

Plan De Mantenimiento Para Un Transformador Eléctrico Tipo Pedestal (Pad Mounted) Ocasionalmente Sumergible De 630 Kva.

Autores:

Luis Alejandro Castro Castro

Código estudiantil: 23551818960

Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica

Tecnología en Mantenimiento Electromecánico

Universidad Antonio Nariño

Cartagena de Indias

lcastro09@uan.edu.co

Director

Rafael Maria Hurtado Barrera

rafahurtado@uan.edu.co

RESUMEN: Este proyecto ha brindado un aporte importante en las líneas de desarrollo tecnológicos, teniendo en cuenta, que actualmente se encuentra muy poca información sobre intervenciones a este tipo de transformadores, siendo este uno de los equipos más comunes y populares actualmente en nuestro entorno de convivencia, De acuerdo a esto se elabora un plan de mantenimiento preventivo, donde se observa de forma explícita las actividades que se deben realizar de acuerdo a la situación y requerimientos del equipo, brindándole los conocimientos necesarios al personal calificado para ejecutar dicha labor, gracias a esto se busca brindar mayor eficiencia en los procedimientos de mantenimientos en estos equipos, generando una mayor calidad de trabajo en el sistema operante y una vida útil prolongada del equipo.

En el escrito podemos encontrar un listado de piezas y subsistemas que conforman el transformador Tipo Pedestal (Pad Mounted), con el fin de conocer el equipo en su totalidad y sea más fácil la detección de anomalías.

Con base a recomendaciones del fabricante se determinó, una frecuencia de inspección promedio y complementando con la información obtenida, se desarrolló el plan de

mantenimiento preventivo y el límite operacional a tener en cuenta.

En consecuencia, en este documento podemos observar una lista de tareas donde puede guiarse el personal capacitado, en base a los estudios realizados para desarrollar un mantenimiento preventivo.

PALABRAS CLAVE: Eficiencia, transformador eléctrico, aceite dieléctrico,, prevención, corrección, Riesgo, Análisis,, fluido eléctrico, calidad.

ABSTRACT: This project has provided an important contribution in the technological development lines, taking into account that currently there is very little information on interventions to this type of transformers, this being one of the most common and popular equipment currently in our coexistence environment, According to this, a preventive maintenance plan is elaborated, where the activities that must be carried out according to the situation and requirements of the equipment are explicitly observed, providing the necessary knowledge to qualified personnel to carry out said work, thanks to this seeks to provide greater efficiency in maintenance procedures in this equipment, generating a higher quality of work in the operating system and a prolonged useful life of the equipment.

In the writing we can find a list of parts and subsystems that make up the Pedestal Type transformer (Pad Mounted), in order to know the equipment in its entirety and make it easier to detect anomalies.

Based on the manufacturer's recommendations, an average inspection frequency was determined and, complemented with the information obtained, the preventive maintenance plan was developed and the operational limit to be taken into account.

Consequently, in this document we can observe a list of tasks where trained personnel can be guided, based on the studies carried out to develop preventive maintenance.

I. INTRODUCCIÓN.

En este proyecto se comparte información teórica y técnica sobre uno de los modelos de transformadores con mayor demanda en el mercado, con el fin de capacitar al personal calificado, aportando a la calidad del funcionamiento del equipo en operación, disminuyendo los riesgos eléctricos y posibles fallas a futuro.

En la actualidad podemos encontrar muy poca información sobre este tipo de procedimientos, en base a esta situación nació la necesidad de elaborar este proyecto para el beneficio de los interesados en el caso.

¿Pero qué es un transformador eléctrico Tipo Pedestal (Pad Mounted)?

Es una subestación que proporciona seguridad en media y baja tensión, gracias a su diseño compacto, el equipo ocupa menos espacio que un transformador diferente a su modelo, pero de igual forma poderoso.[1]

Para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo, se realizó una lista de piezas y de subsistemas que conforman el transformador para entender cómo está formado y que frecuencia de intervención requiere cada una de ellas.

Con esto se desarrolló exitosamente el plan de mantenimiento Para Un Transformador Eléctrico

Tipo Pedestal (Pad Mounted) Ocasionalmente Sumergible De 630 Kva.

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los transformadores son unos de los equipos más utilizados y necesarios en la tecnológica, ellos son los encargados de aumentar o disminuir el voltaje del circuito, con el propósito de brindar una buena calidad en el fluido eléctrico, su mantenimiento es requerido para el cuidado progresivo del mismo, ya que son equipos de alto valor económico, este servicio es indispensable para conservar la calidad de un buen suministro de energía eléctrica y para el buen funcionamiento de los electrodomésticos conectados al sistema.

Los transformadores tipo pedestal pad mounted brindan seguridad y eficiencia, convirtiéndolos en equipos comunes para zonas residenciales y de entorno público, pero su mantenimiento debe ser ejecutado por personal calificado y previamente capacitado para maniobrar dicho equipo.

Este transformador ha tenido mucha popularidad en los últimos años, es muy común encontrarlo en espacios públicos, por lo tanto diseñar un instructivo que ayude y capacite al personal calificado a manipular el equipo, sería un aporte significativo para el desarrollo profesional del personal encargado. Los transformadores eléctricos instalados en lugares catalogados como CX (extremadamente corrosivos) constan de una sistemática para la selección de recubrimientos, según ISO 9223:[3]

En esta norma se encuentran recomendaciones para escoger los procedimientos de recubrimientos que se deben tener en cuenta, para obtener diversos grados de duración en ambientes con diferentes condiciones de corrosividad.

Las anomalías y daños graves en los transformadores eléctricos, generan un impacto económico negativo para las empresas eléctricas, en base a esto se implementan controles para limitar este tipo de situaciones, una de las opciones más comunes además del mantenimiento preventivo es la gestión de activos, ya que permite conocer el estado de cada transformador operando ISO 55000.[4]

III.JUSTIFICACIÓN

Los transformadores Tipo Pedestal (Pad Mounted) actualmente son uno de los equipos

más requeridos por su adaptación en espacios públicos, su demanda ha requerido que se presente información para realizar su mantenimiento.

La elaboración del plan a seguir para la realización de dicho mantenimiento preventivo es indispensable, ya que hay que tener en cuenta las medidas de seguridad destacando los peligros que están sujetos a este procedimiento.

El riesgo eléctrico es el factor más destacado a tener en cuenta, por eso es de suma importancia elaborar un plan de mantenimiento, para ayudar y conocer los peligros a enfrentar, desarrollando soluciones para cumplir con el objetivo.

La seguridad cumple un papel muy importante en este proceso, debido a los grandes factores de riesgo que se encuentran en el campo eléctrico.

Es necesario conocer los riesgos para saber identificarlos y tomar las mejores decisiones teniendo en cuenta la finalidad de la labor.

IV. OBJETIVOS

A. OBJETIVO GENERAL

Elaborar plan de mantenimiento para el transformador eléctrico tipo pedestal (PAD MOUNTED) ocasionalmente sumergible de 630 KVA.

B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los subsistemas fundamentales que conforman los Transformadores Eléctricos Tipo Pedestal (Pad Mounted) Ocasionalmente Sumergible De 630 Kva
- Especificar la frecuencia de mantenimiento de cada parte del transformador de acuerdo a las especificaciones técnicas.
- Construir material de apoyo que sirva como guía de aprendizaje para el mantenimiento.

V. MARCO TEÓRICO

Un transformador pad mounted o tipo pedestal es un transformador, elaborado en una cabina de acero cerrada, la cual estará montada sobre una plataforma de concreto, de allí su nombre en inglés[5]

Los transformadores tipo pedestal pad mounted se elaboraron a finales de los años 60, con el objetivo de brindar una excelente protección externa, desde allí los transformadores de distribución energética ofrecen beneficios tanto para los usuarios, como para su entorno. [1]

Existen dos tipos de configuraciones básicas de transformadores tipo pedestal, estas varían dependiendo del tipo de circuito en circulación:

Configuración Radial:

El alimentador primario se conecta a cada bobina y por lo tanto cuenta con un terminal de media tensión por fase, Utilizando un seccionador de 2 posiciones para media tensión.[1]

Configuración en Mallas:

El alimentador primario se cierra y por lo tanto está equipado con dos terminales de media tensión por fase.[1]

Su manipulación debe ser con grúa, ya que esto ayuda a proteger el recubrimiento anticorrosivo y por ninguna razón se debe apoyar o hacer palanca sobre el gabinete, ya que estas estructuras no están diseñadas para tolerar ese tipo esfuerzos.[2]

Este tipo de transformadores, son normalmente requeridos como piezas del sistemas de distribución subterráneos, pensados para entornos públicos , sitios turísticos, hoteles, edificios, entre otros. El transformador tipo Pad Mounted es un equipo dentro de un gabinete, generalmente su ubicación se realiza a la intemperie, con terminales de media tensión de frente muerto y provisto de puertas con cerraduras.

Forma constructiva típica:

Estos equipos están formados normalmente por una parte activa, la bobina y la brida, la cual se define dependiendo del tipo de transformador, en un tanque que le da características particulares al equipo según el uso para el cual va a ser destinado.



Accesorios y protecciones:

Los accesorios de Media Tensión utilizados en los transformadores tipo pedestal son del tipo elastoméricos premoldeados, de operación bajo carga (a excepción de los de 600A) y frente muerto, lo que permite una operación segura. La alimentación se realiza a través de un seccionador interno de operación bajo carga y conjuntos bayonetas o canister que ofrecen un completo esquema de protección con fusibles.

La importancia del mantenimiento preventivo en el equipo en operación, es disminuir los riesgos eléctricos y posibles fallas a futuro.[8]

En el año 2001 se elaboró la primera actualización de la norma NTC 380, por la entidad nacional de normalización ICONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones), en esta norma se proporciona los procedimientos que se le deben proporcionar a los transformadores de distribución energética y las normas aplicables para cada tipo de procedimiento, .[9]

La estructura de la norma NTC 380 se compone de un objetivo principal, posee unas definiciones que le facilitan al lector entender de manera satisfactoria el desarrollo del documento, en el escrito se especifica los tipos de ensayos y sus características, resalta las condiciones generales para desarrollar el mantenimiento, y los requisitos necesarios para ejecutar la labor. [9]

Ensayo de tipo: Es el mantenimiento efectuado a un transformador, con el propósito de evidenciar que el equipo cumple con requisitos necesarios, no abarcado por los mantenimientos de rutina (IEC 60076-1, numeral 3.11.2).[10]

Ensayo rutinario: Es aquel que se aplica al equipo de forma gradual para mantener su calidad de funcionamiento en óptimas condiciones.[9]

VI. METODOLOGÍA,

Para desarrollar el plan de mantenimiento preventivo se identificaron los subsistemas y piezas fundamentales que conforman el equipo, con base a esto es posible identificar, percibir e intervenir posibles anomalías en el sistema y determinar las tareas necesarias para llevar a cabo el procedimiento, esto depende de las circunstancias en que se encuentre el equipo. Las tres situaciones a tener en cuenta son:

- Plan de mantenimiento basado en instrucciones del fabricante.
- protocolos genéricos del mantenimiento de las máquinas.
- análisis previo de los fallos.

Se indago en diferentes fuentes de información, sobre las características del transformador, para garantizar la calidad e impacto de las intervenciones en el equipo, teniendo en cuenta lo expuesto con anterioridad se desarrolló una tabla donde se detallan los límites de operación y acciones correctivas.

Teniendo en cuenta la información obtenida se desarrolló el manual de operación y procedimiento de mantenimiento.

Especificando la frecuencia de mantenimiento de cada parte del transformador de acuerdo a las especificaciones técnicas.

VII. RESULTADOS OBTENIDOS.

Para desarrollar y elaborar el plan de mantenimiento, se tuvo en cuenta información suministrada por el instituto colombiano de normas técnicas y certificaciones, ICONTEC. NTC 380 [9]

Esta norma nos asegura que el mantenimiento preventivo es adecuado para garantizar el correcto funcionamiento del equipo en operación y sobre todo tratar prolongar su vida útil, ya que la falla de un transformador, puede asumir costos extremadamente altos, no solo por el reemplazo del equipo, si no por la imposibilidad de abastecer el circuito a su disposición.[7]

Las tareas realizadas en este mantenimiento preventivo buscan disminuir probabilidades de fallas y optimizar la vida útil de sus componentes, garantizando su buen funcionamiento durante su vida útil.

Subsistemas fundamentales que conforman los Transformadores Eléctricos Tipo Pedestal (Pad Mounted) Ocasionalmente Sumergible De 630 Kva.

- **Núcleo:** Este es el espacio por el cual circula el campo electromagnético, su forma varía dependiendo del uso final del transformador.
- **Bobina:** Este es el encargado de producir el campo electromagnético que genera la circulación de electricidad.
- **Relé de sobrepresión:** se encarga de nivelar la sobre presión ejercida en el transformador.
- **Depósito de expansión:** este se encarga de visualizar el aumento de volumen producido por el calentamiento del refrigerante.
- **Tablero de control:** Contiene las conexiones eléctricas para el control, relés de protección eléctrica, señales de control de válvulas de sobrepresión hacia dispositivos de protección.

En el plan de mantenimiento preventivo desarrollado podemos observar la frecuencia de inspección para cada parte del transformador de acuerdo a las especificaciones técnicas y las tareas a desarrollar.(ANEXO H)

Explicación sobre la estructura del plan de mantenimiento programado.

- **Equipo:** Es el componente en el cual se desarrollan las actividades planteadas en el documento .
- **Actividad:** Son las operaciones que se llevan a cabo para realizar el plan de mantenimiento.
- **Duración N (H):** Es el intervalo de tiempo promedio que se emplea para realizar dicha actividad.
- **Periodicidad:**
- **N* Mano De Obra:** número del personal requerido para realizar.
- **H-H :** tiempo final promedio para ejecutar la actividad correspondiente.
- **Material:** elemento adicional necesario para realizar la actividad.
- **Herramientas o Equipo:** objeto necesario para realizar la labor.
- **EPP:** elementos de protección personal.

- **Observaciones:** son datos a tener en cuenta .

Programa De Mantenimiento Preventivo

Teniendo en cuenta los consejos y argumentos que establecen las normas técnicas, y los recursos de investigación a nuestra disposición, se finalizó el plan de mantenimiento correctamente.

El Plan De Mantenimiento Para Un Transformador Eléctrico Tipo Pedestal (Pad Mounted) Ocasionalmente Sumergible De 630 Kva, suministra información que permite ejecutar actividades, que prolongan la vida útil de los subsistemas del equipo y con ello la del sistema en general.[8]

Inspección e inventario del equipo.

Para identificar los subsistemas del transformador se le realizó una inspección a un equipo instalado en un espacio residencial, Esta inspección nos suministró información valiosa de los componentes del equipo, y se consiguió establecer un control de actividades programadas para ejecutar y corregir posibles daños.



A partir de ello se empieza a complementar y constituir el plan de mantenimiento gracias a los análisis realizados.

Requerimientos De Seguridad A Cumplir.

La seguridad en el campo eléctrico es un factor estricto a cumplir, ya que el riesgo es inminente, por lo tanto se deben ejecutar las recomendaciones, equipos de protección y medidas pertinentes para evitar accidentes.(ANEXO A)

El personal capacitado para realizar la labor, debe cumplir con los requerimientos establecidos antes de ejecutar el procedimiento.(ANEXO B)

Descripción de formatos del plan de

mantenimiento.

El operador debe tener en cuenta los límites de operaciones y acciones correctivas que se deben ejecutar.(ANEXO C)

El listado de piezas fundamentales que conforman los Transformadores Eléctricos Tipo Pedestal (Pad Mounted) Ocasionalmente Sumergible De 630 Kva, nos permitirá identificar, encontrar y percibir posibles anomalías en el sistema (ANEXO D)

El procedimiento de operación y mantenimiento complementa el plan de mantenimiento, resaltando las actividades del mantenimiento a los Transformadores Eléctricos Tipo Pedestal (Pad Mounted) Ocasionalmente Sumergible De 630 Kva. (ANEXO E)

El personal encargado debe tener en cuenta los límites de operaciones y acciones correctivas que se deben ejecutar.(ANEXO F)

En la frecuencia de inspección podemos encontrar las tareas que se deben realizar periódicamente.(ANEXO G)

La norma técnica NTC 380 (en su primera actualización), nos proporcionó información sobre las intervenciones eléctricas para los transformadores y la norma técnica correspondiente a cada uno de los procedimientos (ANEXO I)

A. UBICACIÓN DENTRO DE LAS LÍNEAS DE TRABAJO DEL PROGRAMA

Este proyecto está dentro de las líneas de desarrollo tecnológico.

B. USUARIOS DIRECTOS Y FORMAS DE UTILIZACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL PROYECTO

El plan de mantenimiento es realizado y enfocado para los estudiantes de la universidad Antonio Nariño, con el fin de que se utilice como material educativo y para el desarrollo profesional de los implicados.

VIII. CONCLUSIONES

- En el documento se establece una tabla de frecuencias de inspección para garantizar el buen funcionamiento del transformador de acuerdo a las especificaciones técnicas y las tareas a desarrollar cumpliendo a cabalidad con uno de los objetivos específicos, cabe resaltar que el intervalo de tiempo que se presenta en la tabla puede variar de acuerdo al entorno laboral, o uso del equipo.
- Se obtuvo exitosamente la lista de subsistemas fundamentales que conforman el transformador, permitiendo a conocer de manera interna el equipo y de esta forma poder identificar posibles fallas.
- De acuerdo a lo resaltado con anterioridad, se desarrolló el plan de mantenimiento preventivo que busca limitar las probabilidades de fallas en los transformadores y sobre todo brindar información para que el personal calificado ejecute las tareas correspondientes con éxito .
- Con base en las especificaciones técnicas se elaboró una tabla con los límites de operaciones que se deben de ejecutar para proteger el transformador de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- [1] TRANSFORMADORES, C. (2018). Transformador Pad Mounted: Características y funcionamiento. SANTIAGO: GOOGLE. Obtenido de <https://www.transformadores.cl/blog/que-es-un-transformador-pad-mounted/>

- [2] <https://ineldec.com/producto/transformador-trifasico-pedestal-pad-mounted-630-kva-rymel-magnetron/>
- [3] G. Tamez y C. Gaytán, "Metodología de selección de recubrimientos para transformadores eléctricos instalados en ambientes corrosivos extremos", 2017 IEEE 37th Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXVII) , Managua, 2017, pp. 1-6, doi: 10.1109 /CONCAPAN.2017.8278500.
- [4] E. Aliani and A. A. Romero, "Consideraciones para la gestión de transformadores de potencia, en el marco de la ISO 55000," 2014 IEEE Biennial Congress of Argentina (ARGENCON), Bariloche, 2014, pp. 594-599, doi: 10.1109/ARGENCON.2014.6868556.
- [5] Sarzosa, A. L., & Merino, F. A. (2016). Resultados de la aplicación de los transformadores pad mounted en el sistema de distribución de la empresa eléctrica quito SA.
- [6] Navas, D. F., Ramírez, H. C., & Ibarra, D. F. E. (2013). Implementación de un sistema de medición de temperatura empleando fibra óptica para el estudio térmico de transformadores de distribución inmersos en aceite mineral y vegetal. Revista EIA, 10(19), 23-31.
- [7] Álvarez, R. E., & Pozo, M. D. D. (2007). Mantenimiento de transformadores de potencia. In XII Encuentro Regional Iberoamericano de CIGRE (Foz de Iguazú, Brasil, 2007).
- [8] ctetrafo. (2015). Importancia del mantenimiento para un transformador. Cordiba, España: google. Obtenido de <https://www.ctetrafo.es/blog/la-importancia-del-mantenimiento-de-un-transformador-de-potencia/>
- [9] ICONTEC. (26 de 09 de 2001). *NORMA TECNICA NTC COLOMBIANA 380*. Obtenido de NORMA TECNICA NTC COLOMBIANA 380: <https://blog.utp.edu.co/juandavidsanchez/files/2015/07/NTC380.pdf>
- [10] IEC. (04 de 2000). *iec.ch*. Obtenido de *iec.ch*: http://v4-upload.goalsites.com/120/editor_1514879731_IEC60076-1.pdf

Anexos

ANEXO A. SEGURIDAD PARA LLEVAR A CABO EL PROCEDIMIENTO REQUERIDO.

Producto	MSDS	Pictogramas de peligro	EPP requeridos
<u>Tekusoly</u> <u>Silica Gel Naranja</u>		 Riesgo eléctrico	
EPP requeridos: Casco dieléctrico de seguridad, Protector auditivo, Botas dieléctricas, Guantes dieléctricos, Gafas de seguridad, Traje contra arco eléctrico. Máscara de protección contra vapores y monogafas (portar siempre y usar cuando sea necesario).			
Duchas-lavaojos: Identificar la ducha-lavaojos más cercana a su área de trabajo.			

ANEXO B. REQUISITOS PREVIOS

Descripción
Realizar análisis de trabajo seguro ATS.
Diligenciar permiso de trabajo seguro PTS.
Equipo entregado por el operador de servicios.
Preparar Formato de Inspección de Transformadores (Ver apéndice I)

ANEXO C. LÍMITES DE OPERACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS

Descripción	TAG	Parámetros normales de operación	Límites de operación segura	Condiciones de alarma	Puntos de ajuste/ disparo del interlock	Consecuencias de la desviación	Acciones correctivas y de emergencia
Fuga de aceite	Equipo	Sin fuga de aceite	No aplica	Fuga de aceite	No aplica	Bajo nivel de aceite	Informar al supervisor
Nivel de aceite en transformadores	Equipo	> 30%	30%	< 30%	No aplica	Daño del bobinado del transformador	Reponer nivel de aceite
Registro de temperatura del transformador	Equipo	$T_{aceite} < 75^{\circ}\text{C}$ $T_{bobinas} < 90^{\circ}\text{C}$	(Hasta) $T_{aceite} : 75^{\circ}\text{C}$ $T_{bobinas} : 100^{\circ}\text{C}$	$T_{aceite} > 80^{\circ}\text{C}$ $T_{bobinas} > 100^{\circ}\text{C}$	No aplica	Deterioro en los sistemas de aislamiento (aceite y papel)	Informar al supervisor
Estado de los Ventiladores	Equipo	Operativo	No aplica	No operativo	No aplica	Disipación de temperatura deficiente	Informar al supervisor
Estado de gel de sílica	Equipo	Silica color Naranja (10-20%)	Silica color Verde con centro Naranja (20%-40%)	Silica color Verde con centro amarillo (40%-55%)	No aplica	Contaminación del aceite del transformador	Cambio de la gel de sílica

ANEXO D. Piezas De Un Transformador Tipo Pedestal (PAD MOUNTED)

Piezas De Un Transformador Tipo Pedestal (PAD MOUNTED)	
1)	Boquillas De Alta Tensión A.T.
2)	Boquillas De Baja Tensión B.T.
3)	Válvula De Muestreo De Aceite.
4)	Cambiador De Ajuste En Tape.
5)	Radiadores De Enfriado.
6)	Asas De Levantamiento.
7)	Tanque De Conservador.
8)	Conector A Tierra.
9)	Placa De Datos.

ANEXO E. MANUAL DE OPERACIÓN Y PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO.

MANUAL DE OPERACIÓN.

1. Verificar la identificación del equipo y el buen estado de los avisos de cada uno de los transformadores.
2. Inspeccionar el estado de los bornes de conexión del lado de alta como de baja tensión.
3. Identificar posibles fugas de aceite en el equipo. Registrar presencia de fuga. Corregir fallas de ser posible; de no ser posible informar para su posterior reparación.

Precaución: Si se ejecuta la corrección inmediata de la falla, limpiar el área superior del tanque y alrededor de los aisladores para verificar la corrección o continuación de la falla. Para la limpieza es recomendable limpiar con Tekulsolv.

4. Registrar temperatura del devanado del transformador.
5. Verificar funcionamiento de los ventiladores de enfriamiento forzado (Si se encuentran instalados).
6. Verificar conexión de tierra y estado de resistencia de falla a tierra.

Nota: Inspeccionar las conexiones equipotenciales de cada uno de los puntos conectados a tierra

7. Verificar nivel y temperatura de aceite. Informar si se detecta el nivel bajo.
8. Verificar estado de la sílica.
9. Retirar todas las herramientas utilizadas, dejar el área completamente limpia.
10. Registrar los datos solicitados en el formato de inspección de transformadores.
11. Cerrar el permiso de trabajo seguro PTS con la firma del operador del área.
12. Notificar la orden de trabajo en SAP.

ANEXO F. LÍMITES DE OPERACIÓN Y ACCIONES CORRECTIVAS

Descripción	TAG	Parámetros normales de operación	Límites de operación segura	Condiciones de alarma	Puntos de ajuste / disparo del interlock	Consecuencias de la desviación	Acciones correctivas y de emergencia
Nivel de saturación de humedad	Equipo	Silica color Naranja (10-20%)	Silica color Verde con centro Naranja (20%-40%)	Silica color Verde con centro amarillo (40%-55%)	No Aplica	Contaminación del aceite. Reduce la rigidez dieléctrica	Realizar el cambio de Silica Gel.

ANEXO G. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BÁSICO O RUTINARIO

INTERVALO DE TIEMPO	ACTIVIDADES A REALIZAR
Diariamente	1. Tome lecturas de las corrientes y de los voltajes de carga 2. Tome lecturas de la temperatura del aceite y de la temperatura de devanados (si el transformador tuviere medidor de temperatura de devanados)
Semanalmente	1. Nivel de aceite en el tanque.
Mensualmente	1. Realice una inspección general del transformador. Tome nota del número de operaciones del cambiador de tap bajo carga (si el transformador estuviere equipado con uno)
3 meses	1. Realice las nueve pruebas al aceite dieléctrico. Tome lecturas de la temperatura promedio del aceite. 2. Revise la existencia de fugas de aceite.
Semestralmente	1. Realice las nueve pruebas al aceite dieléctrico. 2. Realice una inspección visual de los pasatapas/aisladores y pararrayos en busca de rajaduras, grado de limpieza, contaminación o existencia de fogoneo. 3. Revise el sistema de puesta a tierra en busca de malos contactos, conexiones rotas o corroídas

ANEXO H. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO O ENSAYO DE TPO.

Plan De Mantenimiento Para Un Transformador Eléctrico										
Tipo Pedestal (Pad Mounted) Ocasionalmente Sumergible De 630 Kva.										
EQUIPO	ACTIVIDAD	DURACION N (H)	PERIODICIDAD	N* MANO DE OBRA	CARACTERISTICAS DE MANO DE OBRA	H-H TOTALES	MATERIAL	HERRAMIENTAS O EQUIPOS	EPP	OBSERVACIONES
Transformador Eléctrico Tipo Pedestal (Pad Mounted) Ocasionalmente Sumergible De 630 Kva.	Verificar la identificación del equipo y el buen estado de los avisos de cada uno de los transformadores	1	Mensual	1	ELECTRICISTA	1			Gafas, Guantes y Botas	
	Inspeccionar el estado de los bornes de conexión del lado de alta como de baja tension	1	Semanal	1	ELECTRICISTA	1			Gafas, Guantes y Botas	
	Identificar posibles fugas de aceite en el equipo registrar presencia de fuga .Corregir fallas de ser posible ;de no ser posible informar para su posterior reparacion	2	Mensual	2	ELECTRICISTA AYUDANTE	3		juego de llaves, pinza voltiamperimetrica	Gafas, Guantes y Botas	

Plan De Mantenimiento Para Un Transformador Eléctrico										
Tipo Pedestal (Pad Mounted) Ocasionalmente Sumergible De 630 Kva.										
EQUIPO	ACTIVIDAD	DURACION N (H)	PERIODICIDAD	N* MANO DE OBRA	CARACTERISTICAS DE MANO DE OBRA	H-H TOTALES	MATERIAL	HERRAMIENTAS O EQUIPOS	EPP	OBSERVACIONES
Transformador Eléctrico Tipo Pedestal (Pad Mounted) Ocasionalmente Sumergible De 630 Kva.	registrar temperatura del devanado del transformador	1	Mensual	1	ELECTRICISTA	2		Pinza voltiamperimetricas ,medidor de temperatura	Gafas, Guantes Botas	
	verificar funcionamiento de los ventiladores de enfriamiento forzado (si se encuentran instalados)	1	semanal	1	ELECTRICISTA	2		Pinza voltiamperimetricas , destornilladores	Gafas, Guantes Botas	
	verificar conexión de tierra y estado de resistencia de falla a tierra	1	mensual	1	ELECTRICISTA	2		Pinza voltiamperimetricas	Gafas, Guantes Botas	
	verificar nivel y temperatura de aceite informar si se detecta el nivel bajo	1	Diariamente	1	ELECTRICISTA	2		juego de llaves , recipiente	Gafas, Guantes Botas	

Plan De Mantenimiento Para Un Transformador Eléctrico										
Tipo Pedestal (Pad Mounted) Ocasionalmente Sumergible De 630 Kva.										
EQUIPO	ACTIVIDAD	DURACION N (H)	PERIODICIDAD	N* MANO DE OBRA	CARACTERISTICAS DE MANO DE OBRA	H-H TOTALES	MATERIAL	HERRAMIENTAS O EQUIPOS	EPP	OBSERVACIONES
Transformador Eléctrico Tipo Pedestal (Pad Mounted) Ocasionalmente Sumergible De 630 Kva.	Registrar todas las herramientas utilizada ,dejar el area completamente	1		1	ELECTRICISTA	1			Gafas,Guantes y Botas	
					AYUDANTE					
	registrar los datos solicitados en el formato de inspeccion de transformadores	1		1	ELECTRICISTA	1			Gafas,Guantes y Botas	
					AYUDANTE					
	cerrar el permiso de trabajo seguro PTS con la firma del operador del area	1		1	ELECTRICISTA	1			Gafas,Guantes y Botas	
					AYUDANTE					

ANEXO I. Clasificación de los ensayos y NTC sobre los métodos de ensayo

Ensayos eléctricos	Norma aplicable para ejecutar el ensayo
Ensayos de rutina	
Medición de la resistencia de los devanados	NTC 375
Medición de la relación de transformación, verificación de la polaridad y relación de fase.	NTC 471
Medición de las tensiones de cortocircuito	NTC 1005
Medición de las pérdidas con carga	NTC 1005
Medición de las pérdidas y corriente sin carga (en vacío)	NTC 1031
Tensión aplicada	NTC 837
Sobretensión inducida*	NTC 837
Ensayos tipo	
Tensión de impulso tipo descarga atmosférica*	NTC 837
Calentamiento	NTC 316 ó NTC 3445
Ensayos especiales	
Aptitud para soportar el cortocircuito	NTC 532