

## Especificaciones Técnicas de Transformador de Poder Trifásico 230(154)-69-14,8 kV y 60-75 MVA con CDBC

Código: NT.CGEx.PC.CTX.012.2023

Edición: 2

	Responsable
Elaborado	Subgerente Diseño Técnico Económico Tx D. NELSON ANTILLANCA ESPINA
Revisado	Gerente Construcción Transmisión D. CHRISTIAN OLAVE TORRES
Aprobado	Director Planificación y Construcción de la Red D. EDUARDO GOMEZ TAMAYO
Registros de aprobación en el Gestor Documental de Normativa	

## **TABLA DE CONTENIDOS**

1.	Objeto	4
2.	Alcance	4
3.	Documentos de referencia	4
4.	Definiciones	4
5.	Responsabilidades	7
6.	Desarrollo	7
6.1	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	7
6.1.1	Condiciones de servicio	7
6.1.2	características del sistema eléctrico	7
6.1.3	características generales del transformador	8
6.1.4	Aspectos constructivos generales	17
6.1.5	Estanque y accesorios	19
6.1.6	Núcleo y enrollados	25
6.1.7	Equipo de refrigeración forzada	28
6.1.8	Relés e instrumentos	30
6.1.9	Control y auxiliares	31
6.1.10	Bushings	33
6.1.11	Transformadores de corriente (TTCC)	35
6.1.12	Aceite aislante	38
6.1.13	Cambiador de derivaciones con carga	41
6.2	ENSAYOS DE RECEPCIÓN	47
6.3	EXTENSIÓN DEL SUMINISTRO	58
6.3.1	General	58
6.3.2	Detalle del suministro	59
6.3.3	Repuestos y herramientas	59
6.3.4	Información a incluir en la oferta	59
6.3.5	Información a suministrar después de colocada la orden de compra	60
7.	Registros y datos. Formatos aplicables	62
8.	Relación de Anexos	62
	Anexo 00: Histórico de ediciones	63
	Anexo 01: Condiciones generales del suministro	64
A1.1	PÉRDIDAS GARANTIZADAS	64

A1.2 GARANTÍAS

64

A1.3 EMBALAJES Y MARCAS

65

## 1. Objeto

Establecer las especificaciones técnicas de Transformadores de Poder de 230(154)-69-14,8 kV y 60-75 MVA.

## 2. Alcance

Estas especificaciones cubren el suministro de un transformador de poder trifásico para ser utilizados en subestaciones receptoras de bajada. El suministro considera el transformador propiamente tal, su contenido normal de aceite más un excedente de 3%, el cambiador de derivaciones bajo carga, los equipos de control asociados, el sistema de refrigeración, los bushings, los accesorios, los elementos de anclaje y los repuestos que se detallan más adelante.

## 3. Documentos de referencia

En todos los aspectos no señalados específicamente, los transformadores deberán ser diseñados, fabricados y probados conforme a las indicaciones establecidas en las ediciones más recientes de las normas IEC 44-1, 60-1, 60-2, 60076 (serie completa), 60137, 60214, 60354, 60542, 600606 y 60554. Para todos aquellos aspectos no mencionados en las normas citadas, se aplicará la serie completa de la norma ANSI C57 en su última edición.

Junto con lo anterior, el fabricante deberá contar con un sistema de calidad ISO 9001 en los aspectos de diseño, construcción ensayos y servicios de venta y postventa.

## 4. Definiciones

**AT:** Alta Tensión

**Armónicas de Corriente:** Componentes sinusoidales presentes en la forma de onda de la corriente, cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental de 50 [Hz], caracterizados por su respectiva amplitud y fase.

**Armónicas de Tensión:** Componentes sinusoidales presentes en la forma de onda de la tensión, cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia fundamental de 50 [Hz], caracterizados por su respectiva amplitud y fase.

**Analizador de Gases:** Dispositivo que permite obtener información de la condición del aceite del transformador, con la finalidad de hacer seguimiento a la evolución de la concentración de los gases, para el diagnóstico del estado de la parte activa del transformador.

**BT:** Baja Tensión

**BIL:** Nivel Básico de Aislamiento (tensión soportada para impulso tipo rayo).

**CA:** Corriente Alterna

**CC:** Corriente continua

**CDBC:** Cambiador de Derivaciones Bajo Carga

**Especificación ETGI 1.020 de INGENDESA:** Especificaciones Técnicas Generales. Requisitos de Diseño Sísmico para Equipos Eléctricos. Establece las bases generales que se deberán cumplir para el diseño sísmico de equipos mecánicos y eléctricos y sus respectivas estructuras soportantes, anclajes, conexiones y cimentaciones.

**kV:** Kilo Volts

**kA:** Kilo Ampere.

**kW:** Kilo Watts

**kVAr:** Kilo Volts Amperes Reactivos

**Memoria de Cálculo de Cortocircuitos:** Documento que demuestra de manera analítica que el transformador no sufrirá daños debido a esfuerzos mecánicos o elevaciones de temperatura excesivas, durante la ocurrencia de un cortocircuito al cual pueda estar sometido.

**Memoria de Cálculo Sísmico:** Documento que demuestra de manera analítica que el transformador de poder no sufrirá daños por esfuerzos mecánicos durante la ocurrencia de un sismo al cual pueda estar sometido, de acuerdo a las exigencias establecidas en la Especificación ETGI 1.020 de INGENDESA.

**MVA:** Mega Volts Amperes

**Norma Técnica de Seguridad y Calidad de Servicio (NTSyCS):** Conjunto de exigencias mínimas de Seguridad y Calidad de Servicio asociadas al diseño de las instalaciones y a la coordinación de la operación de los sistemas eléctricos que operan interconectados, según lo establece la Ley General de Servicios Eléctricos de la República de Chile.

**ONAN:** Régimen de potencia que considera la ventilación natural de un transformador de poder (ventiladores no funcionando).

**ONAF:** Régimen de potencia que considera la ventilación forzada de un transformador de poder (ventiladores funcionando).

**Pararrayos:** Dispositivo de protección utilizado para proteger un transformador o instalación eléctrica, de sobretensiones causadas debido a la caída de rayos.

**Regulador de Voltaje:** Dispositivo utilizado para mantener constante el voltaje de salida de un transformador de poder que posee cambiador de derivaciones bajo carga (CDBC). Compara el voltaje medido del transformador con un voltaje objetivo definido. La diferencia entre ambos representa la desviación a controlar.

**Relé de Protección:** Dispositivo físico, o elemento funcional de éste, encargado de detectar un determinado tipo de falla o condición anormal de un equipo o instalación eléctrica mediante el análisis y procesamiento de variables medidas en ellos, con la capacidad de decidir un cambio de estado en su salida según un criterio pre-establecido.

**Respuesta de Frecuencia (SFRA):** Técnica de diagnóstico que consiste en medir la impedancia del enrollado de un transformador, en un amplio rango de frecuencias, con la finalidad verificar la integridad mecánica del equipo después del transporte, para confirmar que el núcleo, los enrollados y sus estructuras de sujeción no sufrieron ningún daño mecánico debido a movimientos bruscos ocurridos durante el traslado.

**SCADA:** Sistema de Control de Supervisión y Adquisición de Datos. Se refiere a un sistema que recoge datos de campo a través de diferentes sensores los cuales se conectan a una estación maestra en una subestación o en otras ubicaciones remotas y luego envía estos datos a un computador central a través de un sistema de comunicaciones que los gestiona y controla.

**Transformador de Corriente:** Transformador de medida que se utiliza para reflejar una corriente alterna, generalmente de alta magnitud, existente en el enrollado primario, a una corriente alterna de baja magnitud en el enrollado secundario, con la finalidad de que esta última pueda ser utilizada en dispositivos de control, protección y medición.

**Transformador de Poder:** Máquina eléctrica estática que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro mediante inducción electromagnética. Los transformadores pueden aumentar (pasar a alta tensión) o disminuir (pasar a baja tensión) los niveles de tensión de un sistema eléctrico sin modificar su frecuencia.

**Transformador de Potencial:** Transformador de medida que se utiliza para reflejar un voltaje alterno, generalmente de alta magnitud, existente en el enrollado primario,

a un voltaje alterno de baja magnitud en el enrollado secundario, con la finalidad de que este último pueda ser utilizado en dispositivos de control, protección y medición.

## 5. Responsabilidades

### 5.1 Diseño Técnico Económico Tx

Realizar las actualizaciones pertinentes a este documento según se requiera.

## 6. Desarrollo

### 6.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

#### 6.1.1 Condiciones de servicio

El transformador deberá diseñarse para operar a la intemperie bajo las siguientes condiciones ambientales:

- a) Temperatura ambiente, máxima: 40 °C
- b) Temperatura ambiente, mínima: -25 °C
- c) Temperatura ambiente media diaria, máxima: 30 °C
- d) Temperatura ambiente media anual, máxima: 20 °C
- e) Altura máxima sobre el nivel del mar: 1.000 m
- f) Precipitación media anual: 1.500 mm
- g) Presión máxima del viento: 700 N/m<sup>2</sup>
- h) Contaminación según IEC-815 : Nivel e (31 mm/kVf-f)
- i) Condiciones sísmicas conforme a Especificación de INGENDESA ETGI-1.020.

#### 6.1.2 características del sistema eléctrico

El transformador operará como un transformador de bajada conectado a un sistema eléctrico de las siguientes características:

- a) Número de fases : 3
- b) Frecuencia : 50 Hz
- c) Voltaje nominal entre fases sistema 220 kV : 230 kV
- c) Voltaje nominal entre fases sistema 66 kV : 69 kV
- d) Banda de variación de voltaje sistema 220 kV : 207-253 kV
- e) Banda de variación de voltaje sistema 154 kV : 138-169 kV
- f) Nivel de cortocircuito en el sistema 220 kV : 20.000 MVA
- g) Nivel de cortocircuito en el sistema 66 kV : 5.000 MVA

- h) Neutro de los sistemas de 220 y 154 kV puestos sólidamente a tierra en el secundario del transformador de la subestación aguas arriba y neutro de sistema 66 kV puesto sólidamente a tierra.
- i) Sistema eléctrico expuesto a descargas atmosféricas.

### 6.1.3 características generales del transformador

El transformador deberá tener las siguientes características básicas:

#### 6.1.3.1 Tipo

Tipo núcleo, de tres piernas, trifásico, 50 Hz, de 3 enrollados concéntricos, sumergido en aceite mineral que actuará como medio aislante y de refrigeración y que deberá cumplir con las características definidas en el párrafo 6.1.12.

#### 6.1.3.2 Preservación del Aceite

Tipo conservador (estanque de expansión) conforme lo especificado en el párrafo 6.1.5.1.

#### 6.1.3.3 Voltajes y Conexión

El transformador tendrá tres (3) enrollados de los siguientes voltajes, definidos según IEC 60076-3:

##### a) Enrollado primario (P):

Este enrollado primario estará provisto de un cambiador de derivaciones bajo carga como el descrito en el párrafo 6.1.15 que proveerá de una regulación para la conexión 1 (230 kV) de  $\pm 10\%$  en  $\pm 10$  saltos de 1,0 % cada uno y para la conexión 2 (154 kV) de  $\pm 15\%$  en  $\pm 10$  saltos de 1,5 % cada uno. De esta forma el transformador tendrá las 21 relaciones de voltaje en vacío que se indican en las Tablas 1 y 2.

##### Conexión 1 de primario

- Voltaje máximo ( $U_m$ ) : 245.000 Volts
- Voltaje nominal : 230.000
- Conexión : Estrella con neutro accesible

##### Conexión 2 de primario

- Voltaje máximo (Um) : 170.000 Volts
- Voltaje nominal : 154.000
- Conexión : Estrella con neutro accesible

Este enrollado deberá ser del tipo reconectable, mediante mecanismo de operación sin tensión de manera de obtener 220 kV o 154 kV, según sea el caso. Esta reconexión se realizará por medio de un mecanismo accionado desde el exterior, que deberá contar con un enclavamiento mecánico con candado.

b) Enrollado secundario (S):

- Voltaje máximo (Um) : 72.500 Volts
- Voltaje nominal : 69.000 Volts
- Conexión : Estrella con neutro accesible

c) Enrollado terciario (T):

- Voltaje máximo (Um) : 17.500 Volts
- Voltaje nominal : 14.800 Volts
- Conexión : Delta con vértices accesibles

Este enrollado terciario se utilizará para conectar un banco de condensadores de 25 MVar y estará diseñado para soportar conexiones y desconexiones periódicas de dicho banco.

El transformador deberá ser capaz de entregar simultáneamente la potencia nominal de sus tres enrollados cuando la carga conectada al terciario sea 100% capacitiva.

#### 6.1.3.4 Relación de Fases y Polaridad

La tensión primaria deberá estar en fase con la tensión secundaria y a su vez adelantada en 30 grados eléctricos respecto de la tensión terciaria, lo que corresponde a conexión YNyn0d1 según nomenclatura IEC 60076-4. La polaridad será sustractiva.

#### 6.1.3.5 Impedancias

Las impedancias porcentuales entre enrollados, referidas a 60 MVA, 75°C, 50 Hz, con el cambiador de derivaciones bajo carga en la posición 11, deberán estar comprendidas entre los siguientes rangos:

$$\begin{array}{rclclcl} 9,0 \% & \leq & Z_{PS} & \leq & 11,0 \% \\ 16,0 \% & \leq & Z_{PT} & \leq & 20,0 \% \\ 5,0 \% & \leq & Z_{ST} & \leq & 7,0 \% \end{array}$$

#### 6.1.3.6 Potencias Nominales

- a) El transformador deberá proporcionar continuamente, operando en cualquier posición del cambiador bajo carga, bajo las condiciones ambientales detalladas en el párrafo 6.1.1, sin exceder las elevaciones de temperaturas indicadas en la Tabla 3, las potencias nominales que allí se señalan.

**Tabla 1.1**  
**Características para Régimen ONAN (65°C)**  
**Conexión 1, 230/69 kV**

Pos.	Ka (%)	N	VOLTAJES			CORRIENTES			POTENCIAS		
			Volts			Amperes			MVA		
			P	S	T	P	S	T	P	S	T
1	110,00	3,667	253.000	69.000	14.800	136,92	502,04	780,20	60	60	20
2	109,00	3,633	250.700	69.000	14.800	138,18	502,04	780,20	60	60	20
3	108,00	3,600	248.400	69.000	14.800	139,46	502,04	780,20	60	60	20
4	107,00	3,567	246.100	69.000	14.800	140,76	502,04	780,20	60	60	20
5	106,00	3,533	243.800	69.000	14.800	142,09	502,04	780,20	60	60	20
6	105,00	3,500	241.500	69.000	14.800	143,44	502,04	780,20	60	60	20
7	104,00	3,467	239.200	69.000	14.800	144,82	502,04	780,20	60	60	20
8	103,00	3,433	236.900	69.000	14.800	146,23	502,04	780,20	60	60	20
9	102,00	3,400	234.600	69.000	14.800	147,66	502,04	780,20	60	60	20
10	101,00	3,367	232.300	69.000	14.800	149,12	502,04	780,20	60	60	20
<b>11</b>	<b>100,00</b>	<b>3,333</b>	<b>230.000</b>	<b>69.000</b>	<b>14.800</b>	<b>150,61</b>	<b>502,04</b>	<b>780,20</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>20</b>
12	99,00	3,300	227.700	69.000	14.800	152,13	502,04	780,20	60	60	20
13	98,00	3,267	225.400	69.000	14.800	153,69	502,04	780,20	60	60	20
14	97,00	3,233	223.100	69.000	14.800	155,27	502,04	780,20	60	60	20
15	96,00	3,200	220.800	69.000	14.800	156,89	502,04	780,20	60	60	20
16	95,00	3,167	218.500	69.000	14.800	158,54	502,04	780,20	60	60	20
17	94,00	3,133	216.200	69.000	14.800	160,23	502,04	780,20	60	60	20
18	93,00	3,100	213.900	69.000	14.800	161,95	502,04	780,20	60	60	20
19	92,00	3,067	211.600	69.000	14.800	163,71	502,04	780,20	60	60	20
20	91,00	3,033	209.300	69.000	14.800	165,51	502,04	780,20	60	60	20
21	90,00	3,000	207.000	69.000	14.800	167,35	502,04	780,20	60	60	20

**Tabla 1.2**  
**Características para Régimen ONAF (65°C)**  
**Conexión 1, 230/69 kV**

Pos.	Ka (%)	N	VOLTAJES			CORRIENTES			POTENCIAS		
			Volts			Amperes			MVA		
			P	S	T	P	S	T	P	S	T
1	110,00	3,667	253.000	69.000	14.800	171,15	627,55	975,25	75	75	25
2	109,00	3,633	250.700	69.000	14.800	172,72	627,55	975,25	75	75	25
3	108,00	3,600	248.400	69.000	14.800	174,32	627,55	975,25	75	75	25
4	107,00	3,567	246.100	69.000	14.800	175,95	627,55	975,25	75	75	25
5	106,00	3,533	243.800	69.000	14.800	177,61	627,55	975,25	75	75	25
6	105,00	3,500	241.500	69.000	14.800	179,30	627,55	975,25	75	75	25
7	104,00	3,467	239.200	69.000	14.800	181,03	627,55	975,25	75	75	25
8	103,00	3,433	236.900	69.000	14.800	182,78	627,55	975,25	75	75	25
9	102,00	3,400	234.600	69.000	14.800	184,57	627,55	975,25	75	75	25
10	101,00	3,367	232.300	69.000	14.800	186,40	627,55	975,25	75	75	25
<b>11</b>	<b>100,00</b>	<b>3,333</b>	<b>230.000</b>	<b>69.000</b>	<b>14.800</b>	<b>188,27</b>	<b>627,55</b>	<b>975,25</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>25</b>
12	99,00	3,300	227.700	69.000	14.800	190,17	627,55	975,25	75	75	25
13	98,00	3,267	225.400	69.000	14.800	192,11	627,55	975,25	75	75	25
14	97,00	3,233	223.100	69.000	14.800	194,09	627,55	975,25	75	75	25
15	96,00	3,200	220.800	69.000	14.800	196,11	627,55	975,25	75	75	25
16	95,00	3,167	218.500	69.000	14.800	198,18	627,55	975,25	75	75	25
17	94,00	3,133	216.200	69.000	14.800	200,28	627,55	975,25	75	75	25
18	93,00	3,100	213.900	69.000	14.800	202,44	627,55	975,25	75	75	25
19	92,00	3,067	211.600	69.000	14.800	204,64	627,55	975,25	75	75	25
20	91,00	3,033	209.300	69.000	14.800	206,89	627,55	975,25	75	75	25
21	90,00	3,000	207.000	69.000	14.800	209,18	627,55	975,25	75	75	25

**Tabla 2.1**  
**Características para Régimen ONAN (65°C)**  
**Conexión 2, 154/69 kV**

Pos.	Ka (%)	N	VOLTAJES			CORRIENTES			POTENCIAS		
			Volts			Amperes			MVA		
			P	S	T	P	S	T	P	S	T
1	115,00	2,567	177.100	69.000	14.800	195.60	502,04	780,20	60	60	20
2	113,50	2,533	174.790	69.000	14.800	198.19	502,04	780,20	60	60	20
3	112,00	2,500	172.480	69.000	14.800	200.84	502,04	780,20	60	60	20
4	110,50	2,466	170.170	69.000	14.800	203.57	502,04	780,20	60	60	20
5	109,00	2,433	167.860	69.000	14.800	206.37	502,04	780,20	60	60	20
6	107,50	2,399	165.550	69.000	14.800	209.25	502,04	780,20	60	60	20
7	106,00	2,366	163.240	69.000	14.800	212.21	502,04	780,20	60	60	20
8	104,50	2,332	160.930	69.000	14.800	215.26	502,04	780,20	60	60	20
9	103,00	2,299	158.620	69.000	14.800	218.39	502,04	780,20	60	60	20
10	101,50	2,265	156.310	69.000	14.800	221.62	502,04	780,20	60	60	20
<b>11</b>	<b>100,00</b>	<b>2,232</b>	<b>154.000</b>	<b>69.000</b>	<b>14.800</b>	<b>224.94</b>	<b>502,04</b>	<b>780,20</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>20</b>
12	98,50	2,198	151.690	69.000	14.800	228.37	502,04	780,20	60	60	20
13	97,00	2,165	149.380	69.000	14.800	231.90	502,04	780,20	60	60	20
14	95,50	2,131	147.070	69.000	14.800	235.54	502,04	780,20	60	60	20
15	94,00	2,098	144.760	69.000	14.800	239.30	502,04	780,20	60	60	20
16	92,50	2,064	142.450	69.000	14.800	243.18	502,04	780,20	60	60	20
17	91,00	2,031	140.140	69.000	14.800	247.19	502,04	780,20	60	60	20
18	89,50	1,998	137.830	69.000	14.800	251.33	502,04	780,20	60	60	20
19	88,00	1,964	135.520	69.000	14.800	255.62	502,04	780,20	60	60	20
20	86,50	1,931	133.210	69.000	14.800	260.05	502,04	780,20	60	60	20
21	85,00	1,897	130.900	69.000	14.800	264.64	502,04	780,20	60	60	20

**Tabla 2.2**

**Características para Régimen ONAF (65°C)  
Conexión 2, 154/69 kV**

Pos.	Ka (%)	N	VOLTAJES			CORRIENTES			POTENCIAS		
			Volts			Amperes			MVA		
			P	S	T	P	S	T	P	S	T
1	115,00	2,567	177.100	69.000	14.800	244,50	627,55	975,25	75	75	25
2	113,50	2,533	174.790	69.000	14.800	247,73	627,55	975,25	75	75	25
3	112,00	2,500	172.480	69.000	14.800	251,05	627,55	975,25	75	75	25
4	110,50	2,466	170.170	69.000	14.800	254,46	627,55	975,25	75	75	25
5	109,00	2,433	167.860	69.000	14.800	257,96	627,55	975,25	75	75	25
6	107,50	2,399	165.550	69.000	14.800	261,56	627,55	975,25	75	75	25
7	106,00	2,366	163.240	69.000	14.800	265,26	627,55	975,25	75	75	25
8	104,50	2,332	160.930	69.000	14.800	269,07	627,55	975,25	75	75	25
9	103,00	2,299	158.620	69.000	14.800	272,99	627,55	975,25	75	75	25
10	101,50	2,265	156.310	69.000	14.800	277,02	627,55	975,25	75	75	25
<b>11</b>	<b>100,00</b>	<b>2,232</b>	<b>154.000</b>	<b>69.000</b>	<b>14.800</b>	<b>281,18</b>	<b>627,55</b>	<b>975,25</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>25</b>
12	98,50	2,198	151.690	69.000	14.800	285,46	627,55	975,25	75	75	25
13	97,00	2,165	149.380	69.000	14.800	289,87	627,55	975,25	75	75	25
14	95,50	2,131	147.070	69.000	14.800	294,43	627,55	975,25	75	75	25
15	94,00	2,098	144.760	69.000	14.800	299,12	627,55	975,25	75	75	25
16	92,50	2,064	142.450	69.000	14.800	303,98	627,55	975,25	75	75	25
17	91,00	2,031	140.140	69.000	14.800	308,99	627,55	975,25	75	75	25
18	89,50	1,998	137.830	69.000	14.800	314,16	627,55	975,25	75	75	25
19	88,00	1,964	135.520	69.000	14.800	319,52	627,55	975,25	75	75	25
20	86,50	1,931	133.210	69.000	14.800	325,06	627,55	975,25	75	75	25
21	85,00	1,897	130.900	69.000	14.800	330,80	627,55	975,25	75	75	25

- b) En cada una de las posiciones del cambiador de derivaciones bajo carga, el transformador deberá poder suministrar continuamente las potencias indicadas en las Tablas 1.1, 1.2, 2.1 y 2.2 para la correspondiente posición, sin exceder las temperaturas señaladas en la Tabla 3.
- c) En cada una de las posiciones del cambiador de derivaciones bajo carga, el transformador deberá poder entregar continuamente las corrientes indicadas en las Tablas 1.1, 1.2, 2.1 y 2.2 para la correspondiente posición, cuando sea excitado con el 105 % del voltaje que corresponde a dicha posición, sin exceder las temperaturas señaladas en la Tabla 3.

Tabla 3  
Potencias y Elevaciones de Temperatura

POTENCIAS NOMINALES (MVA)	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	ELEVACIÓN DE TEMPERATURA (K)		
		ENROLLADOS (1)	ACEITE (2)	PTO. MÁS CAL.
60/60/20	ONAN	65	60	80
75/75/25	ONAF	65	60	80

- (1) Elevación media de temperatura medida por resistencia
  - (2) Elevación de temperatura del aceite medida en la parte superior del estanque principal medida con termómetro.
- d) Cuando el transformador sea excitado con el 95 % del voltaje especificado para una determinada posición del cambiador de derivaciones bajo carga, deberán ser capaces de suministrar continuamente la potencia nominal correspondiente, sin que las elevaciones de temperatura señaladas en la Tabla 3 se excedan en más de 5°C.
  - e) En todo lo referente a potencias admisibles con parte o todo el sistema de refrigeración forzada fuera de servicio, a sobrecargas y a condiciones de emergencia, los transformadores deberán cumplir con las recomendaciones que se indican en la norma IEC 60354.
  - f) Durante las pruebas de recepción en fábrica y en régimen permanente de potencia nominal, la temperatura exterior de las paredes, tapa y fondo del estanque no deberá exceder 90°C.

### 6.1.3.7 Nivel de Aislación de los Enrollados

Todos los enrollados deberán tener niveles de aislación según norma IEC 60076-3, Tabla II:

Fase Enrollado Primario (230 kV) : LI1050AC460  
Neutro Primario : LI750AC325  
Fase Enrollado Secundario (69 kV) : LI350AC140  
Enrollado Terciario (14,8 kV) : LI95AC38

Lo anterior equivale a las tensiones de prueba que se indican en la Tabla 4 mostrada a continuación:

Tabla 4  
Tensiones de Prueba

NIVEL DE AISLAMIENTO	PRIMARIO		SECUNDARIO		TERCIARIO
	FASE	NEUTRO	FASE	NEUTRO	
Impulso Onda Llena LI (kV)	1050	750	350	350	95
Frecuencia Industrial AC (kV)	460	325	140	140	38

En los terminales del primario (P) y secundario (S) se aplicará una onda cortada en la cola (LIC) de 1,1 veces la magnitud de la onda llena (LI), según IEC 60076-5. El neutro no contempla la aplicación de la onda cortada.

Para la prueba de tensión inducida en el primario y secundario, será responsabilidad del fabricante tomar las previsiones apropiadas para la aislación del neutro, y así lograr en cada terminal de fase el valor de tensión inducida bajo las condiciones que se indican en norma IEC 60076-3.

### 6.1.3.8 Capacidad para Resistir Cortocircuitos

Los transformadores deberán ser capaces de soportar sin daños de ningún tipo, los esfuerzos mecánicos y térmicos causados por cortocircuitos externos, en las condiciones estipuladas por la norma IEC 60076-5.

Además, deberá considerarse la peor condición del cortocircuito con aportes de corriente simultáneos desde los sistemas eléctricos donde no se presenta la falla.

El valor máximo de los esfuerzos combinados de tensión y corte del conductor de cobre no excederá de 850 daN/cm<sup>2</sup>. Para los otros materiales como papel, pressboard, madera, etc. se deberá adoptar el valor recomendado por los fabricantes en los catálogos respectivos.

El fabricante deberá proporcionar a CGE TRANSMISIÓN **Memoria de Cálculo de Cortocircuitos** con los antecedentes necesarios para verificar la distribución de los esfuerzos mecánicos en el transformador, ocasionados por cortocircuitos.

#### 6.1.4 Aspectos constructivos generales

6.1.4.1 Todos los transformadores de iguales características suministrados con una misma Orden de Compra deberán ser idénticos, con todos sus componentes eléctricos y mecánicos intercambiables.

6.1.4.2 Los transformadores cumplirán con la Especificación sísmica de INGENDESA ETGI-1.020.

Los transformadores con una frecuencia propia de oscilación igual o superior a 30 Hz, resistirán las solicitaciones mecánicas producidas por las condiciones sísmicas que ejerzan una aceleración horizontal de un 50% y una aceleración vertical de un 30%, de la aceleración de gravedad. Las fuerzas resultantes de estas aceleraciones, se considerarán aplicadas en el centro de gravedad del equipo considerado. Para estos propósitos también se tomará en cuenta el peso del aceite contenido en el equipo.

Se considerará que la componente horizontal de estas fuerzas, actúa en la dirección más desfavorable y que la componente vertical actúa hacia arriba o hacia abajo, según cuál sea la más severa. Se considerará que estas fuerzas sísmicas actúan simultáneamente y en conjunto con todas las fuerzas normales de operación.

En los transformadores, para cada componente interno o externo, o grupo de ellos, con frecuencias propias de oscilación inferiores a 30 Hz, deberá aplicarse lo estipulado en la ETGI-1.020. Los bushings resistirán el esfuerzo sísmico combinado con los de cortocircuito, tirón de 100 daN y viento de 80 km/h, actuando simultáneamente, incluyendo, si es aplicable, los esfuerzos originados por los resortes que se usan para sellar los aisladores internos y externos contra el flange del bushing. Se deberá calcular el esfuerzo a la flexión (Bending) en la base del bushings empleando el momento resistente

de la cerámica.

El fabricante deberá proporcionar a CGE TRANSMISIÓN la **Memoria de Cálculo Sísmico** con los antecedentes necesarios para verificar el cumplimiento sísmico del equipo completo.

- 6.1.4.3 El transformador con una frecuencia natural de oscilación igual o superior a los 15 Hz deberán soportar los esfuerzos mecánicos producidos por los sismos que ejercen una aceleración horizontal de 50 % y una aceleración vertical de 30 % de la gravedad, hasta alcanzar el régimen permanente.

Las fuerzas resultantes de esas aceleraciones se supondrán aplicadas en el centro de gravedad del transformador completo con su dotación de aceite. La componente horizontal de esas fuerzas se considerará actuando en la dirección más desfavorable. La componente vertical se considerará actuando hacia arriba o hacia abajo según cual sea más severa. Los esfuerzos sísmicos se considerarán que actúan simultáneamente con otras fuerzas o las de trabajo normal.

- 6.1.4.4 Aparte de resistir la acción sísmica y los esfuerzos de cortocircuito especificados en los párrafos anteriores, el transformador y sus componentes deberán soportar sin daño las solicitaciones ocasionadas por vibraciones, oscilaciones e impactos propios del transporte y montaje. Todas las partes y conjuntos, en estado de despacho, estarán diseñadas para soportar sin daño en la dirección horizontal, una aceleración de transporte no inferior al 275 % de la gravedad.

- 6.1.4.5 Las piezas que deben resistir las solicitaciones mencionadas en las cláusulas precedentes, deberán ser calculadas de tal forma que no se produzcan deformaciones permanentes en ellas y que sus deformaciones elásticas no ocasionen desplazamientos, aflojamiento o deterioro de partes delicadas del transformador, tales como conexiones y aislaciones.

Su diseño será tal, que para las solicitaciones de trabajo normal agregadas las de sismos, transporte, vacío mecánico y sobrepresión, no se deberán producir en dichas piezas, tensiones que superen el 70 % del límite elástico del material.

- 6.1.4.6 El centro de gravedad del transformador deberá estar lo más bajo y lo más cerca posible del eje vertical de simetría. El transformador completo con todos sus accesorios y dotación de aceite deberán tener un diseño tal, que durante su manejo podrá ser inclinado sin riesgos, en cualquier dirección, hasta en 15° con respecto a la vertical.

- 6.1.4.7 Las distancias externas mínimas entre partes energizadas y tierra, como asimismo, las separaciones entre fases deberán cumplir con los valores indicados por la norma IEC 60076-3. En todo caso, estas distancias deberán coordinarse con el nivel de aislación de los enrollados o de los bushings basándose en la mayor de ambas.

Sin perjuicio de lo anterior, las distancias mínimas entre bushings y entre pararrayos no podrán ser inferiores a las indicadas en la Figura 1.

#### 6.1.5 Estanque y accesorios

- 6.1.5.1 El sistema de preservación del aceite deberá ser del tipo con estanque de expansión, de operación a presión constante, con bolsa de goma y respirador deshidratante, en el que no podrá utilizarse silica gel que contenga cloruro de cobalto. Dicho estanque conservador deberá ubicarse en la posición mostrada en la Figura 1.
- 6.1.5.2 El estanque principal deberá tener en su parte superior una cubierta plana apernada con un diseño adecuado para canalizar los gases hacia el conservador. Junto a la tapa se deberá proporcionar vías libres para el desplazamiento de las burbujas hacia el relé Buchholz. La tapa del estanque debe evitar la acumulación de agua sobre ella.
- 6.1.5.3 El estanque, cubierta, radiadores y conservador estarán diseñados para soportar sin daño los esfuerzos ocasionados por:
- Gateo, izado y arrastre de los transformadores completos con su dotación de aceite.
  - Condiciones sísmicas, de manejo y transporte indicadas en el párrafo 6.1.6.
  - Aplicación de vacío y sobrepresión conforme a lo indicado en el párrafo 6.2.3.

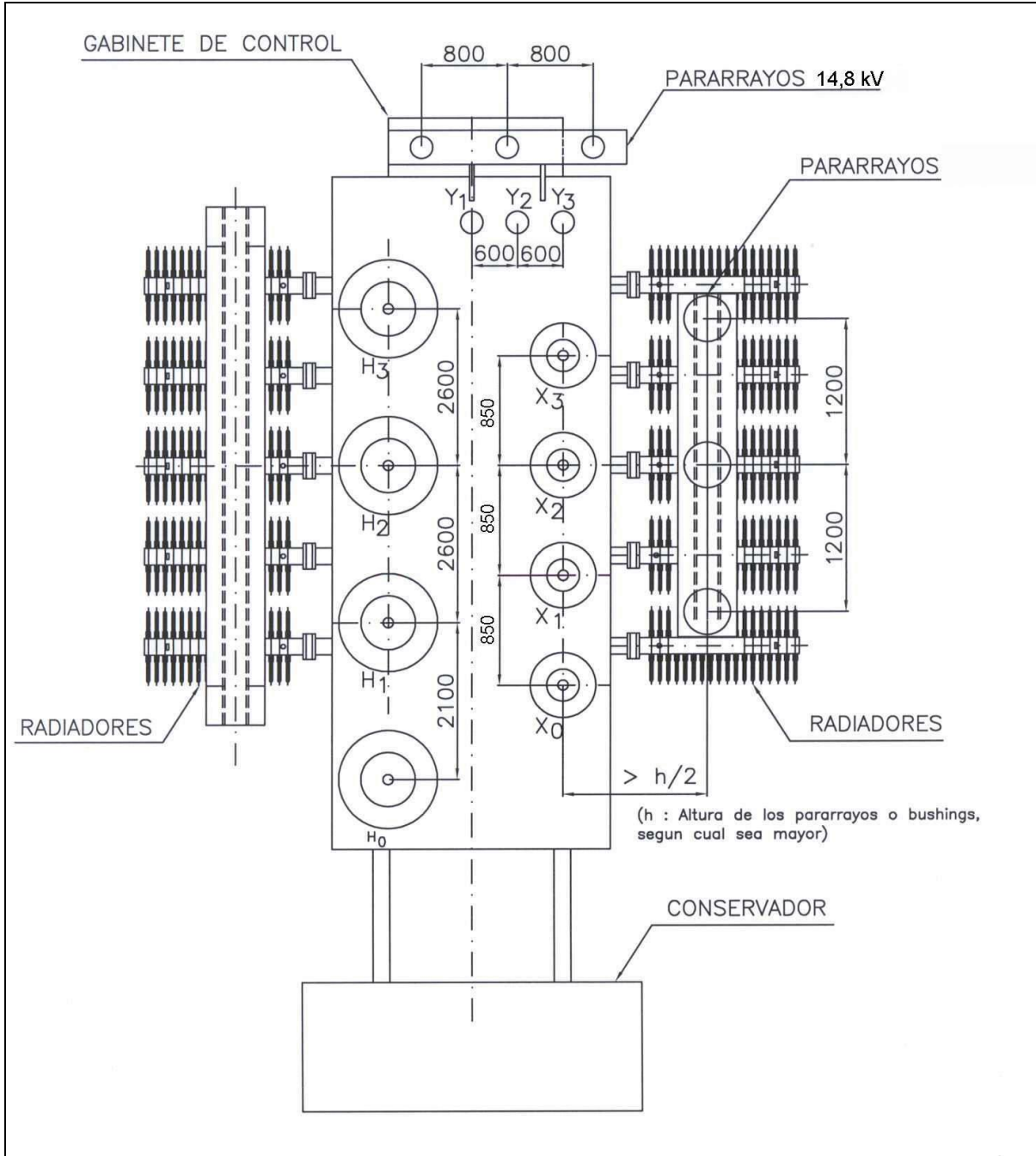


FIGURA 1  
UBICACIÓN DE ACCESORIOS Y DISTANCIAS MÍNIMAS

- 6.1.5.4 Todas las soldaduras en el estanque y la cubierta deberán ser dobles para asegurar una resistencia adecuada. Todos los refuerzos se soldarán al estanque en forma continua a lo largo de los extremos y lados. Soldaduras intermitentes no serán aceptadas. Se entiende por doble soldadura aquella que es realizada con cordón continuo por ambos lados de la plancha (interior y exterior del estanque) correspondientes a paredes, fondo y tapa del estanque, torretas, flanches, etc.
- 6.1.5.5 Todas las superficies externas e internas del estanque y componentes mayores deberán recibir una limpieza con chorro abrasivo de arena o granalla al grado SA 3 (metal blanco).
- Las superficies internas del estanque, cubierta y conservador se pintarán con un número adecuado de capas de pintura o esmalte color claro resistente al aceite mineral aislante. Por ningún motivo la pintura deberá ser en base a aceites minerales.
- A las superficies externas se les deberá aplicar un número apropiado de capas de imprimación, antióxido, intermedias y de terminación que tengan un espesor y propiedades tales que el equipo resista sin deterioro, su exposición permanente al ambiente especificado en el párrafo 6.1.1.
- El color de terminación de todas las superficies metálicas externas del transformador, incluyendo radiadores, será gris código RAL 7003 (Moosgrau). Estará incluido en el suministro de cada transformador, 10 litros de pintura de terminación para retocar daños sufridos en el transporte y montaje del equipo. La fábrica deberá dejar testigos de las pinturas utilizadas y el procedimiento empleado.
- 6.1.5.6 Las empaquetaduras a utilizar serán de polímero, reusables, dureza  $65 \pm 5^\circ$  Shore A, las que mantendrán sus características de sello en contacto con aceite caliente. Se proveerán topes metálicos en aquellas empaquetaduras expuestas a deterioro por exceso de compresión. Se deberá proveer un juego completo de empaquetaduras nuevas para reemplazar todas aquellas que tienen que ser intervenidas durante su montaje final.
- 6.1.5.7 El transformador deberá diseñarse sin ruedas y con una base provista de un juego de patines en ambas direcciones principales, para anclaje directo a la fundación. La disposición de los patines deberá corresponder a la mostrada en la Figura 2. No obstante, si el fabricante tiene observaciones al respecto podrá proponer modificaciones al diseño de la base. Ésta deberá ser diseñada para que, en conjunto con los pernos, resista la acción sísmica indicada en el párrafo 6.1.4.5.

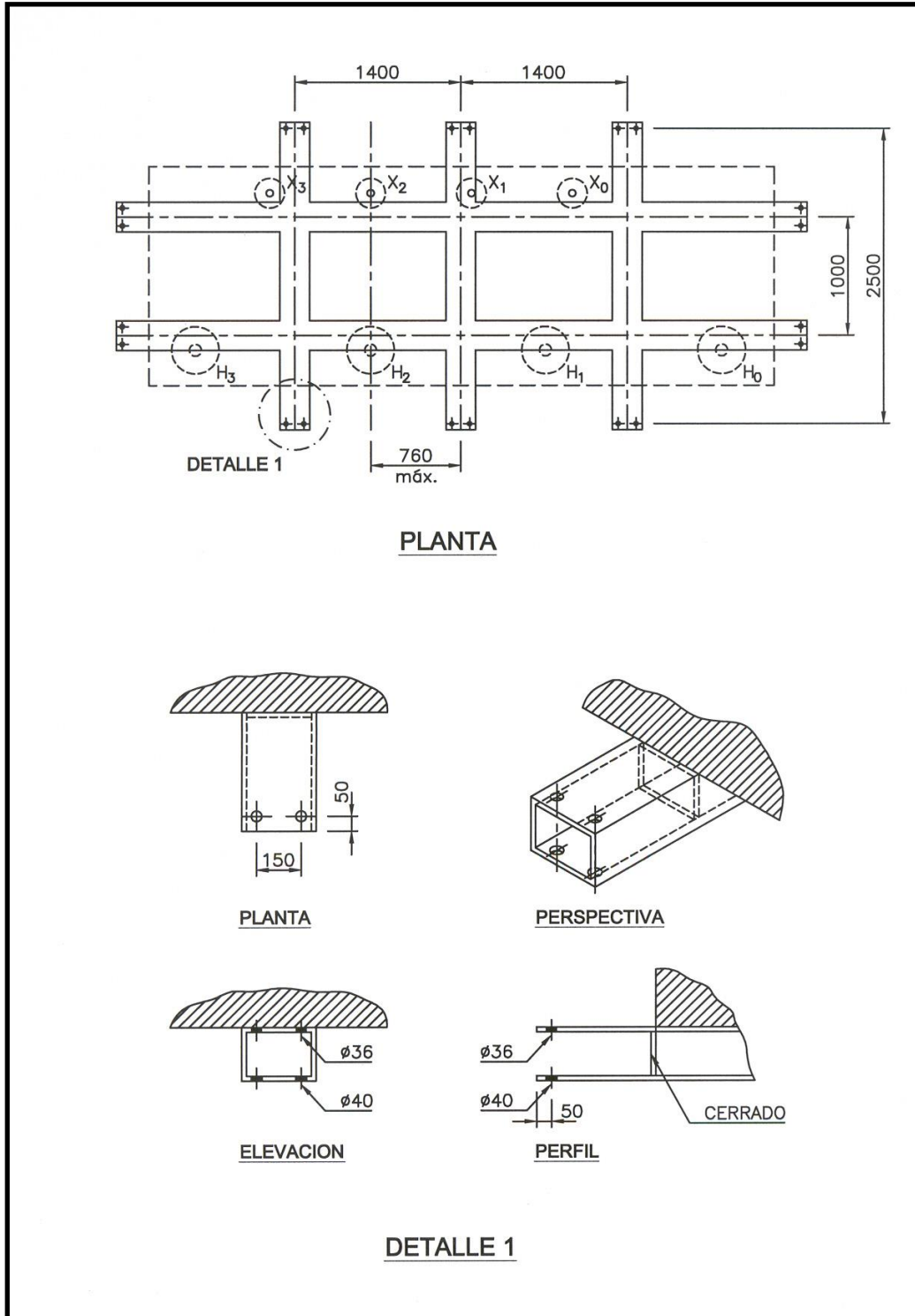


FIGURA 2  
DETALLES ANCLAJE TRANSFORMADOR

6.1.5.8 El estanque principal deberá estar provisto de las siguientes válvulas:

- a) Válvula de drenaje de 2" de diámetro con una válvula anexa para muestreo de aceite de 1/2" de diámetro ubicada en el niple de conexión al estanque.
- b) Válvula de entrada de aceite de 2" de diámetro en la parte superior del estanque, con una válvula anexa para muestreo de aceite de 1/2" de diámetro ubicada en el vértice diagonal opuesto del estanque de donde se encuentra ubicada la válvula de drenaje descrita en a).
- c) Válvula de 2" de diámetro para hacer vacío, ubicada en la cubierta en el lado opuesto de la válvula mencionada en el párrafo anterior.
- d) Válvulas para muestreo del aceite superior, medio e inferior para efecto de análisis de gases. Estas tres válvulas deberán ubicarse una al lado de otra, a una altura conveniente para un operador de pie sobre el nivel de la base.
- e) Válvula de alivio de presión tipo Qualitrol con dos contactos auxiliares independientes que se cierran al momento de su operación y un indicador mecánico de operación.

6.1.5.9 El estanque conservador de aceite estará provisto de las siguientes válvulas:

- a) Válvula de drenaje de 2" de diámetro con una válvula anexa para muestreo de aceite de 1/2" de diámetro.
- b) Válvula de 2" de diámetro para hacer vacío (o entrada de aceite) ubicada en la parte superior.
- c) Deberá considerarse la instalación de tuberías y válvulas que permitan ecualizar presiones entre la parte externa e interna de la bolsa de goma, de manera de contar con los elementos necesarios para efectuar vacío en el conservador en el caso que sea requerido.
- d) Válvula de estrangulamiento entre el conservador y el relé Buchholz.

6.1.5.10 Todas las válvulas mencionadas estarán acopladas a bridas y serán capaces de soportar sin fugas los ensayos de vacío y sobrepresión mencionados en el párrafo 6.2.3. Las válvulas deberán soportar las presiones de operación con aire caliente.

6.1.5.11 El estanque o el conservador según corresponda deberán estar provistos de los siguientes elementos para el movimiento del equipo:

- a) Cuatro (4) cáncamos de izado de los transformadores completos con su dotación de aceite, cada uno capaz de resistir la mitad del peso del transformador.
- b) Cuatro (4) argollas de izado de la cubierta del transformador.
- c) Un juego de guías para estrobos, ubicadas adecuadamente, en la tapa o estanque principal del transformador para evitar que los estrobos puedan presionar directamente o resbalar libremente sobre las aristas formadas por las paredes y tapa del estanque, según sea el caso
- d) Un (1) conjunto de argollas de izado del conservador de aceite.
- e) Cuatro (4) apoyos para gateo de los transformadores completos con su dotación de aceite, cada uno capaz de resistir la mitad del peso del transformador. Estos apoyos deberán quedar a 500 mm del nivel de la base de los transformadores.
- f) Cuatro (4) argollas para arrastre (sin ruedas) del transformador completo con su dotación de aceite, con un diámetro útil de 1 1/4". Estas argollas deberán ubicarse lo más bajo posible, preferentemente en las caras laterales de los patines mencionados en 6.1.5.7. De esta forma, el transformador podrá ser arrastrado mediante dos de sus argollas en cualquiera de sus ejes principales. Se supondrá que la fuerza de tracción es el 30% del peso de transporte del transformador. El cálculo deberá considerar tanto para el acero como para la soldadura un factor de seguridad igual o mayor que 2, a partir de la tasa de trabajo (70% del límite elástico) de dichos materiales, para considerar que la fuerza de arrastre no se aplica uniformemente a las argollas.

6.1.5.12 El estanque y/o el conservador, según corresponda, estarán equipados con los siguientes accesorios:

- a) Escotillas de inspección en la cubierta, con tapas apernadas y empaquetaduras, de dimensiones y ubicaciones adecuadas para un acceso fácil a la sección inferior de los bushings y a los transformadores de corriente, estas deberán tener por lo menos 50 cm de diámetro.
- b) Tapa lateral apernada del conservador con empaquetadura para fines de inspección y limpieza.

- c) Dos (2) conectores de bronce para la conexión a tierra del estanque, soldados a éste y ubicados al nivel de la base en dos caras opuestas del estanque. Estas placas tendrán agujeros para conectar directamente a través de prensas apernadas, cable de cobre de 4/0 AWG a 250 MCM. Estos conectores tipo prensa y sus pernos forman parte del suministro de los transformadores.
- d) Sujeciones o conectores en estanque para bajada de cables de conexión a tierra de neutros AT, BT, pararrayos BT y terciario, vértice a tierra del terciario y gabinete de control considerando un rango de calibres de cable desde N°2 AWG hasta 500 MCM.
- e) Tres (3) conectores de bronce para la conexión a tierra de los pararrayos, similares a los descritos en el párrafo anterior y ubicado en la parte superior del estanque, cercanos a dichos pararrayos.
- f) Consolas desmontables adosadas al estanque para montaje de los pararrayos de 66 y 14,8 kV, las que formarán un conjunto rígido con el transformador y no podrán fijarse a los radiadores. La altura de las consolas deberá ajustarse de modo que el extremo superior de cada conjunto de pararrayos esté próximo al nivel del terminal de los bushings correspondientes.

Para el dimensionamiento y perforación de estas consolas, CGE TRANSMISIÓN proporcionará oportunamente las características de los pararrayos específicos a considerar.

- g) Una placa de características, de acero inoxidable colocada en la puerta del gabinete de control descrito en 6.1.9.1. Estará escrita en castellano y contendrá al menos la información indicada en la norma IEC 60076-1. En todo caso, el fabricante deberá someter oportunamente la aprobación de su diseño a CGE TRANSMISIÓN.

Las restantes placas y letreros de indicaciones deberán asimismo, estar escritos en castellano y sus leyendas definitivas se acordarán mediante un listado que propondrá el fabricante.

## 6.1.6 Núcleo y enrollados

- 6.1.6.1 Todos los conductores empleados en los diferentes enrollados y conexiones deberán ser de cobre electrolítico de pureza 99,9 %, como mínimo. No se aceptará la utilización de conductores de aluminio.

- 6.1.6.2 El núcleo se construirá de acero silicoso de grano orientado, laminado en frío, libre de fatiga por envejecimiento, de bajas pérdidas por histéresis y alta permeabilidad. Las láminas de acero deberán estar libres de rebabas. Cada chapa tendrá un recubrimiento en ambas caras constituido por una película aislante inorgánica resistente al aceite caliente.
- 6.1.6.3 Las piernas y yugos del núcleo deberán quedar firmemente sujetos entre sí y el núcleo rígidamente unido al estanque. Toda la estructura de sujeción y elementos de fijación del conjunto núcleo-enrollados deberá tener una resistencia mecánica adecuada para impedir cualquier desplazamiento, deformación u otro efecto pernicioso bajo los esfuerzos de cortocircuito, condiciones sísmicas y de transporte mencionadas en el párrafo 6.1.4.
- 6.1.6.4 Las piernas del núcleo deberán ser ensambladas sin pernos. Para darles adecuada rigidez se deberán utilizar cintas impregnadas con fibra de vidrio o similar. Al retirar los enrollados del núcleo, éste deberá mantener su rigidez y verticalidad.
- 6.1.6.5 Con el propósito de darle rigidez al núcleo se podrán utilizar pernos pasados a través de los yugos y aislados adecuadamente del núcleo. Tanto éstos como los pernos de fijación del núcleo al estanque deberán estar provistos de dispositivos de bloqueo que impidan que se suelten por vibraciones.
- 6.1.6.6 El núcleo deberá armarse de manera de quedar aislado completamente del estanque y de las estructuras de apriete de los enrollados. Estas últimas deberán ser ajustables de forma tal, que permitan efectuar un reapriete de bobinas como medida de mantenimiento preventivo.
- 6.1.6.7 En zonas de la ferretería que sean atravesadas por el flujo de dispersión, se deberán tomar las medidas necesarias para limitar la circulación de corrientes parásitas.
- 6.1.6.8 Las conexiones a tierra tanto del núcleo como de la ferretería se efectuarán en forma independiente a través de conductores gruesos, flexibles y convenientemente aislados, los cuales llegarán a una caja externa ubicada en la tapa donde se conectarán físicamente a tierra.
- 6.1.6.9 Para la aislación de los conductores de los enrollados y de las conexiones deberá utilizarse papel de alta densidad, térmicamente estabilizado, del tipo Thermokraft o similar, compatible con los niveles de temperatura definidos en la Tabla 3. Todas las barras de cobre desnudo y sus conexiones deberán recubrirse con un barniz transparente clase F o superior, resistente al aceite mineral.

- 6.1.6.10 Las conexiones de tipo permanente entre conductores deberán realizarse mediante terminales de compresión o se soldarán con aleación de plata. Las conexiones apernadas o a presión, deberán tener dispositivos de bloqueo que impidan que éstas se suelten por vibraciones.
- 6.1.6.11 Los conductores de conexión entre enrollados, a terminales del cambiador bajo carga o a los bushings, deberán afianzarse de manera de prevenir daños por movimiento del transformador. Donde sea posible se utilizarán tubos aislantes como guías.
- 6.1.6.12 La conexión de los terminales de los enrollados a los bushings será posible efectuarla desde el exterior de los transformadores, a través de las escotillas mencionadas en 6.1.5.12 sin necesidad de retirar la cubierta.
- 6.1.6.13 Con el propósito de asegurar una adecuada resistencia mecánica de los enrollados, éstos deberán recibir el siguiente tratamiento:
- Secado térmico a una temperatura no inferior a los 105 °C.
  - Compresión previa aplicando los esfuerzos correspondientes al máximo cortocircuito simétrico calculado o los valores indicados en la Tabla 5, según cuales sean mayores.
  - Compresión de dimensionamiento para obtener la altura de diseño de las bobinas según los valores indicados en la Tabla 5 o los correspondientes al 75% del cortocircuito simétrico, según cuales sean mayores.
  - Montaje de bobinas en el núcleo y posterior secado térmico a una temperatura no inferior a los 105 °C.
  - Compresión final aplicando los valores definidos en la Tabla 5 o los correspondientes al 75% del cortocircuito simétrico, según cuales sean mayores.

Tabla 5  
Esfuerzos de Compresión

ESPESOR ALAMBRE	ESFUERZO DE COMPRESIÓN		
	PREVIO	DIMENSIONAMIENTO	FINAL
Hasta 1,3 mm	35 kg/cm <sup>2</sup>	30 kg/cm <sup>2</sup>	30 kg/cm <sup>2</sup>
Sobre 1,3 mm	60 kg/cm <sup>2</sup>	45 kg/cm <sup>2</sup>	45 kg/cm <sup>2</sup>

6.1.6.14 El conjunto núcleo-enrollados deberá secarse bajo vacío a una temperatura conveniente y por el tiempo suficiente para reducir el contenido de agua de la aislación, de forma que el conjunto quede con un sobrepeso inferior al 0,5 % del conjunto con su aislación seca. Una vez alcanzado este nivel de secado, se impregnará de inmediato con aceite mineral de las características definidas en el párrafo 6.1.12.

6.1.6.15 Se deberá proveer los medios para el izado del conjunto núcleo-enrollados.

### 6.1.7 Equipo de refrigeración forzada

6.1.7.1 Cada transformador será suministrado con un equipo completo de refrigeración forzada incluyendo lo siguiente:

- a) Un juego de radiadores.
- b) Un conjunto de ventiladores.
- c) Tres dispositivos detectores de temperatura del tipo "imagen térmica".
- d) Sistema de control automático.
- e) Canalización y alambrado.

6.1.7.2 Los radiadores serán desmontables y deberán formar un conjunto estructural con el estanque del transformador. Su ubicación deberá corresponder a la mostrada en la Figura 1. El número de paneles de radiadores deberá ser tal que, retirado del servicio uno de los paneles de radiadores no implique reducción de la potencia nominal especificada. La prueba de calentamiento con potencias nominales en los regímenes OA y FA, se realizará en la condición indicada en esta cláusula, o sea, con un panel de radiadores fuera de servicio.

Se entenderá como "panel de radiadores", un colector horizontal superior con un flanche y otro colector horizontal inferior con un flanche, ambos colectores unidos entre sí por los tubos o placas de refrigeración.

6.1.7.3 Los radiadores deberán contar, en todas sus uniones al estanque, con bridas apernadas y válvulas de estrangulamiento con dispositivo de bloqueo en sus posiciones abierto y cerrado. El fabricante deberá suministrar las tapas-brida que permitan el retiro de la totalidad de los radiadores.

6.1.7.4 Los radiadores y ventiladores deberán tener elementos que amortigüen sus vibraciones, para evitar daños en servicio.

- 6.1.7.5 Cada radiador estará provisto de tapones inferiores de drenaje, purgas de aire superiores y argollas de izados superiores e inferiores.
- 6.1.7.6 Los ventiladores serán metálicos, a prueba de corrosión y demás condiciones de servicio indicadas en 6.1.1. Los cables provenientes de los ventiladores estarán provistos de enchufes sellados al agua, que permitan desconectar cualquiera de ellos sin interrumpir la alimentación de los demás ventiladores. Deberán estar protegidos por una malla para evitar el ingreso de animales o contacto accidental.
- 6.1.7.7 Los motores de los ventiladores serán trifásicos, para ser alimentados con 380 V CA, 50 Hz y estarán completamente protegidos con una carcasa a prueba de agua. Deberá indicarse el sentido de rotación del motor.
- 6.1.7.8 El control y protección del equipo de refrigeración forzada deberá ser para operación en 380/220 V CA, 50 Hz y deberá incluir al menos, los siguientes elementos:
- a) Tres termómetros de enrollados, uno instalado en el enrollado primario, otro en el secundario y el tercero en el terciario del transformador (P, S y T). Estos instrumentos deberán medir la temperatura del punto más caliente en los enrollados mediante el principio de la "imagen térmica". Los termómetros se ajustarán en base a la mayor gradiente de temperatura que se produzca. El suministro de cada termómetro deberá incluir lo siguiente:
- Indicador de temperatura tipo dial, adosado al estanque, rango 0-150°C, con aguja de arrastre de reposición manual. Dispondrá de 4 contactos independientes ajustables a diferentes temperaturas para comandar progresivamente la refrigeración forzada, la alarma y el desenganche.
  - Transmisor potenciométrico para indicación remota de la temperatura del tipo RTD o similar, con rango de respuesta tipo PT100 ohm. En su defecto, se podrá suministrar el instrumento indicador de temperatura mencionado en el punto anterior, con una señal de salida digital para ser usada por el sistema SCADA de CGE.
  - Dispositivo de imagen térmica incluyendo transformador de corriente 400:5 en enrollado primario, 900:5 en enrollado secundario y 1600:5 en enrollado terciario, transformador adaptador y resistencia de calentamiento. Los transformadores de corriente se montarán en las fases H<sub>2</sub>, X<sub>2</sub> e Y<sub>2</sub>, y serán designados como t12, t22 y t32, respectivamente.

- Detector de temperatura con su tubo capilar.

Todos los contactos de estos termómetros de enrollados como asimismo los transmisores potenciométricos, deberán ser alambrados por el fabricante hasta bornes del gabinete de control.

- b) Un sistema de interrupción general de la refrigeración forzada con contactos de alarma y un selector para la operación manual o automática.
- c) Protector termo-magnético general para el grupo de ventiladores e individual para cada motor, todos incluyendo contactos de alarma.
- e) Un relé para alarma por falta de tensión en el circuito de control de la alimentación de ventiladores.

6.1.7.9 Todos los dispositivos de protección y control de la refrigeración forzada deberán estar alojados en el gabinete de control que se describe en el párrafo 6.1.9.1 en cuya puerta, por el lado interior, se ubicará una placa de acero inoxidable conteniendo el diagrama esquemático del sistema de refrigeración.

#### 6.1.8 Relés e instrumentos

Además de otros mencionados en esta especificación, los transformadores deberán tener los siguientes relés e instrumentos:

6.1.8.1 Un relé Buchholz según norma DIN 42566, grado de protección IP 55, doble flotador, a prueba de impactos y vibraciones, con dos contactos independientes normalmente abiertos para desconexión y alarma e incluyendo un dispositivo para sacar muestras de aceite y gas ubicado al alcance desde el piso. Se deberá proveer de válvulas en ambos lados para su reemplazo.

El conjunto relé Buchholz y válvulas deberá estar diseñado de tal forma que no se produzca una operación indebida ante un sismo.

6.1.8.2 Un indicador magnético del nivel de aceite del estanque conservador, antisísmico, tipo dial, con dos contactos de alarma independientes ajustados en fábrica que deberán cerrarse: uno para mínimo nivel y el otro para máximo nivel. Deberá tenerse especial cuidado que la bolsa de goma no interfiera con el desplazamiento del flotador del indicador de nivel.

6.1.8.3 Debe considerarse un termómetro tipo monitor electrónico de temperatura basado en microprocesador. Este equipo puede ser "QUALITROL

Corporation USA", modelo 509-100 o MESKOO MTEC EPT202 o equipo similar. El dispositivo debe registrar las temperaturas instantáneas y máximas de aceite e incorporar un circuito de simulación para indicar las temperaturas instantáneas y máximas del punto más caliente en el devanado del transformador (imagen térmica). Asimismo, debe poseer salidas analógicas de corriente (4-20 mA) para indicación remota de temperatura de aceite y de todos los devanados. Adicionalmente el equipo deberá tener una puerta de comunicaciones para señalización SCADA con protocolo MODBUS, u otro protocolo del tipo abierto y documentado. Este equipo reemplaza a cualquier dispositivo o indicador analógicos tanto de temperatura de enrollados en todos los devanados y de aceite.

- 6.1.8.4 Deberá instalarse un equipo digital analizador de gases, de libre mantenimiento, con al menos lectura, alarmas y comunicación de los siguientes elementos: Hidrogeno, Metano, Acetileno, Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono.

El equipo digital analizador de gases deberá tener las siguientes características:

- Puertos de comunicaciones: Ethernet (RJ45 + FO) y USB
- Protocolos: DNP 3.0, TCP-IP
- Tipo de sesión: multisesión
- Ciberseguridad: perfiles de usuario

#### 6.1.9 Control y auxiliares

- 6.1.9.1 Todos los dispositivos de control, auxiliares, terminales secundarios de los transformadores de corriente, etc., deberán alojarse en un único gabinete de control que estará ubicado en la posición mostrada en la Figura 1.

- 6.1.9.2 Este gabinete de control deberá ser metálico, para operación a la intemperie, grado de protección IP 54, de idéntico color al del estanque y quedará adosado al estanque del transformador a una altura apropiada para un operador de pie sobre el nivel de la base.

Deberá tener puerta(s) abisagrada(s) con dispositivo para colocar candado. En su interior deberá incluir calefactor controlado por termostato, enchufe tipo europeo y una lámpara, todos para 220 V CA, 50 Hz, monofásicos.

El calefactor deberá estar ubicado de tal manera que no afecte ninguno de los elementos al interior del gabinete.

En la pared inferior del gabinete deberá apertarse una placa metálica para ser perforada en terreno para el ingreso de ductos de control.

El gabinete deberá estar montado de manera que todos los controles, sean accesibles desde la base del transformador y estarán equipadas con amortiguadores de neoprene, para resistir los esfuerzos provocados por vibraciones, oscilaciones e impactos, producidos por movimientos sísmicos y de transporte, de acuerdo con lo estipulado en esta Especificación.

- 6.1.9.3 CGE suministrará una fuente de alimentación en corriente alterna de 380/220 V ( $\pm 10\%$ ) trifásica, 4 alambres, 50 Hz, para los circuitos de refrigeración, accionamiento del CDBC, alumbrado y calefacción., y una fuente de alimentación de corriente continua de rango 48 a 125 volts para circuitos de control asociados a dispositivos de desconexión, protección y alarmas remotas.
- 6.1.9.4 Todos los dispositivos de control, auxiliares y cables de alambrado deberán tener una aislación clase 600 volts, debiendo soportar la tensión aplicada indicada en 6.2.5.5.
- 6.1.9.5 El cable de control será de conductor de cobre, temple blando, hebrado clase C, 19 hebras y aislación de PVC de 75°C de diferentes colores, fabricado según norma ICEA S-61-402 o equivalente. La sección mínima a utilizar en el alambrado será 3 mm<sup>2</sup> a excepción de los transformadores de corriente en que se deberá emplear una sección no inferior a 5 mm<sup>2</sup>.
- Las bandejas portaconductores al interior del gabinete de control deberán tener la suficiente holgura para permitir la llegada de los cables desde la sala de comando a los puntos de conexión, por el interior de las mismas.
- 6.1.9.6 Dentro del gabinete de control deberá existir una barra para conexión a tierra.
- 6.1.9.7 Todo el alambrado será efectuado por el fabricante. Los cables serán expresos entre terminales, no aceptándose uniones intermedias. Sus extremos se deberán identificar con el N° del borne de la regleta del extremo opuesto y la conexión a los bornes de las regletas se efectuará con terminales de compresión; en ningún caso se conectarán directamente el conductor desnudo.
- 6.1.9.8 Las regletas de conexión deberán ser del tipo apilables, para montaje en riel con sus bornes aptos para recibir conductor de 16 mm<sup>2</sup>. Para el caso de los terminales secundarios de los transformadores de corriente deberán emplearse regletas moldeadas en una sola pieza, con puente de

cortocircuito, similares a la General Electric tipo EB27. Todas las regletas y cada uno de sus bornes deberán identificarse.

6.1.9.9 Todo el alambrado hacia accesorios externos del transformador (transformadores de corriente, ventiladores, relé Buchholz, etc.) deberá tenderse, cuidando que la tapa quede lo más despejada posible, en ductos metálicos rígidos exteriores al estanque. En las uniones y curvas de estos ductos deberán usarse tapas de registro para facilitar la instalación (o retiro) de los cables.

#### 6.1.10 Bushings

6.1.10.1 Todos los terminales de los enrollados del transformador, tanto de las fases como del neutro, deberán sacarse al exterior del estanque mediante bushings que deberán cumplir con las indicaciones de la norma IEC 137. La posición relativa de los bushings, como la distancia entre éstos deberá corresponder a la mostrada en la Figura 1.

6.1.10.2 La cubierta aislante de todos los bushings será de porcelana vidriada de primera calidad, color gris claro (ANSI N° 70).

6.1.10.3 Los bushings de 245 y 72,5 kV deberán tener las siguientes características comunes:

- a) Serán del tipo condensador, con aislación principal de papel impregnado en aceite, de sellado hermético con su propio contenido de aceite.
- b) Estarán provistos de indicador de nivel de aceite, derivación capacitiva para propósitos de medida (incluyendo el conector apropiado para la medición) y placa de características.
- c) El vástago terminal exterior deberá ser de cobre, cilíndrico, sin hilo, de 30 mm de diámetro.
- d) Sin perjuicio de otros modelos que estime conveniente, el proveedor, necesariamente, deberá cotizar como una alternativa, el suministro de bushings marca ABB modelo GOE 1050-750-2500-0.6 para 230kV y modelo GOB 550-1250-0.3 para 69 kV, de fabricación sueca.

6.1.10.4 Los bushings de 23 kV (a utilizarse para terciario de 14,8 kV) serán de una sola pieza de porcelana y su vástago terminal exterior deberá ser de cobre, cilíndrico, sin hilo, de 30 ó 40 mm de diámetro.

6.1.10.5 Los bushings deberán satisfacer las características eléctricas que se indican en la Tabla 6, definidas según requerimientos de las normas IEC.

Tabla 6  
Características Eléctricas de los Bushings

	H <sub>0</sub> -H <sub>1</sub> – H <sub>2</sub> - H <sub>3</sub>	X <sub>0</sub> -X <sub>1</sub> -X <sub>2</sub> - X <sub>3</sub>	Y <sub>1</sub> -Y <sub>2</sub> -Y <sub>3</sub>
Tensión Nominal (kV rms)	245	72,5	24
Tensión Resistida a 50 Hz (kV rms)	460	140	50
Tensión Resistida a Impulso (kV cresta)	1050 400	380 800	170 1.600
Corriente Nominal, mínima (A)	6.800 * K <sub>d</sub>	2.100 * K <sub>d</sub>	715 * K <sub>d</sub>
Distancia de Fuga, mínima (mm)			

$K_d = 1,0$  si  $D_m$  (diámetro medio del aislador) < 300 mm

$K_d = 1,1$  si  $300 \text{ mm} \leq D_m < 500 \text{ mm}$

$K_d = 1,2$  si  $D_m \geq 500 \text{ mm}$

6.1.10.6 La disposición y designación de los bushings en la cubierta del transformador se efectuará conforme a lo mostrado en la Figura 1, procurando que el eje que pasa por los bushings H<sub>2</sub> y X<sub>2</sub> coincida con el eje de simetría del transformador.

6.1.10.7 Los bushings deberán tener dimensiones apropiadas para el montaje de los transformadores de corriente mencionados en 6.1.11, además de los transformadores de corriente auxiliares para los termómetros de enrollados.

6.1.10.8 De preferencia, los bushings se montarán verticales. De no ser factible, se aceptará una inclinación máxima de 30° con respecto a la vertical. En cualquier caso, el proveedor deberá verificar la resistencia de los bushings a las sollicitaciones sísmicas especificadas en el párrafo 6.1.4, remitiendo a CGE TRANSMISIÓN copia de los cálculos efectuados.

6.1.10.9 Todos los bushings deberán ser sometidos en su fábrica de origen, a los ensayos de rutina mencionados en el párrafo 6.2.2.4.

6.1.10.10 Los bushings, deberán estar provistos de

- Argollas de izado o elementos similares para izar.
- Chisperos ajustables.

- Tornillo de purga de aire en la base de la brida (flange) para conectar a través de tuberías al relé Buchholz.
- Placa de características.

En caso que se requiera algún dispositivo especial para el izado, este elemento debe ser incluido en el suministro.”

6.1.10.11 El Proveedor o fabricante del transformador deberá proporcionar un Protocolo de la fábrica que suministra las porcelanas para los bushings, garantizando el valor estadístico del momento de ruptura ( $\mu-2s$ ), para cada tipo de aislador incluido su brida.

#### 6.1.11 Transformadores de corriente (TTCC)

6.1.11.1 Aparte de los transformadores de corriente mencionados en los párrafos 6.1.7.8 y 6.1.13.19, el transformador deberá suministrarse con transformadores de corriente tipo bushing, multirelación, fabricados según norma IEC 44-1, de características indicadas más adelante.

6.1.11.2 En cada uno de los bushings de las fases, tanto del primario, secundario y terciario, se instalarán dos transformadores de corriente para protección. En los bushings de los neutros ( $H_0$  y  $X_0$ ) deberán colocarse un transformador de corriente para protección. Los TTCC deberán identificarse conforme a lo indicado en la Tabla 7:

Tabla 7  
Identificación de los Transformadores de Corriente

Bushing	Protección
H <sub>1</sub>	p11 - p14
H <sub>2</sub>	p12 - p15
H <sub>3</sub>	p13 - p16
H <sub>0</sub>	p10
X <sub>1</sub>	p21 - p24
X <sub>2</sub>	p22 - p25
X <sub>3</sub>	p23 - p26
X <sub>0</sub>	p20
Y <sub>1</sub>	p31

Y <sub>2</sub>	p32
Y <sub>3</sub>	p33

6.1.11.3 Todos los transformadores de corriente instalados en los bushings primarios, vale decir, p10, p11, p12, p13, p14, p15, p16, serán 400:5 A, multirelación, provistos de cinco (5) derivaciones designadas y dispuestas de la manera indicada en la Tabla 8.

Tabla 8  
Transformadores de Corriente del Primario

DERIVACIONES	RELACIÓN (A)
S1 - S2	50: 5
S3 - S4	100: 5
S2 - S3	150: 5
S1 - S3	200: 5
S2 - S4	250: 5
S1 - S4	300: 5
S2 - S5	350: 5
S1 - S5	400: 5

6.1.11.4 Todos los transformadores de corriente instalados en los bushings secundarios, esto es, p20, p21, p22, p23, p24, p25 y p26 serán 900:5 A, multirrelación, provistos de cinco (5) derivaciones designadas y dispuestas de la manera indicada en la Tabla 9.

Tabla 9  
Transformadores de Corriente del Secundario

DERIVACIONES	RELACIÓN (A)
S1 - S2	100: 5
S4 - S5	200: 5
S2 - S3	300: 5
S1 - S3	400: 5
S3 - S5	500: 5
S2 - S4	600: 5
S1 - S4	700: 5
S2 - S5	800: 5
S1 - S5	900: 5

6.1.11.5 Todos los transformadores de corriente instalados en los bushings terciarios, éstos es, p31, p32 y p33, serán 1600:5 A, multirrelación, provistos de cinco (5) derivaciones designadas y dispuestas de la manera indicada en la Tabla 10.

Tabla 10  
Transformadores de Corriente del Terciario

Derivaciones	Relación (A)	Relación (vueltas)
S2 – S3	200: 5	40: 1
S4 – S5	300: 5	60: 1
S1 – S2	500: 5	100: 1
S3 – S4	600: 5	120: 1
S1 – S3	700: 5	140: 1
S2 – S4	800: 5	160: 1
S3 – S5	900: 5	180: 1
S2 - S5	1.100: 5	220: 1
S1 – S4	1.300: 5	260: 1
S1 – S5	1.600: 5	320: 1

6.1.11.6 Las clases de precisión de los transformadores de corriente, tanto primario como secundario, serán según denominación IEC 185, las indicadas en la Tabla 11, siendo válidas para la relación mayor:

Tabla 11  
Precisión de los Transformadores de Corriente

Tipo de TC	Clase	Carga
Protección (p)	5P20	30 VA ( $\cos \phi = 0,8$ )

6.1.11.7 Todos los TTCC deberán tener enrollado secundario uniformemente distribuido y polaridad sustractiva.

6.1.11.8 Todos los terminales secundarios de los TTCC deberán llevarse hasta una o varias cajas de paso herméticas, accesibles desde el exterior y ubicadas en la cubierta del estanque. Asimismo, deberá llevarse a estas cajas un

chicote conectado al núcleo de cada TTCC que permita ponerlo a tierra externamente.

6.1.11.9 Desde las cajas mencionadas deberán salir, a través de ductos, chicotes claramente individualizados desde todos los terminales secundarios de los TTCC, que se llevarán a regletas con puente de cortocircuito ubicadas en el gabinete de control.

6.1.11.10 En el interior de la puerta del gabinete de control deberán ubicarse las placas de características de acero inoxidable de los TTCC conteniendo toda la información estipulada en las normas IEC 44-1 e IEC 185.

6.1.11.11 Los TTCC deberán someterse a los ensayos detallados en el párrafo 6.2.2.6, debiendo remitirse a CGE TRANSMISIÓN cuatro copias de los protocolos correspondientes.

#### 6.1.12 Aceite aislante

6.1.12.1 Cada transformador se suministrará con su dotación normal de aceite mineral aislante más un 3 % de exceso, que deberá cumplir con lo prescrito en la norma ANSI/ASTM D117-80.

6.1.12.2 El aceite deberá ser nuevo, de primer uso, limpio, puro, libre de aditivos inhibidores de oxidación, ácidos y otros componentes que puedan alterar las propiedades de los diferentes materiales aislantes empleados en el transformador.

6.1.12.3 El aceite será obtenido de un derivado secundario del petróleo (crudo) en cuya composición predominen los hidrocarburos nafténicos.

6.1.12.4 El proveedor deberá proporcionar a CGE TRANSMISIÓN el protocolo de ensayos efectuados en la fábrica de origen del aceite que corresponda a la partida específica empleada en los transformadores a suministrar. Estos ensayos deberán ser realizados conforme a los métodos ASTM que se indican en la Tabla 12, debiendo obtenerse valores que estén dentro de los límites señalados.

6.1.12.5 No obstante lo anterior, el proponente deberá proporcionar junto con su oferta, antecedentes que garanticen el cumplimiento de los requisitos especificados en los párrafos 6.1.12.3 y 6.1.12.4 como, asimismo, un listado de aceites comerciales compatibles que puedan mezclarse con el aceite ofrecido.

- 6.1.12.6 El aceite utilizado por el fabricante para impregnar los enrollados del transformador deberá ser del mismo tipo del empleado para el llenado del transformador y cambiador de derivaciones.
- 6.1.12.7 La marca y tipo de aceite utilizado deberá ser el mismo tanto durante la etapa de ensayos en fábrica como para el llenado definitivo para su funcionamiento y deberá consignarse en la placa de características del transformador.
- 6.1.12.8 El proponente deberá adjuntar una tabla con la tendencia de gasificación del aceite, según ASTM 2300.

Tabla 12  
Características del Aceite

PROPIEDADES	ASTM	VALOR LIMITE
<b>FÍSICAS</b>		
Punto de Anilina	D611	63-78 °C
Color	D1500	0,5 máx
Punto de Inflamación	D92	145 mín
Tensión Interfacial a 25°C	D971	45 din/cm mín
Punto de Fluidez	D97	-40 °C máx
Gravedad Específica a 15°C	D1298	0,91 máx
Viscosidad a 40°C	D445	12 cSt máx
Apariencia	D1524	crystalino
<b>ELÉCTRICAS</b>		
Rigidez Dieléctrica a 50 Hz	D877	35 kV mín
Factor de Potencia a 25°C (100°C)	D924	0,05 (0,3) % máx
Rigidez Dieléctrica al Impulso	D3300	145 kV mín
<b>QUÍMICAS</b>		
Contenido de Inhibidor de Oxidación	D1473	0,08% máx
Azufre Corrosivo	D1275B	no corrosivo
	IEC	no corrosivo
Contenido de Agua	62535	10 ppm
Número de Neutralización	D1533	0,03 mgKOH/g máx
Estabilidad a la Oxidación (72 hrs):	D979	
- Lodo	D2440	0,15% máx
- Número de Neutralización		0,5 mgKOH/g máx
Estabilidad a la Oxidación (164 hrs):		
- Lodo	D2440	0,3% máx
- Número de Neutralización		0,6 mgKOH/g máx
Cloruros y Sulfuros Inorgánicos		negativo
Contenido de PCBs	D278	0 ppm
	D4059	

### 6.1.13 Cambiador de derivaciones con carga

- 6.1.13.1 El transformador estará provisto de un cambiador de derivaciones bajo carga instalado en el neutro del enrollado primario, que deberá cumplir con todo lo estipulado en las normas IEC 60214, 296 y 542. Deberá estar construido de manera de permitir el flujo de potencia desde el primario al secundario y viceversa.
- 6.1.13.2 El cambiador debe permitir un rango de regulación para la conexión 1 (230 kV) de  $\pm 10\%$  en  $\pm 10$  saltos de  $1,0\%$  cada uno y para la conexión 2 (154 kV) de  $\pm 15\%$  en  $\pm 10$  saltos de  $1,5\%$  cada uno empleando el método del selector inversor (change-over selector). Este cambiador no deberá ser del tipo conmutador selector (selector switch), que combina en un solo conjunto las funciones de interruptor (diverter switch) y de selector de derivaciones (tap selector). Sin perjuicio de otros modelos que estime conveniente, el fabricante deberá cotizar necesariamente, como alternativa, el transformador con un cambiador tipo VACUTAP, modelo **VRCIII 400Y** con mecanismo ED, fabricado por Maschinenfabrik Reinhausen en sus instalaciones de Regensburg (Alemania).
- 6.1.13.3 El diseño del cambiador será tal, que estando instalado en el transformador, deberá permitir se efectúen a éste todas las pruebas de recepción que se detallan en la Sección 6.2. Deberá tenerse en cuenta que el equipo ofrecido sea compatible con el nivel de aislación del transformador (prueba de impulso y de frecuencia industrial), como, asimismo con las elevaciones de temperatura, esfuerzos electrodinámicos de cortocircuito y sobrecargas para las cuales está diseñado el transformador.
- 6.1.13.4 El fabricante deberá poner especial atención en el diseño de las bobinas de regulación de tal forma que el cambio de posición del selector inversor no ocasione excesivas descargas que aceleren el deterioro del aceite con la consecuente producción de gases.
- Para tal efecto, deberá considerarse la conveniencia del uso de resistencias de polarización y/o de amortiguamiento conectadas al enrollado fino, o bien, el empleo de un selector inversor de doble vía.
- 6.1.13.5 En particular deberá verificarse que los esfuerzos eléctricos que aparecen en los distintos terminales del cambiador, tanto por sobretensiones de impulso como de maniobra, estén dentro de los límites resistidos por el equipo.

- 6.1.13.6 En lo referente a capacidades de corriente dinámica y térmica de los contactos, capacidad de ruptura del interruptor y desempeño mecánico del conjunto, el cambiador deberá cumplir con los valores prescritos por la norma IEC 60214.
- 6.1.13.7 La unidad interruptora del cambiador deberá estar alojada dentro de un compartimento hermético que se montará en el interior del transformador, pero manteniendo su aceite independiente del aceite de este último.
- 6.1.13.8 Para absorber las variaciones de presión del aceite, el cambiador deberá conectarse a un conservador de aceite propio, el que quedará adosado al conservador principal.

Este sistema de preservación de aceite deberá trabajar a presión constante mediante un conservador del tipo abierto (sin bolsa de goma), provisto de los siguientes elementos:

- a) Dispositivo de purga.
- b) Respirador deshidratante de cuerpo transparente o con mirillas, de capacidad suficiente para prevenir el ingreso de humedad dadas las condiciones de operación indicadas en el punto 6.1.1. No se podrá considerar el uso de silica gel que contenga cloruro de cobalto.
- c) Válvula de drenaje de 1" de diámetro, incluyendo válvula anexa de ½" de diámetro para muestreo del aceite.
- d) Indicador del nivel de aceite, idéntico al descrito en 6.1.8.3.
- e) Válvula de estrangulamiento entre el conservador y el respirador que permita efectuarle vacío al estanque de expansión.
- f) Se deberán proveer válvulas que permitan efectuar circulado de aceite al conjunto conservador CDBC – compartimento CDBC – filtro.
- g) Relé de protección, marca MASCHINENFABRIK REINHAUSEN, Tipo RS2001, que detecte variaciones bruscas del flujo de aceite desde el compartimento del cambiador hacia el conservador. Deberá estar provisto de dos contactos auxiliares independientes que se cierren al momento de la operación del relé.
- h) Válvula de estrangulamiento entre el conservador y el relé de protección descrito en el punto anterior.

- i) Dispositivo limitador para la protección del cambiador contra sobrevoltaje transiente, el fabricante deberá entregar todos los detalles de las características de la protección, junto con cualquier limitación que imponga a las pruebas del transformador.

6.1.13.9 El cambiador tendrá en su extremo superior un cabezal metálico apernable a través del cual se fijará el cambiador al transformador. Este cabezal deberá poseer, al menos, los siguientes elementos:

- a) Cubierta apernable para el acceso al conmutador selector.
- b) Codo de acoplamiento de la tubería que se dirige al conservador de aceite. Este codo deberá tener una brida cuyas dimensiones permitan instalar directamente el relé de protección descrito en el párrafo 6.1.13.8.
- c) Codo de acoplamiento del ducto de drenaje de aceite, incluyendo dispositivo de purga. El codo se montará en el cabezal como terminación de un ducto interno de succión que deberá poseer el cambiador.
- d) Codo de acoplamiento del ducto de llenado de aceite mediante máquina filtradora.
- e) Dispositivo de purga.
- f) Indicador de posición mecánico.
- g) Conexión de tierra.
- h) Válvula de alivio de presión tipo Qualitrol idéntica a la descrita en el párrafo 6.1.5.8.e.

6.1.13.10 El cambiador de derivaciones bajo carga será accionado por un mecanismo motorizado, marca MASCHINENFABRIK REINHAUSEN, Tipo ED, que se alojará en un gabinete adosado al estanque del transformador, a una altura apropiada para un operador de pie sobre el nivel de la base.

El gabinete deberá estar montado de manera que todos los controles, sean accesibles desde la base del transformador y estarán equipadas con amortiguadores de neoprene, para resistir los esfuerzos provocados por vibraciones, oscilaciones e impactos, producidos por movimientos sísmicos y de transporte, de acuerdo con lo estipulado en esta Especificación.

Opcionalmente se deberá cotizar el accesorio modelo TM 100 de MR para el monitoreo, registro de datos y control del mecanismo ED y del cambiador.

6.1.13.11 Este gabinete deberá ser metálico, con puerta abisagrada, para operación a la intemperie, grado de protección IP 54, de idéntico color al del estanque del transformador, y estará provisto de los siguientes accesorios:

- a) Ventanilla(s) de vidrio para inspección visual del indicador de posición y del contador de operaciones.
- b) Ventilación tipo laberinto.
- c) Conexión de tierra.
- d) Enchufe tipo europeo para 220 V CA, monofásicos, 50 Hz.
- e) Calefactor para 220 V CA, monofásicos, 50 Hz, control por termostato.
- f) Placa metálica apernada en la parte inferior del gabinete para su perforación en terreno para la entrada de ductos de control.
- g) Ductos de interconexión entre gabinete de CDBC y gabinete de control para el eventual tendido de nuevos cables.
- h) Lámpara para 220 V CA, monofásicos, 50 Hz, controlada por un switch de puerta.
- i) Dispositivo para poner candado a la puerta.

6.1.13.12 El mecanismo motorizado será comandado por un sistema de control del tipo "paso a paso" requiriendo de sólo un pulso para que se inicie un cambio de derivación, el que se completará en forma automática.

6.1.13.34 El motor será trifásico, para una alimentación de 380 V CA, 50 Hz y estará protegido por un guardamotor con protección térmica y magnética que incluirá bobina de 220 V CA para comando eléctrico.

6.1.13.45 El sistema de control del mecanismo deberá operar con una tensión de 220 V CA, 50 Hz y estará provisto de los siguientes elementos:

- a) Contactos eléctricos de límite de carrera, mecánicamente operados, que prevengan la operación del mecanismo más allá de sus posiciones extremas, pero permitiendo la operación en la dirección opuesta.

- b) Topes mecánicos que bloqueen la operación del mecanismo más allá de sus posiciones extremas, pero permitiendo la operación en la dirección opuesta.
  - c) Manivela para la operación manual (mecánica) del cambiador. Deberá incluirse un contacto que bloquee la orden de operación eléctrica (automática y manual) al estar la manivela insertada en su posición de funcionamiento.
  - d) Indicador local de posición del tap, mecánico, este indicador debe ser visible a través de una ventana de inspección, cuando la puerta del mecanismo este cerrada, incluyendo anillos de arrastre para indicación de las posiciones extremas adoptadas por el cambiador.
  - e) Contador mecánico de operaciones.
  - f) Botoneras locales para "subir" y "bajar".
  - g) Botonera local de emergencia para detener el motor, actuando sobre la bobina del guardamotor. Deberá incluir una luz piloto color rojo, 220 V CA, para señalización de "guardamotor abierto".
  - h) Selector "local-remoto" instalado en el gabinete del mecanismo de accionamiento del cambiador. Este selector deberá conectarse al circuito de control de forma tal, que estando en posición "remoto" transfiera el comando del cambiador al relé regulador de voltaje indicado 6.1.15.17 y al mismo inhabilite la operación desde las botoneras locales mencionadas en f) y g). El selector deberá estar provisto de un contacto auxiliar para señalización, que deberá cerrarse cuando el selector se encuentre en posición "remoto".
  - i) Dispositivo de bloqueo por sobrecorriente, que permita prevenir o interrumpir la operación del mecanismo motorizado por el periodo en el cual una sobrecorriente excede los valores ajustados que fluyen en el enrollado del transformador.
  - j) Dispositivo de recuperación, que permita la partida del mecanismo motorizado después de una interrupción de la fuente de alimentación, permita completar la operación de cambio de tap.
- 6.1.13.15 Todos los contactos auxiliares especificados más aquellos disponibles de los dispositivos del circuito de control deberán alambrarse a regletas terminales.

6.1.13.16 El cambiador deberá contar con doble corona de contactos auxiliares:

- Una de ellas destinada a la señalización remota de la posición del CDBC en la caseta de comando de la propia subestación. El esquema de conexión será el 01 112TM según catálogo BA 77/88 de Reinhausen, basado en un potenciómetro y conversor A/D tipo N 2531 y display digital tipo N 2534, todo lo cual deberá ser suministrado por el fabricante del transformador.
- La segunda corona estará destinada a suministrar una señal potenciométrica para la UNIDAD TERMINAL REMOTA del sistema de telecontrol (SCADA).

6.1.13.17 Para comandar la operación automática del cambiador bajo carga el proponente deberá considerar el suministro del relé regulador de voltaje controlado por microprocesador modelo ETOS, fabricado por Maschinenfabrik Reinhausen.

El relé regulador de voltaje deberá poseer las siguientes características:

- Puertos de comunicaciones: Ethernet (RJ45 + FO)
- Protocolos: DNP 3.0, TCP-IP
- Tipo de sesión: multisesión
- Ciberseguridad: perfiles de usuario

6.1.13.18 El CDBC deberá contar además con contactos adicionales de comando, para controlarlo a través del sistema de telecontrol (SCADA), por medio de la transmisión de pulsos para SUBIR o BAJAR la posición.

6.1.13.19 Las muestras de voltaje y de corriente que se ingresarán al relé ETOS, serán obtenidas de transformadores de medida conectados en el lado de 69 kV de las siguientes características:

- Transformador de potencial externo suministrado por CGE TRANSMISIÓN,  $69.000/\sqrt{3}$ : 110,6 V, que se conectará entre la fase X<sub>1</sub> y neutro.

Transformador de corriente tipo bushing 900: 5 A como parte integrante del transformador de poder que deberá montarse en la fase X<sub>1</sub>. Este transformador de corriente será designado como c21 y se suministrará exclusivamente para este propósito.

## 6.2 ENSAYOS DE RECEPCIÓN

### 6.2.1 General

6.2.1.1 El fabricante deberá someter cada transformador a los ensayos y controles de recepción que se indican más adelante, de acuerdo a los procedimientos estipulados en la última edición de las normas IEC, complementadas por lo prescrito en estas especificaciones.

El Fabricante deberá enviar, con tres meses de anticipación a las pruebas en fábrica, un programa de controles, verificaciones y pruebas considerados durante el proceso de fabricación, armado y recepción final en fábrica tanto de componentes como del conjunto.

En este programa el Fabricante deberá proponer el grado de participación que considerará para cada etapa señalando cuáles corresponden a procesos en que participa el Control de Calidad del fabricante solamente y cuáles procesos en que participan ambas partes (Fabricante y CGE TRANSMISIÓN). En todo caso, este programa deberá considerar como mínimo las pruebas que aquí se especifican, incluyendo lo siguiente:

- Detalle de cada prueba, con circuitos y valores a considerar.
- Secuencia de realización de las pruebas.
- Cronograma de toda la inspección.

6.2.1.2 El costo de todos los ensayos detallados en los párrafos 6.2.2, 6.2.3, 6.2.4, 6.2.5 y 6.2.6 deberá estar incluido en el precio del transformador.

6.2.1.3 CGE TRANSMISIÓN estará facultada para presenciar y aprobar (o rechazar) mediante inspectores propios y/o representantes autorizados, el diseño, los procesos de fabricación, como también, los procedimientos y resultados de los ensayos tanto del transformador como de sus componentes y accesorios.

6.2.1.4 El fabricante deberá suministrar cuatro (4) copias certificadas del informe completo de los ensayos incluyendo los datos de ajustes, calibraciones, circuitos usados, características de los instrumentos y el resultado de todos los ensayos solicitados con sus valores corregidos conforme a las referencias estipuladas por la norma IEC.

Una copia de los protocolos deberá ser entregada a CGE TRANSMISIÓN, inmediatamente finalizados los ensayos de fábrica.

- 6.2.1.5 Los controles y ensayos que se indican más adelante, deberán ser realizados a cada uno de los transformadores completamente terminados con sus bushings y dotación de aceite propio, y con sus circuitos de control y auxiliares operativos en conformidad con los diagramas aprobados por CGE TRANSMISIÓN.

Asimismo, para poder dar inicio a estos ensayos será imprescindible que al transformador se le haya efectuado la recirculación del aceite necesaria para asegurar un correcto secado, filtrado y desgasificado. Para obtener un filtrado adecuado deberán utilizarse filtros de 0,5 micrones.

El fabricante deberá contar con equipos de medición con sus certificados de calibración al día, y se deberá entregar una copia de éstos a CGE TRANSMISIÓN.

- 6.2.1.6 La fábrica deberá tener disponibilidad de realizar las pruebas de acuerdo a lo que indique la Inspección de CGE TRANSMISIÓN.

## 6.2.2 Ensayos de los accesorios

El fabricante del transformador deberá entregar a CGE TRANSMISIÓN cuatro (4) copias de los protocolos de ensayos efectuados por sus proveedores a cada uno de los accesorios incorporados en el transformador, para verificar las características y el correcto funcionamiento de éstos. Los principales ensayos que deberán considerarse son los siguientes:

- 6.2.2.1 Calibración, aislación de los circuitos de contactos auxiliares y verificación del correcto funcionamiento del relé Buchholz, termómetros, indicadores de nivel y restante instrumentación.

Las calibraciones de cada una de las imágenes térmicas locales y remotas, se realizarán con potencia nominal. La calibración de las imágenes térmicas se realizará a partir de los valores de temperatura que se hayan obtenido durante la prueba de calentamiento. El Inspector de CGE TRANSMISIÓN determinará la diferencia de temperatura que debe sumarse a la elevación de temperatura del enrollado, para la calibración final de las imágenes térmicas.

Cada uno de los valores de temperatura con que se calibre cada imagen térmica, no deberá diferir en  $\pm 1^\circ \text{C}$  del valor que se obtuvo de la prueba de calentamiento en un determinado enrollado. El Fabricante deberá proporcionar memorias de cálculo relacionadas con la calibración de las imágenes térmicas.

Deberá comprobarse en fábrica que la calibración de todas las imágenes térmicas locales y remotas ha sido realizada en forma correcta. El procedimiento a seguir deberá ser sometido a la aprobación de CGE TRANSMISIÓN junto con el programa de inspección indicado en la subcláusula 6.2.1.1 de esta Especificación.

6.2.2.2 Ensayos efectuados al relé regulador de voltaje ETOS, incluyendo los siguientes:

- a) Aislamiento conforme a IEC 255-2 y 255-4.
- b) Funcionamiento conforme a IEC 255-4.
- c) Compatibilidad electromagnética (EMC) conforme a IEC 801-1...5.
- d) Temperatura de operación admisible.

6.2.2.3 Certificado de conformidad de las bolsas de goma para el conservador haciendo especial mención a los aspectos dimensionales, estanqueidad y calidad del tejido.

6.2.2.4 Ensayo de los motores de los ventiladores incluyendo:

- a) Resistencia óhmica.
- b) Resistencia de la aislación.
- c) Consumo.

6.2.2.5 Ensayos a los bushings conforme a lo estipulado por IEC 60137.

Para el caso de los bushings de 245 y 72,5 kV se deberán considerar los siguientes ensayos de rutina:

- a) Medición del factor de disipación dieléctrico ( $\tan d$ ) y la capacidad a temperatura ambiente para cuatro (4) valores de tensión de ensayo comprendidos entre  $0,3 U_n$  y  $1,0 U_n$ . Asimismo, se deberá medir la  $\tan d$  y la capacidad de la derivación capacitiva con 10 kV.
- b) Tensión resistida en seco, aplicando a lo largo de 1 min. las tensiones de prueba indicadas en la Tabla 4. Durante este ensayo deberá medirse la magnitud de las descargas parciales a distintos niveles de tensión, tanto durante el incremento como el decremento de la tensión de prueba. Para esta medición se adoptarán los criterios definidos en las publicaciones IEC 60270 y 60137.
- c) Medición del nivel de descargas. Para esta medición se adoptarán los criterios definidos en las publicaciones IEC 60270 y 60137. Para la

detección de dichas descargas, deberá contarse con un filtro adecuado.

d) Voltaje resistido por la derivación capacitiva aplicando 2 kV, 50 Hz, durante 1 minuto.

e) Ensayo de estanqueidad aplicando una sobrepresión interna de 1 bar, con aceite a 75°C, durante 24 horas.

Para el caso de los bushings de 24 kV, se deberá medir el voltaje resistido en seco, aplicando 55 kV, 50 Hz, durante 1 minuto.

Complementando lo anterior, se deberá proporcionar a CGE TRANSMISIÓN cuatro (4) ejemplares de los protocolos de ensayos tipo que se mencionan en el párrafo 50.1 de la norma IEC 137, que hayan sido efectuados por el fabricante de los bushings a unidades equivalentes a las suministradas.

6.2.2.6 Ensayos a los transformadores de corriente tipo bushing según las indicaciones de las normas IEC 44-1 e IEC 60185, incluyendo al menos:

a) Verificación de las razones de transformación y la polaridad antes y después de ser montados en el transformador.

b) Medición de la resistencia óhmica de los enrollados.

c) Determinación de las curvas de excitación y del factor de corrección de razón, para todas las relaciones de transformación.

d) Verificación de la clase de precisión.

e) Ensayos dieléctricos: voltaje aplicado, voltaje inducido y ensayo de impulso conjuntamente con el transformador completo.

6.2.2.7 Si la Orden de Compra considera el suministro de pararrayos, el fabricante deberá remitir a CGE TRANSMISIÓN cuatro (4) copias del protocolo de los ensayos efectuados por el proveedor de los pararrayos en conformidad con las indicaciones de la norma IEC 99-1.

6.2.2.8 Ensayos tipos y de rutina del cambiador de derivaciones bajo carga según norma IEC 60214, incluyendo los siguientes:

a) Aumento de temperatura de los contactos, según cláusula 8.1

b) Pruebas de Switching, según cláusula 8.2

c) Pruebas de Corriente de Cortocircuito, según cláusula 8.3

- d) Prueba de la Impedancia de Transición, según cláusula 8.4
- e) Pruebas mecánicas, según cláusula 8.5
- f) Pruebas dieléctricas, según cláusula 8.6
- g) Ensayo mecánico, según cláusula 9.1
- h) Ensayo de secuencia, según cláusula 9.2
- i) Aislación de los circuitos auxiliares, según cláusula 9.3
- j) Pruebas de presión y de vacío, según cláusula 9.4

Las pruebas tipo pueden documentarse sobre muestras de cambiadores realizadas por el fabricante.

- 6.2.2.9 Ensayos del aceite efectuados por su proveedor de acuerdo a las normas ASTM indicadas en la Tabla 12.

### 6.2.3 Ensayos mecánicos

- 6.2.3.1 Inspección visual general al transformador, verificando la calidad de las terminaciones, el alineamiento de las bridas de acoplamiento y la correcta instalación y funcionamiento de todas las válvulas.
- 6.2.3.2 Ensayo de vacío con 0,5 mm de Hg. o menos al transformador completo con todos sus accesorios montados y sin aceite durante 24 horas, haciendo la correspondiente verificación de las deformaciones según 6.2.3.4. La pérdida de vacío después de dos horas de desconectada la bomba de vacío no deberá superar los 1,5 mm de Hg.
- 6.2.3.3 Ensayo de sobrepresión del transformador completo, con todos sus accesorios montados y lleno de aceite, aplicándose durante 24 horas una presión de 0,7 kg/cm<sup>2</sup> medida en la parte superior del estanque.

Durante el ensayo se verificarán posibles filtraciones de aceite en el estanque, cañerías, válvulas, radiadores, etc. De producirse éstas, deberá repetirse el ensayo cuantas veces sea necesario hasta que se compruebe que las filtraciones han desaparecido.

- 6.2.3.4 En los ensayos de vacío y de sobrepresión no deberán producirse deformaciones permanentes mayores que las que se indican en la siguiente Tabla 13:

Tabla 13  
Deformaciones del Estanque

DIMENSIÓN MAYOR DE LA PLANCHA ENTRE VIGAS SOPORTE (m)	DEFLEXIÓN PERMANENTE MÁXIMA (mm)
Hasta 1,5	3
1,5 a 3,0	8
Sobre 3,0	13

#### 6.2.4 Control de las características

- 6.2.4.1 **Los ensayos deberán realizarse tanto para la conexión 230/69 kV, como para 154/69 kV.**
- 6.2.4.2 Resistencia en frío de todos los enrollados, medida con corriente continua. En el enrollado secundario deberán tomarse lecturas en todas las posiciones del cambiador bajo carga. Se tendrá especial precaución que el transformador no haya sido energizado durante las tres horas que preceden a la realización de estas mediciones. La temperatura media de los enrollados se considerará igual al promedio de las temperaturas del aceite superior e inferior. Los valores de resistencia obtenidos se referirán a 85°C para ser utilizados en el cálculo de pérdidas en el cobre.
- 6.2.4.3 Razón de transformación entre los distintos enrollados medida con un puente potenciométrico en cada una de las posiciones del cambiador bajo carga.
- 6.2.4.4 Relación de fases y polaridad, verificadas simultáneamente con la medición señalada en el párrafo anterior.
- 6.2.4.5 Medición de la impedancia entre los distintos enrollados y pérdidas en carga, según las indicaciones de la norma IEC 60076-1. Deberán tomarse mediciones en todas las posiciones del cambiador bajo carga con una corriente comprendida entre el 25 % y el 100 % de la corriente de la posición en prueba para régimen ONAF (65°C). Los valores medidos deberán referirse a la corriente que corresponda en cada caso y a la temperatura de 85°C. La temperatura media de los enrollados se considerará igual al promedio de las temperaturas del aceite superior e inferior cuidando que la diferencia entre estas últimas sea poco significativa.
- 6.2.4.6 Medición de la corriente de excitación y pérdidas en vacío a tensión y frecuencia nominales según las indicaciones de la norma IEC 60076-1 con el 90, 100 y 110 % del voltaje de la posición en prueba.

La tensión aplicada deberá medirse simultáneamente con dos voltímetros; uno sensible al valor eficaz y el otro al valor medio pero graduado en valor eficaz. De este modo, las pérdidas en vacío quedarán definidas por la siguiente expresión:

$$P_v = \frac{2 * P_m}{1 + \left(\frac{V_{ef}}{V_{med}}\right)^2}$$

donde :

- Pv = Pérdidas en vacío reales
- Pm = Pérdidas en vacío medidas
- Vef = Tensión eficaz
- Vmed = Tensión media

La corriente en vacío se considerará igual al promedio de las corrientes de las tres fases medidas con amperímetros de valor eficaz.

Adicionalmente deberá medirse la corriente de excitación aplicando 220 V CA en el secundario.

De ser factible, a continuación de este ensayo se medirá el contenido de armónicas de la corriente de excitación mediante un analizador de armónicas.

Las mediciones indicadas en este párrafo, se efectuarán antes y después de los ensayos dieléctricos del transformador.

6.2.4.7 Medición de la impedancia de secuencia cero a frecuencia nominal en la posición 9 del cambiador bajo carga.

6.2.4.8 Ensayos sobre muestras del aceite inferior tomadas al inicio y al término de los ensayos dieléctricos del transformador. En ambas muestras se deberá controlar las siguientes características:

- a) rigidez dieléctrica
- b) factor de potencia
- c) índice de acidez
- d) contenido de humedad en ppm
- e) tensión interfacial
- f) resistividad volumétrica
- g) Contenido de gases disueltos mediante análisis cromatográfico de las muestras. El fabricante deberá tener especial cuidado, que en el período comprendido entre la extracción de muestras, el estanque del

transformador no sea sometido a calentamientos puntuales por efecto de soldaduras.

#### 6.2.4.9 Medición del consumo de los auxiliares.

### 6.2.5 Ensayos dieléctricos

**Las pruebas deberán realizarse tanto para la conexión 230/69 kV, como para 154/69 kV.**

#### 6.2.5.1 Voltaje aplicado (AC) durante 60 segundos a una frecuencia no inferior a los 40 Hz, con el cambiador bajo carga en una posición que se acordará entre CGE TRANSMISIÓN y el fabricante.

Conforme a la norma IEC 60076-3, se aplicarán voltajes sinusoidales monofásicos de las siguientes magnitudes:

- a) Enrollado primario : 275 kV RMS (Conexión 1)
- b) Enrollado primario : 275 kV RMS (Conexión 2)
- c) Enrollado secundario : 140 kV RMS
- d) Enrollado terciario : 50 kV RMS

Se deberá medir el valor peak. El valor peak dividido por  $\sqrt{2}$  deberá ser igual al valor de la prueba.

#### 6.2.5.2 Voltaje inducido de corta duración (ACSD) aplicando una onda sinusoidal durante 60 segundos, con el cambiador bajo carga en una posición que se acordará entre CGE TRANSMISIÓN y el fabricante. En el caso de emplear una frecuencia de ensayo mayor al doble de la nominal, deberá calcularse el tiempo de ensayo de acuerdo a:

$120 \times \frac{\text{Frecuencia Nominal}}{\text{Frecuencia Ensayo}}$ , y no menos de 15 segundos.

Para el desarrollo de esta prueba, será responsabilidad del fabricante tomar las previsiones apropiadas para la aislación del neutro, y así lograr en cada terminal de fase el valor de tensión inducida indicada en la tabla 4 del punto 6.1.3.7 y bajo las condiciones que se indican en norma IEC 60076-3.

#### 6.2.5.3 Voltaje Inducido de Larga Duración (ACLD) con medición de las descargas parciales, de acuerdo a los métodos expuestos las publicaciones IEC 60270 y 60076-3. Este ensayo deberá efectuarse con el cambiador bajo carga en una posición que se acordará entre CGE TRANSMISIÓN y el fabricante y

se considerará como voltaje máximo del sistema entre fases  $U_m = 245.000$  volts rms (conexión 1) y  $U_m = 170.000$  volts rms (conexión 1), con  $U_1 = 1,7 U_m$  y  $U_2 = 1,5 U_m$ .

La amplitud de las descargas parciales se medirá en una impedancia acoplada a las derivaciones capacitivas de cada bushing del primario y también al borne  $X_0$ . Durante el ensayo se llevará un registro cada 5 minutos de las mediciones. El voltaje de iniciación y de extinción de las descargas parciales deberá estar por sobre  $1,2 U_m$  entre fases. El ruido de fondo deberá ser inferior a los 10 pC.

La amplitud de la descarga aparente máxima no deberá sobrepasar los 500 pC durante los 30 minutos de aplicado el voltaje de  $1,5 U_m (U_2)$  entre fases. El ruido de fondo deberá ser inferior a los 100 pC.

Para la medición de las descargas parciales se usará de preferencia un instrumento de gran ancho de banda (100-400 KHz), función de la amplitud del pulso máximo.

Esta calibración deberá efectuarse con un generador de carga aparente estándar de 20 a 500pc, efectuando un perfil de calibración mediante la simulación de las distintas ubicaciones que pueda tener una descarga parcial. Para tal efecto, deberá medirse en las derivaciones capacitivas de los bushings primarios y en el neutro del secundario, conectando sucesivamente a ellos la impedancia de medida a través de un selector.

Para observar las descargas parciales y discernir su origen, deberá utilizarse un osciloscopio análogo, de preferencia de 60 MHz, con la amplificación horizontal adecuada.

6.2.5.4 Ensayo de impulso en cada borne del transformador, incluyendo los neutros, de acuerdo a la norma IEC 60076-3 y a los niveles de aislación indicados en el párrafo 6.1.3.7.

En los terminales de fase, los impulsos de ensayo deberán aplicarse en la siguiente secuencia:

- Una onda llena reducida (50-75 %)
- Una onda llena plena (100 %)
- Una onda cortada reducida (50-75 %)
- Dos ondas cortadas plenas (110 %)
- Dos ondas llenas plenas (100 %)

En los terminales de neutro, los impulsos se aplicarán en el siguiente orden:

- Una onda llena reducida (50-75 %)
- Dos ondas llenas plenas (100 %)

El ensayo de impulso en los terminales del primario se efectuará con el cambiador bajo carga en una posición que se acordará entre CGE TRANSMISIÓN y el fabricante.

Se registrará la corriente del enrollado en ensayo, tanto para la onda cortada como para la llena y se compararán los valores de las ondas reducidas con las plenas.

En caso de que no sea posible sincronizar adecuadamente el tiempo al corte de la onda cortada, deberán efectuarse varios ensayos sucesivos con amplitudes de 50 % y con tiempos al corte diferentes, con el propósito que en alguno de estos ensayos, el tiempo al corte coincida con el de la onda normalizada de 100 %.

Si el transformador está provisto de dispositivos internos para limitar las sobretensiones, deberá indicarse el efecto de éstos en los oscilogramas. Además, el fabricante deberá proporcionar previamente a estos ensayos, un resumen del propósito y esquema de conexión de estos dispositivos. Por otra parte, su existencia deberá consignarse en la placa de características.

En el caso que estos elementos existan, se aplicarán dos impulsos adicionales con ondas llenas reducidas (60-80 %), antes y después de las ondas llenas plenas. Las variaciones de las ondas llenas reducidas antes y después de las ondas llenas deberán ser las mismas.

- 6.2.5.5 Ensayo de aislación de los circuitos de control de los auxiliares del transformador con un voltaje aplicado de 2 kV a 50 Hz durante 1 minuto.
- 6.2.5.6 Medición del factor de potencia de la aislación, de la capacidad electrostática entre enrollados y entre enrollados y tierra, al transformador completamente armado con su nivel normal de aceite, conforme a lo estipulado en la norma ANSI C57.12.90. Las mediciones se efectuarán a temperatura ambiente, debiendo el fabricante, proporcionar los factores de corrección para diferentes temperaturas. Este ensayo se realizará antes y después de los ensayos dieléctricos y de calentamiento.
- 6.2.5.7 Resistencia de la aislación entre núcleo y ferretería mediante la aplicación de 2.500 V CC. Para este ensayo deberán levantarse las conexiones flexibles del núcleo a tierra mencionadas en el párrafo 6.1.6.8.

## 6.2.6 Ensayos de funcionamiento

6.2.6.1 Ensayos de calentamiento en el transformador, para cada uno de los regímenes de potencia. Estos ensayos se realizarán según procedimientos indicados en la norma IEC 60076-2 con el cambiador bajo carga en la posición que, de acuerdo a las mediciones efectuadas represente mayores pérdidas totales.

Con ocasión de estos ensayos, se deberá verificar que el transformador cumpla con las condiciones de sobre y subexcitación indicadas en el párrafo 6.1.3.6.

Asimismo, se aprovechará la ejecución de estos ensayos para efectuar la calibración de los termómetros de enrollados y del aceite, como también, el indicador de nivel de aceite.

Adicionalmente, se determinará la curva de resistencia de la aislación en función de la temperatura.

Durante la realización de los ensayos de calentamiento, deberá ponerse especial atención a las vibraciones, ruidos excesivos, calentamientos anormales, etc. que puedan aparecer en el estanque y/o componentes del transformador.

6.2.6.2 Ensayos al cambiador bajo carga montado en el transformador. Se efectuarán los ensayos de rutina mencionados en la norma IEC 60076-1, incluyendo al menos:

- a) Ocho ciclos de operación completos con el transformador desenergizado. Los ocho ciclos de operación se efectuarán con los circuitos auxiliares energizados con el 100% de su tensión nominal.
- b) Un ciclo de operación completo con el 85 % del voltaje auxiliar, con el transformador desenergizado.
- c) Un ciclo de operación completo con el transformador energizado en vacío.
- d) Diez operaciones de cambio de derivación en  $\pm 2$  saltos, a cualquier lado de la derivación principal circulando la corriente nominal del transformador mediante un enrollado en cortocircuito.
- e) Ensayo de aislación de los circuitos auxiliares.

- f) Con 100% de la tensión nominal de los circuitos auxiliares de c.a. y c.c. y operación manual (manivela), se realizará un ciclo completo de operaciones, estando el transformador desenergizado.
- g) Con 100% de la tensión nominal de los circuitos auxiliares de c.a. y c.c., y con operación automática, se realizará un ciclo completo de operaciones estando el transformador desenergizado.

6.2.6.3 Nivel de ruido que deberá medirse al final de las pruebas dieléctricas, conforme a las pautas de la norma ANSI C57.12.90-1999, mediante un instrumento que cumpla la norma ANSI S1.4-1983.

De esta forma, los niveles de ruido del transformador deberán ser inferiores a los indicados en la Tabla 14 que se muestra a continuación:

Tabla 14  
Nivel de Ruido

RÉGIMEN DE POTENCIA	NIVEL DE RUIDO PROMEDIO
ONAN (65°C)	75 dB
ONAF (65° C)	77 dB

6.2.6.4 Funcionamiento de los motores y de cada uno de los dispositivos de comando, control y protección del equipo de refrigeración.

## 6.3 EXTENSIÓN DEL SUMINISTRO

### 6.3.1 General

- 6.3.1.1 El proponente deberá cotizar el suministro del transformador de poder sus accesorios y repuestos indicados en A1.1, bajo las "Condiciones Generales del Suministro" estipuladas en la Sección A2. Los equipos deberán cumplir con las "Especificaciones Técnicas" detalladas en la Sección 6.1 y serán sometidos a los "Ensayos de Recepción" indicados en la Sección 6.2.
- 6.3.1.2 Propuestas que no coticen los accesorios, repuestos y herramientas detalladas en A1.1 no serán consideradas.
- 6.3.1.3 El proponente podrá presentar cualquier alternativa que considere ventajosa para CGE TRANSMISIÓN, siempre y cuando cotice además los equipos tal como se han especificado. Asimismo deberá proporcionar una completa fundamentación sobre su proposición alternativa.

### 6.3.2 Detalle del suministro

El detalle del suministro se presenta en la solicitud de cotización correspondiente.

### 6.3.3 Repuestos y herramientas

Sin perjuicio de los elementos detallados en A1.1, el proponente deberá cotizar una lista de repuestos y herramientas que considere recomendable adquirir, indicando claramente la descripción completa y número de catálogo de cada ítem recomendado.

### 6.3.4 Información a incluir en la oferta

6.3.4.1 Además del formulario de la Sección A1 debidamente informado, el proponente deberá incluir en su oferta, la siguiente información técnica:

- a) Planos de dimensiones generales y ubicación de accesorios.
- b) Planos de dimensiones del transformador en condiciones de transporte.
- c) Información técnica sobre el tipo de materiales aislantes empleados (aptos para 65°C de elevación media).
- d) Descripción del sistema de preservación de aceite.
- e) Descripción de los componentes del sistema de refrigeración forzada.
- f) Planos y características eléctricas de los bushings ofrecidos.
- g) Folletos descriptivos del cambiador de derivaciones bajo carga y relé regulador de voltaje.
- h) Disposición física de las bobinas de los enrollados con sus derivaciones.
- i) Disposición eléctrica de las bobinas de los enrollados con sus derivaciones.
- j) Lista de repuestos y herramientas recomendados para un período de mantención de diez años.
- k) Frecuencias naturales de oscilación de aquellos componentes susceptibles de entrar en vibración con movimientos sísmicos.

- 6.3.4.2 En la oferta se deberá cotizar el costo diario de un especialista enviado por el fabricante para supervisar el montaje y puesta en servicio de los transformadores. El valor cotizado deberá incluir los gastos relativos a pasajes aéreos, pasaporte, visa y seguros de vida y salud.

CGE TRANSMISIÓN proporcionará a sus expensas el transporte local, el alojamiento en habitación individual con baño privado y la alimentación, excluyendo las bebidas alcohólicas.

### 6.3.5 Información a suministrar después de colocada la orden de compra

- 6.3.5.1 En un plazo no superior a sesenta (60) días a contar de la fecha de colocación de la Orden de Compra, el fabricante deberá entregar para aprobación de CGE TRANSMISIÓN, cuatro (4) copias de los siguientes planos y memorias de cálculo:

- a) Disposición general (outline) de los transformadores y sus accesorios que contenga 5 vistas del equipo: 4 costados más vista superior.
- b) Detalles del sistema de anclaje a la fundación incluyendo memoria de cálculo del comportamiento sísmico.
- c) Detalles de la disposición de los enrollados y aislaciones.
- d) Sistemas de apriete del conjunto núcleo-enrollados y de fijación de éste al estanque y cubierta.
- e) Conexión de los terminales de los enrollados a los bushings.
- f) Conexión del núcleo a masa.
- g) Plano del estanque de expansión y su soporte con sus dimensiones interiores y rango de volumen máximo y mínimo que permite el diafragma del conservador principal.
- h) Plano con las dimensiones interiores del estanque de expansión del cambiador de tomas bajo carga.
- i) Plano del respiradero secador para el conservador principal y el conservador del cambiador de tomas bajo carga.
- j) Se deberá proporcionar planos de cada uno de los diferentes gabinetes que se incluyen en el transformador, mostrando la disposición interior de cada uno de sus accesorios como: contactores, regletas de terminales, interruptores, relés, lámparas, entradas de

ductos, fijaciones de cada armario, sistema de puesta a tierra de cada armario, etc. A lo menos, cada plano deberá incluir una vista exterior de frente y otra lateral, una vista interior de frente y otra lateral y una vista de planta inferior mostrando entrada de conductos (total 5 vistas).

- k) Memorias de Cálculo Mecánicas: Las memorias de soporte de radiadores, soportes del conservador, elementos de anclaje y bushings.
- l) Memorias de cálculo especiales
  - a. Altura de llenado de los conservadores, de acuerdo con la temperatura ambiente y con la determinación de la correspondiente curva de llenado (altura del conservador versus temperatura ambiente).
  - b. Estabilidad del transformador completamente armado.
  - c. Calibración de las imágenes térmicas locales y remotas.
- m) Alturas requeridas para retirar la parte activa.
- n) Diagramas de alambrado de los circuitos de control y auxiliares.
- o) Placa de características.
- p) Folletos descriptivos y dimensionales de todos y cada uno de los accesorios del transformador (bushings, ventiladores, instrumentos, válvulas, etc.).
- q) Copia de la memoria de cálculo de los esfuerzos mecánicos y térmicos causados por cortocircuitos.
- r) Información necesaria que permita rehacer los cálculos de los puntos k) y l). El fabricante no podrá negar la información argumentando que es Know-How de la fábrica, sin haberlo indicado previamente en su oferta. Sin embargo, CGE TRANSMISIÓN garantiza estricta confidencialidad y reserva en el manejo de la información.
- s) Información técnica completa referente al cambiador de derivaciones bajo carga, incluyendo los diagramas de control de su mecanismo motorizado y antecedentes del relé regulador de voltaje.
- t) Una Carta Gantt donde se indiquen claramente las etapas de fabricación y los plazos de ejecución de las mismas para cada uno de los transformadores asociados a la orden de compra. Esta Carta Gantt debe ser actualizada mensualmente y enviada a CGE TRANSMISIÓN.

- 6.3.5.2 En un plazo no superior a treinta (30) días a contar de la fecha de entrega, el fabricante deberá enviar a CGE TRANSMISIÓN cuatro (4) copias de la siguiente información:
- a) Planos mencionados en 6.3.5.1 con las correcciones que eventualmente haya efectuado CGE TRANSMISIÓN.
  - b) Manual de Instrucciones conteniendo toda la información necesaria para el montaje, operación y mantenimiento del transformador y sus accesorios.
  - c) Protocolos de los ensayos de recepción del transformador y sus accesorios.
  - d) Conjunto de fotografías en colores mostrando la parte activa y el transformador completamente terminado vistos desde todos los ángulos.

Certificado de origen del aceite suministrado con el transformador.

## 7. Registros y datos. Formatos aplicables

Registro	Responsable emisión	Soporte/lugar de archivo	Formato	Responsable de archivo	Tiempo conservación
Formulario de Características Técnicas Garantizadas	Nelson Antillanca	Navegador de Normativas	Digital	Nelson Antillanca	Indefinido

- **NT.CGEx.PC.CTX.012.2023-FO.01:** Formulario de Características Técnicas Garantizadas

## 8. Relación de Anexos

- **Anexo 00:** Histórico de revisiones
- **Anexo 01:** Condiciones generales del suministro

## Anexo 00: Histórico de ediciones

Edición	Fecha	Motivos de la edición y/ o resumen de cambios
1	Hasta 11/2023	Edición inicial del documento. RUJ/FGV
		Se cambia la especificación sísmica a la ETGI-1.020 de INDEGESA y se incorporan recomendaciones del consultor. FGM
		Se agrega el ensayo IEC 62535 para el aceite. FGM
		Se elimina la exigencia de proveer la unidad de filtrado OF100 junto al cambiador de derivaciones bajo carga. FGM
		Se agregan transformadores de corriente de protección e imagen térmica en el terciario y se actualiza la especificación técnica de CGE Transmisión a CGE. FGM
		Se modifica exigencia de modelos de los bushing. FGM
		Modifica logo a CGE. FGO
		Se actualiza nivel IEC 815. NAE
2	27/11/2023	Actualización a formato CGE Transmisión ET 94-0823

## Anexo 01: Condiciones generales del suministro

### A1.1 PÉRDIDAS GARANTIZADAS

A1.1.1 El fabricante deberá garantizar, para las dos conexiones (230/69 y 154/69), las siguientes pérdidas eléctricas del transformador en las condiciones que se indican:

- a) Pérdidas de excitación activas (en vacío) a frecuencia nominal medidas en posición 1 con el 100 % del voltaje [kW]
- b) Pérdidas de excitación reactivas (en vacío) a frecuencia nominal medidas en posición 1 con el 100 % del voltaje [kVAr]
- c) Pérdidas en carga (cobre + parásitas) base 75/75/25 MVA, referidas a 75°C, medidas en la posición 21, con el 100% de la corriente correspondiente a esa posición [kW].

A1.1.2 Si las pérdidas medidas en los ensayos de recepción exceden los valores garantizados que se han estipulado en los puntos 15c, 16c y 17a del párrafo F1.2 del formulario de características técnicas NT.CGEx.PC.CTX.012.2023-FO.01, el fabricante deberá pagar a CGE TRANSMISIÓN una multa que se definirá en el proceso de licitación del suministro y que contemplará los siguientes aspectos:

- a) Multa por cada kW en exceso en las pérdidas de excitación activas.
- b) Multa por cada kVAr en exceso en las pérdidas de excitación reactivas.
- c) Multa por cada kW en exceso en las pérdidas en carga.

### A1.2 GARANTÍAS

A1.2.1 El fabricante deberá garantizar el correcto funcionamiento del equipo suministrado por un período de dieciocho (18) meses a partir de su puesta en servicio o por un período de veinticuatro (24) meses desde la fecha del último embarque, según cuál se cumpla primero. Para este objeto, se establecerá la garantía estipulada en el proceso de licitación del suministro, de la cual se podrá efectuar las deducciones a que diere lugar cualquier deficiencia que sea motivo de multa o rechazo.

- A1.2.2 Si durante el período de garantía definido anteriormente, el equipo resulta defectuoso en condiciones que puedan atribuirse a la responsabilidad del fabricante, obligará a este último a reponer o reparar de su cargo el equipo fallado. Esta garantía se otorgará para asegurar el correcto funcionamiento del equipo puesto en el lugar de instalación definido por CGE TRANSMISIÓN, por lo que el proveedor deberá además hacerse cargo de todos los gastos en que se incurra por concepto de traslado de personal, como, asimismo, por transporte desde y hacia la fábrica del equipo fallado y del equipamiento que esté directamente relacionado con la superación del problema.
- A1.2.3 Si el proveedor no cumple con las obligaciones mencionadas en el párrafo A1.2.2 o no procede oportunamente después que CGE TRANSMISIÓN se lo haya requerido, esta última quedará facultada para rechazar los equipos afectados, sin compensación para el proveedor, quien deberá devolver a CGE TRANSMISIÓN todos los pagos recibidos y reembolsará los gastos relacionados directamente con el Pedido de Importación.
- A1.2.4 A los equipos renovados, reparados o suministrados en reemplazo de los defectuosos, se aplicará un nuevo período de garantía de dieciocho (18) meses desde su nueva puesta en servicio, bajo los mismos términos y condiciones estipuladas para el período original.
- A1.2.5 CGE TRANSMISIÓN estará autorizada para poner en servicio cualquier parte o equipo rechazado, hasta que pueda procederse a su reemplazo o reparación, mientras ello no represente un riesgo para las personas, instalaciones o el equipo propiamente tal.
- A1.2.6 La totalidad de las cláusulas de la presente sección "Condiciones Generales del Suministro", que formarán parte del contrato definitivo, deberán garantizarse a CGE TRANSMISIÓN mediante una póliza de seguro con validez al término del período indicado en el punto A1.2.1 o a través de cualquier otra fórmula satisfactoria para las partes.

### A1.3 EMBALAJES Y MARCAS

- A1.3.1 El estanque principal y otros componentes robustos podrán eventualmente ser despachados sin embalaje, en cuyo caso deberán protegerse contra golpes todos aquellos elementos sobresalientes de los mismos, como por ejemplo: válvulas, bridas, gabinetes, etc.

Se deberá instalar un registrador de impacto multidireccional (x-y-z) en el estanque principal, con capacidad de registro de al menos 3 meses desde su despacho en fábrica. Este equipo deberá venir sellado de fábrica con algún dispositivo inviolable y deberá ubicarse en un punto de fácil acceso para su inspección.

A1.3.2 Accesorios frágiles e instrumentos deberán desmontarse para ser despachados separadamente. Cada uno de estos componentes del transformador deberá embalsarse adecuadamente para transporte marítimo. El proveedor deberá enviar para aprobación de CGE TRANSMISIÓN una proposición de lista de embarque, señalando los elementos o partes que se incluyen en cada caja o bulto.

A1.3.3 Los cajones deberán ser adecuados para resistir un almacenamiento prolongado a la intemperie bajo severas condiciones climáticas por varios meses. No se aceptarán embalajes en jabs abiertas.

Si se emplea madera para el embalaje, se deberá entregar un certificado de que fue tratada contra plagas.

A1.3.4 En cada cajón o bulto deberá indicarse en forma destacada su peso bruto, posición correcta, puntos de izado, puerto de destino y advertencias que se consideren relevantes. Además se deberá anotar el nombre CGE Transmisión y el número del Pedido de Importación (PI N° XXXX/YY).

A1.3.5 Las cajas deberán numerarse del 1 en adelante y en el interior de cada una de ellas deberá incluirse una lista detallada de su contenido.

A1.3.6 Los equipos que puedan deteriorarse por condensación o absorción de humedad deberán alojarse en bolsas selladas de material impermeable. En todos los cajones deberán incluirse desecantes para la absorción de humedad.

A1.3.7 El estanque principal, en el caso de ser trasladado sin aceite, deberá contar con un sistema de presurización de gas ultra seco (nitrógeno) regulable con un cilindro de respaldo, de manera de mantener una presión positiva constante durante todo el tiempo de transporte.