

## Especificaciones Técnicas de Transformadores de Poder 69/25-15,3 kV – 8/10 MVA

Código: NT.CGEx.PC.CTX.018.2023

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 GÓMEZ TAMAYO
Registros de aprobación en el Gestor Documental de Normativa	

## ÍNDICE

1.	Objeto	4
2.	Alcance	4
3.	Documentos de referencia	4
4.	Definiciones	4
5.	Responsabilidades	6
6.	Desarrollo	7
6.1.	ESPECIFICACIONES TECNICAS	7
6.1.1.	CONDICIONES DE SERVICIO	7
6.1.2.	CARACTERISTICAS DEL SISTEMA ELECTRICO	7
6.1.3.	CARACTERISTICAS GENERALES DEL TRANSFORMADOR	7
6.1.4.	ASPECTOS CONSTRUCTIVOS GENERALES	15
6.1.5.	ESTANQUE Y ACCESORIOS	19
6.1.6.	NUCLEO Y ENROLLADOS	24
6.1.7.	EQUIPO DE REFRIGERACION FORZADA	27
6.1.8.	RELES E INSTRUMENTOS	29
6.1.9.	CONTROL Y AUXILIARES	30
6.1.10.	BUSHINGS	32
6.1.11.	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE (TC)	34
6.1.12.	ACEITE AISLANTE	37
6.1.13.	CAMBIADOR DE DERIVACIONES BAJO CARGA	39
6.2.	ENSAYOS DE RECEPCION	45
6.2.1.	GENERAL	45
6.2.2.	ENSAYOS DE LOS ACCESORIOS	45
6.2.3.	ENSAYOS MECANICOS	48
6.2.4.	CONTROL DE LAS CARACTERISTICAS	49
6.2.5.	ENSAYOS DIELECTRICOS	51
6.2.6.	ENSAYOS DE FUNCIONAMIENTO	53
6.3.	EXTENSION DEL SUMINISTRO	56
6.3.1.	GENERAL	56
6.3.2.	INFORMACION A PROPORCIONAR POR EL ADJUDICATARIO	56
6.3.3.	INFORMACION A SUMINISTRAR DESPUES DE LA ORDEN DE COMPRA	57
7.	Registros y datos. Formatos aplicables	61

8.	Relación de Anexos	61
	ANEXO 00: HISTÓRICO DE REVISIONES	62
	ANEXO 01: CONDICIONES GENERALES DEL SUMINISTRO	63
A1.1.	PERDIDAS GARANTIZADAS	63
A1.2.	GARANTIAS	64
A1.3.	EMBALAJES Y MARCAS	65

## 1. Objeto

Establecer las especificaciones técnicas de Transformadores de Poder de 69/25-15,3 kV y 8-10 MVA.

## 2. Alcance

Estas especificaciones cubren el suministro de transformadores de poder para ser utilizados en subestaciones de Transmisión. El suministro considera los transformadores propiamente tales, las pruebas, la documentación técnica de las presentes especificaciones, 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 y los elementos de anclaje.

## 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 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 Amperes

**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

Deberá realizar las actualizaciones pertinentes a este documento según se requiera.

## 6. Desarrollo

### 6.1. ESPECIFICACIONES TECNICAS

#### 6.1.1. CONDICIONES DE SERVICIO

Los transformadores deberán 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 d (25mm/kVf-f)
- i) Condiciones sísmicas conforme a Especificación ETGI 1.020 de INGENDESA.

#### 6.1.2. CARACTERISTICAS DEL SISTEMA ELECTRICO

Los transformadores operarán como transformadores de bajada conectados a un sistema eléctrico de las siguientes características:

- a) Número de fases : 3
- b) Frecuencia : 50 Hz
- c) Voltaje nominal entre fases : 66 kV
- d) Banda de variación de voltaje : 63-69 kV
- e) Nivel de cortocircuito en el sistema de 66 kV : 5.000 MVA
- f) Neutro del sistema de 66 kV puesto sólidamente a tierra en el secundario del transformador de la subestación aguas arriba.
- g) Sistema eléctrico expuesto a descargas atmosféricas.

#### 6.1.3. CARACTERISTICAS GENERALES DEL TRANSFORMADOR

Cada transformador deberá tener las siguientes características básicas:

##### 6.1.3.1. *Tipo*

Trifásico, 50 Hz, de 2 enrollados, 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 6.1.5

6.1.3.3. *Voltajes y Conexión*

El transformador tendrá dos enrollados de las siguientes características:

- **Enrollado primario:**

Voltaje nominal : 69.000 Volts  
Conexión : Delta

Este enrollado primario estará provisto de un cambiador de derivaciones bajo carga como el descrito en el párrafo A.15 y que proveerá de una regulación de  $\pm 13,75\%$  en  $\pm 11$  saltos de  $1,25\%$ . De esta forma el transformador tendrá las 23 relaciones de voltaje en vacío que se indican en las Tablas 1 a 6 deducidas según los procedimientos estipulados en la norma IEC 606.

- **Enrollado secundario:**

El enrollado secundario tendrá conexión estrella y será reconectable para operar en las zonas de voltajes mencionados más adelante. Para efectuar esta reconexión, se utilizará un mecanismo que será accionado desde el exterior del transformador y que deberá estar provisto de un dispositivo de bloqueo que impida su operación con tensión.

- Conexión 1 : Enrollado secundario conectado para operar en zonas de 23 kV (Tablas 1 y 2)
- Voltaje nominal : 25.000 Volts
- Conexión : Estrella con neutro accesible
- Conexión 2 : Enrollado secundario conectado para operar en zonas de 13,2 -15kV (Tablas 3 y 4)
- Voltaje nominal : 15.300 Volts
- Conexión : Estrella con neutro accesible

Los voltajes nominales primario y secundario corresponden a aquellos definidos para el cambiador bajo carga en la posición principal (posición 12).

El transformador deberá diseñarse para que suministre las potencias señaladas en estas especificaciones, en las condiciones de operación señaladas por las tablas de características 1 a 4, sin sobrepasar las condiciones de temperatura establecidas en el párrafo 6.1.3.6 de estas especificaciones. El proveedor deberá indicar las pérdidas en vacío y en carga para cada una de las condiciones de operación señaladas en las tablas mencionadas.

Tabla 1  
Características para Régimen ONAN, Conexión 1 – 25 kV

Pos	K <sub>A</sub> (%)	n	Voltajes (Volts)		Corrientes (Amps)		Potencia (KVA)	(*)
			AT	BT	AT	BT		
1	113,75	3,139	69.000	21.978	62,53	196,30	7.473	n <sub>max</sub>
2	112,50	3,105	69.000	22.223	63,22	196,30	7.556	
3	111,25	3,070	69.000	22.472	63,93	196,30	7.640	
4	110,00	3,036	69.000	22.728	64,66	196,30	7.727	
5	108,75	3,001	69.000	22.989	65,40	196,30	7.816	
6	107,50	2,967	69.000	23.256	66,16	196,30	7.907	
7	106,25	2,932	69.000	23.530	66,94	196,30	8.000	n <sub>i</sub>
8	105,00	2,898	69.000	23.810	66,94	193,99	8.000	
9	103,75	2,863	69.000	24.097	66,94	191,68	8.000	
10	102,50	2,829	69.000	24.391	66,94	189,37	8.000	
11	101,25	2,794	69.000	24.692	66,94	187,06	8.000	
12	100,00	2,760	69.000	25.000	66,94	184,75	8.000	n <sub>p</sub>
13	98,75	2,725	69.000	25.317	66,94	182,44	8.000	n <sub>u</sub>
14	97,50	2,691	69.000	25.641	66,94	180,13	8.000	
15	96,25	2,656	69.000	25.974	66,94	177,82	8.000	
16	95,00	2,622	69.000	26.316	66,94	175,51	8.000	
17	93,75	2,587	69.000	26.667	66,94	173,20	8.000	
18	92,50	2,553	68.080	26.667	66,94	170,89	7.893	
19	91,25	2,518	67.160	26.667	66,94	168,58	7.787	
20	90,00	2,484	66.240	26.667	66,94	166,27	7.680	
21	88,75	2,449	65.320	26.667	66,94	163,97	7.573	
22	87,50	2,415	64.400	26.667	66,94	161,66	7.467	
23	86,25	2,380	63.480	26.667	66,94	159,35	7.360	n <sub>min</sub>

- (\*)
- n<sub>max</sub> : relación máxima
  - n<sub>i</sub> : relación de máximas corrientes
  - n<sub>min</sub> : relación mínima
  - n<sub>p</sub> : relación principal
  - n<sub>u</sub> : relación de máximos voltajes

**Tabla 2**  
**Características para Régimen ONAF, Conexión 1 – 25 kV**

Pos	K <sub>A</sub> (%)	n	Voltajes (Volts)		Corrientes (Amps)		Potencia (KVA)	(*)
			AT	BT	AT	BT		
1	113,75%	3,140	69.000	21.978	78,16	245,37	9.341	n <sub>max</sub>
2	112,50%	3,105	69.000	22.223	79,03	245,37	9.444	
3	111,25%	3,070	69.000	22.472	79,91	245,37	9.551	
4	110,00%	3,036	69.000	22.728	80,82	245,36	9.659	
5	108,75%	3,001	69.000	22.989	81,75	245,37	9.770	
6	107,50%	2,967	69.000	23.256	82,70	245,38	9.884	
7	106,25%	2,932	69.000	23.530	83,67	245,37	10.000	n <sub>i</sub>
8	105,00%	2,898	69.000	23.810	83,67	242,48	10.000	
9	103,75%	2,863	69.000	24.097	83,67	239,59	10.000	
10	102,50%	2,829	69.000	24.391	83,67	236,71	10.000	
11	101,25%	2,794	69.000	24.692	83,67	233,82	10.000	
12	100,00%	2,760	69.000	25.000	83,67	230,94	10.000	n <sub>p</sub>
13	98,75%	2,725	69.000	25.317	83,67	228,05	10.000	n <sub>u</sub>
14	97,50%	2,691	69.000	25.641	83,67	225,17	10.000	
15	96,25%	2,657	69.000	25.974	83,67	222,28	10.000	
16	95,00%	2,622	69.000	26.316	83,67	219,39	10.000	
17	93,75%	2,587	69.000	26.667	83,67	216,50	10.000	
18	92,50%	2,553	68.080	26.667	83,67	213,62	9.867	
19	91,25%	2,518	67.160	26.667	83,67	210,73	9.733	
20	90,00%	2,484	66.240	26.667	83,67	207,84	9.600	
21	88,75%	2,449	65.320	26.667	83,67	204,96	9.467	
22	87,50%	2,415	64.400	26.667	83,67	202,07	9.333	
23	86,25%	2,380	63.480	26.667	83,67	199,18	9.200	n <sub>min</sub>

- (\*)
- n<sub>max</sub> : relación máxima
  - n<sub>i</sub> : relación de máximas corrientes
  - n<sub>min</sub> : relación mínima
  - n<sub>p</sub> : relación principal
  - n<sub>u</sub> : relación de máximos voltajes

Tabla 3  
Características para Régimen ONAN, Conexión 2 – 15,3 kV

Pos	K <sub>A</sub> (%)	n	Voltajes (Volts)		Corrientes (Amps)		Potencia (KVA)	(*)
			AT	BT	AT	BT		
1	113,75	5,130	69.000	13.451	62,53	320,75	7.473	n <sub>max</sub>
2	112,50	5,074	69.000	13.600	63,22	320,75	7.556	
3	111,25	5,017	69.000	13.753	63,93	320,75	7.640	
4	110,00	4,961	69.000	13.909	64,66	320,75	7.727	
5	108,75	4,904	69.000	14.069	65,40	320,75	7.816	
6	107,50	4,848	69.000	14.233	66,16	320,75	7.907	
7	106,25	4,792	69.000	14.400	66,94	320,75	8.000	n <sub>i</sub>
8	105,00	4,735	69.000	14.571	66,94	316,98	8.000	
9	103,75	4,679	69.000	14.747	66,94	313,20	8.000	
10	102,50	4,623	69.000	14.927	66,94	309,43	8.000	
11	101,25	4,566	69.000	15.111	66,94	305,66	8.000	
12	100,00	4,510	69.000	15.300	66,94	301,88	8.000	n <sub>p</sub>
13	98,75	4,453	69.000	15.494	66,94	298,11	8.000	n <sub>u</sub>
14	97,50	4,397	69.000	15.692	66,94	294,34	8.000	
15	96,25	4,341	69.000	15.896	66,94	290,56	8.000	
16	95,00	4,284	69.000	16.105	66,94	286,79	8.000	
17	93,75	4,228	69.000	16.320	66,94	283,01	8.000	
18	92,50	4,172	68.080	16.320	66,94	279,24	7.893	
19	91,25	4,115	67.160	16.320	66,94	275,47	7.787	
20	90,00	4,059	66.240	16.320	66,94	271,69	7.680	
21	88,75	4,002	65.320	16.320	66,94	267,92	7.573	
22	87,50	3,946	64.400	16.320	66,94	264,15	7.467	
23	86,25	3,890	63.480	16.320	66,94	260,37	7.360	n <sub>min</sub>

- (\*) n<sub>max</sub> : relación máxima  
n<sub>i</sub> : relación de máximas corrientes  
n<sub>min</sub> : relación mínima  
n<sub>p</sub> : relación principal  
n<sub>u</sub> : relación de máximos voltajes

Tabla 4  
Características para Régimen ONAF, Conexión 2 – 15,3 kV

Pos	K <sub>A</sub>	n	Voltajes (Volts)		Corrientes (Amps)		Potencia	(*)
	(%)		AT	BT	AT	BT	(KVA)	
1	113,75%	5,130	69.000	13.451	78,16	400,94	9.341	n <sub>max</sub>
2	112,50%	5,074	69.000	13.600	79,03	400,92	9.444	
3	111,25%	5,017	69.000	13.753	79,91	400,95	9.551	
4	110,00%	4,961	69.000	13.909	80,82	400,94	9.659	
5	108,75%	4,904	69.000	14.069	81,75	400,93	9.770	
6	107,50%	4,848	69.000	14.233	82,70	400,94	9.884	
7	106,25%	4,792	69.000	14.400	83,67	400,94	10.000	n <sub>i</sub>
8	105,00%	4,735	69.000	14.571	83,67	396,23	10.000	
9	103,75%	4,679	69.000	14.747	83,67	391,50	10.000	
10	102,50%	4,622	69.000	14.927	83,67	386,78	10.000	
11	101,25%	4,566	69.000	15.111	83,67	382,07	10.000	
12	100,00%	4,510	69.000	15.300	83,67	377,35	10.000	n <sub>p</sub>
13	98,75%	4,453	69.000	15.494	83,67	372,63	10.000	n <sub>u</sub>
14	97,50%	4,397	69.000	15.692	83,67	367,93	10.000	
15	96,25%	4,341	69.000	15.896	83,67	363,20	10.000	
16	95,00%	4,284	69.000	16.105	83,67	358,49	10.000	
17	93,75%	4,228	69.000	16.320	83,67	353,77	10.000	
18	92,50%	4,172	68.080	16.320	83,67	349,06	9.867	
19	91,25%	4,115	67.160	16.320	83,67	344,32	9.733	
20	90,00%	4,059	66.240	16.320	83,67	339,62	9.600	
21	88,75%	4,002	65.320	16.320	83,67	334,91	9.467	
22	87,50%	3,946	64.400	16.320	83,67	330,17	9.333	
23	86,25%	3,890	63.480	16.320	83,67	325,47	9.200	n <sub>min</sub>

- (\*)
- n<sub>max</sub> : relación máxima
  - n<sub>i</sub> : relación de máximas corrientes
  - n<sub>min</sub> : relación mínima
  - n<sub>p</sub> : relación principal
  - n<sub>u</sub> : relación de máximos voltajes

#### 6.1.3.4. Relación de Fases y Polaridad

La tensión secundaria deberá estar atrasada en 30 grados eléctricos respecto de la tensión primaria lo que corresponde a conexión Dyn1 según nomenclatura IEC. La polaridad será sustractiva.

#### 6.1.3.5. Impedancia

La impedancia porcentual entre enrollados referida a 10 MVA, 75°C, 50 Hz, con el cambiador de derivaciones bajo carga en la posición principal no deberá ser mayor a **13%**, tanto para la conexión 1 como para la conexión 2.

#### 6.1.3.6. Capacidades

- a) El transformador deberá proporcionar continuamente, operando en cualquiera de las posiciones comprendidas entre la **derivación de máximos voltaje y la de máximas corrientes**, bajo las condiciones ambientales detalladas en el párrafo 6.1.1 y sin exceder las elevaciones de temperaturas indicadas en la Tabla 5, las siguientes capacidades:

Tabla 5  
Capacidades y Elevaciones de Temperatura

Capacidad Nominal	Sistema de Refrigeración	Elevación de Temperatura (°K)		
		Enrollado (1)	Aceite (2)	Pto. más Cal.
8 MVA	ONAN	65	60	80
10MVA	ONAF	65	60	80

- (1) Elevación media de temperatura medida por resistencia  
(2) Elevación de temperatura del aceite superior medida con termómetro

Además, la temperatura máxima del punto más caliente de cualquier enrollado no debe exceder 120 °C y la temperatura exterior del estanque (paredes, tapas y fondo) no debe exceder 90 °C.

- 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 a 4** para la correspondiente posición, sin exceder las temperaturas señaladas en la Tabla 5.
- 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 a 4 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 5.

- d) Cuando el transformador sea excitado con el 95 % del voltaje especificado para una determinada posición del cambiador de derivaciones bajo carga, deberá ser capaz de suministrar continuamente la potencia correspondiente a dicha posición, sin que las elevaciones de temperatura señaladas en la Tabla 5 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, el transformador deberá 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 ser de aislación plena (uniforme), no aceptándose aislación graduada. Sus niveles de aislación según norma IEC 60076-3, serán los siguientes:

- Enrollado Primario : LI350AC140
- Enrollado Secundario en conexiones 1 y 2 : LI150AC50

Lo anterior equivale a las tensiones de prueba que se indican en la tabla 6 mostradas a continuación:

Tabla 6  
Enrollado Secundario en Conexiones 1 y 2

	Primario	Secundario	
		Fase	Neutro
Nivel de aislación básico de impulso Onda llana 1,2 x 50 ms (kV cresta)	350	150	150
Nivel de aislación a frecuencia industrial (kV r.m.s.)	140	50	50

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 provisiones apropiadas para el aislamiento del neutro, y así lograr en cada terminal de fase el valor de tensión inducida bajo las condiciones que se indican en la 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 al Propietario la **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 cual 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. Aparte de resistir la acción sísmica y los esfuerzos de cortocircuito especificados en los párrafos anteriores, los transformadores 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, una aceleración de transporte no inferior al 275 % de la gravedad.

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, aflojamientos 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.

6.1.4.4. Las piezas que deben resistir las solicitaciones mencionadas en las cláusulas precedentes y de vacío mecánico y sobrepresión, deberán ser calculadas de tal forma que no se produzcan deformaciones permanentes en ellas y que sus deformaciones elásticas no ocasionen desplazamientos, aflojamientos 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.

6.1.4.5. 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 deberá tener un diseño tal, que durante su manejo podrá ser inclinado sin riesgos, en cualquier dirección, hasta en 15° con respecto a la vertical.

6.1.4.6. 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 entre bushings y entre pararrayos no podrán ser inferiores a las indicadas en la figura 1.

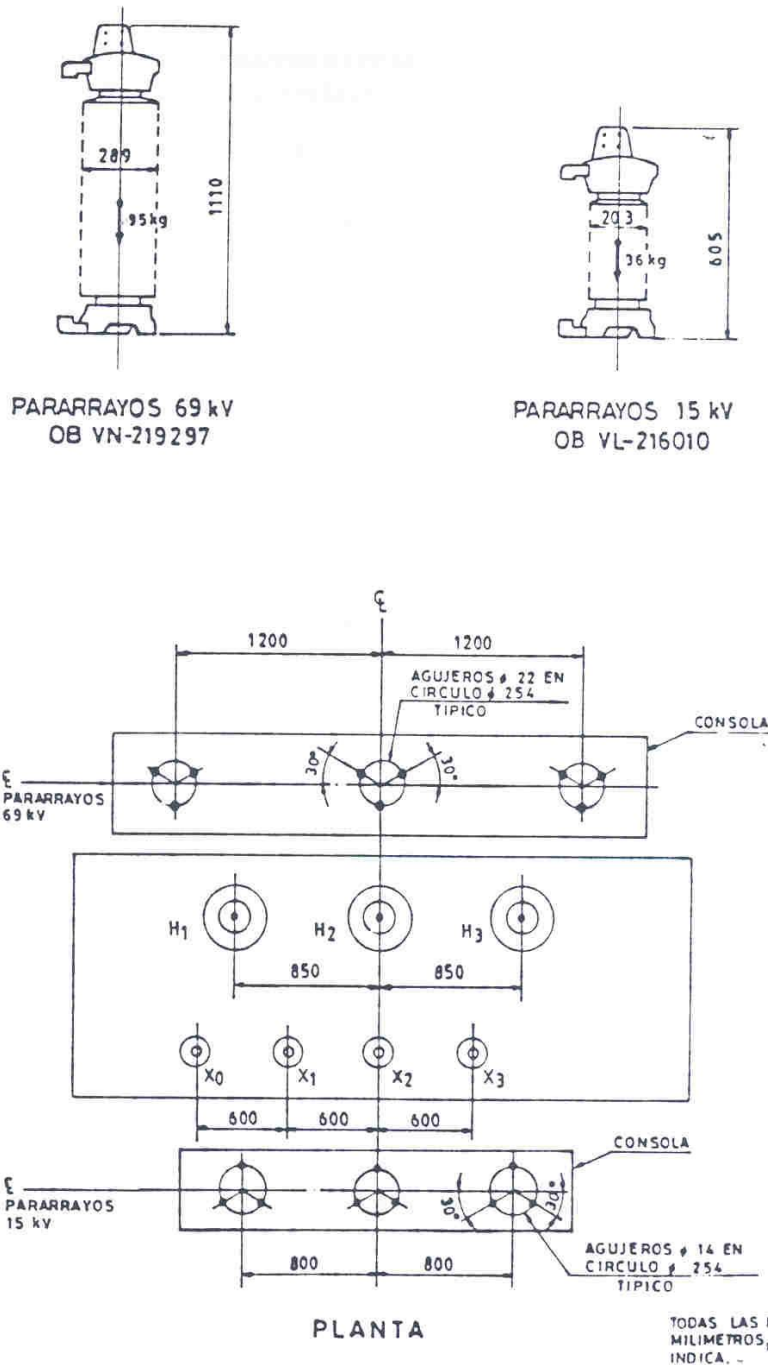


FIGURA 1  
DETALLE MONTAJE PARARRAYOS

### **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.

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.

El diseño del transformador considerará las medidas de diseño necesarias para evitar que cualquier componente del estanque alcance temperaturas superiores a 90°C debido a los flujos de dispersión en cualquier condición de funcionamiento.

6.1.5.3. El estanque, cubierta, radiadores y conservador estarán diseñados para soportar sin daño los esfuerzos ocasionados por:

- a) Gateo, izado y arrastre del transformador completo con su dotación de aceite.
- b) Condiciones sísmicas, de manejo y transporte indicadas en el párrafo 6.1.4.
- c) Aplicación de vacío y sobrepresión conforme a lo indicado en el párrafo 6.2.3.

6.1.5.4. Todas las soldaduras en el estanque y la cubierta deberán ser tal que aseguren 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.

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.

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 será Moosgrau código RAL 7003 según normas DIN 4844 y 5381. 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 dos juegos de patines en ambas direcciones principales, para anclaje directo a la fundación.

La base deberá ser diseñada para que resista la acción sísmica requerida. El sistema de anclaje del equipo a la fundación deberá ser mediante cajas de anclaje, topes sísmicos y pernos de anclaje.

Cualquier variación en este aspecto, deberá ser propuesta a CGE TRANSMISIÓN para su aprobación.

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 ½" 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 ½" 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 se ubicará junto al bushing H3 tal como se muestra en la figura 1 y estará provisto de las siguientes válvulas:

- a) Válvula de drenaje de 2" de diámetro con una válvula anexa para muestreo de aceite de ½" de diámetro.
- b) Válvula de 2" de diámetro para hacer vacío (o entrada de aceite) ubicada en la parte superior.
- c) Válvula de estrangulamiento entre el conservador y el respirador.
- d) Válvula de estrangulamiento entre el conservador y el relé Buchholz.
- e) Válvula de estrangulamiento entre el conservador y la cañería del respirador, ubicada más arriba de la válvula indicada en c).

6.1.5.10. Las válvulas de drenaje de 2" mencionadas en 6.1.5.8 y 6.1.5.9 deberán estar protegidas con una caja de seguridad de dimensiones aproximadas de 300 x 300 x 300 mm. Debe ser construida de acero estructural sin pared posterior, soldada directamente sobre el estanque. El frente con

puerta provista de bisagras y enganche de seguridad, provista con una cerradura con llave.

6.1.5.11. Todas las válvulas mencionadas en 6.1.5.8 y 6.1.5.9 estarán acopladas a bridas y serán capaces de soportar sin fugas los ensayos de vacío y sobrepresión mencionados en el párrafo 6.2.3.

6.1.5.12. 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 del transformador completo 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 del transformador completo 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 del transformador y deberán tener una saliente de a lo menos 250 mm libres desde la pared del estanque hacia el exterior.
- f) Cuatro (4) argollas para arrastre (sin ruedas) del transformador completo con su dotación de aceite, con diámetro útil de 1¼". Estas argollas deberán ubicarse lo más bajo posible, preferentemente en las caras laterales de los patines (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.
- g) Una (1) placa diseñada para afianzar el equipo registrador de impactos.

6.1.5.13. El estanque 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 una fácil inspección y trabajos de conexión de los terminales de los bushings, reemplazo de transformadores de corriente y otros equipos auxiliares.
- b) Tapa lateral apernada del conservador con empaquetadura para fines de inspección y limpieza.
- c) Conectores de bronce para la conexión a tierra del estanque, soldados a cuatro (4) 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 500 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) Consolas desmontables adosadas al estanque para montaje de los pararrayos de 66 y 23(13.8) kV, las que formarán un conjunto rígido con el transformador y no podrán fijarse a los radiadores. La altura de la consola de 66 kV deberá ajustarse de modo que el extremo superior del conjunto de pararrayos esté próximo al nivel del terminal de los bushings correspondientes. Sólo sobre la consola de pararrayos de 23(13.8) kV se deberá instalar un soporte tipo pedestal, de 50 cm de altura, que permita aumentar la distancia entre la fase y la consola. En su defecto, se podrán instalar consolas de pararrayos de 23(13.8) kV individuales para cada fase.

Para el diseño de estos soportes deberán considerarse las distancias, perforaciones, alturas y pesos indicados en la figura 1.

- e) 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 particular, adicionalmente a la impedancia de secuencia positiva se deberá indicar en la placa la impedancia de secuencia cero.

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

#### **6.1.6. NUCLEO Y ENROLLADOS**

6.1.6.1. Todos los conductores empleados en los diferentes enrollados y conexiones deberán ser de cobre electrolítico de 99,9 % de pureza 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, debidamente aislados. Tanto éstos como los 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 del caso para limitar las corrientes parásitas y de circulación.

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 cubierta de 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 5. 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 de derivaciones o a los bushings, deberán afianzarse de manera de prevenir daños por movimientos 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 del transformador, 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:

- a) Secado térmico a una temperatura no inferior a los 105 °C.
- b) Compresión previa aplicando los esfuerzos correspondientes al máximo cortocircuito asimétrico calculado o los valores indicados en la tabla 7, según cuales sean mayores.
- c) Compresión de dimensionamiento para obtener la altura de diseño de las bobinas según los valores indicados en la tabla 13 o los correspondientes al cortocircuito simétrico, según cuales sean mayores.

- d) Montaje de bobinas en el núcleo y posterior secado térmico a una temperatura no inferior a los 105 °C.
- e) Compresión final aplicando los valores definidos en la tabla 7 o los correspondientes al cortocircuito simétrico, según cuales sean mayores.

Tabla 7  
Esfuerzos de Compresión

	Esfuerzo de Compresión (kg/cm <sup>2</sup> )		
	Previo	Dimensionamiento	Final
Hasta 1,3 mm	35	30	30
Sobre 1,3 mm	60	45	45

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.

#### 6.1.3.9. *Capacidad para Resistir Cortocircuitos*

El transformador deberá ser capaz 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> con un factor de seguridad mínimo de 1,5 considerando que el límite de fluencia del cobre no será superior a 1275 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 el Propietario los antecedentes necesarios para verificar la distribución de los esfuerzos mecánicos en el transformador ocasionados por cortocircuitos.

### **6.1.7. EQUIPO DE REFRIGERACION FORZADA**

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

- Un juego de radiadores.
- Un conjunto de ventiladores.
- Dos dispositivos detectores de temperatura del tipo "imagen térmica".
- Sistema de control automático.
- Canalización y alambrado.

6.1.7.2. Los radiadores deberán formar un conjunto estructural con el estanque del transformador y serán desmontables. Deberán separarse en grupos de forma tal, que al desmontar uno de ellos, la capacidad del transformador no se afecte en forma apreciable.

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 izado 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.

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) Dos termómetros de enrollados conectados a distintas fases del enrollado que, según cálculo, alcance una elevación de temperatura mayor. Estos instrumentos deberán medir la temperatura del punto más caliente del enrollado mediante el principio de la "imagen térmica".

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 PT 100 Ohm.
  - Dispositivo de imagen térmica incluyendo transformador de corriente 100:5 en enrollado primario y 500:5 en enrollado secundario, transformador adaptador y resistencia de calentamiento. Los transformadores de corriente se montarán en las fases H<sub>2</sub> y X<sub>2</sub> y serán designados como t12 y t22 respectivamente.
  - Detector de temperatura con su tubo capilar.
  - Los contactos de ambos termómetros se conectarán en paralelo y tanto éstos como 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.
- d) 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. RELES E INSTRUMENTOS**

Además de otros mencionados en esta especificación, el transformador deberá 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, DNP 3.0 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 ubicado junto al bushing H1, tal como se muestra 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. El Propietario 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 conectará 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>. Todas las señales de alarmas del transformador y de sus accesorios deberán llegar a una única regleta de alarmas. En regletas de alimentación, deberán instalarse separadores para las fases. 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 tapas de registro para facilitar la instalación (o retiro) de los cables.

#### **6.1.10. BUSHINGS**

6.1.10.1. 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 60137.

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

6.1.10.3. El vástago terminal de los bushings de 69 y 23 kV deberá ser cilíndrico, sin hilo, de 30 mm de diámetro y de material de bronce o aleación de cobre.

6.1.10.4. 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 H2 y X2 coincida con el eje de simetría del transformador.

6.1.10.5. Los bushings deberán satisfacer las características eléctricas que se indican en la tabla 8. Las tensiones de prueba están basadas en la norma ANSI/IEEE Std21-1976 para hacerlas compatibles con los niveles de aislación de enrollados definidos en la cláusula 6.1.3.7

6.1.10.6. Los bushings de 72,5 kV serán del tipo condensador con aislación principal de papel impregnado en aceite, de sellado hermético con su propio contenido de aceite. 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. Sin perjuicio de otros modelos que estime conveniente, el proveedor, necesariamente, deberá cotizar como una alternativa, el suministro de bushings marca ABB, tipo GOB, de fabricación sueca.

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 el Propietario 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.

Tabla 8  
Características Eléctricas de los Bushings

Especificación	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>
Voltaje nominal entre fases	72,5 kV	25 kV
Voltaje nominal fase-neutro	42 kV	15 kV
Voltaje resistido, 1 mín, 50 Hz	140 kV	50 kV
Voltaje resistido al impulso, onda llena	380 kV	150 kV
Corriente nominal	200 A	1.000 A
Corriente nominal de 1 s	40 kA	25 kA
Frecuencia nominal	50 Hz	50 Hz
Distancia de fuga mínima	1.813 mm	625 mm

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 de 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 (TC)**

6.1.11.1. Aparte de los transformadores de corriente mencionados en los párrafos 6.1.7.8, el transformador deberá suministrarse con transformadores de corriente tipo bushing, multirelación, fabricados según norma IEC 60185, de características indicadas más adelante. Estos transformadores deberán ser suministrados con soportes de fijación adecuados, para evitar su desplazamiento al interior de las torretas.

6.1.11.2. En cada uno de los bushings de las fases, tanto del primario como del secundario se instalarán dos transformadores de corriente; uno para medida y otro para protección. En el bushing del neutro (X0) deberá colocarse solamente un transformador de corriente para protección. Los TC deberán identificarse conforme a lo indicado en la tabla 9 que se muestra a continuación:

Tabla 9  
Identificación de los Transformadores de Corriente

Bushing	Protección	Medida
H <sub>1</sub>	p11	m11
H <sub>2</sub>	p12	m12
H <sub>3</sub>	p13	m13
X <sub>1</sub>	p21	m21
X <sub>2</sub>	p22	m22
X <sub>3</sub>	p23	m23
X <sub>0</sub>	p20	N.A.

6.1.11.3. Todos los transformadores de corriente primarios, vale decir, p11, p12, p13, m11, m12 y m13, serán 150: 5 A multirelación provistos de 3 derivaciones designadas, dispuestas en la forma mostrada en la tabla 10:

Tabla 10  
Transformadores de Corriente del Primario

Derivaciones	Relación (A)	Relación (vueltas)
S1 - S2	50 : 5	10 : 1
S2 – S3	100 : 5	20 : 1
S1 – S3	150 : 5	30 : 1

6.1.11.4. Todos los transformadores de corriente secundarios, esto es, p20, p21, p22, p23, m21, m22 y m23 serán 850 : 5 A multirelación provistos de 4 derivaciones designadas y dispuestas de la manera indicada en la Tabla 11 :

Tabla 11  
Transformadores de Corriente del Secundario

Derivaciones	Relación (A)	Relación (vueltas)
S2 – S3	200 : 5	40 : 1
S3 – S4	300 : 5	60 : 1
S1 – S2	350 : 5	70 : 1
S2 – S4	500 : 5	100 : 1
S1 – S3	550 : 5	110 : 1
S1 – S4	850 : 5	170 : 1

6.1.11.5. Las clases de precisión de los transformadores de corriente, tanto primarios como secundarios, serán -según denominación IEC 60185- las indicadas en la tabla 12, siendo válidas para la relación mayor:

Tabla 12  
Precisión de los Transformadores de Corriente

Tipo de TC	Clase	Carga
Medida (m)	0,2	30 VA ( $\cos\phi=0,8$ )
Protección (p)	5P20	30 VA ( $\cos\phi=0,8$ )

6.1.11.6. Todos los TC deberán tener su enrollado secundario uniformemente distribuido y polaridad sustractiva.

6.1.11.7. Todos los terminales secundarios de los TC 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 TC que permita ponerlo a tierra externamente.

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

6.1.11.9. En el interior de la puerta del gabinete de control deberán ubicarse las placas de características de acero inoxidable de los TC conteniendo toda la información estipulada en el párrafo 23 de la norma IEC 60185.

6.1.11.10. Los TC deberán someterse a los ensayos detallados en el párrafo 6.2.2.5, debiendo remitirse a el Propietario dos copias en papel y una en formato digital (CD) 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 en cuya composición predominen los hidrocarburos nafténicos. En lo posible, la composición del aceite -determinado mediante análisis infrarrojo- deberá responder a los siguientes límites:

- Hidrocarburos aromáticos : de 4 a 10 %
- Hidrocarburos isoparafínicos : de 35 a 40 %
- Hidrocarburos nafténicos : de 50 a 60 %

6.1.12.4. El proveedor deberá proporcionar a el Propietario 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 13, debiendo obtenerse valores que estén dentro de los límites señalados.

6.1.12.5. No obstante lo anterior, el proponente deberá proporcionar 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.

6.1.12.7. La marca y tipo de aceite utilizado 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 13  
Características del Aceite

Propiedades	ASTM	Valor Límite
<b>Físicas</b>		
Punto de Anilina	D611	63 - 78 oC
Color	D1500	0,5 máx
Punto de Inflamación	D92	145 mín
Tensión Interfacial a 25 oC	D971	40 din/cm mín
Punto de Fluidez	D97	-40 oC máx
Gravedad Específica 15 oC	D1298	0,91 máx
Viscosidad a 40 oC	D445	12 cSt máx
Apariencia	D1524	crystalino
<b>Eléctricas</b>		
Rigidez Dieléctrica a 50 Hz	D877	35 kV mín
Factor de Potencia a 25 oC (100 oC)	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 IEC 62535	no corrosivo no corrosivo 35 ppm máx
Contenido de Agua	D1533	< 1 ppm
Contenido Disulfato Dibenzil DBDS		0,03 mgKOH/g máx
Número de Neutralización	D979	
Estabilidad de la Oxidación 72 hrs : Lodo	D2440	0,15 % máx 0,5 mgKOH/g máx
Número de Neutralización		
Estabilidad de la Oxidación 164 hrs : Lodo	D2440	0,3 % máx 0,6 mgKOH/g máx
Número de Neutralización	D278	negativo
Cloruros y Sulfuros Inorgánicos	D4059	0 ppm
Contenido de PBC		

### **6.1.13. CAMBIADOR DE DERIVACIONES BAJO CARGA**

6.1.13.1. Los transformadores estarán provistos de un cambiador de derivaciones bajo carga instalado en el enrollado primario, que deberá cumplir con todo lo estipulado en las normas IEC 60214 y 60542.

6.1.13.2. El cambiador debe permitir un rango de regulación de  $\pm 13,75\%$  en  $\pm 11$  pasos de  $1,25\%$  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, con mecanismo ED, fabricado por Maschinenfabrik Reinhausen en sus instalaciones de Regensburg (Alemania).

6.1.13.3. Las bobinas de regulación deberán conectarse en el centro de cada una de las piernas del enrollado primario con el propósito de atenuar las oscilaciones transitorias de dichas bobinas. No obstante, lo anterior deberá verificarse que, con este diseño, el transformador resista convenientemente los esfuerzos de cortocircuito.

6.1.13.4. 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 el punto 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.

6.1.13.5. 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.

6.1.13.6. 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.

Con el propósito de no sobredimensionar la aislación del cambiador bajo carga, el fabricante **NO** podrá recurrir al uso de resistencias no lineales.

6.1.13.7. 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.

6.1.13.8. El conmutador selector deberá estar alojado dentro de un compartimento hermético que se montará en el interior del transformador, pero manteniendo su aceite independiente del aceite de este último.

6.1.13.9. Para absorber las variaciones de presión del aceite, el compartimento del conmutador selector 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 6.1.4. 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 circulación de aceite al conjunto conservador CDBC – compartimento CDBC.
- 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 cierran 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.

6.1.13.10. El compartimento del conmutador selector 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 6.1.13.10.
- c) Codo de acoplamiento del ducto de drenaje de aceite, incluyendo dispositivo de purga. Este 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.

6.1.13.11. El cambiador de derivaciones bajo carga será accionado por un mecanismo motorizado 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.

6.1.13.12. 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, controlado 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.

6.1.13.13. 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.

6.1.13.14. 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.

6.1.13.15. 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.
- b) Topes mecánicos que bloqueen la operación del mecanismo más allá de sus posiciones extremas.
- 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 6.1.13.18 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.

6.1.13.16. Todos los contactos auxiliares especificados más aquellos disponibles de los dispositivos del circuito de control, deberán alambrarse a regletas terminales.

6.1.13.17. 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 estará basado en una matriz de diodos BCD y display digital, 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).

6.1.13.18. 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 (Alemania).

El relé regulador de voltaje deberá poseer 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

6.1.13.19. 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.

6.1.13.20. Las muestras de voltaje y de corriente que se ingresarán al relé ETOS serán obtenidas de transformadores de medida conectados en el lado de 13,8 kV y 23 kV, de las siguientes características:

- a) Transformador de potencial externo suministrado por el Propietario,  $15.000/\sqrt{3} : 115,38/\sqrt{3} - 115,47$  V y  $23.000/\sqrt{3} : 109,52/\sqrt{3} - 110,66$  V según corresponda, que se conectará entre la fase X1 y neutro.
- b) Transformador de corriente tipo bushing 850: 5 A suministrado por el fabricante del transformador de poder que deberá montarse en la fase X1. Este transformador de corriente será designado como c21 y se suministrará exclusivamente para este propósito.

## **6.2. ENSAYOS DE RECEPCION**

### **6.2.1. GENERAL**

- 6.2.2.1. 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.
- 6.2.2.2. 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.
- 6.2.2.3. El Propietario estará facultado para presenciar 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.
- 6.2.2.4. El fabricante deberá suministrar dos (2) copias en papel (una en formato digital) 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 el Propietario, inmediatamente finalizados los ensayos de fábrica.
- 6.2.2.5. 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 aceites propios, y con sus circuitos de control y auxiliares operativos.

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 el Propietario.

### **6.2.2. ENSAYOS DE LOS ACCESORIOS**

El fabricante del transformador deberá entregar a el Propietario dos (2) copias en papel y una en formato digital (CD) 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 del Propietario 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.

- 6.2.2.2. Ensayos efectuados al relé regulador de voltaje ETOS, siempre y cuando forme parte del suministro, incluyendo los siguientes:

- a) Aislación 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 66 kV se deberán considerar los siguientes ensayos de rutina:

- a) Medición del factor de disipación dieléctrico ( $\tan \delta$ ) y la capacidad con tensiones de ensayo de 13, 21, 44, 63 y 72,5 kV. En todos los casos, la tan

d no deberá superar el 0,7 %. Asimismo, deberán medirse la  $\tan \delta$  y la capacidad de la derivación capacitiva con 10 kV.

- b) Voltaje resistido en seco, aplicando 160 kV, 50 Hz durante 1 minuto.
- c) Medición del nivel de descargas parciales con tensiones de prueba de 44, 63, 72,5 y 84 kV. El voltaje de iniciación y extinción de descargas parciales deberá estar por sobre 1,2 Um entre fases. El ruido de fondo no deberá exceder 5 pC. Para esta medición se adoptarán los criterios definidos en las publicaciones IEC 60270 y 60137.
- 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 25 (15) kV, se deberá medir el voltaje resistido en seco, aplicando 55 kV, 50 Hz, durante 1 minuto.

Complementando lo anterior, se deberá proporcionar a el Propietario dos (2) ejemplares en papel y una copia en formato digital (CD) de los protocolos de ensayos tipo que se mencionan en el párrafo 50.1 de la norma IEC 60137, 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 y 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 el Propietario dos (2) copias en papel y una en formato digital

(CD) 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 de rutina del cambiador de derivaciones bajo carga según norma IEC 60214, incluyendo los siguientes:

- a) Ensayo mecánico
- b) Ensayo de secuencia
- c) Aislación de los circuitos auxiliares

6.2.2.9. Ensayos del aceite efectuados por su proveedor de acuerdo a las normas ASTM indicadas en la tabla 13.

### **6.2.3. ENSAYOS MECANICOS**

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 14:

Tabla 14  
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 CARACTERISTICAS**

- 6.2.4.1. Resistencia en frío de los enrollados medida con corriente continua. Para el caso del enrollado primario deberán tomarse lecturas en las posiciones 1, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 23 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 75°C para ser utilizados en el cálculo de pérdidas en el cobre.
- 6.2.4.2. Razón de transformación entre los enrollados primario y secundario medida con un puente potenciométrico en cada una de las posiciones del cambiador bajo carga.
- 6.2.4.3. Relación de fases y polaridad, verificadas simultáneamente con la medición señalada en el párrafo anterior.
- 6.2.4.4. Medición de la impedancia y pérdidas en carga según las indicaciones de la norma IEC 60076-1, con el cambiador en las posiciones 1, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 23. Las mediciones deberán efectuarse con una corriente comprendida entre el 25 % y el 100 % de la corriente de la posición en prueba para régimen ONAF-2. Los valores medidos deberán referirse a la corriente que corresponda en cada caso y a la temperatura de 75°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.
- 6.2.4.5. 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 cambiador en las posiciones 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14. Estas mediciones

deberán realizarse además, en la posición 10 con el 90 y 110 % del voltaje de esa posición.

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:

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

donde:

- $P_v$  = Pérdidas en vacío reales
- $P_m$  = Pérdidas en vacío medidas
- $V_{ef}$  = Tensión eficaz
- $V_{med}$  = 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 en la posición 12 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.

Todas las mediciones indicadas en este párrafo se efectuarán antes de los ensayos dieléctricos del transformador. Con posterioridad a éstos se deberán repetir las mediciones en la posición 14, con el 100 % del voltaje de esa posición.

6.2.4.6. Medición de la impedancia de secuencia cero a frecuencia nominal en la posición de tensión central, máxima y mínima del cambiador bajo carga, vista desde el secundario del transformador.

6.2.4.7. 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.

6.2.4.8. Medición del consumo de los auxiliares.

## **6.2.5. ENSAYOS DIELECTRICOS**

6.2.5.1. Voltaje aplicado durante 60 segundos a una frecuencia no inferior a los 40 Hz, con el cambiador sin carga en una posición que se acordará entre el Propietario y el fabricante. Conforme a la norma IEC 60076-3, se aplicarán voltajes sinusoidales monofásicos de las siguientes magnitudes:

- a) Enrollado primario: 140 kV rms
- b) Enrollado secundario: 50 kV rms (en la conexión 1)  
38 kV rms (en la conexión 2)

6.2.5.2. Voltaje inducido aplicando una onda sinusoidal de 48 kV rms al enrollado secundario en la conexión 1, durante 6.000 ciclos con un mínimo de 15 segundos, con el cambiador en una posición que se acordará entre el Propietario y el fabricante.

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 270 y 76-3. Este ensayo deberá efectuarse con el cambiador bajo carga en una posición que se acordará entre el Propietario y el fabricante y se considerará como voltaje máximo del sistema entre fases  $U_m = 72.500$  volts rms, 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  $X_o$ . 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 el neutro, 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 el terminal del 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 en una posición que se acordará entre el Propietario 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, 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 un transformador de cada tipo, para las capacidades ONAN y ONAF. Estos ensayos se realizarán según procedimientos indicados en la norma IEC 60076-2 con el cambiador de derivaciones en la posición que, de acuerdo a las mediciones efectuadas, represente mayores pérdidas totales.

Con ocasión de estos ensayos, se deberá verificar en forma teórica 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 deberá determinar 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.
- e) 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.
- f) Ensayo de aislación de los circuitos auxiliares.
- g) 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.
- h) 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 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 15 que se muestra a continuación:

Tabla 15  
Nivel de Ruido

Régimen de Potencia	Nivel de Ruido Promedio
ONAN	70 dB
ONAF	72 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.
- 6.2.6.5. Dentro de las pruebas se deberá contemplar el de Análisis de Respuesta de Frecuencia (SFRA) el cual debe ser realizado con equipos marca OMICRON.

### **6.3. EXTENSION DEL SUMINISTRO**

#### **6.3.1. GENERAL**

El proponente deberá cotizar el suministro del transformador de poder y todos sus accesorios. Los equipos deberán cumplir con las "Especificaciones Técnicas" detalladas en 6.1 y serán sometidos a los "Ensayos de Recepción" indicados en 6.2.

#### **6.3.2. INFORMACION A PROPORCIONAR POR EL ADJUDICATARIO**

Además del Formulario de Características Técnicas Garantizadas **NT.CGEx.PC.CTX.018.2023-FO.01** debidamente firmado, 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 primario y secundario con sus derivaciones.
- i) Disposición eléctrica de las bobinas de los enrollados primario y secundario con sus derivaciones.
- j) Frecuencias naturales de oscilación de aquellos componentes susceptibles de entrar en vibración con movimientos sísmicos.

**6.3.3. INFORMACION A SUMINISTRAR DESPUES DE COLOCADA LA ORDEN DE COMPRA**

6.3.3.1. El adjudicatario deberá entregar al Propietario, cuatro (4) copias de los siguientes planos y memorias de cálculo:

a) Disposición general (outline) del transformador 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 con indicación de los esfuerzos sobre la obra civil y los recesos o elementos metálicos necesarios en primer hormigón para los anclajes del transformador.

c) Detalles de la disposición de los enrollados y aislaciones con indicación de las dimensiones, materiales, diagramas esquemáticos de los enrollados, detalles del número de vueltas de cada enrollado principal, dimensiones de los conductores y de sus capas aislantes. Estos detalles serán los necesarios para poder verificar las memorias de cálculo mecánicas y térmicas durante de cortocircuito especificadas en el párrafo p) siguiente. El Fabricante no podrá negar la información argumentando que es Know-How de la fábrica, sin haberlo indicado previamente. Sin embargo, el Propietario garantiza estricta confidencialidad y reserva en el manejo de la información.

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) Conexiones de puesta a tierra entre las diferentes secciones que conforman el núcleo y el yugo, así como entre el yugo y el estanque del transformador.

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 del estanque principal del transformador con vistas de tapa, fondo y costados exteriores e interiores indicando ubicación de las diferentes pantallas magnéticas.

i) Plano con las dimensiones interiores del estanque de expansión del cambiador de tomas bajo carga.

j) Plano del respiradero secador para el conservador.

k) Se deberá proporcionar planos de cada una 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).

l) Planos indicando dimensiones y peso del elemento más grande del transformador y acondicionamiento para el transporte.

m) Memorias de Cálculo Sísmicas: se entregarán las memorias de cálculo de los siguientes componentes:

- Radiadores y sus soportes;
- Soporte del conservador de aceite;
- Fijación de la parte activa al estanque;
- Elementos de anclaje del transformador;
- Torretas con bushings;
- Bushings de cada tipo.
- Gabinetes de control.

n) Memorias mecánicas:

- Cáncamos para izar la tapa del estanque y el conjunto núcleo-enrollados;
- Cáncamos y los correspondientes estrobos para izar el transformador;
- Placas para gatos;
- Argollas de arrastre;
- Resistencia del estanque al izado considerando el peso total del transformador;
- Estanque, radiadores y conservador para las solicitudes de vacío y sobrepresión;
- Cálculo de estabilidad de la parte activa bajo condiciones de transporte.
- Solicitaciones mecánicas de las partes y conjuntos del transformador, en particular la activa, durante transporte con las aceleraciones horizontales y verticales de 2,75 g.

o) Memorias eléctricas siguientes:

- Corriente de magnetización (50 Hz) hasta un nivel de 1,5 veces la tensión nominal del transformador;
- Curva de magnetización
- Curva de daño para estudios de cortocircuito

- Hoja de características técnicas garantizadas
- Memoria de cálculo de impedancias y reactancias de magnetización de secuencia positiva y cero
- Sobretensiones de origen atmosférico.
- Sobretensiones de impulso de origen atmosférico transferidas entre los enrollados.
- Memorias con máxima sobrecarga admisible y límite de sobrecarga de corta duración.
- Curvas de sobrecarga admisible (sobrecarga vs/ tiempo)
- Cálculo de los esfuerzos mecánicos y térmicos causados por cortocircuitos. Las memorias de cortocircuito considerarán todas las fallas a tierra (monofásica, bifásicas y trifásicas) e incluirán detalles de las mallas de secuencia y de los procedimientos de cálculo de cada caso. En el caso de los cálculos de esfuerzos mecánicos mediante computador deberán incluirse los diagramas de los enrollados con las dimensiones principales de los devanados, número de vueltas y dimensiones de los conductores, separadores, etc. junto con los datos de entrada y resultados del programa utilizado que en su conjunto permitan verificar el cumplimiento de los factores de seguridad requeridos.

Las memorias deberán contener toda la información necesaria para su verificación por el Propietario, incluyendo por lo menos lo siguiente:

- 1) Identificación del programa de cálculo (comercial o propio).
- 2) Dibujo esquemático de los circuitos o enrollados con valores utilizados en los datos de entrada de los cálculos (parámetros, dimensiones, etc.).
- 3) Identificación clara de los casos estudiados con los parámetros de entrada de los cálculos.
- 4) Copia de los listados de resultados.
- 5) Resumen de los casos estudiados y conclusiones indicando cómo se cumplen las hipótesis de cumplimiento de las especificaciones (valores admisibles versus valores máximos de las solicitaciones calculadas).

p) Memorias de cálculo especiales.

- Memoria que permita verificar que el diseño contempla las disposiciones necesarias para evitar calentamientos excesivos en cualquier componente del estanque por la acción de los flujos de dispersión (dimensionamientos, blindaje, etc.).
- Altura de llenado del conservador, de acuerdo con la temperatura ambiente y con la determinación de la correspondiente curva de llenado (altura del conservador versus temperatura ambiente).
- Estabilidad del transformador completamente armado.

- Calibración de las imágenes térmicas locales y remotas indicando claramente los valores obtenidos en las pruebas de calentamiento, curvas y ajustes.
- q) Plano indicando altura requerida para retirar la parte activa.
- r) Diagramas de alambrado de los circuitos de control y auxiliares.
- s) Placa de características y letreros de indicaciones.
- t) Folletos descriptivos y dimensionales de todos y cada uno de los accesorios del transformador (bushings, ventiladores, instrumentos, válvulas, etc.).
- u) Una Carta Gantt donde se indiquen claramente las etapas de fabricación y pruebas indicando los plazos de ejecución de las mismas para el transformador asociado a la orden de compra. Esta Carta Gantt debe ser actualizada mensualmente y enviada a el Propietario.
- 6.3.3.2. En un plazo no superior a treinta (30) días a contar de la fecha de entrega, el Adjudicatario deberá enviar a el Propietario cuatro (4) copias de la siguiente información:
- a) Planos con las correcciones que eventualmente haya efectuado el Propietario.
  - 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.
  - e) 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.018.2023-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 REVISIONES

Edición	Fecha	Motivos de la edición y/ o resumen de cambios
1	Hasta 03-2023	ISV: Modifica logo, añade apartado E. Condiciones Generales del Suministro (225-0123). NAE: Actualiza NTSyCS, modifica razón de corrientes TC t.b. MT, complementa Analizador de Gases y Regulador de Voltaje, reemplaza CGE por CGE TRANSMISIÓN (225-0223).
2	27/11/2023	HBM/JTE: Actualización a formato CGE Transmisión. Se cambia desde documento código 225-0223

## **ANEXO 01: CONDICIONES GENERALES DEL SUMINISTRO**

### **A1.1. PERDIDAS GARANTIZADAS**

A1.1.1. El fabricante deberá garantizar las siguientes pérdidas eléctricas del transformador en las condiciones que se indican:

- a) Pérdidas de excitación activas (en vacío) a frecuencia nominal medidas en:

**Conexión 1 – 25.000 V:**

posición 17 con el 100 % del voltaje correspondiente a esa derivación [kW]

**Conexión 2 – 15.300 V:**

posición 17 con el 100 % correspondiente a esa derivación [kW]

- b) Pérdidas de excitación reactivas (en vacío) a frecuencia nominal medidas en:

**Conexión 1 – 25.000 V:**

posición 17 con el 100 % del voltaje correspondiente a esa derivación [kVAr]

**Conexión 2 – 15.300 V:**

posición 17 con el 100 % del voltaje correspondiente a esa derivación [kVAr]

- c) Pérdidas en carga (cobre + parásitas) base 50 MVA y referidas a 75°C medidas en:

**Conexión 1 – 25.000 V:**

posición 7 con el 100% de la corriente correspondiente a esa derivación [kW]

**Conexión 2 – 15.300 V:**

posición 7 con el 100% de la corriente correspondiente a esa derivación [kW]

A1.1.2. Si las pérdidas medidas en los ensayos de recepción exceden los valores garantizados que se han estipulado en los puntos 10, 11 y 12 del punto F1.1 del formulario de características técnicas, el fabricante deberá pagar a CGE TRANSMISIÓN una multa que se 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. GARANTIAS**

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 que haya sido 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.

### **A1.3. 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 S.A. 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.