



ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

**TRANSFORMADOR DE
DISTRIBUCIÓN AÉREO**

NTCRE 006/01

GERENCIA DE INGENIERÍA

GIR

JUNIO / 2025

**INDICE**

1. OBJETIVO	3
2. NORMAS Y DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS	3
3. DEFINICIONES	3
4. CONDICIONES GENERALES	3
4.1. Condiciones de funcionamiento.....	3
4.2. Identificación de los transformadores	4
4.3. Embalaje y transporte.....	5
4.4. Embarque	5
4.5. Información a ser entregada por el proveedor	5
4.6. Presentación de los proyectos	5
5. CONDICIONES ESPECÍFICAS	6
5.1. Fabricación.....	6
5.2. Materiales aislantes	6
5.3. Parte activa del transformador	6
5.4. Tanque.....	7
5.5. Herrajes	7
5.6. Radiadores.....	7
5.7. Conexiones.....	8
5.8. Empaquetadura de hermeticidad.....	8
5.9. Bushings (Aisladores) Terminales	8
5.10. Sistema de conmutación de tensiones	9
5.11. Accesorios	10
5.12. Acabamiento	12
5.13. Características Eléctricas	13
5.14. Elevación de temperatura.....	15
5.15. Aceite aislante	15
5.16. Masa.....	16
5.17. Dimensiones.....	16
6. ENSAYOS	17
6.1. Descripción de los ensayos	17
6.2. Ejecución de los ensayos.....	17
6.3. Costos de los ensayos.....	21
7. INSPECCION ACEPTACION Y RECHAZO	22
7.1. Ejecución de los ensayos.....	22
7.2. Formación de la muestra	22
7.3. Aceptación y rechazo para los ensayos de recepción.....	23
8. GARANTIAS Y RECEPCIONES.....	25
8.1. Garantía de calidad.....	25
8.2. Recepciones.....	25
8.3. Documentación.....	26
9. EVALUACION DE PERDIDAS EN LOS TRANSFORMADORES	27
10. CAPACITACION EN MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES.....	28
11. COSTO DE INSPECCION EN FÁBRICA	28



1. OBJETIVO

Esta especificación tiene por objeto, brindar todas las características mínimas exigidas para la adquisición de transformadores de Distribución Aéreas para utilizarlos en el Sistema de Distribución de Energía Eléctrica de CRE - Cooperativa Rural de Electrificación.

2. NORMAS Y DOCUMENTOS COMPLEMENTARIOS

Los transformadores a ser construidos bajo esta especificación y los materiales utilizados en su construcción, cumplirán con los requisitos y normas de la International Electrotechnical Commission (IEC) o American National Standards Institute (ANSI) y otras normas internacionales para transformadores de distribución en baño de aceite, de uso continuo a intemperie con refrigeración natural ONAN. En específico se regirán a la norma de toda la serie IEC-76 o ANSI C57.12 y las normas y guiones incluidas por referencia o asociadas a estas, incluyendo normas para materiales y pruebas. Se entiende que toda referencia a las normas tanto en esta especificación como en las normas IEC o ANSI deberá ser interpretada refiriéndose a la edición más reciente del documento.

3. DEFINICIONES

Para los fines de esta especificación, se adopta la terminología constante de IEC 50 Vocabulario Electrotécnico Internacional, Capítulo 421 para ofertas de transformadores bajo las normas IEC y ANSI C57.12.80 Standard Terminology for Power and Distribution Transformers, para las ofertas bajo normas ANSI.

4. CONDICIONES GENERALES

4.1. Condiciones de funcionamiento

Los transformadores deben ser proyectados y fabricados para funcionar sin alteraciones de potencia, temperatura y desempeño en las siguientes condiciones:

Altitud hasta 1.000 m.

Temperatura ambiente de -5°C hasta 40°C y media diaria no superior a 30°C.

Humedad relativa del aire: hasta 100%.

Precipitación pluviométrica media anual : de 1500 a 3000 milímetros.

Exposición al sol , lluvia y polvo.

Los transformadores monofásicos tendrán las siguientes características:

- 14.4 - 0.231 KV, aptos para ser conectados a líneas de distribución en media tensión, bifilares derivadas del sistema tetrafilar de 24.9 KV con neutro aterrado, con un solo bushing en AT, y para ser instalados en bancos de tres piezas, en el sistema trifásico.
- 19.9 - 0.231 KV, aptos para ser conectados a líneas de distribución en media tensión, bifilares derivadas del sistema tetrafilar de 34.5 KV con neutro aterrado, con un solo bushing en A.T, y para ser instalados en bancos de tres piezas, en el sistema trifásico.

Los transformadores trifásicos tendrán las siguientes características:

- 10.5 - 0.400/0.231 KV, aptos para ser conectados a líneas de distribución en media tensión, trefilares aislados sin neutro.
- 13.8 - 0.400/0.231 KV, aptos para ser conectados a líneas de distribución en media tensión, trefilares aislados sin neutro.



- 24.9 - 0.400/0.231 KV, aptos para ser conectados a líneas de distribución en media tensión, tetrafilares con neutro aterrado.
- 34.5 - 0.400/0.231 KV, aptos para ser conectados a líneas de distribución en media tensión, tetrafilares con neutro aterrado.

4.2. Identificación de los transformadores

Todos los transformadores deben contar con una placa de identificación donde deberá grabarse la información requerida en la norma de referencia. En la placa debe llevar el código QR con los datos técnicos del transformador, del pedido y el código de material de CRE.

El código QR tendrá una dimensión mínima de 3x3 cm y 4x4 cm como máximo, la impresión deberá ser legible tanto de forma vertical como horizontal y deberá llevar la siguiente información, respetando la secuencia de datos según formato de ejemplo:

Descripción	Datos a mostrar (Ejemplo)
OC:	4510030386
Posición:	40
Material:	804
Serie:	Conforme padrón del fabricante
Equipo:	TRANSF 1F 25 kVA 19.9/0.231 kV 50 Hz
kVA:	25
Fases:	1
MT:	19.9 kV
BT:	0.231 kV
In:	MT 1.26 / BT 108.23 (A)
conexión:	Subtractiva / Dyn1
Hz:	50
Z %:	2.91
P. vacío:	90 W
P. carga:	423 W
Peso:	224 kG
Fabricante:	Según corresponda
Procedencia:	País de procedencia
Año:	9/2023

IMPORTANTE: El número de serie registrado en el código QR debe ser idéntico al estampado en la cuba y en la placa de identificación del transformador.

Además se indicará el logo de CRE (conforme a dimensiones de Anexo 1) y la potencia del transformador expresada en valor numérico y **kVA**, pintado en el frente del tanque con esmalte de color negro y letras de cien (100) mm de altura mínima y trazo de diez (10) mm de espesor mínimo.

También se indicará la palabra **ALUMINIO** de color azul claro y letras de setenta (70) mm de altura mínima y trazo de cinco (5) mm de espesor mínimo, colocado en la parte frontal baja del tanque.



4.3. Embalaje y transporte

Los transformadores deben ser acondicionados apropiadamente para la distancia y condiciones de transporte. El embalaje deberá proteger todo el transformador contra daños de cualquier especie, desde la salida de fábrica hasta la llegada al local de destino y deben ser hechas de modo que la masa y sus dimensiones sean mantenidas dentro de los límites razonables, a fin de facilitar al transporte y almacenamiento, el embalaje no será devuelto al proveedor.

4.4. Embarque

Los transformadores serán liberados para el transporte después de que sean debidamente inspeccionados y ensayados, con el aceite hasta el nivel indicado, con todos los accesorios solicitados, listos para ser puesto en servicio inmediatamente.

4.5. Información a ser entregada por el proveedor

El proveedor, debe llenar los datos y las informaciones solicitadas en el anexo de esta especificación, "HOJAS DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS" que será considerada como Garantía Técnica y prevalecerá sobre lo escrito en cualquier diseño, manual, catálogo o publicación eventual anexados.

4.6. Presentación de los proyectos

Para la completa apreciación del proyecto, el proveedor debe enviar para cada tipo de equipamiento, los siguientes diseños, con sus respectivas dimensiones:

- A. Vistas principales del transformador, mostrando la ubicación de los componentes y accesorios, dimensiones y distancias;
- B. Placa de identificación con datos, dimensiones y material utilizado
- C. Conmutador con dimensiones, detalles de sujeción y resultados satisfactorios de los ensayos que cumplen las características técnicas conforme ítem 5.10.
- D. Especificaciones técnicas de los herrajes y terminales incluyendo instrucciones completas para la aplicación de torques en las uniones vinculadas por elementos roscados, haciendo referencia a los planos y diseños correspondientes.
- E. Diseño esquematizado en planta y corte del conjunto núcleo-bobinas, indicando el material utilizado y detalles de montaje. Datos constructivos de la bobina número de vueltas primaria secundaria, secciones y geometría de los conductores de BT y MT, geometría de los moldes.
- F. Diagrama de conexiones.
- G. Bushing de alta y baja tensión.
- H. Detalles de los accesorios de los transformadores.
- I. Embalaje
- J. Válvula de alivio de presión con dimensiones, detalles de instalación y resultados satisfactorio de los ensayos que cumplen las características técnicas conforme ítem 5.11.1.f)

Detallar las desviaciones que tengan los transformadores con la Especificación Técnica NTCRE 006/01. Caso no presenta las desviaciones el proveedor cumple con las Especificaciones Técnicas.



5. CONDICIONES ESPECÍFICAS

5.1. Fabricación

El diseño de los transformadores en todos sus detalles será de común ejecución para el fabricante, no aceptándose diseños inéditos o adaptaciones improvisados. Los materiales utilizados en la fabricación de los transformadores serán nuevos, de calidad necesaria para cumplir con las normas y de uso común por el fabricante en la producción de los transformadores de características similares a los pedidos. La producción de los transformadores sujetos de este pedido formará parte de una serie de producción rutinaria para el fabricante de tal forma que todas las unidades de un mismo ítem tendrán características iguales con todas sus piezas correspondientes intercambiables.

5.2. Materiales aislantes

5.2.1.- El sistema de aislación de los transformadores debe estar diseñado para elevación de temperatura de 65 ° C. Los materiales aislantes deben ser de clase térmica A (105° C), de acuerdo con la IEC-85.

5.2.2.- El aceite aislante debe ser de origen mineral, nuevo del tipo II, de acuerdo con la Norma ASTM D 3487 "Standard specification for mineral insulating oil used in electrical apparatus". El aceite deberá ser exento de PCB (Bifenil Policlorado) y de azufre corrosivo para lo cual, deberá presentar un certificado "libre de PCB" y "libre de azufre corrosivo" al inspector en la realización de ensayos de aceite en fábrica o en la entrega de los transformadores si no se efectúa inspección de recepción en fábrica.

5.3. Parte activa del transformador

5.3.1. Núcleo

Debe existir una efectiva conexión eléctrica entre el núcleo y el tanque. El fabricante debe indicar en el diseño interno la forma del núcleo o sea, columna (Core Type) o envolvido o envolvente (Shell Type).

Para los transformadores trifásicos con núcleo envolvido o envolvente, el núcleo debe ser de 5 columnas, para evitar que, en caso de falta de fase, el cierre del flujo magnético ocurra a través del tanque del transformador.

5.3.2. Arrollamientos (bobinados)

El material de los bobinados será Cobre o Aluminio. Con las siguientes características:

- El material de los bobinados de **MT puede ser de Cobre o de Aluminio**
- El material de los bobinados de **BT puede ser de Cobre o de Aluminio**

Si el devanado de MT es de aluminio, debe ser fabricado con conductores de aluminio únicamente circulares. El arrollamiento de los bobinados de BT debe estar instalado en la parte interna del conjunto de bobinas y fabricados con pletinas rectangulares. El arrollamiento de los bobinados de MT debe estar instalado en la parte externa del conjunto de bobinas. Datos constructivos de la bobina número de vueltas primaria secundaria, secciones y geometría de los conductores de BT y MT, geometría de los moldes. Estos datos deben estar impresos y pegados a la bobina en un papel resistente al aceite.

Los transformadores con potencia mayor a 150 kVA deben tener los devanados fabricados con: Cobre-Cobre o Híbridos (Cobre-Aluminio)



Si el fabricante ofrece un esquema de fabricación y materiales distintos a los solicitados para los Arrollamientos, este debe ofrecer una propuesta técnica económica para compartir tecnología, materiales y capacitación.

5.3.3. Fijaciones de los bobinados

El anclaje de los bobinados deberá ser resistente a las sollicitaciones térmicas y electro dinámicas, tanto en régimen normal como durante los cortocircuitos. Las cuñas o tacos no serán fijados solamente a presión, sino que han de ser reunidos o fajados, con elementos de material adecuado a la ubicación y los esfuerzos a soportar.

Los tensores, así como las tuercas y pernos, deberán estar debidamente asegurados contra posibles aflojamientos por vibración, esfuerzos electro dinámicos, dilatación y transporte.

5.4. Tanque

El tanque debe ser herméticamente cerrado, de construcción robusta para soportar la variación de presión interna, como así también el peso propio, cuando este suspendido. Su estructura deberá ser reforzada como para evitar que el transporte y movimiento normal del transformador mediante grúas o gatos, produzca deformaciones permanentes. No debe llevar visor de aceite.

La tapa debe ser fijada al tanque por medio de dispositivos adecuados, proporcionando la hermeticidad requerida. Todas las aberturas existentes deben tener pestañas para evitar la acumulación y/o penetración de agua.

Los conectores y pernos de ajuste de la tapa del transformador deben soportar, sin daño a la rosca ni rotura de ninguna parte de los componentes, los momentos de torsión mínimos deben estar de acuerdo a los indicados en la Tabla 19 de la NBR 5440 y que se describen a continuación:

Momentos de Torsión

Tipo de rosca	Torque mínimo	
	N x m	kgf x m
M10	16,70	1,70
M12	28,20	2,88
M16	76,00	7,75

5.5. Herrajes

Los herrajes externos, para asegurar la tapa al tanque del transformador cuando sea necesario, deben ser galvanizadas conforme ASTM 123, ASTM 153.

5.6. Radiadores

Los radiadores, cuando sean necesarios, deben ser montados de modo que no impidan ni dificulten la instalación del transformador al poste o la salida de los conductores de baja tensión.

Los radiadores serán del tipo entubado circular, elíptico o cuadrado soldados en la parte superior e inferior del tanque y distribuidos a una distancia equitativa.

Radiadores del tipo corrugado o del tipo aletas , el espesor mínimo de la chapa debe ser 1,2 mm.

Radiadores tipo paneles, que estén fabricados con chapas metálicas igual o mayor de 1mm de espesor, además que estén divididos en 2 o más unidades independientes dependiendo del requerimiento según la potencia.



5.7. Conexiones

Las conexiones de las bobinas a los bushing primarios y de las derivaciones al conductor deben ser hechas con conductores flexibles, como así también las derivaciones del conmutador saliendo de las bobinas; aislados con material (papel Kraft crepado) que no contaminen al aceite aislante. Todas las conexiones deben ser fijadas con soldadura, incluidas las del conmutador y que no recosan el conductor tornándolo quebradizo.

La conexión del neutro (H2T) en transformadores monofásicos; debe ser conectado a través de un dispositivo desconectable en el tanque, de modo a conseguirse una conexión eléctrica y mecánica de alta confiabilidad durante toda la vida útil del transformador.

5.8. Empaquetadura de hermeticidad

Deben de ser de elastómero a prueba de aceite mineral aislante y temperatura de 150°C, resistente a la acción de la humedad y de los rayos solares.

Las empaquetaduras utilizadas en las tapas del tanque y de inspección deben tener dureza shore (65 +-5). Las empaquetaduras juntas deben ser alojadas en unas pestañas apropiadas para evitar desplazamiento de la misma y no deben sufrir esfuerzo de corte.

El material de la empaquetadura debe de ser caucho de nitrilo con un alto contenido de acrilonitrilo (37% a 41%), conforme la norma ASTM D297.

5.9. Bushings (Aisladores) Terminales

Los bushings (Aisladores) y terminales deben ser de acuerdo con las normas citadas. Los bushings deben ser de porcelana, libre de impurezas con acabado vidrioso preferentemente de color gris y serán sujetados de forma interna.

5.9.1. Ubicación

Los bushings de alta tensión deben ser montados sobre la tapa, provisto de resaltes y deben ser instalados en posición contraria al soporte de sujeción al poste.

Los bushings de baja tensión deben ser montados en las paredes laterales del tanque, en la posición del soporte de sujeción al poste con los terminales de conexión todos hacia el lado derecho, de tal forma que los conductores secundarios asuman una posición vertical.

5.9.2. Terminales

Los terminales de los bushings serán de aleación de cobre estañado para sujeción de conductores de cobre o aluminio con un rango de conductores y de corriente apropiado a la capacidad del transformador. Los terminales deben ser:

- Terminales de ojo a presión 160 Amp
- Terminales de ojo a presión 400 Amp
- Terminales de paleta 800 Amp

5.9.3. Identificación de los terminales

Los terminales externos serán designados, de acuerdo a la Norma IEEE C57.12.70

Para transformadores trifásicos, mirados desde el lado de baja tensión y de izquierda a derecha:

Alta tensión H1, H2, H3
Baja tensión X0, X1, X2, X3.



Para transformadores monofásicos, con ambos bornes del bobinado de alta provisto de aisladores, mirados desde el lado de baja tensión y de izquierda a derecha:

Alta tensión H1 , H2
Baja tensión X1 , X2

Para transformadores monofásicos, con un borne del bobinado de alta tensión provisto de aislador, mirados desde el lado de baja tensión y de izquierda a derecha:

Alta tensión H1
Baja tensión X1 , X2

Además se duplicará esta información con letras pintadas con esmalte de color negro de cinco (5) cm de altura mínimo y trazo medio de (0.5) cm de espesor mínimo. Todos estos grabados deberán soportar la exposición a la intemperie.

5.10. Sistema de conmutación de tensiones

Todos los transformadores deberán estar provistos de un sistema de conmutación de tensiones EXTERNO que permita variar en cinco posiciones +/- 2 x 2,5 % la tensión nominal del transformador. El transformador deberá mantener la potencia nominal aun en la toma de menor tensión. El sistema de conmutación debe estar ubicado en un lado del transformador (al lado de los bushings de BT, abrazadera al poste) este debe tener la tapa cobertor metálica para evitar daño del conmutador por rayos UV y efecto ozono.

El conmutador de derivaciones será del tipo rotativo o deslizante, con variación simultánea de fases, para operación sin tensión. Las conexiones del conmutador deben ser canalizadas en forma organizada y compacta asegurados con material resistente al aceite (no plástico) para reducir los riesgos de fallas.

Las posiciones del sistema de conmutación deben ser marcadas en alto relieve y pintadas con tinta imborrable, en color contrastante con la base del material donde está siendo aplicada. Para efectuar la conmutación de un punto a otro inmediato, el comando debe girar 15 Grados por lo mínimo.

El conmutador debe estar conforme las siguientes características técnicas:

- Tensión Aplicada: 50 KV, 1 minuto.
- Tensión de Impulso Atmosférico: 150 KV BIL onda plena, 175 KV onda cortada.
- Choque térmico: - 30° C a + 130 °C
- Hermeticidad al aire: 2.11 Kg/cm²
- Hermeticidad al aceite después de envejecimiento a 130 ° C por 8 horas: 0.84 Kg/cm² por 2 horas.
- Hermeticidad al aceite con esfuerzo mecánico: 1.05 Kg/ cm² y 4.8 Kg - mt de fuerza en sentido transversal
- Resistencia mecánica: 0.3 Kg - mts monofásico y 0.45 kg - mts trifásico de torque operacional.

Deben presentarse los resultados satisfactorios de los ensayos de las características técnicas.



5.11. Accesorios

5.11.1.- Accesorios para transformadores hasta 150 KVA; instalación en poste

a) Dispositivos de aterramiento

Cada transformador tendrá un conector propio para puesta a tierra colocado o en el tanque de la unidad o en el brazo de soporte para fijación al poste. El conector será de tamaño suficiente para conexión de conductores desde número 8 hasta número 2 AWG y será de aleación de cobre estañado para conexión de conductores de cobre o aluminio.

b) Estructura de apoyo

La parte inferior del transformador debe tener una estructura que asegure una distancia mínima de 10 mm entre la chapa del fondo y el plano de apoyo del transformador.

c) Orejas de suspensión

Deben ser soldadas en la pared del tanque con dimensiones y resistencia adecuada para permitir el izamiento y transporte del transformador sin causar daños en la tapa, pintura o en el bushing. El sistema de suspensión debe permitir levantar al transformador solo con la eslinga, y no debe ser necesario ningún accesorio adicional. Puede reproducir el número de serie o parte del mismo del transformador en forma impresa en la oreja de suspensión. No debe llevar otro número que identifique la Orden de fábrica u otra numeración, que cause confusión.

d) Soporte de sujeción al poste

Deben ser en número de dos, soldados al tanque y espesura tal que soporten perfectamente el peso del transformador y permitan la instalación adecuada al poste.

Los soportes de fijación a poste deberán estar de acuerdo para ser instalados con abrazaderas conforme especificación técnica NTCRE 001/16 (Transformadores trifásicos) o NTCRE 001/41 de 300 mm de distancia entre soportes. (Transformadores monofásicos) (Anexo 2). Las abrazaderas no son parte de la provisión.

e) Indicación del nivel del líquido aislante (Interno)

Los transformadores deben tener una línea imborrable de 100 mm como mínimo indicando el nivel de aceite mineral aislante a 25°C pintada en color contrastante con la pintura interna, ubicada en la parte interna del tanque, de manera que sea visible a través de la abertura de la inspección, o si ella no existe, retirándose la tapa del tanque.

f) Válvula de alivio de presión

Los transformadores deben estar equipados con válvula de alivio de presión conforme la norma ANSI C57.12.20. Este dispositivo deberá tener cierre hermético automático con las siguientes características de operación:

- Resistencia a la presión positiva: + 0.7 kg/cm² + - 0.14 kg/cm².
- Cierre hermético automático a presión positiva: + 0.42 kg/cm² como mínimo.
- Resistencia a la presión negativa: 0.56 kg/cm².
- Flujo a 1.05 kg/cm²: 9.91 X 100000 SCCM como mínimo.

El cuerpo de la válvula de alivio de presión debe ser de bronce o latón; los resortes, eje, y anillo para halar de acero inoxidable; y la empaquetadura de goma nitrílica.



El dispositivo de alivio de presión debe estar ubicado conforme la ANSIC57.12.20. El dispositivo de alivio de presión deberá estar ubicado en la parte superior (tapa) del transformador, este debe colocarse en un codo a 90° (grados) de la superficie de la tapa, para evitar el ingreso de agua al mismo.

Deben presentarse los resultados satisfactorios de los ensayos de las características de operación, en la entrega de los transformadores si no se realizan las pruebas de recepción en fábrica.

5.11.2.-Accesorios para transformadores igual o mayores de 225 KVA y menores 1000 KVA

a) Indicación de nivel del líquido aislante

Conforme ítem 5.11.1 inciso e) de esta parte.

b) Estructura de apoyo y locomoción

La parte inferior del transformador debe tener cuatro ruedas de hierro fundido de 100 mm como mínimo de diámetro, bi-direccionales y fijadas en estructuras adecuadas.

c) Orejas de suspensión

Conforme ítem 5.11.1.inciso c) de esta parte.

d) Dispositivos de aterramiento

Conforme ítem 5.11.1 inciso a) de esta parte.

e) Válvula de alivio de presión

Conforme ítem 5.11.1.inciso f) de esta parte.

f) Soporte para fijación a poste

Conforme ítem 5.11.1. inciso d) de esta parte. Este accesorio se aplica solamente para transformadores menores o igual a 225 KVA.

g) Abertura de inspección

Todos los transformadores trifásicos con potencia mayores de 225 KVA deben tener la abertura de inspección en la tapa del tanque de los transformadores. Esta apertura debe encontrarse al centro de la tapa vista de frente del lado de BT para poder inspeccionar sin problemas las conexiones internas de los bushings de MT. Las dimensiones y detalles constructivos de la tapa de abertura de inspección, deben ser de acuerdo a Anexo 4.

5.11.3.- Accesorios para transformadores de 1000 KVA y mayores

Los transformadores de este rango de capacidad tendrán todos los accesorios del ítem 5.11.2, más los siguientes accesorios:

a) Relé Buchholz

El relé Buchholz deberá poseer dos flotantes con una capacidad de volumen de gas de 100 cm³ a 120 cm³ y deberá operar con una velocidad de aceite de 75 cm/s a 125 cm/s.

b) Tanque de expansión

Los transformadores de 1000 KVA y mayores deben contar con tanque de expansión y 2 llaves.



5.12. Acabamiento

5.12.1. Pintura Interna

a) Protección de la superficie

La pintura del fondo debe ser aplicada con base de epoxipoliamida (antiferrugosa) que no afecte ni sea afectada por el líquido aislante. La espesura mínima para la pintura líquida o en polvo debe de ser de 30 μm .

5.12.2. Pintura Externa

a) Protección de la superficie

Consiste en la aplicación de una pintura de fosfato de zinc u óxido de hierro a base de epoxipoliamida con espesura mínima seca de 70 μm .

b) Pintura de acabamiento

Consiste en la aplicación de pintura de color gris claro número 70, notación Munsell 5BG 7.0/0.4, con espesura mínima seca de 50 μm . La espesura total de pintura líquida o en polvo de la parte externa del tanque, debe de ser de 120 μm .

5.12.3. Las características de la pintura deben estar conforme:

- Resistencia al aceite aislante (Mínimo): 120 horas, 120 \pm 2 $^{\circ}\text{C}$. No deben presentarse alteraciones en la apariencia o propiedades físicas del cuerpo de prueba.
- Adherencia (mínima): Grado 5B ASTM D 3359.
- Impacto (mínimo): 160 inch . lb. ASTM D 2749.
- Abrasión (mínimo): 3000 ciclos antes de (exponer) desenmascarar la pintura base ASTM D 4060.
- Humedad (mínimo): 1000 horas ASTM D 2247.
- Nube salina (mínimo); 1500 horas ASTM B 117, pérdida de adhesión \leq 1/8", de película de corrosión \leq 1/16".
- Ultra violeta (mínimo): 500 horas, pérdida de brillo \leq 50% G53.

Espesor (mínimo): según inciso 5.12 de este documento.

**5.13. Características Eléctricas****5.13.1. Frecuencia nominal**

La frecuencia nominal es de 50 Hz para los transformadores del sistema 10.5, 24.9 y 34.5 KV.

La frecuencia nominal es de 60 Hz. para los transformadores del sistema 13.8.

5.13.2. Polaridad, desplazamiento angular

Los transformadores monofásicos para uso en sistemas 10.5, 13.8, 24.9 y 34.5 KV deben tener polaridad sustractiva.

Los transformadores trifásicos para uso en sistemas 10.5, 13.8, 24.9 y 34.5 KV deben tener desplazamiento angular 30° Dyn1.

5.13.3. Pérdidas en vacío y en carga, corriente de excitación y tensión de Corto Circuito a 75 ° C.

Con las tolerancias establecidas por Norma IEC 76 - 1, parte 1 tabla III o la ANSI C 57.12.00. Los valores máximos individuales de pérdidas del lote no deben pasar los valores garantizados por el fabricante.

5.13.4 Tensión aplicada

Deben soportar los siguientes valores especificados en Tabla I:

TABLA I

Sistema (KV)	Transformador	Tensión aplicada (KV)	
		MT	BT
10.5	Monofásico	34	10
10.5	Trifásico	34	10
13.8	Monofásico	34	10
13.8	Trifásico	34	10
24.9	Monofásico	40	10
24.9	Trifásico	50	10
34.5	Monofásico	50	10
34.5	Trifásico	50	10

5.13.5. Tensión inducida

Deben soportar los siguientes valores especificados en la Tabla II

TABLA II

Sistema (KV)	Transformador	Tensión inducida (KV)
10.5	Monofásico	34
10.5	Trifásico	34
13.8	Monofásico	34
13.8	Trifásico	34
24.9	Monofásico	40
24.9	Trifásico	50
34.5	Monofásico	50
34.5	Trifásico	60

**5.13.6 Tensión de Impulso atmosférico**

Deben soportar los siguientes valores especificados en la Tabla III a continuación:

TABLA III

Sistema (KV)	Transformador	BIL (KV) MT
10.5	Monofásico	95
10.5	Trifásico	95
13.8	Monofásico	95
13.8	Trifásico	95
24.9	Monofásico	150
24.9	Trifásico	150
34.5	Monofásico	170
34.5	Trifásico	170

5.13.7. Relación de tensiones

Las relaciones de transformación en todas las derivaciones deben estar entre + - 0.5 %, verificando la polaridad y el grupo de conexión.

5.13.8. Nivel de tensión de Radio Interferencia

Los niveles de radio interferencia producidos por los transformadores no deben exceder los valores indicados en la tabla IV.

TABLA IV

Tensión nominal (KV)	Nivel de Radio Interferencia
10.5	250 μ V
13.8	250 μ V
24.9	650 μ V
34.5	650 μ V

5.13.9. Nivel de ruido

Los niveles de ruido producidos por los transformadores no deben exceder los valores de la Tabla V.

TABLA V

Nivel medio de ruido (dB)	Potencia nominal del Transformador (KVA)
48	Hasta 50
51	De 51 a 100
55	De 101 a 300
56	De 301 a 500

**5.13.10. Corto circuito**

El cálculo de soportabilidad de corriente y la máxima temperatura de la bobina debe ser de acuerdo a la norma ANSI C57.12.00 o IEC 76-5.

5.14. Elevación de temperatura

Los límites de elevación de temperatura del arrollamiento y del aceite aislante por encima de la temperatura del ambiente deben ser:

- a) Media de las bobinas 65°C.
- b) Punto más caliente de las bobinas 80° C.
- c) Aceite aislante (medida próxima a la superficie del líquido) 65° C.

5.15. Aceite aislante

Las características eléctricas, físicas y químicas del aceite aislante deben estar conforme a la norma ASTM 3487. El proveedor entregara un protocolo de ensayos del aceite que se está utilizando en los transformadores del lote que está fabricando, donde certifica las características del mismo. Además entregará una copia de la Hoja de Seguridad (Material Safety Data Sheet – MSDS) emitida por el fabricante del aceite dieléctrico.

Físicas

- Punto de anilina (mínimo-máximo) D 611 : 63 – 84 °C
- Color (máximo) D 1500 : 0,5
- Punto de fulgor (mínimo) D 92 : 145 ° C
- Tensión interfacial a 15 ° C (mínimo) D 971 : 0,04 N/m
- Punto de fluidez (máximo) D 97 : - 15 ° C
- Densidad relativa a 15 ° C (máximo) D 1298 : 0,
- Viscosidad a 40 ° C (máximo) D 445 : 12 cSt
- Viscosidad a 100 ° C (máximo) D 445 : 3 cSt
- Apariencia visual D 1524 : Claro y brillante

Químicas

- Viscosidad a 100 ° C (máximo) D 445 : 3 cSt
- Contenido de antioxidante (máximo) D 4768 : 0,3 %
- Azufre corrosivo D 1275 : No corrosivo Método B
Prueba CCD Método Doble
Concentración DBDS en mg/kg (ppm) (Dibenzyl Disulfide) = No corrosivo
- Contenido de agua (máximo) D 1533 : 25 ppm
- Índice de neutralización (máximo) D 974 : 0,03 mgKOH/g

- Estabilidad a la oxidación a 72 horas D2440
- Índice de neutralización (máximo) 0,5 mgKOH/g
- Masa, precipita (máximo) 0,15 %

- Estabilidad a la oxidación a 164 horas D 2440
- Índice de neutralización (máximo) 0,6 mgKOH/g
- Masa, precipita (máximo) 0,3 %



- Contenido total de PCB (máximo) D 4059 : < 1ppm

Eléctricas

- Contenido de agua (máximo) D 1533 : 25 ppm
- Rigidez dieléctrica D 877 : 50 KV
- Factor de potencia a 25 ° C (máximo) D 924 : 0,06 %
- Factor de potencia a 100° C (máximo) D 924 : 0,4 %

5.16. Masa

Los transformadores de distribución deben ser proyectados de tal forma que, llenos de aceite y con los accesorios exigidos, tengan masa total de 1500 Kg para los transformadores de redes aéreas y 3000 Kg para los transformadores para cabinas.

5.17. Dimensiones

Los transformadores de distribución deben ser proyectados con las siguientes máximas dimensiones:

Transformadores monofásicos:

Tensión KV	Potencia KVA	Altura A (m)	Ancho C (m)	Largo L (m)
15	$P \leq 10$	1.200	0.800	0.900
	$10 < P \leq 37.5$	1.200	0.800	0.900
25 - 35	$P \leq 10$	1.300	0.800	0.900
	$10 < P \leq 37.5$	1.300	0.800	0.900

Transformadores trifásicos:

Tensión KV	Potencia KVA	Altura A (m)	Ancho C (m)	Largo L (m)
15	$P \leq 45$	1.100	1.130	0.720
	$45 < P \leq 150$	1.250	1.350	0.840
	$150 < P \leq 315$	1.350	1.550	0.960
25	$P \leq 45$	1.200	1.160	0.760
	$45 < P \leq 150$	1.320	1.400	0.900
	$150 < P \leq 315$	1.500	1.650	1.080
35	$P < 45$	1.300	1.060	0.760
	$45 < P \leq 150$	1.320	1.400	0.900
	$150 < P \leq 315$	1.550	1.650	1.080

A - Altura incluye bushings y terminales

C – Ancho incluye los radiadores

L – Largo incluye los radiadores

Para transformadores mayores a 315 las dimensiones serán determinadas por el fabricante.



6. ENSAYOS

6.1. Descripción de los ensayos

Descripción de los ensayos: para la comprobación de las características de proyecto, material y mano de obra se practicarán los siguientes ensayos de la Tabla VI:

TABLA VI

Item	Descripción de los ensayos	Rutina	Recepción
1	Inspección general	X	X
2	Tensión aplicada	X	X
3	Tensión inducida	X	X
4	Relación de Transformación	X	X
5	Polaridad	X	X
6	Desplazamiento angular o secuencia de fases	X	X
7	Pérdidas en vacío y corriente de excitación	X	X
8	Pérdidas en carga y tensión de corto circuito a 75 ° C	X	X
9	Resistencia eléctrica de los arrollamientos	X	X
10	Hermeticidad en frío	X	X
11	Tensión soportable de Impulso Atmosférico		X
12	Elevación de temperatura		X
13	Nivel de ruido		X
14	Radio Interferencia		X
15	Corto circuito		X
16	Pintura		X
17	Aceite Aislante		X
18	Resistencia mecánica de los soportes de sujeción		X
19	Resistencia a sobre presión interna		X
20	Hermeticidad a caliente		X
21	Operación de la válvula de alivio de presión		X

6.2. Ejecución de los ensayos

Los ensayos de rutina deberán ser ejecutados en la instalación del fabricante en transformadores completamente montados.

Los ensayos de recepción podrán ser ejecutados en las instalaciones del fabricante o en laboratorios externos de conformidad de CRE, en presencia del inspector de esta empresa.

Durante la ejecución de los ensayos deberán ser observados los siguientes procedimientos:

- a) Los ensayos de recepción Relación de tensiones, Pérdidas en vacío, Pérdidas en carga, Resistencia eléctrica 4, 7, 8 y 9 deberán ser realizados en todas las derivaciones, antes y después del ensayo de corto circuito, en el mismo laboratorio que se realizare el ensayo de cortocircuito.
- b) Si en el ensayo de pérdidas, en vacío y corriente de excitación, las tensiones de los voltímetros de valor medio y valor eficaz difieren de más de 10 % el fabricante deberá levantar la curva de magnetización del núcleo del transformador y la CRE tomara la decisión final en cuanto a la aceptación.



- c) Los ensayos de pintura y aceite aislante en la recepción comprenden todos los indicados en el inciso 6.2.18 y 6.2.19, respectivamente.

6.2.1.- Inspección general

La inspección general comprende realizar las siguientes inspecciones:

- a) Acabamiento, debe cumplir con los requisitos de los ítems 5.12 de esta Especificación Técnica.
- b) Características de fabricación, debe cumplir con los requisitos del ítem 5.1 de esta Especificación Técnica.
- c) Accesorios, debe cumplir con los requisitos del ítem 5.11 de esta Especificación Técnica.
- d) Identificación, debe cumplir con los requisitos del ítem 4.2 y 5.9.3 de esta Especificación Técnica.
- e) Embalaje, debe cumplir con los requisitos del ítem 4.3 de esta Especificación Técnica.
- f) Verificación dimensional, debe cumplir con los requisitos de los diseños previamente aprobados por la CRE.
- g) Zincado, debe ser verificado el acabado de las piezas galvanizadas y la espesura de la camada de zinc, de acuerdo a la ASTM A 153.
- h) Empaquetadura de hermeticidad, debe ser verificado la empaquetadura a la hermeticidad en la unión a compresión.
- i) Estañado de los terminales, debe ser verificada la camada mínima de estaño de 8 μm para cada muestra individual y de 12 μm para la media de las muestras, según ASTM B 545.
- j) Verificación de la parte activa.
- k) Resistencia al momento de torsión a los terminales y pernos de sujeción de la tapa del transformador.

6.2.2. Tensión Aplicada

Para los transformadores el ensayo debe ser ejecutado conforme a la norma IEC 76 -3 o ANSI C 57.12.90, sobre el nivel de tensión de ensayo especificado en la tabla I del inciso 5.13.4; con frecuencia de 50 Hz para los sistemas 10.5, 24.9 y 34.5 KV y 60 Hz para el sistema de 13.8 KV y con tiempo de aplicación de 1 (un) minuto.

6.2.3. Tensión Inducida

Para los transformadores el ensayo debe ser ejecutado en el tap 1 conforme a la norma IEC 76 -3 o ANSI C 57.12.90, sobre el nivel de tensión de ensayo especificado en la tabla II del inciso 5.13.5.

6.2.4. Tensión soportable de Impulso Atmosférico

El ensayo debe ser ejecutado conforme a la norma ANSI C 57.12.90 inciso 10.4, sobre el nivel de tensión de ensayo especificado en la tabla III del inciso 5.13.6. Los ensayos de impulso atmosférico deben ser hechos con polaridad negativa y con impulsos plenos y cortados

En los transformadores trifásicos deben ser aplicados en cada una de las fases y en las tres derivaciones primarias, escogiendo una derivación diferente para cada una de las fases.



El orden de aplicación de los impulsos es el siguiente:

- a) un impulso pleno normalizado con valor reducido
- b) un impulso pleno normalizado con valor especificado
- c) un impulso cortado con valor reducido;
- d) dos impulsos cortados con valor especificado
- e) dos impulsos plenos normalizados con valor especificado

6.2.5. Relación de tensiones

Este ensayo tiene como objeto verificar la proporción que existe entre la tensión primaria y la tensión secundaria respectivamente, o sea la relación de transformación.

6.2.6. Polaridad

Este ensayo es aplicado solamente para los transformadores monofásicos. Los métodos usados para la verificación de la polaridad de los transformadores monofásicos son los siguientes métodos: transformador patrón, golpe inductivo de corriente continua, corriente alternada y el transformador de referencia de relación variable.

6.2.7. Desplazamiento angular y secuencia de fases

Este ensayo es aplicado solamente para los transformadores trifásicos. Para determinar el desfaseamiento angular, levantamos el diagrama fasorial de las tensiones, siendo que para la verificación del mismo utilizamos el osciloscopio y/o el medidor de relación de transformación.

6.2.8. Pérdidas en vacío y corriente de excitación

El ensayo debe ser ejecutado en el tap 3 (nominal) conforme descrito en la norma IEC 76 - 1 o ANSI C 57.12.90.

6.2.9. Pérdidas en carga y tensión de corto circuito a 75 ° C

El ensayo debe ser ejecutado en el tap 3 (nominal) conforme descrito en la norma IEC 76 - 1 o ANSI C 57.12.90.

6.2.10. Resistencia eléctrica de los bobinados

El ensayo debe ser ejecutado de en el tap 3 (nominal) acuerdo a la norma IEC 76 - 1 o ANSI C 57.12.90. Este ensayo no es de aceptación o rechazo, es solamente utilizado como referencia para el ensayo de elevación de temperatura.

6.2.11. Elevación de temperatura

El ensayo debe ser ejecutado en el tap 3 (nominal) de acuerdo a la norma IEC 76 - 2 o ANSI C 57.12.90. Constituye falla elevaciones de temperatura de los arrollamientos y del aceite aislante superiores a los límites especificados en el ítem 5.14.

6.2.12. Hermeticidad a frío

El transformador completamente montado, lleno de aceite y con todos los accesorios debe soportar una presión manométrica de 0.05 MPa (0.5 Kgf/cm²) durante una hora sin presentar evidencia de fugas, caída de presión, deformación, rupturas o desplazamiento de componentes.

Los transformadores antes del embalaje deben ser tendidos a la intemperie durante 24 horas sin presentar evidencias de fugas de aceite.

**6.2.13. Resistencia a sobre presión interna**

El transformador completamente montado, lleno de aceite y con todos los accesorios debe soportar una sobre presión manométrica de 0.07 MPa (0.7 Kgf/cm²) a temperatura ambiente durante una hora sin presentar evidencia de fugas, caída de presión, deformación, rupturas o desplazamiento de componentes.

6.2.14. Hermeticidad a caliente

El transformador completamente montado, lleno de aceite caliente y con todos los accesorios debe soportar una presión manométrica de 0.05 MPa (0.5 Kgf/cm²) durante una hora sin presentar evidencia de fugas, caída de presión, deformación, rupturas o desplazamiento de componentes.

6.2.15. Tensión de radio interferencia

Los ensayos deben realizarse de acuerdo a la norma CISPR 16, ANSI C 57.12.90, constituye falla la identificación de niveles de radio interferencia superiores a los valores indicados en la tabla IV ítem 5.13.8.

6.2.16. Nivel de ruido

Los ensayos deben realizarse de acuerdo a la norma CISPR 16, ANSI C 57.12.90, constituye falla la identificación de niveles de ruido superiores a los especificados en la tabla V ítem 5.13.9.

6.2.17. Corto circuito

El ensayo de capacidad dinámica de soportar corto circuito debe realizarse de acuerdo a la norma IEC 76 -5 o ANSI C 57.12.90. La capacidad térmica de soportar corto circuito debe ser enviada para revisión y demostrada por cálculo conforme la norma ANSI C 57.12.00 o IEC 76-5.

6.2.18. Pintura

Los ensayos de pintura deben ser efectuados de acuerdo a la norma ASTM y comprenden los siguientes ensayos:

- Adherencia (mínima): Grado 5B ASTM D 3359
- Espesor (mínimo): según inciso 5.13 ASTM E 376

6.2.19. Aceite aislante

Los ensayos del aceite aislante deben ser efectuados de acuerdo con ASTM y comprenden los siguientes ensayos:

- Color máximo D 1500 : 0,5
- Tensión interfacial a 15 ° C (mínimo) D 971 : 0,04 N/m
- Densidad relativa a 15 ° C (máximo) D 1298 : 0,91
- Contenido de agua (máximo) D 1533 : 25 ppm
- Índice de neutralización (máximo) D 974 : 0,03 mgKOH/g
- Rigidez dieléctrica D 877 : 50 KV
- Factor de potencia a 100°C (máximo) D 924 : 0,4 %
- Azufre corrosivo D 1275: No corrosivo Método B



6.2.20. Operación de la válvula de alivio de presión

El dispositivo de la válvula de alivio de presión debe ser ensayado montado al tanque. El nivel de aceite debe estar al máximo.

Deben ser efectuadas, como mínimo, cinco por cada característica de operación.

El transformador debe ser considerado aprobado si todas las operaciones estuvieran comprendidas en el rango de operación indicadas en el inciso 5.11.1 f).

6.2.21. Resistencia mecánica de los soportes de fijación

El ensayo deberá ejecutarse conforme al anexo 3.

6.3. Costos de los ensayos

Los costos de los ensayos de rutina (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10) y de recepción (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 20 y 21) en la cantidad solicitada en la Formación de la muestra punto 7.2.2. Correrán por cuenta del proveedor y deberán estar incluidos en los precios de los equipos. Los costos de ensayo de recepción (13, 14, 15 y 19) correrán por cuenta del comprador siempre y cuando el inspector solicite la realización de los ensayos. El vendedor deberá tener Ensayos de Recepción realizados a Transformadores iguales o similares a los fabricados y podrá presentar los protocolos como ensayos de Tipo. Estos ensayos deben ser cotizados en la oferta en un documento separado.



7. INSPECCION ACEPTACION Y RECHAZO

7.1. Ejecución de los ensayos

Toda tramitación o diligencia que CRE deba realizar en relación con tareas de inspección o cualquier otro tipo de actividad en fábrica, se hará por intermedio del proveedor (contratista), único responsable ante CRE por los productos y/o trabajos suministrados

CRE designará inspectores que la representarán ante el proveedor durante la ejecución de pruebas y ensayos que tuvieran lugar. Los inspectores, en adelante la Inspección, estará conformada por agentes de esta cooperativa y/o miembros de una entidad especializada que CRE Designará oportunamente.

Durante la construcción de los transformadores, la Inspección de CRE podrá inspeccionar las distintas etapas y solicitar muestras de los materiales empleados, sin cargo para CRE para su análisis y/o ensayo.

Para la realización de pruebas y ensayos, el proveedor informará a la CRE el cronograma de inspección para la realización de los ensayos de recepción, por lo menos treinta (30) días antes de la iniciación de la misma; indicando la fecha de las pruebas o ensayos a efectuarse para asignar los inspectores y solicitar la documentación pertinente y también pondrá a disposición de la Inspección, todos los elementos, personal, aparatos e instrumentos adecuados, que sean necesarios.

El fabricante deberá enviar el listado del número de serie de la totalidad de transformadores a recepcionar.

El proveedor correrá con los costos adicionales que demande la inspección, cuando esta sea postergada en los siguientes casos:

- Incumplimiento del cronograma de inspección de los ensayos de rutina y de recepción.
- Repetición de los ensayos.

La inspección hará las observaciones que corresponda de acuerdo con los requerimientos del presente pliego, mediante actas que deberán ser refrendadas por el proveedor y el fabricante.

El proveedor deberá suministrar a la Inspección fotocopia legalizada de la documentación de certificación de contraste y precinto de todo el instrumental utilizado, otorgado por Laboratorio Reconocido, cuya validez se admite un año (sin perjuicio de realización de nuevo contraste por parte de la Inspección) de todo o parte del instrumental de medición de las instalaciones en la que se estén fabricando los productos a suministrar.

El periodo para la Inspección debe ser dimensionado por el proveedor, de tal forma que este contenido en los plazos de entrega establecidos en la Orden de Compra.

Todos los ensayos de rutina y recepción podrán repetirse al 100 % de los niveles de tensión y corriente de este documento a solo juicio de CRE en los Laboratorios que esta determine, sin cargo para el proveedor. En todos los casos estos ensayos podrán ser presenciados por un representante del proveedor.

7.2. Formación de la muestra

7.2.1. Para los ensayos de rutina

Los ensayos de rutina 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 de la Tabla VI inciso 6.1 deben ser efectuados por el fabricante durante la producción y envuelve a todas las unidades del lote.



7.2.2. Para los ensayos de recepción

Para los ensayos de inspección general, Polaridad, Desplazamiento angular o secuencia de fase, Pérdidas en vacío, Pérdidas en carga, Resistencia eléctrica 1, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 de la tabla VI inciso 6.1 deben ser efectuados sobre la cantidad de unidades que resulte de aplicar la fórmula "raíz cúbica de N", siendo N el número de transformadores correspondientes a cada lote de iguales características constructivas, potencia y tensión. En caso que dicho número resulte fraccionario se tomará el número más próximo.

Para el ensayo de hermeticidad en frío, ítem 10 de la tabla VI, debe ser efectuado sobre la cantidad de unidades que resulte de aplicar la fórmula "2 x raíz cúbica de N" ($2\sqrt[3]{N}$), siendo N el número de transformadores correspondientes a cada lote de iguales características constructivas, potencia y tensión. Además, en este ensayo se verificará el torque de apriete de accesorios (Tapa de cuba, Tapa de abertura de inspección, terminal de bushings, válvula de alivio, cambiador de tap, etc.) garantizados por el fabricante en las especificaciones de diseño.

Los ensayos de tensión aplicada, tensión inducida y Relación de Tensiones; 2, 3 y 4 de la tabla VI inciso 6.1 deben ser efectuados al 100 % del lote. Los ensayos de relación de tensiones 4, deben realizarse además en todas las tomas del conmutador.

Los ensayos Tensión soportable de Impulso 11, de la tabla VI inciso 6.1 deben ser efectuados a (2) unidades de tipo monofásico y a (2) unidades de tipo trifásico y los ensayos de resistencia mecánica de los soportes a fijación a poste 18, de la tabla VI inciso 6.1 deben ser efectuados a (1) unidad de tipo monofásico y a (1) unidad de tipo trifásico.

El ensayo de elevación de temperatura 12 de la tabla VI inciso 6.1 se realizará a (1) unidad del lote.

Los ensayos de pintura, aceite aislante, resistencia a sobre presión interna 16, 17 y 19 de la tabla VI inciso 6.1 deben ser efectuados a (3) tres unidades de cada entrega, seleccionada aleatoriamente de o los lotes sobre inspección de diferentes características constructivas, potencia y tensión.

Los ensayos de nivel de ruido, radio interferencia, corto circuito, , hermeticidad a caliente, operación de la válvula de alivio de presión 13, 14, 15, , 20 y 21 de la tabla VI inciso 6.1 deben ser efectuados a (1) una unidad de cada entrega, seleccionada aleatoriamente de o los lotes sobre inspección de diferentes características constructivas, potencia y tensión.

La formación de la muestra es para cada lote de entrega.

Nota: En cada inspección de recepción, se deberá disponer la apertura de 1 equipo monofásico y/o 1 equipo trifásico, para verificar la parte activa, conexiones y elementos de sujeción. Los costos asociados a esta inspección, deberán estar considerados en los precios ofertados.

7.3. Aceptación y rechazo para los ensayos de recepción

a) Aceptación

La aceptación del lote por la CRE o su representante, no invalida cualquier posterior reclamación que la CRE pueda hacer debido a transformadores defectuosos y no eximirá al proveedor de su responsabilidad de proveer el material en plena conformidad con la orden de compra o contrato y con esta especificación.



b) Rechazo

El rechazo del lote, en virtud de las fallas constatadas a través de las inspecciones y de los ensayos, de conformidad con la orden de compra, contrato o esta especificación, no exime al fabricante de su responsabilidad en proveer el material en los plazos estipulados.

Si el rechazo volviera impracticable el plazo de entrega de la fecha contractual, o todo indica que el contratado es incapaz de satisfacer los requisitos exigidos, la CRE se reserva el derecho de rescindir todas sus obligaciones y adquirir el material de otra fuente, siendo el proveedor considerado como infractor del contrato y sujeto a penalidades.

7.3.1. Criterios para aceptación y rechazo de los ensayos de recepción

Para los ensayos de inspección general, Relación de tensiones, Polaridad, Desplazamiento angular o secuencia de fase Pérdidas en vacío, Pérdidas en carga, Resistencia eléctrica, Hermeticidad, Tensión soportable de impulso atmosférico 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11 de la tabla VI si uno de los especímenes no cumple el ensayo se hará un segundo muestreo de doble cantidad que el primero. Si de la suma de ambos muestreos, dos o más especímenes no cumplieran con el ensayo, como así también en el primer muestreo fallará más de un espécimen, se procederá al ensayo de la totalidad de la partida, con separación y rechazo de los especímenes fallados.

Para los ensayos de tensión aplicada y tensión inducida 2 y 3 de la tabla VI, las unidades que fallarán serán rechazadas, debiendo ser substituidas por otras que también serán sometidas a ensayos con el mismo criterio de aceptación.

Ensayo de elevación de temperatura, nivel de ruido, radio interferencia, corto circuito, pintura, aceite aislante, resistencia mecánica de los soporte de sujeción a poste, resistencia a sobre presión interna, hermeticidad a caliente, operación de la válvula de presión 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20 y 21 de la tabla VI, en caso de falla de una unidad de la muestra ensayada, todo el lote está rechazado, sin embargo mediante la presentación por parte del fabricante, de informe técnico indicando las causas de fallas y las medidas tomadas para corregirlas, podrá ser realizado un nuevo ensayo, de esta vez a cinco unidades no siendo permitido ninguna falla o contraprueba.



8. GARANTIAS Y RECEPCIONES

8.1. Garantía de calidad

Los transformadores y todos sus componentes y accesorios serán garantizados durante un período de dos (2) años a contar de la fecha de Recepción Conforme, que tendrá lugar a los treinta (30) días de recibido el material en Almacenes de CRE, y luego de verificar que se encuentra en perfectas condiciones de funcionamiento.

La Recepción Definitiva se opera automáticamente al vencimiento del plazo de garantía de calidad, siempre y cuando el comportamiento de cada unidad haya sido plenamente satisfactorio.

Los transformadores que presentan fallas durante el periodo de garantía, imputables a defectos de fabricación, de materiales, daños de transporte o vicios ocultos serán reemplazados por otros equipos enteramente nuevos.

La notificación sobre los transformadores que presenten fallas, se realizará mediante comunicación escrita al vendedor. Si dentro de los sesenta (60) días corridos de calendario no se hubiera efectuado el reemplazo del transformador dañado, se ejecutará inmediatamente la boleta de garantía de calidad y correcto funcionamiento, por su monto total, manteniéndose la garantía y responsabilidad del Vendedor sobre los demás transformadores que posteriormente resulten con fallas.

Los transformadores retirados del servicio por fallas, serán devueltos al vendedor en los Almacenes de CRE del Parque Industrial.

8.2. Recepciones

8.2.1. Recepción provisional

CRE considerará Recepción Provisional un plazo de treinta (30) días corridos a partir del acopio de la totalidad de la partida en sus Almacenes, acompañada por la totalidad de los protocolos individuales de ensayos, firmados por el fabricante.

La CRE realizará los ensayos de rutina al 100% de los niveles de tensión y corriente de esta Especificación sobre la cantidad de unidad que resulte de aplicar la fórmula raíz cúbica de N, siendo N el número de transformadores correspondientes a cada lote de iguales características constructivas, potencia y tensión. En caso que dicho número resulte fraccionario, se tomará el entero más próximo.

Si uno de los especímenes no cumple los ensayos, se hará un segundo muestreo de doble cantidad que el primero. Si de la suma de ambos muestreos dos o más especímenes no cumplieran con los ensayos, como así también en el primer muestreo fallará más de un espécimen se rechazará el lote.

Los transformadores que presenten fallas deberán ser reemplazados por otros equipos enteramente nuevos.

8.2.2. Recepción Conforme

De no haber ocurrido reclamos vía escrita o por e-mail o el medio que CRE considere oportuno, durante la Recepción provisional, se operará inmediatamente la Recepción Conforme.

De haber ocurrido reclamos durante la Recepción Provisional, la Recepción Conforme operará a partir del momento en que hayan quedado solucionados todos los inconvenientes que dieran lugar a los reclamos mencionados.



8.2.3. Recepción Definitiva

La Recepción Definitiva se opera automáticamente al vencimiento del plazo de garantía de calidad, siempre y cuando el comportamiento de cada unidad haya sido plenamente satisfactorio

8.3. Documentación

El fabricante entregará con cada uno de los transformadores un informe certificado de ensayo, indicando el número de serie del equipo, los ensayos aplicados a esa unidad con sus resultados y el valor de las pérdidas medidas. Además, entregara un documento técnico que certifique que el aceite aislante es libre de PCB y libre de Azufre corrosivo.

Así mismo, en cada lote de entrega el fabricante debe entregar la planilla de carga masiva de transformadores al SIGECOM debidamente llenada, los datos deben estar ordenados por posición de pedido de manera ascendente y número de serie correlativo. La planilla será proporcionada por CRE de forma digital en formato Excel.



9. EVALUACION DE PERDIDAS EN LOS TRANSFORMADORES

Para fines de comparación entre ofertas, los precios de los transformadores técnicamente aceptables serán modificados para incluir el valor capitalizado de las pérdidas en vacío y en carga según la siguiente ecuación:

$$C = (\text{Precio de oferta}) + A (\text{Pérdidas en Vacío}) + B (\text{Pérdidas en carga})$$

Donde:

C = Costo de evaluación que será el costo de comparación entre ofertas

Precio de oferta = Precio del transformador, en las condiciones de esta especificación, expresado en dólares americanos.

Pérdidas en vacío = Nivel de pérdidas garantizadas para la prueba de energización sin carga en voltaje nominal, expresados en vatios.

Pérdidas en carga = Nivel de pérdidas garantizadas para la prueba de tensión en cortocircuito, expresados en vatios.

A = Valor capitalizado de un vatio de pérdidas en vacío = \$US 3.09

B = Valor capitalizado de un vatio de pérdidas en carga = \$US 1.69

Valores de pérdidas del Sistema Integrado.

Los valores máximos de pérdidas en vacío y en carga son los siguientes:

Potencia KVA	Pérdidas (W)	
	En vacío	En carga
5	36	130
10	61	220
15	84	300
25	124	450
30	142	510
37.5	169	600
45	189	675
50	210	750
75	287	1050
112.5	390	1350
150	486	1650
225	664	2250
300	826	3000
315	867	3150
400	1028	3600
500	1219	4500
750	1660	6000
1000	2068	7000



10. CAPACITACION EN MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES

En caso de que el oferente presente transformadores de distribución con devanados de aluminio, debe considerar un curso de capacitación y formación con prácticas para la soldadura de este material, montaje de parte activa, conexión, bobinado y fijación de bobinas, para el personal técnico del Taller de Transformadores.

De igual forma, si hubiese algún mejoramiento de la tecnología de materiales (núcleos, papel aislante, sistema de refrigeración, aisladores, etc.), el oferente debe hacer conocer y capacitar al personal de CRE RL en el mantenimiento, tomando en cuenta las futuras intervenciones de reparación, cuando presenten algún tipo de falla.

Presentar el tiempo necesario con el cronograma de ensayos.

11. COSTO DE INSPECCION EN FÁBRICA

Los costos de inspección en Fábrica para realizar los ensayos de recepción correrán por cuenta del proveedor y deberán ser incluidos y presentados en la oferta económica de forma separada, considerando los siguientes costos:

- Pasaje aéreo de ida y vuelta para dos personas, con los impuestos y tasas aeroportuarios incluidos; desde Santa Cruz de la Sierra - Bolivia hasta el lugar de ubicación de la fábrica o a la ciudad con aeropuerto internacional más cercana.
- El transporte del aeropuerto más cercano hasta el hotel y viceversa.
- Seguro de viaje (tipo Assist Card o equivalente) para los inspectores según los días que se encuentren viajando desde el día de salida y hasta la llegada a Santa Cruz.
- Transporte terrestre, del hotel hasta la fábrica, ida y vuelta, los días que dure la inspección.
- Hospedaje para dos personas por los días acordados según cronograma de inspección en un hotel con clasificación mínimo de 3 estrellas. Habitaciones separadas.
- Viáticos para dos personas por los días acordados según cronograma de inspección, a ser entregados a los inspectores en Santa Cruz-Bolivia, por el representante o como se acuerde antes de realizar el viaje a fábrica.
- El viatico diario dependerá del lugar donde se llevarán a cabo los ensayos, siendo:
América Latina \$us 120, Europa \$us 180, Asia \$us 240, o en moneda local al tipo de cambio oficial, por persona.

Para una cantidad menor o igual a 50 transformadores, la inspección es realizada por un inspector, debiendo contar con los mismos gastos indicados.

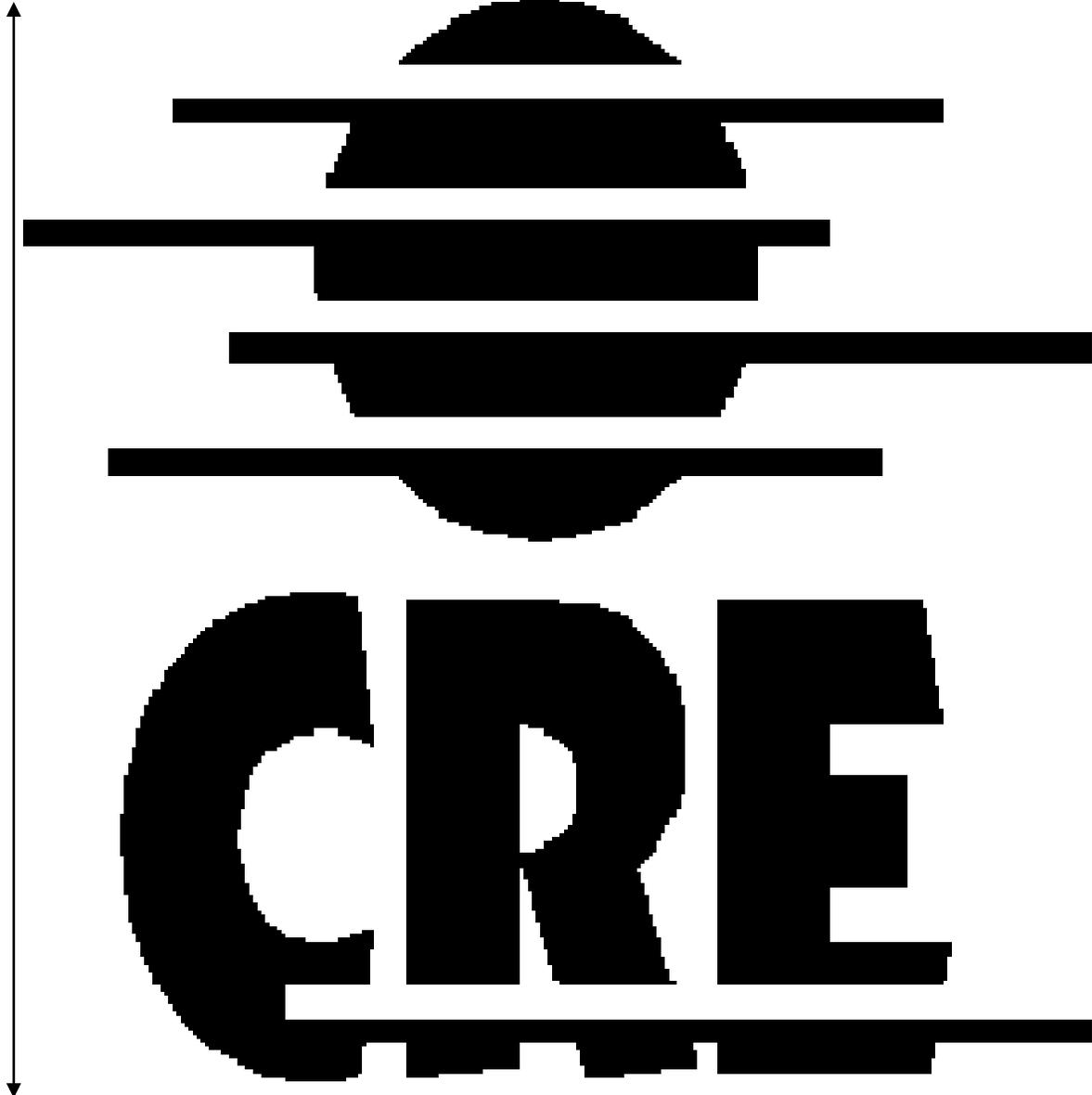
Estos costos serán prorrateados en el monto total de adjudicación de los transformadores y serán parte de la evaluación económica.

La CRE definirá si se realizara la inspección en fabrica presencial o se realizará la inspección vía ZOOM.



ANEXO 1.

15,50 cm

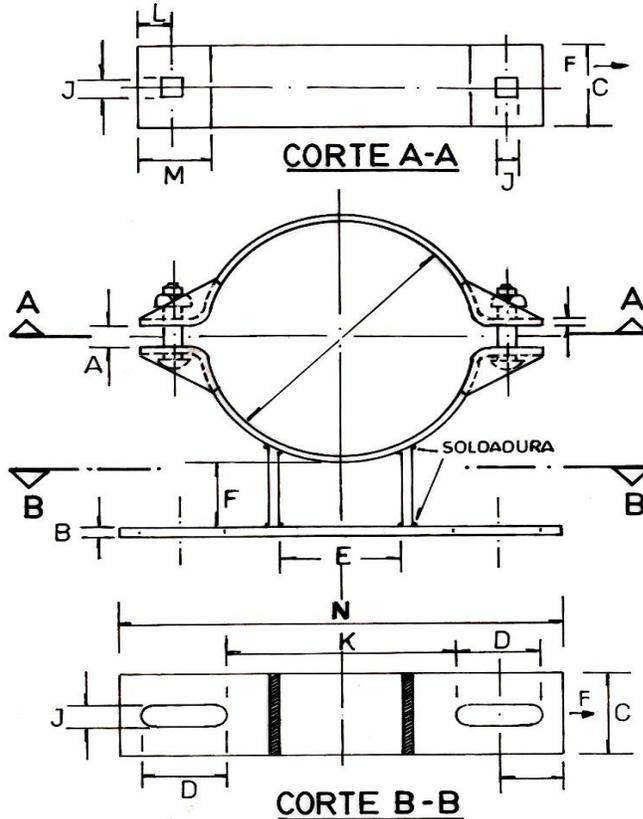




ANEXO 2

ABRAZADERA PARA TRANSFORMADOR

NTCRE 001/16



Diámetro		COD CRE
mm	Pulg	
203.2	8"	12
228.6	9"	13

TABLA I

Dimensiones	A	B	C	D	E	F	J	K	L	M	N
mm	19.5	9.5	76.2	50.8	101.6	60.3	17.4	209.5	25.4	50.4	355.6
pulgadas	3/4"	3/8"	3"	2"	4"	2 3/8"	11/16"	8 1/4"	1"	2"	14"

1.- OBJETIVO

Esta especificación padroniza las dimensiones y establece las condiciones generales y específicas de la abrazadera para soporte de transformador a ser instalado en las redes aéreas de distribución.

2.- NORMAS

ASTM A 153, ASTM A 123, ASTM A 576 y ANSI C 135.1.

3.- CONDICIONES GENERALES**3.1.-Identificación**

Debe ser estampado en el cuerpo de cada pieza de forma legible e indeleble, en cada mitad de la abrazadera en la superficie externa el nombre o marca del fabricante y el diámetro nominal en mm.

3.2.- Condición de utilización

La abrazadera objeto de esta padronización son para apoyo rígido de transformadores conforme a las normas de montaje de redes de distribución.

**3.3.- Acabamiento**

La abrazadera debe presentar superficie continua e uniforme, evitándose aristas cortantes o cualquier otra imperfección. La abrazadera debe venir acompañada de dos pernos de coche 5/8"x3" (16x76 mm) con tuercas.

4.- CONDICIONES ESPECÍFICAS**4.1.- Material**

Acero carbono, grado 1010 o 1020 laminado, conforme ASTM A 576.

4.2.- Protección superficial

La abrazadera debe ser revestida de zinc por el proceso de inmersión en caliente, conforme a la norma ASTM A 153.

4.3.- Espesor camada de zinc

El espesor de la camada de zinc para las abrazaderas para transformador debe de ser 71 micras

4.4.- Características técnicas**4.4.1- Características mecánicas**

La abrazadera correctamente instalada en el poste, debe resistir la carga mínima de ruptura de $F = 3000$ dN, carga de tracción de $F = 1500$ dN con flecha residual máxima de 20 mm (3/4") y un torque de 7 dN.m en las tuercas de los pernos.

5.- INSPECCIONES

Los ensayos métodos de ensayos, criterios de aceptación o rechazo deben estar de acuerdo con las respectivas normas y/o documentos complementarios citados en el ítem 5.1 y 5.2.

5.1.- Formación de la muestra

La formación de la muestra se realizará de acuerdo a esta especificación técnica de "Herrajes y accesorios", (Introducción).

5.2.- Ensayos

Los ensayos a realizar están detallados en la tabla II:

TABLA II

Ítem	Descripción
1	Visual
2	Dimensional
3	Tracción
4	Espesura de zinc
5	Adherencia de zinc
6	Masa de zinc

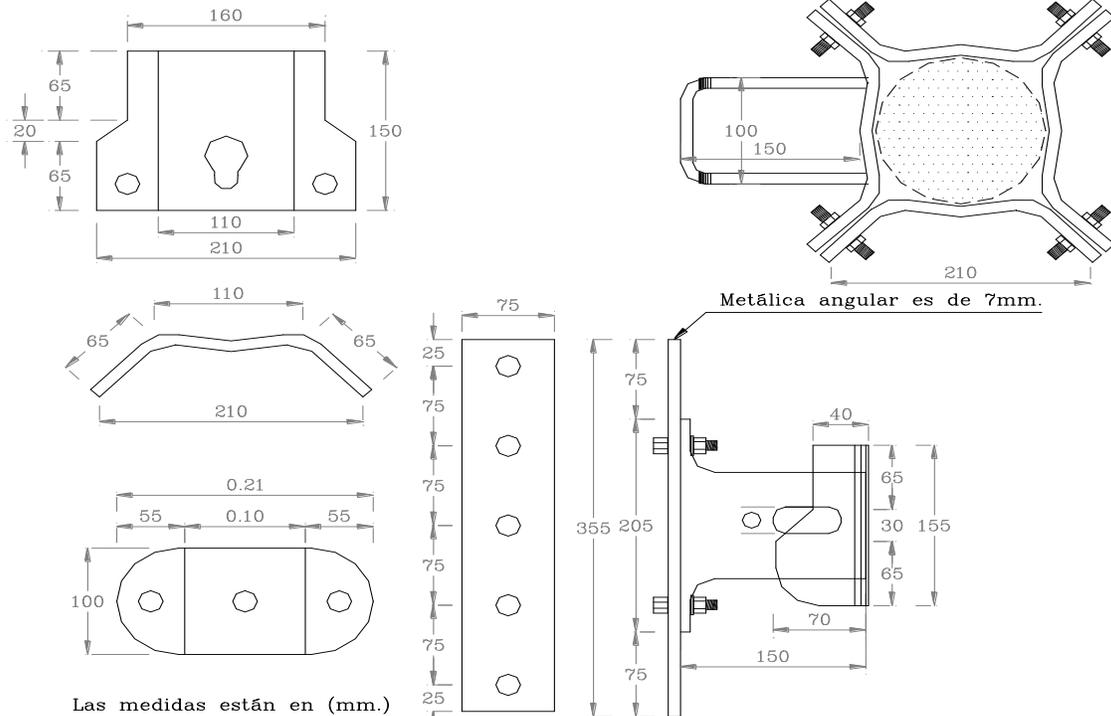
5.3.- Embalaje

El embalaje se realizará amarrando firmemente en 2 o 3 puntos, 10 unidades entre sí.



ANEXO 2
ABRAZADERA BRACKET PARA
TRANSFORMADOR MONOFASICO

NTCRE 001 / 41



CODIGO CRE

14

1.- OBJETIVO

Esta especificación padroniza las dimensiones y establece las condiciones generales y específicas de la abrazadera para soporte de transformador monofásico a ser instalado en las redes de distribución aérea.

2.- NORMAS

ASTM A 153, ASTM A 123, ASTM A 576 y ANSI C 135.1.

3.- CONDICIONES GENERALES**3.1.-Identificación**

Debe ser estampado en el cuerpo de cada pieza de forma legible e indeleble, en la superficie externa, el nombre o marca del fabricante.

3.2.- Condición de utilización

La abrazadera objeto de esta padronización son para la instalación de transformadores monofásicos en postes.

3.3.- Acabamiento

La abrazadera debe presentar superficie continua e uniforme, evitándose aristas cortantes o cualquier otra imperfección. La abrazadera debe venir acompañada de un bracket para soportar el



transformador, cuatro segmentos, cuatro pernos total roscado con tuercas, cuatro pernos de coche con tuercas y una plancha metálica.

4.- CONDICIONES ESPECÍFICAS

4.1.- Material

La abrazadera bracket debe ser de acero carbono grado 1010 o 1020 laminado, conforme ASTM A 576.

4.2.- Protección superficial

La abrazadera debe ser revestida de zinc por el proceso de inmersión en caliente, conforme a la norma ASTM A 153.

4.3.- Espesor camada de zinc

El espesor de la camada de zinc para abrazadera bracket debe de ser de 71 micras.

4.4.- Características técnicas

4.4.1- Características mecánicas

La abrazadera correctamente instalada en el poste, debe resistir la carga mínima de ruptura de $F = 3000$ dN, carga de tracción de $F = 1500$ dN con flecha residual máxima de 20 mm (3/4") y un torque de 7 dN.m en las tuercas de los pernos.

5.- INSPECCIONES

Los ensayos métodos de ensayos, criterios de aceptación o rechazo deben estar de acuerdo con las respectivas normas y/o documentos complementarios citados en el ítem 5.1 y 5.2.

5.1.- Formación de la muestra

La formación de la muestra se realizará de acuerdo a esta especificación técnica de "Herrajes y accesorios", (Introducción).

5.2.- Ensayos

Los ensayos a realizar están detallados en la tabla II:

TABLA II

Ítem	Descripción
1	Visual
2	Dimensional
3	Tracción
4	Flexión
5	Torque
6	Espesura de zinc
7	Adherencia de zinc
8	Masa de zinc
9	Precce

5.3.- Embalaje

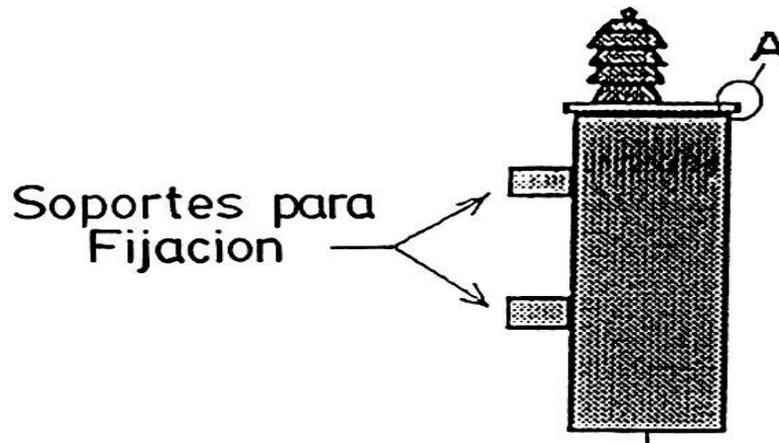
El embalaje se realizará entregando la abrazadera completamente montada.



ANEXO 3

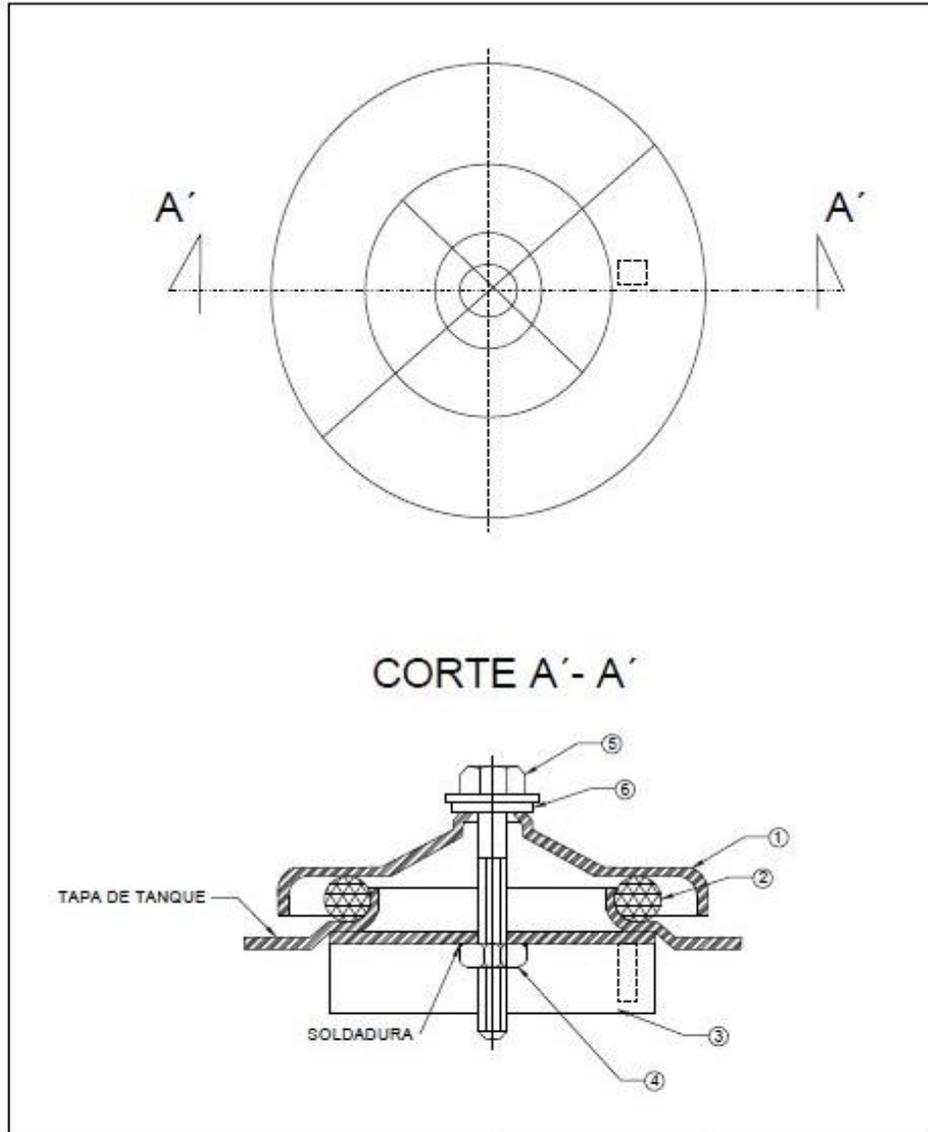
Ensayo de verificación de resistencia mecánica de los soportes de sujeción de los transformadores.

- Debe ser realizado en unidades según lo descrito en el punto 7.2.2 **Para los ensayos de recepción**, los ensayos de resistencia mecánica de los soportes a fijación a poste (18), de la tabla VI inciso 6.1 deben ser efectuados a (1) unidad monofásica y a (1) unidad de tipo trifásico.
- Se debe fijar el transformador completo con todos sus accesorios (Cuba, parte activa, aceite, bushings, tapas, etc.), utilizando los soportes de fijación, según el dibujo abajo, empernado a un punto fijo en una columna o pared resistente para la prueba y simulando la instalación en un poste. Señalar y fijar un punto A, paralela o al nivel de la superficie superior del transformador, sin tocar a éste.
- Aplicar gradualmente al transformador una fuerza (F) hasta alcanzar el 50% del peso total del transformador (P) ($F=0,5 \times P$) señalado y verificado en un dinamómetro, durante 5 minutos.
- Después de retirada la carga verificar que el punto A señalado y fijo; no debe tener una variación mayor a 2 mm en el sentido de aplicación de carga y no debe tener fisuras o rupturas en los soportes de fijación del transformador.





ANEXO 4
Tapa de abertura de Inspección



N° de Pza.	Denominación	Material	Dimensiones
1	Tapa de Inspección		
2	Junta Cilíndrica	Nitrilo	
3	Traba	Acero $\frac{3}{16}$ "	23 x 42 x 150
4	Tuerca Hexagonal		
5	Perno de fijación		M12
6	Arandela	Polipropileno	$\varnothing 12 / 26 \times 3.2$



Cooperativa Rural de Electrificación

**TRANSFORMADOR DE
DISTRIBUCIÓN AÉREO****ESPECIFICACIÓN
TÉCNICA
NTCRE 006/01****HOJA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS****FORMULARIO B-1****FABRICANTE:****TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION _____ FASICO****POTENCIA NOMINAL : _____ KVA****INSTALACION : _____****TENSIONES PRIMARIAS : _____****TENSIONES SECUNDARIAS: _____****HOJA
Nº 1**

DESCRIPCION

PROPUESTA

MARCA DEL TRANSFORMADOR

MODELO O TIPO DEL FABRICANTE

NORMA

DISEÑO	Vistas principales del transformador mostrando la localización de los componentes y accesorios, dimensiones, distancias y el peso total de la unidad		Diseño N°										
	Placa de identificación, con dimensiones y material utilizado		Diseño N°										
	Conmutador externo con dimensiones, detalles de fijación y características técnicas		Diseño N°										
	Diseño esquematizando en planta el corte del conjunto núcleo-embobinado, indicando el material utilizado y detalles		Diseño N°										
	Diagrama de conexiones		Diseño N°										
	Bushing de Alta y Baja tensión		Diseño N°										
	Detalles de los accesorios de los transformadores		Diseño N°										
	Embalaje		Diseño N°										
CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS	Frecuencia Hz												
	Tensiones nominales primarias / secundarias (V)												
	Grupo de conexión, desplazamiento angular / polaridad												
	Tensión máxima de operación (V)												
	Nivel de aislamiento (KV)	Tensión soportable Nominal	Onda plena (Valor de Cresta)	Alta tensión					Baja tensión				
			Onda plena reducida (Valor de cresta)										
		Imp. Atmosf.											
	Tensión soportable nominal a frecuencia industrial durante 1 minuto al valor eficaz RMS												
	Tensión inducida al valor eficaz RMS												
	Elevación temp. C°	De embobinados											
		Del aceite aislante											
	Pérdidas (W)	En vacío, en la derivación nominal											
		En carga, en la derivación nominal a 75 ° C											
	Corriente de excitación, en la derivación nominal (%)												
	Impedancia a 75 ° C %												
	Tensión de corto circuito a 75°C % en base de _____ KVA, en relación _____ / _____ KV												
	Nivel de Radio Interferencia (µV) / Tensión de ensayo (V)												
	Nivel de ruido (dB)												
	Resistencia eléctrica de bobinas primaria / secundaria (ohm)												
	Regulación (%)	Factor de potencia de carga igual a 0.8 a 75° C											
Factor de potencia de carga igual a 1 a 75° C													
Rendimiento (%)	Factor de potencia de carga		0.8				1.0						
	% de la potencia nominal		25	50	75	100	25	50	75	100			
Rendimiento													

**SUBGERENCIA DE REDES
ELECTRICAS****06/2025
Rev. No. 17****HOJA Nro. 36 de 37**



HOJA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

FORMULARIO B-1

FABRICANTE:

TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION _____ FASICO

POTENCIA NOMINAL : _____ KVA

TENSIONES PRIMARIAS : _____

INSTALACION : _____

TENSIONES SECUNDARIAS: _____

HOJA
Nº 2

		DESCRIPCION	PROPUESTA			
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	Núcleo	Tipo / Peso (Kg)				
	Bobina	Material (Cobre o Aluminio)	BT =	MT =		
	Bushing	Media Tensión (KV)				
		Baja Tensión (KV)				
	Accesorios	Dispositivo de aterramiento				
		Orejas de suspensión				
		Soporte para fijación a poste				
		Estructura de apoyo				
		Valvula de alivio de presión (Características Técnicas)				
		Indicador de nivel de aceite interno				
		Conmutador Externo (Características Técnicas) Posiciones 5 + - 2 x 2.5 %				
	Espesor de la chapa del radiador (mm)					
	Aceite	Marca y tipo				
	Aislante	Volumen litros				
	Pintura	Inter	Espesor/color			
		Ext.	Tinta del fondo/espesor			
			Espesor/color			
	Masa total del transformador (Kg)					
Dimensiones maximas del transformador (mm)		Altura =	Ancho =	Largo =		
Ensayo valores garantizado	Hermeticidad a frío (valor duración)					
	Resistencia sobre presión (Valor duración)					
	Hermeticidad a caliente (valor duración)					
	Corto	Corriente aplicada/tiempo				
	Circuito	Máxima temperatura				

Lugar y Fecha

Firma y sello