

**GUÍA PARA ESCOGENCIA, RECEPCION EN FÁBRICA,
TRANSPORTE, MONTAJE, PUESTA EN SERVICIO Y
MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES DE PEQUEÑA
POTENCIA**





1. INTRODUCCION

Nuestros transformadores se diseñan bajo la normatividad nacional e internacional, dependiendo del destino del transformador.

Esta guía tiene como objetivo suministrar la información básica necesaria sobre configuraciones, montaje, instalación y puesta en funcionamiento de los transformadores de pequeña potencia, a partir de 630 kVA hasta 10 MVA.

La información, recomendaciones, descripciones y notas de seguridad en este documento se basan en guías, normas y en la experiencia de MAGNETRON S.A.S., en los equipos descritos. Esta información no incluye ni cubre todas las contingencias. Por lo tanto, si requiere mayor información consúltenos.

1.1 GENERALIDADES

El transformador de pequeña potencia se asocia a grandes consumidores de energía eléctrica, que generalmente reciben el suministro eléctrico en alta tensión.

En general los transformadores deben ser seleccionados de acuerdo a las características de la carga, los volúmenes de energía involucrados, las condiciones de confiabilidad y seguridad con que deban operar, entre otras.

Los transformadores de pequeña potencia constituyen una parte importante en los sistemas de distribución al encontrarse directamente

relacionados con el usuario final, por esta razón se requiere mantener altos niveles de confiabilidad en el suministro y en la calidad de la energía. Sostener estos niveles trae como consecuencia fundamental definir la capacidad del transformador cumpliendo con los parámetros de carga instalada y satisfaciendo la demanda del usuario.

Magnetron S.A.S. recomienda a sus clientes basarse en el Código Eléctrico Colombiano, NTC 2050, para realizar este cálculo; es importante resaltar que cada aplicación es particular y se debe contar con conocimiento de los equipos que intervienen en el proceso, el factor de demanda de los mismos y los ciclos de funcionamiento. Una elección inexacta de la capacidad del transformador se verá reflejada en un sobrecosto del mismo y gasto de dinero en el pago de energía por pérdidas.

El cálculo de la capacidad del transformador deberá ser efectuado por un profesional legalmente competente para desarrollar esta actividad, con conocimiento de las normas aplicables en el sitio de instalación y los requerimientos del operador de red.

A continuación entregamos una serie de parámetros que deben tenerse en cuenta para la selección del transformador.



2. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR

2.1 CAPACIDAD

La capacidad nominal de un transformador consiste en una salida en voltio-amperios, VA, junto con otras características tales como tensión, corriente, frecuencia, factor de potencia de la carga e incremento de temperatura asignados por el fabricante.

La salida que puede ser entregada por un tiempo especificado a una tensión nominal en el secundario y a la frecuencia nominal, sin exceder las limitaciones de incremento de temperatura especificadas, bajo condiciones establecidas, corresponde a los kVA nominales de un transformador.

NOTA: La tensión nominal del transformador que alimenta la carga se especifica en vacío.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA INSTALADA

Para efectuar una correcta definición de la capacidad del transformador se debe contar con conocimiento de los equipos que intervienen en el proceso, los ciclos de funcionamiento, y realizar el cálculo de los siguientes parámetros:

1. Régimen de carga.
2. Factor de potencia.
3. Factor de demanda.
4. Proyección de la carga instalada.

Régimen de carga: Este parámetro establece el régimen de funcionamiento del transformador, que corresponde a los valores que debe tomar internamente para alimentar la carga.

Factor de potencia: Es la relación entre la potencia activa (kW) y la potencia aparente (kVA).

Factor de demanda: Es la relación entre la demanda máxima en el intervalo considerado y la carga total instalada. El factor de demanda generalmente es menor que 1 y será unitario cuando durante el intervalo, t, todas las cargas instaladas absorban sus potencias nominales.

Proyección de la carga instalada: Es la planificación de la capacidad del proceso, predecir la evolución de la carga. Es necesario realizar esta proyección de tal forma que el circuito eléctrico pueda ser ampliado progresivamente, asegurando un servicio adecuado y continuo para la carga presente y futura.

2.3 NIVELES DE TENSION Y AISLAMIENTO

Los niveles de tensión en un transformador están referidos a las condiciones de operación y funcionamiento del mismo. Estos niveles se deben seleccionar de acuerdo a las características de la carga y tensión de alimentación del circuito (Red eléctrica).



La tensión de operación de un transformador determina el aislamiento requerido en su fabricación para su buen funcionamiento y está vinculada directamente con la clase del equipo y el nivel básico de aislamiento, BIL.

La clase y el BIL son características eléctricas que se encuentran definidas en las normas aplicables para los transformadores.

Para garantizar los niveles de aislamiento de los transformadores se usan materiales dieléctricos durante su fabricación y de esta forma se cumplen las separaciones adecuadas entre fases y fase a tierra.

2.4 REGULACION DE LA TENSION

La regulación de tensión consiste en compensar las variaciones de tensión que se detectan en los puntos receptores de un sistema de transmisión o distribución de energía.

La regulación de tensión, se realiza a través del conmutador y consiste en variar la relación de vueltas en el devanado primario para obtener en el secundario la tensión requerida (variación de taps).

Típicamente las derivaciones del primario son las siguientes:

- +0 -4 * 2.5%
- +1 -3 * 2.5%
- +2 -2 * 2.5%
- +3 -1 * 2.5%
- +4 -0 * 2.5%

El porcentaje de variación de regulación entre taps puede modificarse previo acuerdo o convenio entre fabricante y cliente.

La regulación de tensión compara el voltaje de salida sin carga (en vacío) con el voltaje de salida a plena carga, y se define por la siguiente ecuación:

$$RV = \frac{V_{S \text{ vacio}} - V_{S \text{ plena carga}}}{V_{S \text{ vacio}}}$$

La regulación de tensión se encuentra afectada por:

- Caída de tensión en el transformador
- Caída de tensión en el circuito que alimenta la carga.

La caída de tensión en el transformador está directamente relacionada con la impedancia de corto circuito del mismo. La impedancia de corto circuito o tensión de corto circuito es la tensión requerida para hacer circular la corriente nominal en uno de los devanados, cuando el otro devanado está cortocircuitado.

La impedancia de corto circuito, tiene dos componentes: una componente resistiva y una componente reactiva. En consecuencia, si el transformador tiene una impedancia de corto circuito "baja" su regulación de tensión será mejor puesto que la caída de tensión es sensiblemente igual al valor de la impedancia de cortocircuito.



El valor de la impedancia de corto circuito debe tenerse presente en el momento de realizar la selección y coordinación de las protecciones para el equipo que va a ser energizado. Una baja impedancia de corto circuito es directamente proporcional a una alta corriente de corto circuito, esto es:

$$I_{cc} = \frac{100}{Z_{cc}}$$

Lo cual hace necesario usar protecciones con capacidad de apertura y características eléctricas de mayor rango de corriente que implícitamente generan mayor costo en la instalación.

Adicionalmente, el valor de la impedancia de cortocircuito del transformador (entre otros) debe tomarse en cuenta a la hora de realizar acoples de 2 o más transformadores para mantener la división de carga satisfactoria y evitar grandes corrientes de circulación.

2.5 REGIMEN DE CALENTAMIENTO

La vida útil de un transformador de potencia se rige esencialmente por la degradación de los aislamientos, y está directamente relacionada con la temperatura de trabajo del núcleo y de los devanados.

Cada clase de aislamiento es definida por un límite de temperatura y por el incremento de temperatura promedio del devanado. Cada transformador especifica en su placa de características la clase de aislamiento.

El incremento de temperatura establecido en las normas internacionales estandariza dos temperaturas 55°C y 65°C para la elevación promedio del devanado, cada norma define su exigencia.

Un transformador con incremento de temperatura promedio del devanado en 55°C requiere mayor refrigeración para garantizar la transferencia de calor del conductor al aceite, lo cual genera implícitamente un mayor costo.

La principal característica constructiva del transformador con incremento de temperatura promedio del devanado en 65°C, radica en el uso de materiales, papel y esmalte del conductor, que son térmicamente estables, mejorados, y por lo tanto soportan una mayor temperatura de trabajo sin afectar la vida útil del transformador.

El límite de temperatura del transformador se determina por la suma algebraica del incremento promedio de temperatura del devanado con la máxima temperatura ambiente, 40°C.

El envejecimiento del aislamiento del transformador está directamente relacionado con el límite de temperatura del transformador; para la elevación promedio del devanado de 65°C es 105°C y para elevación promedio del devanado de 55°C es 95°C.

Cuando el transformador trabaja en temperaturas por encima del límite indicado, la aceleración del envejecimiento incrementa, por esta



razón es importante respetar de los límites de temperatura de la clase de aislamiento del transformador para garantizar el buen desempeño y el aumento de la expectativa de la vida útil del equipo.

2.6 EFICIENCIA DEL TRANSFORMADOR

Existe una oportunidad cierta de lograr ahorros de energía eléctrica al momento de realizar la selección del transformador, por esto es conveniente que el cliente desarrolle actividades de ingeniería de proyectos para escoger el equipo más adecuado a sus necesidades reales, esto es, considerar los aspectos básicos de eficiencia energética en las instancias de selección del transformador.

La eficiencia del transformador se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\eta = \frac{P_{salida}}{P_{salida} + P_{pérdidas}}$$

P, corresponde a potencia.

Las pérdidas de los transformadores están compuestas por:

2.6.1 Pérdidas en vacío

Consisten principalmente de las pérdidas en el núcleo, y son debidas al campo magnético (también llamado inducción magnética y densidad de flujo magnético) necesario para excitar el núcleo.

Las pérdidas de potencia en el núcleo magnético son la suma correspondiente a las perdidas por Foucault y por histéresis.

Las pérdidas en vacío hacen parte de los costos **directos** del transformador, al producirse por las pérdidas internas y ser prácticamente constantes.

2.6.2 Perdidas con carga

Corresponden a la suma de las potencias de pérdidas en los devanados de un transformador, funcionando bajo carga.

El valor de esta potencia depende de la intensidad de corriente tanto en el devanado primario como en el secundario, la cual varía mucho, desde el funcionamiento en vacío hasta plena carga.

Estas pérdidas hacen parte de los costos **indirectos** en el funcionamiento del transformador, debido a que son proporcionales al cuadrado de la intensidad de corriente.

2.6.3 Costo de las perdidas vs costo del transformador

Las mediciones del consumo eléctrico, kWh, de un transformador de pequeña potencia se realizan generalmente, por alta tensión, es decir el medidor “ve” las pérdidas del transformador, de allí la importancia de definir correctamente las características eléctricas del transformador requerido.



A continuación ilustramos el comportamiento del consumo de potencia de un transformador con capacidad de 2.0 MVA bajo dos diferentes especificaciones de características eléctricas.

NOTA: Los datos usados para realizar este ejemplo **son aproximados** y pueden variar dependiendo de los materiales utilizados en los devanados, las características eléctricas solicitadas: capacidad, tensiones, pérdidas, entre otras.

Características eléctricas:

Característica	Norma	Diseño1	Diseño2
MVA	2,0	2,0	2,0
Vp, kV	34,5	34,5	34,5
Vs, kV	0,46	0,46	0,46
Bil AT	200	200	200
Bil BT	30	30	30
Frecuencia, Hz	60	60	60
Pérdidas en el hierro, W	3430	3314	2734
Característica	Norma	Diseño1	Diseño2
Pérdidas en el cobre, W	20900	20384,6	14120,4
Impedancia, %	6	5.29	6
Io %	1	1	1

Al efectuar el cálculo del costo de las pérdidas, asumiendo que los transformadores estarán cargados un 80% de su capacidad nominal durante un periodo de un año se presentan los siguientes resultados:

	Diseño1	Diseño2
Pérdidas totales, W	23.698,6	16.854,4
Carga de 80%, W	19621,7	14030,3
Consumo anual de energía por pérdidas (kW/h)	171.885,9	122.905,6
Pago anual de energía por pérdidas	\$ 42.971.479,2	\$ 30.726.400,8

Notas:

Pérdidas totales: corresponde a la suma de las pérdidas en el hierro más las pérdidas en el cobre.

Consumo anual de energía por pérdidas totales: corresponde al consumo en kW/h durante 365 días – 24 horas.

Pago anual de energía por pérdidas: se utiliza un precio promedio de \$ 250 kW/h.

Los precios de los transformadores **aproximadamente** son: “Diseño 2” \$ 84.400.250, y “Diseño 1” \$ 66.903.000, esto es, el “Diseño 2” cuesta \$ 17.497.250 más que el “Diseño 1”.

Ahora revisemos el pago anual de energía por pérdidas de los diseños: el “Diseño 1” paga \$ 12.245.078 más que el “Diseño 2”, bajo un régimen de carga de 80% de su capacidad nominal.



Con esta información enfatizamos que la elección del transformador no debe pesar sólo por el precio de compra, sino también por los costos de operación, que pueden llegar al cabo de algunos meses a ser del orden del precio de compra del transformador.

Después de realizar el análisis costo - beneficio, se observa que se amortiza la inversión del mayor valor 17 meses después de instalado el transformador, con el ahorro obtenido en el pago mensual de energía por pérdidas (asumiendo una carga del 80% en el transformador), esto sin incluir el ahorro con el cual continuara el cliente en su pago mensual.

Adicionalmente, al realizar la selección del diseño 2 se contribuye con la preservación del medio ambiente, porque al definir un transformador eficiente, las pérdidas son menores y por lo tanto se reduce la radiación de calor al ambiente.

2.7 ACCESORIOS DE PROTECCION Y CONTROL

En los transformadores de pequeña potencia son instalados instrumentos de protección y control para garantizar la confiabilidad en el servicio y calidad en la energía, como se mencionó anteriormente.

Es necesario que el cliente tenga conocimiento previo de estos accesorios para lograr determinar los instrumentos de control que realmente requiere en su transformador de pequeña potencia.

A continuación se encuentra una breve descripción de los accesorios y dispositivos de control más comunes que se utilizan en estos transformadores.

Los accesorios se encuentran discriminados en las siguientes categorías:

- 2.7.1 Accesorios de control
- 2.7.2 Accesorios de señalización
- 2.7.3 Accesorios para manejo del transformador

2.7.1. ACCESORIOS DE CONTROL

2.7.1.1 Dispositivo de alivio de presión

La función principal de la válvula de alivio de presión es limitar la presión interna del transformador cuando esta es afectada por las temperaturas de funcionamiento del mismo, asociadas directamente con la carga instalada. De esta forma la válvula de alivio de presión es un medio para desalojar las presiones anormales que se presentan al interior del transformador.

La válvula de alivio de presión en el transformador deberá quedar sellada ante condiciones de sobrecargas y cortocircuitos externos en el secundario de una duración y magnitud definidas por la norma.

Para desempeñar esta función contamos con los siguientes accesorios:

Figura 1. Válvula de sobrepresión sin contactos.



Figura 2. Válvula de sobrepresión con contactos.

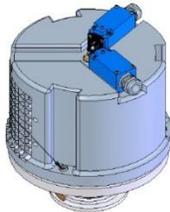


Figura 3. Relé de presión súbita.



2.7.1.2. Control de Temperatura

Estos accesorios son utilizados para indicar la temperatura de trabajo del transformador, garantizando que no se encuentre sobrecargado.

Si el transformador se encuentra sobrecargado se generan mayores temperaturas en su interior: en los devanados y en el aceite, afectando la vida útil del equipo.

Existen en el mercado termómetros para censar la temperatura del aceite y de los devanados.

El uso del Indicador de temperatura del bobinado, se hace necesario porque el bobinado del transformador es el componente con la temperatura más alta y, el único que presenta cambios rápidos de temperatura a medida que aumenta la carga.

El indicador de temperatura del bobinado realiza medición indirecta ya que es peligroso poner un sensor cerca de la bobina debido a la alta tensión que circula por él, la medición de la temperatura del devanado se obtiene por medio de una imagen térmica.

En un transformador de pequeña potencia pueden ser utilizados los dos termómetros: de los devanados y del aceite, como medio de respaldo.

Figura 4. Termómetro sin contactos.



Figura 5. Termómetro con contactos.

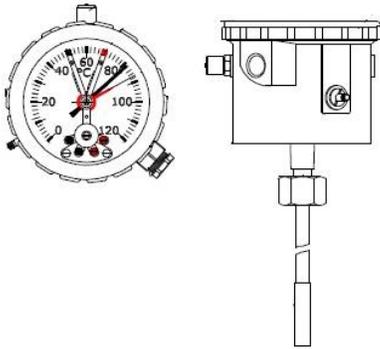


Figura 6. Indicador de temperatura del bobinado.



2.7.1.3. Nivel de aceite

La principal función del nivel del aceite es detectar la falta de aceite en el interior del transformador.

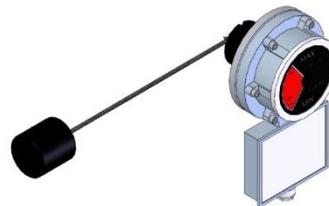
La pérdida de aceite en un transformador de pequeña potencia genera calentamiento del equipo, señal que detectaría el termómetro, si el transformador cuenta con uno.

Un nivel bajo de aceite lleva a la falla del transformador, si no se corrige a tiempo la deficiencia, por ejemplo si el nivel se encuentra por debajo de la toma de los radiadores estos no cumplirán la función de refrigeración para la cual se instalan y el transformador a mediano plazo fallara.

Figura 7. Nivel de aceite sin contactos.



Figura 8. Nivel de aceite con contactos.



2.7.1.4. Membrana o separador flexible

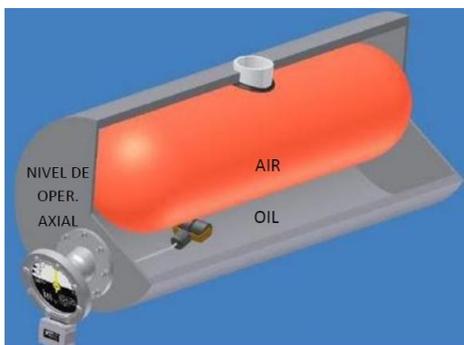
Esta membrana es usada para evitar la contaminación del aceite del transformador con humedad y/o polución del aire.

Cuando el transformador está bajo carga, el aceite dieléctrico contenido en él se encuentra caliente, bajo estas condiciones si el aceite entra en contacto con oxígeno se produce oxidación del aceite.

Cuando ocurre la oxidación del aceite se generan lodos al interior del transformador. Los lodos generados no son conductores de electricidad pero impiden la refrigeración de la bobina, al obstruir los ductos de refrigeración, ocasionando fallas en el transformador por calentamiento.

Es importante especificar que la membrana o separador elástico puede estar provisto de un sensor óptico el cual se ubica en su interior con el fin de detectar la ruptura de la membrana y el paso de aceite a esta.

Figura 9. Instalación de membrana o separador flexible.



2.7.1.5. Relé Buchholz

Este dispositivo permite detectar fallas dieléctricas dentro del transformador.

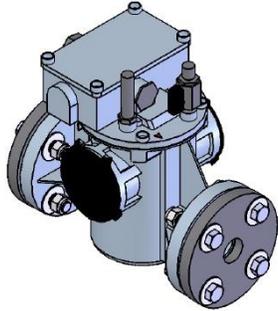
En caso de una pequeña sobrecarga (calentamiento) el gas producido por la combustión interna se acumula en la parte de arriba del relé y fuerza al nivel de aceite a que baje.

En caso de producirse un arco eléctrico, la acumulación de gas es repentina, y el aceite fluye rápidamente dentro del tanque de expansión. En este caso se activa un circuito interruptor automático que aísla el transformador antes de que la falla cause un daño adicional.

El relé también opera cuando el nivel de aceite es bajo, como en el caso de una pequeña fuga del aceite dieléctrico.

El relé de Buchholz tiene una compuerta de pruebas, que permite que el gas acumulado sea retirado para realizar ensayos. Si se encuentra gas inflamable en el relé es señal de que existieron fallas internas tales como sobre-temperatura o producción de arco interno. En caso de que se encuentre aire, significa que el nivel de aceite es bajo, o bien que existe una pequeña pérdida del mismo.

Figura 10. Relé Buchholz.



2.7.1.6. Respirador de Silica gel

Usado para capturar la humedad cuando ingresa al transformador, evitando el deterioro de los materiales aislantes que componen el transformador.

en caso de instalar la membrana o separador flexible no se usa este respirador, son excluyentes.

Cuando la silica gel está seca es de color morado, se vuelve rosa al absorber humedad.

Nota: La silica gel es un desecante granular duro, no tóxico y no corrosivo.

Figura 11. Respirador de silica gel.



2.7.2. ACCESORIOS DE SEÑALIZACIÓN.

Todos los accesorios con contactos deben llevar sus señales: alarma y disparo, a un centro de control para que estas estén constantemente monitoreadas, optimizando el funcionamiento y la vida útil del transformador.

Pueden usarse como accesorios de señalización: lámparas de destello, señales auditivas, envío de mensaje al centro de control, entre otras.

2.7.3. ACCESORIOS DE MANEJO DEL TRANSFORMADOR.

Estos accesorios corresponden a los elementos requeridos para la manipulación y operación adecuada y correcta del transformador.

Figura 12. Oreja de levante para el tanque.

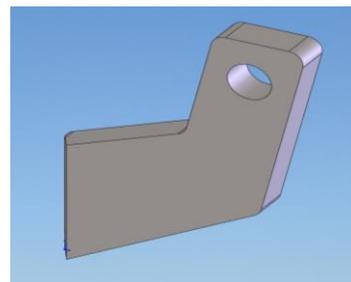


Figura 13. Oreja de levante para la tapa.

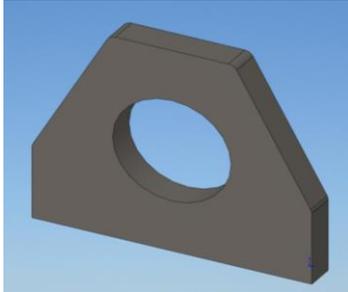


Figura 14. Ruedas.

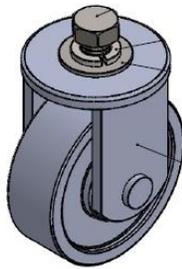
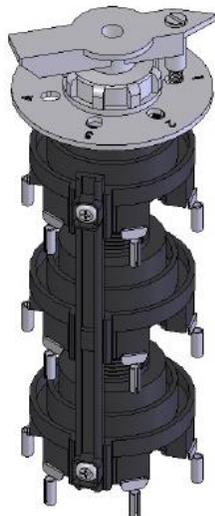
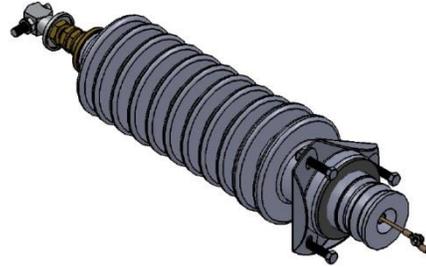


Figura 15. Conmutador.



Permite cambiar la derivación del transformador cuando a la carga no llega la tensión de alimentación requerida.

Figura 16. Buje de alta tensión.



Las características de los bujes de alta tensión varían de acuerdo al nivel de tensión del transformador, la distancia de fuga y de arco y el nivel básico de aislamiento.

Figura 17. Buje de baja tensión.



Las características de los bujes de baja tensión varían de acuerdo al nivel de tensión del transformador, la distancia de fuga y de arco y el nivel básico de aislamiento.



NOTA: Es importante anotar que el transformador de pequeña potencia se diseña de acuerdo a los requerimientos del cliente y los accesorios de control se incluyen según su solicitud.

En la tabla 1 se ilustra el uso de los accesorios para potencias desde 630 kVA hasta 4MVA, incluido.

Tabla 1. Accesorios para transformadores desde 630 kVA hasta 4 MVA.

ACCESORIO	TENSION 15kV	TENSION 35kV
Relé Buchholz	X	X
Válvula sobrepresión	A ó B(X)	A ó B(X)
Tanque de expansión	X	X
Respirador de Silica Gel	X	X
Nivel de aceite E(X), F(X)	D ó X	D ó X
Estuche para termómetro	M	M
Termómetro H(X), I(X), J(X)	X	X
Válvula de recirculación y drenaje	S	S
Puntos de puesta a tierra	3	3
Bases para ruedas orientables	S	S
Ruedas orientables	X	X
Agujero de inspección	X	X

Convenciones:

- X** Se coloca a pedido del cliente con costo adicional.
- S** Lo lleva el transformador, aunque el cliente no lo solicite.
- M** Para mayores de 500 kVA

- A** Automática
- B(X)** Con contactos
- D** Tipo visor
- E(X)** Flotador sin contacto
- F(X)** Flotador con 2 contactos
- H(X)** Sin contactos
- I(X)** Con 1 contacto
- J(X)** **Con 2 contactos**

En la tabla 2 se ilustra el uso de accesorios para potencias desde 4MVA hasta 10 MVA, incluido.

Tabla 2. Accesorios para transformadores desde 4 MVA hasta 10 MVA, incluido.

ACCESORIO	TENSION 15kV	TENSION 35kV
Relé Buchholz	S	S
Válvula sobrepresión	B(X)	B(X)
Tanque de expansión	S	S
Respirador de Silica Gel	S	S
Nivel de aceite G(X)	S	S
Estuche para termómetro	S	S
Termómetro J(X)	S	S
Válvula de recirculación y drenaje	S	S
Puntos de puesta a tierra	3	3
Bases para ruedas orientables	S	S
Ruedas orientables	X	X
Agujero de inspección	X	X



3. RECEPCION EN FABRICA

3.1 Pruebas realizadas durante el proceso de fabricación.

- Presión a los tanques, 7 PSI, para chequear proceso de soldadura (cero porosidad) y garantizar que el transformador soporta la presión sin presentarse deformaciones.
- Hermeticidad
- Medida de espesor de pintura

3.2 Pruebas realizadas en fábrica

Una vez el transformador se encuentra totalmente ensamblado pasa al laboratorio de pruebas y se realizan los siguientes ensayos eléctricos de rutina:

- Relación de transformación.
- Resistencia de los devanados.
- Perdidas en vacío y corriente de excitación.
- Perdidas en el cobre e impedancia de corto circuito.
- Resistencia de aislamiento.
- Tensión aplicada.
- Tensión inducida.

Adicionalmente se efectúan los siguientes ensayos eléctricos tipo:

- Tensión de impulso tipo descarga atmosférica.
- Calentamiento.

Los accesorios de control se someten a pruebas revisando el correcto accionamiento de los mismos bajo condiciones ligeramente superiores a sus

límites de disparo. De igual forma se revisa contra el plano de conexión de los accesorios el circuito de control, verificando la correcta conexión y continuidad de los mismos.



4. TRANSPORTE DEL EQUIPO

El transporte del transformador de pequeña potencia se realiza previo acuerdo entre Magnetron y el cliente.

En el transporte del equipo se deben tener presentes las condiciones de las vías y restricciones de tránsito vehicular por peso y dimensiones del transformador.

4.1 Recepción

Antes de descargar el transformador del vehículo observe que este llegue en perfectas condiciones, ya que durante el transporte corre el riesgo de sufrir daños. Si existe alguna anomalía informe inmediatamente a la fábrica.

Cuando reciba un transformador sin sus accesorios verifique que estos no hayan sufrido daños mecánicos durante el transporte.

Compruebe si el transformador ha sufrido caídas accidentales o si se han torcido los refuerzos o las tuberías.

Revise que la tornillería no se encuentre floja.

Revise el estado de los instrumentos de control que van adosados al tanque principal.

Cuando el transformador se despacha **sin aceite** se debe verificar que el manómetro indique una presión positiva, para descartar que existiera

ingreso de humedad a la parte activa durante el transporte.

4.1.1 Recomendaciones de revisión:

Revisar los datos de placa, deben coincidir con los de la remisión del transformador.

Los accesorios de media y baja tensión no deben presentar fisuras o roturas.

El tanque no deberá presentar abolladuras o golpes ni fugas o manchas de aceite.

El transformador debe contar con la nomenclatura que identifica los terminales y puntos de puesta a tierra.

El voltaje de entrada especificado en la placa del transformador debe coincidir con el del sistema en el cual será conectado.

4.2 Manejo

Cuando un transformador no pueda ser manipulado por medio de grúa, podrá moverse deslizándolo sobre patines o sobre rodillos, pero teniendo cuidado de no dañar la base o de no volcarlo.

Cuando los transformadores de potencia están provistos con dispositivos de izaje u orejas de levante que se utilizan para manipularlo con grúa. Prefiera los estobos de fibra a las cadenas o estobos metálicos, ya que estos ayudan a proteger el

recubrimiento anticorrosivo. Si va a usar cadenas o estrobos metálicos asegúrese de cubrir las partes en contacto para evitar desprendimientos de pintura. Asimismo evite golpear el tanque o los radiadores con los estrobos ya que pueden deteriorar la pintura del transformador e incluso generar deformaciones o fugas.

Nunca se deberá levantar un transformador o moverlo colocando palancas o gatos debajo de la válvula mariposa, salida del aceite de refrigeración, conexiones de los radiadores u otros dispositivos.

Figura 18. Levante prohibido del transformador.

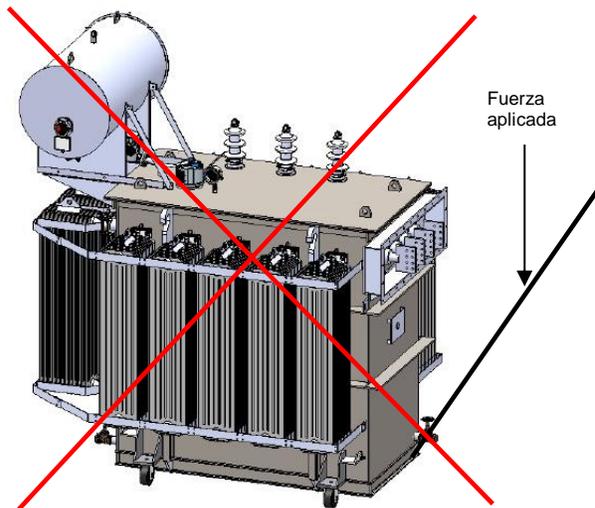
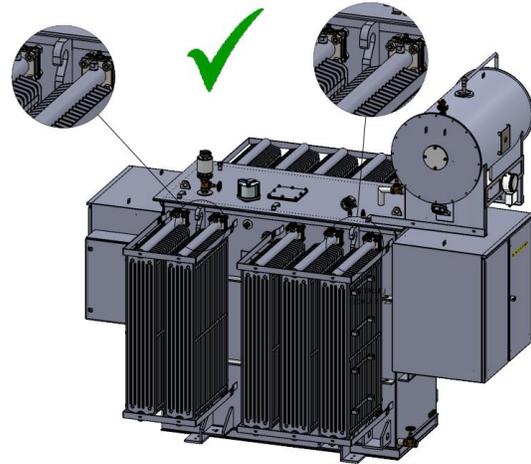


Figura 18.1: Forma correcta de levante del transformador



5. MONTAJE

Los transformadores deben ser manipulados, instalados y operados por personal idóneo, cumpliendo con las normas aplicables en el lugar de instalación.

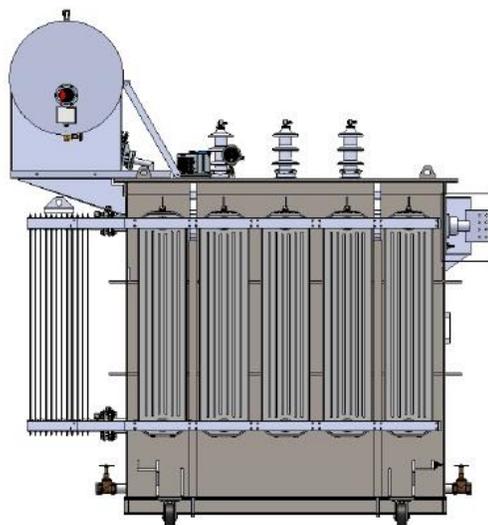
El no montar e instalar el transformador apropiadamente puede causar lesiones graves, muerte o daños a las personas y/o elementos que estén conectados al circuito.

El llenado del transformador, con aceite dieléctrico, en caso que este se despache con presión de nitrógeno seco debe ser efectuado por personal calificado.

Una vez finalizada la instalación de los accesorios de manejo y control, y llenado del transformador (si aplica), se realizan las siguientes pruebas eléctricas para verificar la conformidad del transformador: relación de transformación, resistencia de los devanados y resistencia de aislamiento.

En los accesorios de control se revisa continuidad y que estos accionen de acuerdo a los parámetros establecidos previamente.

Figura 19. Transformador completamente ensamblado.





6. PRECAUCIONES ANTES DE ENERGIZAR EL TRANSFORMADOR

El transformador ha sido probado en fábrica y se garantiza que cumplirá con los objetivos para los cuales fue construido. Es recomendable antes de ponerlo en servicio realizar las siguientes pruebas:

Nota: Los valores obtenidos en las pruebas deben ser sensiblemente iguales a los establecidos en el protocolo de pruebas, si los resultados obtenidos difieren de estos comuníquese con fábrica.

Medición de la resistencia de aislamiento

Medición de resistencia de los devanados. Se debe garantizar un buen contacto entre las pinzas del equipo y los terminales del transformador

Rigidez dieléctrica del aceite. Debe ser como mínimo 30 kV, medidos con electrodos semiesféricos, separados 25mm.

Prueba de los dispositivos de alarma y de las unidades de control. Verifique su funcionamiento con las terminales de alarma y disparo en el panel de control.



7. PRECAUCIONES PARA ENERGIZAR EL TRANSFORMADOR

Normas prácticas y rigurosas deben ser seguidas durante la inspección, montaje, energización y mantenimiento de transformadores. Estas deben ser estrictamente cumplidas para protección y seguridad de los trabajadores y el transformador.

ADVERTENCIA: Lea y siga las indicaciones mostradas, el no hacerlo puede causar lesiones y daños a la propiedad. Estas operaciones se deben realizar con el transformador des-energizado.

Todos los aparatos deben estar des-energizados durante la instalación o desinstalación de algún componente.

El tanque del transformador debe ser conectado a tierra en todo momento. Todos los devanados y bujes deben ser conectados a tierra a menos que se estén haciendo pruebas eléctricas. Con esto se reduce la posibilidad de descargas estáticas, que pueden resultar peligrosas para el personal y el transformador.

Los devanados secundarios de los transformadores de corriente, si el transformador de pequeña potencia cuenta con ellos, deben ser cortocircuitados o conectados a amperímetros para evitar inducir alta tensión a través de ellos.

No manipular directamente con las manos los cables energizados.

Deformaciones excesivas en el montaje pueden causar fallas en el funcionamiento.

Se debe contar con extintores de incendio para usarlos en caso de emergencia.

No se debe fumar en lugares próximos al transformador cuando se realice la conexión e instalación del mismo.

Las instalaciones deben ser de conformidad con las Normas Aplicables en el lugar de instalación.

La instalación y puesta en marcha del equipo debe ser realizada únicamente por personal capacitado, con conocimientos en normas de seguridad para la manipulación de equipos de alto voltaje, bajo una buena supervisión en cualquier operación: montaje, mantenimiento o maniobra.



8. PASOS DE INSTALACIÓN

Conectar definitivamente el transformador siguiendo la siguiente secuencia:

1. Realizar todas las conexiones a tierra.
 2. Realizar las conexiones de baja tensión.
 3. Realizar las conexiones de alta tensión.
- Para desconexión siga la secuencia inversa.

NOTA: las conexiones deben realizarse bajo las normas aplicables en el sitio de la instalación.

CONEXIÓN A TIERRA

Es necesario hacer una conexión a tierra firme, permanente y con valores permitidos por las normas aplicables en el lugar de instalación.

El tipo de configuración del sistema de puesta a tierra será definido por el área, resistividad del terreno y el valor de resistencia mínimo a cumplir. Las conexiones de puesta a tierra se harán con soldadura exotérmica o con los conectores aprobados por norma.

Secuencia de conexión:

Del terminal neutro del transformador se conectara un conductor, en el mismo calibre del conductor del neutro, hacia el sistema de puesta a tierra.

El tanque del transformador se conectará también al sistema de puesta a tierra.

Se deben conectar sólidamente todas las partes metálicas que no transporten corriente y estén descubiertas al sistema de puesta a tierra.

ADVERTENCIA: El transformador debe conectarse a tierra apropiadamente antes de energizarlo. El no conectarle apropiadamente puede causar graves lesiones o muerte.

CONEXIÓN EN BAJA TENSIÓN

NOTA: La conexión debe realizarse de acuerdo a las normas aplicables en el lugar de instalación.

Para conectar los cables de baja tensión al transformador proceda de la siguiente manera:

Identifique la acometida (conductor) y el calibre que va a conectar a los terminales de baja tensión.

La longitud del conductor que se utilizara en baja tensión debe ser suficiente para que no realice tensión mecánica sobre los terminales al efectuar la conexión al transformador, por lo tanto debe tener precaución que el conductor sea cortado a la medida justa.

Remueva el aislamiento del cable en la dimensión exacta y estañe, preferiblemente, la punta del cable antes de conectarlo.

ADVERTENCIA: Conexiones flojas o inadecuadas pueden producir calentamientos en el transformador o pérdidas eléctricas en la red.

CONEXIÓN EN ALTA TENSIÓN



Verificar que la selección del fusible es la adecuada, que cumple con todas las especificaciones mínimas para proteger el equipo.

Verificar que los dispositivos de protección contra sobretensiones, DPS, son adecuados para la protección del equipo, se debe garantizar que este cumpla su función de atraer un rayo ionizado y conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daños a construcciones o personas.

Para conectar los conductores de media tensión de la red eléctrica en los aisladores de alta tensión del transformador proceda de la siguiente manera:

Identifique la fase y el neutro de la red de distribución eléctrica que van a ser conectados en el transformador.

Unir los DPS con los aisladores de alta tensión del transformador utilizando el mismo calibre del conductor con el que se está haciendo la conexión en alta tensión. Esta conexión se realiza siempre y cuando los DPS no estén instalados desde el fabricante.

Antes de energizar el transformador realice el siguiente chequeo:

Verifique que la posición del conmutador este en el tap adecuado y que se encuentre bloqueado¹.

Verifique que el transformador no tenga inclinación con la horizontal.

Verifique que la puesta a tierra esté conectada en forma segura garantizando un buen contacto en la unión transformador conductor de tierra.

Deje en reposo el transformador, al menos cuatro (4) horas, antes de energizarlo, esto garantiza la evacuación de posibles burbujas de aire generadas en el interior del transformador durante el cargue, transporte y descargue.

Cerciórese con la prueba de resistencia de aislamiento que ninguna de las fases esté conectada a tierra y que no exista corto circuito entre ellas.

Verifique que los devanados tengan continuidad tanto en baja tensión como en alta tensión.

El conmutador permite variar la relación de transformación para garantizar que en baja tensión se entregue la tensión requerida. El conmutador cuenta con una manija externa, la cual debe ser operada únicamente con el transformador des-energizado.

Para operar el conmutador siga las siguientes instrucciones:

1. Des-energice el transformador y pruebe con un multímetro que no hay tensión en los terminales de baja tensión.
2. Por seguridad y protección conecte todos los aisladores de alta tensión y baja tensión a tierra usando un conductor de cobre desnudo, preferiblemente.



3. Conecte la pértiga a la tierra física con que cuenta la instalación eléctrica.
4. Utilice la pértiga para garantizar que el transformador se encuentra aterrizado, engánchela en la manija del conmutador.
5. Gire la manija del conmutador hasta la posición deseada
6. Retire el conductor usado para aterrizar los aisladores.
7. Retire y desconecte de tierra la pértiga.
8. Energice el transformador y mida la tensión en el secundario para asegurarse de que los niveles de tensión son los deseados.



9. PUESTA EN MARCHA

Después de tener la red con los dispositivos de seguridad instalados y conectados, proceda a energizar el transformador de pequeña potencia desde el seccionador principal del circuito, si este fue des-energizado para efectuar la conexión del transformador, o utilice una pértiga para proceder con el cierre del corta-circuito. Inmediatamente queda energizado el transformador.

Una vez el transformador este energizado observe si el transformador produce ruidos anormales como zumbidos, vibraciones y chisporroteos. Si produce estos ruidos proceda así:

Observe que el voltaje de entrada sea el que está en placa del transformador.

Mida continuidad en alta tensión y baja tensión.

Revise que no haya un cortocircuito en la red que se está conectando.

Revise que el conmutador este en la posición que indica la placa del transformador.

Si el problema persiste comuníquese con el proveedor.

Una vez el transformador es energizado y opera correctamente, se comprueban las tensiones de salida del transformador y se verifica que no existan desbalances entre fases para proceder con la instalación de la carga.

En caso de producirse ruidos, olor a algún elemento quemado u ozono, se fundan fusibles o se presente calentamiento en algún punto después de instalada la carga proceda de la siguiente forma:

Des-energice completamente el transformador.

Revise que todas las conexiones a tierra están rígidas y correctamente hechas.

Revise que no existan conexiones flojas.

Revise que no haya fases a tierra o en corto circuito tanto en media tensión como en baja tensión.

Revise que las conexiones tanto en media como en baja tensión no estén contaminadas de cuerpos o sustancias extrañas.

Revise que no existe corto-circuito en la carga.

En caso que la falla persista póngase en contacto con la fábrica o nuestro distribuidor más cercano para solicitar asistencia.

En caso que no existan problemas en la puesta en marcha, revise el transformador periódicamente para comprobar que funciona correctamente.

ADVERTENCIA: Este procedimiento debe ser realizado por personal calificado, acogiendo todas las medidas de seguridad propuestas en las normas aplicables del sitio de instalación.



10. ALMACENAMIENTO

Una vez el transformador ha sido entregado al cliente, es aconsejable colocarlo en su ubicación permanente, aunque no se ponga en funcionamiento inmediatamente. Si esto no fuese posible, deberá colocarse en un lugar seco y deberá estar lleno con aceite.

La base usada para el almacenamiento del transformador deberá tener suficiente resistencia como para soportar su peso y tener además un nivel plano.

Las pérdidas eventuales de aceite no deberán en forma alguna perjudicar el medio ambiente.

Cuando sea posible alimente los gabinetes de control a su tensión correspondiente para evitar la condensación de agua en su interior.

Se debe tener especial precaución antes de energizar un transformador que ha estado almacenado por más 60 días.

En este caso es necesario seguir el siguiente procedimiento:

Limpieza de los aisladores de alta y baja tensión.

Revisar que no se encuentre algún animal (roedores, aves) entre los radiadores.

Revisar que no existan fugas de aceite dieléctrico en el tanque.

Adicionalmente, se deben efectuar una serie de ensayos eléctricos al transformador para garantizar su

correcto funcionamiento en la red eléctrica, como son:

- Resistencia de los devanados.
- Contenido de humedad del aceite.
- Rigidez dieléctrica del aceite.
- Medición del factor de potencia del transformador y del aceite.

Es necesario, también, realizar una inspección visual a los instrumentos de medición y control.

A partir de los correctos resultados de las pruebas de aceite y ensayos eléctricos se determina la energización del transformador de pequeña potencia.



11. MANTENIMIENTO

Para asegurar una larga de vida del transformador y que este opere correctamente es de vital importancia estar chequeando periódicamente su desempeño y proporcionarle un mantenimiento adecuado.

ADVERTENCIA: Para realizar cualquier labor de mantenimiento el transformador debe estar desenergizado. Todas las labores de mantenimiento tanto preventivo como correctivo deben ser llevadas a cabo por personal capacitado y entrenado en este tipo de actividades. Conservando todas las medidas de seguridad pertinentes.

Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo puede definirse como un conjunto de acciones de carácter periódico y permanente que tiene la particularidad de prever anticipadamente el deterioro, producto del uso y agotamiento de la vida útil de componentes, partes, piezas y materiales, permitiendo la operación continua, confiable, segura y económica del transformador.

Se deben efectuar revisiones periódicas para verificar la ausencia de fugas de aceite, puntos calientes en las conexiones y temperatura de funcionamiento del transformador.

Tabla 3. Mantenimiento preventivo de accesorios.

Inspección	Periodicidad	Observación
Medición de la puesta a tierra	Cada 6 meses	Verifique la resistencia de la puesta a tierra
Resistencia de aislamiento de los devanados	Cada 6 meses	Registrar los datos para un buen seguimiento
Medición en los terminales de baja tensión	Cada 6 meses	Registrar los datos de voltaje para un buen seguimiento
Rigidez aceite dieléctrico	Una vez al año	Mínimo 30 KV
Accesorios externos	Cada 6 meses	Condiciones físicas
Pintura	Una vez al año	Limpieza de polvo u otras suciedades
Estado de los empaques de los accesorios	Una vez al año	Fisuras para evitar fugas o posible entrada de humedad



12. RECOMENDACIONES DE CARÁCTER AMBIENTAL

Este equipo contiene aceite aislante – dieléctrico, catalogado por el fabricante como clase 9 según la Norma Técnica Colombiana, NTC 1692.

Algunas de las características del aceite, según su hoja de seguridad MSDS (Material Safety Data Sheet) son las siguientes:

El aceite es estable en condiciones normales.

Comienza a descomponerse a una temperatura igual o superior a los 280°C.

Puede generar gases inflamables que, además, podrían ser nocivos.

En presencia de aire, existe el riesgo de auto ignición a temperaturas mayores a 270°C.

Por lo anterior tenga en cuenta las siguientes medidas preventivas antes de entrar en contacto con el aceite:

Tenga disponibles medios de extinción adecuados: para este caso use dióxido de carbono en la forma de agente químico seco (CO₂) o espuma. Puede usarse aspersión de agua / niebla. Por razones de seguridad no use chorro de agua, a menos que sea utilizado por personas autorizadas (riesgo de manchas por combustión).

Utilice elementos de protección personal adecuados, se sugiere guantes de nitrilo, gafas y botas de seguridad.

Tenga disponibles elementos para el almacenamiento del aceite y el control de derrames de aceite.

Para el caso de derrame durante el transporte, instalación o reparación del equipo:

Transporte el equipo en un vehículo equipado con elementos para el control de derrames de aceite (kit para manejo de derrames) y que en términos generales cumpla con lo establecido en el decreto 1609 de 2002, para el transporte de mercancías peligrosas.

Si se presenta derrame de aceite se debe prevenir que el este entre en contacto con el suelo o se esparza en cunetas viales, drenajes, alcantarillados o cursos de agua. Para ello utilice los elementos disponibles en el kit para manejo de derrames.

En lo posible se debe confinar el derrame impidiendo su esparcimiento, recogerlo con los medios absorbentes que se tengan disponibles. Se recomienda para ello polvos químicos especiales y paños absorbentes, en caso extremo utilice arena, tierra u otro material inerte.

Tenga en cuenta que los residuos generados durante la manipulación del aceite o el control de derrames o emergencia se clasifican como peligrosos y deben ser dispuestos como tal, según la legislación local. Por lo tanto deben ser recogidos del sitio y llevados a un lugar autorizado para tal fin.

Precauciones personales: Use equipo de protección adecuado. En caso de un



derrame importante, lleve a cabo el procedimiento de limpieza con la indumentaria de protección adecuada, como por ejemplo guantes y botas. Quítese la ropa contaminada lo más pronto posible.