



Grupo-epm

TRANSFORMADOR TIPO SUMERGIBLE TRIFÁSICO 300 A 1500 kVA.

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

DEPARTAMENTO DE NORMALIZACIÓN

Código: NO.MA.07.03

Versión: 4.0

ELABORADO	REVISADO	APROBADO	ULTIMA ACTUALIZACIÓN
Departamento Normalización ENSA	Jefe Departamento Normalización ENSA	Gerente Planeación y Control ENSA	14 mayo 2025



TRANSFORMADOR TIPO
SUMERGIBLE TRIFÁSICO
300 A 1500 kVA

NO.MA.07.03

Fecha:
14/05/2025

Aprobado: AG/SG

Versión: 4.0

Página 1 | 26

INDICE

1. OBJETIVO.....	3
2. ALCANCE	3
3. DEFINICIÓN	3
4. GENERALIDADES	3
5. NORMAS APLICABLES.....	5
6. CERTIFICADOS DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA Y PRUEBAS	6
7. DISEÑO Y FABRICACIÓN	6
7.1 Normas utilizadas en los diseños:.....	6
7.2 Clase de transformador y tipo de núcleos utilizados en el diseño y fabricación:.....	6
7.3 Pasamuros de Alto Voltaje:	7
7.4 Pasamuros de Bajo Voltaje:	7
7.5 Pasamuro Neutro:	8
7.6 Tanque:.....	8
7.8 Tapa:	10
7.9 Aceite Aislante:	10
7.10 Contratuercas:.....	11
7.11 Cambiador de Derivaciones:.....	11
7.12 Características de los Dispositivos de Desconexión:	11
7.13 Esquemas de Alimentación Primaria y Dispositivos de Desconexión: ...	12
7.14 Protección del Transformador	12
7.15 Válvula de Alivio de Presión:	13
7.16 Indicador de Nivel de Aceite:	13
8. CARACTERÍSTICAS NOMINALES.....	13
8.1 Tipo:.....	13
8.2 Enfriamiento:.....	13
8.3 Elevación de Temperatura:	13
8.4 Derivaciones:.....	13
8.5 Voltaje Nominal:	13
8.6 Nivel Básico de Impulso (BIL):.....	13
8.7 Frecuencia:.....	13
8.8 Desplazamiento Angular e Identificación de Terminales:.....	13
8.9 Accesorios como sigue:	14
8.10 Capacidad Nominal a kVA.....	14
9. INSPECCION, PRUEBAS Y/O CERTIFICACIONES	14
10. PLANOS DE TALLER E INSTRUCTIVOS.....	15
11. MANEJO, EMBALAJE Y TRANSPORTE	16
12. REPUESTOS	17
13. TABLA DE INFORMACION PARTICULAR	18
14. DIBUJOS.....	21
15. TABLAS DE DATOS TECNICOS	22
16. CONTROL DE CAMBIOS	26

1. OBJETIVO

El objetivo de esta especificación es el de adquirir un transformador de una alta eficiencia y muy bajas pérdidas, fabricado mediante la última tecnología disponible en el mercado.

Esta especificación cubre las características y requerimientos para la adquisición y suministro de transformadores de distribución trifásicos, tipo sumergible, con los accesorios indicados, para ser instalados en los sistemas de distribución de energía eléctrica en ambientes subterráneos o inundables.

2. ALCANCE

Esta especificación cubre los requerimientos eléctricos, mecánicos y de fabricación que deben cumplir los transformadores de distribución tipo sumergible trifásico en aceite. Para ser instalados en la red de distribución subterránea de **ENSA**, operando **continuamente** sumergido en agua y/o sustancias corrosivas. Con los accesorios indicados, y con una carcasa o tanque de transformador construido con acero inoxidable **tipo-316L** de alta resistencia a la corrosión, lleno de líquido dieléctrico fluido refrigerante resistente al fuego a base de aceite natural, sin contaminante PCB, con núcleo de material amorfo o acero al silicio de alta eficiencia; para ser usados en un sistema primario de distribución eléctrica en **13,200 V Delta**.

El Grupo de conexión debe ser **Dyn1** en la cual el voltaje primario es 13,200 V y el Voltaje secundario será 480Y/277 o 208Y/120.

Esta especificación incluye requerimientos ambientales para el líquido aislante, para los transformadores sumergibles, llenos de líquido o aceite aislantes o dieléctrico. El líquido aislante líquido o dieléctrico **NO DEBE CONTENER POLICLORUROS BIFENILITICOS (PCB) NI SUS DERIVADOS O AGENTES CONTAMINANTES DEL MEDIO AMBIENTE, NI TOXICOS PARA LA SALUD HUMANA.**

3. DEFINICIÓN

Se entiende por transformador sumergible el destinado a instalarse en cámara o bóveda bajo el nivel del suelo, donde existe la posibilidad de estar sumergido en agua y/o sustancias corrosivas el 100 % del tiempo sin que se presenten filtraciones, debe ser capaz de funcionar continuamente sin vigilancia mientras esté completamente sumergido.

4. GENERALIDADES

4.1 Los transformadores de distribución tipo sumergible, suministrados bajo esta especificación, deberán cumplir en todos los aspectos, con los requerimientos de esta especificación, sin excepción. Deberán reunir las mejores características especificadas para transformadores subterráneos tipo sumergibles de acuerdo con la última revisión de la norma **IEEE std C57.12.24-2023, IEEE Standard for Submersible, Three-Phase Transformers,**

3750 kVA and Smaller: High Voltage, 34500 GrdY/19920 V and Below; Low Voltage, 600 V and Below.

- 4.2** El suministro deberá realizarse de acuerdo a la correcta práctica comercial e industrial.
- 4.3** Estos transformadores serán usados en condiciones climáticas típicas del trópico húmedo con altas temperaturas, alta precipitación anual, alta humedad relativa del aire y altas concentraciones de salinidad en las zonas costeras.
- 4.3.1 Altitud: Hasta 1,000 m (3.280 pies) sobre el nivel del mar.
- 4.3.2 Clima: Tropical, de alta humedad relativa y cercana al mar.
- 4.3.3 Temperatura del aire:
- Máxima 40 °C
 - Mínima 10 °C
 - Media en 24 horas 27 °C
 - Humedad relativa: 85% o más
 - Velocidad máxima del viento: 100 km/h
- 4.4** Estos transformadores se instalarán en cámaras propensas a mantenerse inundadas con aguas y desechos altamente corrosivos en **forma continua**, especialmente durante la estación de lluvia (9 meses del año) en donde las cámaras usualmente se encuentran inundadas. Los transformadores serán instalados en cámaras cercanas al mar donde el alto nivel freático inunda las cámaras con agua salada, además de la proveniente de lluvia.
- 4.5** Los transformadores deberán ser nuevos y limpios, sin defectos internos o externos, y que su fecha de fabricación no exceda los seis (6) meses, tomando como referencia la fecha de orden de compra. No se aceptará el suministro de transformadores reconstruidos ni rehabilitados, ni de reciente fabricación con poco uso.
- 4.6** Los transformadores objeto de este suministro, deberán estar diseñados, construidos y sometidos a pruebas de acuerdo a las últimas revisiones de las normas aplicables de la IEEE, NEMA y ANSI.
- 4.7** Los transformadores sumergibles todos sus dispositivos y accesorios deberán soportar inmersiones por tiempo permanente. Estos dispositivos y accesorios estarán colocados en la parte superior del transformador, con excepción de la válvula de muestreo del líquido aislante.
- 4.8** La carcasa o tanque del transformador en su totalidad (parte superior, inferior, los cuatro lados y radiadores), deberá ser construida con láminas de acero inoxidable austeníticos 316L, especialmente diseñado para ambientes altamente corrosivos.
- 4.9** La pintura de todo transformador deberá ser durable y resistente a la corrosión. Se debe preparar la superficie del gabinete con un proceso de limpieza o desengrase con soluciones químicas o por medios mecánicos, con lo cual se deben retirar aceites, grasas u otras posibles impurezas presentes en la superficie que se va a pintar. Luego de la limpieza se debe aplicar dos (2) capas de anticorrosivo en las paredes externas e internas del gabinete, y tapa del transformador, que no reaccione con el aceite. El acabado deberá ser adecuado

para resistir por lo menos una prueba de rociado según la norma ASTM B117-54. La adherencia de las capas de pintura externa deberá ser de acuerdo con la norma ASTM D 4541.

- 4.10** Todo transformador que presente en cualquiera de sus partes internas o externas, el menor indicio de corrosión debe ser rechazado y reemplazado por una unidad nueva, a satisfacción de **ENSA**.
- 4.11** Todo transformador que presente en cualquiera de sus partes internas o externas, el menor indicio de fisura debe ser rechazado y reemplazado por una unidad nueva, a satisfacción de **ENSA**.
- 4.12** El proceso de fabricación de los transformadores y el proceso de producción del líquido aislante deberá estar sujeto a un programa de Control de Calidad basado al ISO 9001 vigente.
- 4.13** El texto, tablas, figuras y referencia a otras normas se suplementan una a la otra, y deberán ser consideradas como parte integral de esta especificación.
- 4.14** El núcleo del transformador podrá ser de cualquiera de los dos materiales indicados a continuación:
 - material amorfo
 - acero al silicio de alta eficiencia
- 4.15** El líquido aislante o dieléctrico deberá ser sometido a pruebas, y análisis físicos y químicos de acuerdo con las últimas revisiones de las normas aplicables de la IEEE, NEMA, ANSI, ASTM y aquellas que **ENSA** considere, así como las que existan y establezca la República de Panamá.
- 4.16** El transformador debe ser diseñado para resistir corrientes de corto circuito de acuerdo a lo indicado en IEEE C57.109 vigente.

5. NORMAS APLICABLES

El suministro de los transformadores deberá realizarse en estricta conformidad con las siguientes normas específicas, exceptuándose lo que esté contrariamente establecido en esta especificación técnica, caso en el cual regirá esta última.

- **ANSI C57.12.00** (última revisión): "Standard General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers".
- **IEEE std C57.12.24 (versión vigente)**: "IEEE Standard for Submersible, Three – Phase Transformers, 3750 kVA and Smaller: High Voltage, 34500 GrdY/19920 Volts and Below; Low Voltage, 600 Volts and Below"
- **IEEE Std C57.12.32 (versión vigente)**: "Submersible Equipment-Enclosure Integrity"
- **IEEE Std C57.12.70 (versión vigente)**: "For Terminal Markings and Connections for Distribution and Power Transformers"

- **IEEE Std C57.12.80 (versión vigente):** "IEEE Standard Terminology for Power and Distribution Transformers"
- **ANSI/IEEE C57.12.90 (versión vigente):** "Test Code for Liquid-Immersed Distribution, Power and Regulating Transformers and Guide for Short-Circuit Testing of Distribution and Power Transformers"
- **IEEE C57.147 (versión vigente):** "Guide for Acceptance and Maintenance of Natural Ester Fluids in Transformers"
- **ASTM D6871-03 (versión vigente):** "Standard Specification for Natural Ester Fluids Used in Electrical Apparatus"
- **ASTM D3487-88 (versión vigente):** "Standard Specification for Mineral Insulating Oil Used in Electrical Apparatus"
- **IEEE 386 (versión vigente):** "Standard for Separable Insulated Connector Systems for Power Distribution Systems Above 600 V"
- **NFPA-70 (última revisión):** "National Electrical Code- National Fire Protection Association"

6. CERTIFICADOS DE CALIDAD DE MATERIA PRIMA Y PRUEBAS

El fabricante deberá entregar a **ENSA** los siguientes certificados de calidad de las materias primas empleadas en la fabricación de los transformadores tipo sumergible: acero para la fabricación de núcleos, acero para el tanque, aceite dieléctrico, conductores para las bobinas, papel aislante, cambiadores de tomas de derivación, pinturas, aisladores, terminales, tornillería y accesorios en general. Los certificados contendrán la siguiente información:

- Nombre del Proveedor
- Denominación del Producto
- Fecha de Producción
- Norma de Fabricación
- Resultado de los Análisis y Pruebas
- Firma y sello del Jefe de Control de Calidad

El Fabricante y/o Proveedor deberá suministrar a **ENSA**, en un término de quince (15) días calendario después de realizadas las pruebas, una copia original de las certificaciones de todos los datos y resultados de las pruebas, y reporte que incluya todas las unidades fabricadas para **ENSA**. Los transformadores no deben ser embarcados hasta que **ENSA** haya recibido todos los datos y resultados de las pruebas realizadas a los mismos. **ENSA** se reserva el derecho a rechazar las unidades cuyos datos de prueba no cumplan con lo indicado en esta especificación.

7. DISEÑO Y FABRICACIÓN

El diseño y fabricación de los transformadores cubiertos por esta especificación deberán cumplir con lo indicado a continuación:

7.1 Normas utilizadas en los diseños:

Los transformadores deberán ser diseñados de acuerdo con la última revisión de las Normas mencionadas en el contenido de este documento.

7.2 Clase de transformador y tipo de núcleos utilizados en el diseño y fabricación:

	<p>TRANSFORMADOR TIPO SUMERGIBLE TRIFÁSICO 300 A 1500 kVA</p>	NO.MA.07.03	
		Fecha: 14/05/2025	Aprobado: AG/SG
		Versión: 4.0	Página 6 26

Los transformadores deberán ser de la clase ONAN (auto-enfriado), con núcleo del tipo metal amorfo o acero al silicio de alta eficiencia, y tener núcleo de cinco piernas, con conductores de cobre o aluminio de alta conductividad. Los tornillos que atraviesan el núcleo deberán tener recubrimiento aislante para evitar pérdidas magnéticas. Las chapas no deben aflojarse con los esfuerzos electromecánicos.

7.3 Pasamuros de Alto Voltaje:

- 7.3.1 Deben ser bujes tipo pozo universal (universal bushing well) de 200 A, según la norma IEEE 386 vigente. Los bujes pozo deben estar soldados a la tapa. Un soporte para buje de parqueo debe proveerse por cada buje primario.
- 7.3.2 Solo se deberá suministrar el pozo universal (bushing well) instalado en el tanque del transformador, y no se aceptarán dispositivos del tipo rompecarga integral (integral loadbreak bushing).
- 7.3.3 El pozo universal (bushing well) deberá ser del tipo con orejitas (tabs) para sujetar el gancho soporte (bail).

7.4 Pasamuros de Bajo Voltaje:

- 7.4.1 Deben ser Tipo paleta porcelana o epoxy. Es necesario colocar elementos aislantes, tales como mangas o cobertores de material termo contraíble, el objetivo de mantener en todo momento un secundario de frente muerto. Las terminales serán apernadas por lo que se deberán instalar bridas de sujeción u otros soportes mecánicos fabricados en acero inoxidable antimagnético, o en otro material resistente a la corrosión, con el fin de evitar que el torque generado durante la manipulación y peso de los cables afecte la hermeticidad de la terminal frente a la penetración de agua. Se requieren que las terminales sean apernadas con bridas ya que estas soportan mayor cantiléver.
- 7.4.2 Deberán tener cuatro (4) pasamuros de bajo voltaje y éstos deberán ser del tipo espada, con huecos tipo NEMA como sigue:

TERMINAL TIPO ESPADA CON CUATRO (4) HUECOS-NEMA	
kVA	VOLTAJE
300 - 500	480Y/277

TERMINAL TIPO ESPADA CON OCHO (8) HUECOS-NEMA	
kVA	VOLTAJE
300 - 500	208Y/120
750 1,000	480Y/277



TRANSFORMADOR TIPO
SUMERGIBLE TRIFÁSICO
300 A 1500 kVA

NO.MA.07.03

Fecha:
14/05/2025

Aprobado: AG/SG

Versión: 4.0

Página 7 | 26

TERMINAL TIPO ESPADA CON DOCE (12) HUECOS-NEMA	
kVA	VOLTAJE
750	208Y/120
1,500	480Y/277

7.5 Pasamuro Neutro:

El terminal neutro será bajo lo indicado en el punto 7.2.4 de **IEEE std C57.12.24-2023**.

7.6 Tanque:

- 7.6.1 El tanque del transformador deberá ser de una construcción del tipo tanque sellado, según IEEE C57.12. El tanque será construido con láminas de acero inoxidable austeníticos 316L, especialmente diseñado para ambientes altamente corrosivos.
- 7.6.2 El tanque del transformador deberá tener la suficiente resistencia para soportar una presión estática interna de 7 psig (50 kPa) sin ninguna deformación permanente, y 15 psig (103 kPa) sin ruptura. Y debe cumplir con los otros requisitos establecidos en la norma C57.12.24.
- 7.6.3 El tanque del transformador deberá tener dos facilidades para poder hacer una conexión de puesta a tierra.
- 7.6.4 Deberá tener instalados de fábrica, los siguientes accesorios tipo subestación:
- Válvula de drenaje con facilidad para muestreo del aceite
 - Facilidad de una conexión superior para filtrado del aceite
 - Indicador del nivel del aceite
 - Termómetro tipo reloj
- 7.6.5 El tanque deberá ser entregado con cuatro (4) orejas con orificios con un diámetro mínimo de 38.10 mm (1 ½") de soporte permanente, en cada una de las cuatro esquinas del transformador, para poder levantar el transformador para su transporte.
- 7.6.6 El ensamblaje interno del conjunto núcleo/bobina, deberá tener las facilidades adecuadas que permitan el poder levantarlo.
- 7.6.7 La base del tanque del transformador debe consistir en dos (2) perfiles paralelos soldados al eje longitudinal del transformador. Los extremos serán redondeados para permitir su deslizamiento. Deberá estar soportada por dos canales, adecuados a las dimensiones del transformador, y también de material de acero inoxidable austeníticos 316L.
- 7.6.8 El tanque debe ser fabricado en acero inoxidable 316L, con espesores no inferiores a los indicados a continuación, conforme a la norma ANSI C57.12.24:

TANQUE DEL TRANSFORMADOR	ESPESOR mm (in)
Paredes del tanque	6.4 (0.25)
Radiadores	6.4 (0.25)
Tapa del tanque	9.7 (0.38)
Base o fondo del tanque	9.7 (0.38)

ESPESOR MINIMO MATERIAL

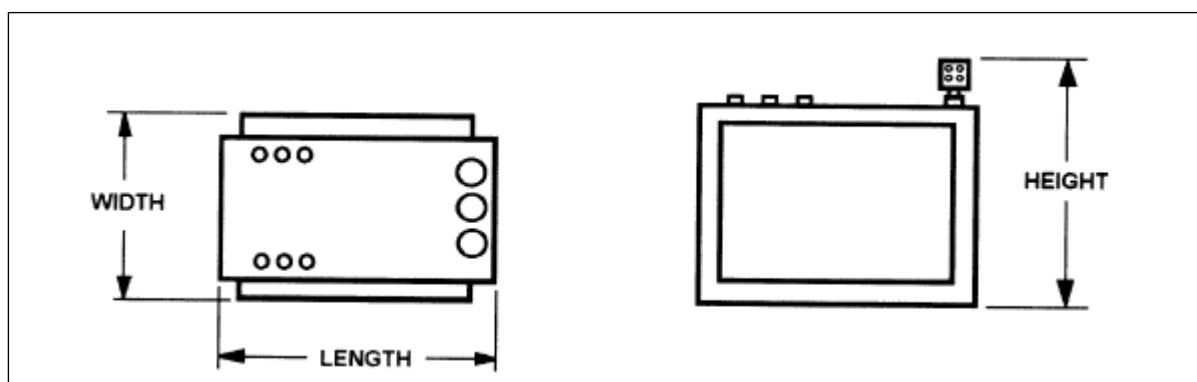
7.6.9 La pintura exterior del tanque será de color verde o negro, resistente a la inmersión prolongada en agua y a otros agentes deteriorantes, y deberá cumplir con las siguientes propiedades:

- Resistencia a la niebla salina según ASTM B-117
- Resistencia a cabina de humedad según ASTM D-2247
- Resistencia a impacto según ASTM D-2794
- Adhesión (%Retención) según ASTM D-4541
- Resistencia a la abrasión según ASTM D-4060

7.6.10 Se le deberá pintar con letras de tres (3) pulgadas de alto y dos (2) pulgadas de ancho, color amarillo, en la parte superior del tanque, la siguiente información:

- ENSA
- kVA Nominal
- NO-PCB

7.6.11 El tanque del transformador debe cumplir con las siguientes dimensiones mínimas, según ANSI C57.12.24



kVA	ANCHO m (pulg.)	LONGITUD m (pulg.)	ALTURA m (pulg.)
300	1.07 (42)	1.68 (66)	1.70 (67)
500	1.12 (44)	1.83 (72)	1.70 (67)
750	1.17 (46)	2.03 (80)	2.08 (82)
1000	1.32 (52)	2.18 (86)	2.11 (83)
1500	1.55 (61)	2.31 (91)	2.46 (97)

DIBUJO Y DIMENSIONES TRANSFORMADOR RECTANGULAR

7.6.12 La placa deberá ser de acero inoxidable y tener las letras gravadas con una técnica que impida su deterioro durante la vida útil del transformador. Se deberá utilizar tipos de caracteres (letras y números) legibles y uniformes; no se permitirá que los caracteres sean gravados a mano. La información de datos de placa debe incluir, pero no limitarse a la siguiente, son:

- Número de serie
- Clase
- Número de fases
- Frecuencia

- Voltaje nominal
- kVA nominal
- Temperatura ambiente
- Aumento de temperatura, grados Celsius
- Polaridad
- Impedancia en porcentaje
- Peso total aproximado
- Diagrama de conexión
- Nombre del fabricante
- País del fabricante
- Fecha de fabricación
- Volumen del aceite aislante en litros
- Referencia al instructivo de operación y mantenimiento
- Material del conductor, para cada embobinado
- Código de barras
- Fabricante y número de catálogo de los fusibles de protección

7.6.13 Todos los dispositivos y accesorios estarán colocados en la parte superior del transformador, con excepción de la válvula de muestreo del líquido aislante.

7.7 Otros Materiales:

Todas las válvulas, accesorios, tapones de tubería y bridas de bujes deben tener también propiedades de resistencia a la corrosión similares a la del bronce. El aluminio no es aceptable. Cualquier sellador de roscas utilizado debe ser no conductor y compatible con los materiales con los que pueda estar en contacto.

7.8 Tapa:

La tapa del transformador debe ser soldada.

7.9 Aceite Aislante:

7.9.1 El aceite aislante o dieléctrico deberá ser nuevo, sin contaminación de PCB, no usado y que reúna todos los requisitos de las normas aplicables.

7.9.2 El aceite aislante o dieléctrico utilizado deberá ser aceite mineral Tipo II de acuerdo con la norma ASTM D3487 (última revisión).

7.9.3 Si el aceite aislante posee inhibidores u otro aditivo adicional, se deberá indicar la naturaleza y concentración de este

7.9.4 Manifiestar el nombre común, nombre genérico, las características físicas y químicas, así como la composición y concentraciones de los aditivos que contenga el líquido o aceite aislante o dieléctrico.

El aceite aislante o dieléctrico no debe contener Policloruros de Bifenilos, ni sus derivados como el Pyranol, Inerteen, Chlorextol, Noflamol, Saf-T-Kuhl, ni Polihalogenados u otros compuestos tóxicos.

El aceite aislante o dieléctrico no debe tener efectos negativos, ni tóxicos sobre el medio ambiente, ni sobre la salud de los seres humanos o ser perjudicial para los seres vivos.

El aceite aislante o dieléctrico tendrá como base El Acta de Control de Sustancias Tóxicas (TSCA, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de Norte América.

7.10 Contratuercas:

Todas las conexiones eléctricas, tornillos de montaje de los bushings, requieren de contratuercas. Las contratuercas deberán ser fabricadas de un material que cumpla con los requerimientos de la norma ANSI B18.21.1, última revisión. La tornillería en general debe estar hecha de acero inoxidable austenítico.

7.11 Cambiador de Derivaciones:

El cambiador manual de derivaciones será de operación interna, pero con un dispositivo de accionamiento exterior ubicado sobre la tapa, el cual debe estar protegido mecánicamente contra golpes con una cubierta removible; que haga posible el aumento o disminución del voltaje secundario del transformador en el 5% de su voltaje nominal, con dos (2) derivaciones de 2½ % para aumentar y dos (2) derivaciones de 2½ % para disminuir. Debe mostrar claramente la posición de la derivación cuando se retire la cubierta.

El cambiador de derivaciones deberá ser de construcción hermética, de modo que impida la entrada de líquidos al interior del tanque mientras se encuentre sumergido.

7.12 Características de los Dispositivos de Desconexión:

7.12.1 El transformador deberá tener los dispositivos de desconexión según su esquema de alimentación primario, según se indique en el punto 7.13, para ser operados con una vara de línea caliente. Los dispositivos de desconexión deberán ser del tipo de dos (2) posiciones (abierto/cerrado), dentro del tanque inmerso en aceite, con el operador de accionamiento en el exterior del tanque, situados en la tapa del transformador.

7.12.2 El dispositivo tendrá capacidad continua, y BIL mínimo como sigue:

VOLTAJE (V)	CAPACIDAD (A)	BIL (kV)	Icc (kA)
13,200 delta	200	95	10

CARACTERÍSTICAS DEL DISPOSITIVO DESCONEXIÓN

7.12.3 El dispositivo de desconexión deberá efectuar quinientas (500) operaciones mecánicas como mínimo, sin sufrir ningún tipo de deterioro.

7.12.4 Los dispositivos de desconexión serán del tipo de operación en grupo, rompecarga y con capacidad para desenergizar los transformadores.

7.12.5 Los dispositivos de desconexión deberán ser de construcción hermética, de modo que impida la entrada de líquidos al interior del tanque mientras se encuentre sumergido.

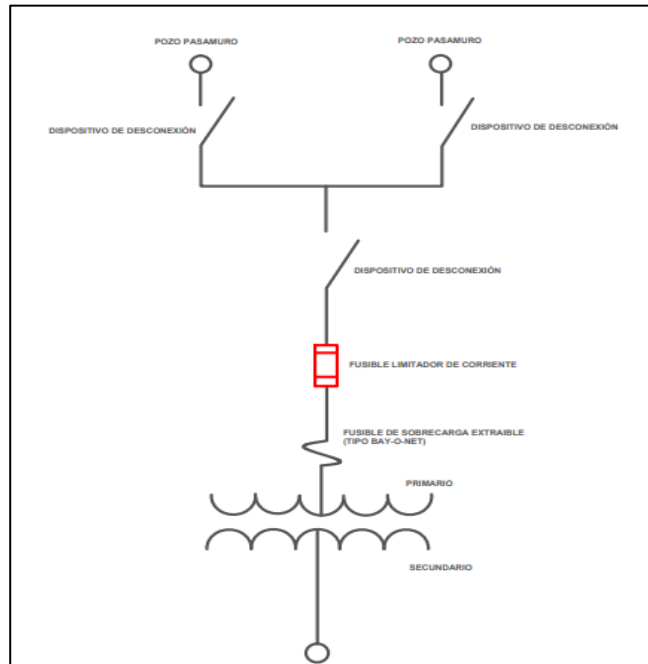
7.12.6 Todas las partes del dispositivo de desconexión externas al tanque deben ser de material resistente a la corrosión distinto de aluminio y plástico.

7.13 Esquemas de Alimentación Primaria y Dispositivos de Desconexión:

Esquema Doble Circuito con Anillo - Transformadores en Serie

Las facilidades para este esquema consistirán de:

- Seis (6) Bushing Wells.
- Tres (3) dispositivos de desconexión, que pueda amarrar los circuitos (2), y tener el transformador conectado o desconectado independientemente.
- Tres (3) o seis (6) portafusibles limitadores de corriente, según el punto 7.14.



DIBUJO N°4, ESQUEMA ALIMENTACIÓN PRIMARIA

7.14 Protección del Transformador

7.14.1 La protección del transformador estará conformada por tres fusibles para sobrecarga del tipo extraíble (Bay-o-Net) en serie con tres fusibles limitadores de corriente. Los portafusibles de bayoneta deben ser del tipo sumergible, estar ubicados en la tapa del transformador y ser operables con herramientas estándar de línea caliente.

7.14.2 Se suministrará el elemento fusible instalado y montado, con la capacidad recomendada por el fabricante, capacidad interruptiva no menor de 25,000 A, y según la tabla que aparece a continuación.

VOLTAJE (V)	FUSIBLE (kV)	TRANSFORMADOR (kVA)	CANTIDAD DE PORTAFUSIBLES
13,200	15.5	300 a 750	3 (TRES)
		1,000 y 1,500	6 (SEIS)

CANTIDAD DE ELEMENTO FUSIBLE

7.14.3 Los portafusiles deberán ser de construcción hermética, de modo que impida la entrada de líquidos al interior del tanque mientras se encuentre sumergido.

7.15 Válvula de Alivio de Presión:

La válvula debe para aplicación de transformadores sumergibles automática en acero inoxidable, de restablecimiento manual o automático, debe permitir la liberación rápida de presión excesiva causadas por fallas internas o sobrepresión, minimizando el riesgo de explosión o fuga del tanque.

7.16 Indicador de Nivel de Aceite:

Debe estar ubicado en la tapa superior del tanque, y de forma tal que permita ver el nivel correcto del aceite según IEEE C57.12.24 vigente.

8. CARACTERÍSTICAS NOMINALES

8.1 Tipo:

Trifásico, transformador de distribución tipo sumergible

8.2 Enfriamiento:

Clase ONAN (auto enfriado)

8.3 Elevación de Temperatura:

65 °C

8.4 Derivaciones:

- Dos (2) de 2 ½% hacia arriba, más
- Dos (2) de 2 ½% hacia abajo, del voltaje nominal

8.5 Voltaje Nominal:

Primario: 13,200 V delta

Secundario: 208Y/120V-4H Volt
480Y/277V-4H Volt

8.6 Nivel Básico de Impulso (BIL):

VOLTAJE	BIL
• 0-600 volt	30 kV
• 13,200 volt	95 kV

8.7 Frecuencia:

60 Hertz

8.8 Desplazamiento Angular e Identificación de Terminales:

Treinta grados (30°) en adelante del primario con respecto al secundario cuando es: conexión primaria en delta y la secundaria en estrella. Grupo vectorial Dyn1.

Las terminales de alta y baja tensión estarán identificadas interna y externamente mediante láminas resistentes a la corrosión con letras escritas en relieve, o podrán también identificarse en la superficie del tanque con letras en sobre relieve.

8.9 Accesorios como sigue:

- Válvula de drenaje con facilidad para muestreo del aceite
- Facilidad de una conexión superior para filtrado del aceite
- Indicador del nivel del aceite
- Termómetro tipo reloj

8.10 Capacidad Nominal a kVA

La capacidad nominal a kVA, es continua y basada en que no se exceda cualquiera de las siguientes condiciones:

- El aumento de temperatura del embobinado promedio por encima de la temperatura ambiente no deberá exceder de 65 °C, cuando sea medida por el método de resistencia.
- El punto más caliente, por aumento de temperatura, del embobinado no deberá exceder de 80 °C sobre la temperatura ambiente.
- El aumento de temperatura del líquido aislante no deberá exceder de 65 °C cuando sea medido cerca de la parte superior del tanque.
- Las capacidades en kVA estarán basadas en las condiciones de servicio usuales de temperatura y altitud indicadas en la norma ANSI C57.12.00.
- Las capacidades nominales en kVA, de los transformadores objeto de esta especificación, son:

CAPACIDAD NOMINAL DEL TRANSFORMADOR		
Voltaje Primario (V)	Voltaje Secundario (V)	Capacidad (kVA)
13,200 V	208Y/120-4H	300 a 750
	480Y/277-4H	300 a 1,500

CAPACIDAD NOMINAL 300; 500; 750; 1,000; 1,500 kVA

9. INSPECCION, PRUEBAS Y/O CERTIFICACIONES

9.1. Inspección:

El proponente deberá informar a **ENSA** por lo menos seis (6) semanas antes de las pruebas programadas de los transformadores, de manera que **ENSA** pueda mandar a sus representantes o personal técnico a verificar las pruebas, si así lo desea.

La presencia de la inspección de **ENSA** en la fábrica, no libera al contratista ni al fabricante de cumplir con todo lo indicado y señalado en esta especificación.

9.2. Pruebas:

Todas las pruebas deberán ser llevadas a cabo según la norma ANSI C57.12.90, última revisión. Las pruebas a ser llevadas a cabo deberán incluir, pero no limitarse a las indicadas.

- 9.2.1 Las siguientes pruebas de rutina deberán ser efectuadas en fábrica, a cada uno de los transformadores:
- Prueba de relación de vueltas
 - Prueba de relación de fase y polaridad
 - Pérdidas sin carga y corriente de excitación, a voltaje y frecuencia nominal
 - Pérdidas con carga e impedancia a voltaje y frecuencia nominal
 - Pruebas de potencial inducido (prueba dieléctrica a baja frecuencia)
 - Prueba dieléctrica del aceite aislante
 - Prueba mecánica de fugas al tanque

- 9.2.2 Las siguientes pruebas de diseño deberán ser entregadas por la fábrica, por cada tipo de transformador:
- Medición de la resistencia en todos los embobinados
 - Prueba de aumento de temperatura
 - Prueba del nivel audible de ruido
 - Prueba mecánica de presión al tanque
 - Prueba de cortocircuito

9.2.3. Muestreo del Aceite Aislante o Dieléctrico
 Antes de que los transformadores salgan de la fábrica, se debe entregar A **ENSA**, un análisis previo del lote. No está permitidos transformadores cuyo fluido de aislamiento sea PCB o que tenga concentraciones tóxicas de PCB mayores de 5 ppm según se indica en la resolución no. 0169 de 21 de febrero de 2011
 El muestreo del lote debe ser en relación de 1 a 20, es decir, de cada 20 transformadores o menos, se analizará uno. En este análisis, se indica: marca y número de serie del transformador analizado, las características físicas y químicas del aceite, los tóxicos presentes (si los tiene, con sus concentraciones en ppm).

9.3. Certificaciones:
 El Contratista o Proveedor deberá suministrar a **ENSA**, en un término de 15 días calendario después de realizadas las pruebas, una copia original de las certificaciones de todos los datos y resultados de las pruebas, y reporte que incluya todas las unidades fabricadas para **ENSA**.

Los transformadores no deben ser embarcados hasta que **ENSA** haya recibido todos los datos y resultados de las pruebas realizadas a los mismos, y **ENSA** se reserva el derecho a rechazar las unidades cuyos datos de prueba no cumplan con lo indicado en esta especificación.

10. PLANOS DE TALLER E INSTRUCTIVOS

El Contratista deberá suministrar a ENSA, los planos de taller de cada tipo de transformador que indique esta especificación.

Los planos de taller deberán mostrar el detalle de todos y cada uno de los elementos integrantes de los transformadores. Las dimensiones pertinentes, los datos característicos, las características



TRANSFORMADOR TIPO
 SUMERGIBLE TRIFÁSICO
 300 A 1500 kVA

NO.MA.07.03

Fecha:
 14/05/2025

Aprobado: AG/SG

Versión: 4.0

Página 15 | 26

del líquido aislante deberán ser indicadas. Cualquier variación en las dimensiones debido a las tolerancias de fabricación se debe indicar.

En adición a los planos de taller, se deberán suministrar seis (6) copias de lo siguiente:

- Las instrucciones y detalles para la instalación y el mantenimiento de los transformadores.
- El manual descriptivo y el manual de operación y mantenimiento de los transformadores

11. MANEJO, EMBALAJE Y TRANSPORTE

11.1. Manejo:

Los transformadores a ser suministrados de acuerdo a la presente especificación deberán ser manejados y empacados de acuerdo con la práctica comercial normalmente aceptada, de manera que las unidades no sufran ningún tipo de golpe o deterioro durante el manejo.

Los transformadores deberán ser embarcados completamente con todos los accesorios para su inmediata y normal instalación, garantizándose una entrega satisfactoria.

11.2. Embalaje:

11.2.1. Los transformadores serán adecuadamente embalados en cajas nuevas y resistentes de madera, no retornables, cada una de las cuales contendrá un solo tipo de transformador.

11.2.2. Las cajas deberán ser adecuadamente reforzadas para transporte terrestre y marítimo, y para resistir su almacenamiento a la intemperie en una zona tropical con alta temperatura, alta humedad y frecuentes lluvias.

11.2.3. El embalaje deberá ser del tipo para exportación.

11.2.4. La madera usada para la fabricación de los embalajes de envío, deberán ser nuevas, bien tratadas, sanas y libres de nudos y decaimiento.

11.2.5. Los embalajes deberán estar provistos de una base tipo "skid base". Los transformadores deberán ser asegurados a la base del embalaje, ya sea mediante cintas metálicas, pernos o ataduras, durante el envío y manejo de este.

11.2.6. El embalaje deberá ser lo suficientemente fuerte para prevenir daños por manejo.

11.3. Transporte:

Los transformadores deben ser transportados cumpliendo con las disposiciones legales existentes en la República de Panamá en materia de movimiento de carga, y de acuerdo con los procedimientos y prácticas comerciales normalmente aceptadas y establecidas para que las unidades no sufran ningún tipo de daño, golpe, deterioro y fuga o escape del líquido aislante o dieléctrico durante el transporte de los mismos hasta el sitio de entrega indicado por **ENSA**.

Si por alguna razón, durante la operación de Manejo, Embalaje, Transporte y Almacenamiento, y antes de ser recibido conforme por **ENSA**, se produjera un percance o accidente, como rotura del transformador u otro daño, y tenga como consecuencia un derrame o fuga del líquido aislante o aceite aislante o dieléctrico, o dispersión del material o componente del equipo, el Contratista o Proveedor es el responsable por la operación de remoción, recuperación, limpieza, descontaminación, embalaje, transporte y disposición final del líquido, materiales y equipos utilizados en las operaciones antes mencionadas y costeará los gastos en que se incurra. Además, cumplirá con las disposiciones legales establecidas en la República de Panamá en materia de Preservación y Conservación del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Así también la Preservación y Bienestar de la Salud Humana; incluida en la Legislación Internacional referente a los Tratados, Acuerdos y Convenios del que la República de Panamá es signataria.

11.4. Señalización:

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

- Nombre del fabricante y lugar de fabricación
- Número de catálogo del transformador
- Capacidad en kVA y voltaje nominal
- Peso bruto y neto de cada caja
- Destinatario y país de destino:
CONTRATISTA/ENSA /REPUBLICA DE PANAMA
- Número de Contrato u Orden de Compra
- Tipo o clase del líquido aislante o dieléctrico
- Volumen del líquido aislante en litros

12. REPUESTOS

12.1. Literatura:

El contratista deberá incluir con su propuesta, una copia del catálogo y de la lista de precios para "Partes de Repuestos para Transformadores de Distribución Tipo Subterráneo trifásico", el cual debe incluir la descripción de las piezas, número de catálogo y precio unitario respectivo.

12.2. Elementos Fusible:

El contratista deberá suministrar, un (1) elemento fusible de repuesto, por cada elemento fusible que venga instalado en los transformadores, con las mismas características.

13. TABLA DE INFORMACION PARTICULAR

13.1. Información requerida con la propuesta:

El proponente deberá suministrar la siguiente información garantizada de fábrica con su propuesta:

- Tabla No. 1 - Datos Técnicos del Transformador (ver sección 15)
- Tabla No. 2 - Datos Técnicos del Líquido Aislante (ver sección 15)

13.2. Evaluación de las Pérdidas con Carga y Sin Carga

13.2.1 Compras para **ENSA**

Los costos de los transformadores de distribución serán evaluados en base a la fórmula indicada a continuación y se usará para cada compra, como complemento a la evaluación técnica:

$$A = B + (F * C) + (E * D) [\$]$$

Dónde:

A = Costo evaluado a valor presente

B = Precio unitario propuesto (\$)

C = Pérdidas sin carga (en kW)

D = Pérdidas con carga (en kW)

E= Coeficiente de Capitalización de la potencia de las pérdidas con carga (\$/KW)

F= Coeficiente de Capitalización de la potencia de las pérdidas en el vacío (\$/KW)

Nota: La fórmula presentada tiene como objetivo cuantificar el valor económico de las pérdidas de energía eléctrica de los transformadores, con el fin de comparar ofertas para las compras.

Se debe calcular E y F para cada compra con las siguientes fórmulas:

$$E = A_1 [(8760 * F_p * CE) + 12 * CP] [\$/KW]$$

$$F = B_1 [(8760 * CE) + 12 * CP] [\$/KW]$$

Dónde:

- A_1 : 4.46
- B_1 : 8.11
- 8760: horas de año (horas del mes por meses del año, 730 horas x 12 meses)
- F_p : Factor de pérdida
- CE: Precio medio de la compra de Energía (\$/KWh - mes)
- CP: Precio medio de la compra de Potencia (\$/KW-mes)

Los valores de CE, CP se tomarán de los valores presentes del mercado eléctrico.

El valor de A_1 representa el coeficiente para las pérdidas con carga, las cuales varían con la carga del transformador e incluyen el efecto de diversidad de las pérdidas con

carga (f_p); para este coeficiente se consideran el crecimiento de la carga del transformador (c) y la tasa de actualización (t).

El valor de B_1 representa el coeficiente para las pérdidas sin carga y se obtiene al utilizar la fórmula para el factor presente de una serie uniforme; para este coeficiente se considera la tasa de actualización (t).

Los valores de A_1 y B_1 fueron obtenidos según las fórmulas y valores siguientes:

$$A_1 = \sum_{k=1}^n \frac{[I_1(1+c)^{k-1}]^2}{(1+t)^k}$$

$$B_1 = \frac{[(1+t)^n - 1]}{[t(1+t)^n]}$$

Donde, n (años) = 20; t (tasa de actualización) = 8.94%; F_p (factor de pérdidas) = 0.3; c (tasa de crecimiento de la carga) = 3%; I_1 (carga inicial) = 0.6

13.2.2 El comprador (ENSA), podrá hacer pruebas independientes de las pérdidas de los transformadores, en cuyo caso estos valores serán usados como pruebas de pérdidas actuales.

13.2.3 En el caso de que los valores de pruebas de pérdidas actuales sean mayores que los valores garantizados de fábrica, el contratista será penalizado (por cada unidad) como se indica en los siguientes puntos de esta especificación técnica.

- Según el valor obtenido para "E" por kW de incremento adicional en pérdidas con carga (load losses).
- Según el valor obtenido para "F" por kW de incremento adicional en pérdidas sin carga (no-load losses).

Las multas indicadas arriba serán sustraídas de cualquier fondo que se le deba al contratista, y el mismo deberá explicar por escrito a nombre del fabricante la razón de esta diferencia, la cual se incorporará al archivo del Proveedor en **ENSA**.

El pago final no podrá ser efectuado hasta que las pruebas sean revisadas y aprobadas por **ENSA**.

13.3. Pérdidas máximas

Las pérdidas en los transformadores de distribución serán evaluadas en base a porcentajes máximos de pérdidas aceptables.

Los porcentajes máximos de pérdidas (watt) aceptables en los transformadores serán de:

- Pérdidas SIN CARGA (NO-LOAD LOSSES): No debe ser mayor a los valores indicados en la siguiente tabla, según la capacidad nominal del transformador en VA.
- Pérdidas CON CARGA (LOAD LOSSES): No debe ser mayor a los valores indicados a continuación, según la capacidad nominal del transformador en VA.

Potencia Nominal del Transformador de Gabinete (kVA)	Pérdida Máxima sin Carga (W)	Pérdida Máxima con Carga (W)
300	450	2892
500	750	4100
750	975	6100
1000	1300	7500
1500	1650	10260

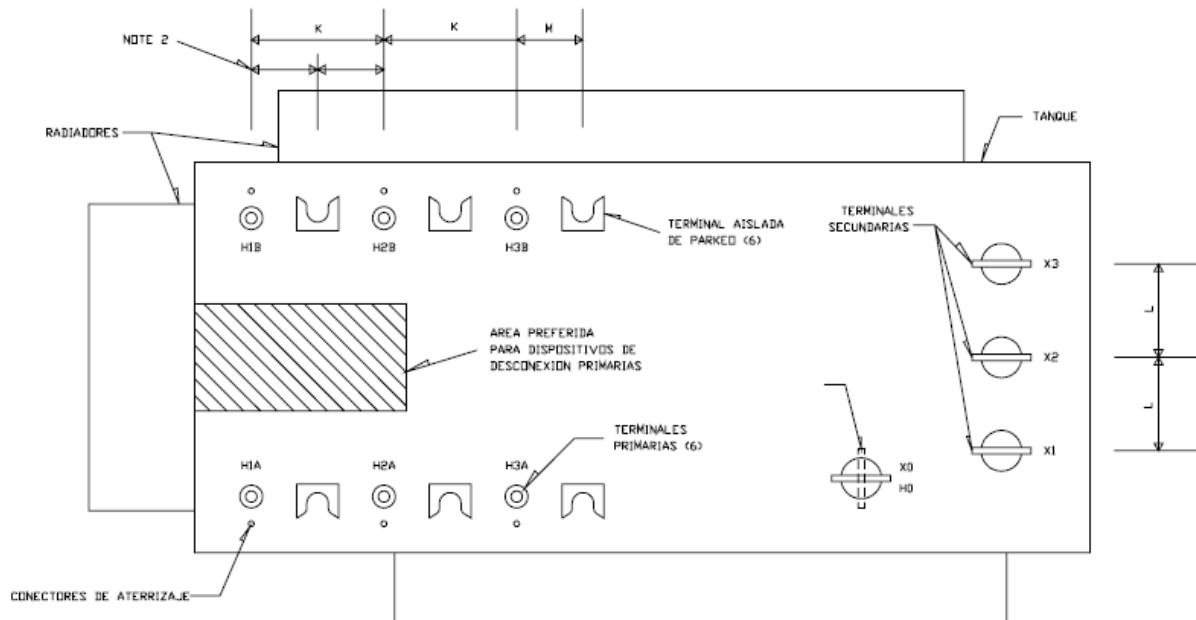
En el caso de que los valores de las pérdidas de los transformadores excedan de los porcentajes máximos establecidos, pero sin exceder del 10% por encima de los porcentajes máximos, el contratista o cliente será penalizado por cada unidad que se exceda de los valores de pérdidas establecidos como sigue:

- Según el valor obtenido para "E" por kW de incremento adicional en pérdidas con carga (load losses).
- Según el valor obtenido para "F" por kW de incremento adicional en pérdidas sin carga (no-load losses).

Las multas indicadas arriba deberán ser canceladas a **ENSA**, antes de la aceptación final de los transformadores.

14. DIBUJOS

A continuación, se muestra un diagrama para referencia. El mismo no muestra todos los accesorios requeridos e indicado en esta especificación técnica:



L: distancia de separación entre los terminales de bajo voltaje

K: distancia de separación entre los terminales de alto voltaje

M: distancia de separación entre los terminales de alto voltaje y los terminales aislados de parqueo

Donde aplican los siguientes valores mínimos:

RANGO kVA	PASAMURO DE BAJO VOLTAJE	SEPARACIÓN AISLAMIENTO CONEXIONES PRIMARIAS (15 kV)	
	L	K	M
300 y más	150 mm (6 pulg)	330 mm (13 pulg)	165 mm (6.5 pulg)

DIMENSIONES DEL TRANSFORMADOR

15. TABLAS DE DATOS TECNICOS

El proponente deberá entregar con su oferta, la Tabla No.1 y No. 2, llena con todos los datos que se solicitan e indican.

Tabla No.1 - Datos Técnicos del Transformador			
No.	Características Exigidas por ENSA	Características Garantizadas por el Fabricante	Datos Indicados por el Fabricante
1	Requisitos Generales		
1.1	Nombre del fabricante del transformador	Indicar	
1.2	País de origen del transformador	Indicar	
1.3	Marca del transformador	Indicar	
1.4	Detalles del embalado para exportación	Indicar	
2	Características Físicas		
2.1	Dibujos mostrando el arreglo general y las dimensiones del transformador	Suministrar	
2.2	Peso total en kg.	Indicar	
2.3	Peso del aceite en kg.	Indicar	
2.4	Material de construcción del tanque o carcasa en acero inoxidable 316L	Indicar	
2.5	Número de huecos del terminal de bajo voltaje, tipo espada, tipo-NEMA	Indicar	
3	Características Eléctricas		
3.1	Capacidad en kVA	Indicar	
3.2	Voltaje bobina de alto voltaje	Indicar	
3.3	Voltaje bobina de bajo voltaje	Indicar	
3.4	Frecuencia en Hertz	Indicar	
3.5	Cantidad de portafusibles secos	Indicar	
3.6	Elevación de temperatura en °C	Indicar	
3.7	Tipo	Indicar	
3.8	Derivaciones (taps) - %	Indicar	
3.9	Nivel Básico de Impulso (BIL): a) Alto voltaje - kV b) Bajo voltaje - kV	Indicar	
3.10	Dispositivo de Desconexión: Voltaje / Capacidad / BIL	Indicar	
3.11	Voltaje (clase) del pasamuro de alto voltaje	Indicar	
3.12	Distancia de fuga - terminal de alto voltaje	Indicar	
3.13	Corriente a plena carga en ampere	Indicar	
3.14	Corriente de excitación a voltaje nominal en ampere.	Indicar	

3.15	Impedancia en porcentaje (%) Resistencia en porcentaje (%) Reactancia en porcentaje (%)	Indicar	
3.16	Porcentaje de Regulación: a) factor de potencia de 1.0 b) factor de potencia de 0.8 (-)	Indicar	
4	Pérdidas en watts:		
4.1	a) pérdidas sin carga (no-load losses)	Indicar	
4.2	b) pérdidas con carga al 100%(load losses)	Indicar	
4.3	a) a 50% de carga	Indicar	
4.4	b) a 75% de carga	Indicar	
5	Eficiencia		
5.1	a) a factor de potencia de 1.0: a.1- a 100% de carga a.2- a 75% de carga a.3- a 50% de carga	Indicar	
5.2	b) a factor de potencia de 0.8 (-): b.1- a 100% de carga b.2- a 75% de carga b.3- a 50% de carga	Indicar	
6	Garantía		
6.1	Garantía	Indicar	

Tabla No.2 - Datos Técnicos del Líquido Aislante

No.	Características Exigidas por ENSA	Características Garantizadas por el Fabricante	Datos Indicados por el Fabricante
1	Requisitos Generales		
1.1	Tipo de Líquido Aislante o Dieléctrico	Indicar	
1.2	Nombre Comercial del Líquido Aislante o Dieléctrico	Indicar	
1.3	Nombre del Fabricante del Líquido Aislante o Dieléctrico	Indicar	
1.4	Año de Producción del Líquido Aislante o Dieléctrico	Indicar	
1.5	País de Fabricación o Producción del Líquido Aislante o Dieléctrico	Indicar	
1.6	País de Origen del Líquido Aislante o Dieléctrico	Indicar	
1.7	Hoja de Datos de las características fisicoquímicas de los aditivos que contenga el líquido aislante dieléctrico	Indicar	
1.8	Concentración de los elementos y compuestos del Líquido Aislante o Dieléctrico y sus aditivos	Indicar	
1.9	Institución que ha realizado las pruebas y los análisis fisicoquímicos del Líquido Aislante	Indicar	
1.10	Listado del Volumen del Líquido Aislante en litros, para los diferentes tamaños y voltajes de los transformadores	Indicar	
1.11	Listado del Peso del Líquido Aislante en kilogramos, para los diferentes tamaños y voltajes de los transformadores	Indicar	
1.12	Temperatura de Ebullición del Líquido Aislante o Dieléctrico en grados Centígrados	Indicar	
1.13	Temperatura de Congelación del Líquido Aislante o Dieléctrico en grados Centígrados	Indicar	
2	Entregables		
2.1	Hoja de Datos de las características fisicoquímicas del líquido aislante dieléctrico	SI() NO()	
2.2	La hoja de datos del punto 2.1 deberá contener como mínimo la siguiente información: - Reacción - Neutralización (mg. KOH por gr. de aceite) (ASTM D-974) - Cloruros o sulfatos inorgánicos (ASTM D-878) - Sulfuros corrosivos libres o combinados (ASTM D-1275) - Punto de ignición (ASTM D-92) - Punto de combustión		

2.2	<ul style="list-style-type: none"> (ASTM D-92) - Desmulsificación (ASTM D-1935) - Punto de flujo (Pour) (ASTM D-97) - Viscosidad <ul style="list-style-type: none"> 100 °C 40 °C 0 °C (ASTM D-445) - Contenido de humedad (ASTM D-1533) - Gravedad específica a 15.5 °C (ASTM D-1298) - Tensión interfacial (ASTM D-971) - Factor de potencia 60 Hz 25 °C (ASTM D-924) - Factor de potencia 60 Hz 100 °C (ASTM D-924) - Rigidez dieléctrica (ASTM D-877) - Rigidez dieléctrica separación 0.04 pulgadas (ASTM D-1816) - Constante dieléctrica - Número de precipitación - Calor específico - Coeficiente de expansión a <ul style="list-style-type: none"> 0 °C 100 °C - Peso por litro - Color (ASTM D-1500) - Vida de oxidación (ASTM D-1500) - Punto de anilina (ASTM D-611) - Impulso, aguja negativa (ASTM D-3300) - Listado de aditivos que contiene 		
-----	---	--	--

16. CONTROL DE CAMBIOS

CONTROL DE CAMBIOS		
Fecha	Versión de Norma	Cambios Realizados
14/05/2025	4.0	<ul style="list-style-type: none"> Se modifica la especificación para reforzar su robustez y alinearla con los requisitos de transformadores sumergibles que operen continuamente sumergido en agua y/o sustancias corrosivas. El esquema de alimentación primaria se modifica conforme a lo establecido en el punto 7.3.4.3.c de la norma IEEE Std C57.12.24-2023.