ESPECIFICACIÓN TÉCNICA TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN TIPO PEDESTAL, INMERSO EN ACEITE DIELÉCTRICO

CONTROL DE CAMBIOS

Fecha			Elaboró	Revisó	Aprobó	Descripción	Entrada en vigencia		
DD	MM	AA					DD	MM	AA
01	01	2017	Unidad CET Normalización y Especificaciones	Unidad CET Normalización y Especificaciones	Unidad CET Normalización y Especificaciones	Creación de la norma	01	01	2017
30	08	2018	Unidad CET Normalización y Especificaciones	Unidad CET Normalización y Especificaciones	Unidad CET Normalización y Especificaciones	Inclusión de ítems adicionales y complementación de descriptores en lista 1 de ítems	30	08	2018
18	08	2020	Unidad CET Normalización y Laboratorios	Unidad CET Normalización y Laboratorios	Unidad CET Normalización y Laboratorios	Se modifica el alcance de la especificación, solo considera transformadores tipo pedestal, se actualiza la normativa de pérdidas y se incluye el concepto de eficiencia de la nueva NTC 818 y 819. Incluye transformadores frente muerto en media tensión. Además, se incluyen los requisitos técnicos para las filiales de Centroamérica ENSA, Delsur y EEGSA	18	08	2020

CONTENIDO

1. OBJETIVO 6
2. ALCANCE 6
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA 8
4. GENERALIDADES 10
4.1 DEFINICIONES 10
4.2 CONDICIONES DE SERVICIO 11
5. REQUISITOS TÉCNICOS 12
5.1 POTENCIAS NOMINALES 12
5.2 TENSIONES NOMINALES 13
5.3 CORRIENTE SIN CARGA, EFICIENCIA Y TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO 13
5.3.1 CORRIENTE SIN CARGA, EFICIENCIA Y TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO PARA TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS 13
5.3.2 CORRIENTE SIN CARGA, EFICIENCIA Y TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO PARA TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS 15
5.4 TIPO DE CONEXIÓN 17
5.4.1 TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS 17
5.4.2 TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS 17
5.5 ACCESORIOS 18
5.5.1 Accesorios transformadores monofásicos tipo pedestal 18
5.5.2 Accesorios transformadores trifásicos tipo pedestal 20
5.5.3 Terminales de alta y baja tensión 23
5.5.4 Indicador externo del nivel del líquido refrigerante 24
5.5.5 Conmutador de derivaciones (Tap) 24
5.6 COMPARTIMIENTOS DE ALTA Y BAJA TENSIÓN 24
5.6.1 Características específicas ENSA Panamá 25
5.7 PINTURA 26
5.8 NIVELES DE RUIDO 26
5.9 REFRIGERACIÓN 27
5.9.1 Pruebas PCB's 27
5.9.2 Normatividad ambiental 28
6. ENSAYOS Y PRUEBAS 28
6.1 PRUEBAS TIPO 29

6.2 PRUEBAS DE RUTINA 29
6.3 PRUEBAS ESPECIALES 30
6.4 PRUEBAS DE RECEPCIÓN 30
7. ROTULADO Y SEÑALIZACIÓN. 30
8. EMPAQUE Y TRANSPORTE 31
8.1 EMPAQUE 31
8.2 TRANSPORTE 32
9. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO 32
10. CUADROS DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS 34
ANEXO I. EFICIENCIAS REQUERIDAS PARA TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS TIPO POSTE 37
ANEXO II. PÉRDIDAS MÁXIMAS O MÍNIMAS GARANTIZADAS MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS 38

Grupo epm®

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Listado de ítems especificados transformadores pedestal para filiales del Grupo EPM en Colombia 6
Tabla 2. Listado de ítems especificados transformadores pedestal para filiales del Grupo EPM en Centroamérica 7
Tabla 3. Listado de Normas Técnicas Colombianas aplicables 9
Tabla 4. Listado de Normas ANSI/IEEE aplicables 9
Tabla 5. Condiciones ambientales 11
Tabla 6. Potencias nominales para transformadores de distribución tipo pedestal del grupo EPM 12
Tabla 7. Tensiones nominales para transformadores de distribución del grupo EPM 13
Tabla 8. Accesorios para transformadores monofásicos 19
Tabla 9. Accesorios para transformadores trifásicos 22
Tabla 10. Conectores secundarios tipo pala o espada / Capacidad 23
Tabla 11. Niveles de ruido audible 26
Tabla 12. Plan de muestreo para pruebas de recepción 33
Tabla 13. Características técnicas garantizadas para transformadores tipo pedestal 34
Tabla 14. Reporte de información técnica de los transformadores ofertados 36
Tabla 15. Reporte de eficiencias y pérdidas de los transformadores ofertados 36
Tabla 16. Eficiencias requeridas para transformadores monofásicos y trifásicos tipo pedestal 37
Tabla 17. Pérdidas máximas ENSA Panamá 38
Tabla 18. Pérdidas garantizadas EEGSA Guatemala 38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Impedancia o tensión de cortocircuito transformadores monofásicos (Tomado de la NTC 818) 14
Figura 2. Niveles de eficiencia mínimos para transformadores monofásicos de potencia ≤ 833 kVA, AT serie ≤ 34.5 kV, BT serie ≤ 1.2 kV (Tomado de la NTC 818) 15
Figura 3. Impedancia o tensión de cortocircuito transformadores trifásicos (Tomado de la NTC 3997) 16
Figura 4. Niveles de eficiencia mínimos para transformadores trifásicos de potencia ≤ 2500 kVA, AT serie ≤ 34.5 kV, BT serie ≤ 1.2 kV (NTC 819) 16
Figura 5. Esquema de conexión radial para transformador monofásico 18
Figura 6. Esquema de conexión en anillo para transformador monofásico 19
Figura 7. Esquema de conexión radial para transformador trifásico con seccionador de 3 posiciones 21
Figura 8. Esquema de conexión en anillo para transformador trifásico 21
Figura 9. Esquema ilustrativo para el compartimiento baja tensión ENSA 26

1. OBJETIVO

Estas especificaciones establecen las características y requerimientos detallados para el diseño, fabricación, pruebas en fábrica, suministro y entrega de transformadores de distribución tipo pedestal, inmersos en aceite dieléctrico, a ser instalados en el sistema de distribución de energía e instalaciones eléctricas de uso final del Grupo EPM.

2. ALCANCE

Estas especificaciones deben ser aplicadas como lineamientos técnicos de los transformadores de distribución tipo pedestal inmersos en aceite dieléctrico, requeridos en los procesos de compras, adquiridos tanto para el sistema de energía eléctrica del Grupo EPM como para las obras de infraestructura eléctrica que se realicen por contratistas o por particulares.

Los transformadores de distribución especificados se encuentran relacionados en la siguiente tabla:

Tabla 1. Listado de ítems especificados transformadores pedestal para filiales del Grupo EPM en Colombia

CÓDIGO	DESCRIPTOR GENERAL
214467	TRANSFORMADOR 1F 75KVA 13200V 240-120V PEDESTAL ACEITE VEGETAL CONEXIÓN RADIAL
222585	TRANSFORMADOR 3F 30KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE VEGETAL CONEXIÓN RADIAL
222586	TRANSFORMADOR 3F 45KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE VEGETAL CONEXIÓN RADIAL
222587	TRANSFORMADOR 3F 75KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE VEGETAL CONEXIÓN RADIAL
222588	TRANSFORMADOR 3F 112.5KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE VEGETAL CONEXIÓN RADIAL
222589	TRANSFORMADOR 3F 150KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE VEGETAL CONEXIÓN RADIAL
222590	TRANSFORMADOR 3F 225KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE VEGETAL CONEXIÓN RADIAL
261222	TRANSFORMADOR 3F 225KVA 13200V 480-277V PEDESTAL ACEITE VEGETAL CONEXIÓN RADIAL
222591	TRANSFORMADOR 3F 300KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE VEGETAL CONEXIÓN RADIAL
222592	TRANSFORMADOR 3F 400KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE VEGETAL CONEXIÓN RADIAL

CÓDIGO	DESCRIPTOR GENERAL
258736	TRANSFORMADOR 3F 400KVA 13200V 460-266V PEDESTAL ACEITE VEGETAL CONEXIÓN RADIAL
215546	TRANSFORMADOR 3F 630KVA 13200V 450V PEDESTAL ACEITE VEGETAL CONEXIÓN RADIAL
256928	TRANSFORMADOR 3F 750KVA 13200V 380-220V PEDESTAL ACEITE VEGETAL CONEXIÓN RADIAL
200213	TRANSFORMADOR 1F 75KVA 7620V 240-120V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN RADIAL
200220	TRANSFORMADOR 3F 30KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN RADIAL
200223	TRANSFORMADOR 3F 45KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN RADIAL
219136	TRANSFORMADOR 3F 45KVA 13200V 456-227V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN RADIAL
200225	TRANSFORMADOR 3F 75KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN RADIAL
200230	TRANSFORMADOR 3F 112.5KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN RADIAL
200233	TRANSFORMADOR 3F 150KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN RADIAL
245779	TRANSFORMADOR 3F 150KVA 13200V 480-220-127V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN RADIAL
200237	TRANSFORMADOR 3F 225KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN RADIAL
200239	TRANSFORMADOR 3F 300KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN RADIAL
200242	TRANSFORMADOR 3F 400KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN RADIAL
200244	TRANSFORMADOR 3F 500KVA 13200V 220-127V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN RADIAL

Tabla 2. Listado de ítems especificados transformadores pedestal para filiales del Grupo EPM en Centroamérica

CÓDIGO EPM	CÓDIGO ENSA	CÓDIGO EEGSA	DESCRIPTOR GENERAL
	9070000002	------	TRANSFORMADOR 1F 25KVA 7620/13200Y V 120/240V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	------	42-3146	TRANSFORMADOR 1F 25kVA 7620 V 120/240V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	9070000093	------	TRANSFORMADOR 1F 37.5kVA 7620/13200Y V 120/240V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	------	42-3148	TRANSFORMADOR 1F 50kVA 7620 V 120/240V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	------	42-3149	TRANSFORMADOR 1F 75kVA 7620 V 120/240V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	------	42-3126	TRANSFORMADOR 3F 75KVA 13200V 480/277V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO

	------	42-3129	TRANSFORMADOR 3F 75KVA 13200V 208/120V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	9070000011	42-3135	TRANSFORMADOR 3F 112.5KVA 13200V 208/120V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	------	42-3134	TRANSFORMADOR 3F 112.5KVA 13200V 208/120V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN RADIAL
	9070000013	42-3133	TRANSFORMADOR 3F 150KVA 13200V 208/120V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	------	42-3127	TRANSFORMADOR 3F 150KVA 13200V 480/277V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	9070000014	------	TRANSFORMADOR 3F 225KVA 13200V 208/120V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	9070000015	42-3137	TRANSFORMADOR 3F 300KVA 13200V 208/120V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	9070000016	42-3142	TRANSFORMADOR 3F 300KVA 13200V 480/277V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	9070000026	42-3139	TRANSFORMADOR 3F 500KVA 13200V 208/120V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	9070000029	42-3144	TRANSFORMADOR 3F 500KVA 13200V 480/277V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	9070000034	42-3140	TRANSFORMADOR 3F 750KVA 13200V 208/120V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO
	9070000035	------	TRANSFORMADOR 3F 750KVA 13200V 480/277V PEDESTAL ACEITE MINERAL CONEXIÓN ANILLO

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Los materiales y equipos se deben suministrar de conformidad con las normas establecidas en la presente especificación.

De acuerdo con los diseños de los fabricantes pueden emplearse otras normas internacionalmente reconocidas equivalentes o superiores a las aquí señaladas, siempre y cuando se ajusten a lo solicitado en la presente especificación técnica, siendo potestativo de las empresas del Grupo EPM aceptar o rechazar la norma que el oferente pone a su consideración.

Las normas citadas o cualquier otra que llegase a ser aceptada por el Grupo EPM son referidas a su última versión.

En caso de discrepancia entre las normas y esta especificación, prevalecerá lo aquí establecido.

Para efectos de esta especificación aplican las siguientes normas:

Tabla 3. Listado de Normas Técnicas Colombianas aplicables

NORMA	DESCRIPCIÓN
NTC 316	Transformadores. Prueba de calentamiento.
NTC 317	Transformadores. Definiciones.
NTC 375	Transformadores. Medida de la resistencia de los devanados.
NTC 380	Transformadores. Pruebas eléctricas. Generalidades.
NTC 471	Transformadores. Relación de transformación. Verificación de la polaridad y relación de fase.
NTC 532	Transformadores. Aptitud para soportar el cortocircuito.
NTC 618	Transformadores. Placa de características.
NTC 737	Transformadores. Especificaciones de devanados y sus derivaciones.
NTC 800	Transformadores. Designación de refrigeración
NTC 801	Transformadores. Límites de calentamiento.
NTC 818	Transformadores monofásicos autorrefrigerados y sumergidos en líquido. Corriente sin carga, eficiencia y tensión de cortorcircuito
NTC 819	Transformadores trifásicos autorrefrigerados y sumergidos en líquido. Corriente sin carga, eficiencia y tensión de cortorcircuito
NTC 836	Transformadores. Niveles de aislamiento.
NTC 837	Transformadores. Prueba del dieléctrico.
NTC 1005	Transformadores. Determinación de la tensión de cortocircuito.
NTC 1031	Transformadores. Pruebas para determinar pérdidas y corriente sin carga.
NTC 1057	Transformadores. Valores nominales potencias aparentes.
NTC 1058	Transformadores de distribución sumergidos en aceite con refrigeración natural. Requisitos de funcionamiento en condiciones de altitud y temperatura diferentes a las normalizadas.
NTC 1358	Transformadores. Certificado de pruebas.
NTC 1465	Especificaciones para aceites minerales.
NTC 1759	Empaques elastoméricos resistentes al aceite para transformadores eléctricos
NTC 2076	Galvanizado en caliente.
NTC 2135	Guía para fórmulas de evaluación de pérdidas.
NTC 2482	Transformadores de distribución sumergidos en aceite con 65 ºC de elevación de temperatura en los devanados. Guía de cargabilidad.
NTC 2501	Herrajes conectores para transformadores de distribución y de potencia menores de 5 MVA y tensión de serie 1.2 KV.
NTC 2784	Guía para el embalaje, almacenamiento y transporte de transformadores de distribución.
NTC 3396	Guía para la aplicación de pinturas en transformadores.
NTC 3609	Electrotecnia. Ensayos mecánicos a transformadores de distribución
NTC 5074	Transformadores de distribución monofásico tipo pedestal, autorrefigerados, 167 kVA y menores; con compartimiento; para uso con conectores de alta tensión, aislados, separables, para proveer frente muerto (lago de alta tensión)
NTC 3997	Transformadores de distribución trifásico, tipo pedestal con compartimientos, autorrefigerados, con potencias de 10 MVA y menores; sistema nominal de alta tensión de 34.5 kV y menores; sistema nominal de baja tensión de 15 kV y menores.

Tabla 4. Listado de Normas ANSI/IEEE aplicables

NORMA	DESCRIPCIÓN
IEEE C57.12.00-2010	General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers.
IEEE C57.12.34	IEEE Standard Requirements for Pad-Mounted, Compartmental-Type, Self-Cooled, Three-Phase Distribution Transformers, 10 MVA and Smaller; High-Voltage, 34.5 kV Nominal System Voltage and Below; Low-Voltage, 15 kV Nominal System Voltage and Below

NORMA	DESCRIPCIÓN
IEEEC57.12.38	IEEE Standard Requirements for Pad-Mounted - Type, Self-Cooled, Single-Phase Distribution Transformers; High-Voltage, 34500 GrdY/19920 V and Below; Low-Voltage, 240/120 V; 167 kVA and Smaller
IEEE C57.12.28	Switchgear and Transformers-Pad-Mounted Equipment-Enclosure Integrity
IEEE C57.12.70-2000	Terminal Markings and Connections for Distribution and Power Transformers
IEEE C57.12.80-2002	Standard Terminology for Power and Distribution Transformers
IEEE C57.12.90-1999	Standard Test Code for Liquid Immersed, Distribution, Power, and Regulating Transformers and Guide for Short-Circuit Testing of Distribution and Power Transformers
IEEE C57.91 -1995	IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Overhead and Pad-Mounted Distribution Transformers Rated 500 kVA and Less with 65ºC or 55ºC Average Winding Rise
IEEE C57.92	IEEE Guide for Loading Mineral-Oil-Immersed Power Transformers Up to and Including 100 MVA with 65ºC or 55ºC Winding Rise
IEEE C57.106	Guide for Acceptance and Maintenance of Insulating Oil In Equipment
ASTM B-117-73	Standard Method of Salt Spray (Fog) Testing
ASTM D-2794	Paint Finish Direct Impact Test
IEEE C386-95	IEEE Standard for Separable Insulated Connectors for Power Distribution Systems Above 600V
NFPA-70	National Electrical Code
IEC 62770	Fluids for electrotechnical applications – Unused natural esters for Transformers and similar electrical equipment

4. GENERALIDADES

4.1 DEFINICIONES

Buje (aislador pasante): dispositivo que permite a uno o varios conductores pasar a través de un obstáculo (por ejemplo, una pared o un tanque) de manera que aísle los dos medios e impida cualquier contacto. El medio de fijación (Rebordes o dispositivos de fijación) al obstáculo forma parte del buje.

Conmutador: elemento del transformador de funcionamiento sin tensión y carga, encargado de variar el valor de la tensión del secundario de transformador en un porcentaje predefinido tras cambiar su relación de transformación.

Devanado: es el conjunto de espiras destinado a producir el flujo magnético, al ser recorrido por la corriente eléctrica.

Enclavamiento: dispositivo que actúa por la operación de algún otro dispositivo con el cual está directamente asociado, para controlar operaciones secuenciales del mismo o de otros dispositivos relacionados.

Inspección: proceso que consiste en medir, examinar, ensayar o comparar de algún modo, la unidad en consideración con respecto a los requisitos preestablecidos.

Inspección normal: procedimiento con el que se empieza la inspección de los lotes cuando estos se reciben por primera vez o cuando se desconoce o no se tiene un conocimiento definitivo de la calidad de los transformadores que ofrece un proveedor determinado.

Lote: cantidad determinada de transformadores de características similares o que fabricados bajo condiciones de producción presumiblemente uniformes que se somete a inspección como un conjunto unitario.

Muestra: grupo de transformadores extraídos de un lote que sirve para obtener la información necesaria que permita apreciar una o más características de ese lote, que servirán de base para una decisión sobre el mismo o sobre el proceso que lo produjo.

Nivel De Calidad Aceptable (N.C.A.): Máximo porcentaje defectuoso o número máximo de defectos en 100 unidades.

Nivel de inspección: número que identifica la relación entre el tamaño del lote y el tamaño de la muestra.

Pasatapas: elemento (buje) cuya función consiste en conectar las bobinas del transformador de distribución con la red de llegada y de salida (Red de media y baja tensión)

Plan de muestreo simple: procedimiento de recepción que consiste en inspeccionar una sola muestra del lote que se recibe y sobre la base del resultado obtenido proceder a su aceptación o rechazo.

Tensión nominal: valor de la tensión de alimentación especificado por el fabricante y según el cual se determinan las condiciones de aislamiento y de funcionamiento de un equipo. Se expresa en voltios (V). Corresponde a la tensión del transformador en vacío.

Terminal: dispositivo unido a un conductor para facilitar la conexión a otro conductor

Tipo radial: transformador que está conectado a la red de alimentación primaria y no permite la continuación de ésta a través de él.

Tipo anillo: transformador que está conectado a la red de alimentación primaria y permite la continuación que ella alimente a otras cargas a través de él.

4.2 CONDICIONES DE SERVICIO

Los transformadores de distribución serán instalados en las redes de acuerdo a su nivel de tensión y tipo de sistema. El régimen de utilización será continuo y debe estar en capacidad de trabajar el 100% de su capacidad de potencia nominal sin afectar su vida útil.

Tabla 5. Condiciones ambientales

Parámetro ambiental	Valor
Altura sobre el nivel del mar	0 a 2800 msnm
Niveles de contaminación	Altas concentraciones de salinidad
Clima	Tropical
Temperatura ambiente máxima	40 °C
Temperatura ambiente mínima	10 °C
Temperatura ambiente promedio	25°C
Humedad relativa mínima	85%

5. REQUISITOS TÉCNICOS

Los transformadores tipo pedestal inmersos en aceite dieléctrico deben cumplir con los requisitos de las normas indicadas en el este documento y puntualmente con las NTC 5074 y NTC 3997 para transformadores monofásicos y trifásicos respectivamente o equivalentes ANSI/IEEE. Además, deben cumplir con las características particulares indicadas en esta especificación y contar con certificación de producto bajo RETIE y norma de construcción, según se indique en las tablas de características garantizadas Tabla 13.

5.1 POTENCIAS NOMINALES

El grupo EPM tiene normalizados los valores de potencia nominal de los transformadores de distribución tipo pedestal, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 6.

Tabla 6. Potencias nominales para transformadores de distribución tipo pedestal del grupo EPM

TIPO DE TRANSFORMADOR	UNIDAD	POTENCIA NOMINAL	TIPO DE TRANSFORMADOR	UNIDAD	POTENCIA NOMINAL
MONOFÁSICO	kVA	25	TRIFÁSICO	kVA	45
	kVA	37.5		kVA	75
	kVA	50		kVA	112.5
	kVA	75		kVA	150
	kVA	100		kVA	225

TIPO DE TRANSFORMADOR	UNIDAD	POTENCIA NOMINAL	TIPO DE TRANSFORMADOR	UNIDAD	POTENCIA NOMINAL
MONOFÁSICO	kVA	25	TRIFÁSICO	kVA	45
	kVA	167		kVA	300
				kVA	400
				kVA	500
				kVA	630
				kVA	750
				kVA	1000
				kVA	1500

5.2 TENSIONES NOMINALES

El grupo EPM tiene normalizados los valores de alta y baja tensión, de los transformadores, de acuerdo a lo indicado en la Tabla 7.

Tabla 7. Tensiones nominales para transformadores de distribución del grupo EPM

TIPO DE TRANSFORMADOR	TENSIÓN NOMINAL DEVANADO DE ALTA (V)	TENSIÓN NOMINAL DEVANADO DE BAJA DE (V)
Monofásico	4160	240/120
Monofásico	13200 GrdY / 7620	240/120
Monofásico	7620	480/240
Monofásico	11400	240/120
Monofásico	12000	240/120
Monofásico	13200	240/120
Monofásico	13200	480/240
Monofásico	34500 GrdY / 19920	240/120
Trifásico	4160	220/127
Trifásico	11400	220/127
Trifásico	13200	220/127
Trifásico	13200	460-266
Trifásico	13200	480/277
Trifásico	13200	208/120
Trifásico	13200	380-220
Trifásico	13200	450
Trifásico	13200	456-227
Trifásico	13200	480-220-127
Trifásico	34500	220/127
Trifásico	34500 GrdY / 19920	220/127
Trifásico	34500	208/120
Trifásico	34500	480/277

5.3 CORRIENTE SIN CARGA, EFICIENCIA Y TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO

5.3.1 Corriente sin carga, eficiencia y tensión de cortocircuito para transformadores monofásicos

Los valores máximos declarados, admisibles, de corriente sin carga (Io), tensión de cortocircuito a 85°(Uz) estarán de acuerdo con el numeral 5.1 de la NTC 3997 o IEEE C57.12.00 y los

valores mínimos de eficiencia, para transformadores monofásicos autorefrigerados y sumergidos en liquido refrigerante, son los establecidos en las normas NTC 818 en su última versión (quinta actualización).

Los niveles de eficiencia mínima son aplicables a todos los tamaños y tipos de transformadores de las siguientes características: Sumergidos en liquido refrigerante con refrigeración natural, de dos devanados con frecuencia nominal de 60Hz, de potencia menor o igual a 833kVA, tensión serie de AT menor o igual a 34.5 kV y tensión serie de BT menor o igual a 1.2kV.

Los valores de corriente sin carga, tensión de cortocircuito y eficiencia son los establecidos en las tablas 1 y tablas 2 de la norma NTC818 para transformadores monofásicos.

Figura 1. Impedancia o tensión de cortocircuito transformadores monofásicos (Tomado de la NTC 818)

VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE TENSIÓN DE CORTOCIRCUITO REFERIDA A 85°C (U_z) Y CORRIENTE SIN CARGA (I_o)				
POTENCIA NOMINAL [kVA]	**SERIE AT ≤ 15 kV SERIE BT ≤ 1.2 kV**		**15 kV ≤ SERIE AT ≤ 34.5 kV SERIE BT ≤ 1.2 kV**	
	I_o % de In	**U_z [%]**	**I_o % de In**	**U_z [%]**
5	2.5	3.0	-	-
10	2.5	3.0	-	-
15	2.4	3.0	-	-
25	2.0	3.0	2.4	4.0
37.5	2.0	3.0	2.0	4.0
50	1.9	3.0	2.0	4.0
75	1.7	3.0	1.9	4.0
100	1.6	3.0	1.7	4.0
167.5	1.5	3.0	1.6	4.0

Los valores de eficiencia mínimos están considerados para 4 niveles A-B-C-D según la norma NTC 818, la selección del nivel de eficiencia mínimo requerido por el Grupo EPM, resultara de la valoración económica de los transformadores en todo su ciclo de vida, para lo que se requerirá sean informadas las pérdidas en vacío y en carga en cada nivel de eficiencia requerido.

Figura 2. Niveles de eficiencia mínimos para transformadores monofásicos de potencia ≤ 833 kVA, AT serie ≤ 34.5 kV, BT serie ≤ 1.2 kV (Tomado de la NTC 818)

VALORES EFICIENCIA MÍNIMA (%)				
POTENCIA [kVA]	**A**	**B**	**C**	**D**
5	98.70	98.62	98.32	98.02
10	98.70	98.62	98.50	98.39
15	98.82	98.76	98.63	98.50
25	98.95	98.91	98.80	98.69
37.5	99.05	99.01	98.91	98.80
50	99.11	99.08	98.99	98.91
75	99.19	99.17	99.09	99.02
100	99.25	99.23	99.15	99.08
167	99.33	99.25	99.22	99.19
167.5	99.33	99.25	99.22	99.19
250	99.39	99.32	99.25	99.18
333	99.43	99.36	99.28	99.20
500	99.49	99.42	99.32	99.22
667	99.52	99.46	99.35	99.24
833	99.55	99.49	99.37	99.26

A y B: Datos tomados de DOE 10 CFR Part 431-2016, DOE 10 CFR Part 431-2010 o IEC TS 60076-20:2017.
C: Promedio de B y D.
D: Datos calculados de acuerdo con la NTC 818: 1995.
Los niveles de eficiencia están calculados a temperatura de referencia de 55 °C y factor de carga de 50%.

5.3.2 Corriente sin carga, eficiencia y tensión de cortocircuito para transformadores trifásicos

Los valores máximos declarados, admisibles, de corriente sin carga (Io), tensión de cortocircuito a 85°(Uz) estarán de acuerdo con el numeral 5.1 de la NTC 3997 o IEEE C57.12.00 y los valores mínimos de eficiencia, para transformadores trifásicos autorefrigerados y sumergidos en liquido refrigerante, son los establecidos en la norma NTC 819 en su última versión (quinta actualización).

Los niveles de eficiencia mínima son aplicables a todos los tamaños y tipos de transformadores de las siguientes características: Sumergidos en liquido refrigerante con refrigeración natural, de dos devanados con frecuencia nominal de 60Hz, 2500kVA, tensión serie de AT menor o igual a 34.5 kV y tensión serie de BT menor o igual a 1.2kV.

Los valores de corriente sin carga, tensión de cortocircuito y eficiencia son los establecidos en las tablas 1 y tablas 2 de la norma NTC819 para transformadores trifásicos.

Figura 3. Impedancia o tensión de cortocircuito transformadores trifásicos (Tomado de la NTC 3997)

VALORES NOMINALES (kVA)	VALORES NOMINALES PARA BAJA TENSIÓN DE 600 V Y MENORES	VALORES NOMINALES PARA BAJA TENSIÓN DE 2400Δ A 4800Δ	VALORES NOMINALES PARA BAJA TENSIÓN DE 6900Δ A 13800 Grd Y/7900 a 13800Δ
45	2.70 a 5.75 (1)	2.70 a 5.75 (1)	2.70 a 5.75 (1)
75	2.70 a 5.75 (1)	2.70 a 5.75 (1)	2.70 a 5.75 (1)
112.5	3.10 a 5.75 (1)	3.10 a 5.75 (1)	3.10 a 5.75 (1)
150	3.10 a 5.75 (1)	3.10 a 5.75 (1)	3.10 a 5.75 (1)
225	3.10 a 5.75 (1)	3.10 a 5.75 (1)	3.10 a 5.75 (1)
300	3.10 a 5.75 (1)	3.10 a 5.75 (1)	3.10 a 5.75 (1)
500	4.35 a 5.75 (1)	4.35 a 5.75 (1)	4.35 a 5.75 (1)
630	4.35 a 5.75 (1)	4.35 a 5.75 (1)	4.35 a 5.75 (1)
750	5.75	5.75	5.75
800	5.75	5.75	5.75
1000	5.75	5.75	5.75
1500	5.75	5.75	5.75
2000	5.75	5.75	5.75
2500	5.75	5.75	5.75
3750	5.75	5.75	6.00
5000		6.00	6.50
7500		6.00	6.50
10000		6.00	6.50

(1) Estos valores de impedancia fueron diseñados para cumplir con la Tabla 15 de la IEEE STD C57.12.00-2015 que define la capacidad de resistencia máxima por unidad a cortacircuitos. Se recomienda que el usuario final evalúe otros requisitos tales como la regulación de voltaje, impedancia del sistema o corriente de falla disponible cuando se utilizan estos valores.

Los valores de eficiencia mínimos están considerados para 4 niveles A-B-C-D según la norma NTC819, la selección del nivel de eficiencia mínimo requerido por el Grupo EPM, resultara de la valoración económica de los transformadores en todo su ciclo de vida, para lo que se requerirá sean informadas las perdidas en vacío y en carga en cada nivel de eficiencia requerido.

Figura 4. Niveles de eficiencia mínimos para transformadores trifásicos de potencia ≤ 2500 kVA, AT serie ≤ 34.5 kV, BT serie ≤ 1.2 kV (NTC 819)

VALORES EFICIENCIA MÍNIMA (%)				
POTENCIA [kVA]	A	B	C	D
15	98.65	98.36	98.20	98.03
30	98.83	98.62	98.48	98.35
45	98.92	98.76	98.63	98.50
75	99.03	98.91	98.78	98.65
112.5	99.11	99.01	98.88	98.74
150	99.16	99.08	98.95	98.82
225	99.23	99.17	99.03	98.88

VALORES EFICIENCIA MÍNIMA (%)				
POTENCIA [kVA]	**A**	**B**	**C**	**D**
300	99.27	99.23	99.09	98.94
400	99.31	99.24	99.12	99.01
500	99.35	99.25	99.15	99.05
630	99.38	99.29	99.19	99.08
750	99.40	99.32	99.22	99.11
800	99.41	99.33	99.23	99.12
1 000	99.43	99.36	99.25	99.15
1 250	99.46	99.39	99.29	99.18
1 500	99.48	99.42	99.32	99.21
1 600	99.49	99.43	99.32	99.22
2 000	99.51	99.46	99.35	99.24
2 500	99.53	99.49	99.38	99.26
A y B: Datos tomados de DOE 10 CFR Part 431-2016, DOE 10 CFR Part 431-2010 o IEC TS 60076-20:2017. C: Promedio de B y D. D: Datos calculados de acuerdo con la NTC 819: 1995. Los niveles de eficiencia están calculados a temperatura de referencia de 55 °C y factor de carga de 50%.				

5.4 TIPO DE CONEXIÓN

5.4.1 Transformadores monofásicos

Los devanados deben tener polaridad aditiva (grupo de conexión li6) para transformadores con tensión primaria menor o igual a 8660 V, mientras que, deberán ser de polaridad sustractiva (grupo de conexión li0) para transformadores con tensión primaria superior a 8660 V.

El neutro del lado de baja tensión accesible desde el exterior y sólidamente puesto a tierra, de acuerdo con lo definido en la NTC 5074.

5.4.2 Transformadores trifásicos

Para EPM Colombia, el grupo de conexión para los transformadores trifásicos será Dyn5, con el neutro del lado de baja tensión accesible desde el exterior y sólidamente puesto a tierra, de acuerdo con lo definido en la NTC 3997.

Mientras que, para ENSA en Panamá, el Grupo de conexión será Dyn1 para transformadores con tensión primaria igual o menor a 13.2 kV y, Yyn0 para transformadores con tensión primaria de 34,5GrdY/19.92 kV.

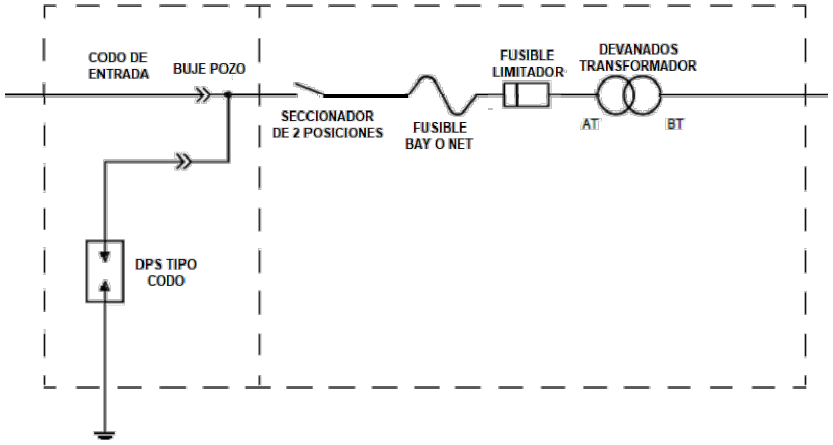
5.5 ACCESORIOS

En general, en la definición y selección de los accesorios requeridos para los transformadores, se debe cumplir con las NTC 5074 - NTC 3997 y/o IEEE C57.12.34 - IEEE C57.12.38 para transformadores monofásicos y trifásicos respectivamente y aplicadas según su potencia nominal. Además, se debe cumplir con los aspectos establecidos en este documento y que se presentan a continuación.

5.5.1 Accesorios transformadores monofásicos tipo pedestal

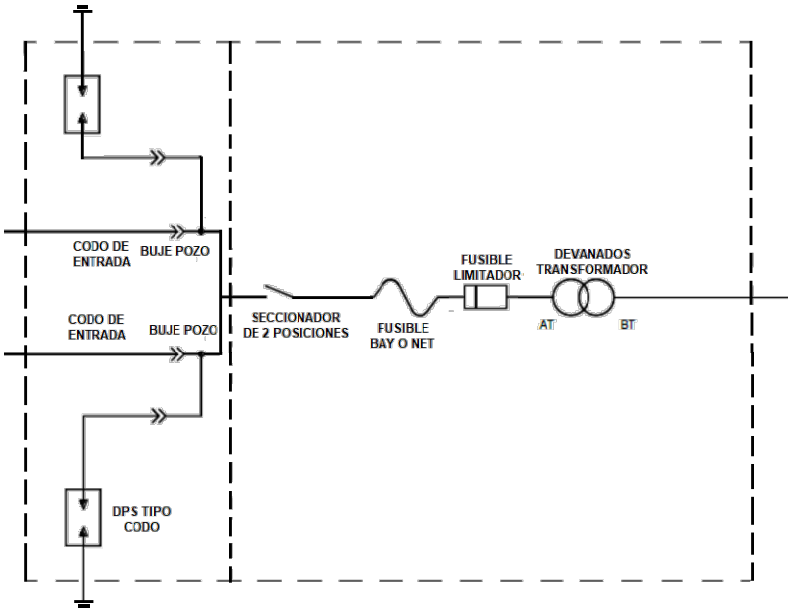
El esquema de conexión de los transformadores será del tipo radial, exceptuando en lo equipos requeridos para ENSA Panamá o en aquellos equipos cuya descripción del ítem así lo indique, para los que el esquema de conexión será del tipo anillo (Ver Figura 6). En cualquier caso, los transformadores deben consistir en un tanque con compartimientos terminales de cable, de alta tensión y baja tensión, localizados lado a lado sobre una cara lateral del tanque del transformador. Cuando es visto de frente, los terminales de baja tensión se visualizarán a la derecha.

Figura 5. Esquema de conexión radial para transformador monofásico



La protección del transformador estará conformada por un fusible para sobrecarga del tipo extraíble sensor dual (bay-o-net) en serie con un fusible limitador de corriente. Se suministrarán los elementos fusibles instalados y montados, con la capacidad recomendada por el fabricante. La capacidad interruptiva del fusible limitador de corriente no será menor de 25000 A.

Figura 6. Esquema de conexión en anillo para transformador monofásico



Cada uno de los transformadores debe tener los accesorios, según se indica en la Tabla 8 con una X.

Tabla 8. Accesorios para transformadores monofásicos

Ítem	Descripción del accesorio	Filial		
		Grupo EPM Colombia	**ENSA Panamá**	**EEGSA Guatemala**
1	Buje pozo (1)	X 1 Unidad	X 2 Unidades	X 2 Unidad
2	Buje inserto doble premoldeado para conexión de conector separable aislado (1 por fase)	X	-----	-----
3	Conector tipo codo separable, aislado clase 200A, 15kV, apantallado, completamente intercambiable, con housing (cubierta) polimérico, con conector #2, para cable aislado 15 KV de cobre, con punto de detección de tensión (1 por fase)	X	-----	-----
4	DPS premoldeado separable aislado (fabricado y probado bajo NTC 4389 (IEC 60099-4) o IEEE C62.11), de óxido de zinc, con ojo de halado y aterrizamiento, housing (carcasa) polimérico, apantallado, completamente intercambiable, de 12 kV – 5 kA (1 por fase)	X	-----	X
5	Soporte fusible bayoneta intercambiable (1 por fase) (2)	X	X	X
6	Fusible bayoneta sensor dual (1 por fase) (2)	X	X	X

7	Fusible de respaldo limitador de corriente de alta capacidad de interrupción (1 unidad), tipo respaldo rango parcial fabricado bajo la norma IEEE C37.46 e IEEE C37.47. (2)	X	X	X
8	**Dispositivo de seccionamiento**			
8.1	Seccionador de 2 posiciones "ON-OFF" fabricado bajo la norma IEEE C37.74 o IEC 60265-1	X	X	-----
8.2	Seccionador de 4 posiciones fabricado bajo la norma IEEE C37.74 o IEC 60265-1	-----	-----	X
9	Orificio y tapón para llenado y prueba de hermeticidad (1 unidad)	X	X	X
10	Válvula de drenaje y toma de muestras (1 unidad)	X	X	X
11	Válvula de alivio de sobrepresión (1 unidad)	X	X	X
12	Indicador de nivel de aceite	X	X	X
	Tipo visor (1 unidad) para transformadores < 100 kVA	X	X	X
	Tipo reloj (1 Unidad) para transformadores de 100 kVA y 167 kVA	-----	X	X
13	Medidor de presión – vacío para transformadores de 100 kVA y 167 kVA	-----	X	X
14	Termómetro tipo reloj para transformadores de 100 kVA y 167 kVA	-----	X	X
15	Soporte para bujes de parqueo	X	X	X
	Particularidades: (1) La cantidad de bujes deben corresponder en el esquema de conexión que se indica en la descripción de los ítems objeto de la presente especificación técnica,. (2) Para transformadores con tensiones de 2,400 V y 12,000 V delta, la protección del transformador estará conformada por dos juegos de fusibles para sobrecarga del tipo extraíble (bay-o-net) en serie con fusibles limitadores de corriente.			

Los elementos premoldeados por suministrar con el transformador tipo pedestal deben cumplir con las especificaciones técnicas del Grupo EPM codificadas como ET-TD-ME-12-01 "Premoldeados".

5.5.2 Accesorios transformadores trifásicos tipo pedestal

El esquema de conexión será del tipo radial para el Grupo EPM Colombia y será del doble circuito con anillo - transformadores en serie para ENSA Panamá o para en aquellos equipos cuya descripción del ítem así lo indique (Ver Figura 8). En cualquiera de los casos, los transformadores deben consistir en un tanque con compartimientos terminales de cable, de alta tensión y baja tensión, localizados lado a lado sobre una cara lateral del tanque del transformador. Cuando es visto de frente, los terminales de baja tensión se visualizarán a la derecha.

Figura 7. Esquema de conexión radial para transformador trifásico con seccionador de 3 posiciones

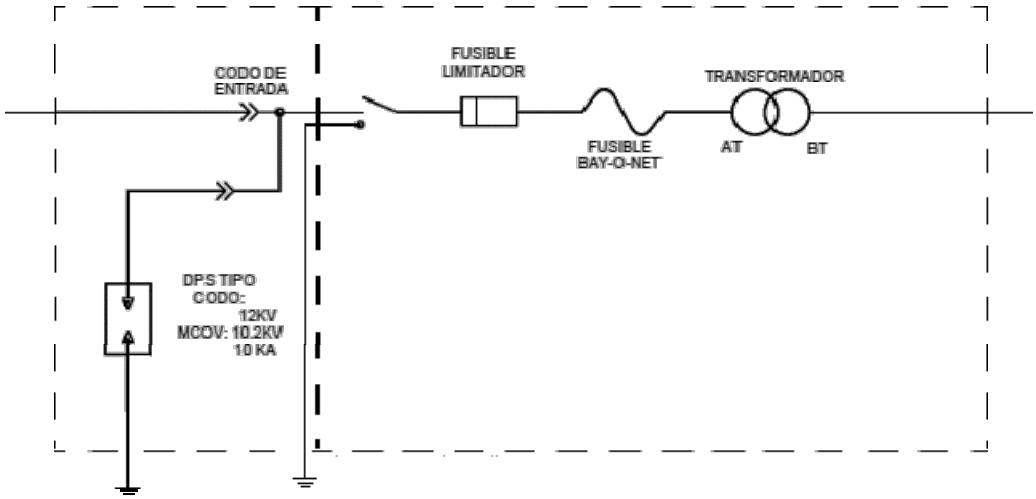
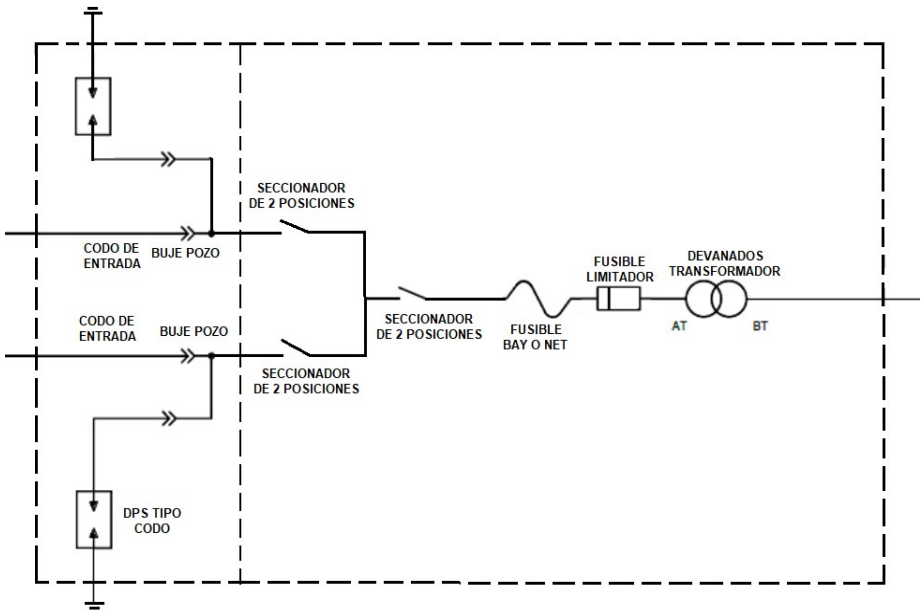


Figura 8. Esquema de conexión en anillo para transformador trifásico



Considerando el esquema de conexión, los transformadores deben tener los accesorios, según se indica en la Tabla 9 con una X.

Tabla 9. Accesorios para transformadores trifásicos

Ítem	Descripción del accesorio	Filial			
		Grupo EPM Colombia	ENSA Panamá	EEGSA Guatemala	
				Anillo	Radial
1	Buje pozo	X 3 Unidades	X 6 Unidades	X 6 Unidades	X 3 Unidades
2	Buje inserto doble premoldeado para conexión de conector separable aislado (tipo codo) (3 Unidades)	X	-----	-----	-----
3	Conector tipo codo separable, aislado clase 200A, 15kV, apantallado, completamente intercambiable, con housing (cubierta) polimérico, con conector #2, para cable aislado 15 KV de cobre, con punto de detección de tensión (3 Unidades)	X	-----	-----	-----
4	DPS premoldeado separable aislado (fabricado y probado bajo NTC 4389 (IEC 60099-4) o IEEE C62.11), de óxido de zinc, con ojo de halado y aterrizamiento, housing (carcasa) polimérico, apantallado, completamente intercambiable, de 12 kV – 5 kA (3 Unidades)	X	-----	-----	-----
5	Soporte fusible bayoneta (3 Unidades)	X	X	X	X
6	Fusible bayoneta sensor dual intercambiable (3 unidades)	X	X (1)	X	X
7	Fusible de respaldo limitador de corriente de alta capacidad de interrupción, tipo respaldo rango parcial fabricado bajo la norma IEEE C37.46 e IEEE C37.47	X 3 Unidades	X 3 o 6 Unidades(2)	X Unidades(2)	X 3 Unidades
8	**Dispositivo de seccionamiento**				
8.1	Seccionador de 3 posiciones “ON-OFF-GROUND” fabricado bajo la norma IEEE C37.74 o IEC 60265-1 (1 Unidad)	X	-----	-----	-----
8.2	Seccionador de 2 posiciones “ON-OFF” fabricado bajo la norma IEEE C37.74 o IEC 60265-1	-----	X 3 Unidades	-----	X 1 Unidad (3)
	Seccionador de 4 posiciones fabricado bajo la norma IEEE C37.74 o IEC 60265-1 (1 Unidades)	-----	-----	X 1 Unidad (4)	-----
9	Orificio y tapón para llenado y prueba de hermeticidad (1 Unidad)	X	X	X	X
10	Válvula de drenaje y toma de muestras (1 Unidad)	X	X	X	X
11	Válvula de alivio de sobrepresión (1 Unidad)	X	X	X	X
12	Válvula de alivio de sobrepresión (1 Unidad)	X	X	X	X
13	Indicador de nivel de aceite				
	Tipo visor para transformadores < 100 kVA (1 Unidad)	X	X	X	X
	Tipo reloj para transformadores > 100 kVA (1 Unidad)	X	X	X	X

	Medidor de presión – vacío para transformadores > 100 kVA (1 Unidad)	------	X	------	------
	Termómetro tipo reloj para transformadores > 100 kVA (1 Unidad)	------	X	------	------
14	Placas de puesta a tierra	X	X	X	X
15	Soporte para bujes de parqueo	X	X	X	X

Particularidades:

(1) El oferente seleccionado deberá suministrar un (1) elemento fusible, tipo bayoneta, de repuesto por cada elemento fusible que venga instalado en los transformadores, con las mismas características.
(2) Se suministrarán 3 o 6 unidades según sea requerido por la capacidad de los transformadores. En todo caso, será el fabricante quién lo determine a partir del análisis de selección de protecciones.
(3) Será utilizado en los transformadores requeridos para EEGSA Guatemala, para los que se indique son de tipo radial.
(4) Será utilizado en los transformadores requeridos para EEGSA Guatemala, para los que se indique son de tipo anillo.

Los elementos premoldeados por suministrar con el transformador tipo pedestal deben cumplir con la especificación técnica del Grupo EPM ET-TD-ME-12-01 “Premoldeados”.

5.5.3 Terminales de alta y baja tensión

a. La distribución de las terminales, es decir, la posición y las distancias deben cumplir con lo indicado en las NTC 5074 y NTC 3997 y/o IEEE C57.12.34 - IEEE C57.12.38, para transformadores monofásicos y trifásicos respectivamente.

b. El neutro de baja tensión debe ser un terminal completamente aislado y con posibilidad de aterrizarlo al tanque por medio de una platina o fleje.

c. Los conectores de alta tensión, en general, deben consistir en bujes pozos. Para el Grupo EPM Colombia, también considera el suministro de bujes insertos o de bujes integrales con el suministro de los equipos.

d. Los conectores de baja tensión deben ser tipo pala o espada, de acuerdo con lo indicado en la Tabla 10, según tipo de transformador, capacidad y tensión secundaria.

Tabla 10. Conectores secundarios tipo pala o espada / Capacidad

Transformer			Terminal NEMA
Capacidad (kVA)	**Tensión Secundaria (V)**	**Tipo**	
25, 37.5, 50 y 75	240/120	Monofásico	4 huecos
100, 167	240/120	Monofásico	8 huecos

75 a 300	208/120	Trifásico	8 huecos
150 a 500	480Y/277; 480	Trifásico	8 huecos
500	208Y/120	Trifásico	10 huecos
750 a 1000	480Y/277; 480	Trifásico	10 huecos
750	208Y/120	Trifásico	12 huecos
1500	480Y/277; 480	Trifásico	12 huecos

5.5.4 Indicador externo del nivel del líquido refrigerante

El transformador debe tener un indicador del nivel del líquido refrigerante de tipo visor o reloj, según se indique en la Tabla 8 y
Tabla **9**, colocado en el frente del tanque, el indicador señala un nivel inferior y uno superior determinados para 20 °C y 95 °C de temperatura del líquido. La pintura de los niveles de alto contraste con la pintura del tanque del transformador.

5.5.5 Conmutador de derivaciones (Tap)

Los valores nominales de las derivaciones del conmutador para los transformadores deben ser: ±2 x 2.5%**,** siendo la posición nominal del cambiador de derivaciones la número 3**.**
El conmutador de derivaciones debe cumplir con la NTC 3680 y al lado del dispositivo de maniobras debe colocarse un aviso con la leyenda “manióbrese sin tensión”.

5.6 COMPARTIMIENTOS DE ALTA Y BAJA TENSIÓN

Los compartimientos de los transformadores deben ser diseñados y construidos de acuerdo con lo indicado en las normas NTC 5074 y NTC 3997 y/o IEEE C57.12.34 - IEEE C57.12.38, en su última versión. Además, deben cumplir con lo establecido a continuación:

a. Las puertas de los compartimientos deben proporcionar adecuado espacio de operación y trabajo cuando sean removidas o abiertas, deben estar equipadas para ser fijadas en posición abierta o diseñadas para ser removidas manualmente cuando se encuentre en la posición abierta.

b. Los compartimientos deben tener una configuración de acuerdo con los numerales 7.1.1 de la NTC 5074 y 8.2 de la NTC 3997 y/o los numerales correspondientes de la IEEE C57.12.34 - IEEEC57.12.38, en transformadores monofásicos y trifásicos respectivamente.

c. El acceso a los compartimientos debe cumplir con los numerales 7.1.2 de la NTC 5074 y 8.3 de la NTC 3997, en transformadores monofásicos y trifásicos respectivamente.

Cuando el transformador cuente con dos puertas de acceso, el compartimiento de alta tensión solo será accesible después de que se haya abierto el compartimiento de baja tensión, además de considerar que, la puerta del lado de alta tensión debe tener por lo menos un dispositivo de aseguramiento, que deben ser operados antes de abrir la puerta y que permitirá el correcto bloqueo e instalación del candado seguridad.

d. El transformador debe ser construido de tal manera que limiten el desmonte y la apertura forzada de puertas, paneles o umbrales cuando las puertas están cerradas y bloqueadas.

e. El transformador debe estar provisto de dispositivos permanentes para su levantamiento y traslado.

f. El tanque del transformador debe ser diseñado y fabricado de acuerdo con lo establecido en el numerales 7.6 de la NTC 5074 y 8.10 de la NTC 3997 y/o los numerales correspondientes de la IEEE C57.12.34 - IEEEC57.12.38, para transformadores monofásicos y trifásicos respectivamente.

g. Deberá tener las facilidades para instalarle un candado, del tipo embutido, y un perno pentagonal que asegure la puerta de acceso del transformador, de acuerdo con lo definido en la IEEE C57.12.28.
h. El sistema de cierre de la puerta deberá incluir la tornillería y accesorios en acero inoxidable.

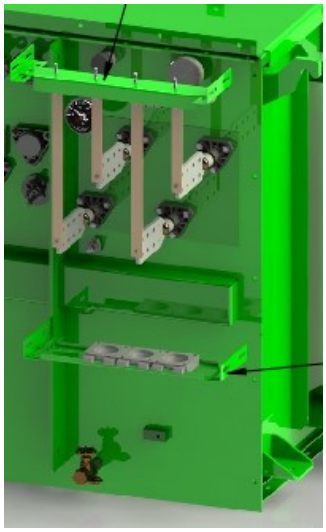
5.6.1 Características específicas ENSA Panamá

En el lado de baja tensión, el transformador debe poseer facilidades para instalar, sostener y soportar el peso del conjunto de transformadores de corriente para medición, justo debajo de las paletas del secundario del transformador. Este mecanismo debe ser de un material resistente que pueda soportar el esfuerzo mecánico ejercido por el peso de los TC y las vibraciones propias del transformador. El mecanismo debe guardar la distancia necesaria para que no interfiera con la bajante de los cables del secundario, por lo que debe poseer algún tipo de rieles que permita desplazarse hacia adelante o hacia atrás según la dimensión del transformador de corriente a utilizar. La base que se utilizara para soportar estos transformadores deberá poseer correderas que faciliten el empotramiento de los TC sin importar su dimensión y norma de diseño del equipo (ANSI o IEC). El fabricante podrá proponer el diseño de montaje de los TC cumpliendo con las medidas de seguridad requeridas sin afectar el funcionamiento de estos equipos y bajo la aprobación de ENSA (ver Figura 9).

De otro lado, las terminales secundarias deberán venir provistas de soportes mecánicos para resistir el esfuerzo producido por el peso adicional de los cables y accesorios (ver

Figura 9). Dicho soporte debe ser de un material aislante y las condiciones requeridas para la instalación del soporte a la paleta de la terminal no deben comprometer ninguna de las perforaciones destinadas para la conexión de los cables de servicio.

Figura 9. Esquema ilustrativo para el compartimiento baja tensión ENSA



5.7 PINTURA

El color de la pintura del transformador obedecerá al tipo de aceite dieléctrico utilizado, por lo tanto, si el transformador está inmerso en aceite mineral la pintura debe ser gris serie RAL 7000 para EPM Colombia, mientras que, debe ser verde serie RAL 6003 para EPM Centroamérica. En caso contrario, si está inmerso en aceite vegetal, debe ser verde serie RAL 6018 o Pantone 375.
No se permite utilizar pinturas que contengan cromatos y óxidos de plomo. El método de aplicación debe estar de acuerdo con lo establecido en la NTC 3396 y responder a las exigencias de los ambientes indicados a continuación, según sea requerido en la Tabla 13Tabla 13. Características técnicas garantizadas para transformadores tipo pedestal.
Ambiente 1: Atmósferas rural, urbana, industrial.
Ambiente 2: Atmósferas marinas y/o industrial severo.

5.8 NIVELES DE RUIDO

Los transformadores no deben sobrepasar los niveles de ruido indicados en la Tabla 11, de acuerdo con la norma NTC 5978, medidos a una distancia de tres (3) metros.

Tabla 11. Niveles de ruido audible

Potencia de transformador	Nivel máximo de ruido
(3 – 50) kVA	48 db

(51 – 100) kVA	51 db
(101 – 300) kVA	55 db
(301 – 1000) kVA	56 db

5.9 REFRIGERACIÓN

Los transformadores de distribución deben ser fabricados utilizando las siguientes alternativas, aceite mineral inhibidos tipo II, como agente refrigerante, cuyas características de composición y pureza deben cumplir con los requisitos de la NTC 1465 o IEEE C57.106 o IEC 60296; mientras que, los aceites vegetales utilizados como agente refrigerante deben cumplir con los requisitos establecidos en la norma ASTM 6861 e IEC 62770. Para ambos tipos de aceite, el proveedor seleccionado debe entregar documento en el cual presente las características físicas, químicas y eléctricas del aceite a suministrar y su cumplimiento con la normatividad técnica y ambiental nacional o internacional vigente.

La refrigeración de los transformadores será del tipo ONAN para aceite mineral, o KNAN para aceite vegetal, según sea el tipo de agente refrigerante que debe ser suministrado en correspondencia con lo indicado en la descripción del ítem y con los requisitos técnicos de pliego de contratación. En el transformador se debe indicar está condición: agente refrigerante interno, medio de refrigeración externo y el método de circulación.

5.9.1 Pruebas PCB's

Los transformadores que se van a suministrar al grupo EPM deben ser libres de PCB´s, lo cual debe comprobado mediante método cuantitativo por cromatografía de gases al aceite suministrado por el proveedor, de acuerdo con las políticas y normas de obligatorio cumplimiento de cada uno de los países donde se realiza el suministro para el Grupo EPM:

País	**Código y Descripción**
Norma Internacional	ASTM D 4059-00
Colombia	Resolución 0222 del 15 de diciembre de 2011 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Panamá	Resolución 0169 de 21 de febrero de 2011 del Ministerio de Salud
Guatemala	Acuerdo Gubernativo No. 194-2018 Reglamento para la Gestión Integral de Bifenilos Policlorados (PCB) y Equipos que lo contienen
El Salvador	Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. Parte II. Bifenilos Policlorados. Abril 2008.

Con la entrega de los equipos debe entregarse certificación que incluirá el protocolo de prueba

del aceite emitido por el proveedor del producto, asociado a un informe y/o certificado por un laboratorio donde se evidencie las características técnicas del aceite con los resultados en partes por millón no detectables o inferiores a 2 ppm. El informe debe asociar el aceite suministrado por el proveedor (caneca, contenedor, lote), con cada transformador suministrado y con los resultados de ppm. Se debe anexar una evidencia de su sistema de calidad (Control, Trazabilidad, registro, inventario, entre otros) que garantice que efectivamente esa caneca, lote o muestra es la utilizada al pedido solicitado de transformadores por el grupo EPM.

Si los resultados cuantitativos de cromatografía de gases supera lo anteriormente indicado, el transformador no será aceptado por el grupo EPM. Este procedimiento o documentación se evaluaría durante el proceso de aceptación técnica.

5.9.2 Normatividad ambiental

El Fabricante y/o proveedor deberán acatar, cumplir y aplicar las normas vigentes relativas a la gestión ambiental integral en el ámbito nacional e internacional, entre ellas, en las que se aprueba el Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) a través del cual se establecen medidas para minimizar los riesgos derivados del uso, almacenamiento, manipulación, transporte, tratamiento y eliminación de equipos, aceites, desechos y suelos contaminados con PCB, con el propósito de proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos de los contaminantes orgánicos persistentes.
Además, deberá tener en cuenta que en la fabricación y producción de los equipos controló la utilización de sustancias tóxicas y peligrosas que, en su almacenaje, instalación, operación y/o mantenimiento del producto, no generó residuos peligrosos, como los compuestos halogenados, incluyendo los Bifenilos y Terfenilos Policlorados y Polibromados (PCB y PCT), así como de los asbestos en todas sus formas, incluyendo el Amianto.

6. ENSAYOS Y PRUEBAS

Las pruebas de recepción especificados en el presente documento serán efectuadas en laboratorios propios del fabricante o de terceros y todos los instrumentos, equipos o sistemas de medición deben ser calibrados de tal manera que se garantice la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales e incluyan información sobre las medidas realizadas y las incertidumbres asociadas.

Se debe asegurar la trazabilidad de los instrumentos en el sistema de confirmación metrológica respaldándose en los certificados o informes de calibración para el equipo, que incluye y validen la fuente, fecha, incertidumbre y las condiciones bajo las cuales se obtuvieron los resultados.

La conformidad de producto se verificará mediante Certificación de Evaluación de Conformidad Técnica (TCA), Certificación de producto con norma y RETIE, según se especifique en la Tabla 13. También podrá ser verificada con pruebas de rutina e inspección en laboratorios con

equipos calibrados que garanticen el cumplimiento de los parámetros aquí establecidos.

El fabricante o en su defecto el comercializador debe indicar en su oferta en cuál laboratorio se harán las pruebas de recepción para cada lote en las entregas parciales.

Estas pruebas están destinadas a eliminar los elementos que presenten defectos de fabricación.

El costo de los ensayos será a cargo del fabricante.

6.1 PRUEBAS TIPO

Los transformadores de distribución deben cumplir con las pruebas tipo que se relacionan siguiendo la metodología establecida en las normas NTC 837, 316, 836 y 3609.

- Tensión de impulso tipo descarga atmosférica
- Calentamiento
- Ensayo de aislamiento
- Ensayo de presión
- Ensayo del dispositivo de levantamiento

- Verificación de la protección contra sobrecarga
- Verificación de soporte de corriente de magnetización
- Verificación de la protección contra cortocircuitos externos
- Verificación de la protección contra cortocircuitos internos

En caso de ser requeridos, el interventor o administrador del contrato podrá solicitar las pruebas tipo.

6.2 PRUEBAS DE RUTINA

Los transformadores de distribución deben cumplir con las pruebas de rutina que se relacionan siguiendo la metodología establecida en las normas NTC 375, 471, 1005, 1031 837 y 3609.

- Mediciones de la resistencia de los devanados.
- Medición de la relación de transformación, verificación de la polaridad y relación de fase.
- Medición de las tensiones de cortocircuito.
- Medición de las pérdidas con carga.
- Medición de las pérdidas y corriente sin carga (en vacío)
- Tensión aplicada
- Sobretensión inducida

6.3 PRUEBAS ESPECIALES

Los transformadores de distribución tipo pedestal deben cumplir con la prueba especial que se relaciona siguiendo las metodologías establecidas en las normas NTC 532 y 3609.

- Aptitud para soportar el cortocircuito
- Ensayo de sobrepresión

6.4 PRUEBAS DE RECEPCIÓN

El fabricante debe proporcionar al interventor, administrador o gestor de contrato todas las facilidades razonables para asegurarse que el material se presenta de acuerdo con esta especificación.

Todas los ensayos de recepción y la inspección se harán antes de la entrega, en el lugar de fabricación o en laboratorio de acuerdo con lo que se indica en el numeral 6 de esta especificación.

El interventor seleccionará los ensayos de rutina que considere necesarios para validar el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

7. ROTULADO Y SEÑALIZACIÓN.

Los transformadores deben estar marcados el logo de cada una de las filiales para Centroamérica y el logo “Grupo EPM” para las filiales en Colombia. Adicionalmente, será marcado con las leyendas “NO PCB”; identificación en la pared del tanque del transformador cuando se utiliza de aceite dieléctrico vegetal, tanque en que acero inoxidable a convenir entre cliente - proveedor; y el número de activo asignado, el cual es suministrado por las empresas del Grupo EPM. Esta leyenda debe ser realizada en vinilo autoadhesivo reflectivo de color verde o blanco, con caracteres de una altura mínima de 60 mm.

La marcación de la potencia, los pasatapas de alta y baja tensión cumple lo establecido en las normas NTC 1490 - NTC 4907 y NTC 1656 - NTC 3607 última versión y se realiza en vinilo autoadhesivo y auto-reflectivo de color verde oscuro con caracteres de una altura mínima de 60 mm.

Está provisto de una placa de características que cumple con la NTC 618 última versión o equivalente IEEE C57.12.00, e incluye el número de activo asignado e informado por las empresas del Grupo EPM. La placa está ubicada en el compartimiento de baja tensión, debe ser legible y visible, incluso cuando los cables estén en su lugar, acuerdo con lo definido en las NTC 5074 y NTC 3997.

A continuación, se presenta la información que debe ser incluida en la placa de características o la relacionada en la última versión de la norma que aplica:

a. Nombre o razón social del fabricante
b. Clase de transformador
c. Número de serie dado por el fabricante
d. Año de fabricación
e. Número de fases
f. Potencia nominal
g. Eficiencia
h. Frecuencia nominal
i. Tensiones nominales, número de derivaciones y tensión para cada una
j. Corriente nominal
k. Símbolo del grupo de conexión
l. Tensión de cortocircuito a la corriente nominal
m. Método de refrigeración
n. Tensión serie de cada devanado
o. Ubicación y marcación de terminales
p. Corriente de cortocircuito simétrica
q. Volumen del líquido aislante, en litros
r. Peso total en kilogramos
s. Nivel básico de aislamiento
t. Diagrama de conexiones
u. Nombre del cliente y número de contrato
v. Presión y vacío del transformador, cuando su potencia es mayor o igual a 1000 kVA
w. Diagrama fasorial
x. Material del devanado

8. EMPAQUE Y TRANSPORTE

8.1 EMPAQUE

Debe permitir su manejo de tal forma que, al requerirse cualquier movimiento para almacenamiento o transporte, sea fácil levantarlo por la base del empaque.

El empaque está conformado por:

Base: debe poseer vigas, travesaños o durmientes con una altura suficiente que permita el uso de montacargas. (Mínimo 10 cm).

Estructura vertical: conformada por un mínimo de cuatro elementos robustos colocados en las esquinas de la base y perpendicular a esta.

Refuerzos: deben ser laterales y superiores, resistentes y planos permitiendo la colocación de los transformadores en forma vertical.

Se debe proveer de un sistema de fijación entre el transformador y el empaque, constituyendo un solo conjunto, la fijación puede ser por zuncho, cuñas o tornillos.

Además de las marcas requeridas normalmente con propósito de embarque, cada caja donde se embarquen los transformadores deberá ser rotulada con la siguiente información:

a. Nombre del fabricante y lugar de fabricación
b. Número de catálogo del transformador
c. Capacidad en kVA y voltaje nominal
d. Peso bruto y neto de cada caja
e. Destinatario y país de destino
f. Nombre de la filial / País de destino
g. Número de Contrato u Orden de Compra
h. Tipo o clase del líquido aislante o dieléctrico
i. Volumen del líquido aislante en litros

8.2 TRANSPORTE

Durante el transporte se debe tener en cuenta y cumplir los requisitos técnicos y de seguridad para el manejo y transporte de esta clase de equipos por carretera en vehículos automotores en todo el territorio nacional, con el fin de minimizar los riesgos, garantizar la seguridad y proteger la vida y el medio ambiente, de acuerdo con las definiciones y clasificaciones establecidas en la Norma Técnica Colombiana NTC 2784 "Guía para el embalaje, almacenamiento y transporte de transformadores de distribución", el decreto 1609 de 2002 expedido por el Ministerio de Transporte y demás normas que le sean aplicables para esta clase de equipos.

9. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

Los criterios de aceptación y el tipo de muestreo para todos los diferentes ensayos serán de acuerdo con lo indicado en la norma NTC-ISO 2859-1, y será potestad del interventor o administrador técnico aplicar el plan de muestreo señalado en este numeral.

Se procederá a la extracción de la muestra aleatoriamente, de tal manera que se asegure la representatividad del lote de acuerdo con lo indicado en la

Tabla 12:

Tabla 12. Plan de muestreo para pruebas de recepción
(Nivel de Inspección I, NCA= 4%)

TAMAÑO DEL LOTE	TAMAÑO DE LA MUESTRA	CRITERIO DE ACEPTACIÓN
2 a 15	2	0
16 a 25	3	0
26 a 90	5	0
91 a 150	8	1
151 a 280	13	1
281 a 500	20	2
501 a 1200	32	3
1201 a 3200	50	5
3201 a 10000	80	7
10001 y mas	125	10

Se considera que un (1) lote cumple con los requisitos dimensionales, mecánicos y eléctricos, cuando al probar todos los elementos de la muestra se encuentra el número de elementos defectuosos permitidos o menos.

En el lote rechazado el fabricante deberá ensayar cada uno de los elementos que lo componen, remitir los resultados de las pruebas a la empresa y solicitar nuevamente la inspección de estos.

Los elementos rechazados de los lotes aprobados y las unidades componentes de los lotes definitivamente rechazados no podrán formar parte del suministro en cumplimiento del pedido de la empresa.

10. CUADROS DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GARANTIZADAS

Todos los transformadores de distribución tipo pedestal inmersos en aceite dieléctrico deben cumplir con las dimensiones, características, normas de construcción y de pruebas mencionadas en esta especificación (NTC o equivalente ANSI/IEEE) y demostrarlo mediante certificación de producto bajo RETIE y/o normas de fabricación, cumpliendo con los cuadros de características técnicas garantizadas de la Tabla 13.

Tabla 13. Características técnicas garantizadas para transformadores tipo pedestal

1	Característica técnica	Garantizada
1.1	**Fabricante**	INDICAR
1.2	**País de fabricación**	INDICAR
1.3	La configuración del transformador es radial y/o anillo según sea requerido e indicado en la descripción de cada uno de los ítems	SI ( ) – NO ( )
1.4	Frecuencia nominal de operación 60 Hz	SI ( ) – NO ( )
1.5	Indica en las Tabla 14 y Tabla 15 la información técnica de los transformadores ofrecidos	SI ( ) – NO ( )
2	**Requisitos específicos transformadores monofásicos**	
2.1	Norma de fabricación y ensayo NTC 5074 y/o IEEE C57.12.38 en su última versión	SI( ) – NO( ) – NA( )
2.2	Los transformadores cumplen con la polaridad establecida en el numeral 5.4.1 de este documento.	SI( ) – NO( ) – NA( )
2.3	La eficiencia mínima debe cumplir con los niveles para cada empresa indicados en la Tabla 16, cumpliendo en todo caso con lo establecido en la NTC 818 última versión.	SI( ) – NO( ) – NA( )
2.4	Pérdidas en vacío y en carga máximas deben ser las informadas y garantizas para cumplir con la eficiencia mínima solicitada de la NTC 818 última versión. Los valores deben ser reportados en la Tabla 15 o el formato suministrado en el proceso de contratación para este fin.	SI( ) – NO( ) – NA( )
2.5	Las pérdidas máximas garantizadas serán capitalizadas de acuerdo con los valores K1 y K2 informados en las condiciones de la contratación para cada una de las filiales.	SI( ) – NO( ) – NA( )
2.6	Cumple los límites de calentamiento de la NTC 801 última versión.	SI( ) – NO( ) – NA( )
2.7	Cumple los niveles de aislamiento al impulso tipo rayo (BIL) según NTC 5074 y/o IEEE C57.12.38	SI( ) – NO( ) – NA( )
3	**Requisitos específicos transformadores trifásicos**	
3.1	Norma de fabricación y ensayo NTC 3997 última versión y/o IEEE C57.12.34	SI( ) – NO( ) – NA( )
3.2	Grupo de conexión para el Grupo EPM en Colombia y Panamá, según lo indicado en el numeral 5.4.2 del presente documento.	SI( ) – NO( ) – NA( )
3.3	La eficiencia mínima debe cumplir con los niveles para cada empresa indicados en la Tabla 16, cumpliendo en todo caso con lo establecido en la NTC 819 última versión.	SI( ) – NO( ) – NA( )
3.4	Pérdidas en vacío y en carga máximas deben ser las informadas y garantizas para cumplir con la eficiencia mínima solicitada de la NTC 819 última versión. Los valores deben ser reportados en la Tabla 15 o el formato suministrado en el proceso de contratación para este fin.	SI( ) – NO( ) – NA( )

3.5	Las pérdidas máximas garantizadas serán capitalizadas de acuerdo con los valores K1 y K2 informados en las condiciones de la contratación para cada una de las filiales.	SI( ) – NO( ) – NA( )
3.6	Cumple los límites de calentamiento de la NTC 801 última versión.	SI( ) – NO( ) – NA( )
3.7	Cumple los niveles de aislamiento al impulso tipo rayo (BIL) según NTC 3997 y/o IEEE C57.12.34	SI( ) – NO( ) – NA( )
4	**Pintura**	
4.1	La pintura del transformador cumple con lo señalado en el numeral 5.7 del presente documento.	SI ( ) – NO ( )
4.1.1	La pintura de los transformadores para las filiales en Colombia debe ser apta para un ambiente tipo 1.	SI ( ) – NO ( )
4.1.2	La pintura de los transformadores para las filiales de Centroamérica debe ser apta para un ambiente tipo 2.	SI ( ) – NO ( )
5	**Accesorios**	
5.1	Incluye los accesorios indicados en los numeral 5.5 del presente documento.	SI ( ) – NO ( )
5.2	Rango del cambiador de derivaciones ± 2 x 2.5% y los valores nominales que permite cumplen con lo establecido en el numeral 5.5.5 de este documento.	SI ( ) – NO ( )
5.3	Los accesorios premoldeados cumplen con lo especificado en documento ET-TD-ME-12-01 “Premoldeados”.	SI ( ) – NO ( )
6	**Refrigeración**	
6.1	La refrigeración de los transformadores cumple con lo establecido en el numeral 5.9 del presente documento.	SI ( ) – NO ( )
7	**Aceite dieléctrico**	
7.1	El líquido refrigerante es aceite dieléctrico mineral o vegetal, según se indique en la descripción de los ítems objeto de la contratación. Este debe cumplir con lo establecido en el numeral 5.9 del presente documento.	SI ( ) – NO ( )
8	**Rotulado**	
8.1	El rotulado y señalización cumple con lo establecido en el numeral 7 del presente documento.	SI ( ) – NO ( )
9	**Empaque y Transporte**	
9.1	Dimensiones estimadas totales del transformador en mm, incluido gabinete, las cuales deben ser indicadas en la Tabla 14 o el formato suministrado en el proceso de contratación para este fin.	SI ( ) – NO ( )
9.2	Peso total estimado del transformador y gabinetes en kg, el cual debe ser indicado en la Tabla 14 o el formato suministrado en el proceso de contratación para este fin.	SI ( ) – NO ( )
9.3	El empaque de los transformadores está acorde con lo señalado en el numeral 8.1 del presente documento.	SI ( ) – NO ( )
9.4	Se tendrán en cuenta las consideraciones señaladas en el numeral 8.2 del presente documento para el transporte de los transformadores.	SI ( ) – NO ( )
9.5	Plano general de los transformadores a suministrar	SI ( ) – NO ( )
10	**Documentos técnicos previo a la fabricación del producto**	
10.1	Previo a la fabricación de los equipos, serán suministrados planos de diseño, fichas técnicas y todo aquello que permita establecer el cumplimiento técnico con lo establecido en la presente especificación técnica y, por consiguiente, dar el visto bueno previo a la producción de las unidades requeridas según los ítems contratados y ordenes de trabajo.	SI ( ) – NO ( )
11	**Documentos técnicos con la entrega del producto**	

11.1	Certificados/Protocolos de ensayo del aceite suministrado que evidencie las características técnicas del aceite y cumplimiento con lo establecido en los numerales 5.9.1 y 5.9.2 de este documento.	SI ( ) – NO ( )
11.2	Protocolo con pruebas de rutina de acuerdo con la NTC 1358 o equivalente ANSI/IEEE, el cual debe ser generado para cada uno de los equipos y al momento de la entrega.	SI ( ) – NO ( )
11.3	**Certificados requeridos Grupo EPM Colombia**	
11.3.1	Certificado de conformidad de producto de acuerdo con RETIE, para transformadores monofásicos y trifásicos tipo pedestal, de la potencia y niveles de tensión requeridos. Este debe ser entregado de acuerdo con lo indicado en las condiciones particulares del proceso de contratación.	SI ( ) – NO ( )
11.3.2	Certificado de conformidad de producto contra norma técnica, para transformadores monofásicos y trifásicos tipo pedestal de la potencia y niveles de tensión requeridos. Este debe ser entregado de acuerdo con lo indicado en las condiciones particulares del proceso de contratación.	SI ( ) – NO ( )
11.4	**Certificados requeridos Grupo EPM Centroamérica**	
11.4.1	Certificación de Evaluación de Conformidad Técnica (TCA- Technical Conformity Assessment) de los transformadores objeto de la adjudicación o aceptación de la oferta, esta evaluación de conformidad se realizará para cada una de las familias o tipos y capacidades (kVA) de los transformadores o Certificación de conformidad de producto contra norma técnica colombiana o ANSI/IEEE que, cubra todos los requisitos técnicos de la presente especificación técnica. Este debe ser entregado de acuerdo con lo indicado en las condiciones particulares del proceso de contratación.	SI ( ) – NO ( )

Tabla 14. Reporte de información técnica de los transformadores ofertados

Referencia	Potencia (kVA)	Material devanado primario	Material devanado secundario	Ancho (mm)	Largo (mm)	Alto (mm)	Peso (kg)

Tabla 15. Reporte de eficiencias y pérdidas de los transformadores ofertados

Referencia	Potencia (kVA)		EFICIENCIA A	EFICIENCIA B	EFICIENCIA C
		EFICIENCIA (%)			
		P_0 (W)			
		P_C (W) A 85°c			
		EFICIENCIA (%)			
		P_0 (W)			
		P_C (W) A 85°c			

Anexo I. Eficiencias requeridas para transformadores monofásicos y trifásicos tipo poste

Tabla 16. Eficiencias requeridas para transformadores monofásicos y trifásicos tipo pedestal

Capacidad	Tipo	Grupo EPM Colombia	ENSA Panamá	DELSUR El Salvador	EEGSA [1] Guatemala
25	Pedestal Monofásico	A	A		A
37.5		A	A		
50		A	A		A
75		A	A		A
100		A	A		A
167			A		A
15	Pedestal Trifásico	A	A		
30		A	A		
45		A	A		
75		A	A		
112.5		A	A		
150		A	A		
225		A	A		
300		A	A		
400		B	B		
500		B	B		
630		B	B		
750		B	B		
1000			B		
1500			B		

(1) Las pérdidas mínimas que debe ser garantizadas serán las definidas en el anexo II

Anexo II. Pérdidas máximas o mínimas garantizadas monofásicos y trifásicos

Tabla 17. Pérdidas máximas ENSA Panamá

Capacidad	Tipo	Tensión (kV)	Pérdidas (W)	
			Vacío	Con carga
25	Monofásico	7.62 13.2	70	250
37.5			105	330
50			120	460
75			140	500
100			187.5	675
167			250	900
75	trifásico	13.2	165	802.5
112.5			235.25	1203.75
150			295	1500
225			400	2127
300			450	2869
500			750	4100
750			975	6100
1000			1300	7500
1500			1650	10260

Tabla 18. Pérdidas garantizadas EEGSA Guatemala

Capacidad	Tipo	Tensión (kV)	Pérdidas (W)	
			Vacío	Con carga
25	Monofásico	7.62 13.2	70	210
50			125	400
75			170	580
100			220	725
167			310	1200