



---

Gerencia de Sector Estudios y Proyectos  
Área Trasmisión

---

# **PARTE III**

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS**

### **REACTORES**

## Índice

<b>1</b>	<b>Objeto .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Condiciones de servicio.....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Normas y documentación técnica.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Tensiones auxiliares.....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Características en relación al diseño e instalación .....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Valores nominales .....</b>	<b>9</b>
<b>6.1</b>	<b>Reactor de línea tipo I .....</b>	<b>9</b>
<b>6.2</b>	<b>Reactor de línea tipo II .....</b>	<b>11</b>
<b>7</b>	<b>Límites de elevación de temperatura .....</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>Soportabilidad a los esfuerzos del cortocircuito .....</b>	<b>13</b>
<b>9</b>	<b>Frecuencia.....</b>	<b>13</b>
<b>10</b>	<b>Características técnicas, constructivas y funcionales.....</b>	<b>14</b>
<b>10.1</b>	<b>Tanque principal.....</b>	<b>14</b>
10.1.1	Constructivo general.....	14
10.1.2	Esfuerzos mecánicos .....	14
10.1.3	Accesorios.....	15
10.1.4	Tratamiento de superficies .....	16
<b>10.2</b>	<b>Núcleo .....</b>	<b>24</b>
<b>10.3</b>	<b>Arrollamientos.....</b>	<b>25</b>
10.3.1	Consideraciones de diseño .....	25
10.3.2	Materiales constructivos .....	25
<b>10.4</b>	<b>Tanque de expansión del aceite .....</b>	<b>26</b>
<b>10.5</b>	<b>Radiadores.....</b>	<b>27</b>
<b>10.6</b>	<b>Aisladores pasantes .....</b>	<b>28</b>
<b>10.7</b>	<b>Transformadores de corriente tipo bushing.....</b>	<b>30</b>
<b>10.8</b>	<b>Paneles de comando.....</b>	<b>31</b>
10.8.1	Características constructivas de los paneles.....	31
10.8.2	Señales de disparo, alarmas y medidas.....	32
<b>10.9</b>	<b>Dispositivos de medida y protección .....</b>	<b>34</b>
10.9.1	Dispositivos de medida.....	34

10.9.2 Dispositivos de protección.....	36
<b>10.10 Aceite.....</b>	<b>37</b>
<b>10.11 Repuestos .....</b>	<b>38</b>
<b>11 Instancia de Revisión del Diseño .....</b>	<b>39</b>
<b>12 Servicios.....</b>	<b>48</b>
12.1 Ensayos en fábrica.....	48
12.1.1 Ensayos de rutina.....	49
12.1.2 Ensayos de tipo.....	53
12.2 Preparación para embarque.....	53
12.3 Embalaje y embarque .....	55
12.4 Transporte .....	57
12.4.1 Ensayo SFRA.....	58
12.4.2 Registradores de impacto.....	59
12.5 Supervisión de montaje.....	61
<b>13 Tolerancias.....</b>	<b>61</b>
<b>14 Documentación Técnica.....</b>	<b>62</b>
14.1 A presentar en la propuesta de suministro .....	62
14.2 A presentar luego de aprobado el proveedor.....	62
<b>15 Tabla de datos garantizados.....</b>	<b>64</b>
15.1 Reactor líneas tipo I .....	65
15.2 Reactor de línea tipo II.....	67
<b>REACTORES DE NEUTRO.....</b>	<b>69</b>
<b>16 Características en relación al diseño e instalación .....</b>	<b>69</b>
<b>17 Valores nominales .....</b>	<b>70</b>
<b>18 Aisladores pasantes.....</b>	<b>71</b>
<b>19 Transformadores de corriente tipo bushing .....</b>	<b>72</b>
<b>20 Ensayos .....</b>	<b>72</b>
<b>21 Consideraciones adicionales .....</b>	<b>72</b>
21.1 Accesorios.....	72
21.2 Tratamiento de superficies.....	73
21.3 Aceite .....	73
<b>22 Preparación para embarque, embalaje y transporte.....</b>	<b>73</b>

23	Repuestos .....	74
24	Tabla de datos garantizados reactores de neutro .....	74

## 1 Objeto

Las presentes Especificaciones Técnicas se aplican al diseño, fabricación, ensayos, embalaje, transporte y descarga en sitio de los siguientes reactores de línea monofásicos (“Shunt Reactors”), los cuales se conectarán de modo de formar un banco trifásico, y respectivos reactores de neutro para aterramiento (“Neutral-Earthing Reactor”):

### Reactor de línea Tipo I

8 (ocho) reactores de línea monofásicos:

	Reactor	Secundario
<b>MVA</b>	$\frac{35}{3}$	$\frac{2}{3}$
<b>kV<sub>rms</sub></b>	$\frac{500}{\sqrt{3}}$	$\frac{31.5}{\sqrt{3}}$

### Reactor de línea Tipo II

7 (siete) reactores de línea monofásicos:

	Reactor
<b>MVA</b>	$\frac{50}{3}$
<b>kV<sub>rms</sub></b>	$\frac{500}{\sqrt{3}}$

### Reactor de neutro

5 (cinco) reactores de neutro:

<b>Impedancia (<math>\Omega</math>)</b>	1350
<b>Corriente de operación continua (A)</b>	12

El contratista proveerá todos los suministros, servicios y documentación indicados en estas Especificaciones, bien como todo lo no explícitamente mencionado en estas Especificaciones, pero necesario para el correcto funcionamiento de los equipos.

## **2 Condiciones de servicio**

Estará de acuerdo con la sección 4.2 “Normal service conditions” de la norma IEC 60076-1, adicionalmente, se considerará:

- Nivel de polución III (Heavy) según IEC 60071-2

## **3 Normas y documentación técnica**

A los efectos del diseño, fabricación y ensayos de los reactores y sus accesorios principales, se considerarán las últimas ediciones de las siguientes normas y documentos técnicos:

- IEC 60076-1 Power Transformers – Part 1: General
- IEC 60076-2 Power Transformers – Part 2: Temperature rise for liquid-immersed transformers
- IEC 60076-3 Power Transformers – Part 3: Insulation levels, dielectric test and external clearances in the air
- IEC 60076-4 Power Transformers – Part 4: Guide to the lightning and switching impulse testing – Power transformers and reactors
- IEC 60076-5 Power Transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit
- IEC 60076-6 Power Transformers – Part 6: Reactors
- IEC 60076-10 Power Transformers – Part 10: Determination of sound level

- IEC 60076-11 Power Transformers – Part 11: Dry-type transformers
- IEC/TS 60076-19 Power transformers – Part 19: Rules for the determination of uncertainties in the measurement of the losses on power transformers and reactors
- IEC 61869-1 Instrument transformers - Part 1: General Requirements for Instruments Transformers.
- IEC 61869-2 Instrument transformers- Part 2: Additional Requirements for Current Transformers.
- IEC 60137 Insulated bushings for alternating voltages above 1000 V
- IEC 61936 Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules
- IEC 60296 Fluid for electrotechnical applications. Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear
- IEEE Std 1538-2000 IEEE Guide for Determination of Maximum Winding Temperature Rise in Liquid-Filled Transformers
- IEEE C57.93-1995 “IEEE Guide for Installation of Liquid-Immersed Power Transformers”
- IEEE C57.21-2008 “IEEE Standard requirements, terminology, and test code for shunt reactors rated over 500 kVA”
- Technical Brochure N° 659 de Cigre “Transformer Thermal Modelling”
- Technical Brochure N° 655 de Cigre “Technology and Utilization of Oil-Immersed Shunt Reactors”

## 4 Tensiones auxiliares

Los reactores serán previstos para las siguientes tensiones auxiliares:

C.A. 400V entre fases y 230V fase-neutro, 50 Hz

D.C. 125 (+10% / -15%)

## REACTORES DE LÍNEA

### 5 Características en relación al diseño e instalación

Los reactores serán sumergidos en aceite mineral, del tipo reactancia fija, para instalación a la intemperie, en las condiciones ambientales indicadas más adelante, enfriados por circulación natural de aire y aceite (ONAN), con núcleo del tipo columnas ("Core-Type") con entrehierros ("Gapped-Core").

Algunas de las características particulares que deberán tenerse en cuenta son:

- Los reactores deberán tener un comportamiento Volt-Ampere lineal hasta un 130% del valor de la tensión máxima de operación, dentro de la tolerancia establecida por la IEC 60076-6.
- Los límites de elevación de temperatura especificados son 5 grados más exigentes a lo recomendado por la norma IEC 60076-2.
- La amplitud de la vibración máxima pico a pico a la tensión máxima de operación en cualquier punto de las paredes del tanque o tapa no podrá superar los 100  $\mu\text{m}$ .
- El ensayo de tensión inducida de larga duración (IVPD) con medida de descargas parciales, se realizará de acuerdo al numeral 11.3 de la Norma IEC 60076-3:2013, y el nivel máximo admisible de descargas parciales será de 150 pC con un nivel de fondo máximo de 50 pC.
- Los reactores de línea deberán soportar los efectos derivados de la presencia de una sobretensión temporaria a frecuencia fundamental entre terminales de 613 kV<sub>pico</sub> durante 2 segundos.



## 6 Valores nominales

### 6.1 Reactor de línea tipo I

Reactor		
Potencia nominal ONAN	MVAr	35/3
Tensión nominal de operación ( $U_r$ )	kV <sub>rms</sub>	$500/\sqrt{3}$
Tensión máxima de operación ( $U_{max}$ y $U_m$ )	kV <sub>rms</sub>	$550/\sqrt{3}$
Frecuencia nominal	Hz	50
Nivel de aislación a impulso atmosférico: Fase Neutro	kV cresta	1550 325
Nivel de aislación a impulso de maniobra: Fase	kV cresta	1300
Nivel de aislación a 50 Hz Fase Neutro	kV <sub>rms</sub>	680 140
Comportamiento Volt-Ampere lineal (% $U_{max}$ )	%	130
Máximas pérdidas a tensión, corriente y frecuencia nominal, y a una temperatura de 75°C.	kW	54
Conexión del banco		Y
Distancia mínima entre aislador pasante fase 500 kV y otros aisladores pasantes	mm	3875
Distancia mínima entre aislador pasante neutro y aisladores pasantes del secundario MT	mm	788
Nivel de ruido	dB	79
Impedancia primario-secundario a 75°C y potencia base 30/3 MVAr	%	$27 \pm 10\%$
Aterramiento del neutro (a través del reactor de neutro)	$\Omega$	1350

<b>Secundario</b>		
Potencia nominal	kVA	2000/3
Tensión nominal	kV <sub>rms</sub>	$31.5/\sqrt{3}$
Tensión máxima de operación	kV <sub>rms</sub>	$36/\sqrt{3}$
Nivel de aislación, onda de rayo	Fase Neutro	kV cresta
Nivel de aislación a 50 Hz	Fase Neutro	kV <sub>rms</sub>
Distancia mínima entre aisladores pasantes	mm	320
Conexión del banco		Y

## 6.2 Reactor de línea tipo II

Reactor		
Potencia nominal ONAN	MVAr	50/3
Tensión nominal de operación ( $U_r$ )	$kV_{rms}$	$500/\sqrt{3}$
Tensión máxima de operación ( $U_{max}$ y $U_m$ )	$kV_{rms}$	$550/\sqrt{3}$
Frecuencia nominal	Hz	50
Nivel de aislación a impulso atmosférico:		
Fase	kV cresta	1550
Neutro		325
Nivel de aislación a impulso de maniobra:		
Fase	kV cresta	1300
Nivel de aislación a 50 Hz		
Fase	$kV_{rms}$	680
Neutro		140
Comportamiento Volt-Ampere lineal (% $U_{max}$ )	%	130
Máximas pérdidas a tensión, corriente y frecuencia nominal, y a una temperatura de 75°C.	kW	65
Conexión del banco		Y
Distancia mínima entre aislador pasante fase 500 kV y otros aisladores pasantes	mm	3875
Nivel de ruido	dB	79
Aterramiento del neutro (a través del reactor de neutro)	$\Omega$	1350

## 7 Límites de elevación de temperatura

Los reactores de línea estarán diseñados para llevar la corriente asociada a la tensión máxima de operación con una frecuencia comprendida entre 49.8 Hz y 50.2 Hz.

Los límites de las elevaciones de temperatura serán los siguientes:

Límite de elevación de temperatura para el líquido aislante (top-oil)	°K	55
Límite de elevación de temperatura media de los devanados medida por resistencia	°K	60
Límite de elevación de temperatura máxima (hot-spot) de los devanados	°K	73
Límite de elevación de temperatura para las partes del circuito magnético <u>en contacto</u> con aislamiento derivado de la celulosa	°K	73
Límite de elevación de temperatura para las partes del circuito magnético <u>que no están en contacto</u> con aislamiento derivado de la celulosa	°K	85

La verificación por cálculo del aumento de temperatura del punto más caliente de las bobinas y del circuito magnético formará parte de la instancia de revisión del diseño. Los métodos de cálculo aplicados deberán cumplir con la Norma IEEE Std 1538-2000 "IEEE Guide for Determination of Maximum Winding Temperature Rise in Liquid-Filled Transformers" y estarán de acuerdo con los lineamientos del Technical Brochure N° 659 de Cigre "Transformer Thermal Modelling".

## 8 Soportabilidad a los esfuerzos del cortocircuito

Los reactores serán diseñados y contruidos para resistir, sin sufrir daños, los efectos dinámicos y térmicos causados por cortocircuitos externos.

A estos fines, la potencia de cortocircuito trifásica aparente del lado de extra alta tensión (500 kV) en los lugares en que serán ubicados los reactores se asumirá de 40.000 MVA.

Para los cálculos se tomará el peor caso para la relación entre impedancia homopolar y directa del sistema variando entre 1 y 3.

El fabricante deberá garantizar que el reactor soportará sin sufrir daños las máximas corrientes de cortocircuito que puedan circular por sus devanados como consecuencia de cortocircuitos en cualquiera de sus terminales exteriores estando el reactor alimentado desde la red de 500 kV. Se analizarán todos los posibles cortocircuitos asimétricos (bifásico sin tierra, bifásico con tierra y fase-tierra) en los terminales de todos los devanados.

En el caso de los reactores con secundario se deberá verificar que el reactor soporta sin sufrir daños las corrientes producidas por un cortocircuito trifásico en los terminales del secundario.

A efectos del cálculo térmico de cortocircuito se supondrá que los cortocircuitos tienen una duración de 3 segundos.

La Revisión del Diseño (Design Review) del aguante al cortocircuito se realizará de acuerdo a lo especificado en el Anexo A de la Norma IEC 60076-5.

Se deberán verificar también los efectos mecánicos producidos en los devanados por la corriente de conexión o energización del reactor (inrush current).

## 9 Frecuencia

Los reactores deberán diseñarse para funcionar sin sufrir daños ni sobrecalentamientos excesivos en un sistema cuya frecuencia nominal es  $50 \pm 0.2$  Hz, y en el que pueden ocurrir variaciones de frecuencia transitorias de hasta  $\pm 2$  Hz durante 10 segundos, y  $+3/-2,5$  Hz durante 3 segundos.

## 10 Características técnicas, constructivas y funcionales

### 10.1 Tanque principal

#### 10.1.1 Constructivo general

El tanque de los reactores será construido con láminas soldadas de acero reforzadas por medio de perfiles. Las soldaduras serán dobles, de manera tal de asegurar una adecuada resistencia mecánica y un perfecto sellado del aceite. La unión de la tapa con el tanque será abulonada y tendrá juntas. En particular no se acepta, tanque principal del tipo “campana”.

Sus dimensiones serán compatibles con las dimensiones máximas para transporte especificadas en la sección “Transporte”.

La parte superior del tanque principal será diseñada de forma tal de evitar depósitos de agua (en la superficie expuesta a la intemperie) y permitir el fácil escape del gas al relé Buchholz.

Se preverán ventanillas de inspección en el tanque para permitir el acceso y cualquier operación de mantenimiento en la parte alta de las conexiones de los arrollamientos, o en la parte baja de los aisladores luego de haber bajado el nivel de aceite. Asimismo se tomarán medidas para el fácil desmontaje de los aisladores sin remover la tapa del tanque, ni tener que introducirse dentro del mismo.

Todas las conexiones mecánicas serán atornilladas, con empaquetaduras resistentes al aceite y deberán ser estancas bajo el vacío y la sobrepresión previstas. Asimismo los cables y conexiones de sensores ubicados en la tapa del tanque principal tendrán adecuada protección mecánica.

#### 10.1.2 Esfuerzos mecánicos

##### Vacío, sobrepresión y estanqueidad

Será capaz de soportar los esfuerzos al vacío, sobrepresión y estanqueidad de acuerdo a las pautas establecidas en los respectivos ensayos. Asimismo debe resistir, sin deformaciones, el llenado de aceite bajo vacío.

### Solicitud de falla interna con tensión de arco

El tanque y sus elementos de alivio de presión, serán aptos para resistir una solicitud de falla interna de 15 kA, con una tensión de arco de 3000 V, del lado Extra Alta Tensión durante 100 milisegundos, sin roturas que ocasionen el escape desordenado del aceite. Se justificará debidamente mediante memoria de cálculo durante la revisión del diseño. Se aplicará la norma IEEE Std C57.156-2016 "Guide for Tank Rupture Mitigation of Liquid-Immersed Power Transformers and Reactors".

#### 10.1.3 Accesorios

##### Válvulas y grifos:

- Válvula de sobrepresión.
- Válvulas de drenaje.
- Válvulas para conexión inferior y drenaje de equipo de tratamiento de aceite.
- Válvulas para conexión superior tratamiento de aceite.
- Válvulas para el vacío (independiente de las válvulas para el tratamiento de aceite).
- Válvula para relleno de gas inerte durante transporte.
- Válvulas para aislar el relé Bucholz sin que se tenga que vaciar el tanque de expansión.
- Grifos para sacar muestras de aceite de la parte alta y de la parte baja del reactor; ambos grifos estarán próximos del nivel de piso (aun cuando en uno de los casos la muestra es tomada de la parte alta).
- Grifos para adosar un equipo de monitoreo de gases on-line.
- Dos válvulas (1/4") para adosar un equipo de monitoreo online de gases disueltos en el aceite (instalación futura). Una de las tomas debe ser en la parte superior de la cuba y la otra en la parte inferior. Las tomas pueden ser compartidas con los grifos para muestras de aceite, la conexión debe ser tal que la toma de muestras no interrumpa el flujo al equipo de monitoreo de gases disueltos.

Escalera con bloqueo de acceso, por ejemplo, una tapa con bisagra tal que cubra los primeros escalones.

Dos bornes de puesta a tierra dispuestos diagonalmente, para doble conductor de 100 mm<sup>2</sup> en cada uno.

Ruedas para su desplazamiento sobre vías cuya trocha es de 1435 mm tanto en la dirección del movimiento transversal como longitudinal.

Cáncamos de fijación de eslingas para levantar el reactor completo lleno de aceite.

Soportes adosados al tanque principal destinados a colocar los descargadores de sobretensión:

- Soporte enfrentado al aislador pasante de la fase de 31.5 kV (reactores de línea tipo I)
- Soporte enfrentado al aislador pasante del neutro.

No se podrá recurrir a los radiadores como apoyo para estos soportes.

Asimismo se preverá para la puesta a tierra de los descargadores y para la puesta a tierra del neutro de 31.5 kV, que se realizarán con conductores de cobre de 120 mm<sup>2</sup>, un sistema que permita la instalación de dicho conductor, previendo por ejemplo, el uso de aisladores soporte (15 kV BIL) adosados adecuadamente a la pared del tanque principal. Se preverá asimismo, para el caso de aterramiento de descargadores, placas de 200x200mm a 1.7m del suelo donde irán adosados los respectivos contadores de descargas.

#### Placa de características

La placa de características será de material resistente a la intemperie, escrita en idioma español y contendrá, además de toda la información indicada en el Numeral 7.7 de la norma IEC 60076-6:2007, la siguiente información:

- Las características de los transformadores de corriente tipo "bushing".
- Capacidad y tangente delta de los bushings.
- Peso de la aislación celulósica.
- Tipo de papel utilizado: Papel Kraft Termoestabilizado.

#### 10.1.4 Tratamiento de superficies



Las especificaciones de esta sección se entienden orientativas, pudiendo el contratista proponer métodos alternativos, los cuales deberán contar con la aprobación de UTE.

#### Prescripciones para la preparación de superficies a ser pintadas

Las superficies serán tratadas mediante chorro de arena o granalla de acero para lograr un grado de Preparación Sa 2 1/2, de acuerdo a la norma ISO 8501-88.

#### Espesor de la capa de pintura aplicada

El espesor completo de la capa de pintura exterior será superior a 160  $\mu\text{m}$ , y la dureza de la pintura de terminación será H - 3H según ASTM D 3363-74. Estos espesores se exigen tanto sobre bordes y aristas, como sobre superficies planas.

#### Color de la pintura

El color de las sucesivas manos de pintura diferirá lo suficiente como para permitir una clara identificación de la secuencia de pintado a efectos del control.

La pintura interior será de color claro, preferentemente blanco.

La última mano de pintura exterior aplicada a los reactores y la pintura para retoques serán de color RAL 7035.

#### Aplicación de la pintura

El procedimiento de aplicación de la pintura se ajustará a las instrucciones actualizadas del fabricante de la pintura en todos los aspectos.

La superficie a tratar debe estar como mínimo a una temperatura de 3°C por encima del punto de rocío, durante la preparación mecánica, la aplicación, secado y curado.

Para la preparación mecánica se agrega que la humedad ambiente deberá ser menor de HR 85 %, bien como se debe verificar también la ausencia de humedad y rastros de aceite tanto en el aire comprimido como en el abrasivo utilizado.

Para el pintado, la temperatura de la pintura y de la superficie a pintar deben mantenerse próximas. Estando la temperatura de la pintura siempre dentro del rango especificado por el fabricante de la misma.

No está permitido usar pintura de base alquídica.

#### Tratamiento de superficies exteriores

Las superficies ferrosas que estarán expuestas a la acción atmosférica deben pintarse.

Se aplicará cuatro capas de pintura de acuerdo al siguiente detalle:

- Fondo

Se aplicará una mano de fondo anticorrosivo Zinc-Rich Epoxi con un espesor mínimo de 60 micras y con las siguientes características:

- Fondo Zinc-Rich Epoxi
- Vehículo: resina epoxi curada con poliamida
- Porcentaje de cinc metálico en película seca: mínimo 87%
- No volátiles: mínimo 86 %
- Peso específico: mínimo 2,70 g/cc (mezcla)
- Viscosidad: 200"  $\pm$  30" Copa Ford 4/25° C (mezcla)
- Curado
  - Aire, tacto: 20 minutos.
  - Duro: 2 horas
  - Para repintar: 12 horas
  - Total: 7 días

- Capa intermedia:

Se aplicará una mano de fondo epoxi a base de hierro micáceo de acuerdo a las siguientes características y con un espesor mínimo de 40 micras:

- Fondo Epoxi Óxido de Hierro Micáceo
- Vehículo: Resina epoxi curada con isocianato
- Porcentaje de pigmento: mínimo 42 %
- Composición del pigmento: mínimo 91 % de óxido de hierro micáceo
- No volátiles: mínimo 68 %
- Peso específico: mínimo 1,48 g/cc (mezcla)
- Viscosidad: 100"  $\pm$  20" en Copa Ford 4/25 °C (mezcla)
- Curado:
  - Aire, tacto: 1 hora
  - Duro: 3 horas
  - Para repintar: 12 horas

- Total: 7 días

- Terminación

Se aplicarán dos manos de esmalte poliuretánico de dos componentes del color indicado, con un espesor total mínimo de 80 micras y con las siguientes características:

- Esmalte Poliuretánico
- Vehículo: Resina poliéster curada en isocianato calidad Desmophen - Desmodur No similar
- Porcentaje de pigmento: mínimo 15 %
- No volátiles: mínimo 65 %
- Brillo: mínimo 70 en Glossmeter 20°
- Color: RAL 7035.
- Curado:
  - Aire, tacto: 2-3 horas
  - Dura: 6-8 horas
  - Para repintar: 12 horas
  - Total: 7 días

El recubrimiento exterior cumplirá las siguientes condiciones: ausencia de grietas, burbujas y porosidades, estabilidad del color y del brillo, resistencia a los golpes y al rayado e insolubilidad en el aceite caliente.

El color de las sucesivas manos de pintura diferirá lo suficiente como para permitir una clara identificación de la secuencia de pintado a efectos de su control.

UTE se reserva el derecho de requerir para el esquema de pintura de referencia propuesto en este punto de esta norma la misma documentación que se requiere para el esquema alternativo.

Garantía esquema de referencia pintura exterior

Se fija un período de 3 (tres) años de garantía. Si dentro de ese período aparecen señales visibles de deterioro o corrosión de las superficies pintadas, los costos de reparación serán por cuenta del proveedor.

En caso que se acuerde un esquema alternativo de pintura la misma deberá garantizarse por un período de 5 años.

Tratamiento de Superficies internas en contacto con aceite caliente

En todos los reactores el interior del tanque principal y tapa será desoxidado y pintado con anti óxido de fondo epoxídico hasta totalizar un espesor de  $40\text{ }\mu\text{m} \pm 10\text{ }\mu\text{m}$ , tal que no resulte atacado por el medio aislante ni modifique sus características.

#### Ensayos sobre la pintura

- Ensayos de tipo

Se efectuarán sobre probetas de ensayo del mismo material que el reactor a pintar, paneles de aproximadamente  $76 \times 127 \times 0.8\text{ mm}$ , las cuales deben ser preparadas con la misma tecnología y productos usados para el reactor por el laboratorio certificador de los ensayos.

- Ensayo de niebla salina - ASTM B 117 – 90

Con una lámina cortante se realizan dos cortes de la capa de pintura hasta la base metálica de modo de formar una "X" sobre la superficie de los paneles a ensayar.

Se someten estos paneles a 960 horas de exposición en cámara de niebla salina (solución al 5 % de NaCl en agua), manteniéndolos en posición vertical y con la superficie cortada hacia el atomizador.

Finalizado el ensayo no deben aparecer ampollamientos y la penetración máxima en los cortes trazados será de 2 mm.

- Ensayo de humedad - ASTM D 1735 – 87

Se colocan las probetas de ensayo, paneles, en posición vertical, en una cámara de atmósfera controlada a:

Humedad Relativa:  $99\% \pm 1\%$

Temperatura:  $38^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$

Tiempo de exposición: 240 horas

Luego del ensayo no deben observarse:

Cambios de color

Ampollas

Perdida de adhesión

Ablandamiento

### Resquebrajamiento

Las probetas son evaluadas al salir de la cámara, sin dejar transcurrir tiempo de recuperación.

- Ensayo de adherencia  
Ídem al ensayo de recepción

- Ensayo de brillo - ASTM D 523 – 89  
La capa exterior debe tener un brillo mayor de 70 medido en Gardner Glossmeter bajo ángulo de 20°.

- Ensayo de resistencia al aceite aislante - NBR 6529  
Se preparan paneles, con el esquema de pintura interna, los que deberán resistir una inmersión en aceite a  $110^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 48 h, sin que se produzcan alteraciones de ningún tipo.

- Ensayo de dureza  
Ensayo de dureza al lápiz, según norma ASTM D 3363-74, debiendo los resultados encontrarse dentro del rango especificado.

Se dejará constancia en los protocolos de ensayo de las eventuales fallas ocurridas durante los ensayos de tipo así como las correcciones que se efectúen.

- Ensayos de recepción

Se ensayará el 100 % de las unidades.

- Medición de espesores  
Instrumento: Medidor magnético de espesor de capa seca.  
Calibración: El instrumento debe ser calibrado antes y después de efectuar las mediciones y su precisión debe mantenerse durante las mismas.  
Método de medida: Por cada cara del reactor, deben tomarse como mínimo, cinco medidas puntuales ubicadas al azar. Cada medida puntual consiste en un promedio de tres medidas distintas hechas en un área muy pequeña.  
Criterio de aceptación: El promedio de las cinco medidas puntuales debe ser superior al espesor mínimo especificado y

ninguna medida puntual puede ser menor que el 80% de dicho mínimo.

- Ensayo de adherencia

Método de ensayo: Seleccionar una superficie lo más plana posible, libre de imperfecciones, limpia y seca. Ejecutar con una cuchilla adecuada (lámina de acero de 10 mm de largo, con un ángulo de corte aproximado de 17°), dos cortes de 40 mm de largo cada uno, que se corten al medio formando un ángulo entre ellas entre 35° y 45°. Los cortes se deberán realizar con un solo movimiento uniforme y continuo, y deberán llegar hasta el sustrato (observar con una lupa con un aumento de 7 veces si existe brillo en los cortes). En caso de no llegar al sustrato se deberá comenzar de nuevo, eligiendo otra zona.

Aplicar la cinta adhesiva adecuada (semitransparente, 25 mm de ancho, adhesividad de 32 +/- 4 g/mm) en el centro de la intersección de los cortes, en dirección a los ángulos menores. Pegar firmemente la cinta mediante el uso de los dedos y de una goma, hasta obtener uniformidad en la transparencia de la cinta. Remover la cinta luego de un tiempo de 1 a 2 minutos de aplicada, en un ángulo lo más cercano posible a los 180°

Criterio de aceptación: No se deberá producir ningún levantamiento de la pintura ni en la intersección de los cortes ni a lo largo de los mismos.

NOTA: Los reactores sometidos a este ensayo cuya pintura resulte dañada no deben ser utilizados en servicio sin una reparación previa.

- Normas de referencia

ASTM B 117 - 90 Ensayo de Niebla Salina

ASTM D 1735 - 87 Ensayo de Humedad

ASTM D 523 - 89 Ensayo de Brillo

NBR 6529 Varnizes utilizados para aislamiento eléctrico – Ensaio

ISO 8501 - 88 Preparation of steel substrates before application of paints and related products - Visual assessment of surface cleanliness.

ASTM D 3363 - 74 Ensayo de dureza al lápiz.

## 10.2 Núcleo

El núcleo debe ser del tipo columnas (“Core-Type”) con entrehierros (“Gapped-Core”). No se admitirán núcleos del tipo acorazado (“Shell-Type”).

El núcleo del reactor será construido por chapas magnéticas de acero silicio de grano orientado. Se utilizará chapa tipo M130-27S5 de 0.27 mm de espesor o de calidad superior de acuerdo a la norma IEC 60404-8-7:2008. Sus pérdidas magnéticas máximas a 50 Hz serán de 0.85 W/kg a una inducción de 1.5 T y de 1.30 W/kg a una inducción de 1.7 T.

Las láminas de acero eléctrico de los segmentos magnéticos que forman los entrehierros serán laminadas radialmente.

Las laminaciones se deberán moldear en epoxi para dar la resistencia necesaria para resistir las grandes fuerzas electromagnéticas que aparecen entre segmentos. Tanto la selección del sistema epoxi como el proceso de producción y moldeo requiere alta especialización por lo que deben estar bien probados para asegurar una estabilidad mecánica y térmica a largo plazo.

Entre los elementos magnéticos los entrehierros serán formados por discos de distancia de cerámica.

La estructura de prensado del núcleo y bobinados deberá diseñarse de modo de disminuir lo máximo las vibraciones y mantener la presión durante toda la vida del reactor.

Se preverán conexiones hacia el exterior, del núcleo y de sus elementos de fijación y soporte, a través de la tapa del reactor mediante el uso de dos aisladores pasantes. Estos aisladores serán ubicados en la tapa del reactor y estarán debidamente protegidos. Durante la operación normal del reactor se utilizarán para la puesta a tierra del núcleo y sus elementos de fijación, y en instancias de ensayos, se utilizarán para el ensayo de medida de resistencia de aislamiento y ensayo de tensión aplicada, de la forma que está descrita en la sección “Ensayos de rutina”.



### 10.3 Arrollamientos

#### 10.3.1 Consideraciones de diseño

Deberán cumplir la soportabilidad térmica y dinámica al cortocircuito, de acuerdo a las pautas establecidas en la sección “Soportabilidad a los esfuerzos del cortocircuito”.

Todas las bobinas, que en condiciones de cortocircuito estén sometidas a fuerzas radiales dirigidas hacia la columna del núcleo, deberán ser auto soportadas ("free-buckling" o "self-supporting"). Esto significa que la bobina deberá soportar los esfuerzos radiales de cortocircuito sin considerar el efecto de los apoyos que puedan existir contra el núcleo.

El nivel de aislamiento del neutro del arrollamiento de 500kV será reducido (aislamiento no uniforme).

#### 10.3.2 Materiales constructivos

Los arrollamientos serán de cobre electrolítico. Para el cobre se aplicarán las normas IEC 60028:1925, IEC 60317-27:2013 y EN 13601:2013.

El aislamiento de los conductores será, de acuerdo a lo definido en el Numeral 3.12 de la Norma IEC 60076-7, del tipo “Thermally Upgraded Paper” (Insuldur® o similar) apto para una temperatura de funcionamiento permanente de 110 °C. Se deberá indicar detalladamente en las tablas de datos garantizados el tipo de papel aislante.

En caso de utilizar conductores continuamente transpuestos los mismos deberán ser cementables (Bondable Continuously Transposed Cable or Bondable CTC).

El grado de polimerización del papel luego del proceso de secado deberá ser igual o superior a 900.

Los separadores radiales (“Spacers”) y varillas (“Strips”) y todos los elementos aislantes sometidos a compresión en los bobinados tipo hélice o disco deberán ser de Psp 3052 (Norma DIN 7733) o Tipo B 3.1 (Norma IEC60641-3-1). Se aplicarán las normas IEC 60641-1, IEC 60641-2 e IEC 60641-3-1.

Para los bobinados tipo hélice o tipo disco se deberá prestar especial cuidado al proceso de estabilización y prensado de los bobinados antes de su montaje en el núcleo.

No se permite el uso de madera laminada en los elementos de prensado de las bobinas y de la parte activa. En su lugar deberá utilizarse Pressboard Laminado de acuerdo a las Normas IEC 60763-1, IEC 60763-2 y IEC 60763-3-1.

Todas las conexiones permanentes serán hechas a compresión admitiéndose también conexiones realizadas con soldadura autógena o soldadura en plata.

Las conexiones a los aisladores serán del tipo atornilladas y provistas de dispositivos de bloqueo contra vibraciones. Asimismo se preverá en el diseño un procedimiento adecuado para el montaje de los aisladores, por ejemplo, que no sea necesario realizar trabajos desde dentro del reactor.

Todas las conexiones intermedias deberán ser rígidamente soportadas, a fin de evitar inconvenientes debidos a las vibraciones producidas por el transporte y por las condiciones normales o excepcionales de servicio (cortocircuitos externos).

#### **10.4 Tanque de expansión del aceite**

Los reactores deben estar equipados con un tanque de expansión auto soportado montado sobre el tanque principal. Será de chapa soldada y debe ser apto para el tratamiento en vacío.

Serán capaz de soportar los esfuerzos al vacío, sobrepresión y estanqueidad de acuerdo a las pautas establecidas en los respectivos ensayos. Asimismo debe resistir, sin deformaciones, el llenado de aceite bajo vacío.

El sistema de expansión será adecuado y suficiente para que pueda soportar los efectos de una variación de temperatura del aceite aislante de 100 °C, partiendo de una temperatura inicial de 20 °C, sin que se produzcan desbordes de aceite.

El tanque de expansión estará equipado con una bolsa (no membrana) de material flexible adecuado para permitir los aumentos y disminuciones de volumen del aceite aislante del reactor de modo que el aceite nunca entre en contacto con el aire atmosférico. La bolsa deberá ser de un material estable con baja permeabilidad al aire, aprobado por UTE. Se garantizará además la

hermeticidad de tal forma que por un período de 10 años el contenido de Nitrógeno disuelto medido por AGD no exceda las 50,000 ppm.

La cañería de conexión entre el tanque de expansión y el tanque principal tendrá como mínimo un diámetro de 2". En ella debe incluirse un tramo desmontable, donde será instalado el Relé Buchholz. Dicho tramo debe ser seccionable por medio de válvulas a ambos lados del Relé Buchholz.

El tanque de expansión irá provisto de escotilla para limpieza e inspección, de cáncamos, de válvulas de drenaje y de descarga con grifo para sacar muestras y un Respiradero de Aire con protección anti higroscópica (silicagel o material equivalente).

El tratamiento de la superficie estará de acuerdo en lo que corresponda al del tanque principal.

El Respiradero de Aire conectado al tanque de expansión del reactor servirá para secar el aire contenido dentro de la bolsa de expansión y como respaldo en caso de rotura de la bolsa en cuyo caso el aire atmosférico entrará en contacto con el aceite aislante.

Los tanques de expansión irá provistos de:

- Nivel de aceite tipo a cuadrante
- Escotilla para limpieza e inspección
- Respiradero de aire con material higroscópico no cancerígeno (del tipo naranja") renovable y sello de aceite.
- Válvula de descarga con grifo para sacar muestra.
- Cáncamos de izamiento.

La Sílica Gel tendrá gránulos testigos de color naranja que cambiarán de color cuando estén saturados de humedad. No se admitirán colorantes a base de cobalto ni otros materiales tóxicos.

## **10.5 Radiadores**

Se aplicará la Norma CENELEC EN 50216-6

Serán capaces de soportar los esfuerzos al vacío, sobrepresión y estanqueidad de acuerdo a las pautas establecidas en los respectivos ensayos. Asimismo debe resistir, sin deformaciones, el llenado de aceite bajo vacío.

Serán galvanizados por inmersión en caliente. Con un espesor de 80  $\mu\text{m}$ , se podrá revisar durante el contrato un espesor algo menor complementado con capas de pintura. Antes de galvanizar, la superficie se preparará de acuerdo a lo especificado en la sección “Tratamiento de superficies”. El galvanizado cumplirá las normas ASTM A 123 y ASTM A 153. La capa será adherente, lisa y sin imperfecciones ni discontinuidades tales como burbujas, porosidades, grietas o cualquier otro tipo de irregularidades que puedan afectar su resistencia, aún después del transporte y montaje. Luego de la inmersión en el baño de cinc las superficies protegidas no serán sometidas a ningún proceso de rasqueteado o soldado que pueda afectar la uniformidad o el espesor de la capa protectora. U.T.E. puede verificar el espesor de la capa de cinc y la calidad del proceso de galvanizado mediante ensayos que se realizarán en presencia del personal del Contratista. El Contratista pondrá a disposición el equipo necesario para realizar estos ensayos.

Los radiadores deben ser fácilmente desmontables para las operaciones de reparación y limpieza, deben conectarse al tanque principal del reactor mediante bridas y válvulas de exclusión y deben ser previstos para el mismo grado de vacío que el tanque principal. Debe ser posible la remoción de un radiador sin necesidad de bajar el nivel de aceite del tanque principal.

Para cada conexión se suministrará una brida ciega, con su junta respectiva, para emplearse cuando se quite el radiador.

Cada radiador debe estar provisto de un cáncamo de izado, de un tapón inferior para descargar el aceite y de un tapón superior para el escape del aire.

Los radiadores deben ser proyectados de modo de soportar sin daño las vibraciones e impedir acumulación de sedimentos. Además deben construirse de forma que eviten el depósito de agua en las superficies externas, ser accesibles para limpieza y pintura, que permitan la descarga total del aceite, e impidan la acumulación de burbujas de gas durante el relleno del tanque principal.

## **10.6 Aisladores pasantes**

Estarán de acuerdo a la norma IEC 60137.

Los aisladores pasantes de fase y neutro de los reactores de línea, serán de tipo a condensador con envolvente de porcelana. Estarán provistos de tomas de prueba (test tap) a los efectos de los ensayos de medidas de descargas parciales, los valores de capacitancia y tangente delta de estas tomas de prueba no podrán exceder los valores recomendado por la norma IEC 60137.

Los aisladores pasantes de 31.5 kV, también deberán ser en porcelana y contruidos en una sola pieza.

En todos los casos la porcelana usada debe ser homogénea y exenta de cualquier defecto. El esmalte será de color marrón y resistente a la intemperie.

Se tendrá en cuenta que para los ensayos en fábrica se deberán utilizar los aisladores que forman parte del suministro. No es aceptable utilizar otros.

Los aisladores tendrán las características del cuadro a seguir:

Reactor de línea	Tensión Nominal KV	Ensayo a 50Hz 1min kV (seco)	Ensayo a 50Hz 1min kV (húmedo)	Ensayo Impulso 1.2/50 $\mu$ s kV cresta	Corriente Nominal A	Línea de fuga min. mm	Esfuerzo cantilever	
							N Operación	Ensayo
Fase 500 kV	550	750**	-	1550	100	13750	2000	4000
Neutro 500 kV	72,5	155	140	325	100	1813	1000	2000
Fase 31.5 kV *	36	77	70	170	100	900	500	1000
Neutro 31.5 kV *	36	77	70	170	100	900	500	1000

\* Para reactor tipo I.

\*\* Para 500 kV se considera adicionalmente el ensayo de maniobra a 1300 kVcr.

Para el esfuerzo cantilever se consideró Level II (heavy load) de acuerdo con la norma IEC 60137

Las corrientes de corta duración las propondrá el contratista, calculándolas en las mismas condiciones que se especificaron para el aguante al cortocircuito del reactor.

Obs.: Corriente térmica y dinámica conforme IEC 60137 y IEC 60076-5.

#### Aisladores pasantes durante transporte

Durante el transporte los reactores vendrán provistos de aisladores pasante clase de aislación 1.1 kV. El propósito de los mismos es posibilitar ensayos SFRA y contenido de humedad inmediatamente de descargado los reactores en las estaciones.

## 10.7 Transformadores de corriente tipo bushing

Adicionalmente a los transformadores de corriente (TI) necesarios para los detectores de imagen térmica descritos en la sección “Dispositivos de medida”, el contratista suministrará transformadores de corriente tipo “bushing” para todas las restantes funciones de protección y medida asociadas a los reactores de línea.

Para todos los tipos:

- Fase 500 kV

2 (dos) TI para protección 100/1A, 5P20, 30VA

1 (un) TI para medida 100/5, clase 1.0, 30VA

- Neutro 500 kV

2 (dos) TI para protección 100/1A, 5P20, 30VA

Solo para el tipo I:

- Fase 31.5 kV

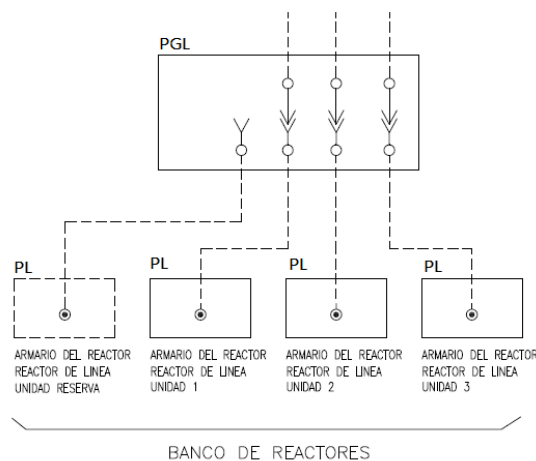
1 (un) TI para protección 100/1A, 5P20, 30VA

1 (un) TI para medida 100/5, clase 1.0, 30VA

## 10.8 Paneles de comando

Conjuntamente con los reactores sumergidos en aceite se deberá suministrar un panel adosado al reactor fácilmente accesible desde el suelo, denominado Panel Local (PL). Se utilizará para realizar todas las conexiones que provengan de cada unidad monofásica y sean enviadas hacia otros paneles.

Asimismo se instalará un panel centralizador por cada tres unidades monofásicas, denominado Panel General Local (PGL) que centralizará todos los sensores y señales de medida, control, señalización, alarmas, y disparo del banco de reactores (inclusive la unidad de reserva).



### 10.8.1 Características constructivas de los paneles

Los tableros serán de acero con tratamiento de galvanizado en caliente, deben tener puerta con llave y con juntas de goma o material sintético para asegurar la perfecta estanqueidad y para evitar la entrada de polvo, agua y humedad (clase aislación IP55).

Deben ser fabricados con láminas de acero perfectamente lisas y resguardadas externamente de modo de evitar el empozamiento del agua; además, estarán exentos de cualquier saliente o cavidad que pueda favorecer la formación de nidos de insectos.

El tratamiento de la superficie estará de acuerdo en lo que corresponda al del tanque principal.

Estarán equipados con barra de tierra, bloques terminales, iluminación normal (230 Vac) y de emergencia (125 Vdc y 100 Watt), un tomacorriente normal (230

Vac), dispositivo calefactor con regulación de temperatura y un placa en el fondo a ser agujereada en obra para conexión de los ductos de cables a prueba de agua que no se deforme con el uso. Todos los elementos dentro de los paneles serán perfectamente identificados.

Todas las borneras serán seccionables y en el caso de las borneras de corriente además serán cortocircuitables.

Las borneras para cables de control serán del tipo componible y admitirán cables hasta 10 mm<sup>2</sup> o 6 mm<sup>2</sup> dependiendo de si corresponden o no a un circuito de corriente.

El PGL debe permitir conectar en forma rápida la cuarta unidad de reserva, para lo que se preverán conectores-terminales del tipo rápido (enchufables) para realizar el intercambio de unidades monofásicas. Los conectores deberán ser diferenciados por función de manera que no pueda conectarse un tipo de conector de señales en el zócalo que corresponde a las alarmas.

Todos los paneles y armarios que contienen equipos eléctricos serán equipados con resistencias de calentamiento comandadas por termostatos.

Se debe instalar una caja de terminales para las fibras previstas para el reactor.

#### 10.8.2 Señales de disparo, alarmas y medidas

Todas las señales asociadas a los elementos de protección, señalización y medida, así como los bornes secundarios de los transformadores de corriente tipo "bushing", estarán disponibles en el PL y serán cableadas al PGL.

Dichas señales deberán ser adaptadas y suministradas con las interfaces necesarias para enviarlas al CAZ (Centro de Atención Zonal), transformadas a 4-20mA para las analógicas y provistas a través de contactos libres tipo ON-OFF para las digitales.

Los dispositivos que dan origen a alarma y disparo serán capaces de dar señales para dos escalones:

- a) Escalón 1 de alarma; en este caso enviará una señal de alarma.
- b) Escalón 2 de disparo; en este caso enviará dos señales independientes, siendo una para ordenes de disparo (extra rápidas < 5ms) y otra para alarma (aviso de disparo).



Las indicaciones serán transmitidas mediante señal de polaridad positiva; el poder de interrupción de los contactos no será inferior a 1 A.

Las señales de alarma de cada dispositivo, de medida y protección en cada uno de sus escalones, tendrán duplicación para el envío de estas alarmas al sistema de control remoto (SCLE/CAZ).

En los casos que sean necesario relés repetidores estos se ubicarán en el panel local de los reactores, debiendo ser de tipo rápidos (menor a 5 milisegundos) los que se utilicen para las funciones de disparo.

- Ordenes de disparo disponibles:
  - Disparo relé Buchholz
  - Disparo válvula de sobrepresión
  - Disparo imagen térmica bobina
  - Disparo temperatura aceite
  
- Alarmas disponibles:
  - Alarma de nivel máximo de aceite
  - Alarma de nivel mínimo de aceite
  - Alarma de relé de Buchholz
  - Alarma de temperatura de aceite
  - Alarma de imagen térmica bobinado
  - Alarma de falta de C.C del PL
  - Alarma de falta de C.A del PL
  - Alarma de falta de C.C del PGL
  - Alarma de falta de C.A del PGL
  - Alarma de disparo relé Buchholz
  - Alarma de disparo válvula de sobrepresión
  - Alarma de disparo imagen térmica bobina
  - Alarma de disparo temperatura aceite
  
- Medidas disponibles:
  - Medida de temperatura del aceite.
  - Medida de temperatura de arrollamiento.
  - Medida de temperatura del núcleo.

## 10.9 Dispositivos de medida y protección

Los dispositivos de medida y protección cumplirán con las Normas CENELEC 50216 “Power transformers and reactor fittings”.

Los reactores de línea contarán con los dispositivos de medida y protección descritos a seguir. Aquellos dispositivos que sean suministrados sobre la base de microprocesadores deberán acompañarse de las interfaces y programas (software) necesarios para el ajuste.

Todos estos dispositivos así como relés auxiliares necesarios, lámparas y demás elementos deberán ser para la tensión continua especificada (valor y rango).

### 10.9.1 Dispositivos de medida

#### Medida de Temperatura

Se requieren los sensores de temperatura y monitores indicados a continuación. Los sensores serán ubicados en el reactor en los puntos más críticos a juicio del fabricante, según diseño:

- Temperatura del aceite por sonda resistiva, del tipo Pt 100.  
Se ubicarán en la capa superior del aceite, para ser conectado por cable al panel local (PL), se suministrarán dos por cada reactor.  
El monitor para este propósito será del tipo digital y estará instalado en el panel local (PL).  
Admitirá una segunda entrada para lectura redundante del aceite.  
Contará con las características indicadas arriba para el envío de las medidas al CAZ, el resto de las características principales y funcionalidades adicionales se definirá durante el contrato.
- Temperatura del punto más caliente del cobre en cada devanado, por detector de tipo "imagen térmica".  
La temperatura de actuación de los contactos será ajustable en función de una curva de carga.  
El o los monitores para este propósito serán del tipo digital y estarán instalados en el panel local (PL).

Contará con las características indicadas arriba para el envío de las medidas al CAZ, el resto de las características principales y funcionalidades adicionales se definirá durante el contrato.

Los transformadores de corriente necesarios a estos efectos se instalarán en los pasantes (bushings) del reactor, y su potencia de precisión no será inferior a 30 VA clase 3 de IEC.

- Por sensores de fibra óptica para medición de la temperatura del punto más caliente (Hot Spot) de cada bobinado, la cantidad de sensores por bobina y por fase se determinará siguiendo las recomendaciones del numeral E.2 del Anexo E de la Norma IEC 60076-2:2011 ("Application of optical fibre sensors for winding hot-spot measurements"). La instalación de los sensores en las bobinas y de los cables de fibra óptica en el interior del reactor se realizará siguiendo las recomendaciones de los numerales E.3 y E.4 del Anexo E de la Norma IEC 60076-2:2011.

La ubicación de estos sensores se determinará durante la instancia de revisión del diseño.

El fabricante deberá prever su propio equipo de lectura de estas medidas en las instancias de los ensayos de calentamiento previstos. Todas las fibras provenientes de los sensores deberán dejarse conectadas a una caja de terminales dentro del panel local para poder en futuro conectarlas a un equipo de medición y registro.

- Por sensores de fibra óptica para medición de la temperatura del núcleo, serán instalados al menos dos sensores, uno activo y otro de repuesto.

La ubicación y cantidad definitiva de estos sensores se determinará durante la instancia de revisión del diseño.

El fabricante deberá prever su propio equipo de lectura de estas medidas en las instancias de los ensayos de calentamiento previstos. Todas las fibras provenientes de los sensores deberán dejarse conectadas a una caja de terminales dentro del panel local para poder en futuro conectarlas a un equipo de medición y registro.

#### Sensores de fibra óptica: comentarios adicionales

Debido a la fragilidad de los sensores y cables de fibra óptica se deberá prestar especial atención de modo de evitar esfuerzos mecánicos y

vibraciones peligrosas de estos elementos durante los procesos de fabricación y durante la operación.

El fabricante, en base a su experiencia, deberá montar la cantidad de sensores adicionales que considere necesarios para cubrir la eventualidad de rotura de alguno de ellos durante los procesos de fabricación y garantizar que durante el ensayo de calentamiento se contará con la cantidad de sensores operativos recomendada en el numeral E.2 del Anexo E de la Norma IEC 60076-2:2011.

#### Medida de nivel de aceite

Indicador del nivel de aceite del tanque de expansión del tanque principal. Será del tipo a cuadrante, con contacto de alarma por bajo nivel y por alto nivel.

### 10.9.2 Dispositivos de protección

#### Relé Buchholz

Instalado entre el tanque principal y el tanque de expansión. Contará con un dispositivo que permita la recolección de los gases atrapados, y contarán con contacto de alarma por acumulación lenta de gases. También contarán con un dispositivo que permita el ensayo del relé con la introducción de gas (aire seco o nitrógeno) durante los ensayos. Contarán con botones de prueba para el chequeo de los contactos de accionamiento.

#### Válvula de sobrepresión

Se instalara al menos una válvula en la parte superior del tanque principal, alejada del punto de conexión con el tanque de expansión.

El fabricante deberá justificar la cantidad y ubicación de válvulas a utilizar de modo de garantizar la integridad del tanque bien como deberá analizar la necesidad de contar con dispositivos adicionales para prevenir la ruptura del tanque.

### 10.10 Aceite

El aceite será nafténico con inhibidor y deberá cumplir con la norma IEC 60296:2012 Clase Transformer Oil I -30 °C.

El aceite cumplirá las especificaciones indicadas en la Tabla 2 de la Norma IEC 60296 con el siguiente adicional:

- Interfacial tension: mayor a 40 mN/m a 20 °C

Se suministrará aceite en cantidad necesaria para efectuar el primer llenado de cada reactor más un 5% para reposiciones futuras.

El aceite para el primer llenado de cada reactor vendrá en bidones de 5000 litros, debidamente protegidos. Se podrán poner a consideración de UTE otras propuestas, que permitan un transporte más adecuado y seguro, así como una manipulación más simple del aceite como ser “container” con envase plástico, o tanques grandes. Cualquiera sea el tipo de recipiente utilizado (bidones, “container” o tanques), los mismos quedarán en propiedad de UTE.

El aceite para reposiciones futuras vendrá en bidones de 200 litros (los que quedarán en propiedad de UTE), los mismos serán entregados por el contratista en el depósito de UTE (Sede Norte S103) sobre pallets. La cantidad de bidones por pallets lo define el contratista. Cada bidón deberá poseer una etiqueta con la siguiente información:

- Número de la Licitación.
- Marca del Aceite.
- Tipo del Aceite.
- Base del Aceite: Nafténica
- Inhibido

En el caso que parte del aceite sea transportado dentro del propio reactor, el mismo, deberá contar con atmósferas protegidas de nitrógeno, y sistemas de monitoreo que permitan el control del aceite durante su transporte.

### **10.11 Repuestos**

El listado de repuestos se indican en la tabla de precios.

Los repuestos se entregarán adecuadamente embalados para asegurar su correcto estado de conservación durante un período de al menos 5 años. Las pantallas de control de campo de bushings de EAT, en caso de ser aisladas en papel, deberán ser entregadas sumergidas en aceite en un contenedor metálico, y previamente impregnadas en vacío para evitar formación de burbujas de aire.

Se debe prestar especial atención a las condiciones de almacenamiento (inclinación) de los aisladores pasantes tipo condensador en caso de ser del tipo OIP (Oil Impregnated Paper). En caso de ser necesario se aplicarán las recomendaciones de la norma IEEE C57.150-2012: "IEEE Guide for the Transportation of Transformers and Reactors Rated 10000 kVA or Higher".

## 11 Instancia de Revisión del Diseño

La revisión del diseño tiene por objetivo asegurar que existe un entendimiento completo de las normas y especificaciones técnicas aplicables y realizar una revisión del diseño o proyecto propuesto por el fabricante de modo de asegurar que todos los requisitos solicitados por UTE se cumplen.

La misma se podrá realizar en fábrica o en oficinas de UTE. En cualquiera de las opciones deberán estar presentes los técnicos responsables del diseño del equipo.

Se tomará como base a los lineamientos del Technical Brochure N°529 del CIGRE: "Guidelines for conducting design reviews for power transformers", publicado en April 2013 por el Working Group A2.36, teniendo en cuenta las particularidades que presentan los reactores shunt y que los diferencian de los transformadores de potencia.

Con al menos cuatro semanas de antelación a la revisión del diseño, el fabricante deberá suministrar a UTE toda la información del diseño y memorias de cálculo requeridas por el Technical Brochure N°529 del CIGRE. La presentación de esta información estará de acuerdo con el capítulo 17 de este Technical Brochure. Durante esas semanas previas a la revisión del diseño es fundamental que exista un contacto fluido con el fabricante de modo de poder aclarar y complementar en todo lo que sea necesario la información enviada.

Durante la revisión de diseño se tendrán en cuenta también las recomendaciones del Technical Brochure N°655 del CIGRE: "Technology and utilisation of oil-immersed shunt reactors", publicado en Mayo de 2016 por el Working Group A2.48.

Las deficiencias de proyecto que se detecten durante la revisión del diseño deberán ser corregidas antes de comenzar con la fabricación de los reactores.

La revisión del diseño no elimina la responsabilidad del fabricante que deberá garantizar el correcto funcionamiento de los reactores en todos los ensayos de recepción en fábrica y posteriormente en operación en la red.

Para realizar la revisión de diseño se requiere un detallado relevamiento de la geometría y de las características principales del reactor:

- Núcleo:
  - Material y sus características magnéticas
  - Fabricante de Núcleo: fabricación propia o tercerizada
  - Dimensiones: diámetro de núcleo, altura de la ventana, centro en columnas, etc.

- Cantidad y dimensiones de los entrehierros
  - Material utilizado en la fabricación de los entrehierros
  - Cantidad y dimensiones de los elementos magnéticos
  - Conformación de los elementos magnéticos que forman la columna del núcleo, indicando número y dimensiones de las chapas utilizadas en su fabricación de modo de poder calcular en forma exacta la sección neta de hierro del elemento magnético
  - Dimensiones de los prensayugos y de las columnas de retorno
  - Sistema de fijación de las columnas del núcleo, del yugo y de las columnas de retorno
  - Puesta a tierra del núcleo (elementos magnéticos y yugos)
- Blindaje entre Bobina y Columna Central del Núcleo
  - Material
  - Composición y Dimensiones
  - Ubicación
- Blindaje entre Bobina y Columna de Retorno Núcleo
  - Material
  - Composición y Dimensiones
  - Ubicación
- Bobinas:
  - Tipo: disco continuo, disco entrelazado, disco con Internal Shield, SMIT, etc.
  - Material conductor indicando su Rp0.2
  - Dimensiones de los conductores y sus aislamientos
  - Número de espiras
  - Número de discos
  - Lista detallada con las dimensiones de todos los aislamientos entre discos para poder calcular con exactitud las capacitancias serie de la bobina
  - En caso de utilizar Internal Shield se deberá informar las dimensiones y aislamiento del conductor utilizado en el Internal Shield, la cantidad de espiras por disco con Internal Shield y su distribución a lo largo de la bobina
  - En caso de utilizar bobinas de compensación en la columna de retorno del núcleo de transformadores monofásicos para evitar los efectos del “Half-turn effect” se deberá informar las dimensiones de dichas bobinas, número de espiras, conexión entre las bobinas, dimensiones del conductor utilizado y su aislamiento, corriente que circula por las bobinas y pérdidas originadas en dichas bobinas
- Eventuales Descargadores de Sobretensión Internos (ZnO)
- Shunts Magnéticos en el Tanque y Prensayugos
  - Ubicación



- Dimensiones
  - Inducción de trabajo a corriente nominal
- Tanque
  - Tipo
  - Dimensiones internas (ancho, largo, alto)
  - Refuerzos: ubicación y dimensiones
- Radiadores
  - Dimensiones (ancho, largo, “goose-neck”)
  - Número de elementos de cada radiador
  - Número de radiadores
  - Ubicación de los radiadores en el tanque
  - Diferencia de cotas entre el centro de los radiadores y el centro de la parte activa ( $\Delta h$ )
- Ventiladores (en caso que corresponda)
  - Fabricante y catálogo del fabricante
  - Diámetro
  - Caudal
  - Velocidad
  - Nivel de Ruido
  - Cantidad de ventiladores
  - Ubicación de los ventiladores
- Diagrama de Conexiones (con todos los detalles)

El fabricante deberá presentar, por lo menos, los valores calculados de:

- Cálculo exacto de la sección de los discos o elementos magnéticos
- Densidad de flujo de trabajo del núcleo (promedio de todos los discos o elementos magnéticos, promedio en cada disco y valor máximo en cada disco)
- Densidad de flujo de trabajo en los entrehierros (promedio de todos los entrehierros y promedio en cada entrehierro)
- Peso del núcleo desglosado en columna principal, yugos y columnas de retorno
- Pérdidas del núcleo a 90%, 95%, 100%, 105% y 110% de la tensión nominal
- Temperatura máxima y superficial de los elementos magnéticos o discos del núcleo a la tensión nominal y a la tensión máxima de servicio continuo ( $U_{max}$ )
- Temperatura máxima y superficial de los yugos y columnas de retorno del núcleo a la tensión nominal y a la tensión máxima de servicio continuo ( $U_{max}$ )

- Temperatura del tensor central de prensado de la columna principal del núcleo a la tensión nominal y a la tensión máxima de servicio continuo ( $U_{max}$ )
- Frecuencias de Resonancia mecánica de la columna principal del núcleo
- Frecuencias de Resonancia mecánica de los yugos y columnas de retorno del núcleo
- Frecuencias de Resonancia mecánica de las paredes del tanque
- Nivel de ruido presión y nivel de ruido potencia en ONAN
- Inductancia de núcleo de aire
- Característica tensión-corriente del reactor hasta la saturación completa del núcleo (2.5 p.u. de la tensión nominal)
- Corriente de Inrush y esfuerzos mecánicos de hoop-stress y compresión originados en la bobina del reactor por dicha corriente
- Pérdidas en carga del bobinado.

Las pérdidas deberán presentarse desglosadas en una tabla como la que se indica en el siguiente ejemplo:

For each of the following conditions:

- Case 1: 50/3 MVar, 500/ $\sqrt{3}$  kV, @ 75°C
- Case 2: 55.125/3 MVar, 525/ $\sqrt{3}$  kV (105%  $U_{nom}$ ), @ 75°C
- Case 3: 60.5/3 MVar, 550/ $\sqrt{3}$  kV ( $U_{max}$ ), @ 75°C
- Case 4: 66.125/3 MVar, 575/ $\sqrt{3}$  kV (115%  $U_{nom}$ ), @ 75°C

complete the following Table with the detailed calculated distribution of the load losses in kW:

		<b>Case 1</b>	<b>Case 2</b>	<b>Case 3</b>	<b>Case 4</b>
<i>Winding losses</i>	<i>RI2</i>				
	<i>EddyAx</i>				
	<i>EddyRd</i>				
<i>Core losses</i>	<i>Leg</i>				
	<i>Yokes</i>				
	<i>Return Legs</i>				
<i>Shunt losses</i>					
<i>Stray losses</i>					
<i>Total Losses</i>					

where:

*RI2* = ohmic losses in the windings

*EddyAx* = eddy current losses in winding conductors due to the axial leakage flux

*EddyRd* = eddy current losses in winding conductors due to the radial leakage flux

*Shunt losses* = losses in tank wall magnetic shunts

*Stray losses* = stray losses in tank, cover and structural parts due to leakage flux

- Verificación del dimensionado de los shunts magnéticos en tanque y prensayugos
- Verificación del dimensionado dieléctrico de los aislamientos externos e internos para todos los ensayos dieléctricos
- Verificación de la selección de los aisladores pasantes
- Factor de Hot Spot de cada una de las bobinas a la tensión nominal y a la tensión máxima de servicio continuo ( $U_{max}$ )
- Verificación del sistema de refrigeración calculando los aumentos de temperatura de Top Oil, aceite medio, temperatura media de bobinados y Hot Spot de la bobina a la tensión nominal y a la tensión máxima de servicio continuo ( $U_{max}$ )
- Verificación de la capacidad de sobrecarga (hasta 115%  $U_{nom}$ )
- Verificación del dimensionado del tanque de expansión o conservador
- Verificación del dimensionado mecánico de la tapa y del tanque validando la cantidad y dimensiones de los refuerzos utilizados
- Verificación del nivel de vibraciones del núcleo considerando el efecto de fatiga mecánica
- Verificación del nivel de vibraciones del tanque considerando el efecto de fatiga mecánica
- Verificación de la soportabilidad del tanque al arco interno
- Peso del núcleo, de la bobina, de la parte activa, del tanque, de la tapa, del tanque de expansión, de los radiadores y total
- Peso y dimensiones para transporte
- Volumen de aceite

Además, el fabricante deberá tener en cuenta que:

- La verificación por cálculo del aumento de temperatura del punto más caliente de las bobinas y del circuito magnético deberán cumplir con la Norma IEEE Std 1538-2000 "IEEE Guide for Determination of Maximum Winding Temperature Rise in Liquid-Filled Transformers" y estarán de acuerdo con los lineamientos del Technical Brochure N° 659 de Cigre

“Transformer Thermal Modelling”. Se admitirán únicamente modelos que utilicen circuitos termo-hidráulicos o elementos finitos (CFD = Computational Fluids Dynamics). Este estudio servirá asimismo para determinar la ubicación de los sensores de fibra óptica para medida directa de hot-spot del núcleo y de las bobinas, si corresponde.

- La verificación del diseño dieléctrico deberá realizarse para todos de los ensayos dieléctricos de tipo y de rutina especificados en la Norma IEC 60076-3, deberá en cada caso determinarse la distribución de tensión en las bobinas y a partir de dicha distribución de tensiones se calculará el campo eléctrico en los diferentes materiales verificándose que dicho campo sea inferior al valor de inyección de descargas parciales en el material. Para el cálculo del campo eléctrico en las regiones del transformador con campo eléctrico no uniforme deberá aplicarse el método de elementos finitos (FEM).

El fabricante deberá suministrar en formato AutoCad el dibujo completo de las bobinas y sus aislamientos para poder realizar la verificación del cálculo del campo eléctrico aplicando el método de elementos finitos (FEM).

El fabricante deberá informar las conexiones que utilizará en todos los ensayos dieléctricos de recepción en fábrica

- Para el dimensionado de los aislamientos entre bobinas (de una misma fase o entre fases) y entre bobinas y núcleo se utilizarán las curvas de diseño de Weidmann, para aceite desgasificado, aplicando para las diferentes pruebas dieléctricas los valores de DIL (Design Insulation Level) que se indican en la siguiente tabla o valores más conservadores:

	<b>DIL</b>
Chopped wave Impulse 1.2/50 $\mu$ s	<i>2.53</i>
Full wave Impulse 1.2/50 $\mu$ s (BIL)	<i>2.30</i>
Switching Impulse 250/2000 $\mu$ s (SIL)	<i>1.80</i>
1 minute, AC	<i>1.00</i>
1 hour, AC	<i>0.80</i>
AC operating voltage	<i>0.50</i>

El factor de seguridad mínimo admisible, definido como el cociente entre el valor soportado de acuerdo con las curvas de Weidmann y el valor calculado, será de 1.20.

- El tanque y sus elementos de alivio de presión serán aptos para resistir una sollicitación de falla interna, de acuerdo a las características especificadas,

con deformaciones permanentes, pero sin roturas que ocasionen el escape desordenado del aceite. Esto deberá verificarse mediante memoria de cálculo durante la revisión del diseño aplicando los criterios de la norma IEEE Std C57.156-2016 "Guide for Tank Rupture Mitigation of Liquid-Immersed Power Transformers and Reactors".

- El estudio de las vibraciones del tanque y el efecto de fatiga mecánica producido por las mismas se realizará siguiendo los lineamientos del trabajo presentado en el Transformer Colloquium del CIGRE realizado en Brujas en 2007: "Reactor Tank Vibrations in Relation to Sound Level and Mechanical Stress" cuyos autores son Jan Anger, Claes Bengtsson, Julia Forslin, Parameswaran Iyer y Edie DePaula.

Durante la revisión de diseño en fábrica se auditarán:

- los procesos de compra de materiales
- los proveedores de los materiales estratégicos
- las capacidades de producción
- las capacidades de diseño
- la fabricación del núcleo, principalmente las columnas bobinadas con gaps
- los restantes procesos de producción, en particular los procesos de bobinados y montaje y conexión de reactores similares a los que se suministrarán
- los procesos de secado, estabilización y prensado de las bobinas
- los procesos de secado final de la parte activa, el apriete final del prensado de las bobinas y llenado de aceite bajo vacío
- los ensayos de recepción en fábrica que se realizarán y los procedimientos y circuitos de prueba utilizados en los mismos

Formará parte de la información a entregar por el fabricante en esta instancia la siguiente documentación:

- Planos constructivos generales (para cada tipo de reactor):
  - Plano de dimensiones generales del reactor completo, con tablas de dimensiones y pesos. Referencias a accesorios y elementos constructivos.
  - Plano de dimensiones para transporte.
  - Plano de fundaciones.
  - Lay out de la parte activa
- Plano de la placa característica
- Planos de circuitos secundarios (planos funcionales)

- Planos del panel local (PL) y panel general local (PGL)
- Aisladores pasantes (para cada tipo empleado):
  - Información del fabricante (antecedentes, catálogos)
  - Plano del aislador con sus dimensiones, características eléctricas y mecánicas.
  - Certificados de ensayos de tipo
- Tratamiento de superficie
  - Esquema de pintura.
  - Certificados ensayos de tipo.
- Plan de ensayos
  - Esquemas de los circuitos de ensayo, valores de ensayo a aplicar y, cuando corresponda, los valores de referencia indicativos de resultado satisfactorio.
- Aceite
  - Información del fabricante:
    - Antecedentes
    - Catálogo identificando el que formará parte del suministro
    - Certificado de ensayo (independiente del que se entregará más adelante sobre el aceite propio del suministro).
- Papel aislante
  - Información del fabricante (antecedentes, catálogo)
  - Propiedades físico químicas.
- Conductores, materiales del núcleo, otros materiales aislantes.
  - Información de los fabricantes:
    - Antecedentes
    - Catálogos identificando los elementos específicos que forman parte del suministro
- Válvulas de sobrepresión, relé Bucholz, medidores de nivel de aceite, termómetros, transductores, borneras etc. (pueden ser entregados en una etapa posterior)

- Información de los fabricantes:
  - Antecedentes
  - Catálogos identificando los elementos específicos que forman parte del suministro

#### Manual de montaje, operación y mantenimiento

En una etapa posterior a la instancia de revisión del diseño el Contratista deberá preparar un Manual de Montaje, Operación y Mantenimiento, que servirá de guía durante la realización del trabajo de montaje y posteriormente para el personal de operación y mantenimiento.

Este Manual de instrucciones deberá describir en detalle e ilustrar el procedimiento para armado, ajuste y desmontaje de cada componente, sistema o aparato, así como el mantenimiento requerido por los mismos.

En particular, describirá el procedimiento para secado del transformador, forma de llenado de aceite para montaje, según las condiciones de sellado que se mantuvieron durante el transporte, así como la descripción del tratamiento del material celulósico durante mantenimiento. Se describirá detalladamente el procedimiento de llenado de aceite en el tanque de expansión. Asimismo se indicará los métodos de inspección y mantenimiento de la bolsa del tanque expansión de aceite del transformador.

Incluirá planos para montaje (desencubado) e izamiento de partes activas.

Asimismo tendrá la información de los valores de torque para cada componente específico.

El Manual será presentado a aprobación por lo menos 2 (dos) meses antes de la fecha de embarque del equipo, deberá estar en idioma español, y se entregaran dos copias por reactor de la versión definitiva.

Asimismo se incluirán planillas de cableado de todos los paneles involucrados.

## 12 Servicios

### 12.1 Ensayos en fábrica

Se tendrá en cuenta que todos los ensayos contarán con inspección de UTE, a tales efectos, el Contratista deberá notificar con al menos 30 (treinta) días de anticipación a U.T.E. para que un representante pueda estar presente, como parte de la notificación deberá constar un cronograma de actividad detallado día a día.

Los costos inherentes a los ensayos (a excepción de los gastos de supervisión del inspector de UTE), estarán a cargo del Contratista. En caso de ser necesario repetir ensayos, el contratista tomará a su cargo los costos de los ensayos casi como también los costos de supervisión por parte de los inspectores de UTE.

Si, a juicio de U.T.E., los materiales o las máquinas presentasen defectos o desviaciones respecto a lo prescrito en las presentes Especificaciones Técnicas, el Contratista deberá efectuar todas las modificaciones, reparaciones o sustituciones, a satisfacción de U.T.E.

Previo a la realización de los ensayos, estarán disponible para aprobación por UTE los certificados de los ensayos realizados por los respectivos fabricantes de:

- Aisladores pasantes
- Transformadores de corriente
- Aceite

Asimismo, los ensayos a realizarse sobre los reactores deberán contar con los aisladores pasantes que forman parte del suministro, instalados.

Los certificados de las pruebas realizadas sobre el resto de los accesorios (relés, válvulas de alivio de presión, transductores y medidores de temperatura, etc.), deberán estar disponibles para su revisión por el inspector de UTE.

Estarán de acuerdo a la sección 7.8 “Test” de la norma IEC 60076-6, adicionalmente a las consideraciones especificadas a seguir para cada tipo de ensayo.



### 12.1.1 Ensayos de rutina

Adicionalmente a los ensayos establecidos en la sección 7.8.2 “Routine test” de la norma IEC 60076-6, se realizará también como parte de los ensayos de rutina:

- Ensayos dieléctricos adicionales (de acuerdo a la última revisión de la norma IEC 60076-3):
  - Ensayos de impulso atmosférico de onda cortada (LIC) en todos los terminales de línea.
  - Ensayo de impulso de maniobra (SI).
  - Ensayos de impulso en el terminal de neutro (LIN).
  - Ensayo de tensión aplicada (AV).
  - Ensayo de aguante a la tensión AC sobre terminal de línea de 500 kV (LTAC).
  - El ensayo de tensión inducida de larga duración (IVPD) con medida de descargas parciales, se realizará de acuerdo al numeral 11.3 de la Norma IEC 60076-3, y el nivel máximo admisible de descargas parciales será de 150 pC con un nivel de fondo máximo de 50 pC.

Antes y después de los ensayos dieléctricos se tomaran muestras de aceite para análisis de gases disueltos, de igual forma a como descrito más abajo para el ensayo de elevación de temperatura.

- Determinación de la linealidad de la reactancia.  
Durante la instancia de revisión del diseño se determinará el valor máximo de la tensión de ensayo, el que será superior a la tensión máxima de operación.
- Medida de la característica magnética  
Hasta el 130% de la tensión máxima de operación.
- Ensayo de elevación de temperatura.

Procedimiento: de acuerdo a la norma IEC 60076-6, aunque extendiendo el ensayo por 24 h.

Durante estos ensayos se medirá adicionalmente la temperatura del punto más caliente del núcleo mediante los sensores de fibra óptica instalados a estos efectos.

Asimismo se tomarán muestras de aceite antes y después del ensayo (adicionales a las tomadas antes y después de los ensayos dieléctricos), sobre las cuales se realizarán análisis cromatográficos de gases disueltos en el aceite. En cuanto a procedimientos y límites recomendados se seguirá la Norma IEC61181:2007 "*Mineral oil- filled electrical equipment – Application of dissolved gas analysis (DGA) to factory tests on electrical equipment*" y el Amendement 1 de dicha norma publicado en 2012.

Dado el bajo nivel de gases que usualmente se generan en estos ensayos se deberá prestar especial atención a la toma de muestras de modo que las mismas sean representativas (Numeral 4.3 de la Norma IEC61181:2007).

- Medida de pérdidas próximo a la temperatura de referencia

- Resistencia de aislamiento y tensión aplicada entre:

Núcleo magnético – Elementos de fijación y soporte del núcleo.

Núcleo magnético – Tierra.

Elementos de fijación y soporte del núcleo - Tierra.

Procedimiento: Se medirá la resistencia de aislamiento con un megóhmetro de 2500 V, siendo la lectura mínima de 10 M $\Omega$  luego de 1 minuto de tensión aplicada. Para este ensayo se usaran los dos aisladores pasantes (uno para el núcleo y otro para los elementos de fijación y soporte) previstos.

- Ensayo de resistencia de aislamiento e índice de polarización de las bobinas respecto a tierra y, para los casos que corresponde, de las bobinas entre sí.

- Ensayo de factor de potencia de la aislación de acuerdo a ANSI C57-21.

- Ensayo de estanqueidad.

Procedimiento: Prueba de presión sobre el reactor completo lleno de aceite, con una presión manométrica de 70 kPa durante 24 horas o

103 kPa durante 6 horas, aplicada al tope del tanque para comprobar la estanqueidad.

- Ensayo de resistencia al vacío.  
Procedimiento: Estará de acuerdo a la sección 11.9 “Vacuum deflection test for liquid immersed transformers” de la norma IEC 60076-1, para soportabilidad a un vacío completo (100 Pa). Se realizará la medida de deflexión permanente, cuyos valores límites se definirán durante la instancia de revisión del diseño, pero que en ningún caso podrán ser mayores a 5 mm.
- Ensayo de resistencia a la sobrepresión.  
Procedimiento: Estará de acuerdo a la sección 11.10 “Pressure deflection test for liquid immersed transformers” de la norma IEC 60076-1. Se realizará la medida de deflexión permanente, cuyos valores límites se definirán durante la instancia de revisión del diseño, pero que en ningún caso podrán ser mayor a 5mm.
- Ensayo de medida de capacitancia y tangente delta de los aisladores pasantes (principal y sus tap´s secundarios). Este ensayo se hará antes de los ensayos dieléctricos, y se repetirá a posterior de los mismos.
- Medida de capacitancias parciales entre bobinados, y entre bobinados y tierra, con tensión aplicada de 10 kV. Este ensayo se hará antes de los ensayos dieléctricos, y se repetirá a posterior de los mismos.
- Ensayo de medida del porcentaje de humedad en el papel de aislación.  
Procedimiento: Se especifica un valor límite del 0.5% para medidas hechas sobre el reactor al final de los ensayos de recepción. El contenido de humedad del aislamiento celulósico se determinará midiendo el punto de rocío de acuerdo al Anexo C de la Norma IEEE C57.93-1995 “IEEE Guide for Instalation of Liquid-Immersed Power Transformers”.
- Ensayo de FRA (frequency response analysis).  
Procedimiento: Se hará en circuito abierto y cortocircuito. Se acordarán previamente con UTE las configuraciones a ensayar así como el equipo a utilizar para realizar el ensayo.

Se realizarán dos medidas en fábrica, la primera con el reactor completo con aceite, y la segunda con el reactor sin aceite inmediatamente antes de iniciar su transporte.

- Verificación del cableado y funcionalidad de tableros (PL y PGL), y de los accesorios (relés, válvulas de alivio de presión, indicadores de nivel de aceite, transductores de temperatura, monitores de temperatura, etc.).
- Ensayo de aislación de circuitos auxiliares (2 kV durante 1min.)
- Ensayos de rutina sobre los transformadores de corriente, de acuerdo a normas IEC 61869-1 y 61869-2, y ensayo de aislación (3 kV durante 1min.)
- Verificación del color, espesor y adherencia de la pintura, en tanque principal, tapa, tanque de expansión paneles, de acuerdo a los procedimientos previstos en la sección “Tratamiento de superficies” del Tanque principal. Asimismo se verificará del espesor del galvanizado para el caso de los radiadores.
- Para los casos que corresponda, se realizarán los ensayos de rutina (relación de transformación, impedancia de cortocircuito, medida de resistencia) asociados al devanado de media tensión.

Asimismo se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones complementarias respecto de los ensayos establecidos en la sección 7.8.2 “Routine test” de la norma IEC 60076-6:

- Ensayo de medidas de pérdidas: Para los casos que corresponda se incluirán las pérdidas en carga generadas por el secundario de media tensión. Se determinará la incertidumbre en la determinación de las pérdidas aplicando la norma IEC 60076-19.
- Ensayos dieléctricos: Se considerará que toda referencia a la norma IEC 60076-3 desde la norma IEC 60076-6, corresponderá a la última edición vigente de dicha norma.

### 12.1.2 Ensayos de tipo

Se realizarán todos los ensayos de tipo establecidos en la sección 7.8.3 “Type test” de la norma IEC 60076-6, para cada uno de los Tipos de reactores objeto de esta licitación (a excepción de los ensayos de calentamiento y dieléctricos que se harán como ensayos de rutina).

Adicionalmente como parte de estos ensayos se realizaran:

- Medida de las armónicas de corriente.

Asimismo se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones complementarias respecto de los ensayos establecidos en la sección 7.8.3 “Type test” de la norma IEC 60076-6:

- Medida de vibraciones: Se tomarán al menos 12 medidas en cada pared del tanque principal, se incluirá en el certificado un plano indicando los puntos de medida de vibraciones y los correspondientes valores. La amplitud de la vibración máxima pico a pico a la tensión máxima de operación en cualquier punto de las paredes del tanque o tapa no podrá superar los 100  $\mu\text{m}$ .

## 12.2 Preparación para embarque

Todas las superficies del equipo deberán ser preparadas para embarque marítimo (cuando corresponda). En particular las superficies metálicas maquinadas que no se pinten, serán cubiertas con una capa protectora. Esta capa resistirá la exposición al aire marino y podrá retirarse fácilmente a la llegada del material a destino.

### Retoque en sitio de la pintura aplicada en fábrica

Las superficies pintadas en fábrica que se dañen durante el viaje o el montaje, así como las uniones abulonadas o soldadas que se realicen en sitio, serán retocadas hasta adquirir el aspecto y calidad original. El Contratista incluirá en el suministro la cantidad de pintura necesaria para llevar a cabo esta operación.

### Tropicalización

Todos los materiales y equipos suministrados de acuerdo a las presentes Especificaciones Técnicas serán apropiados para ser transportados, depositados y operados bajo condiciones tropicales como alta temperatura y humedad, lluvias abundantes y ambiente propicio a la propagación de hongos.

El proceso de tropicalización se realizará de acuerdo con la mejor práctica comercial.

Las especificaciones de este capítulo se entienden orientativas, pudiendo el contratista proponer métodos alternativos, los cuales deberán contar con la aprobación de UTE.

### Metales

Las piezas pequeñas de hierro o acero (que no sean de acero inoxidable) de todos los instrumentos y equipo eléctrico, los núcleos de los electroimanes y las partes metálicas de los relés y otros mecanismos, serán tratadas para impedir la oxidación. Los núcleos u otros componentes laminados o aquellos elementos que no puedan ser tratados tendrán las partes expuestas cuidadosamente limpias y cubiertas completamente con esmalte, laca o compound.

Cuando sea preciso utilizar metales distintos en contacto, éstos deben elegirse en lo posible de forma tal que la diferencia de potencial entre ellos en la serie electroquímica no supere los 0.5 volts.

Si esto no es posible las superficies en contacto de uno o ambos metales serán cubiertas por electrodeposición o tratadas de manera de reducir la diferencia de potencial, o si es aplicable, los dos metales deben aislarse entre sí con un material aislante aprobado o una capa de barniz aislante.

### Tornillos, tuercas, resortes, pivotes, etc.

Los tornillos de acero, cuando se usen, serán cadmiados, cincados o cromados, o si esto no es posible por limitaciones de tolerancias, serán de acero resistente a la corrosión. Los tornillos para madera serán de bronce niquelado o con otra terminación apropiada.

Los tornillos de instrumentos (excepto aquellos que formen parte de un circuito magnético) serán de bronce. Los resortes serán de material inoxidable como bronce fosforoso o plata níquel, siempre que sea posible. Los pivotes y otras

partes para las cuales solo son apropiados materiales ferrosos serán de acero inoxidable.

#### Telas, corcho, papel, etc.

Las telas, corcho, papel y materiales similares que deban protegerse por impregnación deben tratarse apropiadamente con un fungicida.

No deben usarse telas impregnadas en aceite de linaza o barniz de aceite de linaza.

#### Adhesivos

Se elegirán especialmente aquellos que son inmunes a la humedad, moho y ataque de insectos. El cemento de resina sintética solo podrá usarse para unir madera. No se usará cemento de caseína.

#### Paneles

Todos los paneles que contienen equipos eléctricos serán tratados internamente con barniz especial anti-condensación y serán equipados con resistencias de calentamiento comandadas por termostatos.

### **12.3 Embalaje y embarque**

Durante el contrato y con anterioridad suficiente al embarque, el contratista deberá enviar a UTE para su aprobación la siguiente información: características constructivas de los embalajes (materiales, planos con dimensiones, peso, etc.), normas de referencia, instrucciones para el transporte (por ej.: si son aptos para el traslado mediante las uñas de un autoelevador), y condiciones para la estiba (por ej.: cantidad de cajones que se pueden apilar uno sobre otro). En caso que algún aspecto relacionado con el embalaje no resulte aceptable para UTE, no se dará la autorización para el embarque hasta que se acuerde con el contratista la solución.

Los reactores saldrán de fábrica con el armario adosado instalado, así como con todo su correspondiente cableado. En caso de que el contratista presente dificultades para preparar el transformador a embarcar de esta forma, deberá poner a consideración de UTE (dentro de los 60 días inmediatos a la firma del

contrato), una alternativa que garantice un montaje y cableados prácticos, marcando adecuadamente los cables, conectores, accesorios, etc. para evitar errores en el montaje.

El Contratista preparará y cargará todos los materiales para embarque de manera tal que estén protegidos durante el transporte y será responsable por cualquier daño que resulte de un embalaje inapropiado hasta la recepción.

No vendrán componentes de diferentes reactores en la misma caja.

El equipo se depositará a la intemperie en destino durante varios meses, por lo que deberá estar protegido apropiadamente.

Cuando resulte necesario, las partes pesadas vendrán montadas sobre trineos o encajonadas y los materiales que puedan perderse deben venir en cajones o en paquetes armados con flejes de acero y marcados en español para su fácil identificación.

Todas las partes que excedan los 100 kg de peso bruto se prepararán para embarque de manera que las eslingas para izado por grúa sean fácilmente colocadas cuando las partes están en un camión, trailer o sobre cubierta. Los puntos en que las eslingas deban ser colocadas estarán claramente indicados.

Las partes embaladas en cajas, cuando sea peligroso colocar las eslingas a las cajas, serán enviadas con eslingas atadas al equipo para poderlas manipular fácilmente.

Las partes eléctricas y las piezas mecánicas delicadas, que puedan sufrir daños por la humedad, se embalarán en envolturas selladas plásticas o de otro material apropiado, dentro de sus respectivos cajones.

Los cajones estarán claramente marcados y el contenido identificado para su apropiado almacenaje.

Las cajas que deban permanecer paradas se marcarán con flechas señalando el lado que debe quedar hacia arriba.

Se deberá tener especial cuidado para apilar los cajones o cajas, considerando el peso indicado para ello.

El embalaje deberá cumplir las normas internacionales en cuanto a calidad y robustez, guardando relación entre el equipo y el tipo de embalaje.

Se deberá contemplar embalajes que presenten facilidad de manejo y prever las correctas condiciones de traslado ya sea con autoelevador, grúas, etc.



Los repuestos deberán venir embalados por separado de los equipos y accesorios principales. A su vez los repuestos y accesorios deberán venir embalados de acuerdo a cada tipo de Transformador.

Cada embalaje deberá indicar de forma legible e indeleble (de acuerdo a Packing List):

- Descripción de los equipos
- Modelo
- Nro. de serie
- Nro. de bulto
- Identificación

## **12.4 Transporte**

El contratista deberá transportar los reactores desde fábrica hasta el destino final de los mismos así como realizar la descarga en sitio. A tales efectos deberá realizar a su cargo todos los trámites, autorizaciones, etc. asociados.

El lugar de entrega de los reactores tipo I será la Estación de Trasmisión Cardal, mientras que los reactores tipo II se entregarán cuatro en la Estación de Trasmisión Cardal y tres en la Estación de Trasmisión Palmar.

Los repuestos de todas las unidades serán almacenados en la estación de Trasmisión Cardal.

Es responsabilidad del Contratista la verificación en detalle de los límites de transporte (en peso y dimensiones) aceptables para las diversas vías de acceso a las Estaciones de Trasmisión Cardal y Estación de Trasmisión Palmar. A modo indicativo, se estima que bultos para transporte que no superen las 50 toneladas de peso, ni su altura supere los 4 metros bien como su ancho los 3.5m, estarían dentro de los límites aceptables.

Se fija en 2,5 g el valor límite de impacto en cada dirección, el mismo se verificará mediante la lectura de los registradores de impacto definidos en el punto siguiente.

Los arrollados no recubiertos de aceite vendrán transportados en una atmósfera de gas inerte. El fabricante asegurará la presión constante del gas mediante monitoreo y relleno a través de una bombona que compensará las eventuales pérdidas, y sus elementos de control (manómetros, etc.). El relleno de gas inerte se hará a través de una válvula situada en la tapa de la del tanque principal, esta válvula es exclusiva para este propósito.

El nivel del aceite aun contenido en del tanque principal será marcado en el exterior del tanque principal por medio de marcas de pintura que puedan ser removidas posteriormente.

El fabricante asegurará también una hermeticidad suficiente para evitar el ingreso de humedad y el agotamiento del gas.

Cada parte o componente individual deberá ser apropiadamente preparada para el despacho, itemizada y etiquetada. Cada ítem deberá ser nombrado, codificado y etiquetado por tamaño, tipo, número de plano o número de elemento y registrado en la planilla de embarque.

Las superficies pintadas en fábrica que se dañen durante el viaje o el montaje, así como las uniones abulonadas o soldadas que se realicen en sitio, serán retocadas hasta adquirir el aspecto y calidad original. El Contratista incluirá en el suministro la cantidad de pintura necesaria para llevar a cabo esta operación.

#### 12.4.1 Ensayo SFRA

El fabricante deberá realizar un ensayo SFRA a cada reactor en sitio inmediatamente luego de la descarga del equipo en sitio. En caso que el equipo de SFRA con el cual se realizaron las medidas en fábrica sea igual al equipo que posee UTE, la medida la podrá realizar UTE con su equipo. A los efectos de posibilitar la realización de este ensayo con inmediatez los reactores, durante el transporte, vendrán provistos de aisladores pasantes clase de aislación 1.1 kV conforme especificado en la sección “Aisladores pasantes”

Para evaluar e interpretar en forma objetiva la diferencia entre los ensayos de SFRA en fábrica e in situ se aplicará la Norma China Std. DL/T911- 2004 “Frequency Response Análisis on Windings Deformation of Power Transformers” o norma IEEE equivalente.

También se considerarán las recomendaciones de las normas IEC 60076-18 Edition 1.0 2012-07: "Power transformers – Part 18: Measurement of frequency

response" e IEEE Std C57.149-2012: "IEEE Guide for the Application and Interpretation of Frequency Response Analysis for Oil-Immersed Transformers"

#### 12.4.2 Registradores de impacto

Para el transporte de los reactores el contratista deberá prever y suministrar el equipamiento para el registro continuo de los movimientos de los transformadores. De esta forma se prevé chequear el estado de los transformadores durante el transporte desde fábrica hasta el destino final de los mismos. Por lo que una vez llegado a puerto y verificado el registro del mismo, se dejará nuevamente registrando hasta llegar a sus destinos correspondientes.

Serán del tipo electrónico, con capacidad de registro de hasta 3 meses, con estampa de tiempo real, equipado con GPS de modo de garantizar el registro exacto de posición y tiempos de impacto.

El contratista suministrará el software de los registradores y los respectivos conectores para extraer la información.

Se registrarán impactos en las tres direcciones: vertical (eje Oz) y horizontal (ejes ortogonales Ox y Oy).

El registrador de impactos estará de acuerdo con el numeral 6.1.3 (Impact recorders) de la norma IEEE C57.150-2012: "IEEE Guide for the Transportation of Transformers and Reactors Rated 10000 kVA or Higher"

El registrador irá adosado a cada transformador, protegido de golpes externos.

Contará con un manual explicativo para interpretar los registros tomados, en español con copia en inglés.

Si a su llegada al Uruguay se comprueba que el registrador de impacto no funcionó correctamente o se superó el valor límite de impacto especificados, UTE podrá exigir al fabricante una serie de ensayos, a determinar por UTE, a realizarse en sitio o en fábrica a los efectos de chequear el estado del transformador. Estos eventuales ensayos y todos sus costos asociados serán por cuenta del fabricante.

Los registradores de impacto serán propiedad del fabricante y la devolución de los mismos será responsabilidad del contratista, asumiendo los trámites y el costo que se requiere. UTE tendrá la responsabilidad de entregarlos al representante del contratista en Uruguay.

La entrega en diferentes etapas de los transformadores no puede quedar supeditada a la devolución de los registradores, en cuanto a plazos de entrega y cumplimiento del cronograma.

## 12.5 Supervisión de montaje

El montaje de los reactores debe contar con la supervisión del fabricante.

## 13 Tolerancias

Serán de aplicación las tolerancias establecidas en las Normas IEC.

En particular, para los reactores de línea la tolerancia de  $\pm 5\%$  en la reactancia será aplicable hasta el 130% de la tensión máxima de operación.

Las pérdidas de los reactores a tensión, corriente y frecuencia nominal, y a una temperatura de 75 °C, no deberán superar los siguientes valores:

Tipo I: 54 kW

Tipo II: 65 kW

Si la diferencia entre estos valores y los determinados en los ensayos supera el valor de tolerancia establecido en las Normas IEC, UTE podrá rechazar los reactores.

## **14 Documentación Técnica**

### **14.1 A presentar en la propuesta de suministro**

- Plazos de entrega.
- Antecedentes de venta de al menos 50 de reactores de línea con al menos dos años en servicio. Fabricados en el mismo taller que los ofrecidos en esta licitación, y con las siguientes características:
  - Sumergidos en aceite y del tipo “gapped core”
  - Unidades monofásicas o trifásicas, en el primer caso de potencia no inferior a 16.7 MVA y en el segundo no inferior 50 MVA.
  - Nivel de aislación al impulso atmosférico no inferior a 1550 kV pico.

Estos antecedentes deberán estar debidamente documentados por medio de cartas de los clientes, con la información indicada arriba y nombre de contacto.

- Tablas de datos garantizados completas.
- Plano preliminar del equipo completo indicando dimensiones principales y pesos.
- Carta declarando el cumplimiento de estas especificaciones técnicas con sus eventuales desvíos a la misma y observaciones que le fabricante entienda pertinente aclarar.

### **14.2 A presentar luego de aprobado el proveedor**

Una vez aprobado el proveedor, el contratista suministrará a UTE para su aprobación, la siguiente documentación:

- Cronograma de todo el proceso, desde el inicio de fabricación, hasta la descarga en sitio.

- Toda la información solicitada en la sección “Instancia de Revisión del Diseño”.
- Fotos de las diferentes etapas del proceso de fabricación (a indicar por UTE durante el contrato).
- Certificados de ensayo de aceite, aisladores pasantes, transformadores de corriente y accesorios, a presentar previamente a los ensayos de recepción.
- Cronograma día a día de las actividades previstas en ocasión de los ensayos en fábrica.
- Carta invitación para los ensayos de recepción.
- Manual de montaje, operación y mantenimiento
- Planillas de cableado

## 15 Tabla de datos garantizados

Estas tablas representan únicamente datos básicos de diseño, no exime el contratista del cumplimiento de la totalidad de los requerimientos de estas especificaciones.



## 15.1 Reactor líneas tipo I

<b>Datos generales del fabricante</b>		
Fabricante		
País de origen del taller de fabricación del equipo principal		
<b>Valores nominales</b>		
Potencia nominal ONAN	MVA <sub>r</sub>	
Tensión nominal de operación	kV <sub>rms</sub>	
Tensión máxima de operación	kV <sub>rms</sub>	
Frecuencia nominal	Hz	
Reactancia nominal	Ω	
Pérdidas a tensión, corriente y frecuencia nominal, y a una temperatura de 75 °C,	kW	
Nivel de aislación a impulso atmosférico:	kV	
Fase	cresta	
Neutro		
Nivel de aislación a impulso de maniobra:	kV	
Fase	cresta	
Nivel de aislación a 50 Hz	kV <sub>rms</sub>	
Fase		
Neutro		
Distancia entre aislador pasante fase 500 kV y otros aisladores pasantes	mm	
Distancia entre aislador pasante neutro y aisladores pasantes del secundario MT	mm	
Impedancia primario-secundario a 75 °C y potencia base 30/3 MVA <sub>r</sub>	%	
<b>Característica magnética (Curva V-A)</b>		
Límite comportamiento Volt-Ampere lineal	% de U <sub>max</sub>	
Reactancia saturada	%	
<b>Límites máximos de elevación de temperatura</b>		
Límite de elevación de temperatura para el líquido aislante (top-oil)	°K	
Límite de elevación de temperatura media de los devanados medida por resistencia	°K	
Límite de elevación de temperatura máxima (hot-	°K	

spot) de los devanados		
Límite de elevación de temperatura para las partes del circuito magnético <u>en contacto</u> con aislamiento derivado de la celulosa	°K	
Límite de elevación de temperatura para las partes del circuito magnético <u>que no están en contacto</u> con aislamiento derivado de la celulosa	°K	

<b>Datos particulares del secundario del reactor</b>		
Potencia nominal	kVA	
Tensión nominal	kV <sub>rms</sub>	
Tensión máxima de operación	kV <sub>rms</sub>	
Nivel de aislación, onda de rayo Fase Neutro	kV cresta	
Nivel de aislación a 50 Hz Fase Neutro	kV <sub>rms</sub>	
Distancia entre aisladores pasantes	mm	

## 15.2 Reactor de línea tipo II

Datos generales del fabricante		
Fabricante		
País de origen del taller de fabricación del equipo principal		
Valores nominales		
Potencia nominal ONAN	MVA <sub>r</sub>	
Tensión nominal de operación	kV <sub>rms</sub>	
Tensión máxima de operación	kV <sub>rms</sub>	
Frecuencia nominal	Hz	
Reactancia nominal	Ω	
Pérdidas a tensión, corriente y frecuencia nominal, y a una temperatura de 75 °C.	kW	
Nivel de aislación a impulso atmosférico:	kV	
Fase	cresta	
Neutro		
Nivel de aislación a impulso de maniobra:	kV	
Fase	cresta	
Nivel de aislación a 50 Hz	kV <sub>rms</sub>	
Fase		
Neutro		
Distancia entre aislador pasante fase 500 kV y otros aisladores pasantes	mm	
Característica magnética (Curva V-A)		
Límite comportamiento Volt-Ampere lineal	% de U <sub>max</sub>	
Reactancia saturada	%	
Límites máximos de elevación de temperatura		
Límite de elevación de temperatura para el líquido aislante (top-oil)	°K	
Límite de elevación de temperatura media de los devanados medida por resistencia	°K	
Límite de elevación de temperatura máxima (hot-spot) de los devanados	°K	
Límite de elevación de temperatura para las partes del circuito magnético <u>en contacto</u> con aislamiento derivado de la celulosa	°K	
Límite de elevación de temperatura para las partes del circuito magnético <u>que no están en contacto</u> con	°K	

aislamiento derivado de la celulosa		
-------------------------------------	--	--

## REACTORES DE NEUTRO

### 16 Características en relación al diseño e instalación

El reactor de neutro será del tipo sumergido en aceite de núcleo de hierro y tipo pedestal.

Serán diseñados y construidos de acuerdo a las Normas IEC en vigencia en particular IEC 60076-6.

#### Características generales

- Estarán diseñados para llevar la corriente de corta duración especificada cumpliendo con las condiciones térmicas indicadas en IEC60076-5.
- Estarán diseñados para funcionar sin sufrir daños ni sobrecalentamientos excesivos en un sistema cuya frecuencia nominal es  $50 \pm 0.2$  Hz, y en el que pueden ocurrir variaciones de frecuencia transitorias de hasta  $\pm 2$  Hz durante 10 segundos, y  $+3/-2,5$  Hz durante 3 segundos.

#### Características particulares

- Estarán diseñados para llevar la corriente nominal continua en condiciones análogas a las indicadas más arriba para los reactores de línea.
- Refrigeración tipo ONAN
- Deberá mantener las características de linealidad Volt-Ampere hasta una tensión de 75,6 kVrms entre terminales.
- Se acepta incorporar las señales asociadas a los reactores de neutro al panel remoto de los reactores de línea.

## 17 Valores nominales

Datos generales del fabricante		
Fabricante		
País de origen del taller de fabricación del equipo principal		
Impedancia nominal	$\Omega$	1350
Resistencia máxima d.c, a 75 °C	$\Omega$	50
Corriente nominal continua, $I_r$	$A_{rms}$	12
Refrigeración		ONAN
Corriente nominal de corta duración, $I_{STr}$	$A_{rms}$	56
Tiempo de la corriente nominal de corta duración, $T_{STr}$	s	10
Nivel de aislación lado reactor de línea, onda de rayo	$kV_{cresta}$	325
Nivel de aislación lado reactor de línea, a 50 Hz	$kV_{rms}$	140
Nivel de aislación lado tierra, a 50 Hz	$kV_{rms}$	38
Comportamiento Volt-Ampere lineal entre terminales	$kV_{rms}$	75.6

## 18 Aisladores pasantes

Estarán de acuerdo a la norma IEC 60137.

El aislador pasante asociado al terminal del lado reactor de línea del reactor de neutro, serán de tipo a condensador con envoltente de porcelana. Estará provisto de tomas de prueba (test tap) a los efectos de los ensayos de medidas de descargas parciales, los valores de capacitancia y tangente delta de estas tomas de prueba no podrán exceder los valores recomendado por la norma IEC 60137.

En todos los casos la porcelana usada debe ser homogénea y exenta de cualquier defecto. El esmalte será de color marrón y resistente a la intemperie.

Se tendrá en cuenta que para los ensayos en fábrica se deberán utilizar los aisladores que forman parte del suministro. No es aceptable utilizar otros.

Los aisladores tendrán las características del cuadro a seguir:

Reactor de neutro	Tensión Nominal KV	Ensayo a 50Hz 1min kV (seco)	Ensayo a 50Hz 1min kV (húmedo)	Ensayo Impulso 1.2/50 $\mu$ s kV cresta	Corriente Nominal A	Línea de fuga min. mm	Esfuerzo cantilever N	
							Operación	Ensayo
Lado reactor de línea	72,5	155	140	325	100	1813	1000	2000
Lado tierra	17,5	42	38	95	100	438	500	1000

Para el esfuerzo cantilever se consideró Level II (heavy load) de acuerdo con la norma IEC 60137

Las corrientes de corta duración las propondrá el contratista, calculándolas en las mismas condiciones que se especificaron para el aguante al cortocircuito del reactor.

Obs.: Corriente térmica y dinámica conforme IEC 60137 y IEC 60076-5.

## 19 Transformadores de corriente tipo bushing

El contratista suministrará transformadores de corriente tipo “bushing” para todas las restantes funciones de protección y medida asociadas a los reactores de neutro.

Las características de los transformadores será la siguiente:

- 2 (dos) TI para protección, 100-50/1A, 5P20, 30VA, gama extendida 150%, clase 72kV
- 1 (un) TI para medida 100-50, demás características se definirán durante el contrato.

## 20 Ensayos

Se realizarán los ensayos de rutina y tipo previstos respectivamente en las secciones 8.9.2 y 8.9.3 de la norma IEC 60076-6. Durante el contrato, y en función de las características de los reactores a suministrar, UTE podrá solicitar la realización de ensayos especiales, de acuerdo a la sección 8.9.4 de la norma IEC 60076-6.

## 21 Consideraciones adicionales

### 21.1 Accesorios

En general contarán con:

- Elementos de izamiento
- Placa de características en español y con caracteres indelebles, según IEC 60076-6. Adicionalmente a la información prevista en la norma, se debe incluir también la elevación de temperatura máxima admisible.



Para el caso de reactores de neutro sumergidos en aceite, contarán con:

- Tanque de expansión con secador de aire con material higroscópico no cancerígeno (del tipo naranja”) renovable y sello de aceite.
- Relé Buchholz con contactos para disparo y alarma
- Termómetro de cuadrante con contacto de alarma y disparo
- Nivel de aceite con contacto de alarma y disparo
- Válvula de sobrepresión
- Válvula para drenaje de aceite
- Válvula para toma de muestras
- Conexiones de llenado y vaciado para la máquina de tratamiento de aceite
- Bornes para puesta a tierra

## **21.2 Tratamiento de superficies**

Para el caso de reactores sumergidos en aceite, se adoptará el mismo criterio y procedimientos a los indicados para los reactores de línea.

## **21.3 Aceite**

Para el caso de reactores sumergidos en aceite, el aceite estará de acuerdo al especificado para el caso de los reactores de línea.

## **22 Preparación para embarque, embalaje y transporte**

En lo que corresponda estará de acuerdo a lo especificado para los reactores de línea.

El lugar de entrega de los reactores de neutro, será: cuatro reactores en la estación de Trasmisión Cardal, y uno en la Estación de Trasmisión Palmar.

Los repuestos de todas las unidades serán almacenados en la estación de Trasmisión Cardal.

## 23 Repuestos

Se suministrarán los repuestos indicados en la tabla de precios.

## 24 Tabla de datos garantizados reactores de neutro

Impedancia nominal	$\Omega$	
Resistencia máxima d.c, a 75 °C	$\Omega$	
Corriente nominal continua, $I_r$	$A_{rms}$	
Refrigeración		
Corriente nominal de corta duración, $I_{STr}$	$A_{rms}$	
Tiempo de la corriente nominal de corta duración, $T_{STr}$	s	
Nivel de aislación lado reactor de línea, onda de rayo	$kV_{cresta}$	
Nivel de aislación lado reactor de línea, a 50 Hz	$kV_{rms}$	
Nivel de aislación lado tierra, a 50 Hz	$kV_{rms}$	
Comportamiento Volt-Ampere lineal entre terminales	$kV_{rms}$	