 1 mm).
- Se midió periódicamente las diagonales de las planchas colocadas en los escalones. Error máx. admisible en medidas de diagonales (+2 mm).
- Se verificó periódicamente el entrehierro y está conforme. Error máx. admisible en la medida de entre hierros (+4 mm).
- El núcleo se apiló con dos planchas por nivel y está conforme al plano de ensamble del núcleo.
- Se verificó la altura de apilamiento de cada escalón durante su proceso y está conforme al plano.
- Se verificó el ancho de la ventana y está conforme al plano. (error máx.. admisible en la medida del Ancho es ± 1 mm).
- Se verificó la altura de la ventana y está conforme al plano. (error máx.. admisible en la medida de la altura es ± 2 mm).
- Se verificó el diámetro de las columnas y están conforme al plano.
- Se hizo la prueba de saturación del núcleo magnético.

7.2 FABRICACIÓN DE LOS DEVANADOS

Para este sub proceso se realizan inspecciones visuales y dimensionales del material, del molde a utilizar, de las distancias de los canales de refrigeración, etc. , estas son:

- El molde está limpio, las cuñas están alineadas y distanciados en el perímetro del molde equidistantes entre ellos.

- El diámetro del molde esta conforme a lo especificado respecto al diámetro interior de la bobina indicado en el plano.
- Las dimensiones del conductor (desnudo y forrado) están conforme a lo especificado.
- Terminado el primer disco ó capa : el diámetro interior, el número de espiras y ubicación del canal de refrigeración están conforme lo especificado.
- Terminado los dos primeros discos se miden:
 - Ancho radial, según EBT mm
 - Ancho radial medido mm
- Se verificó que los cruces no aumentan el ancho radial de la bobina.
- Los cruces están correctamente ejecutados, ubicados, aislados y dispuestos conforme al diagrama de cruces.
- El número de espiras, el número de discos ó capas en la bobina están conforme al plano de bobina.
- Longitud axial del arrollamiento (medido sin prensar) : mm.
- Se han colocado correctamente las cuñas, cuidando que estos no dañen ningún aislamiento.
- La parte interna de la bobina está sin deformaciones y los aislantes sin daño listos para el montaje. Se mide:
 - Diámetro interior de la bobina:mm.
- Fue realizada la medición del campo de dispersión en los conductores y la bobina en conjunto.
- Fue realizada la prueba de continuidad La bobina está revisada y liberada para el siguiente proceso.
- Montaje del bloque de bobinas.d y posición relativa de los conductores en la bobina.

7.2 PARTE ACTIVA

7.3.1 Montaje de la Parte Activa.

Para este sub proceso se realizan las verificaciones a los procedimientos de trabajo debido a que es un proceso de ensamble básicamente, se verifica que todo se encuentren debidamente organizado de acuerdo a la secuencia de trabajo a seguir y que todas las dimensiones se encuentren de dentro de las tolerancias proyectadas.

- Se desmontó las planchas del yugo superior, las que se ubicó y protegió adecuadamente para su nuevo montaje.
- El núcleo está limpio, sin polvo y sin manchas de aceite.
- Los aislamientos del yugo inferior fueron colocados conforme al plano.
- Las dimensiones y la disposición de las maderas de apoyo inferior están conforme al plano y se encuentran en un mismo nivel.
- Los bloques están limpios y las salidas de las bobinas están aislados conforme al plano.
- La posición de los bloques en las columnas, cumple con el plano.
- Se verificó que los bloques se apoyan uniformemente sobre todas las maderas de apoyo.
- Las cuñas del núcleo están colocadas de acuerdo al plano.
- Las dimensiones y la disposición de las maderas de apoyo superior están conforme al plano y se encuentran en un mismo nivel.
- Durante el cierre del yugo superior se verificó que los entrehierros no sobrepase la tolerancia. (**máx. Admisible = 4mm.**).
- Las dimensiones y la fijación de los perfiles superiores están conforme al plano y están apoyados uniformemente sobre las maderas.
- Las cuñas y bandajes del yugo superior fueron correctamente montados y asegurados conforme al plano.
- Se verificó que el núcleo está puesto a tierra conforme al plano.

- Los aislamientos de los prisioneros de columnas (laterales y centrales) están conforme al plano.
- Las dimensiones y disposición de las pantallas entre fases, están conforme al plano.
- El prensado de la parte activa se realizó de forma uniforme.
- Se realizó la prueba de continuidad a las salidas de las bobinas.(obligatorio en salidas de conductores múltiples).
- Se limpio toda la parte activa.

7.3.2 Secado de la Parte Activa.

Para el control de calidad del proceso de secado se sigue un estricto control de los parámetros involucrados así como del proceso mismo.

Para realizar el secado se aplica circulación forzada de aire caliente con alimentación simultánea de aire fresco inferior y con salida de aire fresco húmedo superior. Esta etapa se da por terminada cuando el arrollamiento del transformador ha alcanzado una temperatura superior a 100°C (parte activa nueva) y superior a 90°C (parte activa de reparación).

La duración total de la fase de aire caliente depende de las dimensiones, del peso, de la forma constructiva y del grado de humedad de la parte activa del transformador.

Después de la fase de aire caliente, sigue la fase de vacío. Durante esta fase, se debe evaluar constantemente el aire y vapor producido en la autoclave.

Durante el proceso de vacío, inicialmente se usa la bomba de paletas. Después de alcanzar una presión de vacío de 5 a 10 mbar (3,75 - 7,5 Torr), se conecta la bomba de vacío Roots.

El secado principal se da por terminado cuando, al final de la fase de vacío, se han cumplido las siguientes condiciones:

- a) Temperatura del arrollamiento: No debe de bajar de 85 °C.
- b) Vacío en el horno Menor o igual a 0.5 mbar.
- c) Cantidad de agua condensada en los condensadores de las bombas de vacío 0.5 Litros/hora

El control de la temperatura de la parte activa dentro la autoclave se efectúa mediante termocuplas y la presión de vacío mediante el vacuómetro.

El Responsable del Área de Transformadores de Potencia supervisa las lecturas o mediciones y la aplicación de los valores correspondientes. Estos se registran indicando los tiempos:

- **Fase de aire caliente:** Antes de iniciar el secado, en intervalos máximos de 5 horas durante el día y de 14 horas por la noche y al inicio de la fase de vacío.
- **Fase de vacío:** En la fase del servicio de vacío, en intervalos de no máximo 5 horas durante el día y de 14 horas por la noche.
- Las últimas doce horas aproximadas antes de finalizar el secado, el registro del agua condensada debe ser hora por hora.

Se hace un llenado de una hoja de control donde se apuntan todos estos datos a fin de hacer un seguimiento de la curva de secado que debe de tener la siguiente forma.

CONTROL DEL SECADO, REVISIÓN Y ACABADO ENCUBADO E IMPREGNACION DE TRANSFORMADORES Up≥ 70 kV y Pmax ≥ 120 MVA							N° L:	MVA:	KV:	OP:
CALEFACCION (°C)				INTERIOR CAMARA (°C)			VACIO	AGUA	AGUA	OBSERVACION
FECHA	HORA	OPERACION	TERMOST.	T1	T2	T3	de la tar.	de la tar. JTC.	de la tar. JTC.	
CONTROLADO POR:			FECHA:		REVISADO POR:			FECHA:		

Fig. 7.2 Hoja de Control de Secado

7.3.3 Inspección de Distancias de Seguridad.

La inspección especial antes del encubado se hace para verificar las distancias de seguridad que debe tener la parte activa a las principales superficies del tanque, se debe de respetar las distancias a superficies planas, curvas y a las puntas.

Las distancias mínimas a verificar son las siguientes:

	DISTANCIAS MINIMAS A RESPETAR	Distancia de Diseño (mm)	Distancia Medida (mm)	Ø Aislamiento Diseño (mm)	Ø Aislamiento Medido (mm)
	Conexión de AT contra tierra superficies planas.				
	Conexión de AT contra tierra superficies redondeadas.				
	Conexión de AT contra tierra superficies sin redondear.				
	Conexión de REG contra tierra superficies planas.				
	Conexión de REG contra tierra superficies redondeadas.				
	Conexión de REG contra tierra superficies sin redondear.				
	Conexión de NAT contra tierra superficies planas.				
	Conexión de NAT contra tierra superficies redondeadas.				
	Conexión de NAT contra tierra superficies sin redondear.				
	Entre regulación de diferentes fases.				
	Entre cruces de conexión.				
	Conexión de BT contra tierra superficies sin redondear				
	Conexión de MT contra tierra superficies redondeadas.				
	Entre conexiones de BT y MT				
	Entre conexiones terciario diferentes fases				

Fig. 7.3 Hoja de Inspección Especial

7.4 ENCUBADO

7.4.1 Impregnación de Aceite.

Para el control de calidad durante la impregnación de aceite primero se tiene que verificar que el aceite sea el adecuado según la orden de producción. Adicionalmente a esto se debe de verificar las propiedades físico - químicas del aceite así como su contenido de gases, para esto antes de ingresar el aceite al transformador se toma una muestra y se analiza en el laboratorio determinándose si los valores están dentro de lo que piden las normas IEEE C57.106 y IEC 60599 respectivamente.

Análisis Físico Químico del Aceite Dieléctrico

ENSAYOS FÍSICO-QUÍMICOS	NORMA	RESULTADOS	V. AL. ORIENTACIÓN*) ACEITE NUEVO
ÍNDICE DE NEUTRALIZACIÓN	ASTM D-974-07	≤0.01 mgKOH/g.aceite	0.015 máximo
PÉRDIDAS DIELECTRICAS @ 25 °C	ASTM D-924-04	0.039 %	0.05 máximo
RIGIDEZ DIELECTRICA	ASTM D-1816-04	64 kV/2.0mm	52 mínimo
TENSIÓN INTERFACIAL	ASTM D-971-99a (2004)	43 mN/m	38 mínimo
CONTENIDO DE AGUA KFISHER	ASTM D-1533-00 (2005)	7 ppmp	10 máximo

(*) Norma de diagnóstico: IEEE C57.106-2006

Fig. 7.4 Análisis fisico quimico

Análisis Cromatografico de Gases disueltos en el Aceite Dieléctrico.

GASES ANALIZADOS		RESULTADOS ppmv	VAL. REFERENCIA (*) ppmv
HIDRÓGENO	(H ₂):	ND	150 (máximo)
OXÍGENO	(O ₂):	6034	-
NITRÓGENO	(N ₂):	9176	-
METANO	(CH ₄):	ND	130 (máximo)
MONÓXIDO DE CARBONO	(CO):	ND	600 (máximo)
DIÓXIDO DE CARBONO	(CO ₂):	142	14000 (máximo)
ETILENO	(C ₂ H ₄):	ND	280 (máximo)
ETANO	(C ₂ H ₆):	ND	90 (máximo)
ACETILENO	(C ₂ H ₂):	ND	20 (máximo)
TOTAL DE GASES COMBUSTIBLES:		ND	
TOTAL GENERAL DE GASES:		15352	

NOTA: ND = No Detectado
Norma de análisis: ASTM D 3612 -02

(*) Norma de diagnóstico: IEC60599-1999-A1.2007

Fig 7.5 Análisis de cromatografico

7.4.2 Prueba de Vacío.

La prueba de vacío se realiza con la finalidad de comprobar la resistencia mecánica de la estructura metálica y de medir la deformación en los principales puntos de flexión. Se aplica a la estructura metálica después del proceso de encubado y con todos sus accesorios montados, el transformador

deberá estar completo y sin aceite. Esta prueba se realiza mediante la aplicación de una presión de vacío mínimo de 0.50 mm de Hg. Dos horas después de la desconexión de la bomba de vacío en el transformador la presión no debe de haber subido en más de 1.5 mm de Hg.

Para realizar las mediciones se contará con micrómetros radiales los cuales serán ubicados en las zonas más críticas del tanque. Luego de las dos horas de sometido al vacío y luego de quitar la presión, las deformaciones deberán de volver a su estado inicial, quiere decir que el material debe de haber sido sometido una deformación ubicada en la zona elástica.

a) Procedimiento.

- La prueba se realizará durante el proceso de fabricación después de concluir el proceso de vacío del transformador.
- Realizar inspección visual en el transformador para verificar que el transformador se encuentre completamente armado.
- Se comenzara el proceso de vacío lentamente observando que no se produzcan deformaciones (pandeos) de las paredes de la estructura, hasta alcanzar una presión en el vacuometro de 0.5 mm Hg.

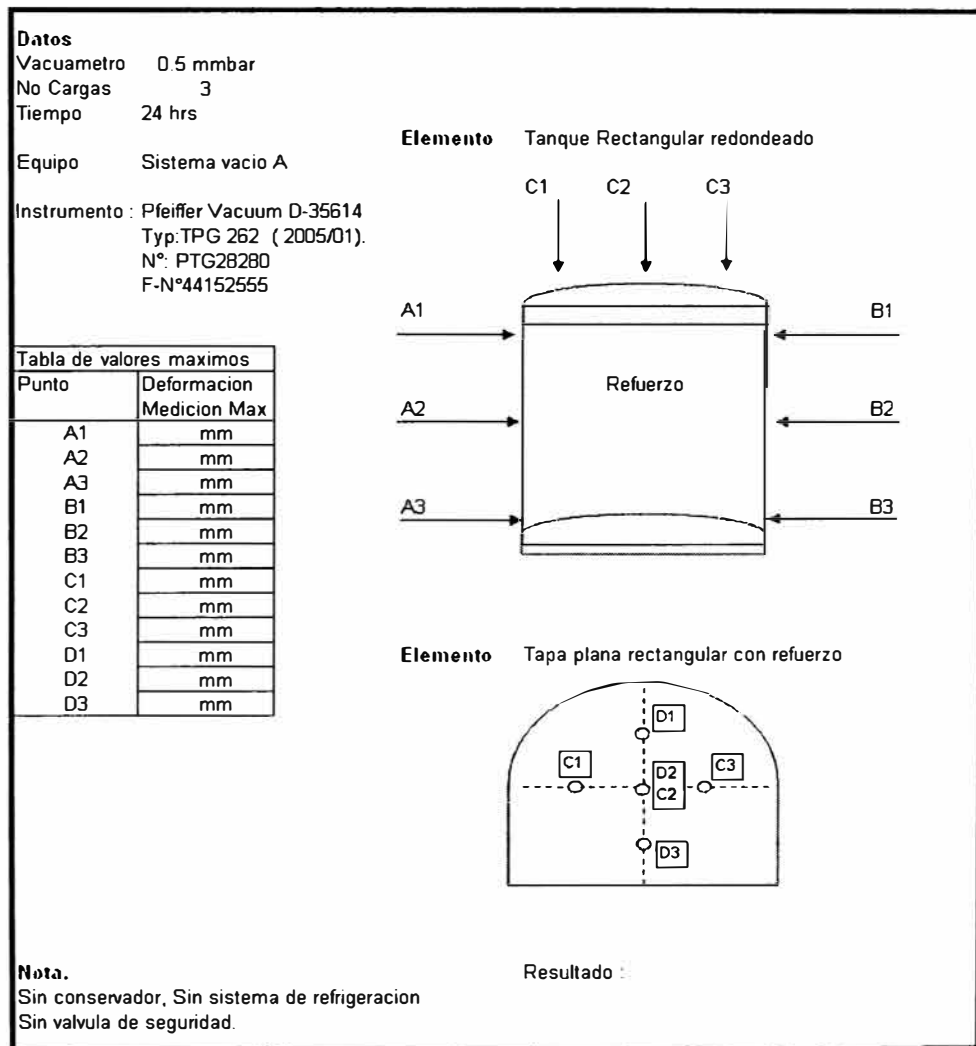


Fig. 7.6 Protocolo de Prueba de Vacío

- Desconexión de la bomba de vacío.
- Se marcaran los puntos de máxima flexión como puntos centrales de las paredes del tanque, puntos sin refuerzos y en el centro de la tapa.
- Colocación de los micrómetros radiales en los puntos de máxima flexión.
- Medición de la deformación del transformador, esta medición se hará de manera negativa, ya que los micrómetros se colocan cuando se obtiene la presión de vacío deseada después de desconectada la bomba.
- Después de 2 horas, verificar la presión y constatar que no haya variado en más de 1.99 mbar. \leftrightarrow 1.5 mm Hg.

- La medida de la deformación debe de ser menor a 3 mm y nunca deberá la estructura metálica haberse deformado permanentemente, siempre deberá
- de recuperar su forma original.

7.4.3 Prueba de Punto de Rocío.

En esta prueba se hará la medida de la Humedad del transformador de potencia relleno de nitrógeno (N₂). Para ello el transformador se llenará de N₂ UHP de alta pureza hasta conseguir una presión de 0.2 Atms, después se dejará reposar por espacio de 24 luego de las cuales se procederá a realizar la extracciones de las muestras para medir la humedad del transformador.

a) Procedimiento:

- a. Realizar inspección visual en el transformador para verificar que el transformador se encuentre completamente armado.
- b. Verificar que el transformador se encuentre sin aceite.
- c. Inyectar N₂ (UHP) hasta llegar a una presión de 0.2 atmósferas.
- d. Extracción de primera muestra para medición del punto de rocío.
- e. Dejar en reposo por 24 horas.
- f. Extracción de segunda muestra para medición del punto de rocío.

Nota: Al extraer la muestra el operador purga una pequeña muestra de nitrógeno a través del instrumento, esperando 1 ó 2 minutos de estabilización después de cual se procede a la medida.

El valor obtenido de punto de rocío deberá ser menor que 0.5% del peso del aislamiento seco.

PROTOCOLO DE PRUEBA DE PUNTO DE ROCIO				
OP				
Fecha Inicio: 16/01/2008		Hora Inicio de la Prueba: 2:30 PM		
Fecha de Término: 17/01/2008		Hora de Término de la Prueba: 2:49 PM		
Temperatura Inicial arrollamiento: 28°C				
Temperatura Final arrollamiento: 29°C				
	Hora	Presión Bar	DP °C	Punto Rocío (%)
1	2:58 PM	0.2	-50	0.24
2	2:59 PM	0.2	-51	0.23
3	3:00 PM	0.19	-52	0.22
4				
5				
6				

Mediciones realizadas después de 24 horas de ser llenado con nitrógeno el transformador

Fig. 7.7 Protocolo de prueba punto de rocío

- b) **Procedimiento para la determinación del Punto de Rocío.** Después de obtener el valor de la temperatura del nitrógeno con el Higrómetro, se debe de ingresar a la tabla del Anexo 2. A esta tabla se ingresa con dicho valor y se intercepta con la isoterma de temperatura del aislamiento del transformador, este punto se proyecta al eje de las ordenadas leyéndose el valor del porcentaje de humedad.

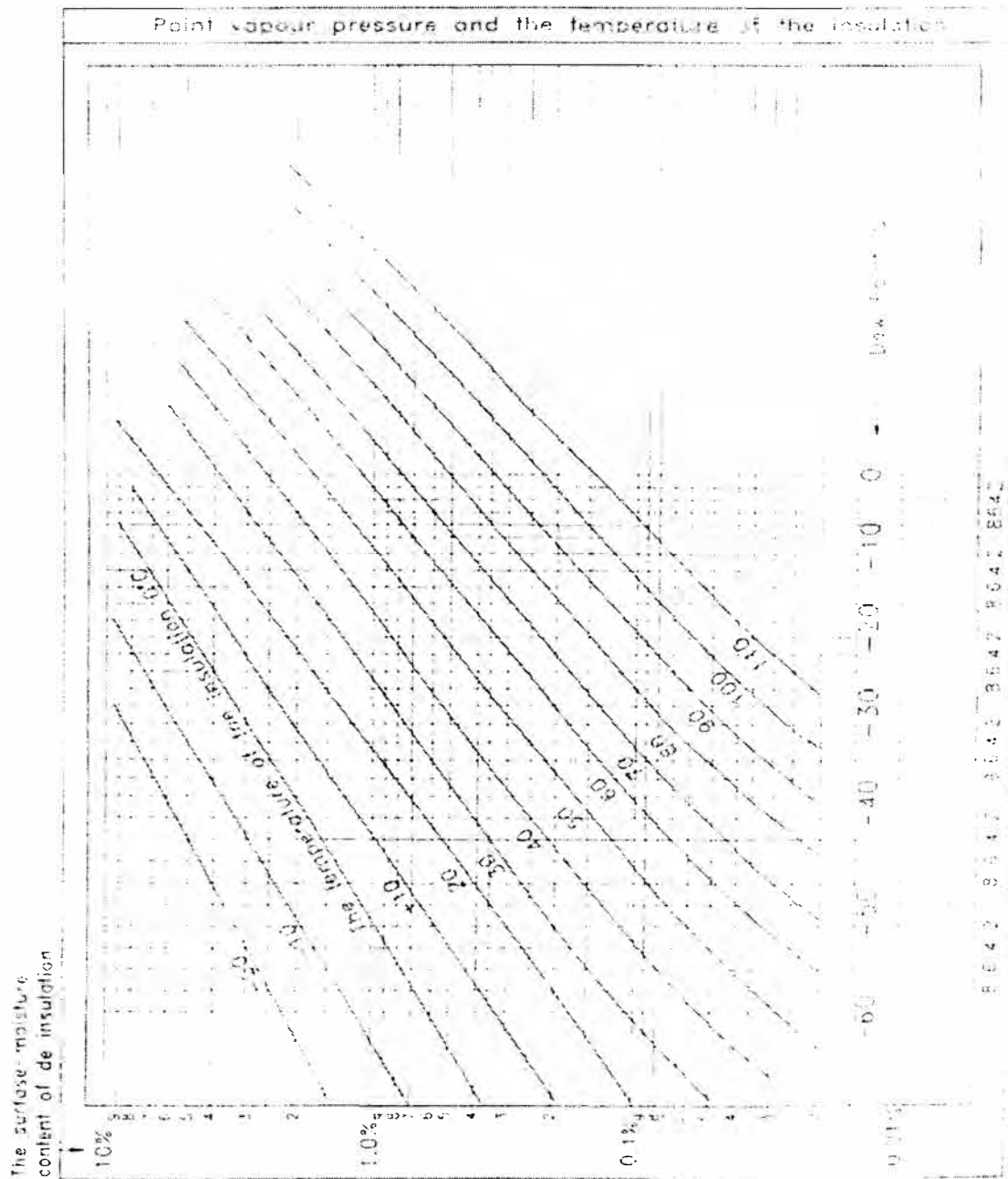


Fig. 7.8 Curva de contenido de humedad

7.4.4 Prueba de Hermetismo.

En esta prueba lo que se quiere es comprobar la completa hermeticidad y resistencia a presión de los Transformadores de Potencia. Se verifica que no exista fugas entre los componentes montados del transformador como aisladores, conmutador, válvulas, bridas, etc. Para realizar esta prueba a el transformador se le inyectará N2 UHP hasta una presión máxima de 3 PSI, después se dejará reposar por 12 horas y se controlará la presión y se verificará la existencia de fugas.

Procedimiento:

- Aplicar la presión progresivamente observando eventuales deformaciones del conjunto.
- Cerrar inmediatamente la alimentación de nitrógeno al percibir el inicio de estas deformaciones.
- Con la presión nominal, hacer los ajustes necesarios para eliminar las posibles fugas de aceite.
- Observar la aparición de eventuales manchas de aceite (brillo sobre la superficie).
- Después de subsanadas las fugas existentes, el tiempo del proceso de hermetismo será de 12 horas.

Todos los puntos deficientes deberán ser corregidos, sea por reajuste de los elementos de fijación, al tratarse de uniones, o por reacondicionamiento del cordón al tratarse de soldaduras herméticas al aceite.

7.4.5 Prueba de Tablero de Control.

Para realizar los pruebas de los tableros de control se tiene que verificar los planos y características principales del tablero.

Se comienza verificando los equipos que han sido instalados en el tablero mediante la verificación de la lista de aparatos LAS.

		CLIENTE: RED DE ENERGÍA DEL PERÚ S.A.	LISTA DE APARATOS LAS: 760035			
		OBJETO: CAJA DE BORNES DE TRANSFORMADOR	CELDA 1	PROYECTO 760035	CANT 1	HOJAS 1
POS	UBIC	DESCRIPCION	Codigo	UNID	CANT	Referencia
1	a1	MICROINTERRUPTOR BIPOLAR TERMOMAGNÉTICO 220:440 VDC, 4A OEZ		Pza	1	
2	a2	MICROINTERRUPTOR BIPOLAR TERMOMAGNETICO 220:440 VDC, 2A OEZ		Pza	1	
3	a3	MICROINTERRUPTOR BIPOLAR TERMOMAGNETICO 230:400 VAC, S62, 2A ABB		Pza	1	
4	a4	MICROINTERRUPTOR BIPOLAR TERMOMAGNETICO 230:400 VAC, S62, 16A ABB		Pza	1	
5	b1	INTERRUPTOR DE POSICIÓN 1NA+1NC 250 V. 6A. HANGYOUNG		Pza	1	
6	h1	LÁMPARA DE SEÑALIZACIÓN COLOR ROJO , ZBV-6 220 VDC, SENALIZACION DE ALARMA VAL. DE RETENCION DE ACEITE TELEMECANIQUE		Pza	1	
7	h2	EQUIPO FLUORESCENTE 220VAC, 8W. GS		Pza	1	
8	r1	RESISTENCIA DE CALEFACCIÓN 220VAC, 50W KMJ		Pza	1	
9	u1	TERMOSTATO DE AMBIENTE 250VAC, ESCALA : -10°C A +80 °C COSMOTEC		Pza	1	
10	u2	TOMACORRIENTE CON DOBLE PUESTA A TIERRA 220VAC, 15A. ABB		Pza	1	
11	e1	MEDIDOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DE ACEITE OUALITROL 509-100, TAUX. 125 VDC GENERAL ELECTRIC		Pza	1	
12						

Fig. 7.9 Lista de verificación de materiales

Después se verifica lo siguiente:

- Medidas Generales
- Revisión de Soldadura
- Ejecución de las Platinas de Cobre
- Conexiones de las Platinas de Cobre

- Revisión de Terminales de Cables
- Pruebas de Continuidad
- Conexión de Bornes
- Conexiones de medición
- Conexiones de Enclavamiento
- Conexiones a Tierra
- Distancias minimas de barras.
- Revisión de Puertas
- Funcionamiento Electrico
- Funcionamiento Mecánico
- Símbolos y Placas de Identificación
- Espesor de Pintura

Adicionalmente se verifica el grado de protección que debe de tener el tablero según lo solicitado por el cliente, en casos extremos como en la aplicación de la norma NEMA 250-2003 grado de protección IP4X se deben de realizar pruebas especiales que garanticen el correcto funcionamiento y hermetisidad del tablero.

Para los guardamotors se realizan las pruebas de accionamiento simulando las corrientes de fallas monofásicas y trifásicas determinadas por las siguiente curva.

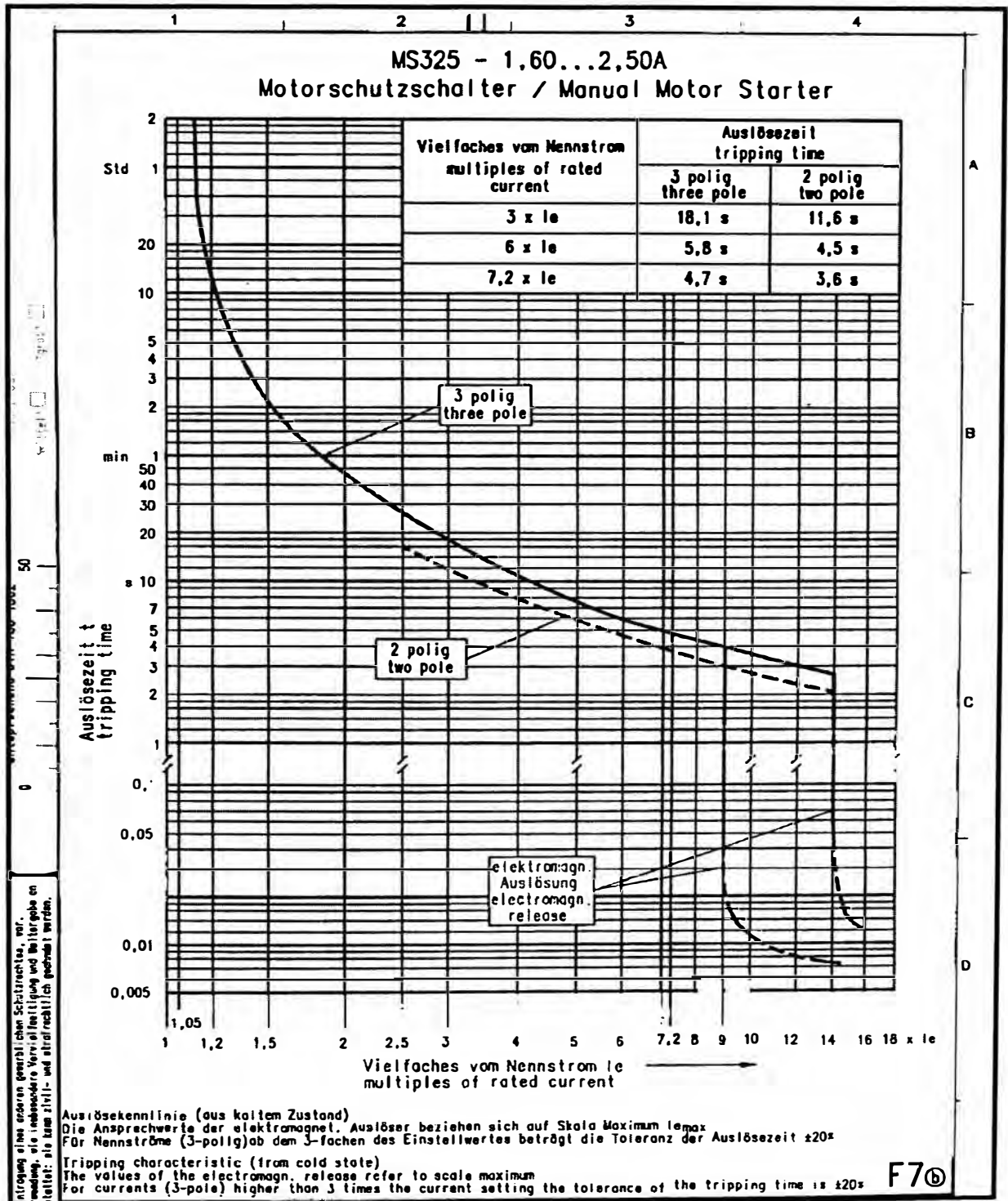


Fig. 7.10 Curva de cortocircuito de interruptores

CONCLUSIONES

1. Con el control de calidad de los materiales que se reciben, se logra verificar las características de diseño, calidad y compatibilidad que deben cumplir los materiales y equipos que intervienen en el proceso; con esto, se evitan demoras en la línea de producción, reprogramaciones del plan de fabricación y costos por re-procesos, penalidades y reclamos.
2. Con el control de calidad de las estructuras metálicas, se comprueban las características de diseño como: dimensiones, espesores, refuerzos, formas, materiales y acabados. También se verifican las exigencias solicitadas por el cliente como: resistencia a los esfuerzos mecánicos, condiciones ambientales, corrosión, temperatura y presión.
3. A través del control de calidad en el proceso de fabricación, se verifican las características eléctricas constructivas del transformador como: distancias eléctricas, aislamientos, materiales, entre otros, que son requeridos para el nivel de tensión especificado, también se verifica que se cumplan con los procedimientos constructivos que aseguran una alta calidad del producto final.
4. Finalmente se concluye que con los controles anteriormente indicados se obtuvo un transformador de potencia de 40 MVA – 60 / 22,9 / 10 KV de alta calidad a costo competitivo, satisfaciendo los requerimientos del cliente.

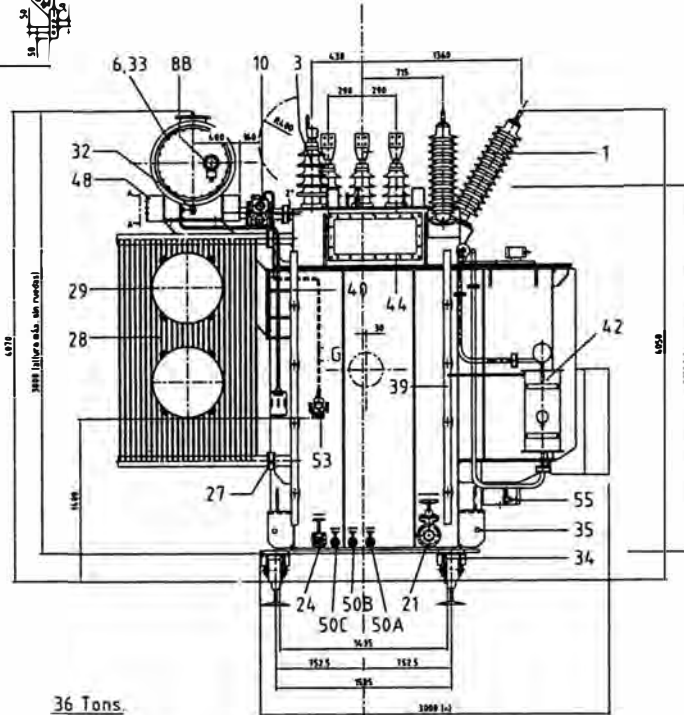
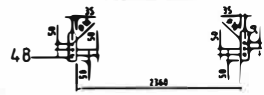
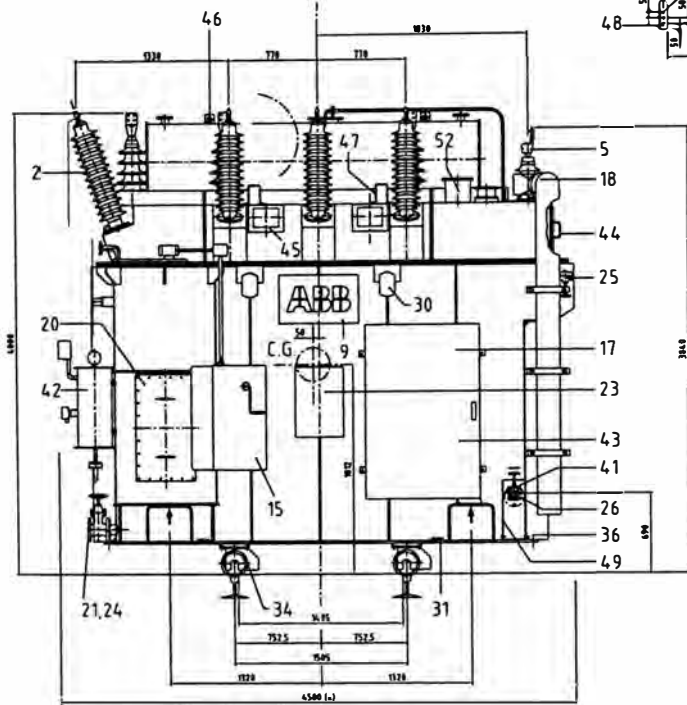
BIBLIOGRAFÍA

1. Ras Oliva, E. "TRANSFORMADORES DE POTENCIA, DE MEDIDA Y DE PROTECCION". Editorial Marcombo. Barcelona. 1978.
2. Chapman, S. J. "MAQUINAS ELECTRICAS". Editorial McGraw-Hill. Colombia. 1987.
3. Fitzgerald, A. E., Kimsley, Ch. y Umans, S. "MAQUINAS ELECTRICAS". Editorial McGraw-Hill. México. 1992.
4. Fraile Mora, J. "MAQUINAS ELÉCTRICAS". Editorial McGrawHill. 2003.
5. Sanjurjo Navarro, R. "MAQUINAS ELECTRICAS". Editorial Mc-Graw-Hill. Madrid. 1989.
6. Departamento de Ingeniería Eléctrica. "VirMAlec. Guía didáctica en CD sobre Máquinas Eléctricas". Versión 2004/2005.
7. UNED. "TEORIA GENERAL DE MAQUINAS ELECTRICAS". 6 Unidades didácticas. Madrid.
8. Hindmarsh, H. "MAQUINAS ELECTRICAS Y SUS APLICACIONES". Editorial Urmo. Bilbao. 1975.
9. Nasar, S. A. "TEORÍA Y PROBLEMAS DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y ELECTROMECAÓNICAS". Editorial MacGraw Hill. 1990.
10. Ortega Gómez, Guillermo et al. "PROBLEMAS RESUELTOS DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS". Editorial Thomson. 2002.

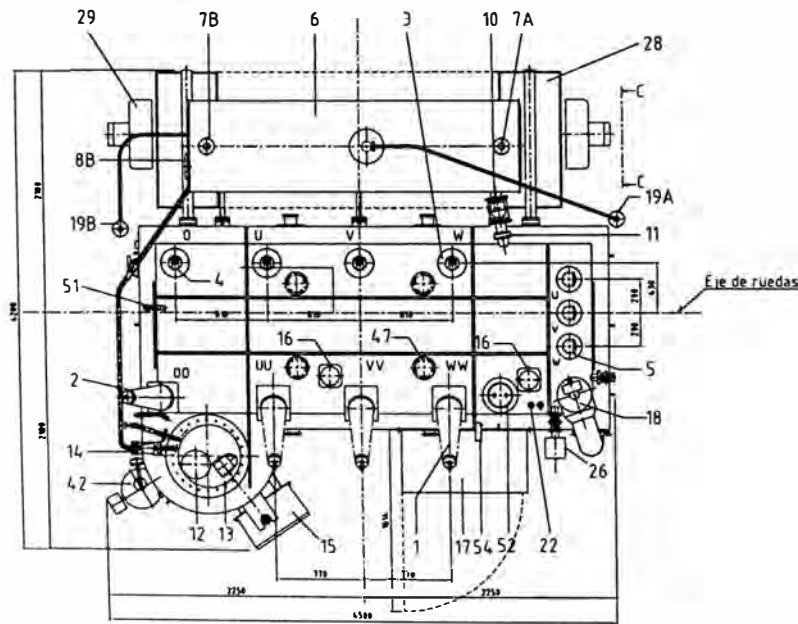
11. Sanz Feito, Javier. "MAQUINAS ELECTRICAS". Editorial Prentice may. 2002. 1982.
12. Staff, E.E. "CIRCUITOS MAGNETICOS Y TRANSFORMADORES". Editorial Reverté. Argentina. 1980.

ANEXOS

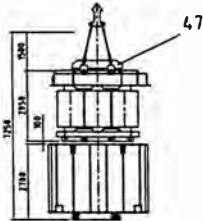
Vista A-A



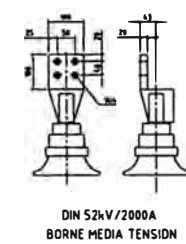
36 Tons.



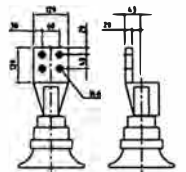
Lado AT



Desencubado

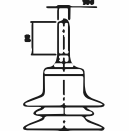
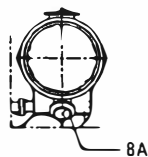


DIN 52kV/2000A
BORNE MEDIA TENSION



DIN 20kV/3150A
BORNE BAJA TENSION

Vista C-C



GOB 450/800
BORNE ALTA TENSION

TRANSFORMADOR TRIFASICO EN ACEITE

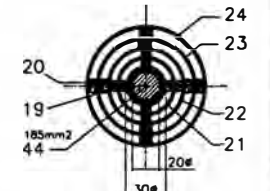
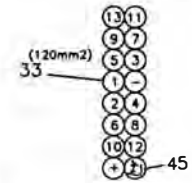
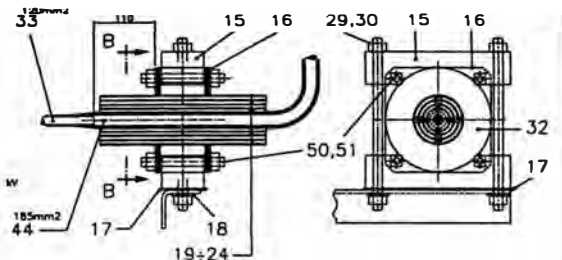
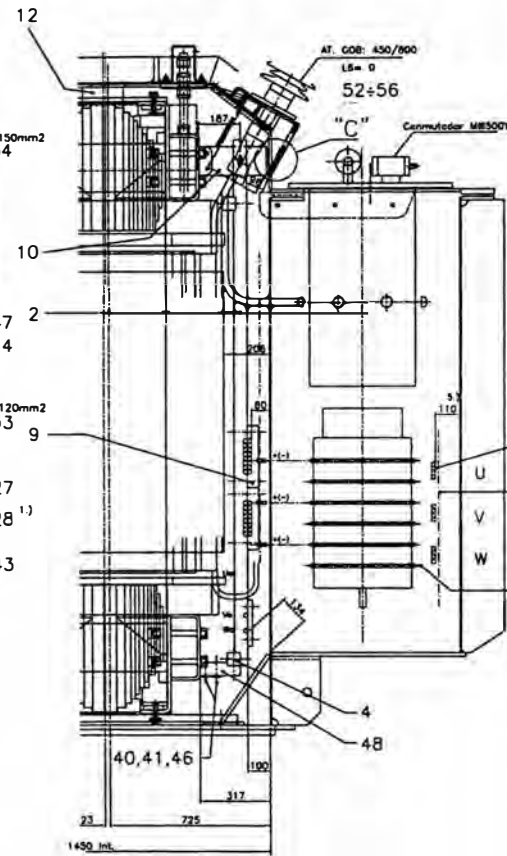
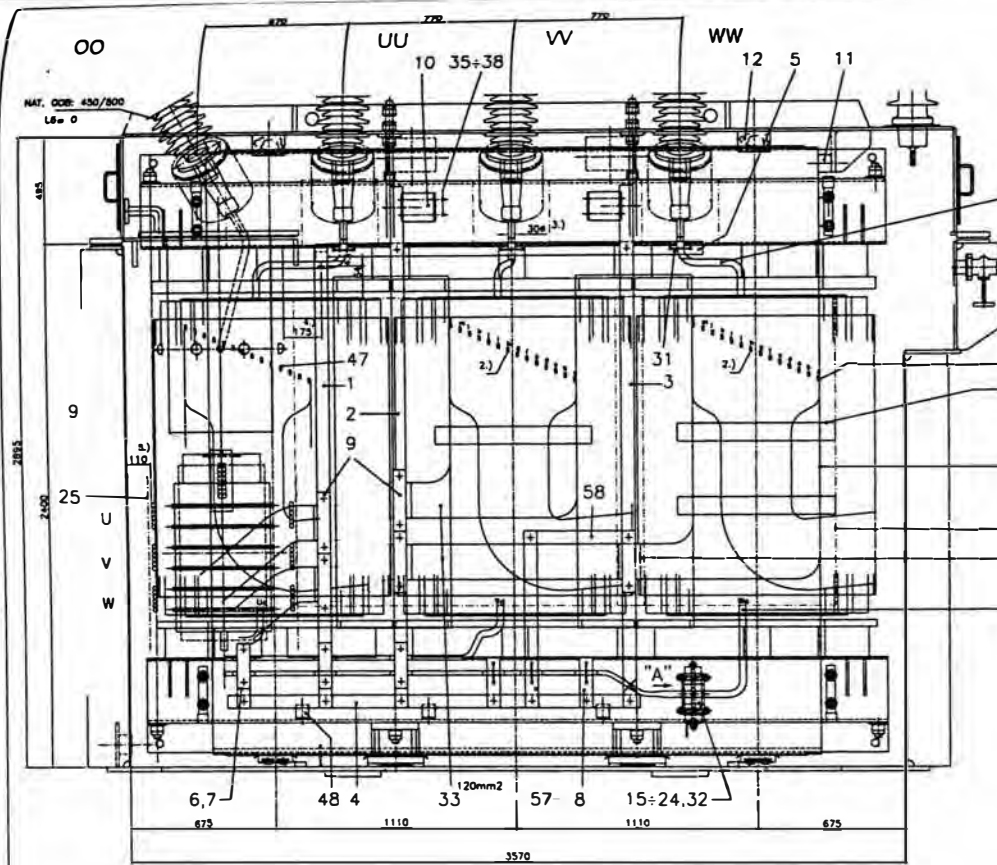
- 1.- Borne Alta Tensión GOB 450/800
- 2.- Borne Neutro Alta Tensión GOB 450/800A
- 3.- Borne Media Tensión DIN 52kV/2000A
- 4.- Borne Neutro Media Tensión DIN 52kV/2000A
- 5.- Borne Baja Tensión DIN 20kV/3150A
- 6.- Conservador de aceite con membrana elástica
- 7.- Abertura para llenado de aceite
- 8.- Indicador de nivel de aceite
- 9.- Placa de firma
- 10.- Relé buchholz BR80
- 11.- Válvula mariposa NW80
- 12.- Válvula de seguridad del conmutador bajo carga
- 13.- Conmutador bajo carga MR
- 14.- Relé de protección RS2001
- 15.- Accionamiento de conmutador b/c
- 16.- Caja de salida de transformadores de corriente
- 17.- Tablero de control: IBOX, Qualitrol 509-200, TAPCON 240
- 18.- Válvula de seguridad con coraza direccional de flujo y tubería de desfogue.
- 19.- Desecador de aire
- 20.- Ventana de inspección del conmutador
- 21.- Válvula para vaciado rapido 3" DIN-ND.40
- 22.- Pozo termométrico
- 23.- Placa de características
- 24.- Válvula de drenaje 2" dia. 127TSSB con dispositivo de toma de muestras 3/8" NPT
- 25.- Válvula de filtrado 2" Dia. 127TSSB con dispositivo de toma de muestras 3/8" NPT
- 26.- Monitor Hydran M2
- 27.- Válvula mariposa para radiador NW80
- 28.- Radiadores
- 29.- Ventiladores
- 30.- Pivote de suspensión transformador completo
- 31.- Borne de conexión a tierra
- 32.- Válvula de drenaje y muestreo 1" 125TSSB en lado Transformador y lado conmutador
- 33.- Ventana para inspección del conservador
- 34.- Ruedas con anclaje asísmico
- 35.- Apoyo para gatos
- 36.- Hueco de tracción
- 37.- Brida de salida para válvula 127TSSB filtrado/drenaje
- 38.- Brida para válvula de vaciado rapido
- 39.- Puesta a tierra borne neutro A.T.
- 40.- Puesta a tierra borne neutro M.T.
- 41.- Válvula 2" dia. 127TNGB
- 42.- Filtro de Conmutador MR
- 43.- Monitor de temperatura Qualitrol
- 44.- Ventana de inspección
- 45.- Ventana de inspección
- 46.- Oreja de izaje del conservador
- 47.- Sistema de izaje de parte activa
- 48.- Soporte para conexión aérea de 22.9 kV
- 49.- Cubierta de protección
- 50.- Válvula de muestreo DN15
- 51.- Válvula 1" 125TSSB para vacío
- 52.- Cupula con terminales de 1kV para puesta a tierra del nucleo
- 53.- Dispositivo para toma de muestras (parte posterior del transformador)
- 54.- Soporte para sensor de temperatura ambiente
- 55.- Válvula 1" para drenaje de unidad de filtrado

PESOS:

Tanque & Accesorios.....	13200 kg
Núcleo & Bobinas.....	34500 kg
Aceite.....	12300 kg
Peso Transporte (sin aceite).....	43000 kg
Peso Total.....	60000 kg

Dimensiones en mm
(x) Dimensiones para transporte.

Dibujado 18-09-87 R.Reyes	No Registro	Título Croquis de Dimensiones Transformador Trifásico	Esc. 2x
Revisado 18-09-87 F.Miranda	Opcia. responsable PTPR	Potencia: 40/40/40 MVA 58.7-13x0.565 / 22.9 / 10 kV Altitud: 1000 msnm, Tipo: TD3LF 60 Hz	Logo
Aprobado 18-09-87 F.Miranda	OP: 770003/2V23	LUZ DEL SUR S.A.	Pop. 1
Revisión D1: Se modificó Pta.C. - 26.05.88 RR/FR		1LPE770003D40M40	Cont. 2
ABB		ABB S.A.	

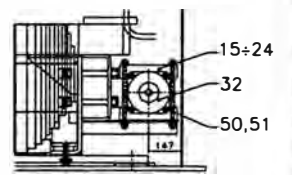


U,V,W

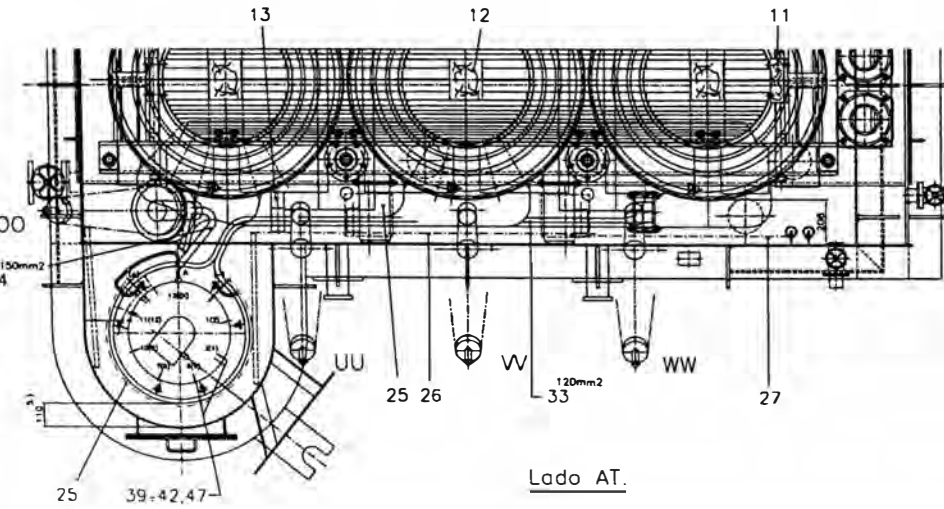
Corte B-B



Detalle "C"



Vista "A"



Lado AT.

Distancias mín. a respetar

Conexión AT.	=	←
Tensión de prueba durante 1 minuto	=	140 kV.
Tensión onda de choque	=	325 kV.
Conexión AT. contra tierra (U,V,W,OO)	=	50mm. (Aisl. 30e) - Superficie plana.
	=	150mm. contra aristas sin redondear.
Conexión AT. contra tierra	=	80mm. s/barrera
U1,U2.....U13,Uo,U+,U-	=	120mm. contra aristas redondeadas.
	=	150mm. contra aristas sin redondear
Entre reg. diferente fase.	=	60mm.
Entre cruces conex. U1...U13,Uo,U+,U- (misma fase)	=	10mm. a aislar a 24e. Ver tabla adjunta.

- En casa no venga conectado conectar al conmutador Ua,Va,Wa con Uk,Vk,Wk. con cable Pos.33, aislado a 20e.

Observaciones

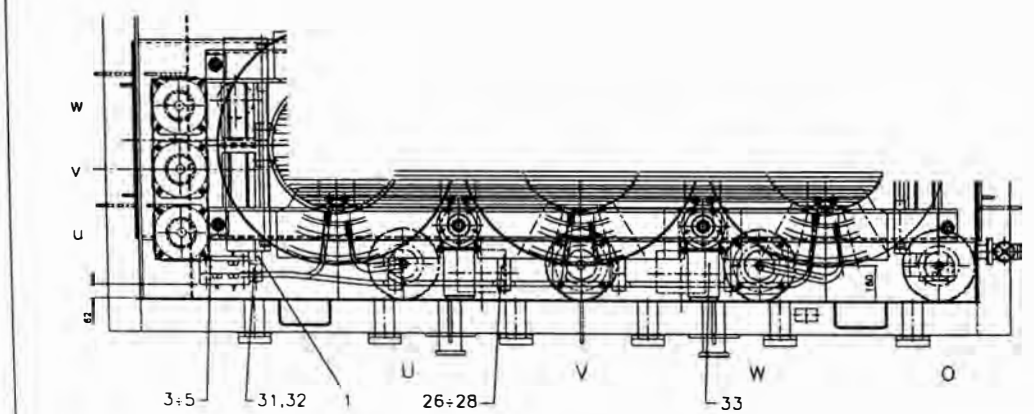
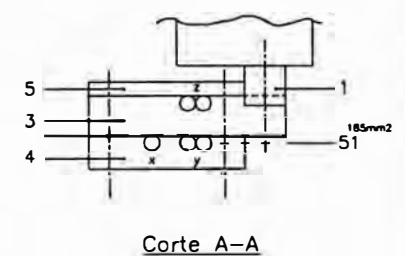
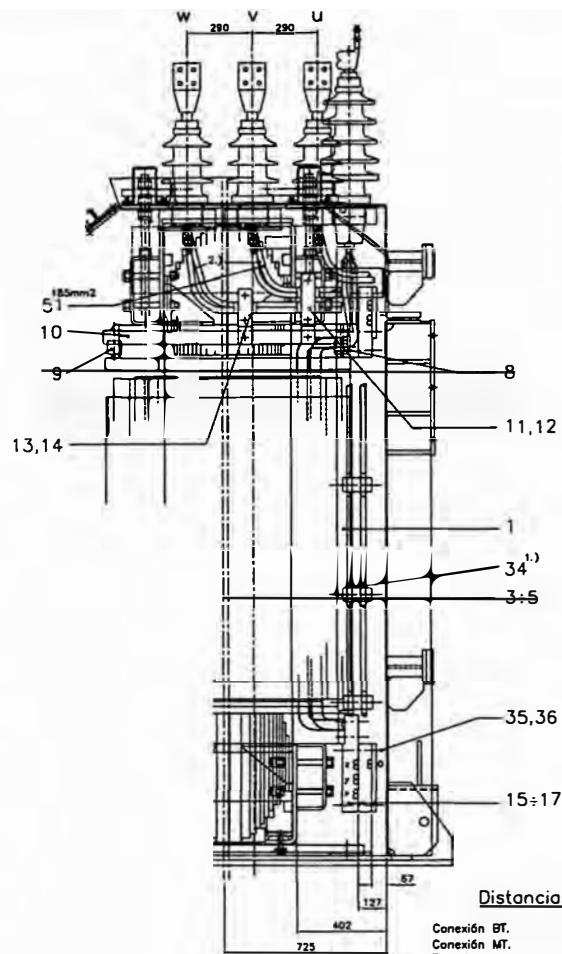
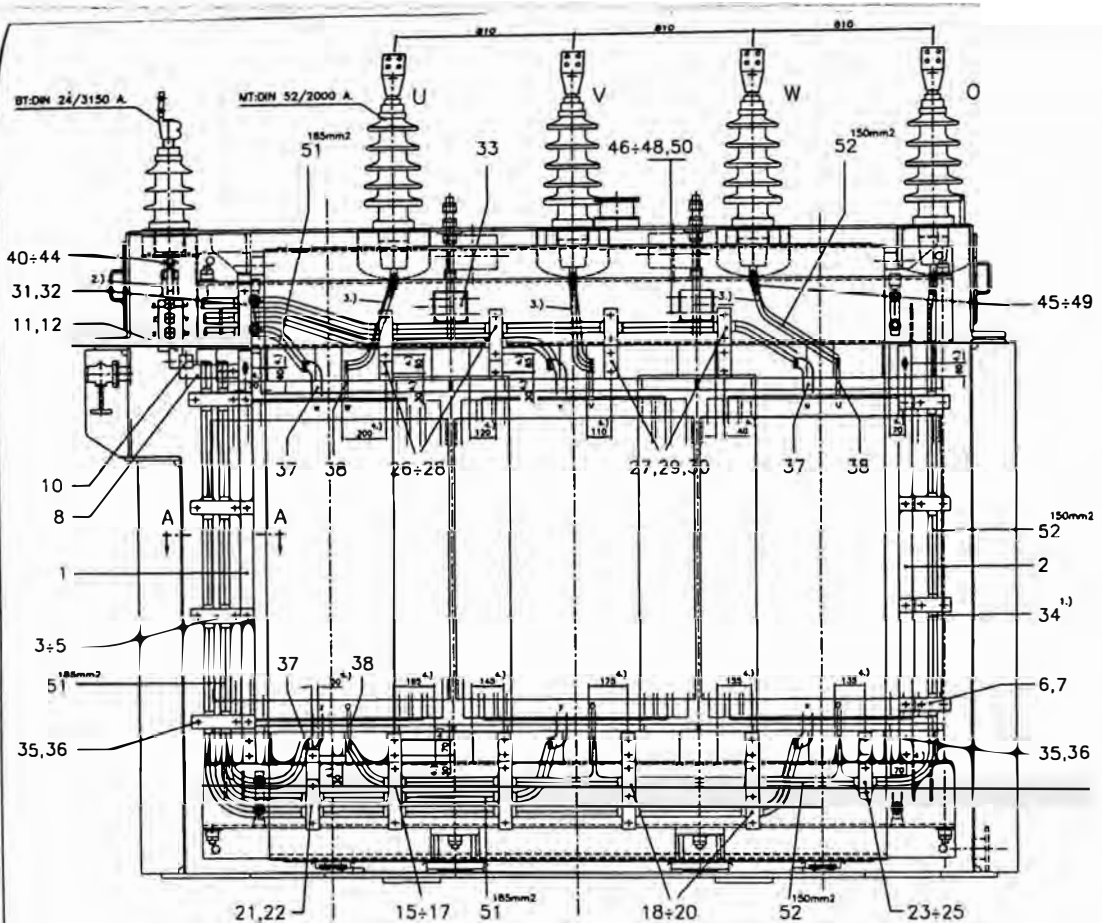
- 1) En todas las bridas colocar vendaje Pos.28.
 - 2) Adicionar aislamiento a 2 mm. de papel.
 - 3) Para ingresar cable al borne, presentar borne.
 - 4) Hacer huecos roscada M16x35 profundidad en apoyos de madera según medidas indicadas.
 - 5) Controlar y respetar estas medidas.
- Si es necesario adoptar soporte. Pos.49.

Conexión

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Uo	U+	U-
1																
2																
6																
7	X															
8	X	X														
9	X	X	X													
10	X	X	X	X												
11	X	X	X	X	X											
12	X	X	X	X	X	X										
13	X	X	X	X	X	X	X									
Uo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
U+	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
U-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

En estos cruces aislar a 25e. o darle distancia mínima de 10 mm.

Elaborado 24/09/2007 R.Reyes	No Registrado	Plano	Esc. 1:10
Revisado 24/09/2007 F.Miranda	Dpto. responsable PTPR	DERIVACIONES AT.	Limp. S
Aprobado 24/09/2007 F.Miranda	OP: 770003/21/23/27/28	Luz del Sur S.A.	Prop. 1
ABB ABB S.A.		1LPE770003DDE	Cont. 1



Lado BT.

Distancias mín. a respetar

- Conexión BT. = Δ
- Conexión MT. = ←
- Tensión de prueba e 1 minuto: BT = 28 kv.
- Tensión de prueba e 1 minuto: MT. = 50 kv.
- Tensión onda de choque: BT. = 75 kv.
- Tensión onda de choque: MT. = 125 kv.
- Conexión BT. contra tierra = 10 mm./ 30 mm (aristas vivas)
- Conexión MT. contra tierra = 20 mm./ 50 mm (aristas vivas)
- Entre conexiones BT. y MT. = 20 mm.
- Entre conexiones Terc. diferente fase = 15 mm.

Observaciones

- 1.) En todas las bridas colocar vendaje Pas.34.
 - 2.) Conex.BT.: En fase O2 cables de 185 mm² = 370 mm².
En línea O4 cables de 185 mm² = 740 mm².
 - 3.) Conex.MT.: Al borne llegarán O2 cables de 150 mm² = 300 mm².
 - 4.) Según medidas indicadas hacer agujeros roscados M16x30 profundidad en apoyos de madera.
- Dónde es necesario adaptar soporte Pas.33.

Instalación y retiro de testigos para medición de DP

- Se deberá enrollar, sobre la capa exterior del aislamiento del conductor que une la bobina con el alfiler, un tramo del mismo papel aislante, fácil de retirar, que sirva de testigo para comprobar sus condiciones después del secado y las pruebas de fábrica. Realizar esto de acuerdo a procedimiento de Luz del Sur GA-PR-016 Item3 Revision:00 (Ver EF2 Posición 98)

Dibujado 24/09/2007 J.Vilca	No Registro	TRUc	DERIVACIONES BT. y MT.	Etc. 1:10
Revisado 24/09/2007 F.Miranda	Dist. responsable PTPR			
Aprobado 24/09/2007 F.Miranda	OP: 770003/21/23/27/28		Luz del Sur S.A.	Prop. S
ABB			ABB S.A.	1LPE770003DB



ABB S.A.

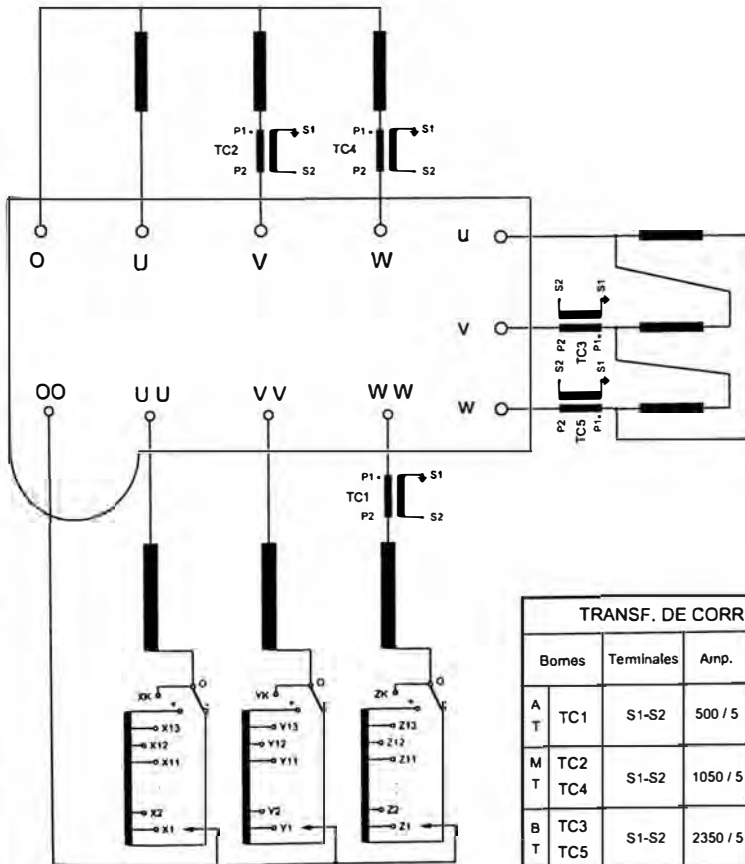
TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA CON CONMUTADOR BAJO CARGA

Tipo : TD3LF	Nr. de Serie : 770003-01	Año de fabric. 2007	Norma CEI 60076	Potencia (MVA)			Refrigeración: ONAN/ONAF1/ONAF2				
Grupo de conexión : YNyn0d5	No. de Fases : 3	Frecuencia : 60 Hz.		AT	MT	BT	Incremento de Temp.: 60 / 65 °C				
BIL : AT- PN / MT - PN / BT : 325 - 325 / 125 - 125 / 75 kV.				ONAN	25.0	25.0	25.0	Temp. ambiente promedio : 30 °C			
Altura de instalación : 1000 m.s.n.m.				ONAF1	32.0	32.0	32.0	Peso Total : 60 000 Kg.			
Instalación : Exterior - Interior				ONAF2	40.0	40.0	40.0	Peso desmontable : 36 000 Kg.			
Tensión			Corriente (40 MVA)			Impedancia (Valores medidos - 40 MVA)			Peso Tanque y acc. : 13 200 Kg.		
Pos.	AT	MT	BT	AT	MT	BT	AT - MT	AT - BT	MT - BT	Peso transp. sin aceite . 43 000 Kg.	
1	65 345 V.	22 900 V.	10 000 V.	353.4 A.	1008.5 A.	2309.4 A.	6.4 %	11.3 %	3.8 %	Peso de aceite (20°C) : 12 300 Kg.	
14	58 000 V.	22 900 V.	10 000 V.	398.2 A.	1008.5 A.	2309.4 A.	5.9 %	10.8 %	3.8 %	Volúmen aceite (20 °C) : 13 820 Lts.	
27	50 655 V.	22 900 V.	10 000 V.	455.9 A.	1008.5 A.	2309.4 A.	5.8 %	10.6 %	3.8 %		
Corriente de Cortocircuito AT - MT - BT (Duración 2 seg.) : 8.0 - 25.2 - 57.7 kA				Peso transporte completamente armado : 58 800 Kg.							
Máxima presión Positiva en el Tanque conservador : 1 Kg/cm2				Peso transporte bajando nivel de aceite 200 mm. de la tapa. con radiadores desmontados: 53 900 Kg.							
Máxima presión Negativa en el Tanque conservador : 0.0005 Kg/cm2				Pérdidas del Cobre (medidas) en pos. 14 a 40 MVA. AT - MT (75 °C) : 135.3 kW.							
Dimensiones totales (largo x ancho x alto) : 4.5 x 4.2 x 4.07 m.				Pérdidas del Cobre (medidas) a 40 MVA. MT - B.T (75 °C) : 126.2 kW.							
ACEITE AISLANTE : NYNAS ORION I				MATERIAL CONDUCTORES : Cu.				Pérdidas del Cobre (medidas) en pos. 14 a 40 MVA. AT - BT (75 °C) : 139.7 kW.			
CONTENIDO PCB : < 1 ppm.				PERDIDAS EN VACIO (medidas) : 25.7 kW.							

CONMUTADOR BAJO CARGA MR : M III 500 Y -72.5-B-14271W CORRIENTE Máx. 500 A. / BIL 325 kV.

¡PRECAUCION ! ALTA TENSION EN BORNES AL ABRIR EL SECUNDARIO DE LOS TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

¡PRECAUCION ! LEVANTAR TODO EL TRANSFORMADOR DE LAS OREJAS DEL TANQUE.



Bornes	Terminales	Amp.	V.A.	Clase
A T	TC1	S1-S2	500 / 5	15 3
M T	TC2 TC4	S1-S2	1050 / 5	15 3
B T	TC3 TC5	S1-S2	2350 / 5	15 3

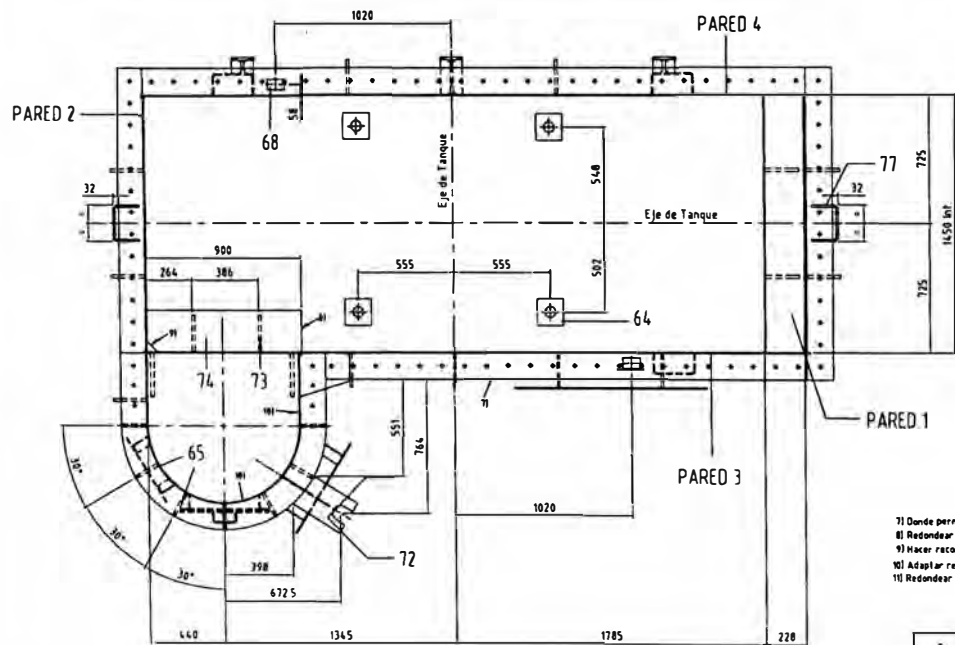
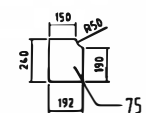
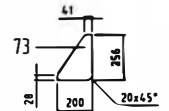
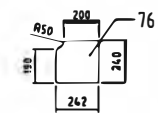
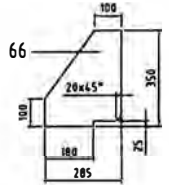
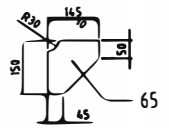
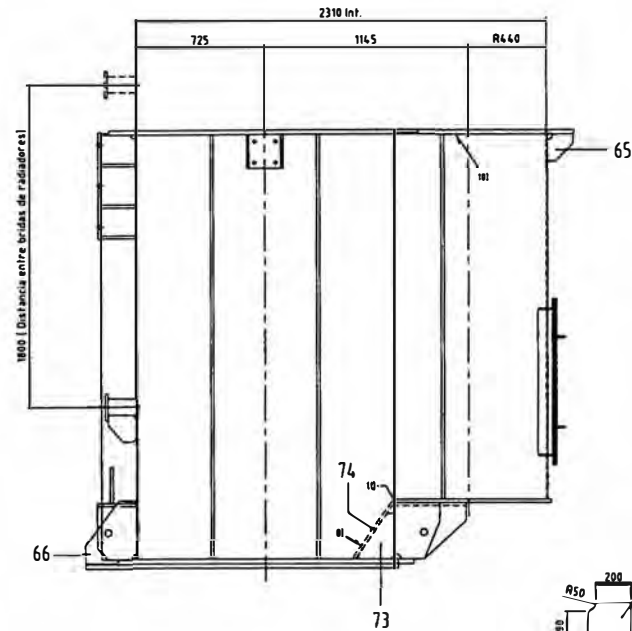
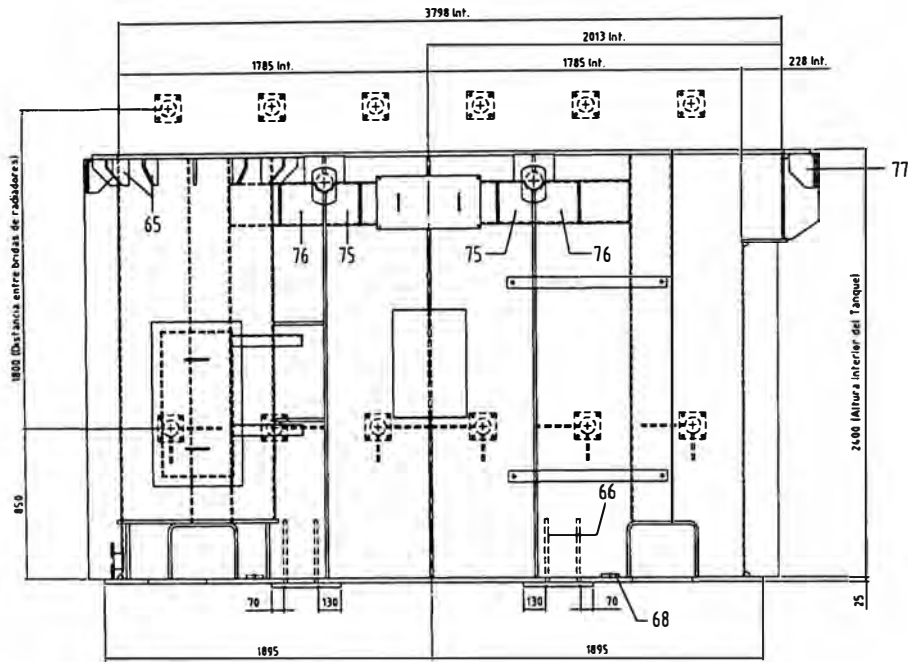
TC1, TC2, TC3 : Para monitor de temperatura.
TC4, TC5 : Para regulador de tensión.

CONEXION	Pos.	TENSION (V)	Amper ONAF2	CONEXION SELECTOR	CONEXION PRESELECTOR
	1	65 345	353.4	1	
	2	64 780	356.5	2	
	3	64 215	359.6	3	
	4	63 650	362.8	4	
	5	63 085	366.1	5	
	6	62 520	369.4	6	
	7	61 955	372.7	7	
	8	61 390	376.2	8	
	9	60 825	379.7	9	
	10	60 260	383.2	10	
	11	59 695	386.9	11	
	12	59 130	390.5	12	
	13	58 565	394.3	13	
	* 14	58 000	398.2	K	
	15	57 435	402.1	1	
	16	56 870	406.1	2	
	17	56 305	410.2	3	
	18	55 740	414.3	4	
	19	55 175	418.6	5	
	20	54 610	422.9	6	
	21	54 045	427.3	7	
	22	53 480	431.8	8	
	23	52 915	436.4	9	
	24	52 350	441.1	10	
	25	51 785	446.0	11	
	26	51 220	450.9	12	
	27	50 655	455.9	13	

* POSICION DE AJUSTE DEL CONMUTADOR

CONEXION	TENSION (V)	CORRIENTE (A)
	10 000	ONAF2
		2 309.4

CONEXION	TENSION (V)	CORRIENTE (A)
	22 900	ONAF2
		1008.5



- No incluye pruebas de rayos X a estructura metálica
 - En los tanques se deberán realizar las siguientes pruebas:

- 1) Prueba e ultrasonido
- 2) Pruebas de tintes penetrantes
- 3) Prueba de niebla salina
- 4) Prueba de adherencia
- 4) Prueba de hermeticidad (realizadas por INDAL en sus instalaciones, con presencia de representante de PEABB)

PESO TOTAL DE TANQUE : 5216 Kg.
 COLOR DE ACABADO : POLIURETANO RAL 7032

70	2	ILPE76003DTR		St 37	SOPORTE SEGURIDAD	15.0
76	4		25x24x240	St 37	REFUERZO DE PIVOTE	44.3
75	4		25x19x240	St 37	REFUERZO DE PIVOTE	34.9
74	1		16x385x900	St 37	REFUERZO	43.5
73	2		16x200x256	St 37	REFUERZO	8.3
72	1	YPCT 616237	A=150, B=320, C=315, D=5, E=25, F=295		SOP CAB CONMUTADOR	5.0
71	1	ILPE770003DG			Refuerzos superior de radiadores	6.2
70	1	YPCT 410174	L=3150		Adaptar espaldas en montajes	6.0
69	2	T 4.2106			Refuerzos interior de radiadores	3.7
68	2	YPCT 4661630 RI			CUNAS DE DESMIVEL	3.7
67					PLATINA CONEX A TIERRA	2.2
66	4		20x205x350	St 37	REFUERZO	46.8
65	7		16x145x150	St 37	REFUERZO	14.0
64	4	IL 230016-44			SOPORTE DE GUIA	12.5

- 7) Donde pernos de amarre tanque y 1400 se intercepten con las vigas soldar pernos de anclaje
 8) Redondear aristas con R=8
 9) Hacer recorte de 60x45° para escape de gases
 10) Adaptar recortes
 11) Redondear con R12

D	C	B	Rev. Int.	Revisión	Appd	Date	ABB	ABB S A	Diseno	770003/21/23/27/28	1LPE770003DTR
								Revisión: 18-05-07 R Reyes Aprobado: 18-05-07 F Miranda Proyecto: 18-05-07 F Miranda Escala: 1:1 Peso: 5216 kg Material: 1LPE770003DTR		TITULO: TANQUE SOLDADO Hoja: 3 Total: 3	



ABB S.A.

PROTOCOLO PRUEBA DE VACIO

OP 770023 Luz del Sur

Fecha: 01/05/2008

Presión Inicial: 3.50 mbar

* Presión Mín Requerida: 6.66 mbar

Hora Inicio:12:00 PM

** Variación Máx: 1.99 mbar

	Hora	Presión mbar	Deformación 1 mm	Deformación 2 mm
1	12:00	3.5	0	0
2	1:00	3.5	0	0
3	2:00	3.6	0	0
4	3:00	3.6	0	0
5	4:00	3.6	0	0
6	5:00	3.7	0	0
7	6:00	3.7	0	0
8	7:00	3.7	0	0
9	8:00	3.7	0	0

* Presión mínima de vacío requerida para iniciar la prueba.

**Variación Máx requerida después de dos horas de la desconexión de la bomba de vacío: 1.99 mbar

Esta prueba se ha realizado cumpliendo con las especificación técnica de Luz del Sur.

Equipo Utilizado: Vacuómetro Digital Marca Pfeiffer Vacuum N° PTG28280

Eduardo Becerra Bonelli
Jefe de Control de Calidad



ABB S.A.

PRUEBA DE SOBREPRESIÓN

CLIENTE : LUZ DEL SUR S.A.A. | ORDEN DE PRODUCCIÓN: 770023 | NUMERO DE SERIE: 770023-01

MEDIDAS

Presión: 3.0 PSI	Tiempo de Prueba: 17.5 Horas	Intervalos de Medida: 1 Hora	
Hora de Inicio: 2:30 PM	Hora de Término: 8:00 AM	23/05/2008	
HORA	PRESIÓN	TEMPERATURA	OBSERVACIONES
2:30 PM	3.0 PSI	23 °C	NINGUNA
3:30 PM	3.0 PSI	22 °C	NINGUNA
4:30 PM	3.0 PSI	22 °C	NINGUNA
5:15 PM	3.0 PSI	21 °C	NINGUNA
7:00 AM	3.0 PSI	20 °C	NINGUNA
8:00 AM	3.0 PSI	20 °C	NINGUNA
/			

Supervisor: Eduardo Becerra Bonelli

Todos nuestros Transformadores se fabrican bajo nuestro Sistema de Aseguramiento de Calidad que esta de acuerdo a la norma ISO 9001:2000

CONSTRUCCIONES METALICAS S.R.L.

Fabricación de Estructuras Metálicas

R.U.C. N° 20292435224

Certificado del Proceso de Pintura

Cliente: ABB S.A.

Orden de producción: 770023

Potencia: 40.0 Mva.

Proyecto: Luz del Sur

Esquema de Pintura: Interior: Epoxi (Color Blanco)
Exterior: Epoxi-Poliuretano (Color según requerimiento)

Proveedor: Corporación Mara S.A. (Pinturas Aurora)

Productos	Espesor Promedio Mínimo	Descripción
Base Epoxi Polvo de Zinc	3 mills (76.2 micras)	Base Anticorrosiva de 3 Componentes
Base Zincromato Epoxi	5 mills (127 micras)	Base Bicomponente Epoxi-Poliamida
Esmalte Poliuretano	2 mills (50.8 micras)	Acabado Bicomponente Poliuretano

Punto de Inspeccion		Norma o Requerimiento	Condicion
Material Tratado con Granalla Metalica	Bsa 2 1/2	SIS 05 59 00-1967	Aprobado
Espesor de pintura total	10 mills		Aprobado
Adherencia de pintura	Grado 4B	ASTM D-3359-93	Aprobado
Color de pintura de acabado	RAL 7032	Carta de Colores RAL	Aprobado

Inspector:

Aprobado:

Lima, 14 de Abril del 2008

CONSTRUCCIONES METALICAS S.R.L.

Fabricación de Estructuras Metálicas

R.U.C. N° 20292435224

CERTIFICADO DE HERMETICIDAD

Nro 030408

Fecha de emisión: 14-Abr-08

CLIENTE ABB S.A

PROYECTO Luz del sur

PRODUCTO Estructura Metálica Trifásica 40.0 Mva

CANTIDAD 01 PZA

ORDEN DE PRODUCCIÓN 770023

PROCESO Prueba de Hermeticidad

PRUEBAS

Prueba de Presión Neumática al 100% al

Conjuntos de Tapa, Tanque, Conservador y Adicionales

Medios de prueba : Aire Comprimido

Presión de aire comprimido: 0.5 atm.

Manómetro: Marca "Nuova Fima S P A " Rango "0 a 2 Bar" Código "MGO-30"

Tiempo: 30 Minutos

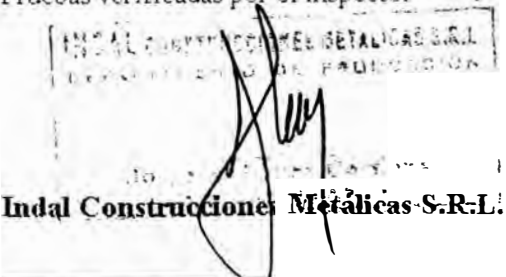
Resultado: Certificamos que las Estructuras metalicas
están herméticos al 100%

Pruebas realizadas por el operario

Antonio Velasque Cuaresma

Pruebas verificadas por el inspector :

Jesus Espinoza Alfaro


Indal Construcciones Metalicas S.R.L.

INFORME TÉCNICO
C.S. 08.04.130

REPORTE DE INSPECCIÓN POR ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

A SOLDADURA DE FABRICACIÓN DE CARCAZA

PROYECTO: CARCAZA DE TRANSFORMADOR ABB

INDAL CONSTRUCCIONES METÁLICAS S.R.L.

ABRIL– 2008

REPORTE DE INSPECCIÓN POR ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

SOLICITADO POR	INDAL CONSTRUCCIONES METÁLICAS S.R.L. Ing. Aquiles López
LUGAR DE LA INSPECCIÓN	Talleres de INDAL Jr. Los Cinceles # 372 - San Juan de Lurigancho
ASUNTO	Realización de ensayos no destructivos mediante la técnica de: Ultrasonido – haz angular. Tintes penetrantes. a soldadura a tope y a filete de fabricación de carcaza de transformador INDAL
REFERENCIA	Orden de fabricación OP 770023
FECHAS DE LA INSPECCIÓN	15 de abril del 2008
REALIZADO POR	CONTROL SERVICE GROUP S.A.C. Ing. Antonio Montoya A. Nivel II END. Ing. Franco Calderón A. Nivel II END. Tec. Carlos Urquiza M. Nivel II RT - PT
NORMA APLICADA	American Society of Testing and Materials ASTM Vol.03.03.NDT. Códigos ANSI / AWS D1.1 – 2006 Structural Welding Code / Steel. ASME V Nondestructive Testing.

1. OBJETIVO.

Evaluar la soldadura de fabricación de la carcaza de transformador realizada por juntas a tope y a filete a fin de descartar y/o verificar la posible existencia de defectos no aceptables por la norma y dar su ubicación, tamaño, profundidad y orientación para su reparación e inspección hasta su aceptación final antes del proceso final pintado y montaje.

2. ELEMENTOS INSPECCIONADOS.

Se evaluó la soldadura tanto filete como unión a tope por en diferentes uniones que conforman la carcaza para colocar un transformador de mediana potencia:

Siendo las características las dadas a continuación:

Equipo	Carcaza
Tipo de junta	A tope y filete.
Espesor de plancha	6mm y 8mm.
Cantidad	8 cordones inspeccionados por UT. 9 sectores inspeccionados por TP.
Tipo de soldadura	SMAW
Material	ASTM A36.

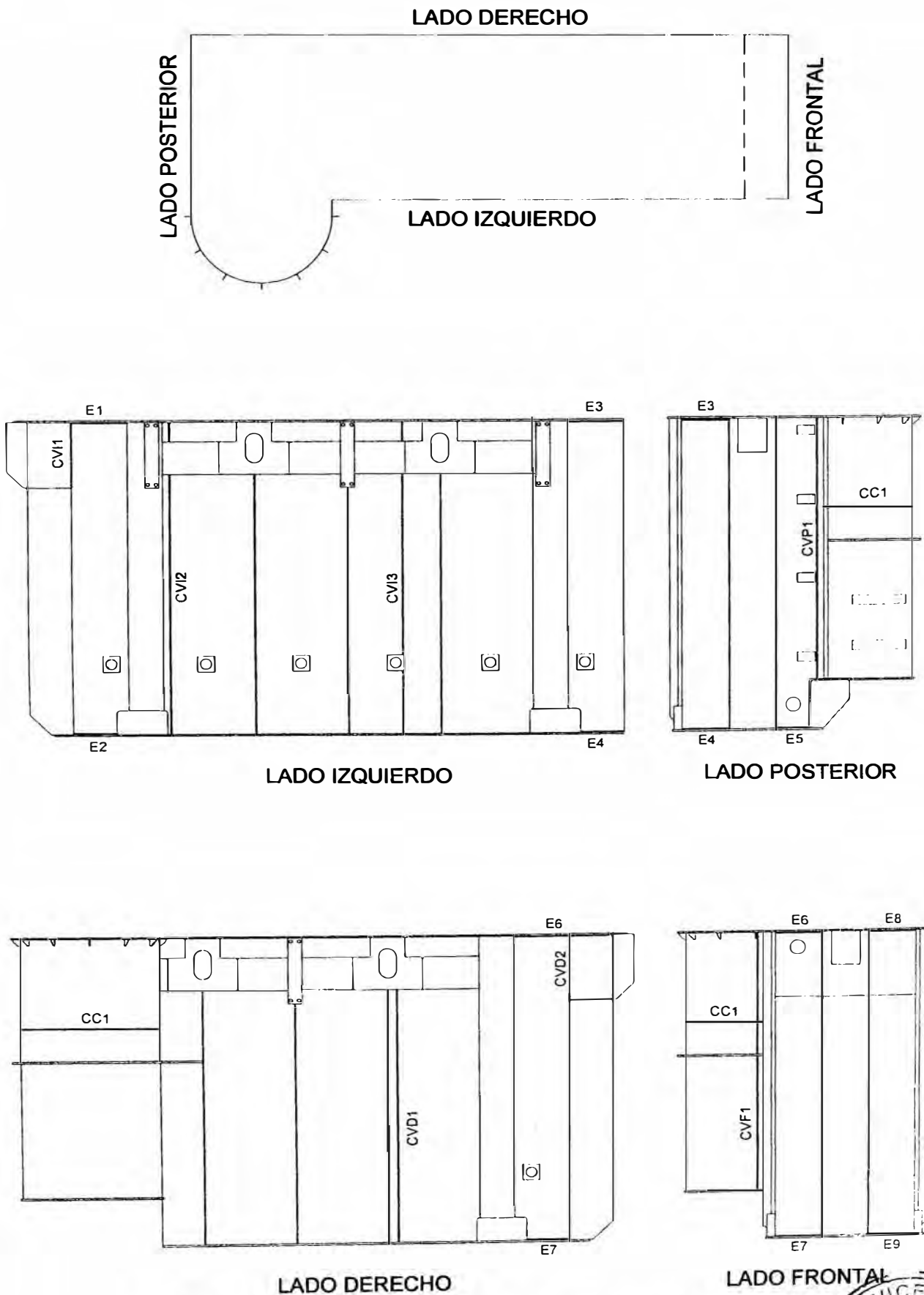


Figura N° 1: Identificación de las zonas inspeccionadas por UT y PT



3. TÉCNICAS EMPLEADAS.

Para la evaluación de la soldadura se utilizaron las siguientes técnicas:

- *Inspección por la técnica de Ultrasonido – haz angular.*
- *Inspección por la técnica de Tintes penetrantes coloreado visibles.*

A continuación se da una breve descripción de la técnica empleada.

3.1. ULTRASONIDO – HAZ ANGULAR.

La inspección de la soldadura a tope tiene por finalidad determinar la calidad de la unión, verificando su continuidad y en caso de encontrar defectos sub superficiales, no aceptables por la norma en uso, eliminarlos, corregirlos a fin de garantizar una soldadura aceptable.

3.1.1. Método Aplicado.

En el trabajo de inspección por ultrasonido se utilizó la técnica de pulso-eco (emisor-receptor) empleado para examinar y detectar defectos internos y superficiales en la soldadura de acuerdo a proceso de soldar (SMAW). Por la configuración, diseño de junta y dimensiones de la soldadura se empleó el barrido ultrasónico de haz angular a la totalidad de la soldadura a tope.

3.1.2. Equipo Usado

- Equipo de Ultrasonido marca SONATEST SITESCAN 130 Digital – pantalla LCD.
- Transductor PQC5025 circular Ø0.25", 2.25MHz SONATEST, BNC - BNC / de 0.25" con zapata angular de 70°.
- Patrón de calibración: tipo V – 2 de IIW y V – 1 de IIW.
- Muestra patrón de calibración.

3.1.3. Procedimiento.

En función del espesor de las planchas de cada zona inspeccionada y las recomendaciones de la norma usada, se empleó un transductor angular de 70° determinándose el área de barrido ultrasónico: salto (S) y medio salto (S/2) con respecto al eje de soldadura para evaluar todo el volumen del cordón.

Para la calibración del equipo se utilizó un ancho de pantalla de 200 mm. usando el patrón IIW1, así mismo para la evaluación de todo el ancho de la soldadura en función del espesor de las planchas (6 y 8mm), se utilizó una escala horizontal ancho de pantalla de 50mm.

Previa a la inspección fue necesario la limpieza de la zona adyacente al cordón de soldadura por medios mecánicos (eliminación de salpicaduras y óxido)

La calibración de sensibilidad del equipo se realizó usando el patrón de calibración IIW 1 llevando el eco del agujero del patrón a una altura del 80% de la pantalla, lo cual servirá como referencia la cantidad de decibeles para obtener la indicación rating "d" de los defectos que se pudieran encontrar.

El barrido ultrasónico fue realizado por la cara A y a ambos lados del cordón de soldadura.

El cordón de soldadura inspeccionado, será evaluado y comparado de acuerdo a los criterios de aceptación de la norma y/o código usada (**AWS D1.1 – 2006 Sección 6.13 UT Apéndice 6.13.1 Acceptance Criteria for Statically Loaded Nontubular Connections**).

Los defectos que pudieran encontrarse serán marcados en sitio indicando al soldador su longitud, profundidad y morfología para su inmediata reparación e inspección posterior.

3.2. PRUEBA POR TINTES PENETRANTES.

3.2.1. Técnica Aplicada.

Por el tipo de material a inspeccionar y uso, se empleó el método B, Tipo 1; Líquidos Penetrantes coloreados, lavables con agua y aplicados en aerosol.

3.2.2. Material utilizado.

Líquidos Penetrantes marca "MAGNAFLUX" no clorinados de las siguientes características:

- | | |
|-----------------|----------|
| 1. Penetrante : | SKL – WP |
| 2. Revelador | SKD – S2 |
| 3. Limpiador | Agua |

3.2.3. Procedimiento.

El procedimiento es la que se describe a continuación:

- | | |
|---------------------------|---|
| 1.- Limpieza | Por medios manuales a fin de eliminar toda clase de suciedad en los cordones de soldadura según las indicaciones del ASTM E165-95. |
| 2.- Aplicación penetrante | Aplicación de líquido penetrante en aerosol SKL-WP. Tiempo de penetración: 15 minutos. |
| 3.- Limpieza penetrante | Eliminación del exceso de penetrante con trapo industrial humedecido en agua y secado a la brevedad. |
| 4.- Aplicación revelador | Aplicación de una capa fina y continua del revelador en aerosol SKD-S2. |
| 5.- Observación | Después de 5 minutos de aplicado el revelador se ubican, interpretan y registran las discontinuidades presentes para su aceptación o rechazo. |

4. RESULTADOS.

4.1. ULTRASONIDO – HAZ ANGULAR.-

- Se inspeccionaron 08 cordones de soldadura de junta a tope, siendo un total de 10.00 metros de soldadura aprox.
- En los cordones de soldadura identificadas como CVI2, CVI3, CVP1, CVF1 y CC1, se encontró defectos de escoria, siendo estas reparadas de manera inmediata.
- Todos los demás cordones de soldadura fueron inspeccionados no encontrándose indicaciones relevantes las cuales sean necesario reparar.
- Las zonas a inspeccionar fueron indicadas por personal supervisor del taller.

Los cordones inspeccionados se pueden observar en los gráficos adjuntos en las hojas de resultados de ultrasonido identificándose por código y ubicación.

En la siguiente hoja se dan la tabla con los resultados de la inspección

4.2. TINTES PENETRANTES.-

Se inspeccionó y calificaron 9 sectores distribuidos en la carcasa del transformador en la zona de las esquinas del equipo y tapas así como una plancha de acero inoxidable con uniones del tipo unión a filete que sumaron un total de 5.60 mts de soldadura aprox.

Estas zonas fueron marcadas de acuerdo a lo solicitador por el cliente tal como se hizo en anteriores inspecciones.

Se observaron indicaciones tipo poros en la esquina del sector E3, la cual fue reparada y reinspeccionados inmediatamente quedando una soldadura continua y aceptable por la norma en uso. Las condiciones y/o aspecto de los cordones de soldadura se observan en las fotografías adjuntas.

Se adjuntan las hojas de resultados de la inspección por tintes penetrantes.

REGISTRO DE INSPECCION POR LA TECNICA ULTRASONICA

DATOS DEL EQUIPO UTILIZADO

SOFTWARE APLICADO	AWS D1.1	EQUIPO UTILIZADO:	SONATEST SITESTSCAN 130 N/S 09CE67	TRANSDUCTOR UTILIZADO	SONATEST PQC5025 2.25Mhz	ZAPATA UTILIZADA	Quick Wedge 70 Ø 0.25"
BLOQUE DE REFERENCIA	<input checked="" type="checkbox"/>	CONEXIÓN USADO	BNC - MICRODOT	FECHA DE CALIBRACIÓN	02/04/08	dB REFERENCIA	70 dB
ION ELECTRONICA	<input type="checkbox"/>					ACOPLANTE:	GEL UTX

DATOS DE INSPECCIÓN

DE CALIFICACION	Bloque para Tuberías	NORMA DE CALIFICACIÓN	AWS D1.1	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN:	CSGPRUT - 001 - AWS D1.1	TIPO DE SOLDADURA	SCAW	ESCALA USADA	50 mm
DE ELEMENTO INSPECCIONADO	Carcaza de transformador	ZONA INSPECCIONADA	soldadura a tope longitudinal	ACCESO A LA SOLDADURA	SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	FECHA DE INSPECCIÓN			15/04/08

RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN

Ident. Elemento Inspeccionado	Condición superficial del elemento	"d" Rating	Ubicación del defecto			Tipo de defecto localizado	Angulo Entrada o incidencia	Calificación	Observación
			L	P	Distancia punto 0				
CV11	Sin pintura - liso	—	—	—	—	—	70	Aceptable	—
CV12	Sin pintura - liso	—	2	—	9	Escoria	70	Rep. - Acep.	Se reparo escoria
	Sin pintura - liso	—	4	—	9	Escoria	70	Rep. - Acep.	Se reparo escoria
CV13	Sin pintura - liso	—	2	—	13	Escoria	70	Rep. - Acep.	Se reparo escoria
	Sin pintura - liso	—	3	—	16	Escoria	70	Rep. - Acep.	Se reparo escoria
	Sin pintura - liso	—	1	—	9	Escoria	70	Rep. - Acep.	Se reparo escoria
CVP1	Sin pintura - liso	—	4	—	42	Escoria	70	Rep. - Acep.	Se reparo escoria
	Sin pintura - liso	—	2	—	64	Escoria	70	Rep. - Acep.	Se reparo escoria



Observaciones: para la ubicación de defectos se indicara en ubicación de defecto, la distancia respecto a un punto inicial de referencia, longitud de la indicación, tipo; lineal, (fisuras, grietas etc.), redondeada tipo porosidad y profundidad para que se tomen las medidas correctivas de reparación antes de su aceptación y puesta en servicio.

l = longitud

p = profundidad

distancia = posición de eje punto 0 al defecto

DATOS DE PERSONAL INVOLUCRADO

REALIZADO POR

REVISADO POR

NOMBRE

CARGO

FIRMA

NOMBRE

CARGO

FIRMA

Control Service Group s.a.c.

CLIENTE: INDAL CONSTRUCCIONES METÁLICAS S.R.L.

REV: 01

PROYECTO: CARCAZA DE TRANSFORMADOR INDAL

PAG: 02 DE 02

REGISTRO DE INSPECCIÓN POR LA TÉCNICA ULTRASONICA

DATOS DEL EQUIPO UTILIZADO

SOFTWARE APLICADO: AWS D1.1
 EQUIPO UTILIZADO: SONATEST SITESTAN 130
 TRANSDUCTOR UTILIZADO: SONATEST PQC5025 2.25MHz
 ZAPATA UTILIZADA: Quick Wedge 70
 Ø 0.25"
 TIPO DE REFERENCIA:
 CALIBRACION ELECTRONICA:
 CONEXIÓN USADO: BNC - MICRODOT
 FECHA DE CALIBRACIÓN: 02/04/08
 dB REFERENCIA: 70 dB
 ACOPLANTE: GEL UTX

DATOS DE INSPECCIÓN

BLOQUE DE CALIBRACION: Bloque para Tuberías
 NORMA DE CALIFICACIÓN: AWS D1.1
 PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN: CSGPRUT - 001 - AWS D1.1
 TIPO DE SOLDADURA: SMAW
 ESCALA USADA: 50 mm
 TIPO DE ELEMENTO INSPECCIONADO: Carcaza de transformador
 ZONA INSPECCIONADA: soldadura a tope longitudinal
 ACCESO A LA SOLDADURA: SI NO
 FECHA DE INSPECCIÓN: 15/04/08

RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN

Ident. Elemento Inspeccionado	superficial del elemento	Rafing	Ubicación del defecto			Tipo de defecto localizado	Angulo Entrada o incidencia	Calificación	Observación
			L pig.	P pig.	Distancia punto 0 pig.				
CVD1	Sin pintura - liso	—	—	—	—	—	70	Acceptable	—
CVD2	Sin pintura - liso	—	—	—	—	—	70	Acceptable	—
CVF1	Sin pintura - liso	—	1	—	4	Escoria	70	Acceptable	Se reparo escoria
	Sin pintura - liso	—	2	—	50	Escoria	70	Acceptable	Se reparo escoria
CC1	Sin pintura - liso	—	1.5	—	17	Escoria	70	Acceptable	Se reparo escoria
	Sin pintura - liso	—	2	—	35	Escoria	70	Acceptable	Se reparo escoria


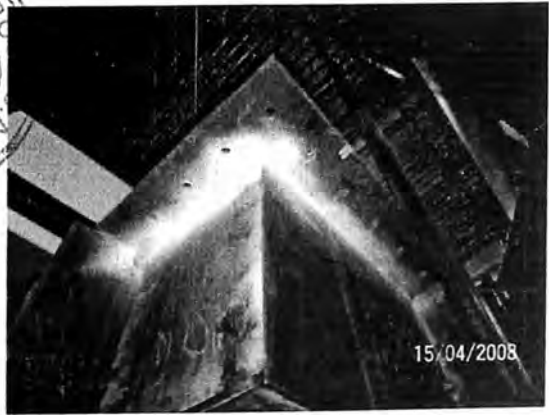


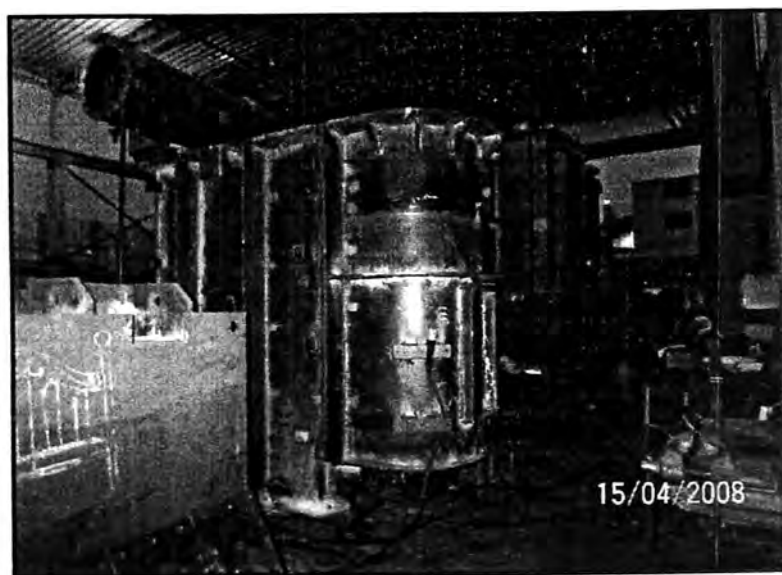
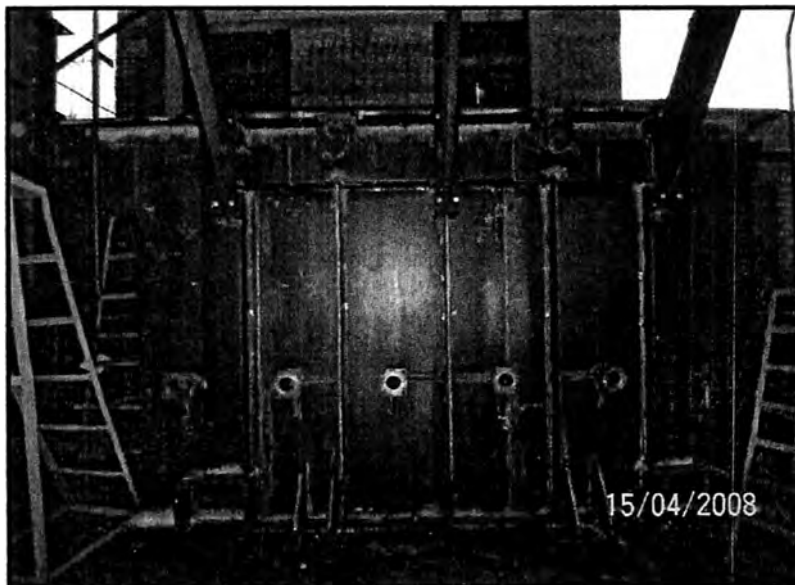
Observaciones: para la ubicación de defectos se indicara en la ubicación de defecto, la distancia respecto a un punto inicial de referencia, longitud de la indicación, tipo; lineal, (fisuras, grietas etc.), redondeada tipo porosidad y profundidad para que se tomen las medidas correctivas de reparación antes de su aceptación y puesta en servicio.

l = longitud p = profundidad distancia = posición de eje punto 0 al defecto

DATOS DE PERSONAL INVOLUCRADO

REALIZADO POR			REVISADO POR		
NOMBRE	CARGO	FIRMA	NOMBRE	CARGO	FIRMA

Control Service Group s.a.c.		INDAL CONSTRUCCIONES METALICAS S.R.L.			INFORME N° : CS.08.04.130	
					HOJA : 01 DE 01	
LIQUIDOS PENETRANTES		PROCEDIMIENTO N° CSTP-00-004		REV. 01	D I A	ENSAYO : 15.04.08
		NORMAS ANSI / AWS D1.1 – 2006 Structural Welding Code / Steel.				REENSAYO : 15.04.08
DENOMINACIÓN SOLDADURA DE FABRICACIÓN DE CARCAZA					DISEÑO N° --	REV. 01
OPIOS N° ---	REGISTRO N° ---	POSICIÓN N° ---	APLICACIÓN ---		CONDICIÓN SUPERFICIAL LIMPIEZA CON ESCOBILLA	
METAL BASE / ADICION ASTM A36						
LIQUIDO SKL-WP		REVELADOR SKD - S2		TÉCNICA COLORADO <input checked="" type="checkbox"/>		LIMPIEZA FINAL SI <input checked="" type="checkbox"/>
REMOVEDOR AGUA		EMULSIFICADOR -		FLUORESCENTE <input type="checkbox"/>		NO <input type="checkbox"/>
LUGAR EXAMINADO	INDICACIÓN RELEVANTE					CROQUIS
	N°	TIPO	REF. CERO	LONG. cm.	COND.	
Esquinas de carcaza						
E1	--	--	--	--	A	
E2	--	--	--	--	A	
E3	2	P	0	0.2	R-A	
E4	--	--	--	--	A	
E5	--	--	--	--	A	
E6	--	--	--	--	A	
E7	--	--	--	--	A	
E8	--	--	--	--	A	
						
DEFECTOS						
MF : Microfisura		FF : Falta de Fusión		CONDICION:		
F : Fisura		PO : Porosidad		A : APROBADO		
ES : Escoria		SO : Socavación		R : REPARAR		
PF : Falta de Penetración		OV : Overlap		REC : RECOMENDACIONES EXAMEN COMPLEMENTARIO		
LUGAR / DIA 15.04.08		INSPECTOR AUTORIZADO Carlos M. Urquiza Minchola INSPECTOR - NIVEL II-RT-PT			OBSERVACIONES	



Fotografía N° 1-3 : Vista general de la carcaza inspeccionada por UT y PT

El presente informe consta de.....*Diez*.....hojas
selladas, firmadas y numeradas del 1 al.....*10*.....

Lima, 16 de Abril de 2008



.....
Ing. Antonio Montoya A.
Inspector de Soldadura

informe de ensayo

ICP/INF-087/2008

SOLICITANTE
INDAL CONSTRUCCIONES
METÁLICAS S.R.L.
Atención: Ing. Aquiles López

SERVICIO SOLICITADO
Ensayos de control de calidad de 02
(dos) sistemas de pintura

REFERENCIA
ICP/PRE-042/2008

FECHA
San Miguel, 12 de mayo de 2008

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL ICP-PUCP



90
AÑOS





INFORME DE ENSAYO ICP/INF-087/2008

SOLICITANTE: INDAL CONSTRUCCIONES METÁLICAS S.R.L.
Atención: Ing. Aquiles López
DOMICILIO: Jr. Los Cinceles N° 372 San Juan de Lurigancho
TELÉFONO / FAX: 376-0510 / 459-5251
SERVICIO SOLICITADO: Ensayos de control de calidad de 02 (dos) sistemas de pintura
REFERENCIA: ICP/PRE-042/2008
OTROS DATOS: _____
MUESTREO: Realizado por el solicitante
FECHA: 12 de mayo de 2008

1. DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS

El solicitante proporcionó 02 (dos) grupos de probetas de acero con medidas aproximadas de 152mm x 100mm y 2,0 mm de espesor, protegidas por ambas caras con un recubrimiento de color gris. Cada grupo de probetas corresponde al mismo sistema de pintura (de acuerdo a lo indicado por el solicitante).

El primer grupo de probetas, codificado como 2008EA0245, estaba compuesto por 07 (siete) planchas pintadas, identificadas de la A a la G; mientras que el segundo grupo se codificó como 2008EA0246 y estaba compuesto por 08 (ocho) planchas pintadas, identificadas de la A a la H. La Tabla 1 muestra la distribución de las planchas pintadas para cada ensayo efectuado en esta evaluación.

Tabla 1.- Distribución de las probetas por ensayo para la presente evaluación.

Código PUCP	Código CLIENTE	N° de muestras	Ensayo de niebla salina	Ensayo de adhesión	Contramuestra
2008EA0245	OP 770021	07	A		
			B		
			C		
					D
					E
				F	
				G	
2008EA0246	OP 770023	08	A		
			B		
			C		
					D
					E
				F	
				G	
					H

2. FECHA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS

2008-04-24

3. FECHA DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS

del 2008-04-25 al 2008-05-06



INFORME DE ENSAYO ICP/INF-087/2008

4. MÉTODOS DE ENSAYO

4.1. ENSAYO DE NIEBLA SALINA Y MEDICIÓN DE ESPESOR

Antes del ensayo de niebla salina se procedió a medir el espesor total del recubrimiento aplicado sobre ambos grupos de probetas (las quince probetas), siguiendo el procedimiento basado en la norma ASTM B 499-96 *Standard Test Method for Measurement of Coating Thicknesses by the Magnetic Method: Nonmagnetic Coatings on Magnetic Basis Metals* (ver resultados en la **Tabla 4**).

El equipo utilizado fue el medidor de espesor Deltascope MP30, marca Fischer, el cual fue calibrado antes del ensayo con estándares de $23,0 \pm 0,5 \mu\text{m}$ y $254 \pm 12,7 \mu\text{m}$.

De las tres probetas escogidas en cada grupo para el ensayo de niebla salina neutra, dos probetas fueron expuestas sin incisión (codificadas como A y B) y una con incisión (codificada como C). Se practicó una incisión horizontal de aproximadamente 7 cm sobre la probeta codificada como C. Otras 02 (dos) probetas, codificadas como E y F, fueron separadas como testigos. Los bordes de todas las probetas fueron protegidos con cinta adhesiva aislante y las superficies limpiadas con etanol, para retirar restos de polvo y grasa adheridos.

Las probetas pintadas presentaron una superficie brillante, ligeramente rugosa y con algunas manchas y rayaduras superficiales. En las **Fotografías 1 a 4** se muestra el estado general de las probetas antes del ensayo.

Las muestras fueron ensayadas en cámara de niebla salina siguiendo el procedimiento basado en la norma ASTM B 117-03. Las condiciones del ensayo de corrosión acelerada fueron las siguientes:

• Duración del ensayo	264 horas
• Solución salina	NaCl 5% en peso
• Temperatura interior de la cámara	+ 35° C
• Presión del aire	1,0 bar aprox.

4.2. CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN DE LAS PROBETAS DESPUÉS DEL ENSAYO DE NIEBLA SALINA NEUTRA.

La evaluación de las probetas al final del ensayo se realizó de acuerdo a los procedimientos descritos en las siguientes normas:

• Grado de oxidación	ASTM D 610-01.
• Grado de ampollamiento	ASTM D 714-02.
• Degradación en la incisión	ASTM D 1654-05.

La norma ASTM D 610-01, *Standard Test Method for Evaluating Degree of Rusting on Painted Steel Surfaces*, se basa en un estándar visual para la designación del **grado de herrumbre** o **grado de oxidación** de un sistema de pintura. El estándar muestra una serie de dibujos (27 en total) que representan los diferentes grados de herrumbre como un porcentaje del área afectada, así como la distribución que presenta el óxido sobre la superficie evaluada. Las relaciones entre el grado de oxidación o grado de herrumbre, el porcentaje de área afectada y la distribución del óxido se muestran en la **Tabla 2**.



INFORME DE ENSAYO ICP/INF-087/2008

Tabla 2.- Relación entre el grado de oxidación, el porcentaje de área afectada y la distribución del óxido según la norma ASTM D 610-01.

Grado de oxidación	Porcentaje de área afectada	Ejemplos visuales de la distribución del óxido sobre la superficie		
		Localizada	General	Puntiforme
10	Sin oxidación o menos de 0,01 % de área aherrumbrada	—	—	—
9	Menos de 0,03 % de área aherrumbrada	9-S	9-G	9-P
8	Pocas manchas de herrumbre aisladas, menos de 0,1 % de área aherrumbrada	8-S	8-G	8-P
7	Menos de 0,3 % de área aherrumbrada	7-S	7-G	7-P
6	Manchas generalizadas de herrumbre, pero menos de 1 % de área aherrumbrada	6-S	6-G	6-P
5	3 % del área aherrumbrada	5-S	5-G	5-P
4	10 % de área aherrumbrada	4-S	4-G	4-P
3	Aproximadamente una sexta parte del área aherrumbrada	3-S	3-G	3-P
2	Aproximadamente una tercera parte del área aherrumbrada	2-S	2-G	2-P
1	Aproximadamente la mitad del área aherrumbrada	1-S	1-G	1-P
0	Aproximadamente 100 % del área aherrumbrada	—	—	—

La norma ASTM D 714-02, *Standard Test Method for Evaluating Degree of Blistering of Paints*, constituye un estándar visual y se basa en la utilización de una serie de fotografías para acceder a la clasificación del **grado de ampollamiento** en categorías de tamaño (tamaños 2, 4, 6, 8 y 10), donde 10 representa ninguna ampolla, 8 representa el menor tamaño de ampolla observado a simple vista y 6, 4, 2 representan tamaños progresivamente mayores de ampollamiento. La norma también clasifica la densidad del ampollamiento en cuatro categorías: F (poca), M (media), MD (medio densa) y D (densa).

La norma ASTM D 1654-05, *Standard Test Method for Evaluating of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments*, describe un método para evaluar el daño producido en la zona de incisión. Los paneles pintados fueron expuestos con una incisión horizontal practicada según se indicó en el apartado 4.1. Al finalizar el ensayo los paneles expuestos fueron lavados con agua potable. Luego, las incisiones fueron raspadas vigorosamente con una espátula metálica y el daño observado (corrosión o desprendimiento de la pintura) a partir de la incisión fue medido, en milímetros, según la escala que se presenta en la **Tabla 3**.



INFORME DE ENSAYO ICP/INF-087/2008

Tabla 3. - Grado de daño en la zona de incisión según la norma ASTM D 1654-05.

Milímetros	Grado
Cero	10
> 0 a 0,5	9
> 0,5 a 1	8
> 1 a 2	7
> 2 a 3	6
> 3 a 5	5
> 5 a 7	4
> 7 a 10	3
> 10 a 13	2
> 13 a 16	1
> 16	0

Asimismo, las probetas fueron evaluadas en cuanto a la formación de herrumbre en esquinas y bordes.

4.3. ENSAYO DE ADHERENCIA

Se utilizaron dos planchas pintadas de cada grupo de probetas (codificadas como F y G) para el ensayo de adherencia siguiendo un procedimiento basado en la norma ASTM D 3359-02, *Standard Test Methods for Measuring Adhesion by Tape Test - Test Method A*.

5. RESULTADOS

5.1. Medición del espesor total del recubrimiento de pintura

Tabla 4.- Espesor total del recubrimiento de pintura gris aplicado sobre las probetas.

Muestra	Espesor de recubrimiento, μm (mils)				Número de medidas
	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo	
2008EA0245	412 (16,2)	83,9	242	555	70
2008EA0246	369 (14,5)	55,5	250	525	80

5.2. Ensayo de niebla salina

En las Tablas 5 y 6 se presenta el reporte del deterioro del sistema de pintura (oxidación, ampollamiento, degradación en la incisión, presencia de herrumbre en bordes, etc.) después del ensayo de niebla salina.

Tabla 5.- Descripción del estado final de la muestra 2008EA0245 después de 264 h de ensayo en cámara de niebla salina.

Muestra 2008EA0245	Oxidación ASTM D 610	Ampollamiento ASTM D 714	Incisión ASTM D 1654	Formación de herrumbre
Probeta A	10	10	-----	-----
Probeta B	9-P	10	-----	-----
Probeta C (incisión horizontal)	9-P	10	10	Se observó una ligera formación de herrumbre a lo largo del 20 % de la incisión, aproximadamente (ver Fotografías 6 y 7).



INFORME DE ENSAYO ICP/INF-087/2008

Tabla 6.- Descripción del estado final de la muestra 2008EA0246 después de 264 h de ensayo en cámara de niebla salina.

Muestra 2008EA0246	Oxidación ASTM D 610	Ampollamiento ASTM D 714	Incisión ASTM D 1654	Formación de herrumbre
Probeta A	9-P	10	—	—
Probeta B	9-P	10	—	—
Probeta C (incisión horizontal)	9-P	10	10	Se observó una ligera formación de herrumbre a lo largo de toda la incisión (ver Fotografías 9 y 10).

En las Fotografías 5 a 10 se presenta el estado final de las probetas con y sin incisión después de 264 horas de ensayo de niebla salina.

5.3 Ensayo de adherencia

Tabla 7.- Grado de adherencia de dos probetas con código 2008EA0245

Zona	Grado de adherencia
Probeta F	5 A – 5 A – 5A
Probeta G	5 A – 5 A – 5A

Tabla 8.- Grado de adherencia de dos probetas con código 2008EA0246

Zona	Grado de adherencia
Probeta F	5 A – 5 A – 5A
Probeta G	5 A – 5 A – 5A

- Condiciones durante el ensayo: temperatura y humedad relativa ambientales.

La norma clasifica la adherencia del recubrimiento en 6 grados:

- 5A Sin desprendimiento o levantamiento.
- 4A Desprendimiento ligero a lo largo de la incisión o en la intersección.
- 3A Desprendimiento dentado a lo largo de la incisión hasta 1,6 mm sobre cada lado.
- 2A Desprendimiento dentado a lo largo de la incisión hasta 3,2 mm sobre cada lado.
- 1A Desprendimiento de la mayoría del área de la incisión en "X" situada por debajo de la cinta adhesiva.
- 0A Desprendimiento total del área de la incisión en "X".

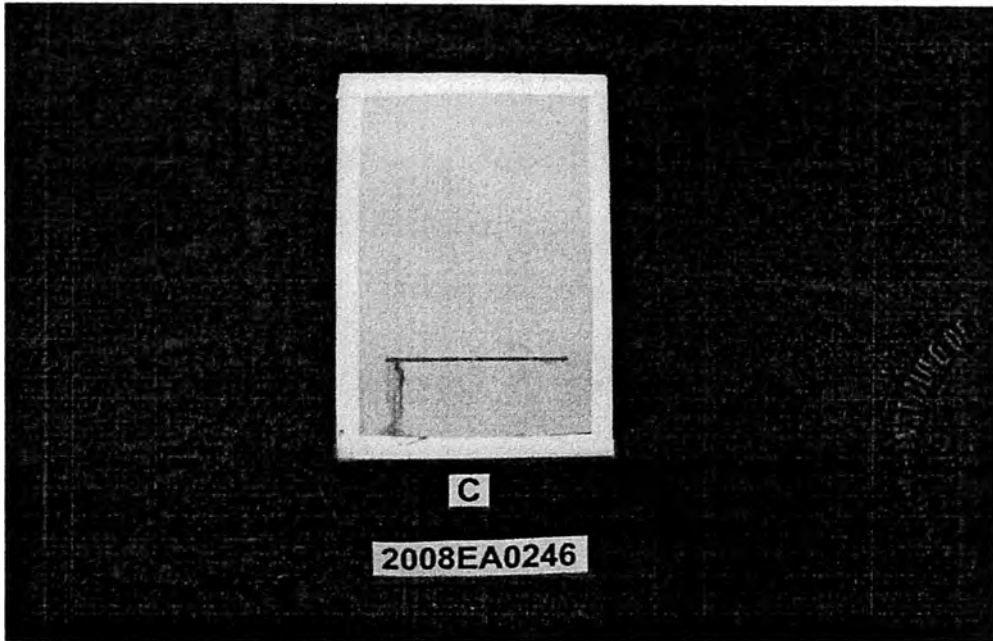
EL PRESENTE INFORME DE ENSAYO CONSTA DE 06 (SEIS) PÁGINAS DE TEXTO Y 10 (DIEZ) FOTOGRAFÍAS.

Laboratorio de Ensayos de Corrosión Acelerada
Dr. Ing. Víctor Andrade Carozzo

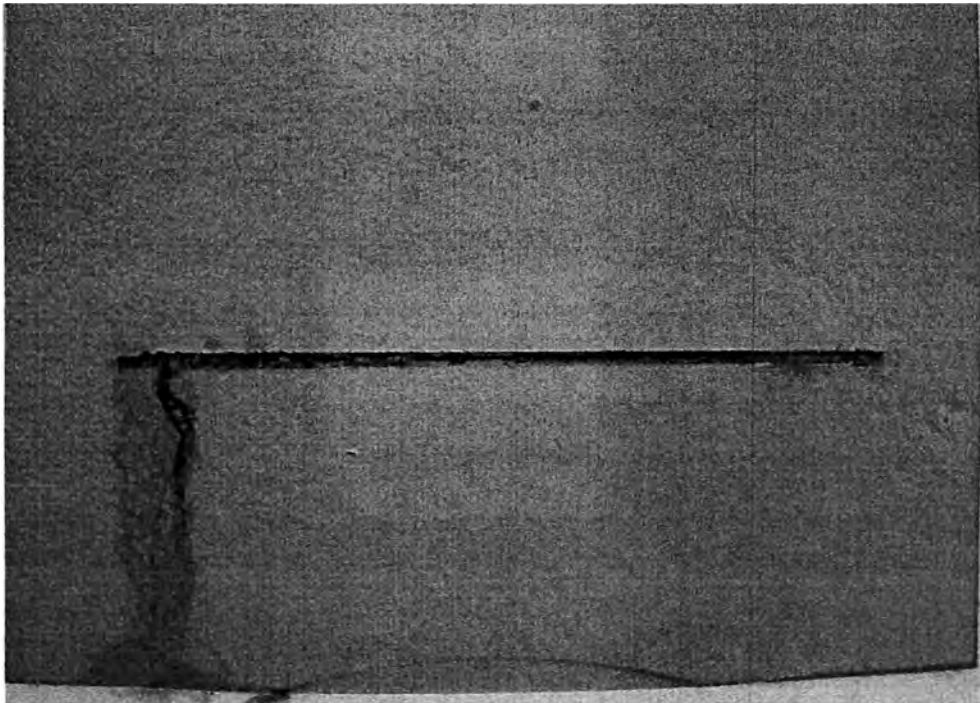
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Instituto de Corrosión y Protección

DR. SANTIAGO FLORES
DIRECTOR

INFORME DE ENSAYO ICP/INF-087/2008

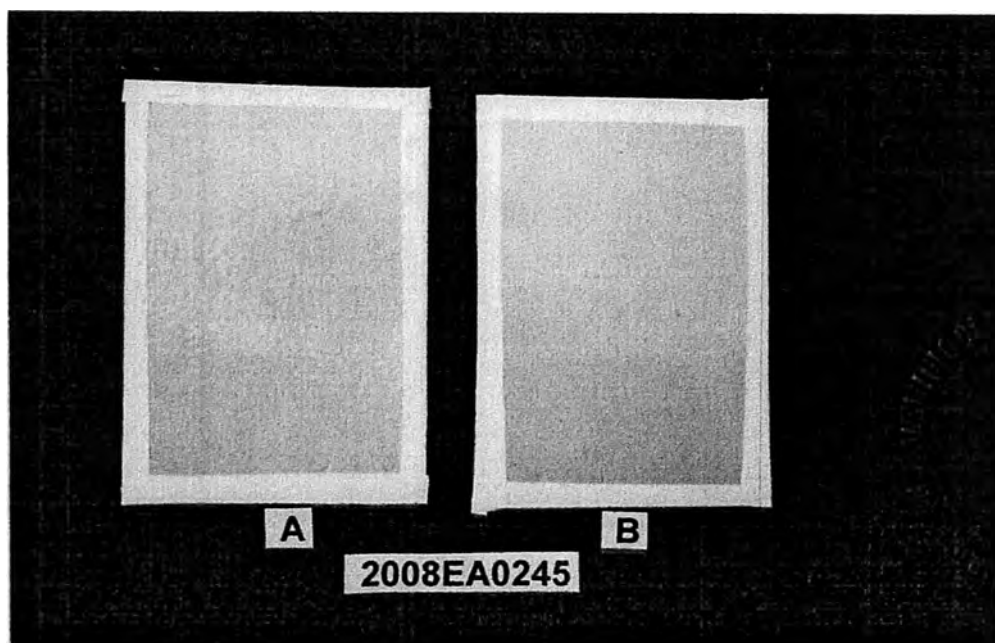


Fotografía 9.- Vista mostrando la incisión efectuada sobre la probeta C, después del ensayo de niebla salina.

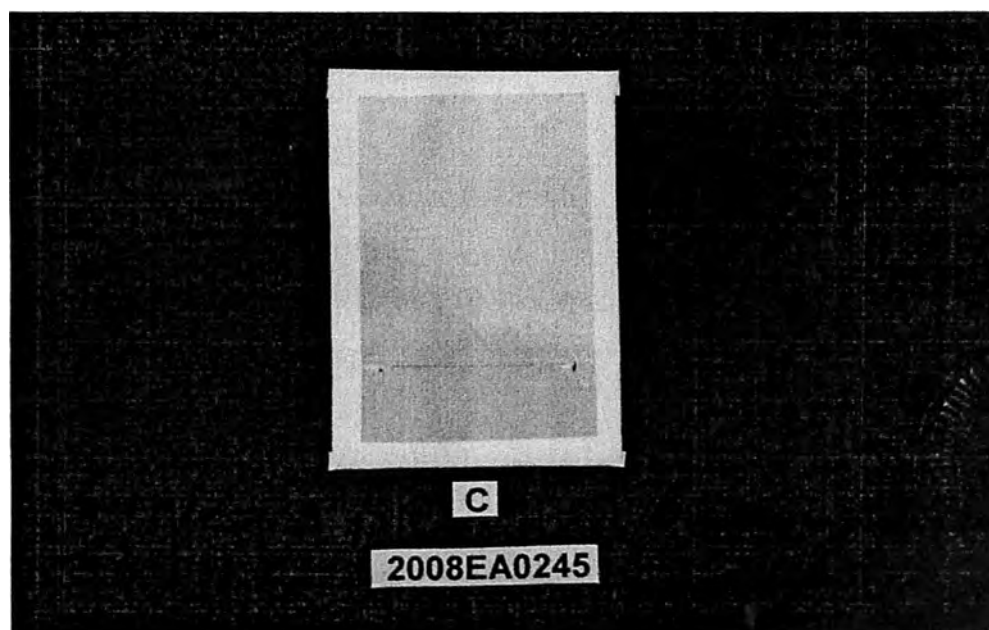


Fotografía 10.- Detalle de la incisión en la probeta de la Fotografía 9, después del ensayo de niebla salina.

INFORME DE ENSAYO ICP/INF-087/2008

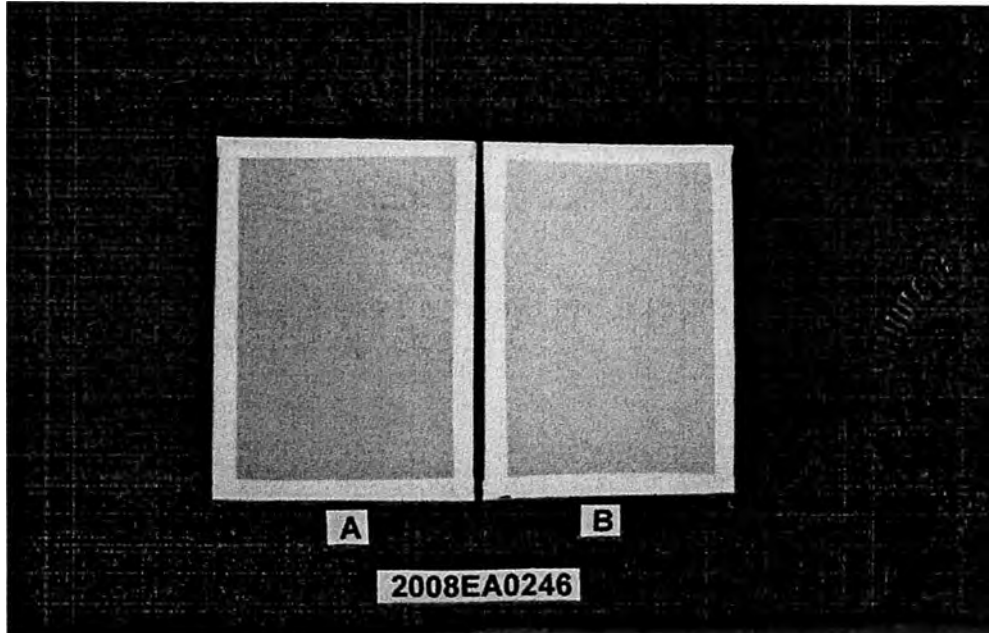


Fotografía 1.- Estado general de las probetas A y B, antes del ensayo.

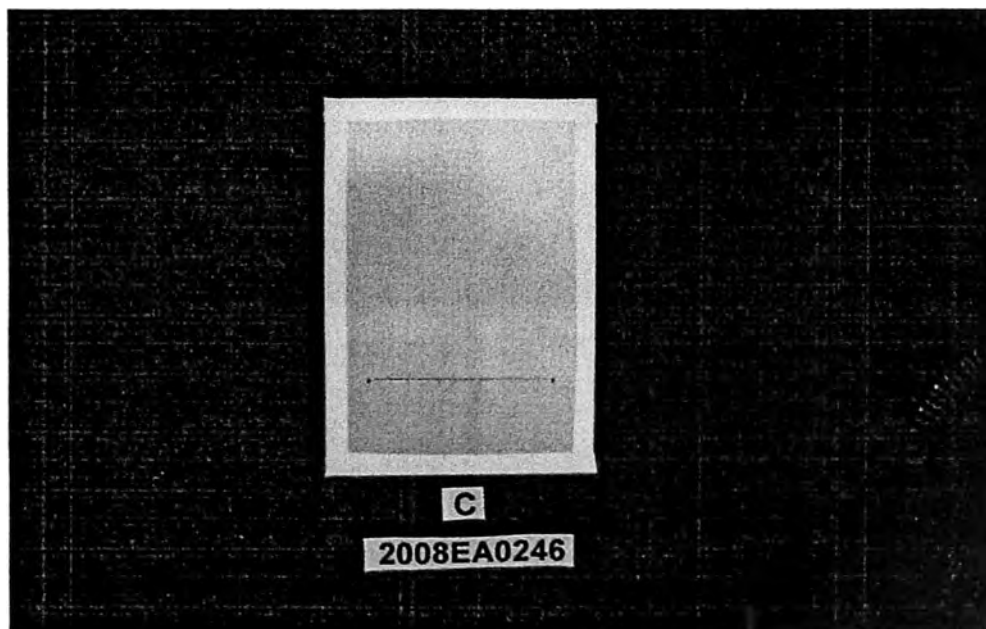


Fotografía 2.- Aspecto general de la probeta C, con incisión horizontal, antes del ensayo.

INFORME DE ENSAYO ICP/INF-087/2008

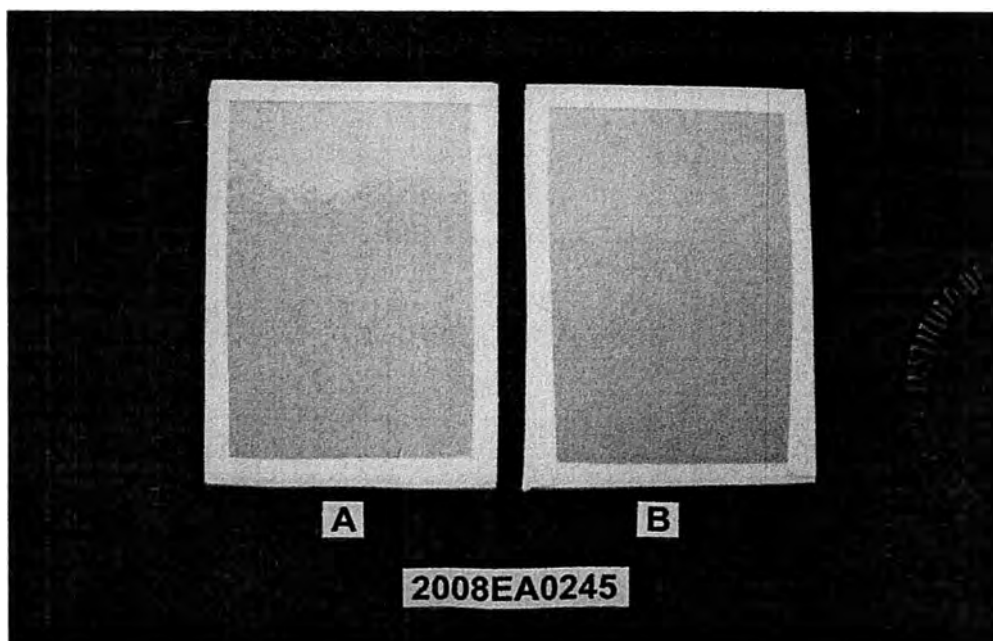


Fotografía 3.- Estado general de las probetas A y B, antes del ensayo.

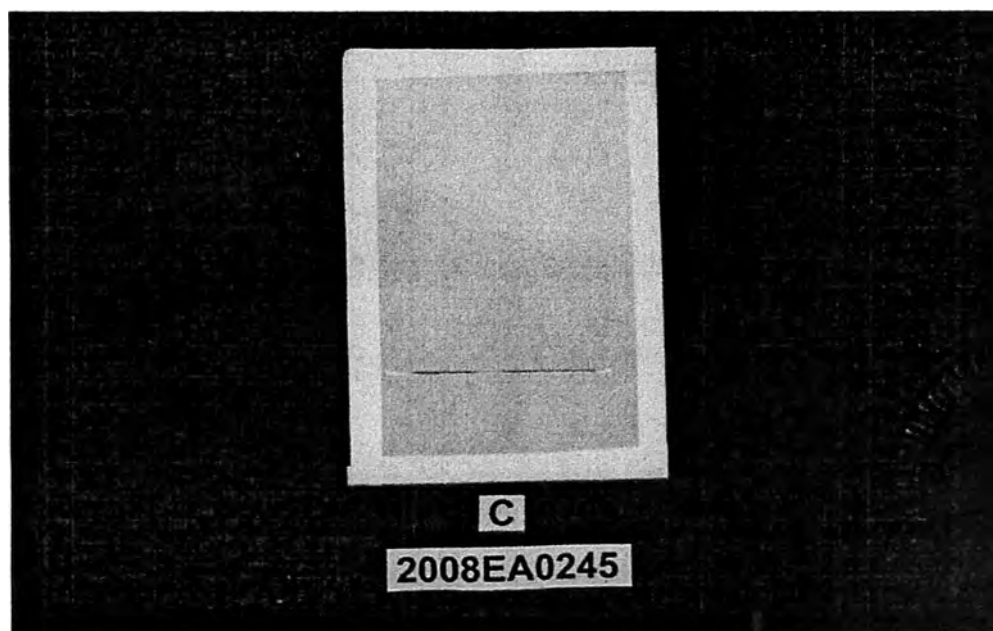


Fotografía 4.- Aspecto general de la probeta C, con incisión horizontal, antes del ensayo.

INFORME DE ENSAYO ICP/INF-087/2008

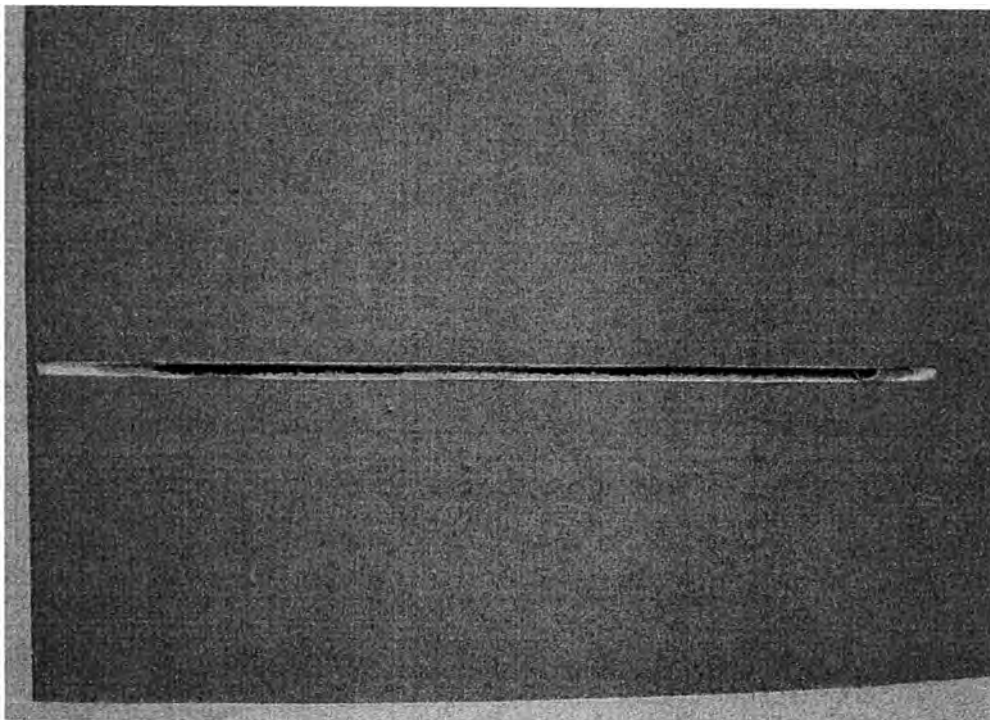


Fotografía 5.- Vista mostrando la superficie de las probetas A y B, después del ensayo de niebla salina.

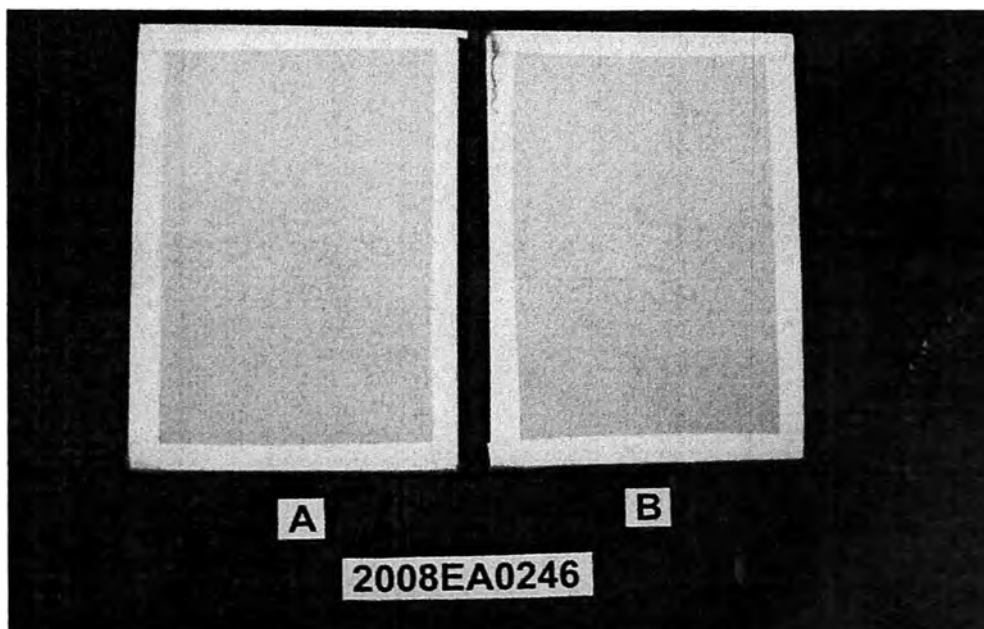


Fotografía 6.- Aspecto de la superficie de la probeta C, después del ensayo de niebla salina.

INFORME DE ENSAYO ICP/INF-087/2008



Fotografía 7.- Detalle de la incisión en la probeta de la Fotografía 6, después del ensayo de niebla salina.



Fotografía 8.- Aspecto de la superficie de las probetas A y B, después del ensayo de niebla salina.