



Impulsando soluciones confiables



Manual de recepción, instalación y mantenimiento de transformadores sumergidos en líquido aislante, Tipo Sumergible.



# Manual de recepción, instalación y mantenimiento de transformadores sumergidos en líquido aislante, Tipo Sumergible.

## ÍNDICE

Introducción .....	3
1. Embarque .....	3
2. Inspección en recepción .....	3
3. Maniobras .....	3
3.1 Transformador .....	3
3.2 Izaje con esligas .....	4
4. Inspección interna del transformador .....	4
5. Almacenamiento .....	4
6. Localización .....	4
7. Preparación para servicio .....	5
7.1 Ruido .....	5
7.2 Conexiones eléctricas .....	5
7.3 Tierra .....	5
7.4 Instalación y conexión de baja tensión .....	5
7.5 Instalación y conexión de alta tensión .....	6
8. Puesta en servicio .....	7
8.1 Guía de accesorios .....	7
8.2 Altitud .....	11
8.3 Temperatura ambiente .....	11
8.4 Variación de tensión .....	11
8.5 Sobrecarga .....	11
8.6 Conexiones .....	12
9. Carga .....	12
10. Normas aplicables .....	13
11. Guía para el mantenimiento de los transformadores .....	14
11.1 Seguridad .....	14
11.2 Registros de inspección .....	15
11.3 Procedimientos de mantenimiento .....	15
12. Soporte técnico .....	19

## INTRODUCCIÓN

Para lograr una larga vida de operación de los transformadores es recomendable que se utilicen de acuerdo a la norma de sobrecargas (ver sección 9 de este manual), que su tensión de alimentación esté dentro de los límites especificados, que tengan un nivel normal de aceite y apearse a las instrucciones de operación y mantenimiento y servicio establecidas en este manual.

Debido a que el transformador maneja tensiones que pueden ser potencialmente peligrosas se destacan con una nota de PRECAUCIÓN las actividades que requieren especial cuidado, tal como la siguiente:

PRECAUCIÓN
Leer cuidadosamente este manual de instrucciones antes de instalar, dar mantenimiento, operar o dar servicio al transformador.
Por otro lado, es importante mantener este manual de instrucciones disponible para los responsables de la instalación, mantenimiento, operación y servicio del transformador.
El transformador debe ser operado y mantenido únicamente por el personal competente, familiarizado con buenos métodos de seguridad.

## 1. EMBARQUE

Los transformadores de Prolec GE son embarcados herméticamente sellados.

## 2. INSPECCIÓN EN RECEPCIÓN

Todos los transformadores PROLEC-GE son revisados y probados en fábrica de acuerdo a las normas nacionales. Aún así, por condiciones de transporte, sugerimos revisar algunos puntos importantes.

La calidad de los transformadores es verificada así mismo durante el transporte para entregar un producto en condiciones aptas para su puesta en servicio. Aún así, se recomienda una verificación de algunos puntos importantes por parte del usuario.

Cuando se recibe un embarque de transformadores, recomendamos que cada uno de éstos se examine cuidadosamente antes de ser desembarcado del transporte. Los transformadores viajan asegurados, por lo que es recomendable revisarlos antes de descargar, para así hacer válido el seguro en caso de que existiese algún daño. Si es evidente cualquier daño o indicación de maniobra brusca, o la falta visible de un accesorio, se deberá hacer una descripción del daño y redactarlo en el mismo documento del flete. Se presentará inmediatamente una reclamación por inconformidad al transportista y se notificará a Prolec GE, dando los datos completos de la placa de características y los detalles específicos del daño y, de ser posible, fotografías de éstos antes de que el equipo sea descargado.

## 3. MANIOBRAS

### 3.1 Transformador

El transformador siempre debe ser izado o maniobrado de las dos orejas en posición vertical a menos que se indique que puede ser manejado de otra forma. Cuando el transformador no puede ser maniobrado por una grúa, puede deslizarse o moverse sobre rodillos, (mínimo 3 bajo la base y 1 para desplazarlo según lo requiera el movimiento, de acuerdo a la Figura 1) dentro del lugar, dependiendo de la compatibilidad del diseño de la base y el tipo de superficie sobre la cual va a ser maniobrado. Durante las maniobras, debe tenerse especial cuidado de prevenir las volcaduras.

Cuando el transformador es ubicado en su lugar, deben retirarse los huacales de madera y las tarimas de embarque.



Figura 1

### 3.2 Izaje con eslingas

Las orejas de izaje están diseñadas para permitir el izaje con un ángulo máximo de 20° entre la eslinga y la vertical. Para izajes con ángulos mayores de 30° respecto a la vertical, debe usarse una barra extensión para el levantamiento vertical, entre las eslingas como se muestra en la Figura 2.

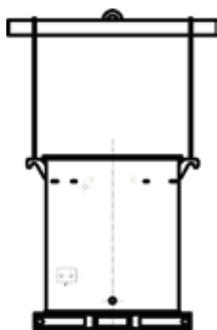


Figura 2

#### PRECAUCIÓN

Las orejas de izaje de la tapa deben ser usadas solamente para levantar el conjunto parte viva-tapa de forma individual. NUNCA se deberá usar las orejas de la tapa para izar el transformador completo.

El izaje deberá ser de las dos orejas del tanque para evitar daños al transformador.

No se debe levantar el transformador con gastos apoyándose en las válvulas de drenaje.

## 4. INSPECCIÓN INTERNA DEL TRANSFORMADOR

Sólo se deberá realizar en presencia de un representante de Prolec GE o con autorización por escrito.

## 5. ALMACENAMIENTO

Si la puesta en operación del transformador no es en forma inmediata, es aconsejable ubicarlo en un lugar seguro. Se recomienda cuidar los siguientes puntos durante su almacenamiento:

- Revisar el acabado y aplicar pintura en las superficies dañadas, preparando dicha superficie con lija.
- Evitar que se encuentre en presencia de vapores o gases, como el cloro y azufre. Cuando el transformador es entregado con refacciones de repuesto y éstas son almacenadas por un largo período de tiempo, deberán estar en un lugar limpio y seco.

## 6. LOCALIZACIÓN

Accesibilidad, ventilación y facilidad de acceso para inspeccionar, son las condiciones que el entorno en el que se localizarán los transformadores deben tener.

Los transformadores auto-enfriados dependen enteramente del aire que circula a su alrededor para la disipación de calor. Por esa razón, debe tenerse mucho cuidado en proveer una adecuada ventilación a los mismos.

Para instalaciones en bóvedas de los transformadores sumergibles, estas deberán estar de acuerdo a la norma vigente NOM-SEDE-001 apartado 450-C.

Los transformadores auto-enfriados siempre deberán estar separados uno de otro, de paredes adyacentes, de divisiones, etc. de manera que se permita la libre circulación del aire entre los tanques, esta separación deberá ser de 0.75 metros, como mínimo.

## 7. PREPARACIÓN PARA SERVICIO

### 7.1 Ruido

Los transformadores hacen ruido cuando están energizados; esto es debido a las vibraciones mecánicas generadas por la magnetostricción del acero del Núcleo, lo que ocasiona el zumbido característico en los transformadores en operación. Sin embargo, el nivel de ruido no debe alcanzar niveles tales que causen molestias a quienes permanezcan temporalmente cerca del transformador.

### 7.2 Conexiones eléctricas

#### 7.2.1 Terminales de alta y baja tensión

Las puntas deben ser lo suficientemente largas para permitir su expansión y contracción.

Es importante verificar que las conexiones queden bien apretadas para evitar que se generen puntos calientes, o que por efectos de las vibraciones propias del transformador las terminales puedan desconectarse del mismo con repercusiones peligrosas. Por otro lado se deberá cuidar que el peso y alineación de los cables no estrese la boquilla. De no ser así puede quebrarse o fugar.

#### PRECAUCIÓN

No hacer conexiones que no estén autorizadas por el fabricante o indicadas en la placa de características.

### 7.3 Tierra

El transformador debe estar conectado permanentemente a tierra para evitar la inducción de tensiones peligrosas.

Aterrizar permanentemente el transformador mediante la placa de conexión a tierra, mostrada en el dibujo de DIMENSIONES GENERALES.

El sistema de tierra debe estar acorde a las regulaciones particulares del área donde se instale el transformador.

### 7.4 Instalación y conexión de baja tensión

El transformador tipo sumergible tiene la posibilidad de operar en condiciones de inundación temporal y está preparado para ello, ya que durante su operación normal estará instalado en una bóveda subterránea. Por esto, está provisto con conectores aislados herméticos tipo muelle, removibles y roscados a las boquillas de baja tensión que permiten su operación continua estando completamente sumergidos en agua.

Estos conectores requieren un tratamiento adicional al momento de ser instalados en campo, de tal forma que se asegure que no quedará expuesta ninguna parte energizada al momento de la inundación. Para ello será necesario atender lo siguiente:

1. Sellar la unión de conector-boquilla con manga termocontráctil como se muestra en la figura 3.
2. Sellar las uniones con manga termocontráctil con el conductor de baja tensión con el conector tipo muelle como se muestra en la Figura 4.



Figura 3. Unión de conector muelleboquilla de baja tensión.



Figura 4. Unión de cable de baja tensión conector muelle.

### 7.5 Instalación y conexión de alta tensión

El transformador esta provisto con boquillas tipo pozo según la especificación CFE 58100-07 tipo 1 y estándar ANSI/IEEE-386 instalados en la tapa del transformador en posición vertical.

La conexión de los transformadores debe realizarse conforme a las “NORMAS DE DISTRIBUCIÓN CONSTRUCCIÓN LÍNEAS SUBTERRÁNEAS CONSTRUCCIÓN MEDIA TENSIÓN, CFE-MT-OE” de acuerdo a lo siguiente:

1. Conectar boquilla tipo inserto a la boquilla tipo pozo girando en el sentido de las manecillas del reloj hasta que ajuste perfectamente, vigilar que el torque se encuentre entre N por m (74.4 kg por m) y 875 N por m(89.28 kg por m).
2. Instalar el conector tipo codo en la boquilla tipo inserto presionándolo hacia la boquilla hasta escuchar un chasquido.



Figura 5. Boquilla tipo pozo.



Figura 6. Boquilla tipo inserto.



Figura 7. Conector tipo codo.

Limpiar muy bien y lubricar con grasa silicón las boquillas tipo pozo y boquillas tipo inserto, se podrá instalar con el torquímetro adecuado. De no contar con este se podrá atornillar con las manos teniendo cuidado de que entre derecho. Si entrara trasroscado no se debe forzar, es necesario sacarlo y volverlo a introducir hasta que embone perfectamente, evitando con ello que se dañen las cuerdas de la rosca.

Antes de conectar el codo de 200 A por primera vez, estando el transformador y el cable desenergizados, debe limpiar y lubricar tanto la boquilla inserto como el interior del codo, y conectarlos verificando que el codo avance totalmente en el inserto.

La puesta a tierra de los accesorios premoldeados, así como el adaptador de tierras se hará con THW calibre 10, contactando con la superficie longitudinal para permitir que el codo sea conectado y desconectado con plena libertad.

Deben de conectarse los codos del lado fuente en las terminales HA y los codos lado carga a las terminales HB, para facilitar la identificación durante la operación, independientemente de la placa de identificación.

## 8. PUESTA EN SERVICIO

Antes de aplicar tensión al transformador, se debe verificar los siguientes puntos:

Si el transformador ha estado almacenado más de 6 meses se recomienda efectuar pruebas de campo.

- Probar la resistencia de aislamiento de cada devanado a tierra y entre devanados.
- Probar factor de potencia de cada devanado a tierra y entre devanados.
- Probar relación para las tres fases en todas las posiciones del cambiador de derivaciones en el caso de unidades trifásicas o una sola fase en las unidades monofásicas.

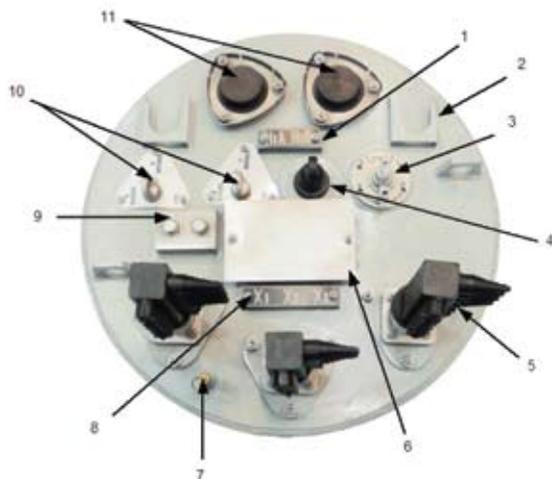
Asegurar el cumplimiento de los siguientes puntos:

- La terminal del neutro (X2) debe de estar propiamente conectada a tierra, a menos de que se requiera desconectado de tierra el sistema de operación.
- El tanque debe de estar sólidamente aterrizado.
- Verificar que el cambiador de derivaciones esté en la posición correcta para proporcionar la relación de tensión deseada.
- Todas las herramientas u objetos extraños deben de ser removidos del transformador.
- El área debe de estar despejada de personal.
- Verificar que no existan uniones sin apretar.
- Verificar que no existan fugas de aceite ó manchas.
- Comprobar que el nivel de aceite sea el correcto, verificándolo a través del cople lateral del nivel.
- Efectuar una limpieza general y especialmente de la porcelana de las boquillas (ver capítulo de mantenimiento).
- Verificar la integridad física de:
  - Boquillas
  - Puente de tierra X2
  - Válvulas
  - Cambiador de derivaciones
  - Seccionador
  - Portafusibles

Las condiciones de servicio para las cuales el transformador fue diseñado están establecidos en la placa de características.

### 8.1 Guía de accesorios

El conocimiento de los accesorios y su modo de operarlos, redundará en una larga vida del Transformador, una mayor seguridad para los operarios y un mejor servicio a los usuarios.



1. Identificador de boquillas de A.T.
2. Soporte para codos
3. Cambiador de derivaciones
4. Portafusible tipo bayoneta
5. Boquilla de BT con conector tipo muelle
6. Placa de características
7. Válvula de sobrepresión
8. Identificación de boquillas de B.T.
9. Placa de tierra
10. Seccionadores
11. Boquillas de A.T.

Figura 1

### 8.1.1 Seccionadores

La mayoría de los transformadores Monofásicos de Distribución Subterránea, cuentan con seccionalización integrada. Por su función hay dos tipos de seccionadores:

1. Seccionador Radial, que conecta o desconecta el Transformador sin interrumpir la continuidad del anillo. Por el tipo de operación este seccionador es de dos posiciones: abierto y cerrado (Ver Figura 2).
2. Seccionador en Anillo, que permite conectar y desconectar cada una de las ramas del anillo. Este dispositivo se puede componer de dos seccionadores de dos posiciones cada uno, con manijas independientes (Ver Figura 3).

Los seccionadores son interruptores de operación con carga. Para operar los seccionadores, se coloca la pértiga tipo escopeta en la argolla de seccionador y se da vuelta a la posición deseada, sin olvidar que en caso de seccionadores de cuatro posiciones, el giro se debe hacer en sentido contrario de las manecillas del reloj.



Figura 2.



Figura 3. Arreglo de seccionadores de 2 posiciones para conexión anillo.

### 8.1.2. Fusible de expulsión

En la mayoría de los aparatos, el dispositivo donde se coloca el fusible de expulsión, es llamado bayoneta (Ver Figura 5), y es accesible desde el exterior del tanque. Este dispositivo actúa en casos de fallas en el lado del secundario o por sobrecargas mayores a las admisibles por la norma NOM-J409 y ANSI C-57.91. Para reemplazar el fusible (ver Figura 6) desde el exterior, se debe de proceder de la siguiente manera:

1. Des-energizar el transformador y probar que no existe tensión en las boquillas de Baja Tensión.
2. Accionar la válvula de sobre presión jalando la argolla, para eliminar la presión interna.
3. Colocar la pértiga tipo escopeta en la argolla de la bayoneta y engancharla.
4. Quitar el seguro y girar la argolla 90° en el sentido de las manecillas del reloj. Así no funciona este portafusible. Ver esta liga. [http://www.cooperpower.com/library/pdf/S\\_240403.pdf](http://www.cooperpower.com/library/pdf/S_240403.pdf)
5. Sacar la bayoneta lentamente, solo 0.10 ó 0.15 metros, dejándola en esta posición por espacio de 1 minuto para que escurra el aceite.
6. Sacar totalmente la bayoneta y recibir el extremo para evitar que escurra el aceite.
7. Desenroscar el cartucho porta-fusible del extremo y extraer el elemento fusible.
8. Colocar el repuesto del elemento, verificando que este coincida con el número de catálogo que se indica en la placa de características.
9. Armar el cartucho porta-fusible y colocar la bayoneta en su lugar.
10. Asegurar la bayoneta invirtiendo el proceso para retirarla (puntos 3 y 4).

**Nota: Revisar las instrucciones del fabricante del fusible que se este utilizando.**



Figura 5



Figura 6

### 8.1.3 Fusible limitador de corriente

A) Fusible limitador de Corriente de Rango Parcial (FLCRP).

Este tipo de fusibles operan por fallas internas del transformador. Se encuentran colocados en el interior del tanque, por lo que el diagnóstico, reparación del aparato y la reposición de los fusibles, deberá llevarse a cabo en un taller especializado.

### 8.1.4 Fusibles de aislamiento

En algunos Transformadores es un fusible que no tiene capacidad interruptiva, el cual siempre va en serie con un fusible de expulsión, diseñado para proteger al operador que reenergice un transformador que tenga una falla cuya corriente sea mayor que la capacidad interruptiva del fusible limitador de corriente.

Cuando este fusible opera, es indicativo que el transformador tiene una falla interna (principalmente en los devanados) y requiere ser separado en un taller especializado.

### 8.1.5 Interruptor térmico o termomagnético

Los interruptores térmicos y termo-magnéticos, son los elementos de protección opcionales en los aparatos tipo sumergible.

Estos tipos de elementos sirven para proteger al Transformador de fallas en el lado de Baja Tensión contra las corrientes de corto circuito y sobre-elevación de temperatura del aceite provocada por sobrecarga.

Los interruptores operan desde el exterior por medio de la manija de operación, (ver Figura 7) y se accionan con una pértiga tipo escopeta.

El interruptor termo magnético tiene en su lado derecho (como se ve en la Figura 7) una etiqueta para identificar cuando está cerrado, abierto o en reset.

Figura 7

La manija de operación tiene tres posiciones, que son:

- OPEN (Abierto).
- RESET (Restablecer).
- CLOSE (Cerrado).

Para abrir el interruptor, coloca la palanca en la posición "OPEN".

Para cerrar el interruptor cuando éste opere por sobrecarga, se deberá llevar la manija del cambiador a la posición "OPEN" (Se debe llevar "hasta" la posición de RESET) y luego a la posición "CLOSE".

La palanca de control de emergencia puede utilizarse para recalibrar la temperatura de operación del interruptor. Esto provocará un incremento en la pérdida de la vida del transformador, pero provee la restauración del servicio inmediato cuando exista una sobrecarga no mayor de 10%.

### 8.1.6 Cambiador de derivaciones

El cambiador de derivaciones es un dispositivo que nos permite hacer ajustes de los devanados para compensar desviaciones del nominal de tensión de las líneas de transmisión de la energía eléctrica.

La manija de operación del cambiador de derivaciones (ver Figura 8), es para operación con pértiga y la forma de operarlos es como sigue:

Desenergizar el Transformador y probar que no existe tensión en las boquillas de Baja Tensión.

Accionar la válvula de sobrepresión jalando la argolla, para eliminar la presión interna.

Colocar la pértiga tipo escopeta enganchándola en la argolla del cambiador.

Colocar la manija en la posición deseada. Para incrementar la tensión de Baja se requiere girarla en sentido de las manecillas del reloj.

Energizar el Transformador.

Tomar la lectura de la Tensión del Secundario para verificar si el valor es el deseado. Se debe poner lo más cercano al valor nominal medido sin carga en las terminales del transformador. Si lo sobre excitan se puede generar calentamiento y un incremento en el nivel de sonido audible.



Figura 8

#### PELIGRO

Desconectar el transformador antes de operar el cambiador de derivaciones, en alta y baja tensión.

Verificar que en el perno de la manija del cambiador entra firmemente en su lugar previniendo cualquier desplazamiento indeseado.

### 8.1.7 Válvula de alivio o sobrepresión

Este elemento sirve para relevar la presión interna del transformador cuando ésta sobrepasa los límites. Sin embargo, no opera en casos de una sobre-presión súbita.

### 8.1.8 Accesorios de drenaje y muestreo

En la parte superior del lado de Baja Tensión, se encuentra un niple usado para conectar el equipo filtro prensa.

La función de filtrado se complementa, con una válvula globo para la conexión inferior de filtrado, y al final de ésta se encuentra la válvula de muestreo, debiendo estar localizadas en la parte inferior del tanque del lado baja tensión.

### 8.1.9 Placas para conexión a tierra

Son piezas metálicas soldadas al tanque para hacer la conexión a tierra física, deben estar libres de pintura y grasa para evitar falsos contactos y deben conectados permanentemente al sistema de tierras.

### 8.1.10 Torque en la tornillería

Cuando se da mantenimiento a un Transformador, el torque en la tornillería (que su función es la de comprimir un empaque o sello, debe de ser el recomendado en este manual, para evitar deterioro, desbordamiento o destrucción del empaque. En el transformador se incluye una placa grabada con los torques específicos para cada accesorio.

TORNILLERIA	TORQUE RECOMENDADO (Kg-m)(lb-pie)	
Bridas de Boquillas de A.T.	0.92-1.44	6.65-10.41
Bridas de Boquillas de B.T.	2.53-3.45	18.30-24.95
Sujección de Cambiador de Derivaciones.	0.92-1.44	6.65-10.41
Sujección del Portafusible	2.13-2.53	15.40-18.30
Sujección del Seccionador	12.42-15.18	89.92-109.78

## 8.2 Altitud

Para poder disponer del total de potencia del transformador es muy importante que éste sea instalado en un lugar cuya altura sobre el nivel del mar no exceda el valor para el que fue diseñado el transformador (mostrado en la placa de características).

Para altitudes mayores al dato de placa, la eficiencia de enfriamiento del transformador (y por tanto la potencia eléctrica disponible para operar sin un sobrecalentamiento peligroso).

Por otro lado, la menor densidad del aire disminuye la capacidad del mismo para aislar dieléctricamente las partes externas energizadas, lo cual puede provocar un arqueo entre boquillas, o entre alguna boquilla y tierra.

## 8.3 Temperatura ambiente

No se deberán exceder los límites especificados por los estándares bajo los cuales se fabricó el transformador (normalmente  $-5^{\circ}\text{C}$  a  $40^{\circ}\text{C}$ ).

Cuando un aparato diseñado para condiciones normales de servicio es operado a una temperatura ambiente mayor del límite especificado, la capacidad nominal del transformador deberá ser reducida en los porcentajes dados en la siguiente tabla, por cada grado centígrado que la temperatura ambiente sea mayor que el límite especificado por el estándar.

Según la Guía de carga ANSI:

TIPO DE TRANSFORMADOR	% DE REDUCCION KVA/GRADO CENTIGRADO
Sumergido en aceite autoenfriados ONAN	1,5

## 8.4 Variación de tensión

El transformador puede ser operado, de una manera continua a capacidad nominal o menor con la tensión del primario un 5% menor a la nominal sin exceder los límites de elevación de temperatura especificados.

## 8.5 Sobrecarga

El transformador puede manejar una carga mayor que la nominal por períodos cortos sin sufrir daños o, continuamente bajo ciertas condiciones. Se recomienda referirse a la Guía para Carga de Transformadores de Potencia Sumergidos en Aceite, Norma ANSI-C57.92 (mencionada en el punto 5.1.2).

## 8.6 Conexiones

No deberán realizarse conexiones que no estén mostradas en la placa de características. Nunca ponga el cambiador en otra posición que no esté especificada, ya que puede causar daños serios tales como desconexión o corto circuito de los devanados.

## 9. CARGA

Los transformadores son capaces de operar a plena carga dentro del rango nominal de elevación de temperatura sin pérdida de vida, tomando en cuenta el cumplimiento de las siguientes condiciones:

1. La temperatura ambiente no excede 40 °C o el promedio más de 50 °C en un período de 24 horas.
2. La elevación sobre el nivel del mar donde se encuentra instalado el transformador no debe exceder la altitud indicada en la placa de características y en el tanque del transformador. Comunicarse con su representante de Prolec GE para operar a mayores altitudes.

Los transformadores Prolec GE pueden soportar las sobrecargas indicadas en la tabla 9.1, sin exceder las elevaciones de temperatura permitidas por las especificaciones estándar, referidas a una temperatura máxima de 40 °C.

Carga previa en condiciones de carga estable expresada en % de la capacidad del transformador.	Duración de sobrecarga permitida en % de la potencia nominal.				
	10%	20%	30%	40%	50%
50	3hr	1.5hr	1hr	30min	15min
75	2hr	1hr	30min	15min	8min
90	1hr	30min	15min	15min	4min

Tabla 9.1

## 10. NORMAS APLICABLES

### **NOM-002-SEDE-**

REQUISITOS DE SEGURIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN.

### **NOM-008-SCFI-**

SISTEMA GENERAL DE UNIDADES DE MEDIDA.

### **NOM-024-SCFI-**

INFORMACIÓN COMERCIAL PARA EMPAQUES, INSTRUCTIVOS Y GARANTÍAS DE LOS PRODUCTOS ELECTRÓNICOS, ELÉCTRICOS Y ELECTRODOMÉSTICOS.

### **NMX-J-098-ANCE-**

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA – SUMINISTRO – TENSIONES ELÉCTRICAS NORMALIZADAS.

### **NMX-J-116-ANCE-**

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN TIPO POSTE Y TIPO SUBESTACIÓN – ESPECIFICACIONES.

### **NMX-J-123-ANCE-**

TRANSFORMADORES – ACEITES MINERALES AISLANTES PARA TRANSFORMADORES.

### **NMX-169-ANCE-**

TRANSFORMADORES Y AUTOTRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN Y POTENCIA – MÉTODOS DE PRUEBA.

### **NMX-J-308-ANCE-**

TRANSFORMADORES – GUÍA PARA EL MANEJO, ALMACENAMIENTO, CONTROL Y TRATAMIENTO DE ACEITES MINERALES AISLANTES PARA TRANSFORMADORES EN SERVICIO.

### **NMX-J-404-**

CONECTADORES AISLADOS SEPARABLES TIPO CODO PARA 15,25 Y 35 Kv.

### **NMX-J-409-ANCE-**

TRANSFORMADORES – GUÍA DE CARGA DE TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN Y POTENCIA SUMERGIDOS EN ACEITE.

### **NMX-J-410-**

GUÍA PARA INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES SUMERGIDOS EN ACEITE.

## 11. GUÍA PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS TRANSFORMADORES

### ADVERTENCIA

Las operaciones de mantenimiento del transformador descritas en este manual deben ser realizadas solamente por técnicos competentes que estén familiarizados con las prácticas de seguridad pertinentes al manejo de equipo eléctrico potencialmente peligroso.

Las instrucciones aquí escritas están dirigidas a dicho personal y no se pretende que substituyan el entrenamiento adecuado y la experiencia en procedimientos seguros para el manejo de este tipo de producto.

La salida de un transformador del sistema eléctrico al que está conectado ocasiona por lo general pérdidas de producción considerables, así como otros inconvenientes. Por esta razón, es importante asegurar un funcionamiento libre de fallas del transformador, a través de un programa de mantenimiento que esté bien estructurado y que sea fielmente llevado a cabo.

La inspección periódica ayuda a detectar condiciones anormales de un transformador y sus partes antes de que los daños sean mayores.

### 11.1 Seguridad

Los trabajos de inspección y mantenimiento deberán ser hechos cuidadosamente de tal forma que su ejecución sea planeada en detalle teniendo en mente la seguridad de la vida humana y del equipo, por lo que se incluye una serie de recomendaciones en la realización de trabajos de inspección o mantenimiento.

Antes de instalar el transformador en la bóveda es necesario revisar la calidad de la cimentación incluyendo las paredes, a fin de evitar que posibles derrames de aceite pudieran provocar daños severos por contaminación.

En el caso de que una persona se introduzca a la bóveda, ya sea para revisar la cimentación o en labores de mantenimiento, dicha persona deberá seguir los procedimientos de seguridad que aplican para dichos trabajos.

Aunque los transformadores están diseñados para ciertas condiciones de sumergibilidad, es importante verificar las condiciones en que se encuentra operando la unidad dentro de la bóveda, y para ello, se deberán tomar precauciones como el equipo de protección personal que mitigue el riesgo en caso de que el agua estancada en la bóveda se encuentre contaminada.

El tanque pudiera tener partes a temperatura cercana a los 60 °C, por lo que se deberán tomar precauciones durante el mantenimiento. Nunca caminar en la tapa del transformador. Se deberá seguir los requisitos de Seguridad para cuando se esté laborando con la cubierta de bóveda abierta a fin de evitar posibles caídas que pudieran provocar daño severo en la persona o incluso la muerte.

Reportar cualquier daño en los candados de los accesos (cubierta) para entrar a la bóveda de tal manera que sólo personal técnico autorizado tenga acceso a dichas instalaciones.

La regla básica de seguridad es desconectar el transformador de todas las fuentes de energía eléctrica y aterrizar las terminales.

Para desconectar efectivamente el transformador, se debe:

- a) Desconectar del circuito eléctrico tanto el primario como el secundario.
- b) Asegurar el medio de desconexión en la posición de abierto. En caso de utilizar fusibles, estos deben ser retirados y puestos en un lugar que no sea fácilmente accesible, de tal manera que no puedan ser reinstalados accidentalmente.
- c) Aterrizar las bobinas del primario y del secundario mediante sus boquillas, con el fin de descargar cualquier energía que pudiera estar almacenada en el transformador debido a las capacitancias. Estos cables de conexión a tierra deben ser retirados hasta que se concluya, con todo el trabajo de mantenimiento.

Si por alguna razón fuera necesario trabajar en el interior del tanque, se debe aliviar la presión interna del tanque operando parcialmente la válvula de alivio o el tapón arriba del nivel del líquido antes de quitar la tapa de registro o la tapa principal.

Se debe tener especial cuidado de no tirar o dejar olvidada ninguna herramienta dentro del tanque del transformador.

Una vez que el trabajo ha sido terminado, hay que asegurarse de que todo está despejado antes de energizar.

### **11.2 Registros de inspección**

Se requiere de un registro de las inspecciones y reparaciones realizadas a los transformadores para un buen programa de mantenimiento.

Un sistema de mantenimiento preventivo es efectivo cuando se llevan los siguientes registros:

- a) Un registro del equipo, el cual puede ser simplemente una tarjeta que contenga información básica del transformador, tal como número de serie, localización, datos de placa, etc.
- b) Un registro de reparaciones. Es un registro esencial de diagnóstico para eliminar dificultades futuras.
- c) Una lista de revisión de inspección o registro del responsable del mantenimiento del transformador. Es simplemente enlistado de los puntos a ser revisados en un transformador, las fechas y/o frecuencias en que deberán llevarse a efecto.

Sin estos registros será muy difícil que un programa de mantenimiento preventivo funcione, ya que el conocimiento ganado de las inspecciones se perderá rápidamente.

En caso de que alguno de los relevadores de protección haya accionado una alarma, es importante investigar la causa del problema.

Es esencial detectar cuál relevador ha operado y en combinación con cuál dispositivo de protección lo hizo.

Deberá investigarse plenamente, cualquier otro síntoma anormal tal como nivel de sonido audible excesivo, alto o bajo nivel de aceite, etc.

### **11.3 Procedimientos de mantenimiento**

El transformador siendo un dispositivo estático, puede ser sometido a condiciones de operación que exceden las especificadas como condiciones normales. Dependiendo de la duración de las mismas, puede generarse una disminución de su expectativa de vida útil. En esta sección se proveen prácticas de cómo mantener y dar servicio al transformador, los tipos de fallas más comunes y su manifestación general que permitan al personal de mantenimiento detectar y/o evitar dichas fallas.

Cuando se encuentre un daño en el transformador y éste no puede ser reparado en el campo, debe enviarse al taller de servicio (para servicios fuera de garantía) ó a la fábrica (para aparatos en garantía).

Al enviar el transformador al taller de servicio por cualquier motivo, es recomendable hacer una inspección cuidadosa de todas sus partes, para así, en un mismo servicio, hacer todas las reparaciones necesarias o reposición de partes envejecidas prematuramente. Se recomienda en una reparación evaluar mejoras adicionales como:

- Pintar el tanque.
- Cambiar empaques, en especial los de cubierta y tapa de registro.
- Revisar el nivel y las condiciones del aceite.
- Revisar hermeticidad y el apriete de tornillos.

### **11.3.1 Mantenimiento preventivo**

En función del tamaño del transformador y de la importancia del servicio puede ser necesario someterlo a un programa periódico de mantenimiento preventivo, que incluya una inspección del mismo, así como pruebas eléctricas, con el fin de garantizar su óptimo y continuo funcionamiento.

#### **11.3.1.1 Inspección periódica**

Es recomendable una inspección visual periódica de las partes externas del transformador al menos cada dos años. En esta inspección se deberán tomar las precauciones y medidas necesarias sobre seguridad.

Los puntos de dicha inspección son:

- Las boquillas de media tensión.
- Las boquillas de baja tensión y la conexión de los cables.
- Los accesorios de protección.
- Los seccionadores.
- La condición del recubrimiento.
- La hermeticidad.
- La carga.
- Los empaques (en boquillas, tapa, tanque, registro de mano, etc.).
- Las válvulas y dispositivos para filtro prensa, drenaje y muestreo.

#### **11.3.1.2 Transformadores con humedad en sus aislamientos**

La humedad es el mayor agente destructor en un transformador. Si hay cualquier evidencia de penetración de humedad a la unidad, debe drenarse el aceite; el núcleo y las bobinas secarse en el horno o en algún otro medio adecuado y aceptado para esta necesidad, dependiendo de las dimensiones del transformador.

Una vez hecho el secado, la unidad debe llenarse con aceite previamente tratado. Es recomendable, y para aparatos de clase de aislamiento 34.5 kV y superiores imprescindible, un llenado de aceite estando el transformador en vacío (una presión de 1.5 mm Hg) ó un proceso similar que asegure condiciones de calidad óptimas en la reparación.

Al salir el transformador de un servicio de reparación, se debe probar con una tensión no mayor de 75% del valor utilizado en las pruebas originales de fábrica (consultar Normas Nacionales y/o Internacionales de reparación de transformadores para mayor información).

#### **11.3.1.3 Empaques**

Si es necesario remover la cubierta, boquillas, tapa o registro de mano, se debe prever un cambio de empaques para reemplazar los anteriores. Al instalarlos evite que éstos sean sometidos a esfuerzos que los dañen permanentemente, asegúrese que la tensión del apriete mecánico forme un sello efectivo. Estos empaques cumplen con lo establecido en la tabla 18 de la norma NMX-J-116-ANCE.

#### **11.3.1.4 Tanque**

El exterior y el interior del tanque deben estar limpios, la cintilla antiflama no debe presentar signos de deterioro ó daño de lo contrario se deberá reemplazar antes de soldar la tapa.

Se debe revisar que no existan rastros de carbón en el interior del tanque y tampoco señales de “abombamiento”. Si se observa la existencia de algunas de estas características, no se debe de reconectar el transformador hasta determinar las causas que generaron este problema.

Estando el transformador instalado y si el tanque muestra evidencias de herrumbre o deterioro de la pintura, el área afectada puede limpiarse con un cepillo de alambre y retocarse con una capa de pintura líquida acabado poliuretano de altos sólidos color gris ANSI 61, dosificada con rociador, protegiendo las boquillas para evitar que el rocío de la pintura se deposite en éstas.

#### **11.3.1.5 Torques de apriete**

Los torques (partes de apriete) que se deben aplicar en las conexiones (uniones) roscadas se muestran en la Tabla 7.4. La tolerancia es de  $\pm 20\%$  del valor indicado.

TORQUE APLICADO A TORNILLERÍA	
TORNILLERÍA	TORQUE (kg-m)
1. BRIDAS DE BOQUILLAS DE A.T.	2.13-2.88
2. SUJECIÓN DE BOQ. DE B.T. A BRIDA	0.92-1.38
3. SUJECIÓN DEL CAMB. DE DERIVACIONES	1.44-1.72
4. SUJECIÓN DEL PORTA FUSIBLES	2.13-2.88
5. SUJECIÓN BRIDA BT A TAPA	2.13-2.88

Tabla 7.4. Torques de apriete para los accesorios de un transformador de distribución.

### 11.3.1.6 Pruebas eléctricas

Las pruebas eléctricas que deben ser realizadas en un mantenimiento preventivo de un transformador de distribución dependen del tamaño del transformador, de la importancia del servicio y de los intereses y requerimientos del cliente. Dichas pruebas corresponden a las descritas en el Capítulo VI.

### 11.3.1 Partes y repuestos para transformadores Prolec GE

Cuando se quiera información o partes de repuesto para transformadores, éstas podrán solicitarse a través de personal de ventas de Prolec GE o sus representantes, proporcionándoles los datos completos de la placa de características: capacidad (kVA), tensión, número de serie, etc.

### 11.3.3 Mantenimiento correctivo

Las fallas que pueden ocurrir a un transformador pueden clasificarse como sigue:

- a) Deterioro del aceite.
- b) Fallas en equipo auxiliar.
- c) Fallas en el devanado.

#### 11.3.3.1 Deterioro del aceite

El aceite aislante se deteriora por la acción de humedad y del oxígeno, por la presencia de catalizadores (cobre) y por temperatura. La combinación de estos elementos producen una acción química en el aceite, la cual da como resultado la generación de ácidos que atacan a los aislamientos y a las partes metálicas del transformador.

De esta acción química, resultan los lados que se precipitan en el transformador y que impiden la correcta disipación del calor, acelerando, por lo tanto, el envejecimiento de los aislamientos y por ende del transformador.

La humedad presente en el aceite puede originarse por el aire que entra en el transformador en operación, a través de sus juntas y de grietas en el tanque. También se genera por conducción de los aislamientos al aceite.

Otro factor que deteriora el aceite es la presencia de gases, los cuales son liberados por descomposición propia del aceite y de los aislamientos a altas temperaturas.

El contenido de agua en el aceite, se define en partes por millón (ppm) donde 1,000 partes por millón equivalen a 0.1% de humedad en el aceite. Se dice que el aceite está en equilibrio cuando su contenido de humedad es igual a 40 ppm. Bajo esta condición, ni el aceite cede su humedad a los aislamientos, ni éstos la ceden al aceite.

Al romperse la condición de equilibrio, es decir, al aumentarse el valor del contenido de humedad en el aceite, se obtienen los siguientes resultados:

- El aceite cede su humedad a los aislamientos, lo cual da por resultado un incremento en sus valores de factor de potencia, lo que se traduce en un envejecimiento acelerado y una reducción de su vida útil.
- El incremento de humedad del aceite da por resultado una disminución del valor de tensión de ruptura o rigidez dieléctrica. Con un contenido de agua de 60 ppm, el valor de rigidez dieléctrica se disminuye en un 13%.

El aceite se satura cuando su contenido de humedad es de 100 ppm. (0.01%). Bajo esta situación, cualquier adición en humedad será absorbida por los materiales fibrosos del transformador, como son: cartones y papeles aislantes.

De lo antes expuesto, se concluye que en la inspección de un aceite aislante se deben analizar cuando menos los siguientes datos:

- Contenido de humedad.
- Acidez.
- Rigidez dieléctrica.
- Factor de potencia a 25 °C y a 100 °C.
- Tensión interfacial.
- Presencia de lodos.

Un aceite contaminado es aquel que presenta los siguientes valores:

- Contenido de humedad mayor de 65 ppm.
- Acidez igual o mayor que 0.2 mg. del número de neutralización de la potasa cáustica.
- Rigidez dieléctrica, menor a 22 kV.
- Tensión interfacial, 16 dinas/cm o menor.
- Se reporta la presencia de lodos.

Bajo tal condición de contaminación, es recomendable sustituir el aceite, para lo cual se debe realizar lo siguiente:

- Drenar el aceite.
- Sacar el conjunto Bobina/Núcleo (Parte viva).
- Limpiar el tanque en su interior.
- Limpiar la parte viva y secarla.
- Ensamblar parte viva en el tanque.
- Llenar el transformador en vacío, con aceite nuevo.
- Al llenar el tanque con aceite, se deberá dejar una cámara de aire. Esta deberá de ser de acuerdo con el nivel de aceite indicado en el interior del tanque.
- Probar la hermeticidad, con una presión positiva de 0.7 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **11.3.3.2 Fallas en equipo auxiliar**

Al instalar un nuevo circuito ó red eléctrica y detectar la existencia de un problema en él, la primera impresión de muchos electricistas es de que en el transformador está la falla y se destinan gran cantidad de recursos en revisarlo y probarlo una y otra vez. El resultado posterior a esas revisiones indica que el transformador está correcto y la falla se encuentra en otro lugar, por ejemplo: en el equipo auxiliar de protección (apartarrayos, mala selección del fusible, etc.), en el equipo de medición o en la red secundaria.

#### **Recomendaciones:**

Antes de instalar los componentes de un circuito de distribución de energía, se deben revisar cada elemento y de ser posible probarlos antes de su instalación. Posteriormente, con una lista de revisión, se certifica punto por punto, la calidad de los mismos.

#### **11.3.3.3 Fallas en los devanados**

Este tipo de fallas pueden ser ocasionadas por:

##### **11.3.3.3.1 Falsos contactos**

Los falsos contactos originan una resistencia mayor al paso de la corriente, produciéndose puntos calientes o hasta pequeños arcos.

Este tipo de fallas deterioran el aislamiento y contaminan el aceite produciendo gasificación, carbón y hasta “abombamiento” del transformador.

Estas fallas se manifiestan en forma de: presencia de carbón en las terminales, terminales carcomidas, o una coloración intensa en los aislamientos. Como los falsos contactos se originan por tornillería o terminales sueltas, es recomendable apretar periódicamente las terminales externas del transformador y en un mantenimiento mayor revisar los aprietes internos del mismo.

##### **11.3.3.3.2 Cortocircuito externo**

Esta falla es producida por un cortocircuito externo al transformador de lado de baja tensión. Los transformadores Prolec GE están diseñados y probados para soportar cortocircuito de acuerdo a normas. Sin embargo, si la intensidad y/o duración es mayor debido a una protección insuficiente, podrán ocasionarse daños en el transformador.

La alta corriente que circula durante el corto, se traduce en esfuerzos mecánicos que pueden distorsionar los devanados y hasta moverlos de su posición. Si el cortocircuito es intenso y prolongado, su efecto se reflejará en una degradación del aceite, sobre-presión, arcos y posteriormente "abombamiento" del tanque, dependiendo de la severidad del corto circuito.

Después de una falla de este tipo y antes de reconectar el servicio del transformador, se debe tener la certeza de que ha eliminado el corto y revisar exhaustivamente el transformador para determinar si éste no sufrió daños.

#### **11.3.3.3.3 Cortocircuito entre espiras**

Este tipo de fallas es el resultado de los aislamientos que pierden sus características por exceso de humedad, sobrecalentamientos continuos, exceso de tensión, etc.

Estas fallas tardan en poner fuera de servicio al transformador y se manifiestan por un devanado regular, excepto en el punto de falla.

La ionización degrada al aceite y a los aislamientos y puede presentar después de la falla un posible "abombamiento" en el tanque.

#### **11.3.3.3.4 Sobre-tensiones por descargas atmosféricas**

Los transformadores PROLEC-GE están diseñados y probados para soportar la incidencia de descargas similares a las atmosféricas en los niveles establecidos en las normas de la sección 10. Para prevenir este tipo de falla, se recomienda el uso de apartarrayos lo más cercano al transformador. Puede ser apartarrayos tipo inserto.

En caso de que la sobretensión resultante por las descargas atmosféricas rebasa los límites del nivel de aislamiento al impulso del transformador, el devanado sujeto a este esfuerzo fallará.

La manifestación de este tipo de fallas, son bobinas deterioradas en el inicio o al final del devanado y tienen una similitud a la falla entre espiras.

#### **11.3.3.3.5 Sobre-tensiones por transitorios**

Este tipo de sobretensiones son producidas por falsas operaciones de recierre o por puesta de servicio y desconexión de bancos de capacitares, etc. Las sobretensiones que se producen son del orden de hasta dos veces la tensión de operación. Su daño es a largo plazo y en ocasiones se confunde con una falla de cortocircuito entre espiras.

#### **11.3.3.3.6 Sobrecargas**

El transformador está diseñado para soportar sobrecargas de acuerdo a norma. En caso que éstas excedan los valores de diseño de norma, el transformador tendrá un envejecimiento acelerado en los aislamientos y posteriormente una falla entre espiras.

Las características de esta falla son: un envejecimiento total de todos los aislamientos internos del transformador, el papel y cartón quebradizo y con un color oscuro intenso.

#### **11.3.3.4 Conclusiones**

Para evitar daños causados por parámetros eléctricos excesivos (corriente ó tensión) , todo transformador debe contar con protecciones que aislen al aparato o al sistema de distribución de estos fenómenos dañinos.

Por lo anterior expuesto, recomendamos proteger con los siguientes elementos:

- Apartarrayos tipo inserto en las boquillas de alta tensión, según norma CFE-DPOE.
- Interruptor ó limitador de corriente en el lado secundario del transformador y lo más cercano a éste.

## **12. SOPORTE TÉCNICO**

Estamos a sus órdenes para cualquier duda que tenga relacionada con el funcionamiento de su transformador.

Nuestra línea de soporte técnico es:

**01 800 3PROLEC ó 01 800 377 6532**

El menú lo llevará a la opción de servicio al producto.