

COOR-DID-SE-TEC-ET-040-AIS-K-00001

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE
TRANSFORMADORES Y
AUTOTRANSFORMADORES DE PODER

GERENCIA DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE LA RED

Departamento de Ingeniería y Diseño

CONTROL DOCUMENTAL

APROBADO POR

Revisión	Aprobado por	Cargo
1	Ximena Andrade Sagal	Subgerenta de Ingeniería y Proyectos

REVISADO POR

Revisión	Revisado por	Cargo
1	Nelson Urdaneta Alcala	Ingeniero Especialista Departamento de Ingeniería y Diseño

REALIZADO POR

Revisión	Realizado por	Cargo
1	Victor Wefer Pirela	Ingeniero Especialista Departamento de Ingeniería y Diseño
1	Sebastian Acevedo Galarce	Ingeniero Especialista Departamento de Ingeniería y Diseño

REGISTRO DE CAMBIOS

Fecha	Autor	Revisión	Descripción del Cambio
31-12-2020	Coordinador	1	Actualización
31-01-2020	Coordinador	0	Aprobado
31-05-2019	Coordinador	0	Aprobado
04-09-2018	Coordinador	B	Emitido para Aprobación de Jefatura
24-07-2018	Coordinador	A	Documento para Revisión Interna

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	GENERAL	4
2	NORMAS	4
3	REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS GENERALES	5
3.1	TANQUE PRINCIPAL, RADIADORES Y CONSERVADOR DE ACEITE	5
3.1.1	Tanque Principal	5
3.1.2	Radiadores.....	5
3.1.3	Conservador de Aceite.....	6
3.2	EQUIPO DE ENFRIAMIENTO	6
3.3	BUSHINGS.....	6
3.4	ACCESORIOS DEL TRANSFORMADOR O AUTOTRANSFORMADOR	7
3.5	CAMBIADOR DE DERIVACIONES	7
3.5.1	Cambiador de Tomas Bajo Carga	7
3.6	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE	9
3.7	TERMINALES DE PUESTA A TIERRA	9
3.8	PINTURA.....	10
3.9	ACEITE	10
3.10	PÉRDIDAS.....	10
3.11	REQUERIMIENTOS PARA EVITAR LA CORROSIÓN	11
3.12	INSTRUMENTOS.....	11
3.13	CAJA DE CONTROL Y ALAMBRADO	12
3.14	ACCESORIOS DE LOS VENTILADORES	13
3.15	PLACAS DE CARACTERÍSTICAS.....	13
3.16	NIVELES DE RUIDOS PERMITIDOS	13
4	PRUEBAS	13
4.1	PRUEBAS DEL ACEITE.....	13
4.2	PRUEBAS DEL TRANSFORMADOR O AUTOTRANSFORMADOR.....	13

1 GENERAL

Esta especificación establece los requerimientos técnicos generales y particulares a ser considerados en el diseño, fabricación, pruebas, ensamble y todo lo que corresponda al suministro de Transformadores de Poder y Autotransformadores de Poder, desde 66 kV hasta 500 kV, de sus componentes y accesorios para nuevas subestaciones que serán conectadas al Sistema de transmisión.

Las disposiciones establecidas en esta especificación deberán ser consideradas al momento de realizar la adquisición del equipo, instalación, pruebas y funcionamiento.

2 NORMAS

A continuación, son señaladas las principales normas que deberán ser aplicadas al diseño de transformadores y autotransformadores:

- ANSI: American National Standards Institute.
- IEEE: Institute of Electrical and Electronic Engineer.
- IEC: International Electrotechnical Commission
- NEMA: National Electrical Manufacturer's Association.
- AISI: American Iron and Steel Institute.
- ASME: American Society of Mechanical Engineers
- ASTM: American Society for Testing and Materials.
- AWS: American Welding Society.
- ISA: Instrument Society of America.
- NFPA: National Fire Protection Association.
- UL: Underwriter's Laboratories.
- NESC: National Electrical Safety Code.
- NEC: National Electrical Code.
- ICEA: Insulated Cable Engineers Association.
- INN: Instituto Nacional de Normalización (Chile).
- SEC: Superintendencia de Electricidad y Combustible.
- IEC 60076: Power Transformer.
- IEC 60137: Insulated bushings for alternating voltages above 1 000 V.
- DIN 42508:2009-08 Transformers - Oil-immersed power transformers from 3150 kVA up to 80000 kVA and U_m up to 123 kV, Edition 2009-08.
- NCH 2369: Diseño sísmico de estructuras e instalaciones industriales.
- NTSyCS: Norma técnica de seguridad y calidad de servicio, versión diciembre 2019.
- IEEE Std 693: Recommended practice for seismic design of substations.
- IEEE Std C57.12.00-2015: Standard for General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers.





En caso de que se presenten contradicciones en lo establecido entre algunas de las normas a ser aplicadas, se deberá seleccionar la más exigente.

3 REQUERIMIENTOS CONSTRUCTIVOS GENERALES

3.1 TANQUE PRINCIPAL, RADIADORES Y CONSERVADOR DE ACEITE

3.1.1 Tanque Principal

El tanque, la tapa, los radiadores y el conservador de aceite deberán estar diseñados y contruidos para resistir, sin deformación permanente alguna, las fuerzas producidas por:

-  Izado mediante estrobos durante el transporte.
-  Izado del transformador completo mediante gatos o estrobos.
-  Secado de las partes activas y llenado con aceite del transformador bajo vacío (presión inferior a 1 mmHg).
-  Las condiciones sísmicas indicadas en el Título 3-2 Artículo 3-3 de la NTSyCS versión diciembre 2019.

El tamaño del tanque y la altura máxima del transformador o autotransformador de Poder, desde el nivel del suelo hasta el tope del bushing de AT y BT, así como la separación entre las partes vivas expuestas al aire y la ubicación relativa y orientación de estos bushing en las paredes del tanque del equipo, deberán estar conforme a lo indicado en las normas internacionales.

3.1.2 Radiadores

Los radiadores, serán de construcción sólida, galvanizados por inmersión en caliente. Todos los radiadores serán desmontables e intercambiables entre sí y se podrán retirar con el transformador en servicio, para tal efecto el diseño del equipo deberá contemplar las correspondientes válvulas de separación y cáncamos para izaje.

Los radiadores estarán adosados a la cuba del transformador y deberán resistir los ensayos de presión y vacío especificados para la cuba. Tendrán tapones en la parte superior e inferior para llenado y drenaje.

Los radiadores deberán ser del tipo auto drenaje con saliente roscado en tubería de bronce con tapón para drenaje y purga. Cada radiador deberá estar provisto con las facilidades necesarias a fin de facilitar su levantamiento con grúa.

Los tubos de los radiadores deberán ser fácilmente accesibles para inspección visual, limpieza y reparaciones de pintura sin que sea necesario retirar los radiadores del tanque de los transformadores.

Los radiadores deberán tener válvulas de acoplamiento y tapones para drenar el aceite.

Los radiadores y demás accesorios deberán ser contruidos para soportar el vacío absoluto y condiciones de presión especificadas para el tanque principal.

Los radiadores deberán ser completamente accesibles para las labores de limpieza y pintura y deberán ser diseñados para prevenir la acumulación de agua en su superficie.

3.1.3 Conservador de Aceite

El sistema de conservación del aceite de la cuba principal del transformador será por medio de un tanque de expansión que, mediante membrana o con colchón de nitrógeno, excluya el contacto directo entre el aceite y el aire exterior; su volumen será adecuado a la contracción y dilatación del aceite total del transformador.

El sistema de conservador de aceite deberá soportar las presiones que se originen en los ensayos de presión de la cuba, y su diseño permitirá efectuar fácilmente su limpieza interior.

El sistema de conservación del aceite del cambiador de tomas bajo carga será por medio de un tanque de expansión independiente al tanque de expansión de la cuba principal o adosado a éste, con cámara de aire en contacto con la atmósfera a través de un sistema secador con silica gel, con trampa de aceite.

3.2 EQUIPO DE ENFRIAMIENTO

El sistema de enfriamiento del transformador o autotransformador será ONAN/ONAF. El sistema de enfriamiento constará de tres (3) etapas:

- ✚ La primera etapa de funcionamiento (ONAN) deberá ser alcanzada con enfriamiento natural, sin uso de ventiladores.
- ✚ La segunda y tercera etapa de funcionamiento (ONAF1 y ONAF2), deberán ser alcanzadas con ventilación forzada a través de ventiladores (ONAF), en dos etapas independientes, éstas serán accionadas por dispositivos de detección de temperatura del punto más caliente de los enrollados.

El sistema de enfriamiento incluirá todos los ventiladores apropiados. Así mismo incluirá todas las válvulas, equipos de control, cableado y otros materiales necesarios para cada etapa de enfriamiento.

El sistema de enfriamiento será equipado con suficientes ventiladores para alcanzar las potencias continuas referidas sin exceder su incremento de temperatura nominal, aun teniendo dos ventiladores que se encuentren indisponibles por mantenimiento. Así mismo, el equipo deberá ser capaz de entregar su potencia nominal, en servicio continuo, al voltaje nominal durante los siguientes 30 minutos a la parada total de los dos grupos de ventiladores, sin exceder su incremento de temperatura nominal.

El sistema de enfriamiento en conjunto se diseñará para cumplir con los niveles de ruido solicitado en esta especificación.

El sistema de enfriamiento deberá ser suministrado con lógica para alternar los grupos de ventiladores.

3.3 BUSHINGS

Todos los bushings deberán ser de cerámica (procesamiento de porcelana anisado ligero, se aceptará siliconado de los bushings), homogéneos, libres de defectos, color gris RAL 7038 o marrón RAL 8017, de un solo cuerpo, diseñados y contruados conforme con la normativa internacional vigente. Sin perjuicio de lo anterior los Bushings podrán ser Poliméricos. Los bushings de igual diseño y nivel de tensión deberán ser intercambiables entre ellos mismos.

Todos los aisladores incluyendo el de neutro poseerán un terminal de tipo perno cilíndrico de aleación de cobre para las conexiones externas.

Los bushings deberán ser fijados al tanque por medio de pernos en su base, y de igual forma, sus conexiones internas serán apernadas.

Todos los aisladores serán tipo exterior, uso intemperie, montados sobre la cubierta del transformador o autotransformador, tipo condensador, sellados con papeles impregnados en aceite, llenos de aceite y provistos con indicador de nivel de aceite. La capacidad de corriente no será menor al 120% de la corriente nominal del transformador según IEC 60137.

Estos aisladores deberán ser diseñados para permitir, de manera independiente, realizar pruebas eléctricas a los devanados del transformador y los aisladores.

Todos los aisladores del tipo capacitivo serán provistos de una toma capacitiva disponible para efectuarles pruebas de capacitancia y aislamiento, además de disponer de facilidades para conectar dispositivos de potencial, entre ellos un equipo de monitoreo en línea para registrar las condiciones del aislador.

Los valores de las capacitancias y factor de potencia de C1 y C2 de todos los bushings deberán ser troquelados en sus placas.

El suministro deberá incluir todos los bushings (aisladores pasatapas), aún en el caso que éstos sean de un Proveedor distinto al del equipo.

Para los bushings de alta tensión serán aceptables montajes inclinados en ángulos de hasta 30° desde la vertical, a condición de que la resistencia sísmica indicados por la NTSyCS versión diciembre 2019 y los requerimientos de estabilidad especificados se cumplan también con los bushings bajo tal condición.

Se deberá proporcionar un certificado de la fábrica que suministra las porcelanas para bushing de alta tensión, mediante el cual se garantice el valor estadístico del esfuerzo de ruptura del aislador con su brida.

Para los bushings de media tensión además se deberá considerar la conexión a través de ductos de barra cuando la ingeniería o la obra lo requiera.

3.4 ACCESORIOS DEL TRANSFORMADOR O AUTOTRANSFORMADOR

Se deberá proporcionar los antecedentes de las empresas que suministren los accesorios del transformador o autotransformador que no sean de su propia fabricación (bushing, cambiador de tomas, relés Buchholz, imágenes térmicas).

3.5 CAMBIADOR DE DERIVACIONES

El transformador o autotransformador deberá contar con cambiador de tomas bajo carga y sin carga (cuando corresponda). Su sistema de conservación de aceite deberá disponer, preferentemente, de un tanque de expansión independiente.

3.5.1 Cambiador de Tomas Bajo Carga

El transformador o autotransformador de Poder estará provisto de un cambiador automático de tomas bajo carga (CTBC), para regular el voltaje y estará ubicado convenientemente en el lado de alta tensión para transformadores o autotransformadores con nivel de tensión nominal inferior o igual a 200 kV y en lado de baja tensión para transformadores o autotransformadores con nivel de tensión nominal superior a 200 kV,

además, las derivaciones para los cambiadores de tomas bajo carga deberán ser de $\pm 8 \times 1,25\%$, o las derivaciones definidas por los transformadores o autotransformadores existentes en la subestación que quedan conectados en paralelo con éste, igualando sus características. Se debe contemplar mando y dispositivos apropiados para el funcionamiento en paralelo con otra unidad, de ser necesario según la ingeniería de detalle.

Cada una de las tomas por debajo del voltaje nominal, deberá tener la capacidad para manejar no menos de 125% de la potencia ONAF/ONAF. Durante las pruebas en fábrica, antes del embarque del equipo, se deberán probar estas capacidades.

Se deberá suministrar un CTBC con tecnología que incluya como medio de interrupción aceite dieléctrico del tipo resistivo o botellas al vacío del tipo resistivo o reactivo. En caso de utilizarse aceite dieléctrico como medio de interrupción se deberá suministrar un filtro que permita la limpieza y lubricación del sistema, minimizar los niveles de agua en el aceite, aumentando así los niveles de rigidez dieléctrica del aceite y minimizar el mantenimiento de este.

El mecanismo CTBC deberá poder ser conmutado, de operación Manual o Automática, en forma Local y Remota. Para la función Remota, el equipo deberá contar con un dispositivo de recepción y envío de estados y comandos remotos (duplicados en analógico y digital), que permitan la visualización de la posición del Tap, tanto en el cuarto de control como en el despacho de remoto. Además, deberá contar con los bloqueos necesarios para evitar su operación incorrecta. Para la visualización de la posición del tap y la ejecución de comandos en el cuarto de control, se deberá suministrar aparte los dispositivos necesarios para estas funciones. El protocolo de comunicación de las señales digitales deberá ser preferentemente IEC 61850.

El cambiador de tomas bajo carga deberá contar con la protección contra acumulación y sobrepresión de gases, que tendrá una etapa de alarma y otra de disparo.

Todos los sensores, relés y otros dispositivos tales como el “Voltage Regulator Relay” y el “Impedance Line Drop Compensator”, necesarios para la operación del CTBC deberán ser considerados como parte del suministro y deberán estar instalados en paneles montados a un lado del transformador o autotransformador, tipo intemperie con grado mínimo de protección IP 65, según IEC y aislado eléctricamente de la cuba del equipo. Igual consideración deberá preverse para alojar al motor de accionamiento del CTBC. De igual forma, deberá incluir el sistema “Cross Current Compensator System” para evitar las corrientes reactivas circulantes como consecuencia de su funcionamiento en “Paralelo” con otro transformador de similares características técnicas.

Todos los sensores, relés y otros equipos necesarios para la operación del CTBC deberán ser suministrados e instalados en el gabinete de control del cambiador de tomas, el cual es diferente y está ubicado aparte del gabinete de control del transformador o autotransformador.

El cambiador de tomas será provisto de una placa de identificación con letras y diagramas grabados. Ésta será fabricada en acero inoxidable y contendrá por lo menos, la siguiente información: fabricante, tipo de mecanismo, frecuencia, corriente máxima permitida, número de posiciones, año de fabricación y período entre mantenimientos.

El mecanismo CTBC, deberá poder ser operado por un operario parado al nivel de la base del transformador o autotransformador de poder.

El cambiador de tomas deberá incluir conjuntos de contactos que efectuarán la conmutación, mecanismo selector de tomas, limitador de corriente, motor, accesorios de control manuales, llave de inversión o transferencia, relés auxiliares y todo otro accesorio que sea requerido para su operación satisfactoria.

Todos los elementos del conmutador se ubicarán de manera accesible. El dispositivo de corte de corriente (Diverter Switch) se instalará en un tanque con aceite, independiente al de la cuba del transformador, aun cuando físicamente estará incluido dentro de ésta. El aceite será de iguales características a las del transformador.

El CTBC dispondrá de accesorios tales como: relé de flujo con contacto para desenganche, indicador de nivel de aceite, válvula de alivio de presión, medios para el llenado y vaciado, acceso adecuado para inspección y mantenimiento y muestreo del aceite. Para esta última actividad se proveerán facilidades que permitan tomar la muestra de aceite a una altura no superior a 1,20 m medidos desde la base del equipo.

El proceso de cambio de tomas deberá efectuarse de modo que asegure que los contactos del selector no cierren o interrumpan la corriente de circulación o de carga.

Se deberán proveer calefactores para evitar condensación dentro del gabinete. Tendrá un sistema de calefacción permanente y otro de control automático regulable e interruptores para mando manual.

Contará con un mecanismo de conexión paso a paso de modo que no pueda cambiarse más de un escalón por cada impulso de la botonera de comando y un dispositivo que asegure el cambio completo de escalón, con señalización de regulación en curso e indicación local de la posición del cambiador de tomas.

El cambiador de tomas bajo carga deberá contar con la protección contra acumulación y sobrepresión de gases. Esta protección deberá tener contactos independientes para las funciones de alarma y disparo, directamente en VCC.

El cambiador de tomas contará con un dispositivo de desconexión del motor por fin de carrera para ambos sentidos de avance y dispondrá de indicación para esta operación. También deberá desconectar el motor de accionamiento por inversión de fases.

3.6 TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

En caso de que sea necesaria la utilización de transformadores de corriente tipo bushings para imagen térmica u otro requerimiento, tanto en el lado de alta tensión como en el de media tensión, estos deberán cumplir con las especificaciones técnicas de los transformadores de corriente ET-037-K-001.

3.7 TERMINALES DE PUESTA A TIERRA

Dos terminales conectores tipo prensa, de acero inoxidable, para conexión del transformador a la malla de puesta a tierra. Cada uno de estos terminales se soldará en la arista derecha inferior, de cada frente ancho del estanque del transformador.

Cada terminal estará conformado por dos placas, una soldada al transformador y otra libre unida con 4 pernos a la primera, de modo que como mínimo, permitan aprensar entre ellas dos cables paralelos calibre # 4/0 AWG, cada uno.

3.8 PINTURA

Todas las superficies del tanque y componentes mayores deberán recibir una completa limpieza con chorro de arena y un tratamiento anticorrosivo, antes de ser pintados, la pintura de terminación del equipo será epóxica color gris RAL 7038.

Se proveerá un galón adicional de pintura, por cada transformador, para retoques, una vez instalado los equipos.

3.9 ACEITE

Se deberá suministrar el aceite aislante necesario para el normal funcionamiento del transformador o autotransformador de poder, indicando la cantidad de aceite en litros que se requiere para el llenado del equipo.

El aceite dieléctrico por utilizar en los Transformadores de Poder debe ser fabricado según normas IEC 60076-14, IEC 60296:2012 y ASTM D3487 - 16, puede ser de base nafténica con inhibidores de oxidación o a base de fluidos ésteres. No se aceptará aceites con Policlorine bifenyl (PCB).



Se deberá garantizar que no se producirá degradación u oxidación de los materiales internos del transformador con el uso del aceite especificado.

El llenado de aceite del transformador o autotransformador para su puesta en operación comercial forma parte del suministro, es decir, el aceite requerido para el primer llenado del transformador forma parte del suministro del equipo.

3.10 PÉRDIDAS

Las pérdidas totales de un transformador serán la suma de las pérdidas sin carga y las pérdidas bajo carga. Las pérdidas de ventiladores, bombas de aceite, radiadores, y otros equipos auxiliares no deberán ser incluidas como parte de las pérdidas totales.

Para transformadores de Poder clase I y II, las temperaturas de referencia para efectos de determinar las perdidas serán las siguientes:

-  Pérdidas con carga 85 °C.
-  Pérdidas sin carga 20 °C.

Asimismo, las pérdidas máximas admisibles, a voltaje y potencia nominal, para la construcción de los transformadores o autotransformadores de poder deberán estar en concordancia con la siguiente tabla:

Pérdidas Totales Admisibles en Función de la Potencia																	
5	7,5	10	12	15	16	20	25	30	37,5	50	60	75	90	100	150	200	250
1,02%	0,81%	0,70%	0,65%	0,60%	0,58%	0,54%	0,50%	0,47%	0,44%	0,40%	0,39%	0,36%	0,35%	0,34%	0,31%	0,29%	0,28%

En función de la tabla anterior y de los valores correspondientes a las pruebas en fábrica (FAT) de los transformadores de poder, se deberá cumplir con las siguientes tolerancias:

- Las pérdidas sin carga de un transformador o autotransformador no excederán las pérdidas especificadas por más del 10 %.
- Las pérdidas totales de un transformador o autotransformador no excederán las pérdidas especificadas por más del 6 %.
- Para los componentes tales como, ventiladores, bombas de aceite, radiadores y otros equipos auxiliares las pérdidas totales no excederán las pérdidas especificadas por más del 15%.

Es importante destacar que los valores máximos admisibles para las pérdidas totales a plena carga expresados en función de la potencia en MVA mostrados en la tabla anterior, y las tolerancias antes descritas forman parte de los criterios de aceptación de los transformadores o autotransformadores de poder.

3.11 REQUERIMIENTOS PARA EVITAR LA CORROSIÓN

Con el fin de evitar la corrosión, todos los elementos deberán cumplir con los siguientes requisitos:

Los pernos, tuercas y arandelas de hierro o acero serán galvanizados por el proceso de inmersión en caliente y deberán cumplir con las Normas ASTM A153, A143 y B6 última edición. Se usará zinc de la calidad "Intermediate" o superior, de acuerdo con la tabla N°1 de la Norma ASTM B6, con un contenido de aluminio inferior a 0,005%.

Para evitar la corrosión galvánica que se presenta en la zona de materiales diferentes en contacto, deberán proveerse combinaciones de metales o aleaciones que no produzcan una diferencia de potencial galvánico superior a 0,6 V (excepto elementos bimetálicos).

Los elementos de aluminio a la intemperie deben ser anodizados según normas de países de la Unión Europea o de Estados Unidos de Norteamérica.

Además del galvanizado mencionado anteriormente y dependiendo del ambiente en el cual serán instalados los equipos. Excepto los terminales de conexión eléctrica y las superficies de contacto principales, toda otra superficie metálica deberá ser protegida con revestimientos anticorrosivos.

3.12 INSTRUMENTOS

Los instrumentos que se suministren con el transformador o autotransformador deberán ser herméticos al polvo y al agua incidente desde cualquier dirección. Además, deberán ser insensibles a las vibraciones originadas por el servicio o por sismos. Los contactos de los instrumentos no podrán ser de mercurio (Hg).

Todos los instrumentos indicadores deberán poder leerse desde la base del transformador en servicio.

Los indicadores tipo dial, la rueda del cambiador de derivaciones etc., deberán estar agrupadas en el lado de baja tensión del transformador para fácil acceso y mantenimiento. Ninguno de estos elementos deberá sobresalir más allá del área determinada por la superficie de los radiadores. Todos los indicadores que queden a más de dos (2) m del suelo, deberán tener sus caras inclinadas hacia abajo en un ángulo de 30° de la vertical. Los pozos para los termómetros de bulbo o flotadores de los indicadores de nivel de aceite deberán estar fuera del estanque principal para no requerir su retiro al desmontar el transformador.

Se deberán considerar como mínimo dos (2) contactos NA tipo seco para enviar las señales de trip y dos (2) contactos NA tipo seco para alarmas, aptos para ser monitoreados por el sistema Scada. Los

transformadores o autotransformadores como mínimo y sin limitarse a ellos, deben poseer los siguientes equipos:

- Relé Buchholz.
- Válvula de Sobrepresión.
- Termómetros para medir temperatura de arrollados.
- Termómetros para medir temperatura de aceite.
- Indicadores de nivel de aceite.
- Equipos de monitoreo (opcional).

3.13 CAJA DE CONTROL Y ALAMBRADO

Todos los alambrados para conexiones externas se concentrarán en una caja de conexiones (mínimo con protección IP 54), montada en un costado del lado de BT de los transformadores o autotransformador a una altura entre 1,0 y 1,5 m del piso, que tendrá salida de ductos por su parte inferior por medio de una tapa removible apernada con empaquetadura. Además, estará aislado del tanque principal mediante elementos flexibles que no transfieran la vibración del tanque principal y dispondrá de conectores para su puesta a tierra individual.

Deberán proveerse calefactores de 220 V, 50 Hz, 1Ø, con control automático dentro del gabinete de control, según corresponda.

Los alambrados de control serán con cable calibre N° 14 AWG, como mínimo, y serán de conductor cableado de cobre clase B, con aislación 600 V.

Sus alambrados de fuerza serán con cable N° 12 AWG como mínimo, conductor de Cu, 90°C, aislación 600 V.

Todas las conexiones de salida y los contactos no utilizados de los relés auxiliares deberán llegar a un block de terminales del tipo apernado.

El alambrado desde los transformadores de corriente deberá llegar a regletas con bornes del tipo cortocircuitables.

Cada conductor deberá estar identificado con etiquetas plásticas o mediante cualquier otro medio igualmente efectivo. Los cables estarán identificados en sus extremos mediante marcas indelebles de fibra o metal no ferroso y no corroíble.

El equipo tendrá una barra común para tierra hecha de cobre (aprox. 15 x 4 mm), en la cual se conectarán todos los conductores de tierra.

Los ductos y cajas intermedias de alambrado entre elementos serán de fierro galvanizado, con sus conexiones debidamente selladas.

Los conductores serán continuos de extremo a extremo, no presentarán uniones intermedias.

3.14 ACCESORIOS DE LOS VENTILADORES

Los ventiladores para la refrigeración forzada deberán contar con contactos secos disponibles, 2 NA + 2 NC, que permitan sensar a distancia la partida y detención de estos.

3.15 PLACAS DE CARACTERÍSTICAS

Se deberá incluir un juego de placas de características en español. El material de las diversas placas que se solicitan en estas cláusulas será acero inoxidable. Las placas serán elaboradas de acuerdo con la norma IEC 60076-1 o IEEE C57.12.00 según corresponda.

3.16 NIVELES DE RUIDOS PERMITIDOS

La fabricación del suministro deberá considerar lo establecido en las normas IEC o IEEE mencionadas en el título anterior.

4 PRUEBAS

Se deberán realizar todas las pruebas indicadas en la norma IEC 60076:2011 para la fabricación del equipo y sus componentes, y aquellas a las cuales estas hacen referencia.

El FABRICANTE debe realizar el armado completo del transformador en fábrica para así desarrollar todas las pruebas correspondientes.










Las pruebas de recepción del transformador deberán incluir los siguientes tipos de pruebas: pruebas mecánicas, pruebas de los accesorios y pruebas eléctricas del transformador.

4.1 PRUEBAS DEL ACEITE

Las pruebas indicadas se efectuarán en los lotes de tambores especificados, en el caso que el suministro se efectúe por medio de tanques flexibles, las pruebas indicadas se realizarán de acuerdo con volúmenes equivalentes a la cantidad de tambores.

4.2 PRUEBAS DEL TRANSFORMADOR O AUTOTRANSFORMADOR

Las pruebas de los transformadores o autotransformadores de poder según sea el caso, deberán estar en concordancia con la norma IEC 60076:2011 ó IEEE C57.12.00-2015, las cuales como mínimo debe incluir lo siguiente:

-  Mediciones de resistencia óhmica de los devanados.
-  Relación de transformación.
-  Polaridad.
-  Factor de potencia de la aislación y de los bushings.
-  Resistencia de aislación de los devanados.
-  Aislación del núcleo del transformador.
-  Corriente de excitación.
-  Pérdidas.
-  Medición de impedancias de secuencia.

- Elevación de temperatura.
- Descargas parciales.
- Pruebas de impulso atmosférico e impulso de maniobra.
- Pruebas de nivel de ruido.
- Pruebas de estanqueidad.
- Pruebas físico-químicas del aceite a suministrar.
- Pruebas al sistema de control (ventilación, cambiador de tomas, entre otros).