

SECTOR ELECTRICO COLOMBIANO
SISTEMA DE CALIDAD

Volumen IV

Anexo I



ISA Interconexión Eléctrica S. A

La lámina a utilizar en la construcción del tanque deberá ser de un espesor tal que esté en capacidad de soportar todos los esfuerzos mecánicos originados por el propio peso del transformador y los esfuerzos producidos por sobrepresiones internas debido a sobrecargas o cortocircuitos.

El tanque de los transformadores deberá ser capaz de soportar sin deformarse presiones que van desde -0.65 Kg/cm^2 (vacío) a $+0.65 \text{ kg/cm}^2$ (sobrepresión) a nivel del mar.

Todas las uniones soldadas deberán presentar buena penetración y un excelente acabado superficial, libre de asperezas y poros. Estos puntos deberán poder soportar un esfuerzo mínimo igual al 150% del esfuerzo máximo que soporta el material de la lámina y cumplir con los procedimientos del código AWS.

Los cordones de soldadura y las partes principales deben ser unidas con materiales de la mejor calidad, y en donde sea posible, debe hacerse doble cordón de soldadura. Cuando se utilicen refuerzos en el tanque se deberá soldar con cordones continuos y que eviten el estancamiento del agua.

El diseño del tanque y sus accesorios deben evitar las cavidades donde se pueda acumular gas. La separación entre la parte activa y el fondo del tanque, deberá tener espacio suficiente para acumulación de sedimentos.

El diseño de los tanques debe ser tal que permita izar el transformador completo por medio de grúas y transportarlo por carretera, ferrocarril o barco, sin sobreesforzar las uniones que causen el subsecuente escape de aceite y deformaciones del tanque y la tapa.

Cada tanque debe ir provisto de los accesorios descritos en el numeral 3.9

Dentro del tanque deben existir guías que dirijan la izada o bajada del núcleo y bobinas.

El diseño del tanque de los transformadores debe disponer de una pestaña en la parte inferior o algo similar de tal manera que al colocar dicho tanque sobre una superficie plana, el fondo del mismo quede por encima del nivel de esa superficie.

4.6. DERIVACIONES

El cambio de derivación de los transformadores se harán por medio de un conmutador con un mínimo de 5 posiciones como se especificó en el numeral 2.4

La operación del conmutador se deberá efectuar con el transformador desenergizado por medio de una perilla colocada

en una parte externa del mismo, de tal manera que para efectuar la operación de conmutación el transformador no deberá destaparse ni deberá perder su hermeticidad. En la perilla de accionamiento, deberá marcarse claramente cada una de las respectivas posiciones de tensión. Los conmutadores deberán ser construidos para operación manual. El mecanismo propio de conmutación deberá colocarse internamente dentro del tanque del transformador y sumergido en el aceite. Los transformadores deben ser despachados con el cambiador en la derivación principal.

El cambiador de derivaciones, deberá ser fabricado en material de alta resistencia mecánica que mantenga constante la presión en los contactos durante la vida útil del transformador. Además soportará la elevación de la temperatura máxima admisible en la parte superior del aceite sin presentar deformaciones que puedan afectar la presión de los contactos.

4.7. BUJES TERMINALES

Los bujes terminales de los transformadores de distribución requeridos por estas especificaciones deben cumplir los niveles de aislamiento estipulados en el numeral 2.11.

Los bujes para transformadores de distribución, tipo intemperie, deberán tener las dimensiones dadas por la norma IEC 137.

Los transformadores trifásicos deben estar provistos con tres (3) bujes en el lado primario y cuatro (4) en el lado secundario, incluyendo el neutro accesible. El montaje de tales bujes sobre el tanque debe estar de acuerdo con la norma ICONTEC 1656. La posición de los bujes de alta tensión para transformadores trifásicos no necesita ser simétrica y deben estar fijos a la tapa en posición vertical y diseñados de manera que un aislador roto pueda ser reemplazado con facilidad.

Los transformadores monofásicos deben ir equipados con dos (2) bujes en el lado de alta tensión y tres (3) bujes en el lado de baja tensión, incluyendo el neutro accesible. El montaje de los bujes sobre el tanque del transformador debe estar de acuerdo con la norma ICONTEC 1490 y debe ser efectuado en forma individual.

La porcelana utilizada en los bujes debe ser homogénea, libre de cavidades u otro defecto que perjudique la resistencia mecánica o la calidad dieléctrica; debe estar perfectamente vitrificada y ser impermeable. El esmaltado de las partes de porcelana debe estar libre de imperfecciones tales como burbujas y/o quemaduras.

La instalación de los bujes debe ser tal que no permita el paso de la humedad al interior del transformador.

El aumento de temperatura de los bujes deberá cumplir con los requisitos establecidos en la norma IEC 137.

Los límites de radio influencia y de factor de potencia de los bujes de los transformadores deben estar de acuerdo con las normas ANSI C 76.1.6.1 y C 76.1.6.2 respectivamente.

Los requerimientos mecánicos que deben satisfacer los bujes, como son: dimensiones, presiones internas, deformaciones permisibles, etc., deben satisfacer la norma IEC 137. Las pruebas efectuadas sobre los mismos deben estar de acuerdo con la norma ANSI C 76.1.9.

Los bujes del lado de alta tensión deben estar equipados con conectores no soldados. Los terminales para los devanados de baja tensión deben ser para salidas verticales con conectores aptos para conectar conductores de cobre o aluminio.

Los conectores para la conexión a la línea en el lado de alta y en los terminales de baja tensión, estarán de acuerdo con las normas ICONTEC 1490 y 1656.

Los conectores de todos los transformadores deben estar de acuerdo con la capacidad de estos y la capacidad de corriente de los terminales.

El espacio externo entre los terminales de los bujes de baja tensión debe ser tal que provea la máxima distancia de seguridad entre partes metálicas vivas en el área de trabajo.

En caso de que se soliciten cuernos de arco estos deberán ser fabricados en acero inoxidable.

4.8. ACCESORIOS

Los transformadores deberán estar provistos, dispuestos y de acuerdo con todos los accesorios descritos en las normas ICONTEC 1490 y 1656.

4.9. PINTURA

Se deberá aplicar inicialmente un abrasivo para asegurar la fijación de las capas posteriores. Luego de aplicar el abrasivo se deberán aplicar dos (2) capas de anticorrosivo y finalmente dos (2) capas de esmalte sintético.

Cada capa debe tener un espesor mínimo de 37.5 micrones (1.5 mils).

No se aceptarán tanques con peladuras.

La superficie interior del tanque debe ser terminada con una capa de pintura ligeramente coloreada que sea resistente al aceite a una temperatura de por lo menos 105oC.

EL SUMINISTRADOR deberá indicar las características de las pinturas utilizadas.

Las capas de pintura finales deben ser de color gris claro.

Todos los materiales del tipo ferroso deberán ser galvanizados en caliente, de acuerdo con lo estipulado en la norma ICONTEC 2076 (ASTM A-153). No se aceptarán galvanizados en frío o iridizados (galvanizados electrolíticos). Los materiales del tipo no ferroso deberán ser cadmiados o estañados.

Los conectores terminales deberán presentar superficies redondeadas, sin rebabas, de forma tal que no corten los cables de los barrajes primarios o secundarios.

4.10. EMPAQUE Y PROTECCION

Los transformadores deberán llenarse con aceite y empacarse en guacales de madera que tengan resistencia mecánica adecuada, de tal forma que protejan al transformador durante el cargue, el transporte y descargue. Los guacales permitirán y facilitarán el bodegaje de los mismos en doble arrume, para capacidades entre 300 y 800 KVA y en columna de tres (3) unidades para transformadores con capacidades hasta de 225 KVA.

Cada transformador debe ser fijado a la base del guacal por medio de tornillos.

5. MARCACION

Placa de características

La placa de características deberá estar localizada en la parte baja del transformador y a un lado, en donde pueda ser leída en forma fácil. Deberá estar escrita en español, además los números y letras y demás información común a todos los transformadores deberá estar impresa en bajo o alto relieve. La placa de características deberá contener toda la información especificada en la norma ICONTEC 618.

Además deberá colocarse el nombre de LA EMPRESA, el número del pedido y el año de fabricación (Esta placa estará sujeta a aprobación por parte de la EMPRESA) Y deberá ser hecha en un material anticorrosivo.

Así mismo, deberá anotarse sobre el tanque, en números arábigos de 70 mm de altura, la capacidad del transformador en KVA. Esta anotación deberá estar ubicada bajo los bujes de baja tensión y se hará en pintura negra indeleble.

6. INSPECCION Y PRUEBAS DE RECEPCION TECNICA

Considerando la Norma 1097 del ICONTEC se determina un control estadístico de calidad mediante la inspección por atributos.

Los pruebas y recepción serán efectuados por representantes de la empresa; así mismo se realizarán en las instalaciones del proveedor quien debe asumir su costo y proporcionar el material, equipos y personal necesario para tal fin. Si los resultados de las pruebas o los equipos de prueba no son confiables, estas igualmente podran ser realizadas o repetidas, a costa del proveedor, en laboratorios oficiales o particulares reconocidos por la empresa.

La empresa se reserva el derecho de realizar una inspección durante el proceso de fabricación; para tal efecto el proveedor suministrará los medios necesarios para facilitar la misma.

El tamaño del lote será determinado de común acuerdo entre la Empresa y el proveedor.

6.1. DEFINICIONES

LOTE :

Cantidad determinada de transformadores de características similares o que fabricados bajo condiciones de producción presumiblemente uniformes que se somete a inspección como un conjunto unitario.

MUESTRA :

Grupo de transformadores extraídos de un lote que sirve para obtener la información necesaria que permita apreciar una o más características de ese lote, que servirán de base para una decisión sobre el mismo o sobre el proceso que lo produjo.

INSPECCION :

Proceso que consiste en medir, examinar, ensayar o comparar de algún modo, la unidad en consideración con respecto a los requisitos preestablecidos.

NIVEL DE INSPECCION :

Número que identifica la relación entre el tamaño del lote y el tamaño de la muestra.

INSPECCION POR ATRIBUTOS

Procedimiento de inspección que consiste en averiguar si cada transformador en consideración cumple o no con lo especificado, sin interesar la medida de la característica analizada. En función de ello las unidades se verifican simplemente como defectuosas o se cómputa el número de defectos de cada unidad.

INSPECCION NORMAL

Procedimiento con el que se empieza la inspección de los lotes cuando estos se reciben por primera vez o cuando se desconoce o no se tiene un conocimiento definitivo de la calidad de los transformadores que ofrece un proveedor determinado.

INSPECCION ESTRICTA

Procedimiento de inspección que debe adaptarse para un proveedor determinado cuando la calidad del material que ofrece, determinada en la forma que lo establece la Norma 1097 del ICONTEC no satisface el plan de muestreo adoptado.

PLAN DE MUESTREO SIMPLE

Procedimiento de recepción que consiste en inspeccionar una sola muestra del lote que se recibe y sobre la base del resultado obtenido proceder a su aceptación o rechazo.

DEFECTO

Incumplimiento de uno solo de los requisitos especificados para un transformador.

DEFECTO CRITICO

Defecto que puede producir condiciones peligrosas o inseguras para quienes efectúan el montaje y mantenimiento del transformador o transformadores ensamblados. Es también el defecto que puede llegar a impedir el funcionamiento o el normal desempeño de la red o subestación.

DEFECTO MAYOR

Defecto que sin ser crítico tiene la probabilidad de ocasionar una falla o de reducir materialmente la utilidad de la unidad para el fin al que se le destina.

DEFECTO MENOR

Defecto que no reduce materialmente la utilidad de la unidad para el fin a que está destinada o que produce una desviación de los requisitos establecidos con pequeño efecto reductor sobre el funcionamiento o uso eficaz de la unidad.

UNIDAD DEFECTUOSA

Unidad que tiene uno o más defectos

NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE (N.C.A.)

Máximo porcentaje defectuoso o número máximo de defectos en 100 unidades.

LETRA CLAVE DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA

Letra que identifica el tamaño de las muestras en función de los tamaños de lotes para distintos niveles de inspección.

6.2. PLAN DE MUESTREO

Se procederá inicialmente a la extracción de la muestra aleatoriamente de tal manera que asegure la representatividad del lote.

El plan de muestreo se llevará a cabo de la siguiente forma :

a. Para defectos se utilizará un plan de muestreo simple normal con un nivel de inspección II (Tabla I Norma 1097 del ICONTEC) y con los niveles de calidad aceptable indicados a continuación:

DEFECTO	N.C.A.
CRITICO	1.0 (tabla 1)
MAYOR	4.0 (tabla 2)
MENOR	6.5 (tabla 3)

b. Para pruebas de conformidad con la calidad y de rutina se utilizará un plan de muestreo simple normal con un nivel de inspección I (Tabla I Norma 1097 del ICONTEC) y con un nivel de calidad aceptable de 1.0 ver tabla No 4.

c. Para pruebas tipo o de diseño se utilizará un plan de muestreo simple normal con un nivel de inspección especial S-1 (Tabla I Norma 1097 del ICONTEC) y con un nivel de calidad aceptable de 1.0 ver tabla No 5.

Una vez seleccionada la muestra se llevará a cabo la inspección visual y dimensional de las unidades con el propósito de verificar o identificar los defectos críticos, mayores y menores. A continuación se realizarán las pruebas de conformidad con la calidad, rutina y tipo en su orden de acuerdo a las tablas de muestreo.

La muestra para las pruebas de conformidad con la calidad y de rutina se extraerá de la muestra seleccionada para inspección visual y dimensional, a su vez, la muestra para las pruebas tipo se extraerá de la muestra utilizada para las pruebas de conformidad con la calidad y de rutina.

Las unidades con defectos críticos y/o mayores se rechazarán independientemente que formen parte o no de la muestra y de que el lote en conjunto sea aceptado, y serán reemplazadas por el proveedor.

Si el número de unidades defectuosas en la muestra es menor o igual al número de aceptación, se aceptará el lote, si el número de unidades defectuosas de la muestra es igual o mayor al número de rechazo se rechazará el lote.

Por convenio previo los lotes rechazados podrán presentarse nuevamente a inspección debidamente identificados como tales, después de que todas las unidades defectuosas hayan sido reemplazadas o reparadas y se hayan eliminado los defectos.

Para este caso se aplicará un plan de muestreo estricto de acuerdo con la Norma ICONTEC 1097. En este caso si el lote es rechazado nuevamente, las unidades y lotes rechazados deben marcarse con tinta indeleble y en presencia del representante de la empresa con la leyenda

Ante la situación de rechazo por el no cumplimiento de los requisitos técnicos especificados no habrá lugar a extensión en los plazos de entrega.

A continuación se presentan las tablas que muestran los criterios de aceptación y rechazo para los diferentes tipos de defectos y pruebas según el tamaño de la muestra, y los niveles de calidad aceptable.

TABLA No. 1

DEFECTOS CRITICOS (N.C.A. = 1.0)

TAMAÑO DEL LOTE	TAMAÑO DE LA MUESTRA	AC	RE
8 o menos	2	0	1
9 - 15	3	0	1
16 - 25	5	0	1
26 - 50	8	0	1
51 - 90	13	0	1
91 - 150	20	0	1
151 - 280	32	1	2
281 - 500	50	1	2
501 - 1200	80	2	3
1201 - 3200	125	3	4

TABLA No. 2

DEFECTOS MAYORES (N.C.A. = 4.0)

TAMAÑO DEL LOTE	TAMAÑO DE LA MUESTRA	AC	RE
2 - 8	2	0	1
9 - 15	3	0	1
16 - 25	5	0	1
26 - 50	8	1	2
51 - 90	13	1	2
91 - 150	20	2	3
151 - 280	32	3	4
281 - 500	50	5	6
501 - 1200	80	7	8
1201 - 3200	125	10	11

TABLA No. 3

DEFECTOS MENORES (N.C.A. = 6,5)

TAMAÑO DEL LOTE	TAMAÑO DE LA MUESTRA	AC	RE
2 - 8	2	0	1
9 - 15	3	0	1
16 - 25	5	1	2
26 - 50	8	1	2
51 - 90	13	2	3
91 - 150	20	3	4
151 - 280	32	5	6
281 - 500	50	7	8
501 - 1200	80	10	11
1201 - 3200	125	14	15

TABLA No. 4

PRUEBAS DE CONFORMIDAD CON LA CALIDAD Y DE RUTINA
 (N.C.A. = 1.0)

TAMAÑO DEL LOTE	TAMAÑO DE LA MUESTRA	AC	RE
2 - 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

TABLA No. 5

PRUEBAS TIPO (N.C.A. = 1.0)

TAMARÑO DEL LOTE	TAMARÑO DE LA MUESTRA	AC	RE
2 - 8	2	0	1
9 - 15	2	0	1
16 - 25	2	0	1
26 - 50	3	0	1
51 - 90	3	0	1
91 - 150	3	0	1
151 - 280	3	0	1
281 - 500	3	0	1
501 - 1200	5	0	1
1201 - 3200	5	0	1

6.3. LISTADO DE DEFECTOS**6.3.1. CRITICOS**

Hay defecto crítico cuando no se cumplan con las características especificadas para:

- Las distancias entre los bujes no cumplen con lo especificado.
- Falta de coincidencia entre el diagrama de conexiones indicado en la placa y las conexiones reales del transformador.
- falta o error en los datos de placa referentes a potencia nominal, tensión o polaridad (monofásicos).
- Falta de conexión o conector del tanque a tierra o baja tensión a tierra.
- Falta de conexión eléctrica del neutro al tanque.
- Espesor de los soportes de sujección al soporte.
- Rigidez mecánica del cambiador de derivaciones.
- Identificación de los terminales.

6.3.2. MAYORES

Hay defecto mayor cuando no se cumplan con las características especificadas para:

- Fugas de aceite.
- Soportes para instalar en poste.
- Cambiador de derivaciones sin tope en cada posición.
- Bujes rotos.
- Cambiador sin identificación de derivaciones.
- Características bimetalicas de los conectores terminales.
- Capacidad nominal de los terminales de los bujes de A.T. y B.T.
- Adherencia y espesor de la pintura.
- Falta de aditamentos para levantar la parte activa.
- Error en la marcación del transformador en cuanto a capacidad.
- Acabado de los herrajes.
- Falta de cualquiera de los accesorios convencionales del transformador.
- Los empaques no cumplen con las especificaciones.

6.3.3. MENORES

Hay defecto menor cuando no se cumplan con las características especificadas para:

- Ubicación del tapon de drenaje y muestreo no cumple con lo especificado.
- Ubicación de la puesta a tierra fuera de lugar.
- Dimensiones de la placa de características.
- Falta de cualquiera de los siguientes datos de placa: número de serie, clase, altitud de diseño.

6.4. PRUEBAS

EL SUMINISTRADOR garantizará el cumplimiento de las características garantizadas solicitadas en estas especificaciones y realizará a los transformadores las siguientes pruebas:

6.4.1. PRUEBAS DE RUTINA

Todos los transformadores deben ser sometidos a las pruebas de rutina enunciadas en las Normas ICONTEC 380. Los costos de estas pruebas deberán incluirse en el precio de los transformadores.

Estas pruebas son las siguientes:

- a. Relación de transformación a tensión nominal, con el cambiador de derivaciones en cada una de las diferentes posiciones, según norma ICONTEC 471.
- b. Comprobación de la polaridad y relación de fase (grupo vectorial), según norma ICONTEC 471.
- c. Medición de la resistencia de los devanados a tensión nominal y a temperatura ambiente, según norma ICONTEC 375. Estos valores se deberán referir a 85oC.
- d. Medición de las tensiones de corto circuito, según norma ICONTEC 1005.
- e. Medición de las pérdidas de carga según Normas ICONTEC 1005, 818 y 819. Estos valores deberán referirse luego a 85oC.
- f. Medición de las pérdidas en vacío, según norma ICONTEC 818, 819 y 1031, al 100 y 110 % de la tensión y a frecuencia nominal.
- g. Prueba de tensión aplicada, tanto al devanado primario como al secundario, según Norma ICONTEC 837.
- h. Prueba de tensión inducida, según norma ICONTEC 837.
- i. Pruebas de rigidez dieléctrica, número de neutralización, tensión interfacial y color al aceite. Norma Icontec 1465.
- j. Prueba de hermeticidad al tanque y radiadores.

k. Pruebas a la soldadura con el fin de verificar el cumplimiento de lo estipulado en el código AWS, según numeral 3.5

l. Curva de voltaje Vs corriente de excitación.

m.

Pruebas de dureza, asentamiento a la compresión y comportamiento con aceite a los empaques de caucho. Norma Icontec 1759.

El costo de las anteriores pruebas será a cargo del SUMINISTRADOR.

Todos los resultados de las pruebas deberán consignarse en el protocolo de pruebas de acuerdo con la norma ICONTEC 1358.

Adicionalmente el fabricante deberá suministrar los protocolos de las siguientes pruebas:

a.

Ensayo de envejecimiento acelerado a los empaques de caucho. Norma ICONTEC 1759.

b. Los bujes deberán ser sometidos a las pruebas tipo y de rutina establecidas en las Normas IEC 137.

c. Los alambres magnetos deberán cumplir con los requisitos de la norma ICONTEC 361.

6.4.2. PRUEBAS TIPO

Se efectuarán como mínimo a _____ de los transformadores de cada ítem (De valores iguales e igual construcción) y su costo debe estar incluido en el precio de los transformadores.

a. Prueba de tensión de impulso con onda completa de 1.2/50 micro- segundos sobre los terminales de línea y el terminal de neutro, según norma ICONTEC 837.

b.

Prueba de tensión de impulso con onda recortada, según norma ICONTEC 837.

c. Pruebas fisico-químicas al aceite, según norma ICONTEC 1465.

d. Prueba de calentamiento, según norma ICONTEC 316.

e. Prueba de sobrecarga.

Esta prueba se realizará en las siguientes condiciones:

El transformador deberá someterse al _____% de su corriente nominal (debida al _____% de su potencia nominal, conectado en la derivación principal) hasta alcanzar la temperatura de equilibrio.

Después de alcanzada la temperatura de equilibrio, el transformador se cargará al _____% de su corriente nominal, conectado en las mismas condiciones anteriores y de esta manera permanecerá durante un período de _____ horas. El método de prueba a seguir puede ser el de carga directa o el de cortocircuito. Si se emplea el de cortocircuito, a las pérdidas eléctricas obtenidas con los porcentajes de carga enunciados anteriormente, deberán adicionarse las pérdidas eléctricas de vacío del transformador.

Si la prueba se lleva a cabo a alturas diferentes sobre el nivel del mar, se aceptarán los siguientes aumentos de temperatura en el aceite.

Altura-Metros	Aumento permisible de Temperatura en el aceite oC
1000	77.00
1500	78.54
2000	80.08
2500	81.62
2700	82.23
3000	83.16

Las tolerancias admisibles, estarán de acuerdo con la norma ICONTEC 380.

6.4.3. PRUEBAS ESPECIALES

Además de las pruebas anteriores, el OFERENTE debe cotizar por separado el costo de una prueba de cortocircuito según lo estipulado por la última edición de "IEEE trial-use standard distribution and power transformer short circuit test code" publicado como norma IEEE No 212 A ANSI C 57.12.90.A. La ejecución de la prueba puede llevarse a cabo en cualquier laboratorio para tal fin, y de reconocida prestancia internacional.

En el caso de realizarse esta prueba el SUMINISTRADOR deberá presentar constancia de la realización de la prueba de cortocircuito a una unidad, entre la fecha de legalización del contrato y antes de la fecha del _____ despacho pactado.

6.4.4. PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA

a. Prueba de sobrepresión.

La prueba se efectuará al tanque completo sin válvula de sobrepresión o dispositivo de alivio. El tanque se someterá a una sobrepresión de 0.65 kgf/cm², a nivel de mar (9.43 psi). La sobrepresión se mantendrá durante cinco minutos al cabo de los cuales, el tanque no presentará deformaciones permanentes. En caso contrario esto será causal de rechazo.

Para ensayos realizados a altitudes diferentes al nivel de mar se deben efectuar las correcciones pertinentes.

b. Prueba de vacío.

La prueba de vacío se realizará en la misma forma y con igual duración que la prueba de sobrepresión, pero con -0.65 kgf/cm²

c. Dispositivo de alivio (válvula de sobrepresión).

Con el fin de verificar la presión de accionamiento y cierre las válvulas se instalarán en un recipiente adecuado, el cual tendrá un dispositivo para entrada de gas (aire o nitrógeno) a presión, manómetro y regulador. Con el regulador se incrementará suavemente la presión hasta lograr la apertura de la válvula. En este momento se suspende la entrada de gas y se verifica el cierre de la misma. Se debe registrar la presión a la cual abrió la válvula y su presión de cierre. A cada muestra se le efectuarán tres pruebas y en ninguna de ellas deberá operar fuera del rango especificado.

d. Medición del espesor y adherencia de la capa de pintura.

Se realizarán seis medidas así: dos en los radiadores, dos en el cuerpo del tanque y dos en la tapa. En caso de no poseer radiadores, se efectuarán dos medidas adicionales sobre el tanque. Ninguna de las medidas deberá presentar valores inferiores de un 10 % del valor especificado en el numeral 3.9 (valor mínimo aceptable 150 micras - 10 %). El espesor de la capa de pintura será el promedio de las seis lecturas tomadas.

Para realizar la prueba de adherencia, se seguirá el método de descrito en la norma ICONTEC 811.

e. Curva de voltaje Vs. corriente de excitación.

Para la elaboración de esta curva, se tomarán dos transformadores, por capacidad, a los cuales no se les haya hecho pruebas de tensión inducida, determinación de pérdidas en vacío ni tensión aplicada.

La conexión del transformador se hará en la misma forma que para la determinación de pérdidas en vacío. La prueba se inicia con una tensión igual al 20 % de la tensión nominal del devanado por el cual se energiza, a frecuencia nominal y se deben tomar las lecturas de tensión, corriente y potencia. Luego se continúa incrementando la tensión en un 10 % del valor nominal hasta alcanzar un nivel de tensión igual al 120 % del valor nominal. En cada punto se deben registrar los valores de tensión, corriente y potencia. Por ningún motivo se debe devolver el nivel de tensión a un nivel mas bajo del que se haya alcanzado en cada incremento. La curva se debe graficar sobre papel milimetrado, colocando la tensión en el eje Y y la corriente en el eje X.

f. Ensayo de hermeticidad.

Este ensayo se realizará a la mitad de la muestra seleccionada para pruebas de rutina y se realizará en transformadores totalmente terminados.

El procedimiento consiste en inyectar una presión de 6 psi (solo se debe utilizar aire seco o nitrógeno) al transformador por el buje de la válvula de sobrepresión y se sostendrá durante (30) minutos. Durante el tiempo de ensayo la presión deberá mantenerse constante, aplicando las correcciones necesarias de acuerdo al cambio en la temperatura ambiente.

7. CARACTERISTICAS TECNICAS GARANTIZADAS

El FABRICANTE garantiza que los transformadores ofrecidos poseen las características consignadas en el siguiente formato:

7.1. CARACTERISTICAS GENERALES

	ITEM 1	ITEM 2	ITEM 3
1. Fabricante.	_____	_____	_____
2. Normas de fabricación y pruebas	_____	_____	_____
3. Referencia de fabricación-tipo	_____	_____	_____
4. Ancho máximo total del transformador	_____	_____	_____
5. Características del núcleo.			
a. Descripción (enrollado o laminado).	_____	_____	_____
b. Norma lámina magnética.	_____	_____	_____
c. Espesor de la lámina magnética (mm).	_____	_____	_____
d. Inducción de trabajo (W/m ²)	_____	_____	_____
e. Pérdidas a 60 Hz. a la inducción de trabajo (W/kg).	_____	_____	_____
f. Factor de laminación.	_____	_____	_____
g. Método de fijación del núcleo al tanque.	_____	_____	_____
6. Características del tanque.			
a. Material.	_____	_____	_____
b. Presión interna máxima soportada a nivel del mar (kg/cm ²)	_____	_____	_____
c. Dimensiones LxAxA (largo x ancho x alto), incluyendo radiadores, o diámetro x alto (mm).	_____	_____	_____
d. Método de limpieza antes de pintura.	_____	_____	_____

e. Pintura.

- 1) Número de capas anticorrosivo _____
- 2) Número de capas de acabado. _____
- 3) Color de acabado. _____
- 4) Método de pintura. _____

7. Características de los bujes (norma).

a. Clase de aislamiento.

- 1) A.T. (kV). _____
- 2) B.T. (kV). _____

b. Nivel de aislamiento al impulso básico (BIL).

- 1) A.T. (kV) _____
- 2) B.T. (kV). _____

c. Capacidad nominal de corriente:

- 1) A.T. (A). _____
- 2) B.T. (A). _____
- 3) Neutro (A). _____

d. Distancia de fuga. _____

8. Características de los devanados.

a. Material _____

b. Resistividad volumétrica del material (ohmio-mm²/m) _____

c. Resistencia óhmica a 75oC (ohmio/fase)

- 1) A.T. _____
- 2) B.T. _____

d. Número de espiras

- 1) A.T. _____
- 2) B.T. _____

- | | | | | |
|-----|--|-------|-------|-------|
| e. | Area transversal (mm ²) | | | |
| | 1) A.T. | _____ | _____ | _____ |
| | 2) B.T. | _____ | _____ | _____ |
| f. | Papel aislante (Norma) | | | |
| | 1) Tipo | _____ | _____ | _____ |
| | 2) Espesor (mm). | _____ | _____ | _____ |
| | 3) Rompimiento dieléctrico en seco (kV) | _____ | _____ | _____ |
| | 4) Rompimiento dieléctrico en aceite (kV) | _____ | _____ | _____ |
| | 5) Clase de aislamiento (A, H, E, etc.) | _____ | _____ | _____ |
| 9. | Método de fijación de la tapa al tanque | _____ | _____ | _____ |
| 10. | Accesorios según Numeral 2.4 y 3.9 | | | |
| | a. Orejas de sujeción o soportes para montar el transformador. (SI-NO) | _____ | _____ | _____ |
| | b. Orejas para levantar el transformador. (SI-NO) | _____ | _____ | _____ |
| | c. Cambiador de derivaciones con accionamiento exterior. (SI-NO) | _____ | _____ | _____ |
| | d. Conexiones para conductor a tierra en el tanque. (SI-NO) | _____ | _____ | _____ |
| 11. | Peso (kg) | | | |
| | a. De la parte activa | _____ | _____ | _____ |
| | b. Del tanque y accesorios | _____ | _____ | _____ |
| | c. Del aceite | _____ | _____ | _____ |
| | d. Neto del transformador con aceite | _____ | _____ | _____ |
| | e. Bruto del transformador | _____ | _____ | _____ |

- 12. Dimensiones del transformador para transporte
 LxAxA (largo x ancho x alto) (mm) _____
- 13. Número de unidades embaladas
 superpuestas para almacenamiento en
 columnas _____
- 14. Localización de terminales de
 acuerdo con Normas ICONTEC 1490
 Si-No _____
- 15. Segmento en donde se encuentra
 el accionamiento exterior de
 conmutación _____
- 16. Válvula de sobrepresión de aceite
 - a. Tipo _____
 - b. Presión accionamiento, a nivel del
 mar (kg/cm²) _____
 - c. Caudal de gas desalojado (m³/s) _____
- 17. Tipo de indicador de nivel de
 aceite (interno o externo) _____
- 18. No.de derivaciones del conmutador _____
- 19. Nivel máximo de sonido audible
 a tres metros de distancia (db), en
 condiciones nominales _____
- 20. Tiene sello de calidad ICONTEC _____

7.2. CARACTERISTICAS ELECTRICAS

- 1. Potencia continua nominal a
 1000 m y 30 oC ambiente (kVA) _____
- 2. Tensiones a potencia nominal (Vóltios)
 - a. A.T. _____
 - b. B.T. _____
- 3. Relación de transformación en la
 derivación nominal _____

- | | | | | |
|-----|--|-------|-------|-------|
| 4. | Frecuencia nominal (Hz.) | _____ | _____ | _____ |
| 5. | Número de fases | _____ | _____ | _____ |
| 6. | Nivel de aislamiento al impulso básico en los devanados (BIL) (kV) | | | |
| a. | A.T. | _____ | _____ | _____ |
| b. | B.T. | _____ | _____ | _____ |
| 7. | Clase de aislamiento en los devanados (kV) | | | |
| a. | A.T. | _____ | _____ | _____ |
| b. | B.T. | _____ | _____ | _____ |
| 8. | Tensión de prueba a frecuencia industrial durante un minuto en seco (kV) | | | |
| a. | A.T. | _____ | _____ | _____ |
| b. | B.T. | _____ | _____ | _____ |
| 9. | Tensión inducida | | | |
| a. | Frecuencia | _____ | _____ | _____ |
| b. | Voltaje | _____ | _____ | _____ |
| 10. | Grupo de conexión | _____ | _____ | _____ |
| 11. | Polaridad | _____ | _____ | _____ |
| 12. | Capacidad del neutro en porcentaje de la corriente nominal | _____ | _____ | _____ |
| 13. | Corriente de corto circuito que pueden soportar los devanados | | | |
| a. | Valor simétrico en número de veces la corriente nominal | | | |
| 1) | A.T. | _____ | _____ | _____ |
| 2) | B.T. | _____ | _____ | _____ |
| b. | Tiempo de duración (segundos) | _____ | _____ | _____ |

14. Eficiencia a potencia nominal y voltaje nominal (%), a:
- a. F.P. 0.8 _____
- b. F.P. 0.95 _____
15. Regulación en el voltaje secundario a F.P. 0.9 (%).
- a. Al 150% de potencia nominal _____
- b. Al 100% de potencia nominal _____
- c. Al 75% de potencia nominal _____
16. Distancia mínima de la parte activa al tanque (mm) _____
17. Pérdidas sin carga (vacío) (W)
- a. Al 100% de voltaje y frecuencia nominales _____
- b. Al 110% de voltaje y frecuencia nominales _____
18. Pérdidas en carga, referidas a 85 oC (W)
- a. Al 150% de potencia nominal _____
- b. Al 100% de potencia nominal _____
- c. Al 75% de potencia nominal _____
19. Corriente sin carga (de vacío o excitación), en porcentaje de la corriente nominal
- a. Al 100% del voltaje nominal _____
- b. Al 110% del voltaje nominal _____
- c. Adjuntar curva de excitación -----
20. Tensión nominal de corto circuito (tensión de impedancia), referida a 85oC, en porcentaje de la tensión nominal _____
21. Rango cambiador de derivaciones _____

22. Capacidad de sobrecarga a 20 oC, con carga procedente de 90% a las condiciones de servicio especificadas según numeral 2.8 (p.u)
- a. Durante una hora _____
 - b. Durante dos horas _____
 - c. Durante tres horas _____
 - d. Continua _____
23. Elevación de temperatura en los devanados sobre la temperatura ambiente, según numeral 2.7 (oC).
- a. Promedio _____
 - b. Máxima _____
24. Elevación de temperatura máxima, en el aceite en la parte superior del tanque, sobre la temperatura ambiente (oC), a potencia nominal _____
25. Está de acuerdo y puede realizar todas las pruebas solicitadas en el numeral 4.1.1. _____

7.3. CARACTERISTICAS DE LOS BUJES

7.4. CARACTERISTICAS DEL ACEITE

Tipo de aceite

a. <u>Físicas</u>	<u>Norma ASTM</u>	<u>Valor ofrecido</u>
Color, máx.	1500	_____
Punto de inflamacion, min. oC	D 92	_____
Tensión interfacial, mín (dina/cm)	D 971	_____
Punto de fluidez, máx. oC	D 97	_____
Gravedad específica máxima(15oC/15oC)	D 1298	_____
Viscosidad, máx. CST 100oC	D 445	_____
40oC		_____
0oC	D 88	_____

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION
 Documento No SC-E-001 Rev. 1 39-07-18

b. Químicas

Sulfuros corrosivos combinados	D 1275	_____
Clorhidros inorgánicos y sulfatos	D 878	_____
Contenido de agua, ppm	D 1553	_____
Estabilidad a la oxidación		
72 h: % lodo, máx. por masa		_____
- No. neutralización, máx. mg KOH/g		_____
164 h: % lodo, máx. por masa		_____
- No. neutralización, máx. mg KOH/g		_____
Contenido de inhibidores, máx.	D 14730 o	_____
% por masa	D 2668	_____
- No. neutralización, máx. mg KOH/g	D 974	_____

c. Eléctricas

Rigidez dieléctrica mín. kV	D 877	_____
Factor de potencia máximo a 60 Hz, %	D 924	_____
25oC		_____
100oC		_____

7.5. PRUEBAS

Se enumeran a continuación todas las pruebas que se efectuarán a los bienes ofrecidos en las condiciones señaladas en el Artículo 2.1.3.

a. De Rutina (el costo está incluido en el precio de los transformadores).

- 1) A los transformadores
- 2) Al aceite
- 3) A los bujes

b. Tipo (el costo está incluido en el precio de los transformadores)

- 1) A los transformadores
- 2) Al aceite
- 3) A los bujes

- c. Corto circuito (El costo de esta prueba no debe incluirse en el precio de los transformadores.)

Valor \$ _____

Laboratorio en que va a realizarse esta prueba _____

7.6. EMPAQUE Y PROTECCION DEL EQUIPO

Se incluye a continuación, para aprobación de la EMPRESA, una detallada descripción del empaque y protección de los bienes ofrecidos en esta Propuesta.

8. DESVIACIONES A LAS ESPECIFICACIONES

A continuación el proponente debe indicar claramente las desviaciones y la razón de las mismas. Las desviaciones que no se anoten en esta página no serán consideradas.

SECTOR ELECTRICO COLOMBIANO

Comité para el Desarrollo y Estímulo a la Industria Nacional

SISTEMA DE CALIDAD

ESPECIFICACIONES TECNICAS UNIFICADAS
PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION

DOCUMENTO No. SC-E-001 Rev. 1

Aprobado por el Comité para el Desarrollo
y Estímulo a la Industria Nacional en el
Acta No. : 19

Julio de 1989

LISTA DE DISTRIBUCION

Copias de esta especificación han sido entregadas a las empresas abajo relacionadas. Las observaciones que resulten de su revisión o aplicación deben ser consignadas en el formulario de retroalimentación, el cual debe ser enviado al Sistema de Calidad del Sector Eléctrico que funciona en ISA:

EMPRESA	COPIAS
EEEEB	1
EPM	1
ICEL	1
CORELCA	1
CHEC	1
CHIDRAL	1
CVC	1
EMCALI	1
ISA	1
FEN	1

INDICE DE MODIFICACIONES

Indice Revisión	Parágrafos Modificados	Fecha Revisión	Observaciones
0	-	88-08-18	Anula 87-10-31
1	3.8, 6.4.1 y 6.4.4	89-07-18	Carta EEEB 473284 de junio 26/89

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION.....	8
2. REQUISITOS GENERALES.....	8
2.1. CONDICIONES DE SERVICIO.....	8
2.2. NORMAS DE FABRICACION Y PRUEBAS.....	9
3. REQUISITOS TECNICOS.....	10
3.1. GENERALIDADES.....	10
3.2. TENSIONES NOMINALES.....	10
3.3. GRUPOS DE CONEXION.....	11
3.4. DERIVACIONES.....	11
3.5. CAPACIDADES.....	11
3.6. REFRIGERACION.....	12
3.7. LIMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA.....	12
3.8. SOBRECARGAS.....	12
3.9. NIVEL DE RUIDO AUDIBLE.....	13
3.10. CAPACIDAD DE CORTO CIRCUITO.....	13
3.11. NIVEL DE AISLAMIENTO.....	14
3.12. PERDIDAS.....	15
3.13. CORRIENTES SIN CARGA Y TENSION DE CORTOCIRCUITO.....	17
4. CARACTERISTICAS DE FABRICACION.....	18
4.1. NUCLEO.....	18
4.2. DEVANADOS.....	19
4.3. MATERIALES AISLANTES.....	20
4.4. PARTE ACTIVA.....	21
4.5. TANQUE.....	21
4.6. DERIVACIONES.....	22
4.7. BUJES TERMINALES.....	23
4.8. ACCESORIOS.....	24
4.9. PINTURA.....	24
4.10. EMPAQUE Y PROTECCION.....	25
5. MARCACION.....	25
6. INSPECCION Y PRUEBAS DE RECEPCION TECNICA.....	26
6.1. DEFINICIONES.....	26
6.2. PLAN DE MUESTREO.....	28
6.3. LISTADO DE DEFECTOS.....	32
6.3.1. CRITICOS.....	32
6.3.2. MAYORES.....	33
6.3.3. MENORES.....	33
6.4. PRUEBAS.....	34
6.4.1. PRUEBAS DE RUTINA.....	34
6.4.2. PRUEBAS TIPO.....	35
6.4.3. PRUEBAS ESPECIALES.....	36
6.4.4. PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA.....	37
7. CARACTERISTICAS TECNICAS GARANTIZADAS.....	39

7. CARACTERISTICAS TECNICAS GARANTIZADAS.....	39
7.1. CARACTERISTICAS GENERALES.....	39
7.2. CARACTERISTICAS ELECTRICAS.....	42
7.3. CARACTERISTICAS DE LOS BUJES.....	45
7.4. CARACTERISTICAS DEL ACEITE.....	45
7.5. PRUEBAS.....	46
7.6. EMPAQUE Y PROTECCION DEL EQUIPO.....	47
8. DESVIACIONES A LAS ESPECIFICACIONES.....	47
Index.....	49

PREFACIO

El Comité para el Desarrollo y Estímulo de la Industria Nacional del Sector Eléctrico presenta esta especificación que fue elaborada por el Grupo de Unificación, coordinado por la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá, como oficial y única para la compra de este suministro, ya que fue acordada mediante el consenso de las empresas del Sector. Las siguientes entidades hacen parte del Comité :

CORPORACION ELECTRICA DE LA COSTA ATLANTICA-CORELCA
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA-ICEL
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA-CVC
EMPRESA DE ENERGIA ELECTRICA DE BOGOTA-EEEB
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS-CHEC
EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI-EMCALI
EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN-EPM
FINANCIERA ELECTRICA NACIONAL-FEN
INTERCONEXION ELECTRICA S.A.-ISA
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA
PLANEACION NACIONAL
COLCIENCIAS

Participaron en la revisión y aprobación de la presente especificación las siguientes entidades :

CORPORACION ELECTRICA DE LA COSTA ATLANTICA-CORELCA
INSTITUTO COLOMBIANO DE ENERGIA ELECTRICA-ICEL
CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA-CVC
EMPRESA DE ENERGIA ELECTRICA DE BOGOTA-EEEB
ELECTRIFICADORA DEL ATLANTICO-ELECTRANTA
CENTRAL HIDROELECTRICA DE CALDAS-CHEC
ELECTRIFICADORA DE BOLIVAR-ELECTRIBOL
EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI-EMCALI
FINANCIERA ELECTRICA NACIONAL-FEN
EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN-EPM
INTERCONEXION ELECTRICA S.A.-ISA

Para modificar esta especificación se deberá solicitar por escrito en el formulario de retroalimentación, el cual debe ser enviado al Sistema de Calidad del Sector Eléctrico que funciona en Interconexión Eléctrica S.A. - ISA - , la cual coordinará el análisis de las modificaciones solicitadas.

INSTRUCCIONES

1. APLICACION

Las especificaciones técnicas unificadas son de carácter general. En ellas se incluyen los requerimientos técnicos que deben cumplir los materiales y equipos en proceso de adquisición.

Para su aplicación se deberán hacer los ajustes necesarios con el fin de que los requisitos específicos de cada empresa, sean satisfechos. Antes de su aplicación deben ser leídas cuidadosamente para hacer un reconocimiento de las mismas, con el objeto de determinar la conveniencia de utilizarla en todas sus partes.

El capítulo "Características Técnicas Garantizadas" que hace parte del documento de especificaciones, debe ser trasladado a la parte del pliego de condiciones correspondiente a los formularios de la oferta.

2. VERIFICACION Y CUMPLIMIENTO

El cumplimiento de las especificaciones técnicas se verifica por medio de inspecciones y pruebas de control de calidad durante el proceso de fabricación y al momento de recepción del suministro según lo establecido en los manuales preparados por el Sistema de Calidad del Sector Eléctrico.

Estos manuales deberán ser entregados a los participantes en la licitación, junto con los pliegos de condiciones, con el objeto de que previamente a la elaboración de las ofertas, los proponentes conozcan los procedimientos que se aplicarían para la verificación del cumplimiento de las especificaciones técnicas.

Con el objeto de que las especificaciones técnicas y los manuales de inspecciones sean exigibles contractualmente, estos deben estar incluidos en la lista de documentos del contrato.

3. DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA

Cuando sea necesario, como por ejemplo nuevos diseños, nuevas tecnologías, debe incluirse un capítulo independiente en las especificaciones para relacionar los documentos que deben adjuntarse en la oferta de licitación y los que deben ser entregados durante la ejecución del contrato.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACION

La presente especificación se aplica a los transformadores de distribución de 15 kV y potencias desde 5 hasta 333 kVA para transformadores monofásicos y desde 15 hasta 800 kVA para transformadores trifásicos .

2. REQUISITOS GENERALES

2.1. CONDICIONES DE SERVICIO

Los transformadores de que trata esta Licitación serán instalados en el sistema de distribución de la EMPRESA, bajo las siguientes condiciones:

a. Condiciones ambientales

Altura sobre el nivel del mar:	_____ m.
Ambiente:	Tropical.
Humedad relativa máxima:	_____ %
Temperaturas máxima:	_____ °C
Temperaturas mínima:	_____ °C
Temperatura promedio:	_____ °C

b. Instalación

El montaje se hará de acuerdo a las normas internas de la Empresa.

c. Características Eléctricas del sistema

1) Sistema primario de Distribución

-Tensiones nominales de línea	_____ kV
-Número de fases	_____
-Conexión	_____
-Frecuencia	60 Hz
-Regulación máxima	_____ %
-Factor de potencia	_____
-Servicio	Continuo

2) Sistema Secundario de distribución

-Tensiones nominales de línea	_____ kV
-Tipo	_____
-Conexión del neutro solidamente aterrizado	_____
-Regulación máxima	_____ %

2.2. NORMAS DE FABRICACION Y PRUEBAS

Los transformadores deberán ser diseñados y fabricados de acuerdo con lo establecido en las Normas ICONTEC en su última revisión.

De acuerdo con los diseños de los fabricantes, pueden emplearse otras Normas internacionalmente reconocidas equivalentes o superiores a las aquí señaladas, siempre y cuando se ajusten a lo solicitado en el presente pliego. En este caso, se deben enviar con la propuesta _____ copias en Español o inglés de las Normas utilizadas.

En caso de discrepancia entre las Normas y este Pliego, prevalecerá lo aquí establecido.

las normas aplicables son las siguientes:

Norma ICONTEC	Objeto (antecedente internacional)
317	Transformadores. Definiciones (IEC 76)
532	Transformadores. Aptitud para soportar el cortocircuito (IEC 76, ANSI C 57.12.00)
618	Transformadores. Placa de características (IEC 76)
737	Transformadores. Especificaciones de devanados y sus derivaciones (IEC 76)
800	Transformadores. Designación (IEC 76)
801	Transformadores. Límites de calentamiento (IEC 76)
818	Transformadores. Monofásicos, autorefrigerados y sumergidos en aceite, pérdidas, corriente sin carga y tensión de cortocircuito
819	Transformadores. trifásicos, autorefrigerados y sumergidos en aceite, pérdidas, corriente sin carga y tensión de cortocircuito
836	Transformadores. Niveles de aislamiento (ANSI C57.12.00)
1057	Transformadores. Valores nominales potencias aparentes (ANSI C57.12.00)
1057	Transformadores de distribución sumergidos en aceite con refrigeración natural, requisitos de funcionamiento en condiciones de altitud y temperatura diferentes a las normalizadas (ANSI C57.12.00 e IEC 76)
316	Transformadores. Prueba de calentamiento (ANSI C57.12.90 e IEC 76)
375	Transformadores. Medida de la resistencia de los devanados (IEC 76)
380	Transformadores. Pruebas eléctricas. Generalidades (IEC 76 y BS 171)
471	Transformadores. Relación de transformación. Verificación de la polaridad y relación de fase.
837	Transformadores. Prueba del dieléctrico (IEC 76)

1005	Transformadores. Determinación de la tensión de cortocircuito ANSI C57.12.90)
1031	Transformadores. Pruebas para determinar pérdidas y corriente sin carga (ANSI C57.12.90)
1656	Transformadores trifásicos, accesorios (ANSI C57.12.20)
1358	Transformadores. Certificado de pruebas (ANSI C57.12.00)
1490	Transformadores monofásicos accesorios (ANSI C57.12.20)
1759	Transformadores eléctricos. empaques de caucho. Especificaciones (ANSI/ASTM D 1149 y D2000)
C9.108	(Anteproyecto) Transformadores de distribución sumergidos en aceite con 65 oC de elevación de temperatura en los devanados. Guía de cargabilidad (ANSI C57.91)
ANSI	IEEE trial use standard distribution and power transformers short circuit test code (ANSI C 57.12.90. A)
2076	Galvanizado en caliente (ASTM A 153)

3. REQUISITOS TECNICOS

3.1. GENERALIDADES

Los transformadores serán del tipo convencional, sumergidos en aceite, auto-refrigerados y aptos para usarse en las condiciones de servicio estipuladas en el Artículo 1.1 de las presentes especificaciones.

Cualquier omisión de estas especificaciones en la descripción de algún componente o de requerimientos, no exonera al SUMINISTRADOR de su responsabilidad de entregar los Items requeridos completos en todos sus aspectos, plena y satisfactoriamente operables.

3.2. TENSIONES NOMINALES

La tensión nominal primaria que se aplicará a los devanados de los transformadores, trifásicos o monofásicos, bajo condiciones de régimen nominal (Condiciones normales de operación) en la toma principal del cambiador de derivaciones será de _____ voltios para los trifásicos y de _____ voltios para los monofásicos.

La tensión nominal secundaria de los transformadores trifásicos será de 214/ 123.5 voltios en vacío y para los transformadores monofásicos será de 120/240 voltios en vacío, con una regulación máxima del 3.5 % para los transformadores trifásicos y del 3 % para los monofásicos.

En casos especiales, y cuando expresamente se solicite, la tensión nominal secundaria de los transformadores trifásicos será de 228/ 132 voltios en vacío, con una regulación máxima de 3.5 %.

3.3. GRUPOS DE CONEXION

El grupo de conexión para los transformadores trifásicos será Dyn5, con el neutro del lado de baja tensión solidamente puesto a tierra y para los monofásicos será I10. Para transformadores monofásicos con potencias menores o iguales a 200 kVA y voltajes nominales menores o iguales a 8660 voltios, los devanados deben tener polaridad aditiva. El resto de los transformadores monofásicos tendrán polaridad sustractiva.

3.4. DERIVACIONES

Los transformadores deben estar provistos en el lado primario, para regulación de tensión, de un conmutador con un mínimo de 5 posiciones con rangos de operación de $+1 \times 2.5\%$ a $-3 \times 2.5\%$, con relación a la posición nominal.

La operación para cambio de posición de cualquiera de las derivaciones enunciadas, se deberá efectuar con el transformador desenergizado.

Los transformadores deberán operar satisfactoriamente en cualquier posición del cambiador de derivaciones con sobre-excitación del 10% de la tensión nominal producida por la tensión aplicada.

3.5. CAPACIDADES

De acuerdo con las capacidades requeridas, los transformadores deberán entregar como mínimo su potencia nominal en cualquier posición del cambiador de derivaciones a tensión secundaria nominal y frecuencia nominal, sin exceder los límites de aumento de temperatura establecidos en estas especificaciones.

Los transformadores deberán ser capaces de:

a.

Operar continuamente por encima de la tensión nominal o a valores menores de la frecuencia nominal, a la máxima potencia nominal aparente en kVA en cualquier derivación, sin exceder los límites de aumento de temperatura establecidos de acuerdo con el numeral 2.7 de estas especificaciones, cuando todas y cada una de las siguientes condiciones prevalezcan:

1)

La tensión secundaria y los voltios por Hertz no excedan el 105 % de los valores nominales.

2)
El factor de potencia sea 80 % o mayor.

3)
La frecuencia sea al menos 95 % del valor nominal (57 Hz).

b.
Operar continuamente por encima de la tensión nominal o a valores menores de la frecuencia nominal o en cualquier derivación en vacío, sin exceder los límites el numeral 2.7 de estas especificaciones, cuando ni la tensión ni los voltios por Hertz exceden el 110 % de los valores nominales.

La corriente de carga del transformador será aproximadamente senoidal. El factor de armónicas no excederá el 0.05 p.u.

Para factor de armónicas consultar la norma ANSI/IEEE C 57.12.80-1980.

3.6. REFRIGERACION

Los transformadores serán sumergidos en aceite, autorrefrigerados, clase ONAN, aptos para montaje a la intemperie. Deberán despacharse con su volumen normal de aceite, listos para operación.

3.7. LIMITES DE AUMENTO DE TEMPERATURA

El aumento de temperatura promedio en el devanado, medido por el método de variación de resistencia, no deberá exceder 65oC para una altura de 1000 m sobre el nivel del mar y una temperatura ambiente máxima de 40oC, con el transformador a potencia y tensión nominales, de acuerdo con lo descrito en la prueba de calentamiento, sección 4.1.2.b. El aumento de temperatura del punto más caliente de los devanados no deberá exceder 80oC y ningún elemento del transformador podrá exceder dicha temperatura. El límite de calentamiento del aceite, con cualquier método de refrigeración (medido por termómetro), será de 60 oC cuando el transformador este sellado o equipado con un conservador (tanque de expansión) y 55 oC cuando el transformador no esté sellado o así equipado.

3.8. SOBRECARGAS

El aumento máximo de temperatura en el aceite no deberá exceder los valores máximos establecidos en la norma ICONTEC 2482/89, especificados para 1000 m sobre el nivel del mar, cuando el ensayo se realice a una temperatura ambiente de ____oC, con el transformador a una carga del ____% de la nominal durante dos (2) horas, después de haber permanecido estable la carga del

transformador en 90 % de la nominal, de acuerdo con lo descrito para la prueba de sobrecarga solicitada en estas especificaciones, sección 4.1.2.c. El valor anterior de sobrecarga no implicará sacrificio adicional de la vida útil de los transformadores.

3.9. NIVEL DE RUIDO AUDIBLE

Los transformadores deberán construirse de manera que el nivel de ruido promedio admisible cuando se energizan a frecuencia y tensión nominal, sin carga, no exceda los valores dados en la tabla siguiente, medidos a una distancia radial aproximadamente igual a la mitad de la altura del transformador de acuerdo con el procedimiento dado en la norma NEMA TR1, en su última revisión.

Para capacidades entre:	0 - 50 kVA	48 dB
	51 - 100 kVA	51 dB
	101 - 300 kVA	55 dB
	301 - 500 kVA	56 dB

3.10. CAPACIDAD DE CORTO CIRCUITO

Los transformadores deberán ser diseñados y construidos para soportar los esfuerzos dinámicos y térmicos producidos por cortocircuitos externos, a tierra o entre fases en uno o más bornes del terminal de baja tensión estando estos a tensión nominal y al 100 % de la carga, bajo las condiciones especificadas a continuación:

La duración del cortocircuito para propósito de cálculo térmico estará determinada por la siguiente ecuación:

$$t = 1250 / (I^2)$$

Donde:

t = Duración del cortocircuito en segundos

I = Corriente simétrica de cortocircuito en p.u.

La temperatura máxima admisible de los arrollamientos, bajo condiciones de cortocircuito, no debe ser mayor de 250°C para devanados de cobre y 200°C para devanados de aluminio. La corriente simétrica de cortocircuito deberá ser la corriente permitida por la impedancia del transformador. Cuando la magnitud máxima de la corriente simétrica exceda los valores listados en la tabla siguiente, estos serán adoptados como límites máximos para efectos del cálculo térmico.

CAPACIDAD DE SOPORTE DE CORTOCIRCUITO DE TRANSFORMADORES

	Corriente de cortocircuito en p.u. de la corriente nominal (simétrica)	Duración máxima de cortocircuito para cálculo térmico
Monofásicos:		
kVA		Seg.
5 - 25	40	0.781
37.5 - 100	35	1.020
167 - 500	25	2.0
Trifásicos:		
kVA		Seg.
15 - 45	35	1.020
75 - 225	30	1.388
300 - 500	25	2.0

Nota: Los transformadores deben soportar los esfuerzos dinámicos producidos por los valores de las corrientes de cortocircuito, especificados anteriormente, durante un tiempo de 0.25 segundos.

La capacidad de cortocircuito garantizada por el fabricante podrá ser comprobada por la EMPRESA, mediante la prueba de cortocircuito solicitada en el numeral 4.1.3.

3.11. NIVEL DE AISLAMIENTO

El nivel de aislamiento que deben tener los devanados y bujes de los transformadores, referidos a 1000 m sobre el nivel del mar, será el siguiente:

	Unid.	Devanados		Bujes	
		A. T.	B. T.	A. T.	B. T.
Clase de aislamiento	kV	15	1.2	1.5	1.2
Nivel de aislamiento al impulso básico (BIL)(1.2/50 U seg)	kV	95	30	110	45
Tensión de impulso con onda recortada (cresta)	kV	110	36	142	52

Tensión de prueba a frecuencia industrial o baja frecuencia (eficaz)

- En seco	kV	34	10	50	10 10
- En húmedo	kV			40	6

3.12. PERDIDAS

Los valores de pérdidas de carga, pérdidas sin carga y pérdidas totales no deberán ser superiores a las máximas especificadas por las normas ICONTEC 818 y 819, última revisión.

Dichas pérdidas son las siguientes:

TRANSFORMADORES MONOFASICOS

potencia KVA	Po (W)	Pc (W) (85oC)	Pt (W)
5	35	105	140
10	60	150	210
15	85	215	300
25	125	330	455
37.5	165	455	620
50	200	575	775
75	255	815	1070
100	330	1070	1400
167.5	420	1525	1945
250	500	2500	3000
333	680	3500	4180

TRANSFORMADORES TRIFASICOS

potencia KVA	Po (W)	Pc (W) (85oC)	Pt (W)
15	95	360	455
30	160	595	755
45	215	855	1070
75	315	1265	1580
112.5	440	1805	2245
150	540	2285	2825
225	745	3315	4060
300	935	4265	5200
400	1135	5510	6645
500	1335	6695	8030
630	1560	8290	9850
750	1700	9900	11600 *
800	1845	10345	12190 *

* Estos valores están referidos a 75 oC

Para la aceptación o rechazo en fábrica de los transformadores por parte de la EMPRESA, regirán las siguientes tolerancias sobre los valores garantizados:

TOLERANCIAS

Características	Tolerancias
Pérdidas totales Pt declaradas	+ 1/10 de las pérdidas
Pérdidas de carga Pc	+ 1/7 de las pérdidas declaradas
Pérdidas sin carga Po	+ 1/7 de las pérdidas declaradas

Los valores de las pérdidas eléctricas que se confrontarán contra las garantizadas serán estrictamente los valores obtenidos en las pruebas.

Para efectos de comparación de ofertas, el costo capitalizado de las pérdidas se adicionará al costo de los transformadores.

La fórmula de evaluación de pérdidas será:

$$P \text{ \$ Col.} = \underline{\quad\quad\quad} K1 \underline{\quad\quad\quad} Po + \underline{\quad\quad\quad} K2 \underline{\quad\quad\quad} Pc$$

Donde:

P \$ Col. Costo capitalizado de las pérdidas totales, en pesos colombianos.

Po	Pérdidas en el hierro o en vacío expresadas en kW a tensión y frecuencia nominal en A.T. y B.T.
Pc	Pérdidas de carga o en los devanados expresadas en kW y referidas a 85oC a potencia y tensión nominales
K1	Costo de las pérdidas en vacío (\$/kW)
K2	Costo de las pérdidas en carga (\$/kW)
K1 y K2	Constantes evaluadas según la norma ICONTEC 2135

3.13. CORRIENTES SIN CARGA Y TENSION DE CORTOCIRCUITO

La corriente sin carga y tensión de cortocircuito deberán cumplir con lo establecido en las normas ICONTEC 818 y 819, última revisión.

Estos valores de corriente sin carga y tensión de cortocircuito son los siguientes:

TRANSFORMADORES MONOFASICOS

potencia KVA	Io (%)	Uz (%) (85oC)
5	2.8	3.0
10	2.6	3.0
15	2.6	3.0
25	2.2	3.0
37.5	2.1	3.0
50	2.0	3.0
75	1.7	3.0
100	1.7	3.0
167.5	1.7	3.0
250	0.8	3.0
333	0.8	3.0

TRANSFORMADORES TRIFASICOS

potencia KVA	Io (%)	Uz (%) (85oC)
15	4.7	3.0
30	3.7	3.0
45	3.7	3.0
75	3.3	3.5
112.5	3.0	3.5
150	2.9	4.0
225	2.4	4.0
300	2.3	4.5
400	2.3	4.5
500	1.9	5.0
630	1.9	5.0
750	1.9	5.0 *
800	1.9	5.0 *

* Estos valores están referidos a 75 oC

Para la aceptación o rechazo en fábrica de los transformadores por parte de la EMPRESA regirán las siguientes tolerancias sobre los valores garantizados en las medidas de las pérdidas eléctricas:

TOLERANCIAS

Características	Tolerancias
Tensión de cortocircuito para la derivación principal (Tensión nominal de cortocircuito)	+/- 1/10 de la tensión de cortocircuito declarada para esta derivación.
Para las derivaciones diferentes a la derivación principal	+ 1/7 del valor establecido para cada derivación dentro del +/-5% del de la derivación principal.
Corriente sin carga	+ 3/10 de la corriente sin carga declarada.

4. CARACTERISTICAS DE FABRICACION

4.1. NUCLEO

El núcleo será fabricado con láminas de acero al silicio, grano orientado y laminado en frío, u otro material magnético, libres de fatiga por envejecimiento, de alta permeabilidad y bajas pérdidas por histéresis.

Las láminas llevarán películas aislantes en sus superficies, las cuales no serán afectadas por el aceite caliente o los aumentos de temperatura propios del núcleo del transformador y presentarán superficies suaves con el fin de poder obtener elevados factores de laminación.

Cuando el núcleo terminado sea del tipo enrollado, éste deberá ser sometido a un proceso de recocido en atmósfera de gas inerte con el fin de reorientar los granos de la lámina magnética.

Las láminas deben estar rigidamente aseguradas para que resistan esfuerzos mecánicos y deslizamientos durante el transporte, montaje y condiciones de cortocircuito. Debe tenerse especial cuidado en distribuir equilibradamente la presión mecánica sobre las láminas del núcleo. El diseño de la estructura de fijación del núcleo debe minimizar las pérdidas por corrientes parásitas.

El núcleo y las bobinas se fijarán en el tanque de modo que no se presenten desplazamientos cuando se mueva el transformador. El núcleo será aterrizado al tanque del transformador para evitar potenciales electrostáticos.

4.2. DEVANADOS

Los devanados primarios y secundarios serán de _____ de conductividad _____% a 20°C. El aislamiento entre espiras y capas de espiras deberá cumplir los requerimientos del numeral 3.3.

Los devanados deberán constituir una unidad sólida, para lo cual serán sometidos a los procesos de prensado y recocido que fueren necesarios. Cuando los devanados sean construidos con láminas o flejes, éstos no podrán presentar limaduras o rebabas debidas al corte que puedan deteriorar el material aislante y dar lugar a cortocircuitos, o bien, provocar concentraciones elevadas de campo eléctrico que puedan causar perforación del material aislante. En este caso, el espesor mínimo del aislamiento entre capas deberá ser de 0.25 mm.

Los materiales usados para construir los canales de refrigeración para circulación de aceite deberán tener adecuadas características aislantes y térmicas.

El borne secundario en su parte interna deberá ir unido a la bobina de tal forma que presente área de contacto adecuada para la corriente que circulará por allí. El terminal secundario interno del transformador deberá colocarse entre arandelas con

tuerca y contratuerca al lado del buje y tuerca en el otro lado. Estos herrajes serán de cobre o latón dependiendo de la capacidad del transformador. Las soldaduras utilizadas en las uniones serán de plata.

La tensión mecánica del bobinado será la adecuada, de tal forma que no se someta a esfuerzos excesivos que puedan forzar el conductor y los aislamientos o que permitan que el devanado quede demasiado suelto.

Se debe evitar todo doblez innecesario del alambre al embobinarlo.

4.3. MATERIALES AISLANTES

Los transformadores deben ser entregados llenos de aceite, el cual debe ser mineral, preparado y refinado especialmente para uso en transformadores y deberá cumplir con las siguientes características (según norma ICONTEC 1465):

Características	Unid.	No inhibidos	Inhibidos
Físicas			

-Color, máximo		0.5	0.5
-Punto de inflamación, mín.	oC	140	140
-Tensión interfacial, mín.	dinas/cm	40	40
-Densidad, máximo a 20oC	g/cm**3	0.895	0.895
-Viscosidad cinemática	cSt/SSU		
máxima	(mm**2/s)		
a 100oC		2.8	2.8
a 40oC		11.0	11.0
a 0oC		70.0	70.0
Químicas			

-Sulfuros corrosivos corrosivo			No
Clorhidros inorgánicos y sulfatos			Exentos
-Contenido de agua, máximo	ppm	35	35
-Acidez (número de neutralización), máximo	mg KOH/g	0.03	0.03
-Estabilidad a la oxidación acelerada (72 h), lodo, max. Sedimentación	%	0.3	
Acidez (número de neutralización).	mg KOH/g	2.4	
-Contenido de inhibidores oxidación máxima	% de masa	0.08	0.3

Eléctricas

-Rigidez dieléctrica, .			
mínimo	kV	30	30
-Tangente del ángulo de			
pérdidas a 90oC, máximo		0.005	0.005

Los papeles utilizados en el aislamiento de los devanados serán clase A, los cuales deberán soportar la máxima temperatura en el punto más caliente de los devanados.

El papel aislante utilizado será papel "presppan" u otro de igual o mejores características.

Se deberán utilizar procesos de horneado que garanticen el curado de las resinas, asegurando así resistencia mecánica permanente durante el tiempo de vida del transformador.

El aislamiento del alambre esmaltado deberá soportar como mínimo dos (2) veces la tensión espira a espira del diseño del arrollamiento a baja frecuencia y cumplirá los requisitos establecidos en la norma ICONTEC 361.

4.4. PARTE ACTIVA

El núcleo y bobinas una vez acoplados serán unidos al tanque por una estructura o brida metálica. Esta brida estará diseñada para soportar las fuerzas axiales de cortocircuito que puedan causar daños o deformación de las bobinas. Además, tendrá en su parte superior medios apropiados para sujetar la parte activa de tal forma que se pueda extraer el conjunto sin dispositivos especiales.

Este conjunto se inmovilizará dentro del tanque del transformador con un mecanismo sencillo, práctico y preciso que evite el uso de herramientas especiales. El fabricante garantizará que las vibraciones producidas durante el transporte no afecten la parte activa. Esta una vez armada, se someterá a un proceso de secado.

La parte activa deberá ser removible fácilmente para propósitos de mantenimiento o reparación. Los tornillos y demás elementos de la parte activa del transformador deberán estar completamente limpios, de tal forma que no contaminen el aceite del transformador.

4.5. TANQUE

El tanque y la tapa de los transformadores deberán ser de lámina de acero; la tapa deberá ir con tornillos, provista de empaque, de acuerdo con la norma ICONTEC 1490 y 1656. No se aceptan transformadores cuyas tapas estén soldadas al tanque.

SECTOR ELECTRICO COLOMBIANO

COMITE PARA EL DESARROLLO Y
ESTIMULO A LA INDUSTRIA NACIONAL

SISTEMA DE CALIDAD

VOLUMEN IV

ANEXO I

MANUALES DE RECEPCION

NIVEL DE DISTRIBUCION



ISA Interconexion Electrica S. A.

EEEB
FEN

COLCIENCIAS

MEDELLIN, MAYO DE 1989

SECTOR ELECTRICO COLOMBIANO

COMITE PARA EL DESARROLLO Y
ESTIMULO A LA INDUSTRIA NACIONAL

SISTEMA DE CALIDAD

VOLUMEN IV
ANEXO I

MANUAL DE INSPECCION
DURANTE FABRICACION
NIVEL DE DISTRIBUCION



ISA Interconexion Electrica S. A.

FELIPE SAMPER

COLCIENCIAS

MEDELLIN, MAYO DE 1989

SECTOR ELECTRICO COLOMBIANO

Comité para el Desarrollo y Estimulo a la Industria Nacional

SISTEMA DE CALIDAD

MANUAL DE INSPECCION DE TRANSFORMADORES

DURANTE LA FABRICACION

Documento No. SC-M-002 Rev. 0

Aprobado por el Comité para el Desarrollo
y Estimulo a la Industria Nacional en el
Acta No. 23

Mayo 19 de 1989

LISTA DE DISTRIBUCION

Copias de este documento han sido entregadas a las empresas abajo relacionadas. Las observaciones que resulten de su revisión y aplicación deben ser consignadas en el formulario de retroalimentación, el cual debe ser enviado al Sistema de Calidad del Sector Eléctrico que funciona en ISA:

EMPRESA	COPIAS
EEEB	1
EPM	1
ICEL	1
CORELCA	1
CHEC	1
CHIDRAL	1
CVC	1
EMCALI	1
ISA	1

LISTA DE GRAFICOS

- 1 Inspección durante la fabricación. Diagrama de flujo.
- 2 Equivalencias entre las normas BBS, VDE, ASTM y SEV para chequeo de rigidez dieléctrica del aceite.
- 3 Rigidez dieléctrica del aceite según BBS, SEV, ASTM y VDE

 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN I. INSPECCION DURANTE
 LA FABRICACION

Documento SC-M-002-Rev.0

Fecha: 89/02/15

INDICE

1	GENERALIDADES	6
1.1	Introducción	7
1.2	Objetivo	7
1.3	Documentos de referencia	8
1.4	Normas	8
1.4.1	Materia Prima y accesorios	8
1.4.2	Características técnicas	8
1.5	Procedimientos para la Inspección durante la Fabricación.	9
1.5.1	Descripción	9
1.5.2	Diagrama de Flujo	10
2.	PROCESO DE FABRICACION.	11
2.1	Fabricación del tanque	12
2.2	Fabricación de las bobinas	12
2.3	Fabricación del núcleo	13
2.4	Ensamble de la parte activa y proceso de secado (horneado).	14
2.5	Ensamble final	14
3.	PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCION DURANTE LA FABRICACION DEL LOTE	15
3.1	Cronograma de fabricación	16
3.2	Fabricación del tanque	16
3.2.1	Requerimientos para la fabricación	16
3.2.2	Materiales	17
3.2.3	Control dimensional	17
3.2.4	Verificación de accesorios (cantidad, colocación)	17
3.2.5	Verificación y pruebas	20
3.2.5.1	Radiadores	20
3.2.5.2	Tanque	20
3.2.6	Preparación de superficies y pintura	21
3.2.6.1	Preparación de superficies	21
3.2.6.2	Pintura	21
3.3	Fabricación de bobinas	22
3.3.1	Conductores	22
3.3.2	Papeles aislantes	23

 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION, VOLUMEN I. INSPECCION DURANTE LA FABRICACION

Documento SC-M-002-Rev.0

Fecha: 89/02/15

3.3.3	Uniones con soldadura	23
3.3.4	Acabados	23
3.4	Fabricación del Núcleo	23
3.4.1	Lámina	23
3.4.2	Corte de la lámina	24
3.4.3	Armado del núcleo	24
3.4.4	Núcleo enrollado	24
3.5	Ensamble de la parte activa y procedimiento de Secado (Horneado)	25
3.5.1	Montaje de las bobinas en el núcleo	25
3.5.2	Unión o empalme de salidas al conmutador y los terminales de AT y BT	25
3.5.2.1	Muestras	25
3.5.2.2	Prueba de fijación (ANSI C 33.5)	25
3.5.2.3	Prueba de calentamiento (ANSI C 33.5)	26
3.6	Proceso de secado de la parte activa - (horneado)	28
3.6.1	Pruebas	28
3.7	Llenado de aceite y terminación	29
3.7.1	Aceite	29
3.7.2	Comprobación de fijación de la parte activa	30
3.7.2.1	Conmutador	30
3.7.2.2	Fijación parte activa	30
3.7.2.3	Dispositivos para izar la parte activa	30
3.7.3	Empaquetaduras	30
3.7.4	Llenado de aceite	31
3.8	Relación de certificados	31
FORMATOS		32
ANEXO (EQUIVALENCIA DE NORMAS BSS, VDE, ASTM Y SVE)		47

1 GENERALIDADES

- 1.1 Introducción
- 1.2 Objetivo
- 1.3 Documentos de referencia
- 1.4 Normas
 - 1.4.1 Materia Prima y accesorios
 - 1.4.2 Características técnicas
- 1.5 Procedimiento para la Inspección durante la Fabricación
 - 1.5.1 Descripción
 - 1.5.2 Diagrama de Flujo

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

Este manual es una guía para que EL INSPECTOR verifique el cumplimiento de los requisitos técnicos durante la fabricación de transformadores de distribución, realizando pruebas a las materias primas, accesorios y partes terminadas en el proceso, antes del ensamble final.

El manual deberá ser utilizado dentro de una licitación o dentro de una orden de compra, únicamente para lotes de transformadores con las mismas características y capacidad. El INSPECTOR deberá diligenciar los formatos para cada uno de los tipos de transformadores que conformen el contrato, sin repetir aquellos que coincidan en la información de la misma empresa.

Las pruebas a materia prima, accesorios y partes terminadas serán realizadas en presencia de un INSPECTOR, en los laboratorios del fabricante o en un laboratorio previamente aprobado por la empresa contratante, y de reconocida competencia.

Para facilitar el cumplimiento de los objetivos y alcances que se describen más adelante, el presente manual incluye una serie de formatos de control que EL INSPECTOR deberá llenar durante las diferentes etapas del proceso, hasta el ensamble final.

La totalidad de los formatos, así como las certificaciones y demás protocolos entregados por el fabricante, se anexarán y formarán parte del informe presentado por EL INSPECTOR.

1.2 OBJETIVO

Realizar la inspección de fabricación de transformadores de distribución refrigerados en aceite.

El procedimiento aquí desarrollado, se aplica a transformadores que podrán ser alimentados por el lado primario, por un sistema de distribución con una tensión de serie hasta 15 kV, y con una capacidad no mayor de 500 kVA.

Los transformadores podrán ser monofásicos o trifásicos para un sistema de corriente alterna de 60 Hz, y cumplirán en su fabricación con los requisitos de las especificaciones técnicas unificadas para transformadores de distribución.

En este manual se incluyen los procedimientos y formatos para la verificación de los requisitos técnicos, y será utilizado por el INSPECTOR durante el proceso de fabricación.

1.3 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Especificaciones técnicas unificadas para transformadores de distribución. Versión revisada. Agosto de 1988.
- Pliegos de condiciones de la licitación. - Oferta del fabricante.

1.4 NORMAS

En este numeral solo aparecen algunas de las normas utilizadas. Otras normas serán citadas dentro del manual.

1.4.1 Materia prima y accesorios

- Lámina magnética. Norma ANSI/ASTM A34, A664, A665, A700.
- Alambres esmaltados. Norma ICONTEC 361D.
- Aceros (para el tanque). Norma ICONTEC 6,7,9.
- Papeles aislantes. Norma ANSI/ASTM A1305.
- Aceites. Norma ICONTEC 1465.
- Bujes de media y baja tensión. Norma ICONTEC 2137.
- Empaques. Norma ICONTEC 1759.
- Tornillos, pernos y partes similares roscadas. norma ICONTEC 818.
- Herrajes y conectores ICONTEC 2244.
- Conductores desnudos ICONTEC 419-911.
- Código AWS.- ICONTEC 2057-2120

1.4.2 Características técnicas

Los requisitos y ensayos que deben cumplir los transformadores en cuanto a accesorios, cantidad y ubicación de los mismos, clases de materiales serán los estipulados en la norma ICONTEC 2100, "Electrotécnica, transformadores de distribución sumergidos en aceite" y las "ESPECIFICACIONES TECNICAS UNIFICADAS PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION".

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN I. INSPECCION DURANTE
LA FABRICACION
Documento SC-M-002-Rev.0 Fecha: 89/02/15

1.5 PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCION DURANTE LA FABRICACION

1.5.1 Descripción

El INSPECTOR recopilará y estudiará las especificaciones, normas y la oferta del fabricante.

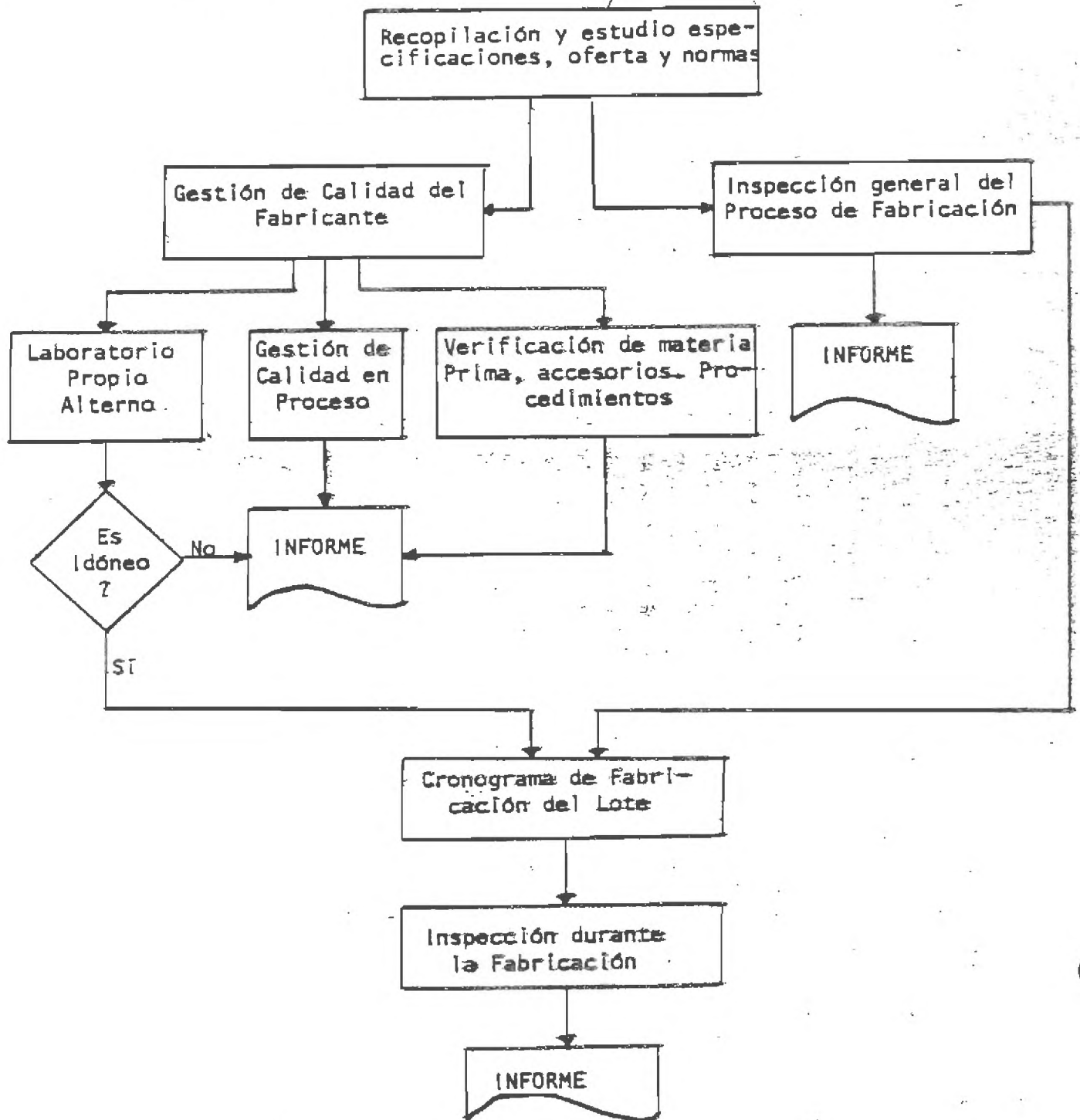
Posteriormente, deberán revisarse los diferentes procedimientos utilizados y la gestión de calidad (de acuerdo a lo especificado en el capítulo 2 Formato No.1), durante el proceso de fabricación (proceso de fabricación capítulo 3 Formato No.2). Los resultados de estas investigaciones deberán consignarse en los formatos correspondientes con las observaciones a que haya lugar.

Una vez terminada la parte de investigación de gestión de calidad y proceso, se establecerá de común acuerdo entre el fabricante y el INSPECTOR el cronograma de fabricación.

El INSPECTOR de común acuerdo con el fabricante decidirá si se comienza la fabricación del lote o de prototipos, para realizar en ellos las verificaciones del caso.

Los procedimientos deberán ser formalizadas con informes según diagrama de flujo de la Figura 1.

1.5.2 Diagrama de Flujo



Inspección durante la Fabricación

Gráfico No. 1

- 2 PROCESO DE FABRICACION.
- 2.1 Fabricación del tanque
- 2.2 Fabricación de bobinas
- 2.3 Fabricación del núcleo
- 2.4 Ensamble de la parte activa y proceso de secado
(horneado)
- 2.5 Ensamble final.

2. PROCESO DE FABRICACION.

El INSPECTOR realizará la inspección general del proceso con miras a establecer si garantiza la uniformidad en la fabricación, el cumplimiento de especificaciones, y en general la capacidad del fabricante para cumplir con lo estipulado en la oferta.

Para efectos de esta inspección, se llenará el formato No. 3 "PROCESO DE FABRICACION. Tomando como base los parámetros consignados en los numerales siguientes, en los cuales se marcan los puntos que son críticos durante la fabricación del transformador de distribución.

2.1 FABRICACION DEL TANQUE

El INSPECTOR verificará que el taller fabrique los tanques en base a planos y especificaciones preestablecidas.

Toda la lámina utilizada para fabricar el tanque deberá ser nueva.

El INSPECTOR verificará que se efectúen pruebas a la soldadura y especificará, en las observaciones, de qué tipo.

Los elementos radiadores deben ser probados para asegurar su hermeticidad.

Debe verificarse que el tanque terminado sea sometido a pruebas, indicando el fabricante, el muestreo empleado para este control.

La lámina del tanque debe ser tratada con abrasivos antes de entrar a pintura. Además, El INSPECTOR debe verificar los controles efectuados al proceso de pintura tales como espesor de las capas, adherencia.

2.2 FABRICACION DE LAS BOBINAS

La fabricación de las bobinas, deberá hacerse en base a planos, teniendo en cuenta las especificaciones de diseño.

El fabricante deberá garantizar que los materiales (conductores, papeles aislantes, etc) sean controlados dimensionalmente; también debe verificar el cumplimiento de especificaciones y dimensiones finales de la bobina.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN I. INSPECCION DURANTE
LA FABRICACION
Documento SC-M-002-Rev.0 Fecha: 89/02/15

Los materiales usados tales como: conductores y papeles aislantes, deberán ser nuevos y en ningún caso materiales recuperados.

El almacenamiento de conductores y papeles aislantes debe estar libre de humedad y polvo, para evitar contaminación y daño de los mismos.

En el caso que el diseño contemple salidas al conmutador soldadas, éstas deberán hacerse con soldadura de plata. En caso de usar aleación de plata, ésta debe ser aprobada por El INSPECTOR. En ningún caso se aceptará soldadura de estaño.

Las bobinas deberán ser almacenadas en forma tal que estén protegidas contra la humedad, polvo y maltrato.

2.3 FABRICACION DEL NUCLEO

El corte y armado el núcleo debe hacerse de acuerdo con los planos y las especificaciones preestablecidas; y será verificada por El INSPECTOR.

La lámina magnética utilizada para la fabricación del núcleo, debe ser nueva y en ningún caso recuperada (material usado).

A las máquinas y troqueles para corte, deberá dárseles mantenimiento adecuado para obtener cortes con nivel de rebabas bajo.

El fabricante debe verificar que el núcleo armado cumpla con las dimensiones estipuladas.

El manejo de la lámina debe ser tal, que no le produzca quiebres ni maltrato.

El fabricante debe poseer bancos adecuados para el armado del núcleo.

El torque aplicado a los tornillos de ajuste del núcleo debe ser uniforme y controlado con base en las especificaciones de ajuste dadas por el fabricante.

En el caso de núcleos enrollados, el fabricante debe poseer los elementos adecuados para someterlo a recocido en atmósfera inerte, con el fin de reorientar los granos de la lámina.

2.4 ENSAMBLE DE LA PARTE ACTIVA Y PROCESO DE SECADO (HORNEADO)

El ensamble de la parte activa debe hacerse con base en planos y especificaciones, y se deberá controlar dimensionalmente. El fabricante contará con los elementos de ensamble adecuados para esta operación, evitando el daño de las bobinas o núcleo.

Por ningún motivo, pueden quedar obstruidos los canales o ductos de refrigeración.

El secado de la parte activa debe ser controlado en cuanto a tiempo y temperaturas. Se deben tener registros de estos datos.

El fabricante debe constatar que el secado es correcto, realizando medidas de la resistencia del aislamiento, las cuales se efectuarán con un megger. El fabricante debe poseer registros de su proceso de secado.

2.5 ENSAMBLE FINAL

El fabricante debe poseer los elementos adecuados para izar y movilizar la parte activa, introduciéndola en el tanque sin riesgo de golpes o daños.

El fabricante debe garantizar que al montar el conmutador, no quede sometido a presiones o esfuerzos mecánicos.

El fabricante deberá poseer también los elementos necesarios para efectuar el llenado de aceite bajo vacío. Este aceite deberá ser probado antes de proceder al llenado del transformador.

El fabricante dispondrá de los medios y registros que garanticen la hermeticidad del cierre del transformador.

- 3. PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCION DURANTE LA FABRICACION DEL LOTE
 - 3.1 Cronograma de fabricación +
 - 3.2 Fabricación del tanque
 - 3.2.1 Requerimientos para la fabricación
 - 3.2.2 Materiales
 - 3.2.3 Control dimensional
 - 3.2.4 Verificación de accesorios (cantidad, colocación)
 - 3.2.5 Verificación y pruebas
 - 3.2.5.1 Radiadores
 - 3.2.5.2 Tanque
 - 3.2.6 Preparación de superficies y pintura
 - 3.2.6.1 Preparación de superficies
 - 3.2.6.2 Pintura
 - 3.3 Fabricación de bobinas
 - 3.3.1 Conductores
 - 3.3.2 Papeles aislantes
 - 3.3.3 Uniones con soldadura
 - 3.3.4 Acabados
 - 3.4 Núcleo
 - 3.4.1 Lámina
 - 3.4.2 Corte de la lámina
 - 3.4.3 Armado del núcleo
 - 3.4.4 Núcleo arrollado
 - 3.5 Ensamble de la parte activa
 - 3.5.1 Montaje de las bobinas en el núcleo
 - 3.5.2 Unión o empalme de salidas al conmutador y los terminales de AT y BT
 - 3.5.2.1 Muestras
 - 3.5.2.2 Prueba de fijación (pull-out)
 - 3.5.2.3 Prueba de calentamiento
 - 3.6 Proceso de secado de la parte activa (horneado)
 - 3.6.1 Pruebas
 - 3.7 Llenado de aceite y terminación
 - 3.7.1 Aceite
 - 3.7.2 Comprobación de fijación de la parte activa
 - 3.7.2.1 Conmutador
 - 3.7.2.2 Fijación de la parte activa
 - 3.7.2.3 Dispositivos para izar la parte activa
 - 3.7.3 Empaquetaduras
 - 3.7.4 Llenado de aceite
 - 3.8 Relación de certificados

3. PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCION DURANTE LA FABRICACION DEL LOTE

Durante la fabricación de los transformadores, El INSPECTOR deberá efectuar una serie de revisiones y pruebas de verificación tanto a la materia prima utilizada como a las partes terminadas del transformador, antes del ensamble final, para verificar el cumplimiento de lo estipulado en las normas, especificaciones y oferta.

Para los efectos de inspección, se dividirá el proceso en: fabricación del tanque, fabricación de bobinas, fabricación del núcleo, ensamble y secado de la parte activa, montaje final y terminación.

Las pruebas eléctricas e inspección final, se tratarán en el capítulo final "pruebas para recepción".

Las materias primas y accesorios serán probadas por el fabricante, o certificadas por su proveedor.

3.1. CRONOGRAMA DE FABRICACION

El fabricante elaborará un cronograma de fabricación en el cual se definan los periodos en que se fabricarán las partes del transformador, hasta el ensamble final.

3.2. FABRICACION DEL TANQUE

Para la fabricación de los tanques El INSPECTOR realizará una inspección detallada de la materia prima que se utilizará, así como verificaciones de especificaciones, colocación de accesorios, pruebas de hermeticidad, vacío y sobrepresión y en general lo estipulado en los numerales siguientes.

3.2.1 Requerimientos para la fabricación

Para la fabricación del tanque, y de acuerdo a las "especificaciones técnicas unificadas", numeral 3.5, el fabricante presentará :

- Calificación de procedimientos de soldadura, emitida por entidad competente.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN I. INSPECCION DURANTE
LA FABRICACION

Documento SC-M-002-Rev.0

Fecha: 89/02/15

- Calificación de operarios soldadores, emitida por entidad competente.
- Así mismo, se realizarán ensayos sobre probetas elaboradas por los soldadores, las cuales deben soportar un esfuerzo mínimo igual al 150 % del esfuerzo máximo que soporta el material de la lámina.

3.2.2. Materiales

El fabricante presentará las certificaciones respectivas de la lámina utilizada para la fabricación del tanque y de la soldadura empleada. En caso de no poseer certificaciones, presentará certificados por lo menos de composición química, emitidos por laboratorio propio o externo.

3.2.3. Control dimensional

El INSPECTOR verificará que las dimensiones del tanque completo estén de acuerdo a los planos suministrados.

3.2.4. Verificación de accesorios (cantidad, colocación)

Los accesorios deberán cumplir con lo estipulado en las normas ICONTEC 1490 y 1656, para transformadores monofásicos y trifásicos respectivamente. El INSPECTOR verificará que en la fabricación del tanque se prevean los dispositivos y perforaciones de tal forma que al colocar los accesorios se dé cumplimiento en cuanto a cantidad, tipo y segmentos del transformador donde van ubicados.

El INSPECTOR seleccionará el tamaño de muestra para su verificación de acuerdo a las tablas 3.1, 3.2 y 3.3.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN I. INSPECCION DURANTE
LA FABRICACION

Documento SC-M-002-Rev.0

Fecha: 89/02/15

DEFECTOS CRITICOS (N.C.A. = 1)

TAMANO DEL LOTE	TAMANO DE LA MUESTRA	AC.	RE.
8 o menos	2	0	1
9 - 15	3	0	1
16 - 25	5	0	1
26 - 50	8	0	1
51 - 90	13	0	1
91 - 150	20	0	1
151 - 280	32	1	2
281 - 500	50	1	2
501 -1200	80	2	3
1201 -3200	125	3	4

Tabla No. 3.1

DEFECTOS MAYORES (N.C.A. = 4)

TAMANO DEL LOTE	TAMANO DE LA MUESTRA	AC.	RE.
2 - 8	2	0	1
9 - 15	3	0	1
16 - 25	5	0	1
26 - 50	8	1	2
51 - 90	13	1	2
91 - 150	20	2	3
151 - 280	32	3	4
281 - 500	50	5	6
501 -1200	80	7	8
1201- 3200	125	10	11

Tabla No. 3.2

DEFECTOS MENORES (N.C.A. = 6.5)

TAMANO DEL LOTE	TAMANO DE LA MUESTRA	AC.	RE.
2 - 8	2	0	1
9 - 15	3	0	1
16 - 25	5	1	2
26 - 50	8	1	2
51 - 90	13	2	3
91 - 150	20	3	4
151 - 280	32	5	6
281 - 500	50	7	8
501 - 1200	80	10	11
1201 - 3200	125	14	15

Tabla No. 3.3

Los accesorios que debe llevar cada transformador según norma ICONTEC 1490 y 1656 son :

1. Soporte para colgar en poste
2. Indicador del nivel de aceite (interno para monofásicos, externo para trifásicos).
3. Cambiador de derivaciones con accionamiento externo.
4. Orejas de levantamiento.
5. Puesta a tierra del tanque.
6. Puesta a tierra del terminal neutro de baja tensión.
7. Terminales de los bujes de alta tensión.
8. Terminales de los bujes de baja tensión
9. Bujes de baja y alta tensión.
10. Placa de características (soporte para la misma)
11. Rotulado sobre el tanque de los KVA nominales. (esto se hará al final de la fabricación).
12. Dispositivo de alivio de sobrepresiones.

La carencia y/o incorrecta colocación de los accesorios se clasificará según las definiciones dadas para defectos críticos, mayores y menores, en las Especificaciones Técnicas Unificadas y se aplicarán los criterios de aceptación o rechazo establecidos en las tablas 3.1, 3.2 y 3.3 de este manual.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN I. INSPECCION DURANTE
LA FABRICACION

Documento SC-M-002-Rev.0

Fecha: 89/02/15

3.2.5 VERIFICACION Y PRUEBAS

3.2.5.1 Radiadores (Formato 4)

Los elementos radiadores serán probados con una sobrepresión de 0.65 Kgf/cm² (9.4 Psi) a nivel del mar. Esta prueba se hará a los radiadores antes de acoplarlos al tanque. Después de la prueba, los radiadores no deben presentar deformación permanente o rasgaduras; en caso de presentarse alguna de estas situaciones, será causal de rechazo.

3.2.5.2. Tanque

Las uniones soldadas deberán presentar buena penetración, continuidad en el cordón y deberán estar libres de asperezas y poros, además de un buen acabado.

La ausencia de poros se verificará con tintas penetrantes u otros ensayos no destructivos. La presencia de poros será causal de no aceptación hasta tanto el fabricante no corrija esta situación. Todos los refuerzos del tanque deben soldarse con cordones continuos. El no cumplimiento de estos requisitos será causal de no aceptación del proceso de fabricación, por lo tanto el fabricante deberá hacer los ajustes o modificaciones necesarios en su proceso para cumplir lo aquí expuesto.

PRUEBA DE SOBREPRESION: La prueba de sobrepresión se efectuará al tanque completo sin válvula de sobrepresión o dispositivo de alivio. El tanque se someterá a una sobrepresión de 0.65 Kgf/cm², a nivel del mar (9.43 Psi), para pruebas efectuadas a alturas diferentes al nivel del mar, el fabricante hará las correcciones pertinentes. La sobrepresión se mantendrá durante cinco minutos al cabo de los cuales, el tanque no presentará deformaciones permanentes. En caso contrario, esto será causal de rechazo.

PRUEBAS DE VACIO: La prueba de vacío se hará en la misma forma y con igual duración que la prueba de sobrepresión, pero con -0.65 Kgf/cm².

3.2.6. PREPARACION DE SUPERFICIES Y PINTURA

3.2.6.1 Preparación de superficies

La lámina del tanque, en su totalidad, debe ser tratada con un abrasivo para lograr la adherencia adecuada de la pintura. El INSPECTOR verificará que este procedimiento se cumpla. El no cumplimiento será causal de rechazo, lo cual se consignará en el formato N. 4.

3.2.6.2 Pintura

El INSPECTOR exigirá al fabricante las certificaciones de las características de la base anticorrosiva y de la pintura de acabado (esmalte sintético).

El INSPECTOR realizará en conjunto con el fabricante la prueba de adherencia de la pintura, la cual deberá tener un nivel 4A si se hace con capa mayor de 125 micras o del 90% si se hace a capas con espesor menor. El no cumplimiento será causa de rechazo. El método de prueba es el descrito en la norma ICONTEC 811.

El INSPECTOR verificará los espesores de capa, de la base anticorrosiva y del acabado. El fabricante facilitará el equipo y los medios para realizar la prueba. La medida se hará con un medidor de espesores de recubrimiento, previamente calibrado.

El INSPECTOR solicitará al fabricante la calibración del instrumento de medida, con el respectivo patrón (1. calibración de cero. 2. calibración con galgas patrón), antes de proceder a medir sobre el transformador.

Se harán seis medidas así: dos en los radiadores, dos en el cuerpo del tanque y dos en la tapa. En caso de que el transformador no posea radiadores, se harán dos medidas adicionales sobre el tanque. Ninguna de las medidas tomadas presentará valores por debajo de un 10% del valor especificado.

El espesor de la capa de pintura del transformador será el promedio de las seis lecturas tomadas.

En caso de que los espesores de capa no sean aceptables (según el muestreo de la tabla 3.2), se rechazará el lote con las observaciones del caso, para que el fabricante corrija su defecto.

 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN I. INSPECCION DURANTE LA FABRICACION

Documento SC-M-002-Rev.0

Fecha: 89/02/15

El tanque llevará dos capas de base anticorrosiva que en total sumen 75 micras de espesor (3 mils) y dos capas de acabado (esmalte sintético) las cuales deben dar 75 micras de espesor (3 mils). En total, el recubrimiento debe sumar 150 micras (6 mils).

Adicionalmente, se hará la medida del espesor y adherencia de la capa de pintura del interior del tanque, las cuales tendrán 25 micras (1 mil) y 90 % respectivamente.

3.3 FABRICACION DE BOBINAS

3.3.1 Conductores

El INSPECTOR requerirá al fabricante la certificación de la pureza del material (Cu 99.9%)

En ningún caso se utilizarán conductores recuperados o usados.

Como verificaciones dentro del proceso, El INSPECTOR de común acuerdo con el fabricante, medirá la resistividad volumétrica del material (ohmio-mm²/m), la cual debe estar de acuerdo con la garantizada en las "Especificaciones Técnicas Unificadas" (6.1.8 b).

Además, se verificará el área transversal de los conductores tanto de baja tensión como de alta. Este dato será comparado con el ofrecido por el fabricante en las "Especificaciones Técnicas Unificadas".

El INSPECTOR calculará la densidad de corriente en cada devanado, de la siguiente forma :

$$D = \frac{I \text{ nominal del fase [A] del devanado. [A]}}{\text{Área transversal del conductor [mm}^2\text{]} [mm^2]} = \frac{[A]}{[mm^2]}$$

Esta densidad será consignada en el formato en la parte correspondiente a la fabricación de las bobinas "Densidad de Corriente A.T.", "Densidad de Corriente B.T"

En caso de que la diferencia de densidad en los devanados sea muy alta, El INSPECTOR verificará la refrigeración de los devanados.

3.3.2 Papeles aislantes

El INSPECTOR solicitará las pruebas de rompimiento dieléctrico y medida de espesor de los papeles utilizados para el aislamiento entre capas. Las pruebas de rompimiento se harán en muestras de papel seco y también en muestras impregnadas con aceite.

Los valores de rompimiento dieléctrico (en KV) y espesor, serán consignados en el Formato No. 4 y comparados con el valor garantizado por el fabricante en las especificaciones técnicas unificadas (6.1.8 f). Se tomará como parámetro de referencia sobre el valor ofrecido, una tolerancia máxima de -10%.

3.3.3 Uniones con soldadura

Las salidas de las derivaciones o uniones de conductores que deban hacerse por requerimiento del proceso, no podrán hacerse en estaño. La soldadura se hará con plata o aleación de plata. Dentro de la bobina no se aceptarán uniones por presión.

3.3.4 Acabados

El INSPECTOR verificará que el acabado de la bobina sea uniforme en su forma sin mostrar protuberancias.

El ajuste entre bobinas de AT y BT debe ser tal que no permita movimiento de un devanado respecto a otro (esto se verificará antes y después del secado).

3.4 FABRICACION DEL NUCLEO

3.4.1 Lámina

El INSPECTOR solicitará la certificación de la lámina suministrada. Esta certificación deberá contener por lo menos los datos de composición química y pérdidas en W/Kg a 60 Hz, y el valor de inducción al que se dan estas pérdidas.

El INSPECTOR verificará que la lámina utilizada en la fabricación del lote esté libre de oxidación, quiebres o falta de aislamiento en sus caras; Así mismo, debe ser lámina nueva. El no cumplimiento de cualquiera de estas condiciones será causal de rechazo.

3.4.2 Corte de la Lámina

El corte de lámina magnética deberá hacerse con equipos adecuados para tal fin, de modo que no le produzcan quiebres, desgarramientos o pérdida del aislamiento. El nivel de rebaba en el corte no debe sobrepasar 0.030 mm. El INSPECTOR verificará que los puntos enumerados se cumplan. En caso de no cumplirse, se procederá a hacer las observaciones pertinentes al fabricante, y no se aceptará hasta tanto se hagan las modificaciones necesarias.

3.4.3 Armado del núcleo

En el núcleo armado, El INSPECTOR verificará, dimensiones de acuerdo a los planos del fabricante.

El INSPECTOR verificará que el torque de ajuste del núcleo no sobrepase lo especificado por el fabricante.

En caso de que las dimensiones no se cumplan, el fabricante debe aclarar y sustentar la modificación.

El aspecto no uniforme del núcleo, es indicativo de un deficiente apilamiento, y por lo tanto, es de esperar que los entrehierros que se forman son excesivos; ésta situación podrá ser causal de rechazo.

3.4.4 Núcleo enrollado

En el caso que el fabricante trabaje con núcleos enrollados, El INSPECTOR verificará que el procedimiento de recocido del núcleo se efectúe bajo atmósfera inerte, para evitar oxidación del mismo. El fabricante debe suministrar la temperatura máxima utilizada para el recocido.

En el armado del núcleo enrollado, se debe verificar que la longitud de entrehierros no sea excesiva, en el sentido longitudinal de la lámina. En sentido transversal a la lámina No deben existir aberturas entre lámina y lámina.

3.5. ENSAMBLE DE LA PARTE ACTIVA Y PROCEDIMIENTO DE SECADO (HORNEADO)

3.5.1 Montaje de las bobinas en el núcleo

El INSPECTOR verificará que al montar las bobinas en el núcleo, el ajuste sea tal que no permita movimiento de esta respecto al núcleo. El sistema de acufiamiento por ningún motivo estropeará a la bobina.

Los ductos de refrigeración deben quedar libres de obstrucciones o taponamientos que impidan la libre circulación del aceite.

3.5.2 Unión o Empalme de salidas al conmutador y los terminales de AT y BT.

Todas las uniones o empalmes de salidas que se hagan por medio de conectores de presión o atornillados, deberán someterse a pruebas de acuerdo a los parámetros relacionados a continuación:

3.5.2.1 Muestras

Se tomarán cuatro probetas de cada uno de los tipos de empalme. La longitud del conductor será de 50 cm como mínimo a cada lado del conector. (El conductor será el mismo que se está uniendo con el conector.).

3.5.2.2 Prueba de fijación (ANSI C 33.5)

Sujetando firmemente a un soporte uno de los extremos libres del conductor, se someterá a tracción el otro extremo en sentido longitudinal al conductor. La fuerza aplicada será la establecida en la tabla 3.5, de acuerdo al conductor utilizado. En caso de que el conector una dos conductores de distinto calibre, se aplicará la fuerza correspondiente al menor. (esta prueba se realizará solo para uniones con conector a presión).

La duración de la prueba será de un minuto.

Ninguno de los conductores debe sufrir desplazamientos respecto al conector durante la prueba, de lo contrario, se rechazará la probeta.

Despues de la prueba se verificará el ajuste de los conductores en el conector, las cuales no deben presentar juego. En caso de presentarse, será causal de rechazo de la probeta. (ver criterios de aceptación y rechazo. tabla 3.4).

CRITERIO DE ACEPTACION Y RECHAZO

TAMANO MUESTRA	AC	RECHAZO
4	1	2

Tabla 3.4

De acuerdo al resultado de la prueba, se aprobará el procedimiento y se continuará con las pruebas de calentamiento. En caso contrario, deberá revisarse el tipo de empalme.

3.5.2.3 Prueba de calentamiento (ANSI C 33.5)

Para esta prueba, se tomarán las mismas muestras utilizadas para la prueba de fijación.

Los dos extremos libres del conjunto conductor-conector-conductor, se conectarán a la fuente de alimentación. Se hará circular una corriente de prueba igual a la especificada en la tabla 3.6, de acuerdo al calibre del conductor. En caso de que los conductores sean de distinto calibre, se tomará como referencia el menor calibre.

La corriente especificada se hará circular por el conjunto hasta lograr estabilidad en la temperatura. Se asume que la temperatura está estable, cuando tres lecturas tomadas a intervalos no menores de 10 minutos, muestran que no hay diferencias de más de 2 grados centigrados entre una y otra lectura.

El incremento de la temperatura del conector no debe exceder la temperatura ambiente en más de 50 grados centigrados.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN I. INSPECCION DURANTE
LA FABRICACION

Documento SC-M-002-Rev.0

Fecha: 89/02/15

$$DT = T_m - T_a$$

Donde :

DT = Elevación de temperatura

T_m = Temperatura medida en el conectorT_a = Temperatura ambiente

Los criterios de aceptación o rechazo tanto para la prueba de fijación como para la de calentamiento, serán los consignados en la tabla 3.4.

Medida de la temperatura: La medida de temperatura se hará sobre el cuerpo del conector con una termocupla de hierro constantan, de alambres no mayores de 24 AWG y no menores de 30 AWG.

Precaución: Se debe tener especial cuidado si se mide con el elemento energizado, para evitar voltajes que puedan afectar al operario o al aparato. En caso de que no sea posible tomar las lecturas con el elemento energizado, se fijará la termocupla al conector y se harán desconexiones rápidas por medio de un interruptor, para tomar la lectura.

VALORES DE FUERZA PARA PRUEBA DE FIJACION DE CONECTORES
ANSI C 33.5

CLASE DE CONDUCTOR AWG	FUERZA QUE SE DEBE APLICAR	
	lb	Newton
22	8	35.5
20	13	57.9
18	20	89.0
16	30	133.5
14	50	222.5
12	70	311.5
10	80	356.0
8	90	400.5
6	100	445.0
4	140	623.0
3	160	712.0
2	180	801.0
1	200	890.0

Tabla 3.5

VALORES DE CORRIENTE PARA PRUEBA DE CALENTAMIENTO DE CONECTORES ANSI C 33.5

CLASE DE CONDUCTOR AWG	CORRIENTE DE PRUEBA [A]
22	9
20	12
18	17
16	18
14	30
12	35
10	50
8	70
6	95
4	125
3	145
2	170
1	195

Tabla 3.6

3.6 PROCESO DE SECADO DE LA PARTE ACTIVA (HORNEADO)

El INSPECTOR verificará que la duración y la temperatura de secado esté de acuerdo a lo especificado en el proceso de fabricación.

3.6.1 Pruebas

Como comprobación del secado, debe hacerse una medida de resistencia del aislamiento entre devanados de AT y BT, y de éstos contra núcleo. Estas medidas en ningún caso darán valores inferiores a 2000 MegaOhmios estando la parte activa sin encubar. Las bobinas y el núcleo no tendrán temperaturas superiores a 50 y 70 grados centígrados respectivamente en el momento de la medida. En caso de encontrar transformadores con valores de resistencia de aislamiento inferiores, se harán las observaciones al fabricante para prolongar el proceso de secado hasta lograr los valores mínimos requeridos.

3.7 LLENADO DE ACEITE Y TERMINACION

3.7.1 Aceite

El INSPECTOR solicitará la prueba de rigidez dieléctrica del aceite cuyo valor en ningún caso debe estar por debajo de 30 KV.

La prueba del aceite se hará de acuerdo a ASTM D-877-71 o cualquier otro método normalizado que utilice el fabricante (ver anexo 1: equivalencias de valores de disrupción para las distintas NORMAS). El fabricante emitirá un protocolo de prueba con los resultados obtenidos. Además, El INSPECTOR requerirá la certificación del aceite, la cual debe contener los siguientes datos:

CARACTERISTICAS	UNIDAD	NO INHIBIDOS	INHIBIDOS
-----------------	--------	--------------	-----------

FISICAS

-Color, Máximo		0.5	0.5
-Punto de inflamación, Mínimo	oC	140.0	140.0
-Tensión interfacial, Mínimo	dinas/cm	40.0	40.0
-Densidad, Máximo (20 oC)	g/cm ³	0.895	0.895
-Viscosidad cinemática máxima:	cSt/SSU(mm ² /s)		
-a 100 oC		2.8	2.8
-a 40 oC		11.0	11.0
-a 0 oC		70.0	70.0

QUIMICAS

-Sulfuros corrosivos			No corrosivo
-Clorohidros inorgánicos y sulfatos			Exentos
-Contenido de agua, máximo	ppm	35.0	35.0
-Acidez (número de neutralización máximo)	mg KOH/g	0.03	0.03
-Estabilidad a la oxidación acelerada (72 h), lodo, máximo. Sedimentación	%	0.3	
-Acidez (número de neutralización).	mg KOH/g	2.4	
-Contenido de inhibidores oxidación máxima	% de masa	0.08	0.3

ELECTRICAS

-Rigidez dieléctrica, mínimo	KV	30	30
-Tangente del ángulo de pérdidas a 90 oC, máximo		0.005	0.005

La toma de muestras se hará de acuerdo a lo especificado en la norma ICONTEC 1465, así mismo, el criterio de aceptación o rechazo será el consignado en la tabla dos de la norma ICONTEC 1465.

3.7.2 COMPROBACION DE FIJACION DE LA PARTE ACTIVA

El INSPECTOR deberá verificar :

3.7.2.1 Conmutador

No deberá quedar sujeto a presiones o esfuerzos mecánicos que puedan ocasionar roturas o dificultad para el accionamiento. El accionamiento del conmutador tendrá enclavamiento en cada posición.

3.7.2.2 Fijación parte activa

El sistema de fijación de la parte activa al tanque, no deberá permitir movimiento, de tal forma que no haya desplazamiento durante el transporte.

3.7.2.3 Dispositivos para izar la parte activa

La parte activa poseerá los dispositivos adecuados para el izaje y extracción del tanque. Esta no requerirá dispositivos especiales para su extracción. El INSPECTOR verificará esta operación extrayendo una parte activa.

3.7.3 Empaquetaduras

El INSPECTOR solicitará la realización de las pruebas de "envejecimiento acelerado", "resistencia de aceite", "determinación del asentamiento a la compresión", de acuerdo a las normas ICONTEC 447, 812 y 724 respectivamente.

NOTA: El fabricante puede presentar certificados de cumplimiento de los empaques con estas especificaciones y quedará a juicio del INSPECTOR, si exige la realización de pruebas o acepta solamente los certificados.

3.7.4 Llenado de aceite

El INSPECTOR verificará que esta operación se realice bajo vacío para garantizar la extracción del aire de la parte activa.

3.8 RELACION DE CERTIFICADOS

El INSPECTOR llenará el formato No. 4 A con la relación de todas las certificaciones de materiales y accesorios que presente el fabricante. Así mismo, relacionará las pruebas que se hagan en laboratorios propios o externos.

FORMATOS

- 1 GESTION DE CALIDAD DEL FABRICANTE.
- 2 COMPETENCIA TECNICA DEL LABORATORIO. VERIFICACION
- 3 PROCESO DE FABRICACION. INSPECCION GENERAL
- 4 FABRICACION DEL LOTE. INSPECCION
- 4a CONTROL DE MATERIALES Y ACCESORIOS

LOS NUMERALES QUE APARECEN EN LOS FORMATOS CORRESPONDEN A LOS
MISMOS NUMERALES DESCRITOS EN EL MANUAL.

GESTION DE CALIDAD DEL FABRICANTE
FORMATO No. 1

Hoja 1 de 3

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

2.1 SISTEMA DE ORGANIZACION DE LA CALIDAD

	si	no
Políticas y Objetivos estan claramente definidos ?	_____	_____
Posee Organigrama ?	_____	_____
Tiene suficiente autoridad y autonomia ?	_____	_____
Existen procedimientos escritos ?	_____	_____
Puede certificar calidad con registros ?	_____	_____

OBSERVACIONES _____

2.2 GESTION DE CALIDAD EN EL PROCESO

	si	no	
2.2.1 FABRICACION TANQUE:			
Se realiza en base a planos?	_____	_____	+
Hay uniformidad en la fabricación ?	_____	_____	
Se prueba la hermeticidad del tanque ?	_____	_____	+
Se controla dimensionalmente el tanque ?	_____	_____	+
Se verifica ubicación correcta de accesorios ?	_____	_____	+
Someten a prueba elementos radiadores ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES _____

2.2.2 FABRICACION DE BOBINAS:

	si	no	
Existen controles de tipo dimensional ?	_____	_____	
Hay control de acabados ?	_____	_____	
La fabricación se realiza contra planos ?	_____	_____	+
El fabricante puede verificar el No. de espiras?	_____	_____	+
Hay un puesto de control en la fabricación de bobinas ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES _____

2.2.3 FABRICACION DEL NUCLEO:

	si	no	
Hay control en el corte (rebabas) ?	_____	_____	+

INSPECTOR : _____
Nombre Firma

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN I: INSPECCION DURANTE LA FABRICACION

Documento SC-M-002-Rev.0

Fecha: 89/02/15

GESTION DE CALIDAD DEL FABRICANTE
FORMATO No. 1

Hoja 2 de 3

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

	si	no	
Hay control dimensional y de armado final ?	_____	_____	
Se revisan armado y dimensiones finales ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES _____

2.2.4 CONTROL DE SECADO DE LA PARTE ACTIVA:	si	no	
Se controla la resistencia del aislamiento ?	_____	_____	+
Hay registros de temp. y periodos de secado ?	_____	_____	

OBSERVACIONES _____

2.2.5 LLENADO DE ACEITE Y TERMINACION:	si	no	
Se controla el aceite antes de utilizarlo ?	_____	_____	+
Se chequea la rigidez dieléctrica	_____	_____	+
Hay revisión final de la terminación ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES _____

2.3 CONTROL DE RECEPCION	si	no	
2.3.1 INSPECCION DE RECEPCION:			
Posee medios adecuados para mediciones ?	_____	_____	
Hay controles dimensionales ?	_____	_____	
Posee los medios para certificar análisis químico (lab. propio, ext o certificación proveedor)	_____	_____	+
Los planes de muestreo son adecuados para las características a controlar ?	_____	_____	
Hay una buena actualización y difusión de información ?	_____	_____	

OBSERVACIONES _____

2.3.2 IDENTIFICACION Y REGISTRO:	si	no	
Hay constancia escrita de los resultados de control ?	_____	_____	

INSPECTOR: _____

Nombre

Firma

/COMPETENCIA TECNICA DEL LABORATORIO
FORMATO No. 2

Hoja 1 de 2

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ KVA. TENSION: _____ / _____ KV. FASES: _____

3.1 REQUISITOS DE PRECISION si no

EL FABRICANTE DEBERA POSEER INSTRUMENTOS DE MEDIDA PARA:

Resistencia de los devanados. Clase ≤ 2	_____	_____	*
Relación de transformación. Clase ≤ 0.25	_____	_____	*
Resistencia del aislamiento. Clase ≤ 5	_____	_____	*
Medida de pérdidas. Clase ≤ 1	_____	_____	*
Tensión aplicada, inducida e impulso. Clase ≤ 3	_____	_____	*

OBSERVACIONES _____

3.2 CAPACIDAD Y EQUIPO si no

EL FABRICANTE TIENE CAPACIDAD Y EQUIPO PARA EFECTUAR LAS SIGUIENTES PRUEBAS ?

3.2.1 PRUEBAS DE RUTINA

Medida de la resistencia del aislamiento ?	_____	_____	+
Medida de la relación de transformación ?	_____	_____	+
Ensayos al dieléctrico ?	_____	_____	+
Medida de pérdidas sin carga ?	_____	_____	+
Medida de pérdidas con carga y tensión de cortocircuito ?	_____	_____	+
Medida de la resistencia en devanados ?	_____	_____	+
Chequear rigidez dieléctrica del aceite?	_____	_____	+

OBSERVACIONES _____

3.2.2 PRUEBAS TIPO si no

Está en capacidad de realizar pruebas tipo y de materiales ?	_____	_____	+
Está en capacidad de realizar pruebas de impulso ?	_____	_____	_____
Está en capacidad de realizar pruebas de calentamiento ?	_____	_____	_____

OBSERVACIONES _____

INSPECTOR: _____

Nombre Firma

GESTION DE CALIDAD DEL FABRICANTE
FORMATO No. 1

Hoja 3 de 3

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

La materia prima está identificada según su estado de control (pendiente, aceptado, rechazado) ?

si no

_____ +

OBSERVACIONES _____

2.3.3 MATERIALES RECHAZADOS:

Hay un procedimiento definido para el material rechazado?

si no

El manejo de material rechazado es adecuado?

_____ +

OBSERVACIONES _____

LA GESTION DE CALIDAD DEL FABRICANTE ES CONFIABLE ?

si no

_____ +

OBSERVACIONES _____

INSPECTOR : _____

Nombre

Firma

(+) Seria conveniente solicitar al fabricante la implementación de estos controles

002-0

COMPETENCIA TECNICA DEL LABORATORIO
FORMATO No. 2

Hoja 2 de 2

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

	si	no
3.2.3 PRUEBAS ESPECIALES		
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

OBSERVACIONES _____

3.2 CONDICIONES DE SEGURIDAD

	si	no	
Posee adecuadas medidas de proteccion ?	_____	_____	+
La resistencia a tierra es adecuada ?	_____	_____	+
La señalización es suficiente ?	_____	_____	+
Posee manuales de operacion ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES: _____

3.6 CALIBRACION

	si	no	
Los instrumentos están calibrados ?	_____	_____	*
Las calibraciones están vigentes ?	_____	_____	*

OBSERVACIONES: _____

EL LABORATORIO ES ACEPTABLE TECNICAMENTE ?

si	no	
_____	_____	+

OBSERVACIONES

INSPECTOR : _____
Nombre Firma

(+) Seria conveniente solicitar al fabricante la implementación de estos controles.
(* En caso de obtener respuesta negativa, esto será causal de no aceptación hasta tanto el fabricante no modifique esta situación.

PROCESO DE FABRICACION
FORMATO No. 3

Hoja 1 de 2

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ KV. FASES: _____

	si	no	
4.1 FABRICACION DEL TANQUE			
Se fabrica en base a planos ?	_____	_____	+
Toda la lámina es nueva ?	_____	_____	+
Los equipos de corte y doblado son adecuados ?	_____	_____	+
Realizan pruebas a soldadura ?	_____	_____	+
Pruebas de hermeticidad a los radiadores ?	_____	_____	+
El tanque ensamblado es sometido a pruebas ?	_____	_____	+
La lamina es tratada con abrasivos ?	_____	_____	+
Se controla la pintura (viscosidad, adherencia y espesor de la capa aplicada) ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES: _____

	si	no	
4.2 FABRICACION DE LAS BOBINAS			
Se realiza en base a planos?.	_____	_____	+
Todos los materiales utilizados son nuevos ?	_____	_____	+
El almacenamiento de conductores y papeles aislantes los protege de maltrato y contaminación ?	_____	_____	+
La unión de derivaciones es segura ?	_____	_____	+
El almacenamiento de las bobinas terminadas las protege de maltrato y contaminación ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES: _____

	si	no	
4.3 FABRICACION DEL NUCLEO			
Se fabrica en base a planos ?	_____	_____	+
Toda la lámina magnética es nueva ?	_____	_____	+
Los equipos de corte son adecuados y producen un nivel de rebabas bajo ?	_____	_____	+
El fabricante verifica el núcleo armado ?	_____	_____	+
El manejo de la lámina la protege de daños ?	_____	_____	+
Posee bancos adecuados para el armado ?	_____	_____	+
El torque de ajuste está especificado ?	_____	_____	+
Si se trata de núcleos arrollados, posee hornos adecuados para recocido en atmosfera inerte ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES: _____

INSPECTOR : _____

Nombre

Firma

PROCESO DE FABRICACION
FORMATO No. 3

Hoja 2 de 2

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

		si	no	
4.4	ENSAMBLE PARTE ACTIVA			
	Se ensambla en base a planos ?	_____	_____	+
	Posee un adecuado control dimensional ?	_____	_____	+
	Hay bancos y dispositivos adecuados para la labor de ensamble ?	_____	_____	+
	Los elementos no corren riesgos en el ensamble?	_____	_____	
	El sistema de fijación de bobinas es seguro ?	_____	_____	+
	Los canales y ductos de refrigeración quedan libres de obstrucciones ?	_____	_____	
	Existe control de secado de parte activa ?	_____	_____	+
	Hay registros del secado de la parte activa ?	_____	_____	
	Se mide la resistencia de aislamiento después del secado ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES: _____

		si	no	
4.5	ENSAMBLE FINAL			
	Posee medios adecuados para el ensamble ?	_____	_____	+
	La parte activa no corre riesgos ?	_____	_____	+
	El conmutador queda libre de esfuerzos mecánicos ?	_____	_____	+
	El aceite es probado antes del llenado ?	_____	_____	+
	El llenado se realiza bajo vacio ?	_____	_____	+
	Se prueba la hermeticidad al transformador terminado ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES: _____

		si	no
EL PROCESO DE FABRICACION ES CONFIABLE ?		_____	_____

OBSERVACIONES: _____

INSPECTOR: _____
Nombre Firma

(+) Sería conveniente solicitar al fabricante la implementación de estos controles.

FABRICACION DEL LOTE. INSPECCION
FORMATO No. 4

Hoja 1 de 6

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

	si	no	
5.2 FABRICACION DEL TANQUE			
5.2.1 REQUERIMIENTOS PARA LA FABRICACION			
Se aprueban los procedimientos de soldadura ?	_____	_____	+
Prueba de soldaduras satisfactoria ? (150% del esfuerzo maximo de la lámina)	_____	_____	*

OBSERVACIONES _____

	si	no	
5.2.2 MATERIALES			
El proveedor suministró certificación de la lámina utilizada ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES _____

	si	no	
5.2.3 CONTROL DIMENSIONAL. VERIFICACION DE ACCESORIOS			
Las dimensiones del tanque terminado están de acuerdo a planos ?	_____	_____	+
Soporte para tanque conforme con norma ?	_____	_____	*
Indicador de nivel de aceite. Ubicación correcta ?	_____	_____	*
Cambiador de derivaciones con accionamiento ext.?	_____	_____	*
Ubicación de orejas de levantamiento de acuerdo a la Norma ?	_____	_____	+
Ubicación de puesta a tierra del tanque de acuerdo a la Norma ?	_____	_____	*
Puesta a tierra del terminal neutro de Baja tensión ?	_____	_____	*
Ubicación correcta de los bujes de alta tensión ?	_____	_____	*
Ubicación correcta de los bujes de baja tensión ?	_____	_____	*
Placa de características (soporte) ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES _____

INSPECTOR: _____
Nombre
Firma

FABRICACION DEL LOTE. INSPECCION
FORMATO No. 4

Hoja 2 de 6

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

	si	no	
5.2.5 VERIFICACION Y PRUEBAS			
Los radiadores soportan la prueba de sobrepresión ? (0.65 Kgf/cm2(9.43 Psi))	_____	_____	*
El tanque se encuentra libre de poros ?	_____	_____	*
Las soldaduras de los refuerzos son continuas ?	_____	_____	*
El tanque soportó la prueba de sobrepresión ?	_____	_____	*
El tanque soportó la prueba de vacio ?	_____	_____	*

OBSERVACIONES _____

	si	no	
5.2.6 PREPARACION DE SUPERFICIES			
La lámina del tanque esta tratada con abrasivos?	_____	_____	*
Posee certificaciones de la pintura ?	_____	_____	+
La prueba de adherencia es satisfactoria ? (>=90% 4A)	_____	_____	*
El espesor total de la capa es el especificado ?	_____	_____	*

OBSERVACIONES _____

	si	no	
5.3 FABRICACION DE LA BOBINA			
5.3.1 CONDUCTORES			
La pureza del material es del 99.9 % ?	_____	_____	*
Los materiales son nuevos ?	_____	_____	*
La resistividad volumétrica del material es la especificada ?	_____	_____	*
Area transversal de los conductores está de acuerdo a lo especificado ?	_____	_____	*
Densidad de corriente de alta = _____ [A/mm2]			
Densidad de corriente de baja = _____ [A/mm2]			

OBSERVACIONES _____

	si	no	
5.3.2 PAPELES AISLANTES			
PRUEBAS EN SECO :			
Prueba de rompimiento dieléctrico conforme a lo especificado ?	_____	_____	*

INSPECTOR: _____

Nombre

Firma

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN I: INSPECCION DURANTE LA FABRICACION

Documento SC-M-002-Rev.0

Fecha: 89/02/15

FABRICACION DEL LOTE. INSPECCION
FORMATO No. 4

Hoja 3 de 6

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

si no

Medida del espesor de acuerdo a lo especificado ? [mm]

_____ * _____ *

PRUEBAS EN ACEITE :

Prueba de rompimiento dieléctrico conforme a lo especificado ?

_____ _____

VALORES DE ESPESOR Y ROMPIMIENTO DIELECTRICO:

Medida del espesor = _____ [mm]

Medida del rompimiento en seco = _____ [kV]

Rompimiento impregnado en aceite = _____ [kV]

OBSERVACIONES _____

5.3.3 UNIONES CON SOLDADURA

si no

Las uniones con soldadura son hechas en plata ?

_____ * _____ *

El acabado de la bobina es uniforme y sin protuberancias ?

_____ + _____ +

El ajuste entre las bobinas AT y BT no permite desplazamientos entre ellas ?

_____ * _____ *

OBSERVACIONES _____

5.4 NUCLEO

5.4.1 LAMINA MAGNETICA

si no

El fabricante suministró certificaciones ?

_____ + _____ +

La lámina es totalmente nueva ?

_____ * _____ *

La lámina se encuentra libre de defectos ? (oxidación, quiebres)

_____ * _____ *

OBSERVACIONES _____

5.4.2 CORTE DE LA LAMINA

Nivel de rebabas dentro del rango especificado ?

_____ + _____ +

La lámina no se deteriora en el corte ?

_____ * _____ *

OBSERVACIONES _____

INSPECTOR : _____

Nombre

Firma

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN I: INSPECCION DURANTE LA FABRICACION

Documento SC-M-002-Rev.0

Fecha: 89/02/15

FABRICACION DEL LOTE. INSPECCION
FORMATO No. 4

Hoja 4 de 6

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

si no

5.4.3 ARMADO DEL NUCLEO

Las dimensiones del núcleo están de acuerdo a planos ?

_____ *

Las superficies son uniformes ? (indicación de buen apilado)

_____ +

El torque de ajuste del núcleo no sobrepasa las especificaciones del fabricante ?

_____ +

OBSERVACIONES _____

5.4.4 NUCLEO ENROLLADO

si no

El recocido se efectúa bajo atmósfera inerte ?

_____ *

La longitud de entrehierros no es excesiva ?

_____ *

OBSERVACIONES _____

5.5 ENSAMBLE DE LA PARTE ACTIVA Y PROCEDIMIENTO DE SECADO (Horneado)

5.5.1 MONTAJE DE LAS BOBINAS EN EL NUCLEO

si no

Están ajustadas respecto a el núcleo ?

_____ *

Los ductos de refrigeración quedan libres de obstrucciones ?

_____ *

OBSERVACIONES _____

5.5.2 UNIONES Y EMPALMES

si no

Prueba de fijación satisfactoria ?

_____ *

Prueba de calentamiento satisfactoria ?

_____ *

OBSERVACIONES _____

5.6 PROCESO DE SECADO (Horneado) DE LA PARTE ACTIVA

si no

La temperatura y duración del secado conforme a lo especificado en el procedimiento del fabricante ?

_____ *

INSPECTOR: _____

Nombre

Firma

FABRICACION DEL LOTE. INSPECCION
 FORMATO No. 4

Hoja 5 de 6

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ KVA. TENSION: _____ / _____ KV. FASES: _____

si no

5.6.1 PRUEBAS

Los valores de resistencia de aislamiento son mayores o iguales que 2000 megohmios ?

_____ * _____ *

OBSERVACIONES _____

5.7 LLENADO DE ACEITE Y TERMINACION

5.7.1 ACEITE

si no

Rigidez dieléctrica mayor que 30 kv ?

_____ * _____ *

El fabricante presentó certificaciones del aceite utilizado ?

_____ + _____ +

OBSERVACIONES _____

5.7.2 COMPROBACION DE FIJACION DE LA PARTE ACTIVA

si no

El conmutador esta libre de presiones y es - fuerzas ?

_____ * _____ *

La fijación de la parte activa no permite movimientos ?

_____ * _____ *

La parte activa posee los dispositivos adecuados para su manipulación ?

_____ * _____ *

OBSERVACIONES _____

5.7.3 EMPAQUETADURAS

si no

El fabricante suministró certificaciones ?

_____ + _____ +

Prueba de envejecimiento satisfactoria ?

_____ * _____ *

Resistencia al aceite satisfactoria ?

_____ * _____ *

Determinación del asentamiento a la compresión es satisfactoria ?

_____ * _____ *

OBSERVACIONES _____

INSPECTOR: _____

Nombre

Firma

FABRICACION DEL LOTE. INSPECCION
FORMATO No. 4

Hoja 6 de 6

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ KVA. TENSION: _____ / _____ KV. FASES: _____

5.7.4 LLENADO DE ACEITE
Se efectúa bajo vacío ?

si no
_____ +

OBSERVACIONES _____

LA FABRICACION DEL LOTE ES SATISFACTORIA ?

si no

OBSERVACIONES: _____

INSPECTOR : _____
Nombre Firma

- (+) Seria conveniente solicitar al fabricante la implementación de estos controles.
- (*) En caso de obtener respuesta negativa, esto será causal de no aceptación hasta tanto el fabricante no modifique esta situación.

005-0

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN I: INSPECCION DURANTE LA FABRICACION

Documento SC-M-002-Rev.0

Fecha: 89/02/15

INSPECCION DE TRANSFORMADORES CONTROL DE MATERIALES Y ACCESORIOS
FORMATO No. 4 A Hoja de

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

Descripción material	Procedimiento.	Cert. fabr.	PRUEBAS		Inf.No.	OBSERVACIONES
			LABORATORIO propio	ext.		

INSPECTOR: _____
Nombre Firma

006-0

SECTOR ELECTRICO

SISTEMA DE CALIDAD

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN I. INSPECCION DURANTE
LA FABRICACION

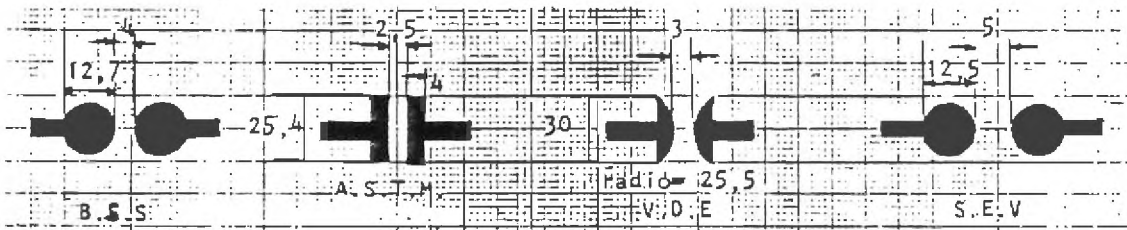
Documento SC-M-002-Rev.0

Fecha: 89/02/15

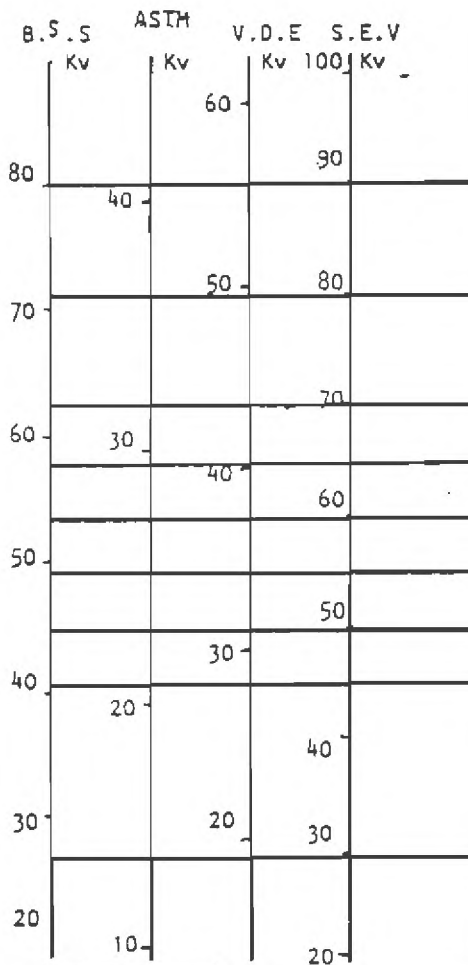
ANEXO:

EQUIVALENCIAS ENTRE LAS NORMAS BBS, VDE, ASTM Y SEV PARA CHEQUEO
DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.

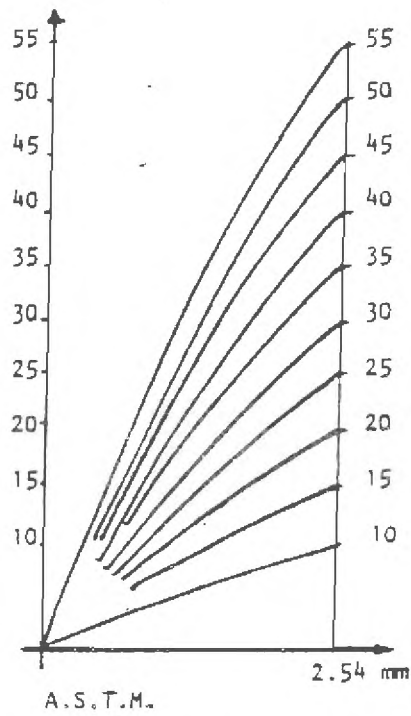
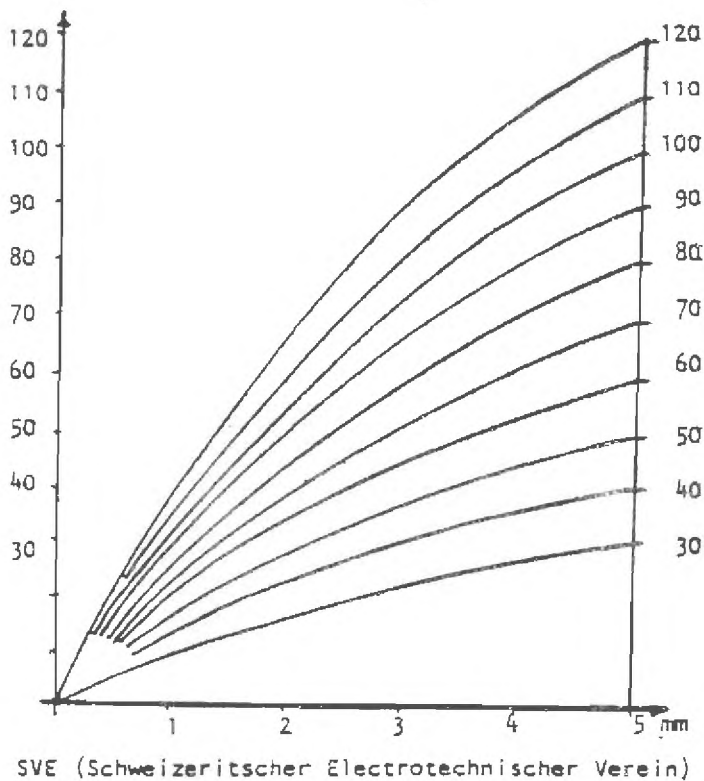
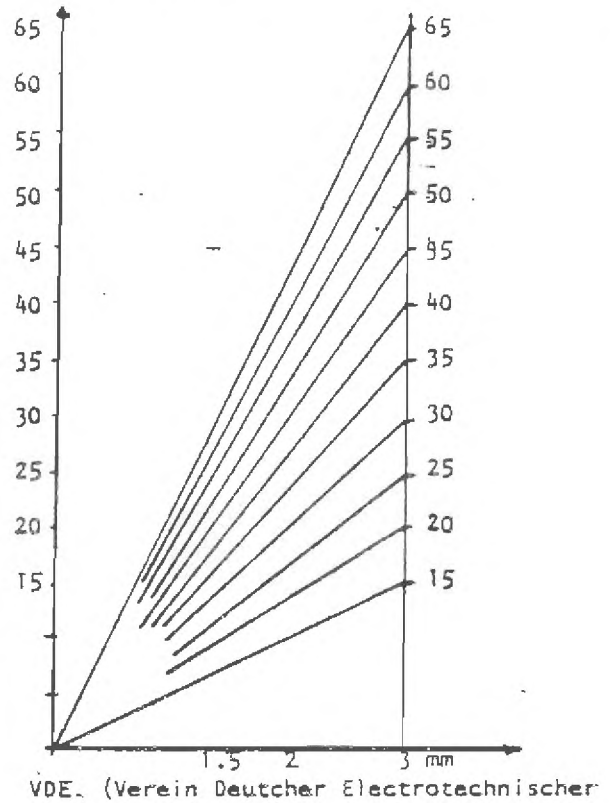
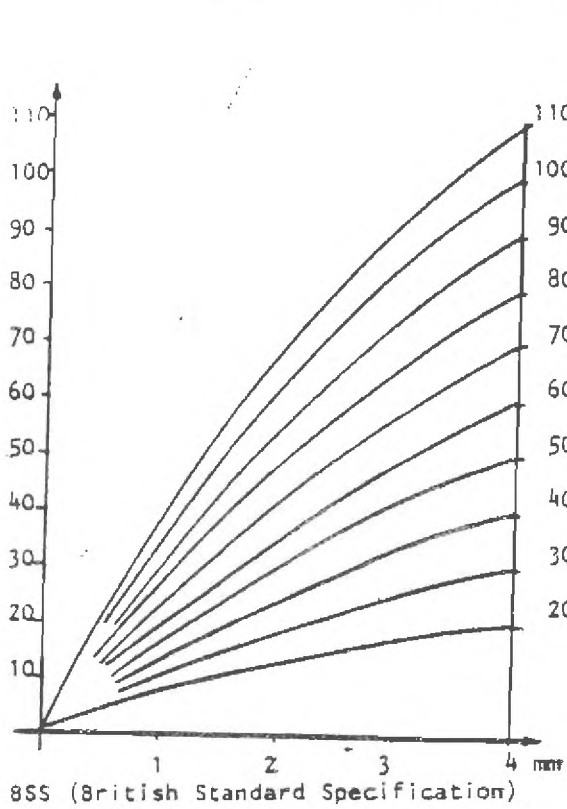
NORMAS B.S.S, VDE, ASTM Y SEV PARA CHEQUEO DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.
(Medidas tomadas en mm)



TRANSFORMADORES									DISYUNTORES								
NUEVOS					USADOS				MINIMO	FILTRO PRENSA HASTA Kv							
FABRICA. Kv		MINIMO Kv			DESPUES DE FILTRO PRENSA (Kv)												
50	50-100	100-200	200	50	50-100	100-200	200	50	50-100	100-200	200	PARA TODO VOLTAJE					



RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE SEGUN : BSS, SVE, ASTM Y VDE



FORMULARIO DE RETROALIMENTACION

Elaborado por : _____ Fecha : _____

Empresa : _____

ASPECTOS	CONSIDERACIONES	SI	NO
1. GENERALIDADES . Alcance . Normas	La estructura es apropiada? Se debe modificar o complementar? Falta incluir alguna norma? Cual: _____		
2. PROCESO DE RECEPCION	Debe modificarse el Diag. de Flujo? El procedimiento está claro?		
3. INSPECCION FINAL	Es necesario efectuar cambios a los listados de defectos?		
4. PRUEBAS	Se debe modificar o complementar alguna prueba? Cual: _____ Debe suprimirse alguna prueba? Cual: _____		
5. FORMATOS	Se debe modificar o complementar algún formato? Cual: _____ Debe eliminarse algún formato? Cual: _____		

DEGREVACIONES _____

FIRMA :

SECTOR ELECTRICO COLOMBIANO

COMITE PARA EL DESARROLLO Y
ESTIMULO A LA INDUSTRIA NACIONAL

SISTEMA DE CALIDAD

VOLUMEN IV
ANEXO I

MANUALES DE RECEPCION
DE LOTES TERMINADOS
NIVEL DE DISTRIBUCION



ISA Interconexión Eléctrica S. A.

FELIPE SAMPER

COLCIENCIAS

MEDELLIN, MAYO DE 1989

SECTOR ELECTRICO COLOMBIANO

Comité para el Desarrollo y Estímulo a la Industria Nacional

SISTEMA DE CALIDAD

MANUAL DE RECEPCION

LOTES TERMINADOS DE TRANSFORMADORES

Documento No. SC-M-003 Rev. 0

Aprobado por el Comité para el Desarrollo
y Estímulo a la Industria Nacional en el
Acta No. 23

Mayo 19 de 1989

LISTA DE DISTRIBUCION

Copias de este documento han sido entregadas a las empresas abajo relacionadas. Las observaciones que resulten de su revisión y aplicación deben ser consignadas en el formulario de retroalimentación, el cual debe ser enviado al Sistema de Calidad del Sector Eléctrico que funciona en ISA:

EMPRESA	COPIAS
EEEEB	1
EPM	1
ICEL	1
CORELCA	1
CHEC	1
CHIDRAL	1
CVC	1
EMCALI	1
ISA	1

MANUAL DE RECEPCION. LOTES TERMINADOS DE TRANSFORMADORES

Documento SC-M-003 Rev. 0

Fecha: 89-05-19

INDICE DE MODIFICACIONES

Indice Revisión	Parágrafos Modificados	Fecha de Revisión	Observaciones

LISTA DE GRAFICOS

- 1 Inspección durante la fabricación. Diagrama de Flujo.
- 2 Equivalencias entre las normas BBS, VDE, ASTM y SEV para chequeo de rigidez dieléctrica del aceite.
- 3 Rigidez dieléctrica del aceite según BBS, SEV, ASTM y VDE.

 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

INDICE

1	GENERALIDADES	7
1.1	Introducción	8
1.2	Objetivo	8
1.3	Alcance	8
1.4	Documentos de referencia	9
1.5	Normas	9
1.5.1	Materia Prima y accesorios	9
1.5.2	Características técnicas	9
1.5.3	Ensayos	10
2	PROCESO DE RECEPCION	11
2.1	Descripción general	12
2.2	Diagrama de flujo.	13
2.3	Procedimiento para muestreo	14
2.3.1	Tipo de control	14
2.3.2	Planes de muestreo	14
2.3.2.1	Definiciones	14
2.3.2.2	Selección de muestras	15
2.3.2.3	Tablas	16
3	INSPECCION FINAL	19
3.1	Listado de defectos	21
3.1.1	Defectos críticos	21
3.1.2	Defectos mayores	21
3.1.3	Defectos menores	22
3.2	Verificación de los defectos críticos	22
3.2.1	Distancia entre bujes	23
3.2.2	Verificación del diagrama de conexiones	23
3.2.3	Datos en placa	23
3.2.4	Conectores para puesta a tierra	23
3.2.5	Espesor de los soportes para colgar poste	24
3.2.6	Rigidez mecánica del cambiador de derivaciones	24
3.2.7	Identificación	24
3.2.8	Dispositivo de alivio (válvula de sobrepresión)	24
3.2.8.1	Pruebas	24
3.3	Defectos mayores	25
3.3.1	Fugas de aceite	25
3.3.2	Cambiador de derivaciones	25

 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

3.3.3	Inspección de los bujes	26
3.3.4	Características bimetalicas de los conectores terminales y capacidad nominal de los mismos.	26
3.3.5	Acabado, adherencia y espesor de la pintura	26
3.3.5.1	Medición del espesor de la capa	26
3.3.5.2	Prueba de adherencia	27
3.3.6	Empaques de caucho	27
3.3.7	Tornilleria	27
3.4	Defectos menores	27
3.4.1	Ubicación de accesorios	27
4.	PRUEBAS DE RUTINA, TIPO Y ESPECIALES	29
4.1	Pruebas de rutina	30
4.1.1	Secuencia de pruebas de rutina	30
4.1.2	Medida de la resistencia de los aislamientos	31
4.1.3	Medida de la relación de transformación, verificación de la polaridad y relación de fase.	32
4.1.3.1	Métodos de ensayo	32
4.1.3.2	Otros Métodos	33
4.1.4	Medida de la resistencia de los devanados	33
4.1.4.1	Método de caída de tensión	34
4.1.4.2	Procedimiento	35
4.1.4.3	Método del puente	35
4.1.4.4	Medida por instrumentos de lectura directa.	35
4.1.5	Determinación de pérdidas y corriente sin carga	35
4.1.5.1	Procedimiento	36
4.1.6	Ensayos del dieléctrico	37
4.1.6.1	Prueba de tensión aplicada	37
4.1.6.2	Prueba de tensión inducida	39
4.1.7	Determinación de la tensión de corto circuito y pérdidas con carga	41
4.1.7.1	Procedimiento para transformadores monofásicos	41
4.1.7.2	Procedimiento para transformadores trifásicos	42
4.1.7.3	Cálculo del protocolo de un transformador monofásico	43
4.1.7.4	Regulación y Rendimiento a plena carga y $f_p = 0.8$	44

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES
TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

4.1.7.5	Cálculo del protocolo de un transformador trifásico	45
4.1.7.6	Resistencia por fase en el devanado en Y (baja tensión)	46
4.1.7.7	Curva de voltaje vs corriente de excitación	48
4.1.7.8	Procedimiento	48
4.1.8	Prueba de hermeticidad	48
4.1.9	Pruebas al aceite	49
4.2	Pruebas tipo	49
4.2.1	Prueba de tensión de impulso	49
4.2.1.1	Preparación del transformador	50
4.2.1.2	Ensayo	50
4.2.1.3	Interpretación de los resultados	51
4.2.2	Prueba de calentamiento	52
4.2.2.1	Métodos de prueba	54
4.2.2.2	Duración de la prueba	55
4.2.2.3	Determinación de la elevación de temperatura del aceite	57
4.2.2.4	Determinación de la elevación de la temperatura promedio en los devanados	57
4.2.2.5	Correcciones y cálculos	58
4.2.2.6	Cálculo de la elevación de temperatura del punto más caliente	62
4.2.2.7	Criterio de aceptación de la prueba	62
4.2.3	Prueba de sobrecarga	63
4.2.4	Pruebas especiales	64
	FORMATOS	65
	ANEXO (EQUIVALENCIA DE NORMAS BSS, VDE, ASTM Y SVE)	83

- 1 GENERALIDADES
 - 1.1 Introducción
 - 1.2 Objetivo
 - 1.3 Alcance
 - 1.4 Documentos de referencia
 - 1.5 Normas
 - 1.5.1 Materia Prima (accesorios)
 - 1.5.2 Características técnicas
 - 1.5.3 Ensayos

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

Este manual es una guía para que EL INSPECTOR verifique el cumplimiento de los requisitos técnicos en los transformadores de distribución de fabricación nacional, realizando las diferentes pruebas a que deben someterse para su aceptación.

El manual deberá ser utilizado dentro de una licitación o dentro de una orden de compra, únicamente para lotes de transformadores con las mismas características y capacidad. El INSPECTOR deberá diligenciar los formatos para cada uno de los tipos de transformadores que conformen el contrato; sin repetir aquellos que coincidan en la información de la misma empresa.

Las pruebas deben ser realizadas en presencia de un INSPECTOR, en los laboratorios del fabricante o en un laboratorio previamente aprobado por la empresa contratante, y de reconocida competencia. Los instrumentos y equipos serán suministrados por el fabricante, y cumplirán con los requisitos de este manual.

Para facilitar el cumplimiento de los objetivos y alcances que se describen más adelante, el presente manual incluye una serie de formatos de control que EL INSPECTOR deberá llenar durante la inspección final y pruebas del producto terminado.

La totalidad de los formatos, así como las certificaciones y demás protocolos entregados por el fabricante, se anexarán y formarán parte del informe presentado por EL INSPECTOR.

1.2 OBJETIVO

Realizar la inspección y recepción de transformadores de distribución refrigerados en aceite, que serán instalados en un sistema de distribución, con alimentación de media tensión hasta serie 15 KV.

1.3 ALCANCE

El procedimiento aquí desarrollado, se aplica a transformadores refrigerados en aceite, que podrán ser alimentados en el primario, por un sistema de distribución de media tensión, hasta serie 15 KV, y con una capacidad no mayor de 500 KVA.

Los transformadores podrán ser trifásicos o monofásicos para un sistema de corriente alterna de 60 Hz, y cumplirán con los requi-

sitos de las especificaciones técnicas unificadas para transformadores de distribución.

En este manual se incluyen los procedimientos y formatos para la verificación de los requisitos técnicos, y será utilizado por EL INSPECTOR durante la inspección final y pruebas para recepción.

1.4 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Especificaciones técnicas unificadas para transformadores de distribución. Versión revisada. Agosto de 1988.
- Pliegos de condiciones de la licitación. - Oferta del fabricante.

1.5 NORMAS

En este numeral solo aparecen algunas de las normas utilizadas. Otras normas serán citadas dentro del manual.

1.5.1 Materia prima y accesorios

- Lámina magnética. Norma ANSI/ASTM A34, A664, A665, A700.
- Alambres esmaltados. Norma ICONTEC 361D.
- Aceros (para el tanque). Norma ICONTEC 6,7,9.
- Papeles aislantes. Norma ANSI/ASTM A1305.
- Aceites. Norma ICONTEC 1465.
- Bujes de media y baja tensión. Norma ICONTEC 2137.
- Empaques. Norma ICONTEC 1759.
- Tornillos, pernos y partes similares roscadas. norma ICONTEC 818.
- Herrajes y conectores ICONTEC 2244.
- Conductores desnudos ICONTEC 419-911.
- Código AWS. ICONTEC 2057-2120

1.5.2 Características técnicas

Los requisitos y ensayos que deben cumplir los transformadores, son todos los contemplados en la norma ICONTEC 2100, "Electrotécnica, transformadores de distribución sumergidos en aceite". El muestreo es el consignado en las "ESPECIFICACIONES TECNICAS UNIFICADAS para transformadores de distribución".

1.5.3 Ensayos

Las normas ICONTEC que especifican el procedimiento a seguir para realizar cada prueba, son las siguientes :

NORMA No.	TITULO
380	Ensayos eléctricos, generalidades.
316	Prueba de calentamiento para transformadores sumergidos en aceite con elevación de 65 grados centígrados de temperatura en los devanados.
375	Medida de la resistencia de los devanados
471	Relación de transformación. Verificación de la polaridad y relación de fase.
618	Placa de características.
800	Designación.
837	Ensayos del dieléctrico.
1005	Determinación de la tensión de corto circuito.
1031	Determinación de pérdidas y corriente sin carga.

- 2 PROCESO DE RECEPCION
 - 2.1 Descripción general
 - 2.2 Diagrama de flujo.
 - 2.3 Planes de muestreo
 - 2.3.1 Tipo de control
 - 2.3.2 Procedimiento para muestreo
 - 2.3.2.1 Definiciones
 - 2.3.2.2 Selección de muestras
 - 2.3.2.3 Tablas

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES
TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

2. PROCESO DE RECEPCION

2.1 DESCRIPCION GENERAL

El INSPECTOR recopilará y estudiará las especificaciones, normas y la oferta del fabricante.

Posteriormente, deberán revisarse los diferentes procedimientos utilizados y la gestión de calidad (de acuerdo a lo especificado en el capítulo 3 formato No. 1). Los resultados de estas investigaciones, deberán consignarse en los formatos correspondientes con las observaciones a que haya lugar.

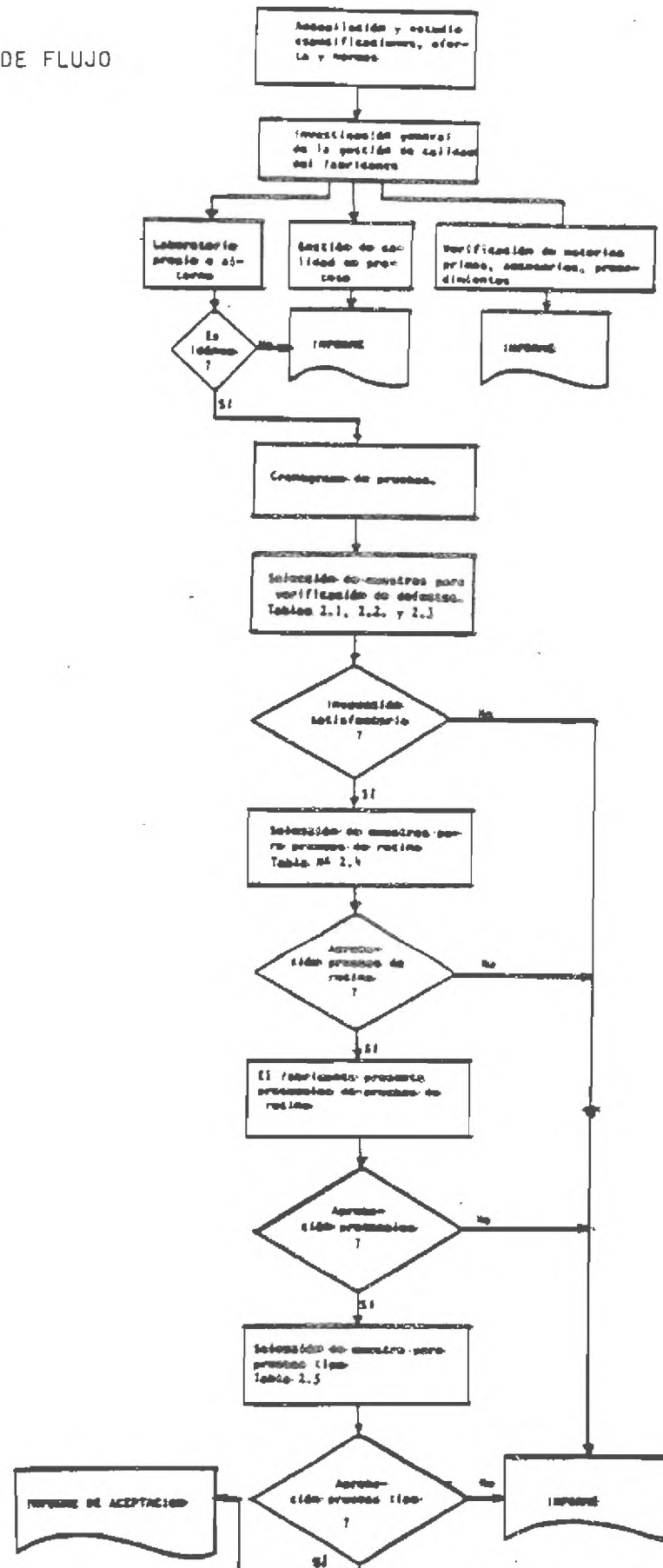
Una vez terminada la parte de investigación de gestión de calidad, El INSPECTOR seleccionará el tamaño de muestra para la verificación de defectos críticos mayores y menores y pruebas de rutina según tablas de muestreo Nos. 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4, procedimiento consignado en el capítulo 7 formato No 5. El fabricante certificará la realización de pruebas de rutina a los transformadores restantes, con los respectivos protocolos de prueba. El INSPECTOR, si lo considera conveniente, presenciara la totalidad de las pruebas de rutina y tipo.

El fabricante podrá presentar certificaciones de pruebas tipo, y quedará a juicio del INSPECTOR, la aceptación de dichas certificaciones. En caso de no aceptación, el INSPECTOR procederá a seleccionar la muestra de acuerdo a la tabla No. 2.5. Los procedimientos, deberán ser formalizados con informes según diagrama de flujo de la figura 1.

INFORMES

El INSPECTOR llenará como resumen final de muestreo y pruebas el formato No. 5. En caso que haya transformadores rechazados, se aclarará el motivo en la casilla correspondiente. El INSPECTOR llenará como autorización de despacho el formato 6, en el cual se consignan los números de los transformadores aceptados.

2.2 DIAGRAMA DE FLUJO



038-0

2.3 PROCEDIMIENTO PARA MUESTREO

2.3.1 Tipo de control

Para todos los casos, en la recepción de transformadores de distribución, se aplicará un control por atributos, con el cual, se verificará el cumplimiento de características tales como la colocación de accesorios, idoneidad de los mismos, acabados y parámetros eléctricos (pérdidas, corriente de excitación, tensión de cortocircuito).

2.3.2 Planes de muestreo

2.3.2.1 Definiciones

LOTE: Cantidad determinada de transformadores de características similares, o fabricados bajo condiciones de producción presumiblemente uniformes, que se somete a una inspección como un conjunto unitario.

MUESTRA: Grupo de transformadores extraídos de un lote que sirve para obtener la información necesaria que permita apreciar una o más características de ese lote, que servirán como base para una decisión sobre el mismo, o sobre el proceso que lo produjo.

INSPECCION: Proceso que consiste en medir, examinar, ensayar o comparar la unidad en consideración, con respecto a los requisitos preestablecidos.

NIVEL DE INSPECCION: Número que identifica la relación entre el tamaño del lote y el tamaño de la muestra.

INSPECCION POR ATRIBUTOS: Procedimiento de inspección que consiste en averiguar si cada transformador en consideración cumple o no con lo especificado, sin interesar la cuantificación de la medida de la característica analizada (pasa no-pasa). En función de ello, las unidades se verifican simplemente como defectuosas o se computa el número de defectos de cada unidad.

INSPECCION NORMAL: Procedimiento con el que se empieza la inspección de los lotes cuando estos se reciben por primera vez, o cuando se desconoce o no se tiene conocimiento definitivo de la calidad de los transformadores que ofrece un proveedor determinado.

INSPECCION ESTRICTA: Procedimiento de inspección, que debe adoptarse para un proveedor determinado cuando la calidad del material que ofrece, en la forma que lo establece la NORMA ICONTEC 1097, no satisface el plan de muestreo adoptado.

PLAN DE MUESTREO SIMPLE: Procedimiento de recepción que consiste en inspeccionar una sola muestra del lote que se recibe, y sobre la base del resultado obtenido, proceder a su aceptación o rechazo.

DEFECTO: Incumplimiento de uno solo de los requisitos especificados para un transformador.

DEFECTO CRITICO: Defecto que puede producir condiciones peligrosas o inseguras para quienes efectúan el montaje y mantenimiento del transformador o transformadores ensamblados. Es también el defecto que puede impedir el funcionamiento o normal desempeño de la red o subestación.

DEFECTO MAYOR: Defecto que sin ser crítico, tiene la probabilidad de ocasionar una falla, o de reducir materialmente la utilidad de la unidad para el fin que se la destina.

DEFECTO MENOR: Defecto que no reduce materialmente la utilidad de la unidad para el fin a que está destinada, o que produce una desviación de los requisitos establecidos, con pequeño efecto reductor sobre el funcionamiento o uso eficaz de la unidad.

UNIDAD DEFECTUOSA: Unidad que tiene uno o más defectos.

NIVEL DE CALIDAD ACEPTABLE (N.C.A.): Máximo porcentaje defectuoso o número máximo de defectos en 100 unidades.

LETRA CLAVE DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA: Letra que identifica el tamaño de las muestras en función de los tamaños de los lotes para distintos niveles de inspección.

2.3.2.2 Selección de muestras

Se procederá inicialmente a la extracción de la muestra aleatoriamente de tal manera que se asegure la representatividad del lote.

El plan de muestreo se llevará a cabo de la siguiente forma:

- a. Para DEFECTOS, se utilizará un plan de muestreo simple normal, con un nivel de inspección II (Tabla I Norma ICONTEC

1097) y con los niveles de calidad aceptables indicados a continuación :

DEFECTO	N.C.A.
Critico	1.0 (Tabla 3.1)
Mayor	4.0 (Tabla 3.2)
Menor	6.5 (Tabla 3.3)

- b. Para pruebas de conformidad y de rutina, se utilizará un plan de muestreo simple normal, con un nivel de inspección I (Tabla I Norma ICONTEC 1097), y con un nivel de calidad aceptable de 1.0 (ver tabla No 2.4).
- c. Para pruebas tipo o de diseño, se utilizará un plan de muestreo simple normal con un nivel de inspección especial S-1 (Tabla I Norma ICONTEC 1097) y con un nivel de calidad aceptable de 1.0 (ver tabla No 2.5).

2.3.2.3 TABLAS

DEFECTOS CRITICOS (N.C.A. = 1)

TAMANO DEL LOTE	TAMANO DE LA MUESTRA	AC.	RE.
8 o menos	2	0	1
9 - 15	3	0	1
16 - 25	5	0	1
26 - 50	8	0	1
51 - 90	13	0	1
91 - 150	20	0	1
151 - 280	32	1	2
281 - 500	50	1	2
501 -1200	80	2	3
1201 -3200	125	3	4

Tabla No. 2.1

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION, VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES
TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

DEFECTOS MAYORES (N.C.A. = 4)

TAMANO DEL LOTE	TAMANO DE LA MUESTRA	AC.	RE.
2 - 8	2	0	1
9 - 15	3	0	1
16 - 25	5	0	1
26 - 50	8	1	2
51 - 90	13	1	2
91 - 150	20	2	3
151 - 280	32	3	4
281 - 500	50	5	6
501 -1200	80	7	8
1201- 3200	125	10	11

Tabla No. 2.2

DEFECTOS MENORES (N.C.A. = 6.5)

TAMANO DEL LOTE	TAMANO DE LA MUESTRA	AC.	RE.
2 - 8	2	0	1
9 - 15	3	0	1
16 - 25	5	1	2
26 - 50	8	1	2
51 - 90	13	2	3
91 - 150	20	3	4
151 - 280	32	5	6
281 - 500	50	7	8
501 -1200	80	10	11
1201 -3200	125	14	15

Tabla No. 2.3

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES
TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

PRUEBAS DE RUTINA (N.C.A. = 1)

TAMANO DEL LOTE	TAMANO DE LA MUESTRA	AC.	RE.
2 - 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

Tabla No. 2.4

PRUEBAS TIPO (N.C.A. = 1.0)

TAMANO DEL LOTE	TAMANO DE LA MUESTRA	AC.	RE.
2 - 8	2	0	1
9 - 15	2	0	1
16 - 25	2	0	1
26 - 50	3	0	1
51 - 90	3	0	1
91 - 150	3	0	1
151 - 280	3	0	1
281 - 500	3	0	1
501 -1200	5	0	1
1201 -3200	5	0	1

Tabla No. 2.5

- 3. INSPECCION FINAL
 - 3.1 Listado de defectos
 - 3.1.1 Defectos críticos
 - 3.1.2 Defectos mayores
 - 3.1.3 Defectos menores
 - 3.2 Verificación de los defectos críticos
 - 3.2.1 Distancia entre bujes
 - 3.2.2 Verificación del diagrama de conexiones
 - 3.2.3 Datos en placa
 - 3.2.4 Conectores para puesta a tierra
 - 3.2.5 Espesor de los soportes para colgar en poste
 - 3.2.6 Rigidez mecánica del cambiador de derivaciones
 - 3.2.7 Identificación
 - 3.2.8 Dispositivo de alivio (válvula de sobrepresión)
 - 3.2.8.1 Pruebas
 - 3.3 Defectos mayores
 - 3.3.1 Fugas de aceite
 - 3.3.2 Cambiador de derivaciones
 - 3.3.3 Inspección de los bujes
 - 3.3.4 Características bimetálicas de los conectores terminales y capacidad nominal de los mismos.
 - 3.3.5 Acabado, adherencia y espesor de la pintura
 - 3.3.5.1 Medición del espesor de la capa
 - 3.3.5.2 Prueba de adherencia
 - 3.3.6 Empaques de caucho
 - 3.3.7 Tornillería
 - 3.4 Defectos menores
 - 3.4.1 Ubicación de accesorios

5 INSPECCION FINAL

Para la inspección final, el INSPECTOR realizará los muestreos de acuerdo a las tablas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, y 2.5 del presente Manual, que fueron tomadas de las "ESPECIFICACIONES TECNICAS UNIFICADAS PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION"

Una vez seleccionada la muestra, se llevará a cabo la inspección visual y dimensional de las unidades, con el propósito de verificar o identificar los defectos críticos, mayores y menores. A continuación se realizarán las pruebas de rutina y tipo, en su orden y de acuerdo a las tablas de muestreo. Para la realización de pruebas especiales, no se han consignado tablas de muestreo, por considerar que estas son de acuerdo especial entre las partes.

La muestra para las pruebas de rutina, se extraerá de la muestra seleccionada para inspección visual y dimensional. A su vez, la muestra para las pruebas tipo se extraerá de la muestra utilizada para las pruebas de rutina.

Las unidades con defectos críticos y/o mayores serán rechazadas independientemente que formen parte o no de la muestra y que el lote en conjunto sea aceptado y serán reemplazadas por el proveedor.

Si el número de unidades defectuosas en la muestra es menor o igual al número de aceptación, se aceptará el lote, si el número de unidades defectuosas de la muestra es igual o mayor al número de rechazo, se rechazará el lote.

Por convenio previo, los lotes rechazados podrán presentarse nuevamente a inspección, debidamente identificados como tales, después que todas las unidades defectuosas hayan sido reemplazadas o reparadas, y se hayan eliminado los defectos.

Para este caso, se aplicará un plan de muestreo estricto, de acuerdo con la norma ICONTEC 1097. En este caso, si el lote es rechazado nuevamente, las unidades y lotes rechazados deben marcarse con tinta indeleble en presencia de representantes de la empresa, con la leyenda "RECHAZADO".

Para efectos de la inspección final, El INSPECTOR tomará como guía los listados de defectos críticos, mayores y menores de las "Especificaciones técnicas unificadas", los cuales se transcriben a continuación.

3.1 LISTADO DE DEFECTOS

3.1.1 Defectos criticos

Se considera defecto critico cuando no se cumpla con las características especificadas para :

- Las distancias entre los bujes.
- Falta de coincidencia entre el diagrama de conexiones indicado en la placa, y las conexiones reales del transformador.
- Falta o error en los datos de placa referentes a potencia nominal, tensión o polaridad (monofásicos).
- Carencia de :
 - Conector de puesta a tierra del tanque
 - Conector para aterrizar el neutro
- Falta de conexión eléctrica del neutro al tanque.
- Espesor inadecuado de los soportes de izaje y sujeción a poste.
- Rigidez mecánica del cambiador de derivaciones.
- Identificación de los terminales.
- Ubicación del dispositivo de alivio de sobrepresiones respecto al nivel máximo del aceite. Presión de accionamiento.

3.1.2 Defectos mayores

Se considera defecto MAYOR cuando no se cumpla con las características especificadas para :

- Falta de hermeticidad.
- Fugas de aceite.
- Cambiador de derivaciones sin tope en cada posición.
- Bujes rotos o sueltos.

- Cambiador sin identificación de derivaciones.
- Características bimetalicas de los conectores terminales.
- Capacidad nominal de los terminales de los bujes de A.T. y B.T.
- Adherencia y espesor de la pintura.
- Falta de aditamentos para levantar la parte activa.
- Error en la marcación de la capacidad del transformador.
- Acabado en los herrajes.
- Falta de cualquiera de los accesorios convencionales del transformador.
- Los empaques no cumplen con las especificaciones.
- Materiales ferrosos galvanizados en caliente.
- Herrajes defectuosos.

3.1.3 Defectos menores

Hay defecto menor cuando no se cumpla con las características especificadas para :

- Ubicacion del tapón de drenaje y muestreo del aceite.
- Ubicacion de la puesta a tierra. No cumple con lo especificado en ICONTEC 1490-1656.
- Dimensiones de la placa de características.
- Falta de cualquiera de los siguientes datos de placa: número de serie, clase, altitud de diseño.

3.2 VERIFICACION DE LOS DEFECTOS CRITICOS

Muestreo según tabla No. 2.1.

3.2.1 Distancia entre bujes

El INSPECTOR verificará que las distancias entre bujes cumplan con lo especificado, de acuerdo a la norma ICONTEC 1490 y 1656 (monofásico y trifásico) numerales 3.1.2 y 3.3 respectivamente.

La conformidad o inconformidad se consignará en el formato No. 3 "Transformador terminado. Inspección".

3.2.2 Verificación del diagrama de conexiones

El INSPECTOR verificará la coincidencia entre los diagramas de conexión indicados en la placa, contra las conexiones reales del transformador.

3.2.3 Datos en placa

La placa de características deberá indicar los valores de potencia nominal, tensiones nominales, polaridad (en transformadores monofásicos) y otras, de acuerdo a la norma ICONTEC 618.

3.2.4 Conectores para puesta a tierra

El INSPECTOR verificará que el tanque posea conector para puesta a tierra. Así mismo, el tanque tendrá un conector de puesta a tierra, donde se conectará el neutro de la baja tensión. El fabricante hará la conexión eléctrica del neutro al tanque. En todo caso, los requisitos que deben cumplir los dispositivos de puesta a tierra son los especificados en la normas ICONTEC 1040 y 1656 (monofásicos y trifásicos), numerales 3.10 y 3.8 respectivamente.

Los tornillos y conectores utilizados para esto, serán irisados con un espesor de recubrimiento de 35 micras. (no se aceptará galvanizado en caliente ni zincado).

3.2.5 Espesor de los soportes para colgar en el poste

En la revisión del soporte para colgar en el poste, se verificará el espesor de la lámina utilizada, la soldadura y el tipo de soporte A o B, según el peso del transformador normas ICONTEC 1490 y 1656, así como su posición en el segmento indicado por la norma.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

Adicionalmente, se hará un ensayo para comprobar que la lámina del tanque no sufra deformaciones por el esfuerzo que soporta al estar izado en el poste.

La prueba consiste en una simulación de fijación del transformador al poste, quedando suspendido del soporte durante 15 minutos, al término de los cuales, la lámina del cuerpo del tanque no debe sufrir deformaciones o rasgaduras. En caso de presentarse alguno de los defectos enunciados, esto será causal de rechazo.

3.2.6 Rigidez mecánica del cambiador de derivaciones

El INSPECTOR chequeará el cambiador de derivación, accionando manualmente la manija de accionamiento; el cambiador, no presentará movimientos de su cuerpo respecto al tanque o a su base. Solamente, debe desplazarse la parte que contiene los contactos móviles. Esta operación será verificada un mínimo de tres ciclos por accionamientos repetidos, cambiando de derivación (Se entiende por ciclo el recorrido desde la posición No. 1 hasta la No. 5 y regreso a la posición No.1.

3.2.7 Identificación

Los terminales del transformador estarán perfectamente identificados en el lado de AT con letras mayúsculas, y en el de B.T. con minúsculas, de acuerdo a lo establecido en la norma ICONTEC 317.

3.2.8 Dispositivo de alivio (válvula de sobrepresión)

El INSPECTOR requerirá del fabricante, la certificación del rango de operación de la válvula. En caso de no poseerlo, se harán las pruebas para verificar lo especificado por el fabricante. (especificaciones unificadas 6.1.16 b)

El dispositivo de alivio de sobrepresiones debe estar ubicado por encima del nivel máximo de aceite, marcado en el tanque.

3.2.8.1 Pruebas

Se tomarán cuatro muestras al azar, sobre las cuales se verificará la presión de accionamiento y cierre.

Las válvulas se instalarán en un recipiente adecuado, el cual tendrá dispositivo para entrada de gas (aire o Nitrógeno) a presión, manómetro y regulador. Con el regulador se incrementará suavemente la presión, hasta lograr la apertura de la válvula. En éste momento se suspende la prueba y se verificará el cierre de la misma. Se anotará la presión a la cual abrió la válvula y su presión de cierre, en el formato No. 3 A, denominado "prueba válvula sobrepresión".

A cada muestra se le efectuarán tres pruebas y en ninguna de ellas puede operar fuera del rango especificado, de lo contrario, la muestra será rechazada.

A la prueba de las válvulas se le aplicará el criterio de aceptación o rechazo consignado en la tabla 3.1.

CRITERIO DE ACEPTACION Y RECHAZO

TAMANO MUESTRA	AC	RECHAZO
4	1	2

Tabla 3.1

3.3 DEFECTOS MAYORES

(Muestreo según tabla 2.2)

3.3.1 Fugas de aceite

En la muestra seleccionada, se verificará que no existan fugas de aceite, por el nivel, bujes, o por uniones (inspección visual).

3.3.2 Cambiador de derivaciones

El INSPECTOR verificará manualmente los topes del cambiador en cada posición, así como la marcación o identificación de la misma.

3.3.3 Inspección de los bujes

Estos no presentarán roturas ni peladuras en su vitrificado. Los bujes deberán estar firmemente adheridos. El Inspector verificará la certificación del fabricante y las marcas.

3.3.4 Características bimetálicas de los conectores terminales y capacidad nominal de los mismos

El fabricante certificará las características bimetálicas, así como la capacidad nominal de estos. Los terminales, por ser de material no ferroso, serán cadmiados o estañados. Los conectores terminales deberán presentar superficies redondeadas, sin rebabas, de forma tal que no corten los cables de los barrajes primarios o secundarios.

3.3.5 Acabado, Adherencia y espesor de la pintura

El INSPECTOR hará inspección visual para constatar que la pintura no presente defectos tales como: piel de naranja, huecos, cráteres, descascaramiento u otras irregularidades. Todo transformador de la muestra que presente este tipo de defectos será rechazado.

3.3.5.1 Medición del espesor de la capa

El INSPECTOR solicitará al fabricante la calibración del instrumento de medida, con el respectivo patrón (1. calibración de cero. 2. calibración con galgas patrón), antes de proceder a medir sobre el transformador.

Se harán seis medidas así: dos en los radiadores, dos en el cuerpo del tanque y dos en la tapa. En caso de que el transformador no posea radiadores, se harán dos medidas adicionales sobre el tanque. Ninguna de las medidas tomadas presentará valores por debajo de un 10 % del valor especificado (valor mínimo aceptable = 150 micras - 10 %).

El espesor de la capa de pintura del transformador será el promedio de las seis lecturas tomadas.

En caso de que los espesores de capa no sean aceptables (según el muestreo de la tabla 2.2), se rechazará el lote con las observaciones del caso, para que el fabricante corrija su defecto.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES
TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

3.3.5.2 Prueba de adherencia

Para realizar la prueba de adherencia, se seguirá el método de corte en x, teniendo en cuenta el espesor de capa (mayor o igual de 135 micras) descrito en la norma ICONTEC 811. Se deberá tener en cuenta como criterio de aceptación, una clasificación mínima de 4A. Las clasificaciones 3A, 2A, 1A, 0A, serán causal de rechazo.

3.3.6 Empaques de caucho

El INSPECTOR solicitará la realización de las pruebas de "envejecimiento acelerado", "resistencia al aceite", "determinación del asentamiento a la compresión", de acuerdo a las normas ICONTEC 447, 812 y 724 respectivamente.

NOTA: El fabricante puede presentar certificados de cumplimiento de los empaques con estas especificaciones y quedará a juicio del INSPECTOR, si exige la realización de pruebas o acepta solamente los certificados.

3.3.7 Tornillería

Toda la tornillería de material ferroso con diámetros nominales de 3/4 y mayores, exceptuando el tornillo de puesta a tierra, deberá estar galvanizada en caliente, y cumplirá con la Norma ICONTEC 2076 (ASTM-A-153). Para diámetros menores se aceptará galvanizado electrolítico.

Si El INSPECTOR lo estima conveniente, se realizará la prueba de PREECE a los tornillos galvanizados en caliente ASTM-A 239-73.

El tornillo de puesta a tierra será irisado.

3.4 DEFECTOS MENORES

(Muestreo según tabla 2.3)

3.4.1 Ubicación de accesorios

Se verificará la correcta ubicación de los accesorios del transformador de acuerdo a lo especificado en ICONTEC 1490 y 1656.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES
TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

El no cumplimiento de lo especificado en las citadas normas en cuanto a ubicación de accesorios, será clasificado como defecto menor, y se evaluará de acuerdo a los criterios establecidos para aceptación y rechazo en la tabla 2.3 de este manual. Estas desviaciones dependiendo de su gravedad, podrán llegar a ser juzgadas por El INSPECTOR como defecto crítico o mayor.

- 4. PRUEBAS DE RUTINA, TIPO Y ESPECIALES
 - 4.1 Pruebas de rutina
 - 4.1.1 Secuencia de pruebas de rutina
 - 4.1.2 Medida de la resistencia de los aislamientos
 - 4.1.3 Medida de la relación de transformación, verificación de la polaridad y relación de fase.
 - 4.1.3.1 Métodos de ensayo
 - 4.1.3.2 Otros Métodos
 - 4.1.4 Medida de la resistencia de los devanados
 - 4.1.4.1 Método de caída de tensión
 - 4.1.4.2 Procedimiento
 - 4.1.4.3 Método del puente
 - 4.1.4.4 Medida por instrumentos de lectura directa.
 - 4.1.5 Determinación de pérdidas y corriente sin carga
 - 4.1.5.1 Procedimiento
 - 4.1.6 Ensayos del dieléctrico
 - 4.1.6.1 Prueba de tensión aplicada
 - 4.1.6.2 Prueba de tensión inducida
 - 4.1.7 Determinación de la tensión de corto circuito y pérdidas con carga
 - 4.1.7.1 Procedimiento para transformadores monofásicos
 - 4.1.7.2 Procedimiento para transformadores trifásicos
 - 4.1.7.3 Cálculo del protocolo de un transformador monofásico
 - 4.1.7.4 Regulación y rendimiento a plena carga y $fp = 0.8$
 - 4.1.7.5 Cálculo del protocolo de un transformador trifásico
 - 4.1.7.6 Resistencia por fase en el devanado en Y (baja tensión)
 - 4.1.7.7 Curva de voltaje vs corriente de excitación
 - 4.1.7.8 Procedimiento
 - 4.1.8 Prueba de hermeticidad
 - 4.1.9 Pruebas al aceite
 - 4.2 Pruebas tipo
 - 4.2.1 Prueba de tensión de impulso
 - 4.2.1.1 Preparación del transformador
 - 4.2.1.2 Ensayo
 - 4.2.1.3 Interpretación de los resultados
 - 4.2.2 Prueba de calentamiento
 - 4.2.2.1 Métodos de prueba
 - 4.2.2.2 Duración de la prueba
 - 4.2.2.3 Determinación de la elevación de temperatura del aceite
 - 4.2.2.4 Determinación de la elevación de la temperatura promedio en los devanados
 - 4.2.2.5 Correcciones y cálculos
 - 4.2.2.6 Cálculo de la elevación de temperatura de la prueba
 - 4.2.2.7 Criterio de aceptación
 - 4.2.3 Prueba de sobrecarga
 - 4.2.4 Pruebas especiales

4. PRUEBAS DE RUTINA, TIPO Y ESPECIALES /

4.1 Pruebas de rutina

Para efectuar las pruebas de rutina se utilizará el plan de muestreo consignado en la tabla 2.4 de este manual.

Se pueden presentar las siguientes alternativas según el estado en que se presenten los transformadores, en la visita final del INSPECTOR.

ALTERNATIVA 1: El fabricante ya ejecutó las pruebas de rutina a la totalidad del lote. En este caso, El INSPECTOR hará el muestreo según la tabla 2.4 y de acuerdo a la norma ICONTEC 837. Se harán los ensayos del dieléctrico al 75 % de la tensión nominal de prueba. El fabricante hará entrega al INSPECTOR de los protocolos de pruebas de rutina de la totalidad de los transformadores que integran el lote.

ALTERNATIVA 2: El fabricante no ha ejecutado las pruebas de rutina a los transformadores. El INSPECTOR procederá a hacer el muestreo según tabla 2.4 y aplicando las normas ICONTEC para pruebas de rutina. (Tensión aplicada e inducida al 100 % de la tensión nominal de prueba). El fabricante hará las pruebas de rutina al resto de transformadores que integran el lote y presentará los protocolos correspondientes. El INSPECTOR, a su juicio, podrá presenciar estas pruebas.

4.1.1 Secuencia de pruebas de rutina

La secuencia que se seguirá en las pruebas es la siguiente:

- Medida de la resistencia de los aislamientos
- Medida de relación de transformación, verificación de polaridad y relación de fase.
- Medida de la resistencia de los devanados.
- Prueba de tensión aplicada, tanto al devanado primario como al secundario.
- Prueba de tensión inducida.

- Medida de las pérdidas en vacío y corrientes de excitación a 90 %, 100 %, 110 % del voltaje nominal.
- Medida de pérdidas con carga y tensión de corto circuito.
- Pruebas al aceite (rigidez dieléctrica, número de neutralización, color)
- Curva de voltaje Vs. corriente de excitación.
- Prueba de hermeticidad.

4.1.2 Medida de la resistencia de los aislamientos

La medida de la resistencia de los aislamientos se hace para tener una visión del estado de los mismos en cuanto a humedad o contaminación por elementos extraños en el aceite, tales como polvo, pintura o partículas suspendidas en él. Las medidas que se deben tomar son :

- Alta tensión Vs. baja tensión.
- Alta tensión Vs. tierra.
- Baja tensión Vs. tierra.
- Verificación de calibración de instrumentos.
- Se cortocircuitan entre sí, los terminales del devanado de alta tensión y entre sí, los de baja tensión. Se conecta el tanque a tierra.
- Se conectan los terminales del megger a los puntos entre los cuales se medirá la resistencia (ejemplo : AT Vs BT).
- Se energiza el transformador bajo prueba y se toma la primera lectura después de un minuto de estar energizado este dato será el consignado en el protocolo de prueba, (formato de la norma ICONTEC 1358), en la casilla "resistencia de aislamiento". Se siguen tomando lecturas cada minuto hasta diez.
- La tensión de prueba será como mínimo 1000 V d.c.
- Como un criterio de aceptación, se debe esperar que la relación entre la lectura del minuto diez y la del minuto

uno no sea inferior a 1.5 (esta relación es llamada "índice de polarización dieléctrica").

Los datos tomados en esta prueba se consignarán en el formato No. 6 a "Medida de resistencia del aislamiento".

4.1.3 Medida de relación de transformación, verificación de polaridad y relación de fase (Norma ICONTEC 471)

Para efectos de esta prueba, se tomarán las definiciones dadas en la norma ICONTEC 317 (numerales 2.18, 2.19).

La medida de la relación de transformación deberá hacerse en todas las fases del transformador y en todas sus derivaciones o taps.

4.1.3.1 Métodos de ensayo

Método de T.T.R. es el método más usual. Estos equipos poseen incorporado, el sistema de transformador patrón, o el de divisor patrón; a la vez que permiten determinar en forma directa la polaridad y grupo de conexión del transformador.

Teniendo en cuenta que la tolerancia permitida en esta medida es solo de $\pm 0.5\%$, el método de T.T.R. es el más aconsejado para pruebas en fábrica ya que este equipo normalmente es de precisión 0.1% o mejor.

La conexión del T.T.R. al transformador se hará de acuerdo a la instrucción particular de manejo del aparato medidor de relación que posea el fabricante. El INSPECTOR tendrá acceso a esta información. En esta instrucción consta en qué forma se conecta el aparato dependiendo del grupo de conexión que posea el transformador.

La relación de medida fase-neutro en trifásicos debe ser :

$$R = \frac{\text{Un fase AT}}{\text{Un fase BT}} \pm 0.5 \%$$

La relación medida en monofásicos será :

$$R = \frac{\text{Un AT}}{\text{Un BT}} \pm 0.5 \%$$

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

Si los valores de relación medidos están por fuera del rango especificado de tolerancia, en cualquiera de las fases o posiciones del cambiador de derivación, será causal de no aceptación, y se aplicarán los criterios de aceptación y rechazo consignados en la tabla 2.4.

Los valores de relación obtenidos se consignarán en el protocolo de pruebas del transformador (Norma ICONTEC 1358).

Se llenará el formato No. 4.

4.1.3.2 Otros métodos

Método del voltímetro: Este método consiste en aplicar una tensión alterna sinusoidal de valor conocido al devanado de mayor tensión, midiendo esta tensión y la que aparece en el otro devanado, por medio de voltímetros y transformadores apropiados. La relación de las dos tensiones será la relación de transformación.

Teniendo en cuenta las precauciones que se deben tener para lograr una buena precisión en la medida, y las limitaciones que se imponen por la tolerancia tan estrecha, éste método no es recomendable para pruebas en fábrica.

Verificación de la polaridad: Se utilizan los siguientes métodos

- Método del transformador patrón
- Método de la descarga inductiva
- Método diferencial de corriente alterna

Verificación de la relación de fase: Se emplean generalmente los dos métodos siguientes :

- Método del diagrama fasorial
- Método del indicador

Dada la precisión, confiabilidad y disponibilidad del TTR, se recomienda emplear este método para todos los casos de pruebas para recepción, y no los enunciados anteriormente.

4.1.4 Medida de la resistencia de los devanados (Norma ICONTEC 375)

Antes de efectuar la medida de resistencia, se debe verificar la temperatura del aceite, la cual se asumirá igual a la de los

devanados. Esto se debe tener en cuenta especialmente cuando el transformador se va a someter a pruebas de calentamiento.

El INSPECTOR verificará la precisión y calibración de equipos.

La medida de resistencia de los devanados se puede efectuar por los métodos de caída de tensión, del puente, o por instrumentos de lectura directa (digitales).

4.1.4.1 Método de caída de tensión

Este método es el recomendado para realizar esta medida.

Consiste en observar la caída de tensión conociendo la intensidad de la corriente que pasa por el devanado, cuya resistencia se está determinando y haciendo el cálculo por medio de la ley de Ohm :

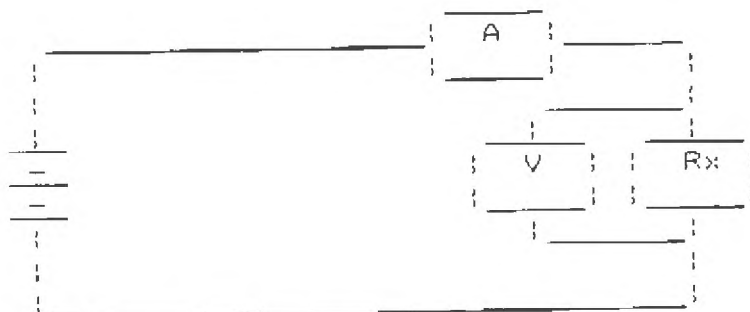
$$R_x = \frac{U}{I}$$

Donde: U = Tensión aplicada a los terminales del devanado, en voltios.

I = Intensidad de la corriente que circula por el devanado, en amperios.

R = Resistencia del devanado en Ohmios.

Para la medida se recomienda trabajar con un montaje como el mostrado a continuación :



4.1.4.2 Procedimiento

Se conectan los terminales del equipo con los terminales del transformador (estando el conmutador en la derivación principal o nominal) donde se desea medir la resistencia, se energiza y se permite al circuito que consiga estabilizarse. Cuando se logra la condición de estabilidad, se toma la medida de resistencia, la cual se consigna en el protocolo de pruebas.

Se tomarán medidas entre los terminales de fase de AT y entre los terminales de fase de BT. Con los valores obtenidos se calcularán las pérdidas (I^2R), a la temperatura a la que fueron medidas las resistencias de devanados.

Los cálculos (I^2R) a temperatura ambiente y su corrección a 85 °C se harán en el aparte "cálculo de protocolo" de este mismo capítulo.

4.1.4.3 Método del puente

Este método es basado en el puente de Wheastone; es poco usual.

4.1.4.4 Medida por instrumentos de lectura directa

Es de uso común la medida de resistencia por medio de instrumentos de lectura directa, bien sean digitales o análogos.

Para el uso de estos equipos, El INSPECTOR verificará que la calibración de los mismos esté vigente, y su precisión cumpla con el requisito mínimo exigido en éste manual.

4.1.5 Determinación de pérdidas y corriente sin carga (Norma ICONTEC 1031)

Para efectuar esta medida, el transformador se conectará a una fuente A.C., teniendo en cuenta que esta tenga una capacidad (potencia nominal) considerablemente mayor que las pérdidas que va a suministrar al transformador, ya que al tratarse de una carga con factor de potencia pequeño, la exigencia de potencia aparente puede sobrepasar la capacidad de la fuente, lo que ocasionaría distorsiones indeseables de la onda.

La onda debe ser sinusoidal o muy aproximada a ella.

4.1.5.1 Procedimiento

El procedimiento consiste en energizar el devanado de AT o el de BT mientras el otro permanece en circuito abierto. Elevar la tensión hasta el valor nominal de voltaje del devanado, teniendo especial cuidado de que la frecuencia sea la nominal de trabajo del transformador (en este caso 60 Hz). Cuando se alcanza la tensión nominal a frecuencia nominal del devanado, se toman las medidas de corriente y pérdidas, las cuales se consignarán en el respectivo protocolo de pruebas. (De preferencia, para esta medida, se utilizará voltímetro de D'Arsonval y los requerimientos de instrumentos establecidos en la norma ICONTEC 1031).

Los instrumentos de medida utilizados en la prueba (Voltímetro, amperímetro, vatímetro), deberán cumplir los requisitos de precisión y calibración estipulados en este manual.

Para transformadores trifásicos será válido utilizar el método de los dos vatímetros, de los tres vatímetros, o del vatímetro trifásico. Teniendo en cuenta las recomendaciones de la norma ICONTEC 1031 para conexión.

Dado que el valor de corriente sin carga garantizado por el fabricante está dado en porcentaje de la corriente nominal del transformador, este porcentaje se calculará así :

En transformadores monofásicos :

$$I_0 = \frac{I_m}{I_n} * 100$$

Donde :

I_0 = Corriente de magnetización o sin carga en %

I_m = Corriente medida durante la prueba [A]

I_n = Corriente nominal del devanado por donde se energizó el transformador [A]

El valor obtenido se comprobará con el valor de I_0 , garantizado por el fabricante, y no debe sobrepasar a éste en más de un 30%. Es decir :

$$\text{si ; } \quad I_{om} > I_{og} + 30 \%$$

Donde :

I_{om} = Corriente sin carga medida, en %
 I_{og} = Corriente sin carga garantizada %

Entonces el transformador será rechazado.

El valor de P_o (pérdidas sin carga), en vatios, será comparado con el valor de pérdidas sin carga garantizado por el fabricante y no lo podrá sobrepasar en más de 1/7 del valor garantizado. (ver especificaciones unificadas Numeral 2.12 "Tolerancias")

El transformador se aceptará si los valores de P_o no sobrepasan el valor garantizado en + 1/7, sin perjuicio de las multas o penalizaciones a que haya lugar por sobrepasar los valores garantizados. En transformadores trifásicos :

$$I_m = \frac{I_u + I_v + I_w}{3} \quad ; \quad I_o = \frac{I_m}{I_n} * 100 \%$$

Donde :

I_v, I_u, I_w = Corriente medida en cada fase [A]
 I_m = Corriente promedio de las fases [A]
 I_o = Corriente sin carga en %

Para efectos de evaluación de resultados, se tomarán los mismos criterios expuestos para los transformadores monofásicos.

Los criterios de aceptación o rechazo de la muestra serán los consignados en la tabla 2.4 de este manual.

4.1.6 Ensayos del dieléctrico Norma (ICONTEC 837)

Estas pruebas son del tipo "pasa no pasa", por lo tanto no se consignarán datos en el protocolo de pruebas, simplemente el transformador pasa o no pasa la prueba. En caso de no pasarla, el INSPECTOR revisará con el fabricante el transformador fallado para determinar las causas de la falla, de la cual se deberá elaborar un informe detallado.

4.1.6.1 Prueba de tensión aplicada

Para esta prueba, se seguirá en su totalidad el procedimiento descrito en la norma ICONTEC 837, el cual se transcribe a continuación.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES
TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

Este ensayo se realizará con una tensión alterna monofásica, de forma de onda tan próxima a la sinusoidal como sea posible, y de frecuencia conveniente no menor que el 80% de la frecuencia nominal.

Se mide el valor de cresta de la tensión de ensayo. El valor de cresta dividido por la raíz cuadrada de 2, y debe estar de acuerdo con las tablas 1,2 y 4 de la Norma ICONTEC 836.

El ensayo se inicia a una tensión no mayor que 1/3 de la tensión de ensayo, y se aumenta al valor apropiado dado en las tablas 1,2 y 4, tan rápidamente como lo permita la indicación dada por el instrumento de medida. Al final del ensayo, la tensión se reduce rápidamente a menos de la tercera parte de su valor completo antes de desconectar.

La tensión apropiada, obtenida de una fuente separada, se aplica sucesivamente durante 60 segundos, entre los devanados bajo ensayo y los demás conectados con el núcleo, armazón y tanque o cubierta del transformador a tierra.

Para transformadores de tipo seco, se aplica la tabla 1 de la norma ICONTEC 836. Para transformadores sumergidos en aceite con aislamiento uniforme, se aplica la tabla 2 de la norma ICONTEC 836. Para transformadores sumergidos en aceite con aislamiento decreciente, se aplica la tabla 4 de la norma ICONTEC 836.

Para las conexiones especiales indicadas a continuación, el ensayo se realiza como sigue :

- Devanados de tensiones nominales diferentes que se interconecten dentro del transformador.

La tensión de ensayo se basa en la tensión máxima de operación del sistema o de los circuitos a los cuales se conectan los devanados. El ensayo se realiza con los devanados interconectados como para servicio.

- Devanados diseñados para operar en serie con líneas de alimentación conectadas a otros aparatos.

La tensión de ensayo se basa en la tensión máxima de operación del sistema resultante de la combinación de los devanados en serie y los aparatos.

Interpretación de los resultados :

- Durante la prueba no deberán producirse ruidos internos o descargas dentro del transformador.
- La corriente a la tensión de prueba debe ser estable y no pueden producirse aumentos o caídas súbitas.
- No deberá haber flameos o descargas internas o por la superficie de los aisladores hacia la tapa o cuerpo del tanque.

En caso de presentarse cualquiera de estas condiciones, se suspenderán las pruebas para el transformador en cuestión, y será rechazado.

Los criterios de aceptación y rechazo de la muestra serán los consignados en la tabla 2.4 de este manual.

4.1.6.2 Prueba de tensión inducida

Para esta prueba se seguirá el procedimiento descrito en la norma ICONTEC 837, el cual se transcribe a continuación (para los diagramas de conexión ver Norma 737).

Esta prueba consiste en aplicar a los terminales de baja o de alta tensión del transformador bajo prueba, una tensión alterna cuya forma de onda sea tan aproximada como sea posible a una sinusoidal, y frecuencia incrementada sobre la nominal en un valor apropiado para evitar que la corriente de excitación durante la prueba sea excesiva.

Se mide el valor de cresta de la tensión inducida en los devanados. Su valor dividido por la raíz cuadrada de 2 deberá estar de acuerdo con lo indicado en las tablas 1 o 2 según corresponda, de la norma ICONTEC 836.

La prueba debe iniciarse a una tensión no mayor que un tercio del valor de prueba, aumentándola tan rápidamente como lo permita la indicación dada por el instrumento de medida. Al final de la prueba, la tensión debe reducirse rápidamente a menos de un tercio del valor de prueba, antes de efectuar la desconexión.

La duración de la prueba será de 60 segundos para cualquier frecuencia de prueba menor o igual al doble de la frecuencia nominal. Cuando la frecuencia de prueba excede al doble de la frecuencia nominal, la duración de la prueba en segundos será ciento veinte veces el cociente de dividir la frecuencia nominal por la frecuencia de prueba o bien 15 segundos, escogiendo siempre la que resulte mayor.

Los devanados con aislamiento uniforme deben conectarse a tierra durante la prueba en cualquier punto.

La tensión inducida entre los terminales de línea del devanado de alta tensión deberá ser igual a la tensión de prueba especificada en las tablas 1 y 2 de la norma ICONTEC 836, siempre y cuando la tensión entre las diferentes partes del mismo devanado no sea más del doble de la que aparece al aplicar la tensión nominal a los terminales de la línea.

Los devanados con este tipo de aislamiento deben conectarse a tierra durante la prueba de un punto tal que asegure la aparición de la tensión de prueba requerida entre los terminales de prueba y tierra, repitiendo la prueba si es necesario, para garantizar la aplicación de la tensión de prueba especificada a todos los terminales correspondientes.

Los ensayos se hacen de modo que se produzca entre los terminales de línea y también entre aquellos y el núcleo, tanque y partes estructurales conectados entre sí y a tierra, una tensión del valor apropiado indicado en la tabla 2, columna 3 de la norma ICONTEC 836.

Cuando se trata de transformadores trifásicos, se permite aplicar la tensión de prueba a cada fase sucesivamente (es decir, entre cada terminal y tierra) y, se desconectan las demás fases de modo que se evite la aparición de tensiones excesivamente altas entre terminales de línea adyacentes. Las diferentes maneras de lograr esto, se indican en el numeral 9.1 de la norma ICONTEC 837.

Interpretación de los resultados :

- Ruidos producidos dentro del transformador durante la prueba, serán indicio de fallas o anomalías en el mismo.
- No se presentarán caídas o aumentos súbitos de corriente durante la prueba. Un aumento súbito de corriente es indicativo de un corto entre espiras o entre capas. Una caída súbita de corriente puede ser indicativo de una mala conexión.
- No se deberán presentar fluctuaciones (picos) de corriente durante la prueba.

En caso de presentarse cualquiera de estas condiciones se suspenderán las pruebas para el transformador en cuestión, y será rechazado.

Los criterios de aceptación y rechazo de la muestra serán los consignados en la tabla 2.4 de este manual.

4.1.7 Determinación de la tensión de corto circuito y pérdidas con carga (Norma ICONTEC 1005)

El procedimiento a seguir para la determinación de pérdidas y tensión de corto circuito tanto para transformadores monofásicos como trifásicos, es el descrito en la Norma ICONTEC 1005, el cual se transcribe a continuación.

4.1.7.1 Procedimiento para transformadores monofásicos

Uno de los devanados del transformador (del lado de alta tensión o del lado de baja tensión) debe ponerse en corto y se aplica al otro devanado una tensión a frecuencia nominal, la cual se ajusta para que circule la corriente nominal por los devanados (figura 1, Norma ICONTEC 1005). En caso de que no se puedan alcanzar los valores nominales de corriente, se puede utilizar una corriente no menor del 25 % de I_n , corrigiendo el valor obtenido. El ensayo debe realizarse sobre la derivación principal.

Con la corriente y frecuencia ajustadas a los valores de ensayo, se toman lecturas en el amperímetro, vatímetro, voltímetro y frecuencímetro.

Es suficiente medir y ajustar la corriente en el devanado excitado solamente, porque la corriente en el devanado en cortocircuito, debe estar en el valor correcto (exceptuando un valor despreciable debido a la corriente de excitación).

Si se coloca el equipo de medida en serie con el devanado en cortocircuito, para medir su corriente, se puede introducir un gran error en la impedancia, debido a las pérdidas y la caída de tensión en dicho equipo.

La temperatura del devanado antes del ensayo se considera igual a la temperatura del aceite, cuando el transformador no ha sido excitado por lo menos ocho horas antes del ensayo.

El conductor usado para poner en cortocircuito transformadores de alta corriente y baja tensión, debe tener una sección transversal igual o mayor que aquella de los conductores terminales del devanado correspondiente, debe ser tan corto como sea posible y mantenerse retirado de masas magnéticas. Los contactos deben estar limpios y bien ajustados.

4.1.7.2 Procedimiento para transformadores trifásicos

Los tres terminales del devanado de alta tensión o baja tensión, deben unirse rigidamente y se aplica a los terminales del otro devanado, una tensión trifásica balanceada de frecuencia nominal y valor adecuado, con el fin de hacer circular la corriente nominal (ver figura 3 norma ICONTEC 1005).

El procedimiento es similar al seguido para transformadores monofásicos, excepto que las conexiones y medidas son trifásicas en lugar de monofásicas.

Las lecturas de los vatímetros deben ser aproximadamente iguales y deben sumarse algebraicamente sus valores para obtener las pérdidas totales.

La medida también puede efectuarse por medio de un vatímetro trifásico.

Quando no se alcancen los valores de corriente nominal, los valores medidos se corregirán al valor nominal de la siguiente forma:

$$k = \frac{I_n}{I_m}$$

$$V_{cc} = V_m * k$$

$$P_{cu} = P_{cum} * k * k$$

Donde:

k	=	Factor de corrección de corriente
I _n	=	Corriente nominal del devanado del transformador por el cual se energizó [A]
I _m	=	Valor de corriente alcanzado durante el ensayo [A].
V _{cc}	=	Tensión de cortocircuito real a corriente nominal (Voltios).
V _m	=	Tensión de cortocircuito medida con corriente reducida en (voltios)
P _{cu}	=	Pérdidas en el cobre reales a corriente nominal (en vatios)
P _{cum}	=	Pérdidas en el cobre medidas con corriente reducida (en vatios)

Los valores de V_{cc} y P_{cc} serán los consignados en el protocolo de pruebas en la parte "Ensayo de cortocircuito". Se asume que estos valores son medidos a temperatura ambiente y se corregirán 85 °C de acuerdo con el procedimiento que se indica en la parte "Cálculo de protocolo".

Corrección de una resistencia medida a una temperatura T_a , a una temperatura T_x :

$$R_x = \frac{234.4 + T_x}{234.4 + T_a} * R_a$$

Donde:

$$K_t = \frac{234.4 + T_x}{234.4 + T_a}$$

Se tiene un factor de corrección de resistencia por temperatura.

Donde :

- T_a = Temperatura a la cual se midió la resistencia (°C)
- T_x = Temperatura a la que se desea referir la resistencia (85 °C)
- R_a = Resistencia medida a una temperatura dada (ambiente)
- R_x = Resistencia corregida a la temperatura T_x

4.1.7.3 Cálculo del protocolo de un transformador monofásico:

$$I^2 R_a = (I_{at})^2 R_{at} + (I_{bt})^2 R_{bt} = \text{_____} \text{ [vatios]}$$

$$I^2 R(85°C) = K_t^2 (I^2 R_a) = \text{_____} \text{ [vatios]}$$

$$P_{adicional} = P_{cu} - I^2 R_a = \text{_____} \text{ [vatios]}$$

$$P_{cu}(850C) = I^2 R(850C) + \frac{P_{adiccionales}}{Kt} = \text{_____} \text{ [Wattios]}$$

$$U_r(850C) = \frac{P_{cu}(850C)}{P_n} * 100 = \text{_____} \text{ [\%]}$$

$$U_{rta} = \frac{P_{cu}}{P_n} * 100 = \text{_____} \text{ [\%]}$$

$$U_z = \frac{U_{cc}}{U_n} * 100 = \text{_____} \text{ [\%]}$$

$$U_x = \text{SQRT}(U_z^2 - U_{rta}^2) = \text{_____} \text{ [\%]}$$

$$U_z(850C) = \text{SQRT}(U_x^2 + U_r(850C)^2) = \text{_____} \text{ [\%]}$$

Donde :

- I_{at} = Corriente nominal del devanado de alta tensión
- I_{bt} = Corriente nominal del devanado de baja tensión
- R_{at} = Resistencia medida a temperatura ambiente. Devanado de AT
- R_{bt} = Resistencia medida a temperatura ambiente. Devanado de BT
- P_n = Potencia nominal en VA
- U_n = Tensión nominal del devanado por donde se energizó [V]

4.1.7.4 Regulación a plena carga y F.P. = 0.8

$$\text{Regulación} = U_x \text{Sen}(\theta) + U_r \text{Cos}(\theta) + \frac{(U_x \text{Cos}(\theta) - U_r \text{Sen}(\theta))^2}{200}$$

Donde:

U_x = Componente reactiva de la tensión de cortocircuito (%)

U_r = Componente resistiva de la tensión de cortocircuito (%)

\varnothing = Angulo de la carga

$$\text{Eficiencia} = \eta = 100 - \frac{P_o + a^2 P_c}{a P_n \cos(\varnothing) + P_o + a^2 P_c} * 100$$

Donde :

P_o = Pérdidas sin carga [Kw]
 P_n = Potencia nominal del transf. [KVA]
 P_c = Pérdidas con carga [Kw]
 $\cos\varnothing$ = Factor de potencia de la carga
 a = Factor de carga

$$a = \frac{\text{Potencia de trabajo}}{\text{Potencia nominal}}$$

4.1.7.5 Cálculo del protocolo de un transformador trifásico.

Asumiendo que los transformadores de distribución objeto de este manual tendrán una conexión estandarizada Dyn5, se detallará solamente el cálculo de las $I^2 R$ a partir de los valores de resistencia medidos entre terminales externos del transformador.

Resistencia por fase en el devanado en Δ (alta tensión):



$$\frac{1}{R_m} = \frac{1}{R} + \frac{1}{2R} = \frac{2R + R}{2 * R * R} = \frac{3R}{2 * R * R} \tag{1}$$

$$\frac{1}{R_m} = \frac{3}{2R} \implies R = \frac{3}{2} R_m \tag{2}$$

Pérdidas por resistencia en el devanado en Δ de alta tensión

$$I_{\text{fase}} = \frac{I \text{ línea}}{\text{SQRT}(3)}$$

Tomando la ecuación 2 :

$$I^2 R_{\text{fase}} = \left(\frac{I \text{ línea}}{\text{SQRT}(3)} \right)^2 * R = \frac{I^2}{3} * \frac{3}{2} * R_m = \frac{I^2 R_m}{2}$$

Siendo tres fases, tenemos que $I^2 * R$ total en el devanado Δ (alta tensión) es :

$$(I^2 R)_{\text{total}} = \frac{3}{2} * I^2 R_m = 1.5 I^2 R_m$$

Donde R_m es el promedio de las resistencias medidas entre UV, UW, VW.

4.1.7.6 Resistencia por fase en el devanado en Y (baja tensión)

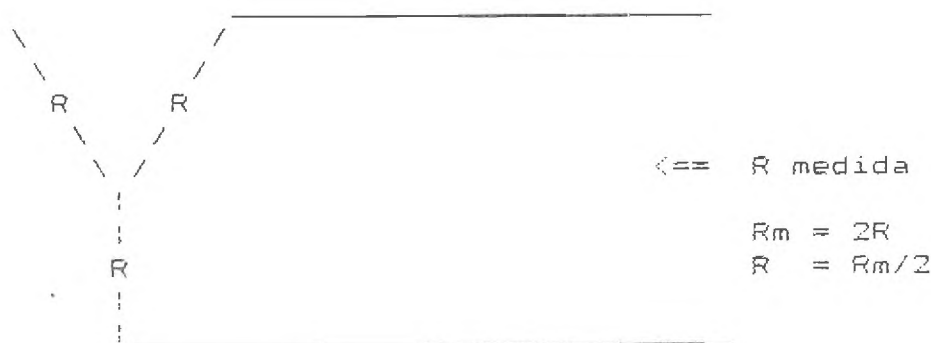
Pérdidas por resistencia en el devanado en Y (baja tensión) :

$$I \text{ línea} = I \text{ fase}$$

$$I^2 R_{\text{fase}} = I^2 * \frac{R_m}{2}$$

Siendo tres fases tenemos que :

$$I^2 R = \frac{3}{2} * R_m = 1.5 I_{bt} R_m$$



Siendo R_m el promedio de las resistencias medidas entre xy, xz, yz. La sumatoria de las pérdidas por resistencia de los dos devanados nos da las I²*R totales del transformador así:

$$I^2 R = 1.5 I_{at}^2 R_m + 1.5 I_{bt}^2 R_m = 1.5 (I_{at}^2 R_m + I_{bt}^2 R_m)$$

Entonces tenemos que : para los transformadores trifásicos, el cálculo de las I²*R a temperatura ambiente se reduce a :

$$I^2 R = 1.5 (I_{at}^2 R_{at} + I_{bt}^2 R_{bt})$$

Donde:

- I_{at} = Corriente nominal de alta tensión [A]
- I_{bt} = Corriente nominal de baja tensión [A]
- R_{at} = Promedio de las resistencias medidas entre UV, UW, VW en [Ohmios]
- R_{bt} = Promedio de las resistencias medidas entre xy, xz, yz [Ohmios]

El resto del protocolo se calcula en la misma forma que el protocolo de un transformador monofásico.

Los valores de U_z [%] a 85°C y P_{cu} a 85°C serán comparados con los valores garantizados por el fabricante, los cuales en ningún caso serán mayores que los estipulados en las "Especificaciones unificadas" numerales 2.12 y 2.13; para este fin, deberán

aplicarse las tolerancias dadas en las mismas (numeral 2.13 tolerancias).

Con los valores calculados, se llenará el protocolo de pruebas correspondiente al transformador. Norma ICONTEC 1358.

4.1.7.7 Curva de voltaje Vs. corriente de excitación

Para la elaboración de ésta curva, se tomarán dos transformadores a los cuales no se les haya hecho pruebas de tensión inducida, determinación de pérdidas en vacío ni tensión aplicada.

4.1.7.8 Procedimiento

La conexión del transformador se hará en la misma forma que para la determinación de pérdidas en vacío. La prueba se inicia con un voltaje igual al 20 % del voltaje nominal del devanado, por el cual se energiza, a frecuencia nominal y se toman las lecturas de tensión y corriente, luego se incrementa la tensión de prueba a un 30 % del voltaje nominal y se toman las lecturas. Se continúa incrementando tensión y tomando las lecturas hasta alcanzar un nivel de tensión igual al 110 % del voltaje nominal. Por ningún motivo se debe devolver el nivel de tensión a un nivel más bajo del que se haya alcanzado en cada incremento. El valor encontrado debe compararse con el valor declarado por el fabricante en las especificaciones unificadas. Numeral 6.1.19 "corriente sin carga (de vacío), en porcentaje de la corriente nominal".

Estos datos serán consignados en el formato No 4 b denominado "curva de excitación" (ver anexo formatos). La curva se graficará sobre papel milimetrado, colocando el voltaje en el eje X y la corriente en el eje Y.

4.1.8 Prueba de hermeticidad

Esta prueba se hará a la mitad de la muestra seleccionada para pruebas de rutina.

La prueba se hará al transformador terminado.

Se inyectará una presión de 6 psi (sólo se utilizará aire seco o nitrógeno) al transformador por el buje de la válvula de sobrepresión y se sostendrá media hora. Durante este tiempo, la presión debe mantenerse constante, y se tendrán en cuenta los cambios de temperatura ambiente, para lo cual se deberán hacer las correcciones del caso.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES
TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

El no sostenimiento de la presión inyectada es señal de que el transformador no está hermético y será rechazado para que el fabricante haga las correcciones del caso.

4.1.9 Pruebas al aceite

El INSPECTOR solicitará la prueba de rigidez dieléctrica del aceite cuyo valor en ningún caso debe estar por debajo de 30 KV.

La prueba del aceite se hará de acuerdo a ASTM D-977-71 o cualquier otro método normalizado que utilice el fabricante (ver anexo 1 equivalencias de valores de disrupción para las distintas NORMAS). El fabricante emitirá un protocolo de prueba con los resultados obtenidos.

4.2 PRUEBAS TIPO

4.2.1 Prueba de tensión de impulso (Norma ICONTEC 837)

El INSPECTOR seleccionará la muestra de acuerdo a lo consignado en la tabla 2.5, de los transformadores que hayan soportado satisfactoriamente las pruebas de rutina para ser sometidos a la prueba de impulso. Esta prueba podrá hacerse en laboratorio propio del fabricante o en un laboratorio externo, previamente aprobado por el comprador.

Dado que el procedimiento de prueba esta normalizado, así como la interpretación de los resultados, El INSPECTOR se guiará por lo estipulado en la norma 837, lo cual se transcribe a continuación

La tensión de impulso se aplica al terminal de línea del devanado que se va a ensayar. En transformadores polifásicos, el ensayo se aplica sucesivamente a cada terminal de línea.

Las derivaciones usadas en esta prueba deben acordarse entre fabricante y comprador, teniendo en cuenta la distribución de tensión dentro del devanado, que puede resultar de la derivación escogida.

El valor de cresta de la tensión aplicada, se especifica en la tabla 2. Norma ICONTEC 836.

La forma de la onda debe ser de 1,2/50 micro-Segundos (ver figura 1 norma ICONTEC 837) con una tolerancia no mayor del $\pm 30\%$ para

la duración del frente de onda y $\pm 20\%$ para el tiempo en el cual debe alcanzarse la mitad del valor máximo en la espalda de la onda. Cuando las características del transformador bajo ensayo son tales que es prácticamente imposible obtener la forma de onda normal dentro de las tolerancias anteriores, por ejemplo, cuando la inductancia del devanado es muy baja, o su capacitancia es muy alta, se pueden permitir tolerancias más amplias por acuerdo entre productor y comprador.

4.2.1.1 Preparación del transformador

El tanque del transformador debe ser eficazmente conectado a tierra, ya sea directamente o a través de una impedancia de valor bajo.

Un terminal de línea del devanado bajo ensayo se conecta al generador de impulso y los demás se conectan a tierra, directamente o a través de una impedancia de valor bajo. Si el comprador especifica que el transformador puede operar en servicio con el neutro conectado a tierra, éste se debe conectar a tierra. De lo contrario, puede no hacer esta conexión.

Todos los terminales de los devanados no sometidos a ensayos, deben conectarse a tierra directamente o a través de una resistencia que limite la tensión que aparece en ellos, a menos del 75% del nivel de ensayo con onda completa, del devanado correspondiente.

Los cuernos de descarga pueden ser retirados o se puede aumentar su espaciamento para evitar descargas durante la prueba.

4.2.1.2 Ensayo

El ajuste de la forma de onda, de la tensión y la calibración del generador de impulso, deberán realizarse de la siguiente manera :

- Con el generador de impulsos conectado al terminal del devanado del transformador bajo ensayo y a los aparatos de medida y registro de tensión, se ajustan los parámetros del circuito a una tensión reducida para dar la forma de onda requerida, 1.2/50 micro-segundos.
- A una tensión entre 50 % y 75 % del nivel de tensión de ensayo a onda completa, se obtiene un registro oscilográfico

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES
TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

de la tensión aplicada entre el terminal de línea bajo ensayo y tierra y un registro suplementario de corriente o tensión (ver numeral 6.2.6). Este registro puede usarse para verificar la forma de onda y para determinar el valor de cresta de la tensión aplicada y en conjunto con el registro suplementario de corriente o tensión, para ayudar a interpretar los resultados del ensayo.

Deberán tomarse registros de la onda de tensión aplicada y de, por lo menos un valor adicional seleccionado entre los más importantes.

No es conveniente normalizar estos registros adicionales. Por ejemplo, se puede medir la corriente que fluye en el extremo conectado a tierra del devanado bajo ensayo, o que fluye a través de la conexión del tanque a tierra pero conectado al extremo del neutro del devanado bajo ensayo: o la tensión inducida que aparece a través de otro devanado. Se registra, para el transformador bajo ensayo, el valor que considere más apropiado el productor.

A menos que se acuerde otra cosa entre el comprador y el productor, la tensión de ensayo será de polaridad negativa y será inmodificable durante la prueba. El generador de impulso se debe ajustar para suministrar una tensión correspondiente a la del nivel de ensayo a onda completa del terminal de línea del devanado bajo ensayo. Deben aplicarse dos ondas completas. Si durante la aplicación del impulso ocurre una descarga en los cuernos, se descarta la aplicación y se repite.

4.2.1.3 Interpretación de los resultados

Las fallas del aislamiento que se presenten en la prueba, se evidencian de acuerdo con lo establecido en los siguientes párrafos:

- Variaciones apreciables de la forma de onda, fuera de los cambios ocurridos en la emplitud, indicadas por el registro de tensión aplicada y los registros suplementarios de corriente o tensión para todas las aplicaciones, a nivel de ensayo y a nivel reducido.
- Si se presentan dudas en la interpretación de discrepancias de los registros, se realizarán tres ensayos sucesivos a 100% del valor de la tensión de ensayo. Si las discrepancias no se aumentan en estos ensayos, el ensayo de impulso se considera satisfactorio.

- Ruido del transformador indicado claramente durante la prueba.

Los criterios de aceptación o rechazo de la muestra son los consignados en la tabla 2.5 de este manual.

Los resultados de la prueba y registros serán consignados en formato de prueba propio del fabricante o del laboratorio que ejecute la misma. Este formato o protocolo de prueba (o su copia) será entregado al INSPECTOR junto con todos los informes de prueba a que haya lugar.

4.2.2 Prueba de calentamiento

El procedimiento para esta prueba es el consignado en la norma ICONTEC 316.

Para esta prueba, El transformador debe estar completamente hermético. El orificio por donde se introduce el elemento de medida del Top-oil debe sellarse para que no permita intercambio de aire del interior del transformador al medio ambiente.

En este manual solo se considera el método de carga simulada por CORTO CIRCUITO, ya que es el de uso común entre los fabricantes de transformadores de distribución. El procedimiento se transcribe de la norma ICONTEC 316.

Para esta prueba se deben cumplir como mínimo las siguientes condiciones :

- Los transformadores deben estar completamente ensamblados y llenados de aceite hasta el nivel normal. Si el transformador está equipado con indicadores térmicos, como transformadores de corriente tipo buje u otros, tales dispositivos deben estar montados en el transformador durante la realización de la prueba; además, se debe disponer de un aditamento sobre la tapa para introducir termómetros o termocuplas que permitan medir la temperatura del nivel superior del aceite.
- La prueba una vez iniciada, no debe ser interrumpida y se deben tomar las precauciones y medidas de seguridad para evitar accidentes e interrupciones.
- Antes de iniciar la prueba y energizar el transformador, es necesario efectuar la medida de resistencia ohmica de los devanados de acuerdo con la metodología establecida en la

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES
TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

norma ICONTEC 375. Esta resistencia se reconoce como la resistencia en frio de los devanados (R_0) y es tomada a una temperatura de devanados igual a la temperatura del aceite.

- Para tomar la temperatura del aceite y efectuar la medida de la resistencia en frio, no debe haber circulado corriente de excitación alguna por los devanados en un periodo mínimo de ocho horas antes de efectuar la medición.
- El recinto donde se realice la prueba debe estar libre de problemas de contaminación y corrientes de aire.

Las condiciones técnicas necesarias son :

- La temperatura del aire o temperatura ambiente debe ser medida por un mínimo de tres termocuplas o termómetros espaciados uniformemente alrededor del transformador y a una distancia de uno o dos metros de él.
- Los termómetros o termocuplas deben ser protegidos de cualquier corriente de aire, radiación de calor del transformador bajo prueba u otra fuente.
- Con el propósito de reducir al mínimo los errores debidos a la diferencia de tiempo entre los incrementos de la temperatura de los devanados y las variaciones en la temperatura ambiente, las termocuplas o termómetros deben ser localizados o introducidos en recipientes de vidrio llenos de aceite.
- Se recomienda medir las temperaturas de las superficies del transformador utilizando termocuplas. Las termocuplas deberán ser soldadas a una lámina metálica delgada de aproximadamente 2,54 cm²; la lámina metálica o placa será localizada firmemente sujeta contra la superficie. En todos los casos, las termocuplas deben aislarse térmicamente de los medios que la rodean diferentes al de la superficie medida.
- Si la medida de temperatura de superficies no se realiza con termocuplas, se admite la utilización de termómetros de contacto o de bulbo, cuando estén debidamente calibrados y aplicados como lo muestra la figura uno de la norma ICONTEC 316.
- La temperatura superior del aceite (top), debe ser medida por una termocupla o termómetro adecuado, inmerso aproximadamente 5 cm bajo la superficie superior del aceite.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES
TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

- La temperatura de la superficie refrigerante debe ser medida por dos termocuplas o termómetros ubicados así: Uno sobre el centro del tubo colector del radiador y el otro sobre el centro del tubo colector inferior del mismo. Cuando el transformador bajo prueba no posea radiadores, se ubican las termocuplas en las alturas determinadas así:
 - Nivel superior : Altura medida entre el top y el canto superior del devanado más cercano al total.
 - Nivel inferior : Altura medida entre la base y el canto inferior del devanado más cercano a la base.

Durante la realización del ensayo debe mantenerse aproximadamente constante la lectura de la corriente al valor nominal.

4.2.2.1 Métodos de prueba

Carga real o directa: Este método es el más preciso de todos, pero sus requerimientos de energía son excesivos para transformadores de gran capacidad.

Los transformadores de pequeña capacidad pueden ser probados por el método de carga real, cargándolos por medio de reóstatos, bancos de lámparas, cajas de agua, etc.

Carga simulada: Hay dos formas de llevar a cabo este método :

- **Método de corto circuito :** Permite una lectura directa de la potencia y la corriente que se consumen durante la prueba, requiere menor cantidad de instrumentos, mayores facilidades de prueba y menor consumo de energía. Es muy utilizado para transformadores de capacidad alta, aunque es aplicable a transformadores pequeños.
- **Método de oposición :** Requiere más facilidades de prueba y equipos auxiliares, además de mayor consumo de energía.

Procedimientos de prueba: A continuación se resume el procedimiento de prueba que se sigue para cada uno de los métodos empleados.

Método de carga real o directa: Se realiza conectando cargas al transformador tales como reóstatos, bancos de lámparas, cajas de

agua, etc., Hasta alcanzar la corriente nominal del transformador y controlando ésta en forma constante hasta el final de la prueba.

Metodo de carga simulada:

Por corto circuito : Se realiza conectando en corto circuito uno o más devanados y haciendo circular la suficiente corriente a frecuencia nominal para producir las pérdidas totales, (para la conexión y capacidad nominales del transformador) y corrigiéndolas a una temperatura igual al aumento nominal de temperatura promedio de los devanados más 20oC.

4.2.2.2 Duración de la prueba

Una vez energizado el transformador, se deben tomar lecturas de voltaje, corriente y temperatura cada media hora durante un periodo no menor de tres horas, momento en el que se incrementan las lecturas a un periodo de cada quince minutos, continuando en esta forma hasta alcanzar el equilibrio térmico, el cual es determinado cuando se cumplan las siguientes condiciones :

- Criterio de equilibrio térmico o estabilidad. Se considera que el último aumento de temperatura del aceite sobre el ambiente ha sido alcanzado cuando el aumento de temperatura no varíe en más de un grado centígrado por hora durante un periodo consecutivo de (3) tres horas.
- Se determina entonces la elevación de temperatura del aceite según el numeral 7 de la norma ICONTEC 316.
- Una vez lograda la estabilización, se reduce la corriente por los devanados al valor nominal para la conexión y carga utilizada, manteniéndola constante durante una hora. Se mide la temperatura del aceite hasta el corte de la fuente de alimentación (esta temperatura se llamará temperatura en el nivel superior del aceite en corte top). Luego de desconectar la fuente de alimentación se determina la temperatura promedio de los devanados como se describe en el numeral 6.5 de la norma ICONTEC 316.

Si existen limitaciones en el equipo de prueba, se permite operar a un valor inferior de la corriente nominal, pero no inferior al 80 % de ésta.

- La elevación promedio de temperatura del devanado debe calcularse usando bien sea la elevación del aceite en la parte superior, o la elevación promedio del aceite.
- Cuando se emplea una corriente de devanado diferente a la nominal, el método de elevación promedio del aceite debe emplearse para determinar las elevaciones de temperatura del devanado.
 - a-) Usando la elevación de temperatura en la parte superior del aceite, la elevación de temperatura promedio del devanado es igual a la elevación del aceite en la parte superior, medida durante el procedimiento a pérdidas totales, más la cantidad: (temperatura promedio del devanado al corte menos la temperatura del aceite en la parte superior en el corte).

$$tmd = top + (tmdc - topc)$$

Donde :

- tmd = Elevación de temperatura promedio de los devanados.
- top = Elevación del aceite en la parte superior.
- tmdc = Temperatura promedio del devanado al corte.
- topc = Temperatura del aceite en la parte superior en el corte.

- b-) Usando la elevación promedio de temperatura del aceite, la elevación promedio del devanado es la elevación promedio del aceite, medida durante el procedimiento a pérdidas totales, más la cantidad: (temperatura promedio del devanado al corte menos temperatura promedio del aceite al corte).

$$tmd = tmo + (tmdc - tmoc)$$

Cuando la corriente mantenida por cualquiera de los devanados bajo prueba, difiere de la corriente nominal, las diferencias observadas entre la temperatura promedio de los devanados al corte y la temperatura promedio del aceite en el corte deben ser corregidas para obtener la elevación de temperatura promedio de los deva-

nados a la corriente nominal, utilizando la fórmula que aparece en el numeral 6.6.4.

La elevación promedio de los devanados corregida es la elevación promedio del aceite, medida durante el procedimiento en pérdidas totales, más G. (Ver numeral 6.6.4).

4.2.2.3 Determinación de la elevación de temperatura del aceite

- La elevación promedio de temperatura del aceite, es la diferencia entre la temperatura promedio del aceite a pérdidas totales y la temperatura ambiente.
- La temperatura promedio del aceite debe ser tomada como la temperatura en la parte superior del aceite (top) menos la mitad de la diferencia de temperatura entre la parte superior e inferior de la superficie refrigerante: (la ubicación de las termocuplas o termómetros sobre la superficie refrigerante se hará según se describió anteriormente.

$$t_{mo} = t_{op} - (t_{sr} - t_{ir})/2$$

Donde:

- t_{mo} = temperatura promedio del aceite.
- t_{op} = temperatura del aceite en la parte superior.
- t_{sr} = temperatura superior de la superficie refrigerante.
- t_{ir} = temperatura inferior de la superficie refrigerante.

La elevación promedio del aceite se da como la diferencia entre la temperatura promedio del aceite y la temperatura ambiente.

4.2.2.4 Determinación de la elevación de temperatura promedio en los devanados

La elevación de temperatura promedio de los devanados será la diferencia entre la temperatura promedio de los devanados y la temperatura ambiente.

La temperatura promedio de un devanado debe ser determinada por el método de variación de resistencia. En caso de que este método no pueda aplicarse vgr. cuando se tienen resistencias extremadamente bajas, otros métodos pueden ser usados.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

La primera lectura debe ser tomada tan pronto como sea posible después del corte en un intervalo no menor de un minuto ni mayor de cuatro minutos. Las siguientes lecturas deben tomarse en intervalos de un minuto.

El tiempo desde el instante del corte para cada lectura de resistencia, debe ser anotado. Las ventilaciones y sistemas de refrigeración, si los tiene, deben ser apagados desde el instante del corte para todas las mediciones de resistencia.

La temperatura promedio de los devanados debe ser determinada por la siguiente fórmula :

$$T = \frac{R}{R_0} * (T_k - T_0) - T_k$$

Donde :

T = temperatura promedio de los devanados, correspondiente al valor de resistencia en caliente R, en grados centigrados.

T₀ = Temperatura correspondiente al valor de resistencia en frío R₀, en grados centigrados.

R₀ = Resistencia en frío.

R = Resistencia en caliente.

T_k = Constante térmica que es igual a:

234,5 °C para devanados en cobre

225 °C para devanados en aluminio

4.2.2.5 Correcciones y cálculos:

- Corrección de temperatura al instante de corte:

- a-) Método empírico. Se debe determinar la densidad de pérdidas de carga de los devanados, la cual se da como los vatios de pérdida de los devanados (a la elevación de temperatura nominal de los devanados más 20°C), sobre el peso de los devanados. Se da en vatios por kilogramo.

El método empírico puede ser usado cuando la densidad de pérdidas de carga de los devanados no exceda de 66 W/Kg para devanados de cobre, o de 132 W/Kg para devanados de aluminio.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES
TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

Se deben tomar lecturas de resistencia en caliente cada 15 segundos después del corte hasta completar cuatro minutos como máximo. Si las lecturas requeridas no pueden ser efectuadas en cuatro minutos, la prueba se debe reanudar por una hora, luego de la cual se pueden tomar nuevas lecturas.

El factor de corrección de temperatura es el producto de los vatios de pérdida por kilogramo del transformador por el factor (K) dado en la tabla B.1 en grados centígrados.

La temperatura promedio de los devanados en el instante del corte t_{mdc} estará dada por:

$$t_{mdc} = T_oC + (W/Kg * K) oC$$

Donde:

- T = Temperatura promedio de los devanados en grados centígrados.
W = Vatios de pérdidas de los devanados corregidos a la elevación de temperatura de los devanados más 20 oC.

FACTOR K DE CORRECCION DE LA TEMPERATURA DE LOS
DEVANADOS AL CORTE

Tiempo después del corte Minutos	Factor K Vatios/Kilogramo	
	cobre	Aluminio
1	0.09	0.032
1.5	0.12	0.045
2	0.15	0.059
3	0.20	0.077
4	0.23	0.095

Nota: Cuando la densidad de pérdidas de carga de los devanados no excede de 15 W/Kg para cobre o 31 W/Kg para aluminio, se acepta un factor de corrección de 1oC por minuto.

- b-) Método de la curva de enfriamiento. Debe efectuarse una serie de al menos cuatro lecturas de resistencia en una

 TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

fase, con el respectivo registro del tiempo para cada devanado, según el numeral 6.5 de la Norma ICONTEC 316.

La primera lectura de cada serie se debe efectuar tan pronto como los efectos inductivos desaparezcan y en un periodo de tiempo no mayor de cuatro minutos después del corte.

Luego de tomar la primera serie de lecturas, la prueba debe reanudarse por un periodo de una hora, luego de la cual otras lecturas deben tomarse. Este procedimiento debe repetirse hasta que las lecturas necesarias se lleven a cabo.

Los datos de resistencia Vs tiempo, deben ser trazados en un papel de coordenadas adecuadas y el resultado de las curvas debe extrapolarse para obtener la resistencia en el instante de corte. Esta resistencia debe ser utilizada para calcular la temperatura promedio del devanado al momento del corte.

Corrección de temperatura por variación en altitud. Cuando las pruebas se hacen a una altitud inferior a 1000 metros sobre el nivel del mar, no se aplica ninguna corrección por altitud a las elevaciones de temperatura.

Cuando un transformador que es probado a una altitud diferente de 1000 metros vaya a ser instalado u operado a una altitud diferente a la de prueba, debe asumirse que las elevaciones de temperatura variarán de acuerdo con la siguiente fórmula :

$$\Delta 2 = \Delta 1 * (A - 1000) * F$$

Donde:

$\Delta 2$ = Incremento en la elevación de temperatura a una altitud de Am, en °C

$\Delta 1$ = Elevación de temperatura observada en grados centígrados.

F = Factor empírico dado por la siguiente tabla :

F = 4×10^{-5} Para transformadores autorefrigerados

F = 6×10^{-5} Para transformadores con refrigeración de aire forzado

Corrección por variaciones en la frecuencia nominal: Si se utiliza una corriente de carga de frecuencia diferente a la nomi-

nal, ésta no debe diferir en más del 10 % de la frecuencia nominal. La elevación de temperatura del aceite debe corregirse usando la siguiente fórmula :

$$\Delta t_{top} = \Delta t_2 * [(W/w)^n - 1]$$

Δt_2 = Elevación de temperatura del aceite observada.

Δt_{top} = Corrección de temperatura del aceite.

W = Pérdidas requeridas en vatios.

w = Pérdidas medidas durante la prueba en vatios.

n = 0.8 para clase OA

0.9 para clases FOA y FOW

Este método puede ser usado cuando las pérdidas medidas, difieren como máximo en un 20 % de las pérdidas requeridas.

La elevación de la temperatura del aceite corregida es igual a la elevación de la temperatura del aceite observada más Δt_3 .

La elevación de la temperatura del devanado corregida es igual a la elevación de temperatura de los devanados observada más Δt_3 .

Corrección por aplicación de corriente diferente a la nominal en corte: Cuando se haga circular corriente diferente a la nominal, se debe corregir la diferencia de elevación de temperatura de los devanados y el aceite, utilizando la siguiente fórmula :

$$G = G_1 * (I_n/I_p)^{2m}$$

Donde :

G₁ = Gradiente de elevación de temperatura en corte (devanado - aceite).

G = Gradiente de temperatura, (devanado aceite) en corte, corregido.

I_n = Corriente nominal.

I_p = Corriente de prueba.

m = 0.8 para clase OA y FA y clase no directa FOA y FOW.

m = 1.0 para clase de flujo directa FOa y FOW.

Nota: Gradiente (G) de temperatura devanados - aceite.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES
TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 30/02/15

Se define el gradiente como la diferencia observada entre la temperatura promedio de los devanados en corte y la temperatura promedio del aceite en corte.

$$G1 = t_{mdc} - t_{moc}$$

Donde :

t_{mdc} = Temperatura media de los devanados en corte.

t_{moc} = Temperatura media del aceite en corte

4.2.2.6 Cálculo de la elevación de temperatura del punto más caliente

Obtenida la elevación de temperatura promedio de los devanados, la elevación de temperatura del punto más caliente se obtiene mediante la siguiente fórmula :

$$\Delta t_{hds} = \Delta t_{md} + (t_{opc} - t_{mo})$$

Los valores utilizados serán los valores corregidos.

4.2.2.7 Criterio de aceptación de la prueba

Se considera que el transformador ha cumplido con los requisitos de la prueba, cuando una vez efectuadas las correcciones anteriores, el resultado de la elevación de temperatura en los devanados Δt_{md} comparado con el valor especificado o normalizado sea menor o igual a 65 °C. El valor de Δt_{hds} se considera aceptable si no supera los 80°C.

Los datos y cálculos serán consignados en el protocolo propio del fabricante, si este no posee protocolo para esta prueba, se consignarán los datos en el formato No 6 c "prueba de calentamiento" (ver anexo formatos). La curva de resistencia se hará en papel milimetrado graficando resistencia Vs tiempo.

En la casilla observaciones, del formato, se indicará claramente el momento o la hora en la cual la prueba se bajó de pérdidas totales a pérdidas producidas por corriente nominal, ya que la temperatura del top-oil, ambiente y del sistema de refrigeración tomados en este punto, serán las utilizadas para los cálculos de la primera parte de la prueba de calentamiento. Después de bajar el transformador a corriente nominal. Se deja en esta condición durante una hora al cabo de la cual, se toman nuevamente las lec-

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES TERMINADOS

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

turas de temperatura ambiente, T top-oil y temperatura superior e inferior del sistema de refrigeración; estos datos serán utilizados para la segunda parte del ensayo.

Tomados los datos anteriores, se procede a desenergizar y tomar las medidas de resistencia de acuerdo a las indicaciones dadas en ICONTEC 316 numeral 6.5. Estos valores se consignan en el formato No. 6c "Prueba de calentamiento" hoja 2 (ver anexo formatos). La resistencia en el punto de corte se halla extrapolando en la curva Resistencia Vs Tiempo.

4.2.3 Prueba de sobrecarga

Para la prueba de sobrecarga se seguirá el procedimiento descrito en las "Especificaciones unificadas" numerales 5.4.2 y 2.8 y los resultados estarán conforme a lo requerido en los mismos.

El método para la prueba será similar al de la prueba de calentamiento. El INSPECTOR tendrá cuidado de revisar que el transformador quede completamente hermético. El orificio o dispositivo por donde se introduzca el elemento de medida de temperatura del top-oil, debe sellarse de tal forma que no permita el flujo de aire del transformador al medio ambiente o viceversa.

A continuación se transcribe lo expuesto en las "Especificaciones técnicas unificadas" :

"El transformador deberá someterse al _____ % de su corriente nominal (debida al _____ % de su potencia nominal, conectado en la derivación principal) hasta alcanzar la temperatura de equilibrio.

Después de alcanzada la temperatura de equilibrio, el transformador se cargará al _____ % de su corriente nominal, conectado en las mismas condiciones anteriores y de esta manera permanecerá durante un periodo de _____ horas. El método de prueba a seguir puede ser el de carga directa o el de cortocircuito. Si se emplea el de corto circuito, a las pérdidas eléctricas obtenidas con los porcentajes de carga enunciados anteriormente, deberán adicionarse las pérdidas eléctricas de vacío del transformador.

El aumento máximo de temperatura no deberá exceder de 77oC para una altura de 1000 m sobre el nivel del mar y una temperatura ambiente de _____ oC si la prueba se lleva a cabo a altura diferente sobre el nivel del mar, se aceptarán los siguientes aumentos de temperatura en el aceite :

Altura (metros)	Aumento permisible de temperatura en el aceite oC
1000	77.00
1500	78.54
2000	80.08
2500	81.62
2700	82.23
3000	83.16

Las tolerancias admisibles, estarán de acuerdo con la norma ICON-TEC.

Los datos de temperatura del top-oil y ambiente tomados durante la prueba serán consignados en el formato No 4d "Prueba de sobrecarga" (ver anexo formatos).

NOTA: Al transformador sometido a sobrecarga se le tomará una muestra de aceite, la cual se probará para comprobación de rigidez dieléctrica.

Tanto en la prueba de calentamiento como en la de sobrecarga, El INSPECTOR accionará manualmente la válvula de sobrepresión cuando se alcancen las temperaturas máximas, para verificar que en ningún momento la válvula quede cubierta por el aceite. En caso de que la válvula quede cubierta, el transformador no será aceptado.

4.2.4 Pruebas especiales

Las siguientes pruebas son consideradas como especiales.

- Prueba de aptitud para soportar el corto circuito": (ANSI C.5.7.12.90.A).
- Nivel de ruido audible: (NEMA TR1).

De requerirse, el fabricante presentará protocolos de las PRUEBAS ESPECIALES, realizadas en un laboratorio de reconocida prestancia internacional.

FORMATOS

- 1 GESTION DE CALIDAD DEL FABRICANTE.
- 2 COMPETENCIA TECNICA DEL LABORATORIO.
- 3 TRANSFORMADOR TERMINADO. INSPECCION
- 3a PRUEBA DEL DISPOSITIVO DE SOBREPRESION
- 4 PRUEBAS DE RUTINA Y TIPO
- 4a RESISTENCIA DE AISLAMIENTO. MEDIDA
- 4b DETERMINACION DE LA CURVA DE EXCITACION
- 4c PRUEBA DE CALENTAMIENTO
- 4d PROTOCOLO DE PRUEBA DE SOBRECARGA
- 5 RESUMEN DE MUESTREO
- 6 AUTORIZACION DE DESPACHO

LOS NUMERALES QUE APARECEN EN LOS FORMATOS CORRESPONDEN A LOS
MISMOS NUMERALES DESCRITOS EN EL MANUAL.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES TERMINADOS.

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

GESTION DE CALIDAD DEL FABRICANTE
FORMATO No. 1

Hoja 1 de 3

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

3.1 SISTEMA DE ORGANIZACION DE LA CALIDAD

si no

Políticas y Objetivos estan claramente definidos ?	_____	_____
Posee Organigrama ?	_____	_____
Tiene suficiente autoridad y autonomia ?	_____	_____
Existen procedimientos escritos ?	_____	_____
Puede certificar calidad con registros ?	_____	_____

OBSERVACIONES _____

3.2 GESTION DE CALIDAD EN EL PROCESO

si no

3.2.1 FABRICACION TANQUE:

Se realiza en base a planos?	_____	_____	+
Hay uniformidad en la fabricación ?	_____	_____	
Se prueba la hermeticidad del tanque ?	_____	_____	+
Se controla dimensionalmente el tanque ?	_____	_____	+
Se verifica ubicación correcta de accesorios ?	_____	_____	+
Someten a prueba elementos radiadores ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES _____

3.2.2 FABRICACION DE BOBINAS:

si no

Existen controles de tipo dimensional ?	_____	_____	
Hay control de acabados ?	_____	_____	
La fabricación se realiza contra planos ?	_____	_____	+
El fabricante puede verificar el No. de espiras?	_____	_____	+
Hay un puesto de control en la fabricación de bobinas ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES _____

3.2.3 FABRICACION DEL NUCLEO:

si no

Hay control en el corte (rebabas) ?	_____	_____	+
-------------------------------------	-------	-------	---

INSPECTOR : _____

Nombre

Firma

GESTION DE CALIDAD DEL FABRICANTE
FORMATO No. 1

Hoja 2 de 3

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ KV. FASES: _____

	si	no	
Hay control dimensional y de armado final ?	_____	_____	
Se revisan armado y dimensiones finales ?	_____	_____	+

OBSERVACIONES _____

3.2.4 CONTROL DE SECADO DE LA PARTE ACTIVA:		si	no	
Se controla la resistencia del aislamiento ?		_____	_____	+
Hay registros de temperat. y periodos de secado?		_____	_____	

OBSERVACIONES _____

3.2.5 LLENADO DE ACEITE Y TERMINACION:		si	no	
Se controla el aceite antes de utilizarlo ?		_____	_____	+
Se chequea la rigidez dieléctrica		_____	_____	+
Hay revisión final de la terminación ?		_____	_____	+

OBSERVACIONES _____

3.3 CONTROL DE RECEPCION				
3.3.1 INSPECCION DE RECEPCION:		si	no	
Posee medios adecuados para mediciones ?		_____	_____	
Hay controles dimensionales ?		_____	_____	
Posee los medios para certificar análisis químico (lab. propio, ext o certificación proveedor)		_____	_____	+
Los planes de muestreo son adecuados para las características a controlar ?		_____	_____	
Hay una buena actualización y difusión de información ?		_____	_____	

OBSERVACIONES _____

3.3.2 IDENTIFICACION Y REGISTRO:		si	no	
Hay constancia escrita de los resultados de control ?		_____	_____	

INSPECTOR: _____

Nombre

Firma

GESTION DE CALIDAD DEL FABRICANTE
FORMATO No. 1

Hoja 3 de 3

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ KVA. TENSION: _____ / _____ KV. FASES: _____

La materia prima está identificada según su estado de control (pendiente, aceptado, rechazado) ?

si no
____ +

OBSERVACIONES _____

3.3.3 MATERIALES RECHAZADOS:

Hay un procedimiento definido para el material rechazado?

El manejo de material rechazado es adecuado?

si no
____ +

OBSERVACIONES _____

LA GESTION DE CALIDAD DEL FABRICANTE ES CONFIABLE ?

si no
____ +

OBSERVACIONES _____

INSPECTOR : _____
Nombre Firma

(+) Sería conveniente solicitar al fabricante la implementación de estos controles

002-0

COMPETENCIA TECNICA DEL LABORATORIO
FORMATO No. 2

Hoja 1 de 2

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

4.1 REQUISITOS DE PRECISION si no

EL FABRICANTE DEBERA POSEER INSTRUMENTOS DE MEDIDA PARA:

Resistencia de los devanados. Clase ≤ 2	_____	_____	*
Relación de transformación. Clase ≤ 0.25	_____	_____	*
Resistencia del aislamiento. Clase ≤ 5	_____	_____	*
Medida de pérdidas. Clase ≤ 1	_____	_____	*
Tensión aplicada, inducida e impulso. Clase ≤ 3	_____	_____	*

OBSERVACIONES _____

4.2 CAPACIDAD Y EQUIPO

EL FABRICANTE TIENE CAPACIDAD Y EQUIPO PARA EFECTUAR LAS SIGUIENTES PRUEBAS ?

4.2.1 PRUEBAS DE RUTINA	si	no	
Medida de la resistencia del aislamiento ?	_____	_____	+
Medida de la relación de transformación ?	_____	_____	+
Ensayos al dieléctrico ?	_____	_____	+
Medida de pérdidas sin carga ?	_____	_____	+
Medida de pérdidas con carga y tensión de cortocircuito ?	_____	_____	+
Medida de la resistencia en devanados ?	_____	_____	+
Chequear rigidez dieléctrica del aceite?	_____	_____	+

OBSERVACIONES _____

4.2.2 PRUEBAS TIPO	si	no	
Está en capacidad de realizar pruebas tipo y de materiales ?	_____	_____	+
Está en capacidad de realizar pruebas de impulso ?	_____	_____	
Está en capacidad de realizar pruebas de calentamiento ?	_____	_____	

OBSERVACIONES _____

INSPECTOR: _____

Nombre

Firma

COMPETENCIA TECNICA DEL LABORATORIO
FORMATO No. 2

Hoja 2 de 2

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

	si	no
4.2.3 PRUEBAS ESPECIALES		
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

OBSERVACIONES: _____

	si	no
4.2 CONDICIONES DE SEGURIDAD		
Posee adecuadas medidas de protección ?	_____	_____ +
La resistencia a tierra es adecuada ?	_____	_____ +
La señalización es suficiente ?	_____	_____ +
Posee manuales de operación ?	_____	_____ +

OBSERVACIONES: _____

	si	no
4.6 CALIBRACION		
Los instrumentos están calibrados ?	_____	_____ *
Las calibraciones están vigentes ?	_____	_____ *

OBSERVACIONES: _____

	si	no
EL LABORATORIO ES ACEPTABLE TECNICAMENTE ?	_____	_____ +

OBSERVACIONES

INSPECTOR : _____
Nombre Firma

(+) Seria conveniente solicitar al fabricante la implementación de estos controles.
(*En caso de obtener respuesta negativa, esto será causal de no aceptación hasta tanto el fabricante no modifique esta situación.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES TERMINADOS.

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

TRANSFORMADOR TERMINADO. INSPECCION FINAL
FORMATO No. 3

Hoja 1 de 2

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

		si	no	
5.2	VERIFICACION DE LOS DEFECTOS CRITICOS			
	Las distancias entre los bujes es la correcta ?	_____	_____	*
	El diagrama de conexiones es correcto ?	_____	_____	*
	El dato de placa de potencia nominal es correcto?	_____	_____	*
	Tiene las conexiones a tierra necesarias ?	_____	_____	*
	Hay conexión entre el neutro y el tanque ?	_____	_____	*
	El espesor de los soportes es adecuado ?	_____	_____	*
	La simulación de colgado en poste de tanque y soporte es satisfactoria ?	_____	_____	*
	La fijación del cambiador de derivaciones es rígida ?	_____	_____	*
	La identificación de los terminales es correcta ?	_____	_____	*
	Prueba dispositivo de alivio satisfactoria ?	_____	_____	*

OBSERVACIONES _____

		si	no	
5.3	DEFECTOS MAYORES			
	El tanque es totalmente hermético ? (fugas)	_____	_____	*
	El cambiador de derivaciones posee topes ?	_____	_____	*
	Los bujes están en buen estado ?	_____	_____	*
	El cambiador tiene identificación de las derivaciones ?	_____	_____	*
	Las características bimetálicas de los conectores son adecuadas ?	_____	_____	*
	La capacidad nominal es la correcta ?	_____	_____	*
	La adherencia de la pintura cumple con los requerimientos ?	_____	_____	*
	El espesor de la pintura es el especificado ?	_____	_____	*
	La parte activa tiene suficientes aditamentos para ser levantada ?	_____	_____	*
	La capacidad indicada en el transformador es la correcta ?	_____	_____	*
	Los herrajes están libres de defectos ?	_____	_____	*
	Los accesorios están completos ?	_____	_____	*
	Los ensayos de los empaques de caucho son satisfactorios o están debidamente certificados ?	_____	_____	*

INSPECTOR: _____

Nombre

Firma

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES TERMINADOS.

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

TRANSFORMADOR TERMINADO. INSPECCION FINAL
FORMATO No. 3

Hoja 2 de 2

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

	si	no	
La tornilleria es galvanizada en caliente ?	_____	_____	*
Los tornillos de puesta a tierra son irisados ?	_____	_____	*

OBSERVACIONES _____

5.4 DEFECTOS MENORES si no

La ubicacion de todos los accesorios esta de acuerdo con la norma ICONTEC (1490 - 1656) ?	_____	_____
---	-------	-------

OBSERVACIONES _____

DE ACUERDO A LA INSPECCION FINAL, SE APRUEBA EL LOTE ? _____

OBSERVACIONES: _____

INSPECTOR: _____
Nombre Firma

(*) En caso de obtener respuesta negativa, esto será causal de no aceptación hasta tanto el fabricante no modifique esta situación.

007-0

TRANSFORMADOR TERMINADO. PRUEBA VALVULA DE SOBREPRESION
 FORMATO No. 3A Hoja 1 de 1

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

RANGO DE OPERACION _____ Kg/cm2 _____ Kg/cm2

MARCA _____

Caudal desalojado _____ m3/s

PRUEBA DE ACCIONAMIENTO

MUESTRA No.	PRESION DE ACCIONAMIENTO kg/cm2						PASO LA PRUEBA?	
	Prueba No. 1		Prueba No. 2		Prueba No. 3		SI	NO
	apertura	cierre	apertura	cierre	apertura	cierre		

RESULTADO DE LA PRUEBA: _____

OBSERVACIONES:

INSPECTOR: _____
 Nombre Firma

008-0

PRUEBAS DE RUTINA Y TIPO. INSPECCION
 FORMATO No. 4

Hoja 1 de 2

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ KVA. TENSION: _____ / _____ KV. FASES: _____

		si	no	
6.1	PRUEBAS DE RUTINA			
	Aprobada medida de resistencia del aislamiento ?	_____	_____	*
	Aprobada relación de transformación y verificación de la polaridad ?	_____	_____	*
	Aprobada resistencia de los devanados ?	_____	_____	*
	Se elaboró curva de excitación (V vs I) ?	_____	_____	+
	Prueba de hermeticidad satisfactoria ?	_____	_____	*
	Prueba del aceite satisfactoria ?	_____	_____	*

PRUEBAS DE AISLAMIENTO				
	Aprobada prueba de tensión aplicada ?	_____	_____	*
	Aprobada prueba de tensión inducida ?	_____	_____	*

PERDIDAS				
	Pérdidas y corriente sin carga conforme a lo ofrecido ?	_____	_____	*
	Pérdidas con carga de acuerdo a lo garantizado ?	_____	_____	*
	Tensión de corto circuito a 85 oC dentro del rango ?	_____	_____	*
	Hay necesidad de penalizar al fabricante por sobrepasar pérdidas ofrecidas ?	_____	_____	
	Método utilizado en medida de P_o , I_o : _____			

OBSERVACIONES _____

		si	no	
	PRUEBAS DE RUTINA APROBADAS ?	_____	_____	*

OBSERVACIONES: _____

		si	no	
6.2	PRUEBAS TIPO			
	La muestra soportó la prueba de impulso ?	_____	_____	*
	Prueba de calentamiento satisfactoria ?	_____	_____	*

INSPECTOR : _____

Nombre

Firma

PRUEBAS DE RUTINA Y TIPO. INSPECCION
FORMATO No. 4

Hoja 2 de 2

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ KVA. TENSION: _____ / _____ KV. FASES: _____

	si	no	
Prueba de sobrecarga satisfactoria ?	_____	_____	*
Prueba del aceite después de sobrecarga satisfactoria ?	_____	_____	*

PRUEBAS TIPO APROBADAS ? si no *

OBSERVACIONES: _____

PRUEBAS ESPECIALES

Se realizan pruebas especiales ? si no

DESCRIPCION: _____

SE APRUEBA EL LOTE DE TRANSFORMADORES _____ *

OBSERVACIONES: _____

INSPECTOR: _____

Nombre

Firma

(* En caso de obtener respuesta negativa, esto será causal de no aceptación hasta tanto el fabricante no modifique esta situación.

009-0

PRUEBAS DE RUTINA Y TIPO. MEDICION RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
FORMATO No. 4A

Hoja 1 de 1

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

Color: _____ No. de serie: _____ No. diseño: _____

Potencia Nominal: _____	kVA	Grupo de conexión: _____
Tensión de serie: _____	KV	Método de refr.: _____
No. de fases: _____		Clase de aislamiento : _____
Frecuencia: _____	Hz	Fecha fabricación : _____
Altitud diseño: _____	m	Instalación : _____
Temperatura de diseño: _____	oC	

TENSION DE PRUEBA : _____ kV

TIEMPO [MIN].	AT Vs BT (MOhmios)	AT Vs Tierra (MOhmios)	BT Vs Tierra (MOhmios)	OBSERVACIONES
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Indice de polariza. dieléct.				

RESULTADO DE LA PRUEBA: _____

OBSERVACIONES: _____

INSPECTOR: _____
Nombre Firma

FRUEBAS DE RUTINA Y TIPO. CURVA DE EXCITACION
FORMATO No. 4B

Hoja 1 de 1

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

Color: _____ No. de serie: _____ No. diseño: _____

Potencia Nominal: _____ [kVA] No de fases: _____ Tensiones: _____

Pérdidas en vacio: _____ [W] ; Altura de diseño: _____ msnm

Pérdidas Cu a 85oC: _____ [W] ; Altura de prueba: _____ msnm

Pérdidas totales: _____ [W] ; Calentamiento aceite: _____ oC

Resistencia AT a _____ oC: _____ [Ohm] ; Calentamiento devan.: _____ oC

Resistencia BT a _____ oC: _____ [Ohm] ; Frecuencia: _____ [Hz]

I nominal AT: _____ [A] ; Refrigeración: _____

I nominal BT: _____ [A]

NOTA :

Para transformador monofásico, utilizar columna de promedio

VOLTAJE APLICADO [V]	I DE EXCITACION [A]			PROMEDIO	OBSERVACIONES
	FASE				
	X	Y	Z		

OBSERVACIONES: _____

INSPECTOR: _____

Nombre

Firma

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES TERMINADOS.

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

PRUEBAS DE RUTINA Y TIPO. PRUEBA DE CALENTAMIENTO

FORMATO No. 4C

Hoja 1 de 2

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

Color: _____ No. de serie: _____ No. diseño: _____

Potencia nominal: _____ [kVA] No de fases: __ Tensiones: _____

Pérdidas en vacío: _____ [W]	Altura de diseño: _____ msnm
Pérdidas Cu a 85oC: _____ [W]	Altura de prueba: _____ msnm
Pérdidas totales: _____ [W]	Calentamiento aceite: _____ oC
Resistencia AT a _____ oC: _____ [Ohm]	Calentamiento devan.: _____ oC
Resistencia BT a _____ oC: _____ [Ohm]	Frecuencia: _____ [Hz]
I nominal AT: _____ [A]	Refrigeración: _____
I nominal BT: _____ [A]	

HORA.	Temp. amb. [oC]	Temp. top-oil [oC]	Temp. Sistema Refriger. [oC]		Datos de prueba:		OBSERVACIONES
			Super.	Infer.	Pérd. [W]	I [A]	

INSPECTOR: _____

Nombre _____ Firma _____

PRUEBAS DE RUTINA Y TIPO. PRUEBA DE CALENTAMIENTO
FORMATO No. 4C

Hoja 2 de 2

Color: _____ No. de serie: _____ No. diseño: _____

MEDIDA DE RESISTENCIA DESPUES DEL CORTE

TIEMPO [min]	VOLTAJE [V]	I [A]	R [Ohm]	
				Tto = Temperatura del top-oil
				Tcsa = Calentamiento parte superior del aceite
				Tca = Calentamiento promedio del aceite
				Ta = Temperatura ambiente
				Tsr = Temperatura parte superior del sistema de refrigeración
				Tir = Temperatura parte inferior del sistema de refrigeración
				Tpa = Temperatura promedio del aceite. Segunda parte.
				Ro = Resist. del devanado medida a temperatura ambiente
				R = Resist. del devanado obtenida en el punto de corte de la prueba (desenergización), por extrapolación de la curva de resistencia
				Tk = Constante térmica: 234,5 oC dev. en cobre 225 oC dev. en aluminio

CALCULOS

Primera parte:

T. parte sup. del aceite $T_{to} = \text{_____} \text{ oC}$
 Calen. parte sup. aceite $T_{csa} = \text{_____} \text{ oC}$ $T_{csa} = T_{to} - T_a$
 Calen. prom. del aceite $T_{ca} = \text{_____} \text{ oC}$ $T_{ca} = T_{csa} - (T_{sr} - T_{ir}) / 2$

Segunda parte:

T. parte sup. del aceite $T_{to} = \text{_____} \text{ oC}$
 T. promedio del aceite $T_{pa} = \text{_____} \text{ oC}$ $T_{pa} = T_{to} - (T_{sr} - T_{ir}) / 2$
 T. promedio del devanado $T_r = \text{_____} \text{ oC}$ $T_r = (R / R_o) * (T_k - T_o) - T_k$
 Gradiente deva. aceite $T_{gr} = \text{_____} \text{ oC}$ $T_{gr} = T_r - T_{pa}$

RESULTADOS

Calentamiento del aceite : $T_{csa} = \text{_____} \text{ oC}$
 Calentamiento del devanado : $T_d = \text{_____} \text{ oC}$
 $T_d = T_{gr} + T_{csa}$

EL RESULTADO DE LA PRUEBA ES SATISFACTORIO ? SI ___ NO ___

OBSERVACIONES: _____

INSPECTOR: _____
 Nombre Firma

PRUEBAS DE RUTINA Y TIPO. PRUEBA DE SOBRECARGA
FORMATO No. 4D Hoja 1 de 1

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

Color: _____ No. de serie: _____ No. diseño: _____

Potencia nominal: _____ [kVA] No de fases: _____ Tensiones: _____

Pérdidas en vacio: _____ [W] ; Altura de diseño: _____ msnm
Pérdidas Cu a 85oC: _____ [W] ; Altura de prueba: _____ msnm
Pérdidas totales: _____ [W] ; Calentamiento aceite: _____ oC
Resistencia AT a _____ oC: _____ [Ohm] ; Calentamiento devan.: _____ oC
Resistencia BT a _____ oC: _____ [Ohm] ; Frecuencia: _____ [Hz]
I nominal AT: _____ [A] ; Refrigeración: _____
I nominal BT: _____ [A]

Table with 5 columns: HORA., Temp. amb. [oC], Temp. top-oil [oC], Datos de prueba (Pérd. [W], I [A]), OBSERVACIONES. Multiple rows for data entry.

CALENTAMIENTO FINAL DEL ACEITE = Top-oil - Ambiente = _____ oC

RESULTADO DE LA PRUEBA SATISFACTORIO ? SI _____ NO _____

OBSERVACIONES: _____

INSPECTOR: _____ Nombre Firma

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION, VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES TERMINADOS.

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

INSPECCION TRANSFORMADORES. RESUMEN DE MUESTREO
FORMATO No. 5 Hoja de

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ KVA. TENSION: _____ / _____ KV. FASES: _____

TAMANO DEL LOTE:	INSPECCION Y PRUEBAS	TAMANO MUESTRA	TABLA	NORMA
	Insp. visual			
	Pruebas de rutina			
	Pruebas tipo			
	Otras			

IDENTIFICACION DE LOS TRANSFORMADORES

NUMERO DE SERIE	DEFECTOS			PRUEBAS		RESULTADO		RAZON DE RECHAZO
	D.C.	D.M.	D.m.	P.R.	P.T.	A.	R.	

OBSERVACIONES: _____

INSPECTOR: _____

Nombre Firma

D.C. = Defecto Critico D.M. = Defecto Mayor D.m. = Defecto menor
PR = Pruebas de rutina PT = Pruebas Tipo
A = Aceptado R = Rechazado

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES TERMINADOS.

Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

INSPECCION TRANSFORMADORES. AUTORIZACION DE DESPACHO
FORMATO No. 6 Hoja de

FABRICANTE: _____ CONTRATO: _____ FECHA: _____

POTENCIA: _____ kVA. TENSION: _____ / _____ kV. FASES: _____

Se autoriza el despacho de los transformadores cuyos números se relacionan a continuación.

LA PRESENTE AUTORIZACION NO EXIME AL FABRICANTE DE SUS OBLIGACIONES Y RESPONSABILIDADES CONTRACTUALES EN CUANTO A CALIDAD Y CUMPLIMIENTO SE REFIERE

NUMERO DE SERIE DE LOS TRANSFORMADORES ACEPTADOS

OBSERVACIONES: _____

INSPECTOR: _____
Nombre Firma

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION. VOLUMEN II: RECEPCION DE LOTES
TERMINADOS

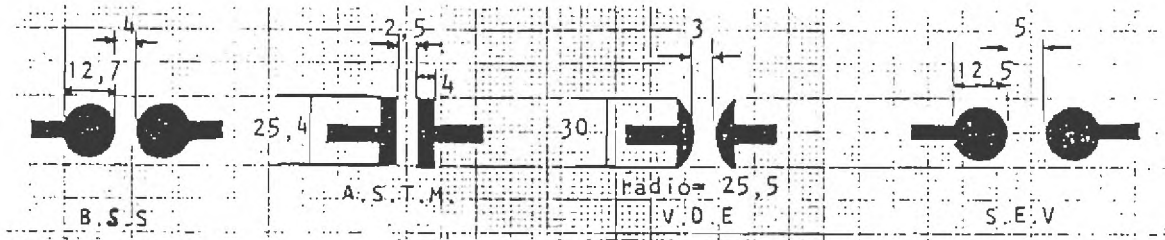
Documento SC-M-003-Rev.0

Fecha: 89/02/15

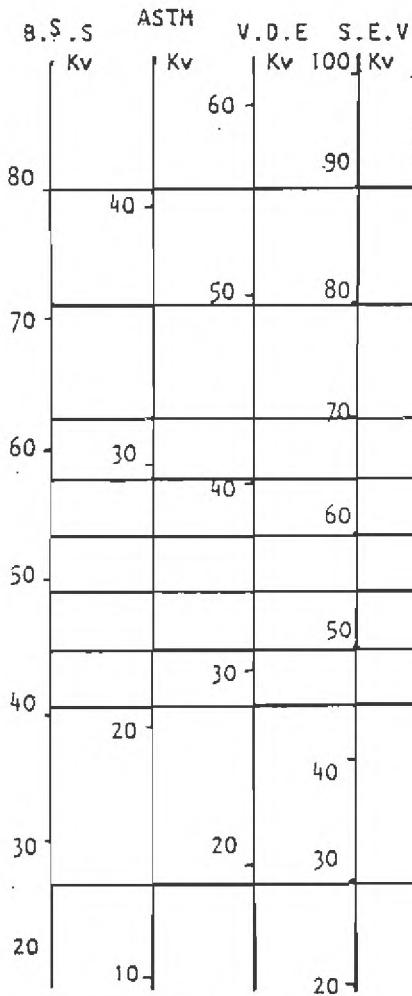
ANEXO:

EQUIVALENCIAS ENTRE LAS NORMAS BBS, VDE, ASTM Y SEV PARA CHEQUEO
DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.

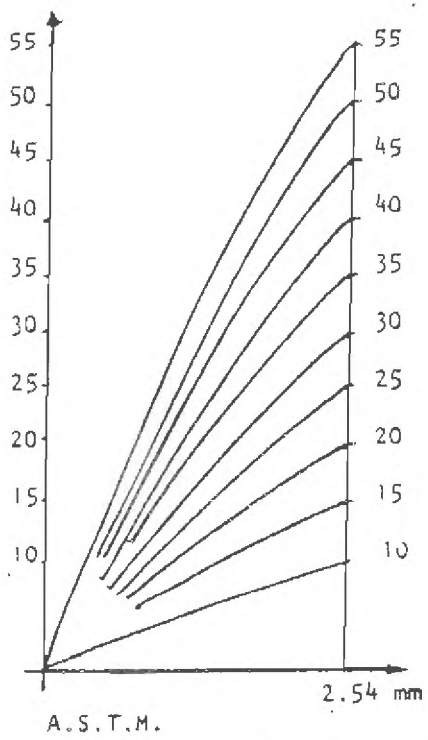
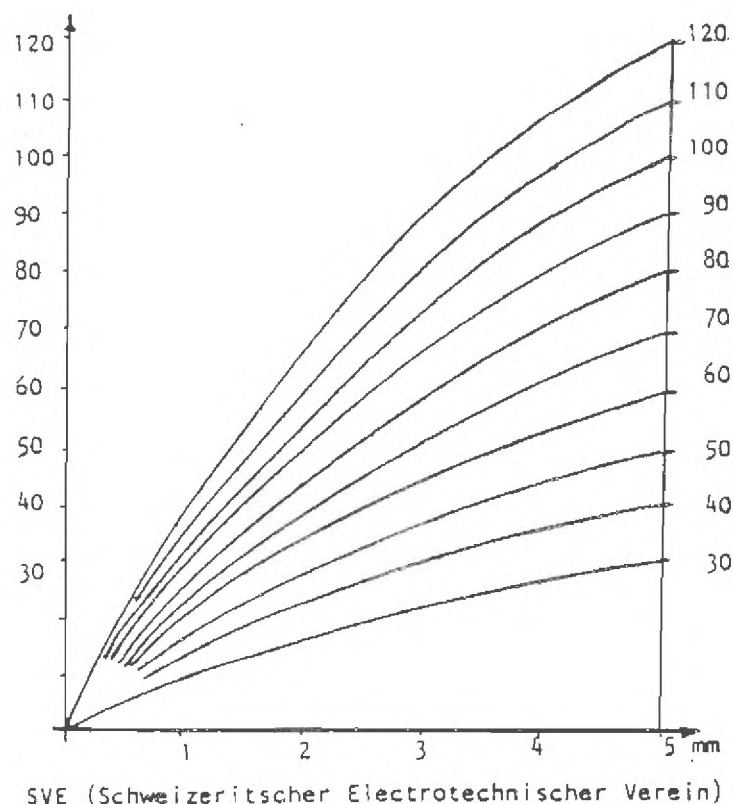
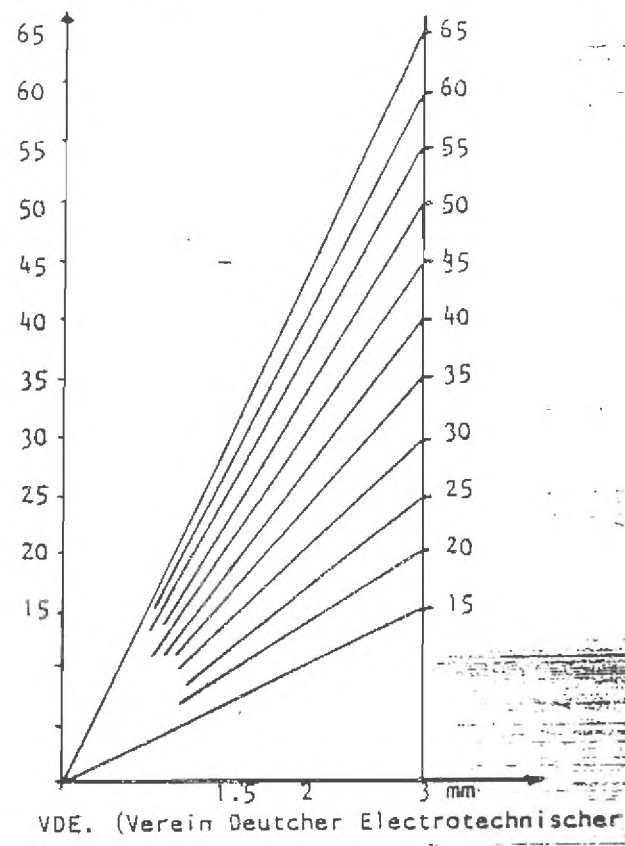
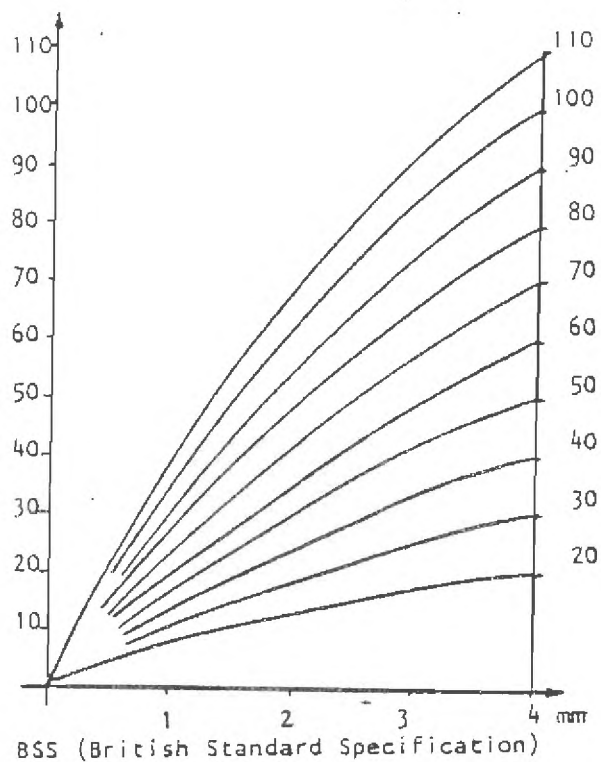
NORMAS BSS, VDE, ASTM Y SEV PARA CHEQUEO DE RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE.
(Medidas tomadas en mm)



TRANSFORMADORES									DISYUNTORES				
NUEVOS					USADOS				MINIMO	FILTRO PRENSA			
FABRICA. Kv		MINIMO Kv			DESPUES DE FILTRO PRENSA (Kv)					HASTA Kv			
50	50-100	100-200	200	50	50-100	100-200	200	50	50-100	100-200	200	PARA TODO VOLTAJE	



RIGIDEZ DIELECTRICA DEL ACEITE SEGUN : BSS, SVE, ASTM Y VDE



037-0

FORMULARIO DE RETROALIMENTACION

Elaborado por : _____ Fecha : _____

Empresa : _____

ASPECTOS	CONSIDERACIONES	SI	NO
1. GENERALIDADES	La estructura es apropiada?		
. Alcance	Se debe modificar o complementar?		
. Normas	Falta incluir alguna norma? Cual: _____		
2. PROCESO DE RECEPCION	Debe modificarse el Diag. de Flujo? El procedimiento está claro?		
3. INSPECCION FINAL	Es necesario efectuar cambios a los listados de defectos?		
4. PRUEBAS	Se debe modificar o complementar alguna prueba? Cual: _____ Debe suprimirse alguna prueba? Cual: _____		
5. FORMATOS	Se debe modificar o complementar algún formato? Cual: _____ Debe eliminarse algún formato? Cual: _____		

RESERVACIONES _____

FIRMA :

Sistema de calidad/Comité para el desarrollo y
Estímulo a la Industria Nacional

333.7932 C733s v. 4 Anexo 1 Ej 1

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA

PRESTADO A

FECHA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA



01004297
BIBLIOTECA