



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE
TRANSFORMADORES EN LA EMPRESA INEDYC EN LA CIUDAD
AMBATO”**

Trabajo de Titulación bajo la modalidad de Propuesta Metodológica, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial

Autor:

López Flores Sandy Eliana

Tutor:

Ing. Cuenca Navarrete Leonardo Guillermo, Mg.

AMBATO – ECUADOR

2019

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TÍTULACIÓN**

Yo, Sandy Eliana López Flores, declaro ser autora del Trabajo de Titulación con el nombre **“DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES EN LA EMPRESA INEDYC EN LA CIUDAD AMBATO”**, como requisito para optar al grado de **“INGENIERA INDUSTRIAL”**, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 25 días del mes de noviembre de 2019, firmo conforme:

Autora: Sandy Eliana López Flores Firma:

Número de Cédula: 0503996720

Dirección: Cotopaxi, Latacunga, San Buenaventura

Correo Electrónico: sandylop785@gmail.com

Teléfono: 0958921600

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “**DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES EN LA EMPRESA INEDYC EN LA CIUDAD AMBATO**” presentado por Sandy Eliana López Flores, para optar por el Título de Ingeniera Industrial.

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Ambato, 25 de noviembre de 2019

.....
Ing. Cuenca Navarrete Leonardo Guillermo, Mg.

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Ambato, 25 de noviembre de 2019

.....

López Flores Sandy Eliana

C.C. 0503996720

APROBACIÓN TRIBUNAL

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: **“DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES EN LA EMPRESA INEDYC EN LA CIUDAD AMBATO”**, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Ambato, 25 de noviembre de 2019

.....

Ing. Saá Tapia Fernando David, M. Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....

Ing. Ayala Chauvin Manuel Ignacio, M. Sc.

VOCAL

.....

Ing. Varela Aldás José Luis, M. Sc.

VOCAL

DEDICATORIA

Al padre eterno hacedor de todas las cosas.

A mis padres por su apoyo y amor incondicional, por añorar lo mejor para sus hijos

A mi esposo e hijo por su aliento constante, por su ayuda desinteresada

A mis hermanos por su soporte, complicidad y amor constantes

Sandy Eliana

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento profundo a la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Indoamérica por brindarme la oportunidad de prepararme como profesional y ante todo como ser humano

A los docentes de Industrial por compartir sus conocimientos e impartirnos valores para que seamos hombres y mujeres de bien.

A INEDYC, por confiar en mí y compartir la experiencia de su quehacer laboral y su emprendimiento y apoyarme en el desarrollo de la presente propuesta metodológica.

A todos y cada uno de las personas que en su momento me brindaron su apoyo y aliento para llegar a cumplir una meta añorada en mi formación académica.

GRACIAS

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN TRIBUNAL	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE IMÁGENES	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN EJECUTIVO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Tema	1
Introducción	1
Antecedentes.....	3
Justificación	6
Objetivos.....	7
Objetivo General	7
Objetivos Específicos.....	7

CAPÍTULO II INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual.....	8
Localización geográfica de INEDYC	10
Evaluación de la situación actual	15
Área de estudio	23

Modelo Operativo	24
Desarrollo del modelo operativo.....	25

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Definición de los modos de fallas de los componentes críticos.....	29
Sistema parte activa	29
Estrategias de mantenimiento.	36
Mejoramiento del plan de mantenimiento predictivo.	42
Presentación de la Propuesta.....	44
Beneficiarios:	44
Ubicación	44
Antecedentes de la propuesta.	44
Objetivos	45
Objetivo general	45
Objetivos específicos	45
Justificación.....	45
DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	46
Factibilidad.....	46
Planificación del Mantenimiento.....	47
Procedimiento de Mantenimiento Preventivo: (TERMOVACÍO).....	47
Costo y Administración	57

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones	59
Recomendaciones	60
Bibliografía.	61
ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de evaluación de la planificación del mantenimiento.....	16
Tabla 2. Matriz de evaluación de la organización del mantenimiento.....	17
Tabla 3. Matriz de evaluación de la dirección del mantenimiento.....	18
Tabla 4. Matriz de evaluación del control del mantenimiento.....	19
Tabla 5. Matriz de resumen de la evaluación del mantenimiento actual	20
Tabla 6. Sistemas y componentes críticos en un transformador	28
Tabla 7. Análisis Modal Sistema Bobina	31
Tabla 8. Análisis Modal Sistema Núcleo	32
Tabla 9. Análisis Modal Sistema Cuba-Aceite	33
Tabla 10. Análisis Modal Sistema Conmutador	34
Tabla 11. Análisis Modal Sistema Bushing	35
Tabla 12. Estrategia N° 1	38
Tabla 13. Estrategia N° 2	41
Tabla 14. Ficha técnica transformador	50
Tabla 15. Datos técnicos de mantenimiento de transformadores.....	51
Tabla 16. Cronograma de mantenimiento	52
Tabla 17. Límites mínimos de Rigidez dieléctrica para aceite en servicio de transformadores.	53
Tabla 18. Límite máximo de porcentaje de factor de potencia del aceite en servicio de transformadores	54
Tabla 19. Límites máximos de número de neutralización del aceite en servicio de transformadores.	55
Tabla 20. Límites mínimos de tensión interfacial para aceite en servicio de transformadores.	55
Tabla 21. Cronograma de actividades enero a junio 2020	56
Tabla 22. Costo de la Propuesta.....	58

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Modelo Operativo	24
Gráfico 2. Porcentaje de falla por elemento de transformadores de potencia.....	43

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Clientes de INEDYC.....	9
Imagen 2: Localización geográfica de la Propuesta Metodológica	10
Imagen 3: Ensayo de Factor de Potencia – Transformador 5MVA	23

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Guion de Entrevista.....	64
ANEXO 2: Transformadores.....	65
ANEXO 3: Informe del Mantenimiento y Pruebas de Calidad.....	68

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA
COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA: “DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES EN LA EMPRESA INEDYC EN LA CIUDAD AMBATO”

AUTOR: López Flores Sandy Eliana

TUTOR: Ing. Cuenca Navarrete Leonardo Guillermo Mg.

RESUMEN EJECUTIVO

En la ciudad de Ambato la empresa INEDYC dedicada al mantenimiento de transformadores de potencia, cuenta con un Sistema de Gestión de Mantenimiento basado en la experiencia de los trabajadores, por lo que, en este trabajo se pretende normalizar técnicamente el sistema de gestión en base a la norma COVENIN 2500- 93; Planificación, Organización, Dirección y Control. En este sentido, se plantean los siguientes pasos para el nuevo modelo operativo: (1) diagnóstico de transformadores de potencia, (2) definición de modos de fallas de los componentes críticos y (3) formulación de estrategias de mantenimiento, para lo cual se aplica el análisis modal de fallos y efectos. Como resultado de la evaluación del SGM se determinó que la empresa solamente cumple con un 35% de la norma. La evaluación se basó en el análisis de fallos para evitar sobrecalentamientos en las bobinas, monitorear las temperaturas, realizar análisis físico químico y cromatografía de gases al aceite dieléctrico, efectuar mediciones de resistencia del devanado y ejecutar mediciones de la relación de transformación. Además, de efectuar termografías periódicas. De este proceso de evaluación se concluye que en las pruebas del aceite se evidencia deterioro del mismo y si algunos valores están por debajo de los permitidos se debe realizar mantenimiento al aceite (en caliente o en frío), con el objeto de optimizar las condiciones del transformador mejorando el aceite en sus características de refrigerante y dieléctrico. Finalmente, para que el SGM llegue al porcentaje ideal cercano al 100% se plantea establecer fichas técnicas de reparación, plan de mantenimiento preventivo e historial de los transformadores reparados. Adicionalmente, se recomienda realizar un seguimiento de los registros de operación y reportes de fallas de las unidades, para así predecir las posibles fallas y tomar acciones preventivas antes que el equipo tenga que ser parado de manera inesperada.

DESCRIPTORES: carga, disponibilidad, gestión, mantenimiento, transformador.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA FACULTAD DE
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

THEME: “DESIGN OF THE TRANSFORMER MAINTENANCE MANAGEMENT SYSTEM IN THE ‘INEDYC’ COMPANY IN THE CITY OF AMBATO”

AUTHOR: López Flores Sandy Eliana

TUTOR: Ing. Cuenca Navarrete Leonardo Guillermo Mg.

ABSTRACT

In Ambato the INEDYC company is dedicated to the maintenance of power transformers, it has a Maintenance Management System based on the experience of the workers, so, in this study it is intended to standardize technically the management system based on COVENIN 2500-93; Planning, Organization, Direction and Control. In this sense, the following steps are proposed for the new operating model: (1) diagnosis of power transformers, (2) definition of failure modes of critical components and (3) formulation of maintenance strategies, for which the modal analysis of faults and effects apply. As a result of the evaluation of the SGM, it was determined that the company only complies with 35% of the standard. The evaluation was based on fault analysis to avoid overheating in the coils, monitor temperatures, perform chemical physical analysis and gas chromatography to dielectric oil, perform winding resistance measurements and perform measurements of the transformation ratio. In addition, periodic thermography was performed. From this evaluation process it is concluded that the oil tests show deterioration of the oil and if some values are below those allowed, the oil must be maintained (hot or cold), in order to optimize the conditions of the oil transformer improving the oil in its characteristics of refrigerant and dielectric. Finally, for the SGM to reach the ideal percentage close to 100%, it is proposed to establish technical repair sheets, preventive maintenance plan and history of the repaired transformers. Additionally, it is recommended to track the operation records and reports of unit failures, in order to predict possible failures and take preventive actions before the equipment has to be stopped unexpectedly.

KEYWORDS: availability, load, management, maintenance, transformer.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Tema

Diseño del Sistema de Gestión de Mantenimiento de Transformadores en la Empresa INEDYC en la ciudad Ambato”.

Introducción

En la actualidad, la industria eléctrica se enfrenta a desafíos, debido a que los equipos llegan al fin de su vida operativa, el impacto de situaciones de sobrecarga, al igual que un aumento en la cantidad de fallas de la red.

El diagnóstico y mantenimiento preventivo de Transformadores de Potencia es una tarea sistemática que deben realizar las diferentes empresas y especialmente las de generación, transmisión y distribución energía eléctrica, con la finalidad de mantener en condiciones de operación óptimas los equipos y de identificar posibles condiciones de operación críticas, que puedan dar lugar a la aparición de fallas incipientes. Esto permite una detección oportuna de las mismas para su corrección mediante un mantenimiento preventivo previo a una posible falla en el equipo, logrando así ahorros importantes en los costos operativos (Fernández, 1999).

De acuerdo a la Norma IEEE std. 62-1995: “IEEE, Guía de campo de diagnóstico Prueba de energía eléctrica – aparatos Parte 1: Transformadores en aceite, reguladores y reactores”, Las pruebas que permiten diagnosticar el estado operativo de los transformadores de potencia se pueden clasificar en pruebas eléctricas, pruebas de aceites dieléctricos y pruebas de funcionamiento de sus protecciones eléctricas y mecánicas. Estas pruebas de diagnóstico están descritas

con referencia a las categorías de sistemas y componentes que constituyen el transformador tales como: Devanados o bobinas, Aislador pasatapas o bushing, aceite aislante, conmutador de carga o cambiador de tomas, el núcleo, tanque o cuba, y los dispositivos asociados.

En cada uno de estos sistemas y subsistemas la norma (IEEE, 2005) recomienda una serie de pruebas y mediciones que deben ser realizadas para registrar y evaluar su comportamiento. Sin embargo, la implementación de estas pruebas varía de acuerdo con la práctica regular de las empresas y puede depender de la historia operativa de los transformadores, así como de la disponibilidad de los equipos necesarios y recursos humanos para su implementación, ya que esto requiere de una gran inversión económica sobre todo en el área de equipamiento y entrenamiento del personal calificado.

De igual manera no siempre es suficiente con lo que indican las normas y fabricantes de los transformadores, sino que además se deben tomar en cuenta las estadísticas de fallas presentados por algunas instituciones de reconocido prestigio, para completar la información requerida y lograr un buen diseño de la estrategia de mantenimiento predictivo aplicable a transformadores de potencia (Pérez et al, 2012).

En el Ecuador existe una empresa pionera en la fabricación y en el mantenimiento de transformadores de potencia ECUATRAN. Los mismos que manifiestan que: “A pesar de ser una unidad estática, el transformador presenta en su interior un proceso dinámico del tipo térmico-eléctrico. Su sistema de aislamiento está constituido por el aislamiento líquido (aceite) y el aislamiento sólido (celulosa), materiales orgánicos que están sometidos a alteraciones químicas bajo la influencia de humedad, oxígeno, calor y catalizados por el material de bobinado (cobre, aluminio) y el hierro” (ECUATRAN, 2018).

Es por esto que una inspección periódica para controlar la temperatura de operación del transformador y un examen periódico del aceite y de la parte activa, proveen la información fundamental para tomar acciones necesarias con el fin de prolongar la vida útil de la celulosa y en consecuencia del transformador.

(ECUATRAN, 2018).

En Ambato una empresa dedicada al mantenimiento de estos equipos se llama INEDYC, la cual tiene como objetivo mantenerse a la vanguardia del crecimiento energético en el Ecuador, y debido a su ánimo de innovación y las necesidades de sus clientes, pretenden actualizar su departamento de ingeniería. Para ello, es importante mejorar los procesos actuales sobre la administración o gestión de los datos recolectados sobre el estado de operatividad de los transformadores. Con lo expuesto anteriormente, se puede analizar que INEDYC debe considerar el diseño de un Sistema de Gestión de Mantenimiento de transformadores.

Antecedentes

Revisando el repositorio digital de la Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Eléctrica, se revisó el tema: “Diseño de Sistema para la Gestión de Mantenimiento de Subestaciones para la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. de (Arboleda, 2013). El mismo que llegó a las siguientes conclusiones:

“Para poder aplicar una gestión correcta del mantenimiento es necesario saber qué elementos se encuentran en cada subestación y a cuáles de ellos se les debe dar prioridad para realizar las tareas de mantenimiento. En general, el transformador, interruptores, seccionadores, transformadores de instrumentos y bancos de baterías son esenciales en el correcto funcionamiento de la subestación. Cada uno de ellos debe recibir actividades de mantenimiento en intervalos de tiempo regulares para observar su evolución y funcionamiento a través del tiempo” (Arboleda, 2013).

“El transformador es el equipo principal de una subestación, a este se le debe poner un énfasis especial a la hora de realizar las inspecciones. Se debe inspeccionar cada elemento que compone al transformador, ya que, si alguno de ellos falla, puede producir la salida del equipo, teniendo como consecuencia cortes de energía y grandes pérdidas económicas para la empresa de distribución de energía eléctrica y para los consumidores de la misma. Mientras se tenga menos indisponibilidad de los equipos, será mucho mejor el rendimiento de la subestación” (Arboleda, 2013).

En el repositorio digital de la Universidad de Oriente Núcleo de Bolívar, Escuela de Ciencias de la Tierra Departamento de Ingeniería Industrial, Se revisó el tema: “Plan de Mantenimiento Correctivo - Preventivo de los Transformadores de Distribución en la empresa Elebol C.A, ciudad Bolívar – estado Bolívar”. (Stronconi y Tamoy, 2010). Los autores llegaron a las siguientes conclusiones:

“Los fallos más comunes que afectan el funcionamiento de los transformadores son: Fundición del cable conductor de tensión, ruptura de las empacaduras del borne de alta, ruptura del aislante de cerámica o deterioro, fundición de las láminas conductoras de tensión, desajuste, sobre carga, sobre tensión, fractura o deterioro de la cuba, sobre calentamiento, ruptura de la válvula de escape” (Stronconi y Tamoy, 2010).

“Los componentes con mayor Número de Prioridad de Riesgo (NPR), son bobina o núcleo (640), el aceite dieléctrico (392), los bushings de alta (280) y baja (276), válvula de escape (216). Y los componentes con menores NPR, son cuba (96) y conmutador (45)” (Stronconi y Tamoy, 2010).

“El orden que se debe considerar para realizar las acciones de mejora es el siguiente: bobina o núcleo (640 de NPR), el aceite dieléctrico (392 de NPR), los bushing de alta (280 de NPR) y baja (276 de NPR) y la válvula de escape (216 de NPR)” (Stronconi y Tamoy, 2010).

En el repositorio de la Universidad Técnica del Norte, Universidad Técnica José Peralta, Instituto de Postgrado; se revisó el tema: “Administración del Sistema de Mantenimiento de Transformadores de Potencia de la Central Hidroeléctrica Paute Molino. Diseño de un manual de procedimientos técnicos y administrativos” (Abad 2011). En donde el autor llegó a las siguientes conclusiones:

“La aplicación del manual de procedimientos técnicos es pertinente para su uso en el proceso de mantenimiento de transformadores de potencia de la CHPM porque está actualizado y se adecúa a las condiciones de régimen operativo del SIN maximizando la eficiencia del proceso, cumpliendo así con uno de los objetivos estratégicos de la organización” (Abad 2011).

“El manual de procedimientos ofrece una guía apropiada para definir el plan de capacitación que una vez ejecutado, permitirá disponer de profesionales capaces de intervenir en las actividades de mantenimiento con seguridad, pudiendo enfrentarse a los problemas técnicos aplicando nuevos conocimientos para resolverlos de forma oportuna y sencilla. Esto cumple con otro objetivo estratégico empresarial que busca potenciar las capacidades del capital humano” (Abad 2011).

La Empresa INEDYC está ubicada en la ciudad de Ambato, en el sector de Izamba, está enfocada a la resolución de problemas en el área eléctrica de potencia, control y transformadores. Mediante la observación al taller, laboratorios y con la entrevista realizada al Gerente y Técnico Senior de la empresa se pudo identificar como problema central el inadecuado control del proceso de mantenimiento y reparación de transformadores. Teniendo como causas y consecuencias lo citado a continuación:

La inexistencia de bitácoras con el historial de daños y fallos de transformadores conlleva a que haya una pérdida de tiempo de respuesta ante los requerimientos de los clientes; es decir que las soluciones muchas veces dependen del Técnico Senior y ante la no presencia del mismo se tarda en ofrecer la misma en el menor tiempo posible.

No se ha realizado una clasificación de los transformadores industriales; ya que existen muchos en el mercado; los mismos que se encuentran funcionando en diferentes parques industriales, empresas y complejos, lo que dificulta su seguimiento y control trayendo el Desorden y caos a la empresa.

Los registros y controles de los trabajos realizados no se han sistematizado, ya que la empresa ha incrementado sus servicios por las soluciones y trabajos de calidad. Actualmente se llevan datos en cuadernos u hojas sueltas, lo que ocasiona que muchas de las veces la Información existente no sea confiable.

Al ser una empresa de servicios eléctricos industriales, el personal de la empresa no ha recibido capacitación en el tema de control de procesos, lo que se ve reflejado en el incremento de tiempos en el proceso de reparación y

mantenimiento de transformadores y dese luego el desperdicio de recursos en la empresa.

Justificación

El desarrollo de la presente Propuesta Metodológica nació de una idea conjunta con los directivos de la empresa INEDYC, ya que si bien es cierto cada operario conoce de su trabajo y de las actividades que se deben realizar en la reparación y mantenimiento de transformadores; mas no existe de forma documentada el historial de las reparaciones y el seguimiento a las mismas; es por ello que el tema expuesto es de vital **importancia** para la empresa y para el personal que lo conforman.

Su **impacto** radica en que, con el Sistema de Gestión de Mantenimiento, se tiene primeramente un orden en cuanto a la estructura del Departamento, las funciones establecidas, las actividades, los controles y los indicadores de seguimiento.

La **utilidad** se ve plasmada en los diferentes términos, normativas, reglamentos, procedimientos y actividades que se ven expuestos en el desarrollo de la presente propuesta y que enriquecen los conocimientos teóricos de los lectores que accedan a éste documento.

Quienes se **benefician** con el desarrollo y futura implementación del Sistema de Gestión de Mantenimiento de transformadores son las personas inmersas en los trabajos de reparación y mantenimiento, el personal administrativo y por supuesto los directivos de INEDYC, que tendrá información clara y oportuna para una correcta toma de decisiones.

La presente propuesta es **factible** de que se desarrolle, ya que se dispone de los elementos necesarios para llevarla a efecto; se cuenta en primera instancia con el apoyo del Gerente de INEDYC y la información de fuente primaria. Se dispone también de la asistencia del tutor para trabajar en conjunto con la estudiante y el Gerente de la empresa, se cuenta además con la bibliografía para el desarrollo del tema y con los recursos económicos necesarios para su desarrollo.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar un Sistema de Gestión de Mantenimiento de Transformadores en la Empresa INEDYC en la ciudad de Ambato.

Objetivos Específicos

- Determinar la situación actual de la Gestión de Mantenimiento de Transformadores en la Empresa INEDYC de la ciudad Ambato, mediante la aplicación de la Norma COVENIN 2500 – 93 para identificar posibles problemas.
- Identificar los parámetros de reparación y mantenimiento de transformadores en la empresa INEDYC, mediante los requerimientos de la Norma IEEE para un correcto control de dichos parámetros.
- Desarrollar estrategias en el Sistema de Gestión de Mantenimiento de Transformadores en la Empresa INEDYC, acorde a los trabajos realizados por la empresa para optimizar su gestión.

CAPÍTULO II

INGENIERÍA DEL PROYECTO

Diagnóstico de la situación actual del Sistema de Gestión de Mantenimiento de Transformadores en INEDYC

En el año 1995, se ve la oportunidad de crear una empresa de servicios en el área eléctrica, con un enfoque exclusivamente al sector industrial de la provincia del Tungurahua para lo cual aportan a dicho proyecto el Ing. Franklin Camacho Molina y el Dr. Luis Enrique Camacho Mejía. La empresa empieza sus trabajos como laboratorio de investigación en temas como Electromagnetismo, protecciones, y control Industrial.

INEDYC se identifica como una empresa en constante desarrollo, su acumulación de conocimientos y formación determinan la solvencia y capacidad para la resolución de problemas en el área eléctrica de potencia y control, por lo que su misión se enfoca a la asistencia y asesoramiento en las áreas específicas mencionadas, para lo cual contamos con equipamiento de última tecnología y conocimientos que nos permitirán llegar a tal fin, además el banco propio de datos creados y las investigaciones que realizamos, nos categorizan para cumplir con lo establecido.

En la actualidad el enfoque es el control y manejo energético, planificación energética, montaje de subestaciones, control de energía reactiva en baja y media tensión, diseño y construcción de transformadores de control y mediana potencia, diseño y construcción de banco de capacitores, termografía, análisis Físico – Químico y Cromatografía de gases en transformadores de distribución de mediana y alta potencia, mantenimiento preventivo de transformadores hasta 60 Mva.

Como fortaleza se tiene el agrado de haber realizado montajes de subestaciones hasta 25 Mva y en la actualidad transformadores de 50 Mva. Con el orgullo de ser una empresa Tungurahuense para servir al Ecuador.

Cientes



Imagen 1: Clientes de INEDYC
Fuente: INEDYC

1. ¿Cree Usted que el Personal Técnico-Operativo conoce las responsabilidades y objetivos Departamentales?

El personal de la empresa sí conoce las responsabilidades y objetivos departamentales dentro de la estructura de la empresa.

Interpretación

El señor Gerente considera que todo el personal del departamento de mantenimiento está comprometido con el objetivo principal de la empresa que es la producción de petróleo.

Dentro de una organización es muy importante que el personal y los directivos conjuguen un mismo criterio, por ello se formula la siguiente pregunta:

2. Podría indicar, ¿De qué manera las autoridades del Departamento de Mantenimiento han socializado al personal los objetivos departamentales?

Los objetivos departamentales se hacen conocer a través de una cadena jerárquica vertical, mediante reuniones con los jefes de sección y luego esta información es transmitida a sus dirigidos de forma escrita y verbal.

Interpretación

Con referencia a esta pregunta responde que todos los integrantes del departamento de mantenimiento a través de los jefes de sección y supervisores reciben información sobre los objetivos, que plantea la empresa.

Para poder conocer la situación actual de la gestión de mantenimiento que lleva a cargo la empresa es importante conocer el criterio de la persona que conoce y a direccionado los procesos en todos estos años, por ello se formula la siguiente pregunta:

3. ¿Describe la situación actual de la gestión de mantenimiento en la Empresa?

El mejoramiento continuo es una de las gestiones fundamentales, es decir que actualmente se está gestionando optimizarla a través de un software de gestión de mantenimiento denominado “MÁXIMO”.

Interpretación

Que la empresa no cuenta con un programa de mantenimiento adecuado y moderno, por lo cual la misma está adquiriendo un software de última tecnología para optimizar la gestión de mantenimiento.

En todo proceso es importante tener un control de las actividades que se realizan; en este caso sobre la gestión de mantenimiento, por ello se plantea la siguiente pregunta con el afán de tener información sobre dichos controles con su respectiva documentación:

4. ¿Considera usted que la documentación respecto a la gestión de mantenimiento que la Empresa dispone, es la más adecuada? ¿Por qué?

No es la más adecuada, porque no existe personal dedicado exclusivamente al tratamiento e interpretación de resultados de los reportes diarios de los transformadores e informes de fallas, de esta manera obtener recomendaciones para hacer los correctivos necesarios.

Interpretación

Responde que el departamento de mantenimiento posee documentación, pero no se implementan formatos adecuados como reportes, hojas de operación de máquinas, hojas de tareas de mantenimiento, órdenes de trabajo y lamentablemente no hay personal dedicado a realizar un estudio detallado de esta documentación.

Al tratarse de una empresa de servicios es importante conocer la opinión del Gerente con respecto a la planificación de cada uno de los trabajos contratados por

los clientes; por ello se plantea la siguiente pregunta:

5. ¿Cree usted que la falta de aplicación del plan de mantenimiento preventivo de los transformadores, tiene consecuencias negativas para las empresas que dependen del funcionamiento de los mismos?

Por supuesto, debido a la falta de la aplicación del mencionado plan puede incurrir en paro de las unidades, afectando directamente al proceso de producción de las empresas.

Interpretación

Se deduce que existe un plan de mantenimiento y que éste no se pone en práctica, con la aplicación del mismo se evitaría los paros innecesarios.

Para cumplir con un proceso deben alinearse varios elementos dentro de estos el compromiso de directivos, trabajadores, contando además con los recursos económicos, materiales, equipos y herramientas. Por ello se plantea la siguiente interrogante:

6. ¿Qué recursos ha asignado el Departamento de Mantenimiento para la aplicación de un plan de mantenimiento?

El recurso más importante es el ser humano, el mismo que está empezando un proceso de capacitación. Además, ha asignado recursos económicos para la adquisición de repuestos y para el contrato con empresas de servicios.

Interpretación

Lo que indica el Señor Gerente, es que existe personal que se está capacitando, los procesos de adquisición de repuestos ha mejora con la contratación de servicios.

Cuando se tiene clara la situación de la empresa y se busca la realización de mejoras tanto en la parte gerencial como en la de gestión, se hace necesario conocer la opinión de la máxima autoridad; por ello se plantea la siguiente pregunta:

7. ¿Cree usted que se puede mejorar la gestión de mantenimiento en INEDYC?

Sí, con capacitación eficiente, gestión propia de la empresa para la adquisición de repuestos oportunamente y una programación adecuada.

Interpretación

Los coordinadores y supervisores de los respectivos departamentos deberían programar adecuadamente la reparación y mantenimiento de los transformadores, con ello la empresa mejorará la gestión de mantenimiento.

El Gerente debe tener clara la idea de cómo y hacia donde debe ir la empresa, para de esta manera saber que realmente requiere la empresa para mejorar su gestión y su desempeño; por ello se plantea la siguiente pregunta:

8. ¿Qué acciones considera Ud. que se deberían tomar para mejorar la gestión de mantenimiento, y cuál sería su finalidad?

La planificación adecuada de los diferentes tipos de mantenimiento para los equipos eléctricos, la no interferencia de los otros departamentos en las actividades de mantenimiento, análisis causa raíz de los problemas suscitados en los equipos, llevar un runlife (vida del equipo) de todos los transformadores y cumplir con los mantenimientos de acuerdo al manual del fabricante.

Interpretación

El cumplimiento de los lineamientos y recomendaciones del manual del fabricante de los equipos eléctricos y la planificación del mantenimiento son las bases para mejorar la gestión de mantenimiento de los mismos.

Conclusiones de la entrevista:

- El personal de la empresa conoce el objetivo principal de la misma, que es la producción de petróleo, así como las responsabilidades y objetivos departamentales. Estos objetivos son socializados a los trabajadores en reuniones de trabajo por los jefes de sección y supervisores.
- La empresa, ha asignado recursos para la adquisición de un software con el fin de optimizar la gestión de mantenimiento y minimizar las pérdidas de producción por causa de las paradas de equipos.
- No existe personal encargado para la revisión, interpretación y seguimiento de los reportes diarios de operación de cada equipo, el cual ayudaría a determinar futuras fallas.
- El personal técnico requiere capacitación especializada en técnicas de gestión de mantenimiento.
- Para la optimización de la gestión del mantenimiento es necesario una adecuada planificación de los gastos operativos de los equipos de control.

Evaluación de la situación actual

Para la evaluación de la situación actual en el departamento de mantenimiento de INEDYC se elabora una matriz en base a la gestión del mantenimiento (COVENIN 2500- 93; Planificación, Organización, Dirección y Control).

Al tratarse de una evaluación cualitativa, en donde se busca diagnosticar la gestión de mantenimiento de transformadores en INEDYC.

Partiendo de los principios de planificación, organización, control y ejecución; ya que al momento se cumple de manera parcial y en forma empírica dichos parámetros. Por ello resulta importante aplicar la normativa para esta manera tener clara la realidad existente y realizar la mejora continua a la gestión que se viene llevando a cabo hasta el momento.

A continuación, se exponen las matrices de evaluación:

Tabla 1. Matriz de evaluación de la planificación del mantenimiento

GESTION DE MANTENIMIENTO (COVENIN 2500-93)					
Descripción	Herramientas	Ponderación	Justificación/Calificación	Evaluación	Resultado
Planificación (35%)	Objetivos y Metas.- La planificación tiene establecido metas y objetivos en relación al mantenimiento y sus prioridades de garantizar la disponibilidad de los equipos	10	El objetivo primordial del departamento de mantenimiento es mantener operativo a la flota, pero no carecen de políticas de mantenimiento “4 p”	4 de 10	
	Políticas para la planificación.- El departamento de mantenimiento cuenta con una política de planificación que justifique los objetivos que persigue	10	El departamento de mantenimiento no dispone de una política de planificación “2 p”	2 de 10	
	Planes de mantenimiento.- Se tiene una planificación a corto, mediano y largo plazo, utilizando los medios disponibles	15	Las tareas de mantenimiento en la actualidad se realizan en base al conocimiento de los técnicos, se carece de una planeación adecuada “4 p”	4 de 15	
TOTAL	COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales)			10 de 35	10% de 35%

Fuente: NORMA COVENIN 2500-93

Elaborado por: (López, 2019)

Tabla 2. Matriz de evaluación de la organización del mantenimiento

GESTION DE MANTENIMIENTO (COVENIN 2500-93)					
Descripción	Herramientas	Ponderación	Justificación/Calificación	Evaluación	Resultado
Organización (25%)	Funciones y responsabilidades. - Posee el departamento de mantenimiento un organigrama estructural de funciones y responsabilidades que permitan cumplir a cabalidad las actividades del mantenimiento	10	En la actualidad el departamento de mantenimiento no cuenta con un organigrama de funciones y responsabilidades por lo que las actividades se cumplen a medias“5 p”	5 de 10	
	Sistema de información.- Cuentan con un sistema de información que les permita registrar; historial de fallas, programación del mantenimiento y registro de los equipos	15	El departamento de mantenimiento no cuenta con un sistema de información apropiado que le permita obtener una adecuada programación del mantenimiento “5 p”	5 de 15	
TOTAL	COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales)			10 de 25	10% de 25%

Fuente: NORMA COVENIN 2500-93

Elaborado por: (López, 2019)

Tabla 3. Matriz de evaluación de la dirección del mantenimiento

GESTION DE MANTENIMIENTO (COVENIN 2500-93)					
Descripción	Herramientas	Ponderación	Justificación/Calificación	Evaluación	Resultado
Dirección (25%)	Comunicación y Liderazgo.- Para que un Sistema de Gestión se desarrolle de un modo eficaz es preciso establecer y definir claramente la jerarquía de autoridad y las responsabilidades de cada uno de sus miembros y una comunicación interna eficaz	10	El orden jerarquías y comunicación interna se realiza dentro de la planta de acuerdo al organigrama existente como son Director, jefe de mantenimiento y operadores, cada uno trata de cumplir con sus responsabilidades de las actividades asignadas.	5 de 10	
	Motivación e incentivos.- En lo que se refiere a motivación e incentivos, el personal se encuentra constantemente bien motivado e incentivado	15	En la actualidad el personal tanto técnico como administrativo del departamento de mantenimiento goza de una buena remuneración económica pero una baja motivación“5 p”	5 de 15	
TOTAL	COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales)			10 de 25	10% de 25%

Fuente: NORMA COVENIN 2500-93

Elaborado por: (López, 2019)

Tabla 4. Matriz de evaluación del control del mantenimiento

GESTION DE MANTENIMIENTO (COVENIN 2500-93)					
Descripción	Herramientas	Ponderación	Justificación/Calificación	Evaluación	Resultado
Control (15%)	Indicadores de mantenimiento.- Los indicadores del mantenimiento tienen como finalidad establecer las medidas correctivas necesarias tales como (disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad de los equipos)	10	El departamento de mantenimiento no cuenta con los indicadores que permitan mantener una buena disponibilidad de los equipos, dispone de un reducido registro de averías “3 p”	3 de 10	
	Documentos de control.- Constan de (orden de trabajo, historial de mantenimiento, registro vehicular y ordenes de trabajos externos)	5	En la actualidad el departamento de mantenimiento no cuenta con documentos de control de las actividades de mantenimiento, las mismas se realizan de manera poco legible“2 p”	2 de 5	
TOTAL	COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales)			5 de 15	5% de 15%

Fuente: NORMA COVENIN 2500-93

Elaborado por: (López, 2019)

Tabla 5. Matriz de resumen de la evaluación del mantenimiento actual

GESTION DE MANTENIMIENTO (COVENIN 2500-93)					
Descripción	Herramientas	Ponderación	Calificación	Evaluación	Resultado
Planificación (35%)	Objetivos y metas	10	4	4 de 10	
	Políticas para la planificación	10	2	2 de 10	
	Planes de mantenimiento	15	4	4 de 15	
	TOTAL			10 de 35	10%
Organización (25%)	Funciones y responsabilidades	10	5	5 de 10	
	Sistema de información	15	5	5 de 15	
	TOTAL			10 de 25	10%
Dirección (25%)	Cuantificación de las necesidades del personal	10	5	5 de 10	
	Motivación e incentivos	15	5	5 de 15	
	TOTAL			10 de 25	10%
Control (15%)	Indicadores de mantenimiento	10	3	3 de 10	
	Documentos de control	5	2	2 de 5	
	TOTAL			5 de 15	5%
TOTAL	COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales)				35%

Fuente: NORMA COVENIN 2500-93

Elaborado por: (López, 2019)

Análisis

Con respecto al análisis que se consigue en cuanto al proceso de mantenimiento en el departamento de mantenimiento de INEDYC, basado en la gestión sobre planeación, organización, dirección y control, se elabora una matriz con criterios de evaluación de acuerdo al grado de importancia, para realizar la ponderación se lo hizo de acuerdo al Manual para Evaluar los Sistemas de Mantenimiento en la Industria (Norma COVENIN 2500-93), lo que se puede observar en la Tablas 1, 2, 3, 4 y 5

Otorgándole una calificación del 100% a la gestión del mantenimiento, en primer lugar, se evalúa la planificación (Tabla 1), a la que se le asignó el 35% del 100% valor que se pondero en base a la importancia de la planificación, ya que es un proceso estratégico que conlleva la toma de decisiones, pues lleva el rumbo de la gestión de mantenimiento.

Seguida por la organización (Tabla 2) con el 25% del 100%; ya que con la estructura orgánica y funcional de la Gestión de Mantenimiento se pone en orden la casa para proceder a cumplir con cada una de las funciones asignadas al personal de mantenimiento.

En tercer lugar, se evalúa a la dirección (Tabla 3) con el 25% del 100%, porque es importante mantener al personal motivado y estable para que puedan cumplir sus funciones sin preocupaciones, para que exista el empoderamiento del personal para con la institución municipal. Y por último al control (Tabla 4) asignándole un 15% del 100%, si se planifica, organiza y direcciona la gestión del mantenimiento el control se hace más sencillo, ya que resulta sumamente conveniente hablar de disponibilidad porque da idea del rendimiento del sistema en términos de mantenimiento y, por lo tanto, de organización empresarial con todas sus implicancias y consecuencias, aspectos que no son contemplados por la confiabilidad.

En la Tabla 5, matriz de resumen de la evaluación del mantenimiento actual, se sintetiza los resultados de la evaluación, donde la planeación obtuvo un 10% del 35%, debido a no contar con herramientas tales como: objetivos y metas, políticas para la planificación y planes de mantenimiento, quedando de manifiesto que la organización y compromiso del mantenimiento es deficiente.

Con respecto a la organización obtuvo un 10% del 25% asignado, ya que no están definidas las funciones y responsabilidades, autonomía y autoridad de cada uno de los integrantes del departamento de mantenimiento de INEDYC. La dirección como punto evaluado obtuvo un 10% del 25% del valor asignado, por lo que es un punto bajo de las funciones evaluadas como son los de comunicación y liderazgo, motivación e incentivos, y da como referente que del 25% de cumplimiento se llega al 10%, no hay que olvidarse que las supervisiones de las actividades del mantenimiento van de la mano con una comunicación efectiva con el personal de mantenimiento por lo que gestionar es tomar decisiones con conocimiento de causa.

El control en lo que respecta al proceso de mantenimiento preventivo es el punto más bajo, el mismo que obtuvo un 5% del 15% asignado, esto obedece a que el departamento de mantenimiento carece de los indicadores de disponibilidad, fiabilidad y mantenibilidad; además de documentos y registros de control.

El porcentaje es bajo debido a que no se cuenta con un sistema de control de los trabajos y novedades del mantenimiento, así como fichas o tarjetas donde se recoja la información básica de cada equipo inventariado.

En conclusión, con respecto al proceso de mantenimiento desarrollado en el departamento de mantenimiento de INEDYC, se determina que este cumple con un 35% del valor total asignado. Para que el proceso de mantenimiento llegue al porcentaje ideal cercano al 100% que sería lo óptimo hace falta establecer planes y políticas de un buen sistema de gestión de mantenimiento.

Área de estudio

La empresa INEDYC está ubicada en la avenida Indoamérica KM 4, barrio Izamba, ciudad Ambato, provincia de Tungurahua, una vez aprobada la solicitud se procede a iniciar con el siguiente estudio bajo la modalidad de Propuesta Metodológica.



Imagen 3: Ensayo de Factor de Potencia – Transformador 5MVA
Fuente: INEDYC

Dominio: Tecnología y sociedad

Línea de investigación: Empresarial y Productividad

Campo: Ingeniería Industrial

Área: Sistema de Gestión de Mantenimiento

Aspecto: Disponibilidad de los transformadores

Objeto de estudio: Sistema de Gestión de Mantenimiento y disponibilidad de los transformadores

Período de análisis: Enero a junio de 2019

Modelo Operativo

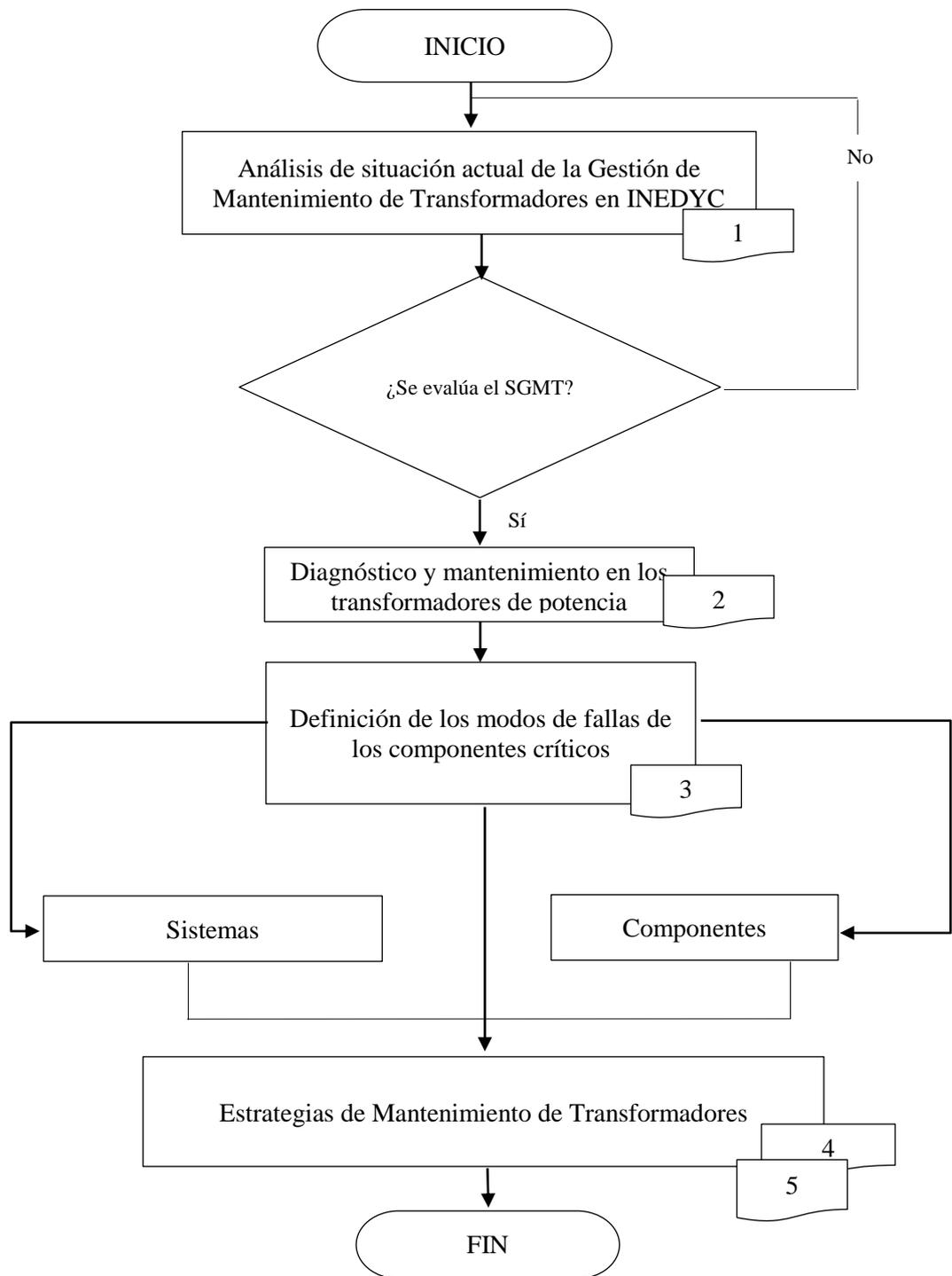


Gráfico 1. Modelo Operativo

Elaborado por: (López, 2019)

Desarrollo del modelo operativo

1. Análisis de situación actual de la Gestión de Mantenimiento de Transformadores en INEDYC

Para analizar la situación actual de la Gestión de Mantenimiento se aplica las matrices con la corrección de la norma COVENIN 2500-93.

Es un método cuantitativo para la evaluación de sistemas de mantenimiento. De esta manera se logra determinar la capacidad de gestión dentro de la empresa. Contempla 4 aspectos:

- A. Organización de la empresa
- B. Organización de la función de mantenimiento
- C. Planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento
- D. Competencia del personal Manera de aplicar la norma:

Principio básico: Se refiere a las condiciones mínimas o genéricas en las que debe estar determinado proceso en la empresa.

2. Diagnóstico y mantenimiento en los transformadores de potencia

Un transformador proyecta su vida útil 50 años en operación, sin embargo, para que esto ocurra es necesario efectuar un control periódico los cuales demandan tiempo y costos pero que son compensados con una disminución de las paradas no programadas del servicio y prolongación de s vida útil.

Las pruebas que permiten diagnosticar el estado operativo de los transformadores de potencia se pueden clasificar en pruebas eléctricas, pruebas de aceites dieléctricos y pruebas de funcionamiento de sus protecciones eléctricas y mecánicas.

3. Definición de los modos de fallas de los componentes críticos

Evitar las fallas de los equipos, paros de planta inesperados y al tratar de generar costos de ahorro a su reparación o renovación la cual no está planificada, son algunas ventajas óptimas que representa la implementación de un Sistema de

Gestión de Mantenimiento de transformadores.

En la actualidad existe un sin número de técnicas, pruebas y ensayos, que permite la funcionalidad operacional de dichas unidades, así como estándares que están asociados a un buen mantenimiento y excelentes prácticas.

La detección oportuna de estos indicios puede ser la diferencia entre someter el transformador a una reparación, sustituir una pieza dañada o tener un equipo fallado con todos los graves problemas que esto ocasiona.

4. Estrategias de Mantenimiento de Transformadores

Una vez determinados el análisis modal, se pueden establecer las estrategias básicas de mantenimiento basado en la condición.

En una estrategia de mantenimiento es adecuado contar con varios estudios previamente ya realizados al igual que investigaciones obtenidas que son de carácter técnico y económico que permiten encontrar el mejor y adecuado plan de mantenimiento, en el cual se debe tener en cuenta la disponibilidad de recursos para el campo donde se desea implementar la estrategia sin dejar atrás la confiabilidad de dichos equipos encontrando un balance.

CAPÍTULO III

PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

Diagnóstico y mantenimiento en los transformadores de potencia.

El diagnóstico y mantenimiento preventivo de Transformadores de Potencia es una tarea sistemática que deben realizar las diferentes empresas y especialmente las de generación, transmisión y distribución energía eléctrica, con la finalidad de mantener en condiciones de operación óptimas los equipos y de identificar posibles condiciones de operación críticas, que puedan dar lugar a la aparición de fallas incipientes. Esto permite una detección oportuna de las mismas para su corrección mediante un mantenimiento preventivo previo a una posible falla en el equipo, logrando así ahorros importantes en los costos operativos (Fernández, 1999).

De acuerdo a la Norma IEEE std. 62-1995: “IEEE, Guía de campo de diagnóstico Prueba de energía eléctrica – aparatos Parte 1: Transformadores en aceite, reguladores y reactores”, Las pruebas que permiten diagnosticar el estado operativo de los transformadores de potencia se pueden clasificar en pruebas eléctricas, pruebas de aceites dieléctricos y pruebas de funcionamiento de sus protecciones eléctricas y mecánicas. Estas pruebas de diagnóstico están descritas con referencia a las categorías de sistemas y componentes que constituyen el transformador tales como: Devanados o bobinas, Aislador pasatapas o bushing, aceite aislante, conmutador de carga o cambiador de tomas, el núcleo, tanque o cuba, y los dispositivos asociados.

En cada uno de estos sistemas y subsistemas la norma (IEEE, 2005) recomienda una serie de pruebas y mediciones que deben ser realizadas para registrar y

evaluar su comportamiento. Tabla 6

Sin embargo, la implementación de estas pruebas varía de acuerdo con la práctica regular de las empresas y puede depender de la historia operativa de los transformadores, así como de la disponibilidad de los equipos necesarios y recursos humanos para su implementación, ya que esto requiere de una gran inversión económica sobre todo en el área de equipamiento y entrenamiento del personal calificado. De igual manera no siempre es suficiente con lo que indican las normas y fabricantes de los transformadores, sino que además se deben tomar en cuenta las estadísticas de fallas presentados por algunas instituciones de reconocido prestigio, para completar la información requerida y lograr un buen diseño de la estrategia de mantenimiento predictivo aplicable a transformadores de potencia (Pérez et al, 2012).

Tabla 6. Sistemas y componentes críticos en un transformador

SISTEMA	COMPONENTE	SISTEMA	COMPONENTE
Parte activa	Devanados Núcleo	Tanque/aceite	Caja principal o cuba Aceite dieléctrico Tuberías y válvulas Tanque de expansión Radiadores Control de Nivel de aceite de la cuba principal
Bushing o Aislador pasatapas	Bushing del primario Bushing del secundario Bushing del terciario	Cambiador de tomas o Conmutador bajo carga	Aceite dieléctrico Cuba Selector Pre-selector Mando motor Control de flujo del conmutador

Fuente: Castillo, 2010

Definición de los modos de fallas de los componentes críticos

A continuación, se hace una descripción de los modos de fallas de los sistemas y componentes críticos del transformador y para efectos de este trabajo solo se presenta para el sistema parte activa; sin embargo, para obtener la totalidad del estudio de las definiciones de los modos de falla consultar (Acevedo y Saldivia, 2012).

Sistema parte activa

La mayoría de las fallas en la parte activa ocurren en la bobina cuando por condiciones de corto-circuitos ejercen fuerzas axiales a través de una presión para desplazar de forma telescópica las bobinas del primario y del secundario, las que se repelen una de la otra debido a que las líneas eléctricas centrales no están alineadas. También existen fuerzas radiales en la bobina que tratan de desplazar las bobinas del primario y del secundario ocasionando que se fracture el aislamiento y falle el transformador.

Esta ocurrencia de fallas es creciente y están asociadas a la antigüedad del aislamiento (Ferrel et al, 2009) ya que en estas condiciones de cortocircuitos se originan esfuerzos electrodinámicos que debido a su antigüedad ya no son soportados por los enrollados. (Chambilla, 2011), plantea que “en la operación de los transformadores de potencia éstos están sujetos a esfuerzos térmicos, eléctricos y mecánicos, los cuales provocan cierta degradación en el sistema de aislación.

Las causas principales del fenómeno de degradación del sistema aislante son la temperatura excesiva, oxígeno, y humedad combinadas con los esfuerzos eléctricos, los cuales actúan como acelerador del proceso de degradación”. Las causas secundarias que aceleran el envejecimiento del sistema aislante son los esfuerzos mecánicos, los ácidos y lodos. Un exceso de cualquiera de estos esfuerzos puede acelerar el proceso de degradación. El proceso de degradación del sistema aislante puede evolucionar gradualmente hasta que se presenta una, la cual puede ser muy dañina.

Estas fallas algunas veces ocurren sin ninguna alarma o señal de que un problema se está presentando. Pero en otras ocasiones existen pequeños indicios que indican la presencia de agentes dañinos o de deterioro y son detectables en los análisis periódicos al aceite aislante, en las mediciones de las pruebas eléctricas y en las mediciones de las descargas parciales (Pettersson, 1990).

La detección oportuna de estos indicios puede ser la diferencia entre someter el transformador a una reparación, sustituir una pieza dañada o tener un equipo fallado con todos los graves problemas que esto ocasiona.

Análisis Modal de Fallos y Efectos

El Análisis Modal de Fallos y Efectos es una herramienta de identificación y análisis de estos riesgos. Es una metodología que identifica y evalúa las potenciales formas en las que un diseño, sistema, proceso o servicio puede fallar, jerarquizando los riesgos y proponiendo acciones preventivas y correctoras que los eliminen o minimicen su frecuencia o sus efectos en el cliente.

Es decir, hace hincapié en la prevención y eliminación de problemas y riesgos, por encima de la corrección una vez han aparecido. Se ve fácilmente que esta forma de trabajar es más eficaz y económica que el corregir problemas una vez se han producido.

El Análisis Modal de Fallos y Efectos aborda la identificación, eliminación o reducción del riesgo, haciendo un análisis de toma de decisión de los riesgos que se está dispuesto a asumir

A continuación, en las Tablas 7, 8, 9, 10 y 11 se muestra el análisis modal de fallas (Castillo, 2010) y sus efectos en cada uno de los sistemas principales desarrollados por los autores.

Tabla 7. Análisis Modal Sistema Bobina

ANÁLISIS MODAL DE FALLAS Y SUS EFECTOS					
Sistema	Función	Modo de falla	Causas (Posibles motivos)	Efecto (Qué ocurre)	Modo de control (Tarea propuesta)
Parte activa - bobina	Constituye el circuito eléctrico que transfiere la energía de un circuito a otro y su función principal es la de crear el flujo magnético	Sobretensión Sobrecarga Cortocircuitos Cortocircuitos entre espiras Descargas parciales Corrosión	Sobretensiones producidas por operación del sistema o descargas atmosféricas. Sobrecargas no admitidas. Circulación de altas corrientes producto de fallas externas al transformador.	Pérdidas de energía. Aumento de las corrientes de fuga (superficiales y volumétricas) que desencadenan y aceleran los procesos de envejecimiento. Formación de gases disueltos. Descomposición del aislamiento sólido. Chisporroteo a lo largo de grandes superficies. Pueden iniciarse descargas o una falla. Deterioro del papel en la zona superficial en contacto con el aceite. Cortocircuitos entre espiras.	Evitar los sobre calentamientos en las bobinas. Monitorear las temperaturas. Realizar análisis físico químico y cromatografía de gases al aceite dieléctrico. Realizar mediciones de la resistencia del devanado. Realizar mediciones de la relación de transformación.

Fuente: Castillo, 2010

En la Tabla 7, se observa que en la parte activa de las bobinas, puede existir sobretensión, sobrecarga, cortocircuitos; entre otros debido principalmente a sobretensiones producidas por operación del sistema; lo que ocasiona la pérdida de energía o el aumento de corrientes de fuga. Por ello se debe monitorear las temperaturas y evitar los sobre calentamientos en las bobinas.

Tabla 8. Análisis Modal Sistema Núcleo

ANÁLISIS MODAL DE FALLAS Y SUS EFECTOS					
Sistema	Función	Modo de falla	Causas (Posibles motivos)	Efecto (Qué ocurre)	Modo de control (Tarea propuesta)
Parte activa – núcleo	Constituye el circuito magnético que transfiere la energía de un circuito a otro y su función principal es la conducir el flujo magnético.	Aislamiento deficiente de los tornillos de afianzamiento del núcleo. Canal de enfriamiento de aceite obstruido. Contacto a tierra deficiente. Aumento de las pérdidas en vacío. Aumento de ruido o sus decibeles.	Carga excesiva Calentamiento excesivo del núcleo. Corriente de cortocircuito parcial. Pérdida del aislamiento entre láminas. Aflojamiento de los yugos.	Deterioro del aceite y de los materiales de aislamiento. Rompimiento de los terminales de los devanados. Si se presenta una falla aguas abajo del transformador y esto provoca movimientos internos del mismo, estos movimientos son los que pueden en determinado caso que el núcleo se desplace o se compra un pleno de sujeción, provocando que el núcleo sea afectado.	Realizar pruebas periódicas de ruido teniendo en cuenta la hora y la carga en el momento de la prueba.

Fuente: Castillo, 2010

En la Tabla 8, se observa que en la parte activa del núcleo, puede existir aislamiento deficiente de los tornillos de afianzamiento del núcleo, canal de enfriamiento de aceite obstruido; entre otros debido principalmente a carga excesiva, al calentamiento excesivo del núcleo; lo que ocasiona el deterioro del aceite y de los materiales de aislamiento, el rompimiento de los terminales de los devanados. Por ello se debe realizar pruebas periódicas de ruido teniendo en cuenta la hora y la carga en el momento de la prueba.

Tabla 9. Análisis Modal Sistema Cuba-Aceite

ANÁLISIS MODAL DE FALLAS Y SUS EFECTOS					
Sistema	Función	Modo de falla	Causas (Posibles motivos)	Efecto (Qué ocurre)	Modo de control (Tarea propuesta)
Sistema cuba - aceite	Refrigerante, aislante eléctrico y protector de las partes internas del transformador, teniendo a la vez buena estabilidad a la oxidación y una aceptable tendencia a la gasificación	Oxidación. Mal estado del radiador.	Naturaleza o composición del aceite. Cantidad de oxígeno disponible para la reacción de oxidación. Presencia de agua y otros catalizadores de oxidación. Incremento excesivo de la temperatura. Agotamiento del inhibidor de oxidación. Acumulación de sedimentos en las obleas o en el tubo, el flujo del aceite se dificulta y la temperatura desciende.	Formación de lodo el cual limita las capacidades de refrigeración, aislamiento y protección. Presencia de fugas de aceite en las cabeceras del radiador y de las partes soldadas del panel o del tubo.	En las pruebas del aceite se evidencia el deterioro del mismo y si algunos valores están por debajo de los valores permitidos se deben realizar mantenimiento al aceite (en caliente o en frío). Esto con el objeto de mejorar las condiciones del transformador mejorando el aceite en sus características de refrigerante y dieléctrico.

Fuente: Castillo, 2010

En la Tabla 9, se observa que en el sistema cuba-aceite, puede existir oxidación, el mal estado del radiador; entre otros, debido principalmente a la naturaleza o composición del aceite, o a la cantidad de oxígeno disponible para la reacción de oxidación; lo que ocasiona la formación de lodo el cual limita las capacidades de refrigeración, aislamiento y protección. Por ello se debe mejorar las condiciones del transformador mejorando el aceite en sus características de refrigerante y dieléctrico.

Tabla 10. Análisis Modal Sistema Conmutador

ANÁLISIS MODAL DE FALLAS Y SUS EFECTOS					
Sistema	Función	Modo de falla	Causas (Posibles motivos)	Efecto (Qué ocurre)	Modo de control (Tarea propuesta)
Conmutador	Permitir la regulación de voltaje en el devanado secundario de un transformador a través de un cambiador de tomas que actúa en los puntos de conexión a lo largo de un devanado que permite seleccionar el número de espiras.	Existencia de alta fuente de contaminación y esfuerzos eléctricos, descargas y extinción de arco eléctrico producto de la disipación de energía al interior del ruptor.	Generación de gran cantidad de carbón, agua y gases. Reducción de la capacidad de transferencia de corriente del contacto e incremento de la temperatura	Aparición de sobrecalentamientos localizados con temperaturas mayores a 200°C. Degradación del aceite generando subproductos que se acumulan sobre la superficie de los componentes y contactos ubicados en el interior.	Desarrollar pruebas al aceite con el número de maniobras realizadas se debe programar el mantenimiento del conmutador para realizar según sea el caso cambio de contactos, cambio de resistencia de transición, cambio total del aceite, lavado y limpieza general.

Fuente: Castillo, 2010

En la Tabla 10, se observa el conmutador, debido a la existencia de alta fuente de contaminación y esfuerzos eléctricos, descargas y extinción de arco eléctrico; entre otros, debido principalmente a la generación de gran cantidad de carbón, agua y gases; lo que ocasiona la aparición de sobrecalentamientos localizados con temperaturas mayores a 200°C. Por ello se desarrollan pruebas al aceite con el número de maniobras realizadas se debe programar el mantenimiento del conmutador.

Tabla 11. Análisis Modal Sistema Bushing

ANÁLISIS MODAL DE FALLAS Y SUS EFECTOS					
Sistema	Función	Modo de falla	Causas (Posibles motivos)	Efecto (Qué ocurre)	Modo de control (Tarea propuesta)
Bushing	Permite el paso de la corriente a través de las bobinas del transformador y evita que haya un cortocircuito entre las fases de los devanados y entre los devanados y la cuba.	Son elementos capacitivos y es donde hay mayor esfuerzo dieléctrico concentrado en muy poco volumen, por lo que su condición debe evaluarse y asegurarse de una forma más intensiva que la de otros elementos.	Ingreso de contaminación externa, principalmente humedad, a causa del deterioro del empaque. Sobretensiones.	Aparición de puntos calientes que aceleran el envejecimiento de los empaques y sellos. Depósito de impurezas en el canal de separación entre el cuerpo capacitivo y la porcelana como subproducto del deterioro del aceite mismo. Generación de gases, especialmente nitrógeno en el interior del bushing.	Realizar termografías periódicas o cada vez que se quiera aumentar la carga del transformador. Realizar pruebas de aislamiento y factor de potencia a los bushing en los periodos de mantenimiento programados.

Fuente: Castillo, 2010

En la Tabla 11, se observa el bushing, que son elementos capacitivos y es donde hay mayor esfuerzo dieléctrico concentrado en muy poco volumen, por lo que su condición debe evaluarse y asegurarse de una forma más intensiva que la de otros elementos, debido principalmente al ingreso de contaminación externa, principalmente humedad; lo que ocasiona la aparición de puntos calientes que aceleran el envejecimiento de los empaques y sellos. Por ello se debe realizar termografías periódicas o cada vez que se quiera aumentar la carga del transformador.

Como resultado del análisis modal y sus efectos, se obtienen en el modo de control (tareas propuestas), la necesidad de implementar un programa de inspección y medición de las variables eléctricas ya que permitirá en un corto plazo llevar los registros históricos de cada una de las pruebas realizadas y brinda la posibilidad de evaluar la variación de ellas en el tiempo y determinar las condiciones operativas.

De igual manera otro resultado interesante que arroja el análisis modal es el monitoreo de las propiedades físico-químicas y análisis de los gases disueltos de los aceites dieléctricos, las cuales reflejarán la degradación y el deterioro del aislamiento del transformador de tal manera de proveer las actividades de mantenimiento e inferir en cuanto a su periodicidad y muestreo en el tiempo.

Estrategias de mantenimiento.

Una vez determinados el análisis modal, se pueden establecer las estrategias básicas de mantenimiento basado en la condición. Estas parten del modo de control (tareas propuestas) y que, al hacer un compendio de ellas en los sistemas estudiados, se propone la implementación de dos estrategias principales, las cuales se desarrollan a continuación:

Estrategia N° 1: Desarrollar un programa de inspección de variables eléctricas en los transformadores de potencia. A continuación, se presenta la estrategia en la Tabla 12.

Para llevar a cabo las actividades específicas de la estrategia N° 1 (Tabla 12), se plantea el dictado de talleres teórico-prácticos al personal que opera y al personal que ejecuta las labores de mantenimiento, referentes a transformadores de potencia y profundizar en la descripción y en las funciones de cada uno de los elementos que los conforman con la finalidad de mejorar los conocimientos de operatividad de los transformadores.

De igual manera se plantea el dictado de talleres referentes a las pruebas eléctricas que están establecidas en el programa y concientizar acerca del impacto que reflejan los resultados, análisis de tendencias y su influencia en la vida útil de los

componentes. Los talleres los podrían realizar los Ingenieros de planta que posean la capacidad, destreza y el conocimiento suficiente para ello.

Las variables eléctricas que se proponen someterlas a estudio serán: Resistencia de aislamiento, resistencia de los devanados, aterramiento, ruidos, descargas parciales, corriente de excitación, factor de potencia, capacitancia, temperatura (medición y espectro infrarrojo), continuidad de contacto del cambiador de tomas, relación de transformación, inspección visual, inspección y verificación del sistema de enfriamiento, calibración y ajuste del relé de falla y calibración de medidores.

Para la ejecución de las pruebas eléctricas dada a que son muy específicas y se requiere de un alto equipamiento técnico, se propone la contratación de una empresa de servicios bajo la supervisión de personal calificado de la empresa, la cual entregará los resultados a la Gerencia de Mantenimiento, quien se encargara del procesamiento, respaldo de la información en bases de datos y generación de informes basados en gráficos de tendencia, que orienten a la alta gerencia y sirvan de base para la toma de decisiones sobre las acciones de mantenimiento.

Es importante establecer límites de control y parámetros de referencia de acuerdo a la variable a estudiar, tomando en cuenta la recomendación de los fabricantes de los transformadores y las normas.

Tabla 12. Estrategia N° 1

Definición de la acción: desarrollar el programa de inspección de variables eléctricas en los transformadores de potencia.			
Objetivos		Actividades específicas	Recursos
<ul style="list-style-type: none"> • Comprometer a la alta gerencia con la aplicación de un plan de mantenimiento basado en pruebas eléctricas a los transformadores. • Capacitar al personal técnico sobre el objeto y procedimientos a realizar en cada prueba eléctrica. • Establecer los límites de control de las variables en estudio. 		<p>Talleres en el área supervisoria y de ejecución referentes a actividades de pruebas eléctricas a los transformadores de potencia.</p> <p>Intercambios de experiencia gerenciales con empresas del ramo.</p>	<p>Humano:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gerentes - Personal supervisorio - Personal técnico <p>Económico:</p> <p>Inversión en el plan de mantenimiento Costo de personal asesor para la capacitación del personal.</p> <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Documentos internos de la organización. - Bibliografía sobre las características del comportamiento de los transformadores y pruebas eléctricas a ejecutar.
Responsables			Cronograma
Líder: Gerente de Operaciones y de Mantenimiento Corresponsables: Personal gerencial y administrativo de la empresa.			Se desarrollará como mínimo las charlas semanalmente
Indicador	Definición	Fórmula matemática	Observaciones
Desarrollo de las pruebas eléctricas	Mide la efectividad en el desarrollo de las pruebas a ejecutar	$\frac{\text{Pruebas desarrolladas (\#)}}{\text{Pruebas programadas (\#)}}$	Se medirá anualmente. Para ser positivo, el indicador tiene que oscilar entre 0,75 y 1

Elaborado por: (López, 2019)

Estrategia N° 2: Desarrollar el estudio de las propiedades del aceite dieléctrico como parte del plan de mantenimiento de los transformadores de potencia. A continuación, se muestra la estrategia N° 2 en la Tabla 13.

Para llevar a cabo las actividades específicas de la estrategia No. 2 (Tabla 13), se plantea dictar talleres teórico-prácticos referentes a las pruebas físico-químicas y gases disueltos en el aceite que están establecidas en el programa y concientizar acerca del impacto que reflejan los resultados, análisis de tendencias y su influencia en la vida útil de los componentes. Se deben establecer límites de control de acuerdo a los recomendados por los fabricantes de los transformadores, por los fabricantes del aceite dieléctrico y las normas (IEC 60599, 1999). Los talleres los dictará el mismo personal de planta nivel Ingeniero, que posea la capacidad y el conocimiento suficiente para ello.

Las variables eléctricas que van a ser sometidas a estudio son: contenido de agua, gases disueltos, esfuerzo dieléctrico, acidez y color. Para la ejecución de las pruebas eléctricas será contratada una empresa de servicios, la cual entregará los resultados a la Gerencia de Mantenimiento para encargarse del procesamiento de la información para que a través de gráficos de tendencia sirva de base para la toma de decisiones. La frecuencia será anual y la definirá la persona encargada de la planificación del mantenimiento de acuerdo a las actividades previstas.

Hay algunos elementos importantes a considerar como parte de la ejecución del plan propuesto, entre las que están:

- En todos los transformadores cambiar la silica de los conservadores de gases o tanques de expansión ya que el no hacerlo significa que el aceite en los transformadores que tengan respiración abierta se expongan al contacto del aceite con el oxígeno o la humedad del medio ambiente.
- Si se presenta una fuga de aceite se debe intervenir inmediatamente ya que, al contaminar el ambiente, se considera como residuo peligroso ya que si un litro de aceite va a una fuente hídrica contaminaría unos 10.000 litros de agua.

- De igual manera, al equipo presentar fuga de aceite, se permite el ingreso de oxígeno a la parte interna del transformador con lo que se aceleraría el proceso de oxidación del aceite el cual desencadena la disminución de su vida útil y la del transformador.
- La propiedad del papel aislante más significativa afectada por el envejecimiento es la resistencia mecánica a través de una reducción de la capacidad para soportar esfuerzos mecánicos (corto-circuitos y desplazamientos físicos importantes). Los resultados de la degradación de la celulosa son ácidos, gases, azúcares, fenoles, partículas solidadas no disueltas más compuestos de furanos. La estrategia para este caso es incluir dentro de las pruebas anuales la prueba a través del aceite.

Tabla 13. Estrategia N° 2

Definición de la acción: Desarrollar el estudio de las propiedades del aceite dieléctrico como parte del plan de mantenimiento de los transformadores de potencia.			
Objetivos		Actividades específicas	Recursos
<p>Comprometer a la alta gerencia con la aplicación de un plan de mantenimiento predictivo basado en la condición del aceite dieléctrico.</p> <p>Establecer los límites de control de las variables en estudio.</p> <p>Detectar fallas antes de que sucedan y dar tiempo a corregirla sin prejuicios al servicio, ni paras en la producción.</p>		<p>Talleres en el área supervisoria y de ejecución referentes a actividades de muestreo y evolución histórica de los resultados de las propiedades del aceite dieléctrico.</p> <p>Intercambios de experiencias con empresas del ramo.</p>	<p>Humano:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gerentes - Personal supervisorio - Personal técnico <p>Económico:</p> <p>Inversión en el plan de mantenimiento</p> <p>Costo de personal asesor para la capacitación del personal.</p> <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Documentos internos de la organización. - Bibliografía sobre el mantenimiento basado en análisis de aceite.
Responsables			Cronograma
<p>Líder: Gerente de Operaciones y de Mantenimiento</p> <p>Corresponsables: Personal gerencial y administrativo de la empresa.</p>			Se desarrollará como mínimo las charlas semanalmente
Indicador	Definición	Fórmula matemática	Observaciones
Desarrollo de los muestreos de aceite dieléctrico	Mide la efectividad en el desarrollo de los muestreos a efectuar	$\frac{\text{Pruebas efectuados}(\#)}{\text{Muestreos programados}(\#)}$	Se medirá anualmente. Para ser positivo, el indicador tiene que oscilar entre 0,75 y 1

Elaborado por: (López, 2019)

Mejoramiento del plan de mantenimiento predictivo.

Adicional a las estrategias de mantenimiento predictivo desarrolladas en este trabajo, muchas empresas de energía eléctrica a nivel mundial en aras de detectar condiciones de fallas y hacer un seguimiento de la condición del transformador para evitar la aparición de estas fallas, emplean el diagnóstico de la condición en tiempo real que puede ser efectuado utilizando los datos adquiridos por un sistema de monitoreo de las variables claves u optimas (Fernández, 2006), que permita realizar un seguimiento cronológico, análisis de sus desviaciones, tendencias y comparaciones con patrones referenciales permanentemente (Pérez, 2009) con lo que pueden introducir técnicas avanzadas de mantenimiento basado en la condición (MBC) y mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC).

Uno de los componentes básicos de este tipo de sistema diagnóstico son los modelos térmicos, los cuales han tenido un amplio desarrollo de forma tal de mejorar la exactitud de sus resultados y de adaptarlos a las mediciones en tiempo real, lo que garantiza el permanente monitoreo y condición térmica del enrollado (que es el componente que aparece con el mayor porcentaje de fallas ver Gráfico 2), ya que existe una relación directa entre los incrementos de temperatura y la aparición de fallas en el aislamiento.

Si además de la condición térmica del enrollado, al sistema de diagnóstico se le adiciona el monitoreo en tiempo real del análisis de gases disueltos en el aceite dieléctrico, el factor de cubrimiento de las fallas aumenta considerablemente ya que como se determinó a lo largo del análisis modal, el aceite aislante es donde se pueden detectar cambios significativos de sus propiedades, lo que está relacionado a condiciones de falla de en una gran parte de los componentes y sistemas del transformador y es el método más usado como técnica de diagnóstico en transformadores (Pérez et al, 2012), así de esta forma se pudiese complementar la metodología propuesta en este trabajo.

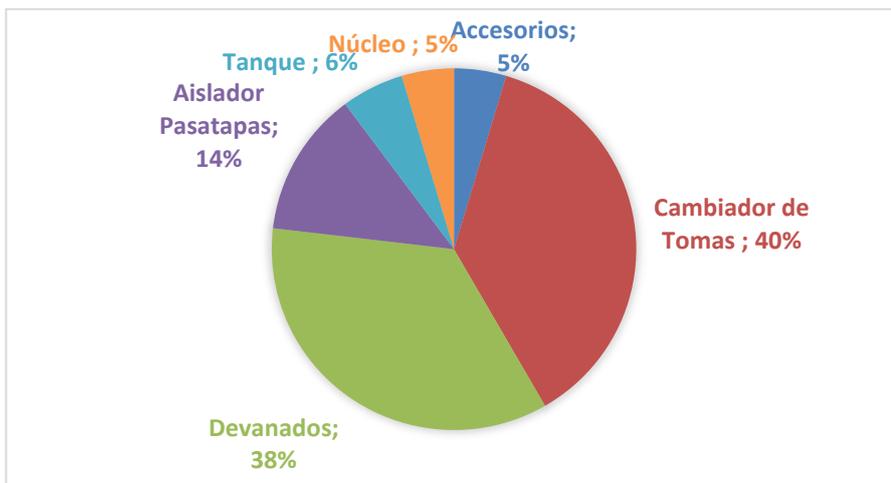
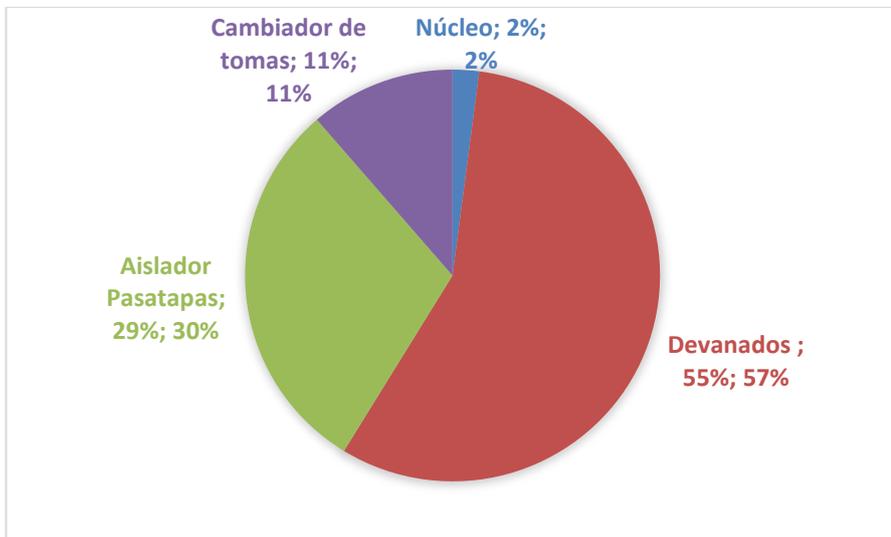
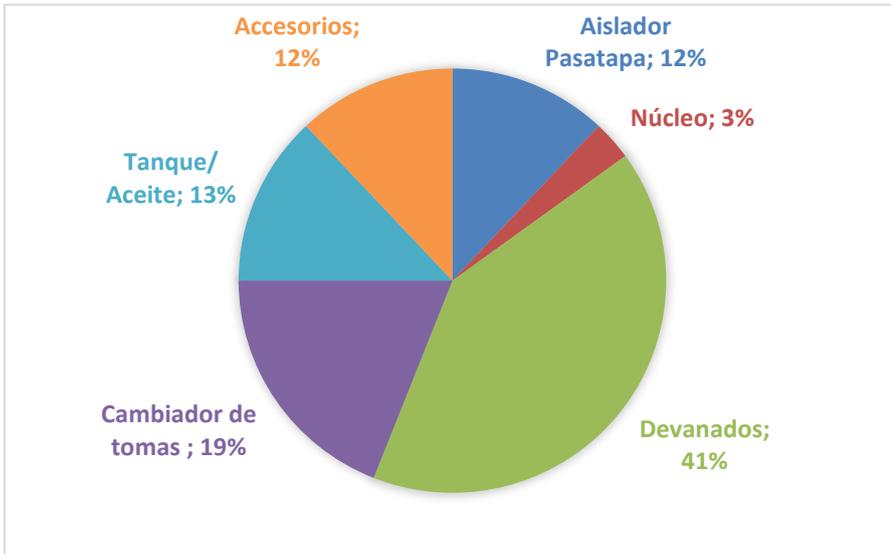


Gráfico 2. Porcentaje de falla por elemento de transformadores de potencia

Elaborado por: (López, 2019)

Presentación de la Propuesta

“SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE TRANSFORMADORES EN LA EMPRESA INEDYC EN LA CIUDAD AMBATO”.

Datos informativos:

Unidad ejecutora

Institución: Universidad Tecnológica Indoamérica

Beneficiarios:

- Gerencia administrativa y operativa
- Departamento de Mantenimiento
- Estudiantes de la Universidad Tecnológica Indoamérica
- Facultad de Ingeniería Industrial
- Clientes Internos y Externos

Ubicación

Nombre de la institución: INEDYC Provincia: Tungurahua

Cantón: Ambato Parroquia: Izamba

Dirección: Km 2 ½ Panamericana Norte Número telefónico:

Equipo técnico responsable:

El equipo técnico de esta investigación es:

- Autor de la investigación Sandy López
- Tutor de la investigación Ing. Leonardo Cuenca

Antecedentes de la propuesta.

En el desarrollo del diseño del Sistema de Gestión de mantenimiento de transformadores en la empresa INEDYC de la ciudad de Ambato, se ha identificado que la gestión de mantenimiento de los transformadores de diferentes empresas y centrales sufren daños menores y mayores, como consecuencia de estos daños existe pérdida en la producción y se llega hasta al cambio de las unidades. Además, no existe personal técnico que realice el seguimiento y control de los registros diarios de operación y reportes de fallas, los registros existentes

son llenados por los operadores que lo hacen de forma empírica, por ende, la gestión de mantenimiento no es efectiva.

Esta inadecuada gestión de mantenimiento provoca que la disponibilidad de los transformadores no sea óptima como determinan los estándares de calidad para equipos de operación continua, por ello se identificó que la disponibilidad, de los transformadores eléctricos fue del 99.97%.

De los indicadores de disponibilidad observada, y para maximizar el indicador, se debe gestionar los recursos humanos, tecnológicos, económicos e implementar un plan de mantenimiento acorde a las necesidades en la empresa INEDYC de la ciudad de Ambato.

Objetivos

Objetivo general

Estructurar el Sistema de Gestión de mantenimiento de transformadores en la empresa INEDYC de la ciudad de Ambato.

Objetivos específicos

- Realizar un inventario técnico de los transformadores a los que presta servicios de mantenimiento INEDYC.
- Elaborar las fichas técnicas de los principales transformadores a los cuales INEDYC presta el servicio de mantenimiento y repotenciación.

Justificación.

Para un adecuado plan de mantenimiento preventivo planificado se debe coordinar las tareas entre las secciones del departamento de mantenimiento, tener a disposición además los datos de los transformadores con el listado respectivo de sus repuestos, debe existir la posibilidad de realizar análisis estadísticos de costos, tiempos de funcionamiento, disponibilidad de los equipos, tiempos de mantenibilidad, una eficiente planificación, programación y control de mantenimiento.

La implementación de un sistema óptimo de mantenimiento preventivo planificado de los transformadores de las empresas a las cuales INEDYC presta sus servicios, permitirá realizar una efectiva gestión de mantenimiento, con la consecuente optimización de los recursos humanos y materiales, además de obtener mayor disponibilidad y confiabilidad de los transformadores.

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Factibilidad

La presente propuesta es factible e importante, pues con la implementación de un plan de mantenimiento preventivo se obtiene una herramienta útil para mejorar la gestión de mantenimiento de los transformadores, de esta manera se beneficia al personal técnico operativo, y a los clientes de INEDYC, al tener los equipos bien mantenidos evitando paradas imprevistas que afectan a la producción en sus respectivas empresas.

Al aplicar el programa de mantenimiento preventivo a los transformadores, se obtiene un moderno control de mantenimiento, lo cual se refleja en el ahorro de recursos económicos, financieros y humanos para la empresa.

La aplicación del plan de mantenimiento, permite a INEDYC mejorar la gestión de mantenimiento obteniendo un nivel eficiente, tanto económico y administrativo y ser competitivo frente a las empresas transnacionales.

La factibilidad de esta propuesta se sustenta en que no existen restricciones de índole legal para su aplicación, además existe una buena predisposición de los directivos de la empresa hacia el desarrollo de la presente propuesta.

INEDYC presta las facilidades del trabajo de investigación, además de la adopción de tecnología moderna o de última generación, para lograr obtener una mejor y mayor utilización; optimizando los procedimientos, simplificando las operaciones y mejorando la gestión del mantenimiento.

DESARROLLO

Planificación del Mantenimiento

Presentación de cronograma de Mantenimiento Anual SUB ESTACIÓN ELÉCTRICA a personal Administrativo de planta para su aprobación.

- Tiempo.

10 días antes de la fecha de ejecución (coordinada previamente con la empresa a realizar el trabajo)

- Repuesta

3 días a partir de la emisión

Una vez aprobado el documento se procede a:

- Dar inicio el Mantenimiento el cual dura 14 horas a partir de las 6am, el personal de la empresa donde se realiza los trabajos se pone a cargo de los Técnicos de INEDYC para ejecución del trabajo.
- Técnicos de INEDYC hacen la entrega de trabajo al Jefe de Mantenimiento a las 20:00
- A las 21:00h personal técnico de turno de la empresa donde se realiza el trabajo por orden del Jefe de Mantenimiento dan inicio al arranque de producción.
- Una vez que la planta está operativa personal Técnico de INEDYC se retira de la planta donde realizo el trabajo, luego de entregar orden de trabajo interna de INEDYC para ser firmado por Jefe de Mantenimiento.

Procedimiento de Mantenimiento Preventivo: (TERMOVACÍO)

- Toma de última muestra de aceite contemplada dentro del mantenimiento anual (15 días antes del mantenimiento), realización en el laboratorio de INEDYC (Análisis Físico Químico)
- Sacada de funcionamiento de transformador mediante la desconexión de

disyuntor de potencia de líneas de alta (13.800v)

- Aterrizar líneas de alta transformador a tierra para garantizar voltaje cero en el mismo y trabajar con seguridad.
- Conexión de mangueras (tapón inferior transformador) a máquina Termovació (INEDYC) para la recirculación del aceite y dar el tratamiento respectivo para anular la humedad del aceite
- El tiempo de duración aproximada es de 6 horas dependiendo de las pasadas de tratamiento según análisis y la cantidad de aceite que contenga.
- Terminado el tratamiento del aceite (sacada la humedad) se recupera la cantidad faltante del mismo (según la medida de alto y bajo nivel).
- Desconexión de mangueras, colocación tapón transformador.
- Revisión exterior, ajustes mecánicos y eléctricos de elementos (tapas, cables, aisladores, taps, etc.)
- Megeada de boblados interiores de alta y baja tensión, para garantizar el perfecto estado de bobinas (maquina especial meguer)
- Puesta en marcha de transformador accionamiento y conexión de disyuntor de potencia alimentador de alta a transformador (13.800v) y salida del mismo 220v a barras de distribución a planta.
- Visualización de voltajes en voltímetros de barras de distribución (220v en cada una)

NOTA: Caso idéntico se realiza en cualquier tipo de transformadores.

RECOMENDACIÓN: Lo más óptimo para garantizar y mantener un transformador en perfectas condiciones es hacer el mantenimiento 2 veces por año, pero queda a libertad del empresario hacerlo una vez mínimo. A continuación, se presenta la ficha técnica de uno de los transformadores a los cuales INEDYC, realiza el mantenimiento ver Tabla 14.

En la Tabla 15, se puede observar los datos técnicos de mantenimiento de transformadores, en la cual se presentan los equipos que se utilizan para realizar dicho mantenimiento.

En la Tabla 16, se puede observar el cronograma de mantenimiento preventivo de los transformadores que la empresa INEDYC tiene a su cargo para realizar dichos trabajos.

En la Tabla 17, se puede observar el costo de implementación de la propuesta, tomando en consideración que la administración de la misma estará a cargo del Ingeniero Franklin Camacho Gerente de INEDYC y del personal de mantenimiento de la empresa. Se recomienda el cumplimiento de las actividades programadas para la puesta en marcha de la presente propuesta.

Tabla 14. Ficha técnica transformador

PROTOCOLO No. 200													
CLIENTE	ENKADOR			POTENCIA (KVA)	750	No. DE SERIE	0183692 (M1)						
ENCARGADO	Ing. Pablo Ruiz			MARCA	ECUATRAN	VOLTAJES (V)	13200 / 440						
CARGO	Jefe Electrico			VOL. ACEITE GAL.	218	AÑO DE FABRICACION	1992						
TELEFONO	22870196			% DE CARGA		FECHA DE MUESTREO	11/11/2013						
CIUDAD	Sangolqui			TEMP. ACEITE (°C)	25	FECHA DE RECEPCION	11/12/2013						
PAIS	ECUADOR			TIPO DE ACEITE	MINERAL	FECHA DE ANALISIS	11/12/2013						
LOCALIZACION	Centro de Energia			OBSERVACIONES:	EQUIPO EN MANT.	FECHA DE EMISION	11/22/13						
CONDICIONES DEL LABORATORIO													
Temperatura Ambiente: 23°C					Humedad Relativa: 40%								
Presion Barometrica: 763 mm Hg					Temperatura del Aceite: 23,5 °C								
ANALISIS FISICOQUIMICOS DE ACEITES DIELECTRICOS													
NORMA (AÑO)	PRUEBA	UNIDAD	FECHA:	EQUIPO EN SERVICIO									
D-1524 R(2010)	Aspecto Visual	Relativo	11/12/2013	Claro y Brillante									
D-1524 R(2010)	Color	Relativo		<2									
D-1298 (2005)	Gravedad Especifica (15º/15°C)	Relativo		0,878									
D-971 (2004)	Tension Interfacial	Dynas/cm		32,4									
D-1533 (2005)	Contenido de Agua	ppm		13,5									
D-974 (2008)	No. De Neutralizacion	mg KOH/g aceite		0,06005									
D-1816 (2004)	Tension de Rigidez dielectrica	KV		56,6									
D-877 (2007)	Tension de Rigidez dielectrica	KV		****									
C 57.106-2002	Porcentaje de Saturacion de Agua en el aceite	% Indice de Calidad		15,7									
DIAGNOSTICOS													
ASTM D-3487 Y IEEE C 57.108 (Tabla No. 2, 3 y 7)				ACEITE EN CANECA		ACEITE NUEVO EN TRANSFORMADOR NUEVO			ACEITE NUEVO EN TRANSFORMADOR EN SERVICIO				
				ASTM D-3487		IEEE C 57.106 Tabla No. 2 y 3			IEEE C 57.106 Tabla No. 5				
				Min.	Max.	≤ 69 kV	> 69 / ≤ 230 kV	≥ 230 kV	≤ 69 kV	> 69 / ≤ 230 kV	≥ 230 kV		
Aspecto Visual				ACORDE		Claro y Brillante			***				
Color				ACORDE		1,0			***				
Gravedad Especifica				ACORDE		0,910			***				
Tension Interfacial				ACORDE		40,0	38,0		25,0	30,0	32,0		
Contenido de Agua				ACORDE		35,0		20,0	10,0	10,00	35,0	25,0	20,0
No. De Neutralizacion				ACORDE		0,03		0,015		0,20	0,15	0,10	
Tension de Rigidez Dielectrica D-1816				NO ACORDE		35,0	45,0	52,0	55	40,0	47,0	50,0	
Tension de Rigidez Dielectrica D-877				N/A		30	***			***			
% de Saturacion C 57.106-2002				NO ACORDE					15	8	5		

*** No existe valor de referencia . **** Prueba no realizada

Observaciones:

Según la Norma IEEC 57.106 revision 2006 Tabla 5, todos los equipos que no cumplen con la Tension de Rigidez dielectrica y/o contenido de agua, se recomienda un proceso de TERMOVACIO.

Según la Norma IEEE C 57.106 el equipo no cumple con las especificaciones de porcentaje de saturacion, se recomienda un proceso de TERMOVACIO.

Realizado por:
Ing. Carlos Martinez

Recibido por:
Ing. Santiago Camacho

Elaborado por: (López, 2019)

Tabla 15. Datos técnicos de mantenimiento de transformadores

		Equipos, Herramientas y Materiales utilizados en el Mantenimiento Preventivo de Transformadores (Termovacio)		
EQUIPOS				
DESCRIPCION	MODELO	N.- SERIE	ANALISIS QUE REALIZA	IMAGEN
Maquina de análisis Físico Químico de Aceite (Laboratorio)	MATEST	AP10345	Rigidez Dieléctrica Contenido de Humedad Número de Neutralización Densidad Relativa Tensión Interfacial Color Factor de Potencia A 25°C Factor de Potencia A 100°C	
Maquina de Tratamiento y Recuperación de Aceites Dieléctricos	DVTP	34875LP	Cambio de aceite aislante. Tratamiento por termovacio de aceite aislante. Regeneración de los aislamientos mediante tierra fuller. Secado de la parte activa del transformador.	
Megger	AEMC	JF96398	Medida de resistencia de alamento. Índice de Absorción. Índice de Polarización.	
Multimetro	FLUKE 27 II	ZP90876	Medir voltajes en baja tensión, barras y tableros distribución 220v. Prueba de resistencia , continuidad y diodos. Registro de valores mínimo, aximo y promedio.	
HERRAMIENTAS			MATERIALES	
Llave tuvo 10 Llave pico 10 Juego de llaves Mixtas /24-8) Juego destornilladores (plano, estrella)			Guantes Dieléctricos Bandeja plástica (derrames de aceite) Franclas Dieléctricas. Limpia Contactos. Wype Taípe (baja tensión) Taípe Autofundente. Teflón	

Elaborado por: (López, 2019)

Resultados esperados

Tras el desarrollo del proyecto de investigación de acuerdo a la interpretación y discusión de la normalización técnica del sistema de gestión en base a la norma COVENIN 2005 – 93, con énfasis en la Planificación, Organización, Dirección y Control.

Se determina que en los mantenimientos actuales al implementar las estrategias ya mencionadas (Tabla 12 y 13) su porcentaje en cumplimiento va aumentando ya que el personal técnico y la alta gerencia de las diferentes empresas se encuentra mejor capacitados

A continuación se muestra el mantenimiento realizado a la empresa CEDAL de la ciudad de Latacunga, en el cual muestra resultados positivos en un 75 % siendo lo siguiente:

Rigidez dieléctrica al aceite (ASTM D1816)

La prueba de rigidez da como efectos los kilovatios a los cuales ocurre la ruptura dieléctrica del aceite. Se puede observar en la Tabla 17, los aceites en servicio para tener en claro los límites mínimos de ruptura que debería presentar el aceite acorde al nivel de tensión en el que se encuentre operando el transformador.

Tabla 17. Límites mínimos de Rigidez dieléctrica para aceite en servicio de transformadores.

LÍMITES MÍNIMOS NIVEL DE AISLAMIENTO PARA ACEITE EN SERVICIO (kV)		
< 69 kV	>69 – <230 kV	>230 kV
40	47	50

Fuente: IEEE, IEEE Std C57.106, 2002

Si el resultado de la prueba está por debajo de los niveles permisibles, dependiendo claro está del nivel de tensión de transformador, es un indicador de que el aceite está con humedad o con partículas sólidas que son causa de la

disminución de su capacidad de soportar el esfuerzo dieléctrico. Se podría también analizar conjuntamente con los resultados de las pruebas del: factor de potencia, contenido de humedad y tensión interfacial para poder determinar si el aceite del transformador debería ser sometido a una regeneración.

Análisis Visual

Con este análisis se puede observar el grado de contaminación que presenta el aceite. Es una forma muy práctica de conocer el estado del aceite y determinar si hace falta un reacondicionamiento o una recuperación.

Prueba de Factor de Potencia (ASTM D 924)

Esta prueba no debe superar los límites establecidos e indicados en la Tabla 18

Tabla 18. Límite máximo de porcentaje de factor de potencia del aceite en servicio de transformadores

LIMITES MÁXIMOS FACTOR DE POTENCIA PARA ACEITE EN SERVICIO A 25 °C (% FP)		
< 69 Kv	>69 – <230 kV	>230 kV
0,5	0,5	0,5

Fuente: IEEE, IEEE Std C57.106, 2002

Si la prueba excediera estos valores, dependiendo claro está del nivel de voltaje del transformador, indica que se están produciendo excesivas pérdidas en el aceite, lo cual se puede notar, por ejemplo, en el calentamiento anormal del aceite o degradación excesiva del mismo.

Número de neutralización (ASTM D 974)

Los límites establecidos por la norma para el número de neutralización se los puede observar en la Tabla 19.

Tabla 19. Límites máximos de número de neutralización del aceite en servicio de transformadores.

LÍMITES MÁXIMOS NÚMERO DE NEUTRALIZACIÓN PARA ACEITE EN SERVICIO (mgKOH/g)		
< 69 kV	>69 – <230 kV	>230 kV
0,2	0,15	0,1

Fuente: IEEE, IEEE Std C57.106, 2002

El resultado de la prueba es una ayuda para saber si el aceite necesita ser sometido a una recuperación.

Prueba de Tensión Interfacial (ASTM D 971)

La normativa exige una tensión interfacial mínima de 25 mN/m (miliNewton/metro).

Tabla 20. Límites mínimos de tensión interfacial para aceite en servicio de transformadores.

LÍMITES MÍNIMOS TENSIÓN INTERFACIAL PARA ACEITE EN SERVICIO (mN/m)		
< 69 kV	>69 – <230 kV	>230 kV
25	30	32

Fuente: IEEE, IEEE Std C57.106, 2002

Un bajo valor de tensión interfacial identifican que existen rastros de oxidación y contaminantes polares en el aceite. Éste resultado se lo puede analizar con las pruebas anteriores para determinar si hay la necesidad de regenerar o recuperar el aceite.

Tabla 21. Cronograma de actividades enero a junio 2020

TIEMPO	1 MES				2 MES				3 MES				4 MES				5 MES				6 MES			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Exposición de la propuesta a Gerencia.	x	x																						
Dotación de material físico acerca de la propuesta.					x	x																		
Socialización con personal operativo de INEDYC.								x		x														
Discusión de Normativas aplicables en el SGM.												x	x	x	x	x								
Inducción del SGM al personal operativo de INEDYC.																		x						
Retroalimentación																				x				
Ejecución de la propuesta																					x	x	x	x

Fuente: Investigación Directa
Elaborado por: (López S. , 2019)

Se pretende Estructurar el Sistema de Gestión de mantenimiento de transformadores en la empresa INEDYC de la ciudad de Ambato, una vez que hemos examinado la posibilidad de realizar: análisis estadísticos de costos, tiempos de funcionamiento, disponibilidad de los equipos, tiempos de mantenibilidad, una eficiente planificación, programación y control de mantenimiento; esto con el fin de mejorar los productos y/o servicios que ofrece la empresa, la implementación de un Sistema de Gestión permitirá obtener la mayor confiabilidad y disponibilidad de los transformadores, obteniendo una optimización de recursos humanos y materiales.

Luego de conocer el proceso de termo vacío, se elabora un Informe Técnico del mantenimiento y pruebas de calidad de energía en centros de transformación, mismo que se encuentra detallado en el Anexo 2, es fundamental buscar una estructura expositiva, sencilla y lógica para indicar cuál ha sido la mejoría en los transformadores después de un proceso de termo vacío.

Costo y Administración

La ejecución de la siguiente propuesta está bajo la responsabilidad del Gerente de INEDYC y a su vez del personal que intercede en los procesos de mantenimiento de transformadores. Por lo tanto, es muy importante mantener siempre vivo el compromiso de trabajar en equipo para que pueda ser ejecutada la siguiente propuesta.

A continuación, en la Tabla 18, encuentra detalle los recursos necesarios utilizados para la ejecución de la propuesta planteada.

Tabla 22. Costo de la Propuesta

COSTO E IMPLEMENTACIÓN			
Descripción	P. Unitario (\$)	Cantidad	P. Total (\$)
Propuesta Planteada:			
<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de Gestión de Mantenimiento de transformadores en la empresa INEDYC de la ciudad Ambato 	3.000,00	1	3.000,00
<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación de personal técnico-operativo 	1.000,00	2	2.000,00
<ul style="list-style-type: none"> • Socialización del SGM (material físico) <ul style="list-style-type: none"> - Manuales - Trípticos 	150	1	150,00
SUBTOTAL			5.150,00
Imprevistos 10%			515,00
COSTO TOTAL			5.665,00

Elaborado por: (López, 2019)

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- En conclusión, con respecto a la situación actual del Sistema de Gestión de Mantenimiento de la empresa INEDYC, se determinó que este cumple con un 35% del valor total asignado. Para que el proceso de mantenimiento llegue al porcentaje ideal cercano al 100% que sería lo óptimo hace falta establecer planes y políticas de un buen sistema de gestión de mantenimiento.
- Si además de la condición térmica del enrollado, al sistema de diagnóstico se le adiciona el monitoreo en tiempo real del análisis de gases disueltos en el aceite dieléctrico, el factor de cubrimiento de las fallas aumenta considerablemente ya que como se determinó a lo largo del análisis modal, el aceite aislante es donde se pueden detectar cambios significativos de sus propiedades, lo que está relacionado a condiciones de falla de en una gran parte de los componentes y sistemas del transformador.
- Las variables eléctricas que son sometidas a estudio son: Contenido de agua, gases disueltos, esfuerzo dieléctrico, acidez y color; la ejecución de las pruebas eléctricas se encargará INEDYC la cual entregará los resultados a la Gerencia de Mantenimiento para encargarse del procesamiento de la información para que a través de gráficos de tendencia sirva de base para la toma de decisiones. La frecuencia será anual y la definirá la persona encargada de la planificación del mantenimiento de acuerdo a las actividades prevista.

Recomendaciones

- La empresa debe preocuparse del óptimo desempeño de los integrantes del departamento de mantenimiento a través de la capacitación al personal técnico que está a cargo del mantenimiento y operación de los equipos. Además aplicar herramientas necesarias para la gestión de mantenimiento de los diferentes tipos de transformadores.
- Realizar un seguimiento adecuado de todos los registros de operación y reportes de fallas de las unidades, así identificar con anterioridad una falla futura y tomar acciones antes de que el equipo tenga que ser parado de manera inesperada.
- Finalmente se recomienda elaborar un plan de mantenimiento preventivo para los transformadores que están a cargo de INEDYC con el objetivo de optimizar la operación de los mismos, gestionando los recursos necesarios, cumpliendo procedimientos adecuados de las tareas de trabajo de acuerdo a las frecuencias establecidas por los fabricantes, optimizando los recursos humanos y materiales, de esta manera obtener resultados satisfactorios de operación de dichos transformadores.

BIBLIOGRAFÍA.

MCPerson, George. 1987. *Introducción a Maquinas Electricas y Transformadores.* Mexico : LIMUSA S.A, 1987. 968-18-1811-3.

Mora Gutiérrez, Luis Alberto. 2009. *Mantenimiento, Planeación, ejecución y control.* Bogotá : Alfaomega Colombiana S.A., 2009. pág. 528.

Mora Gutiérrez, Luis Alberto. 2009. *Mantenimiento. Planeación, ejecución y control.* Bogotá : Alfaomega Colombiana S.A., 2009. pág. 528. ISBN 978-958-682-769-0.

Ortiz Flórez, Ramiro. 2011. *Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.* Bogotá : Ediciones de la U, 2011. pág. 25. ISBN 978-958-8675-99-2.

Pablo Vuillermoz. Represas Hidroeléctricas. [En línea]
https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml_get_99035ba6-7a06-11e1-83f6-ed15e3c494af/index.html.

Prieto, D. Ramirez. 2014. *Transformadores y Maquinas Asincronas. Problemas Resueltos.* Madrid : Dextra Editorial S.L, 2014. 978-84-16277-16-2.

Pulido, Manuel Álvarez. 2009. *Transformadores.* México : MARCOMBO S.A, 2009. pág. 1. 978-607-7686-41-5.

W. G. Breck, R. J. C. Brown, J. D. McCowan. 1986. *química PARA CIENCIA E INGENIERIA.* México : COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A. DE C.V, 1986. pág. 363. ISBN 968-26-0658-6.

CUATRECASES, Lluís, TORREL, Francesca, (2010), TPM en un Entorno, Lean Management, Profit Editorial, España Barcelona., 202, 203.

Gomes de León, Félix Cesáreo, (1998), Tecnología del Mantenimiento Industrial, Impreso Universidad de Murcia Santo Cristo, I Edición, España Murcia, 24.

Gonzales, Francisco Javier, Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial,
Edita Fundación Confemetal, Segunda Edición, España Madrid, 60,61.

Gutiérrez, Alberto, (2009), Mantenimiento, Planeación, Ejecución y Control,
Alfaomega Grupo Editor, Primera Edición, México, 95,96.

ANEXOS

ANEXO 1: Guion de Entrevista

Entrevista a:.....

Cargo:.....

Fecha de la entrevista:.....

Hora de la entrevista:.....

Duración de la entrevista:.....

9. ¿Cree Usted que el Personal Técnico-Operativo conoce las responsabilidades y objetivos Departamentales?

10. Podría indicar, ¿De qué manera las autoridades del Departamento de Mantenimiento han socializado al personal los objetivos departamentales?

11. ¿Describa la situación actual de la gestión de mantenimiento en la Empresa?

12. ¿Considera usted que la documentación respecto a la gestión de mantenimiento que la Empresa dispone, es la más adecuada? ¿Por qué?

13. ¿Cree usted que la falta de aplicación del plan de mantenimiento preventivo de los transformadores, tiene consecuencias negativas para las empresas que dependen del funcionamiento de los mismos?

14. ¿Qué recursos ha asignado el Departamento de Mantenimiento para la aplicación de un plan de mantenimiento?

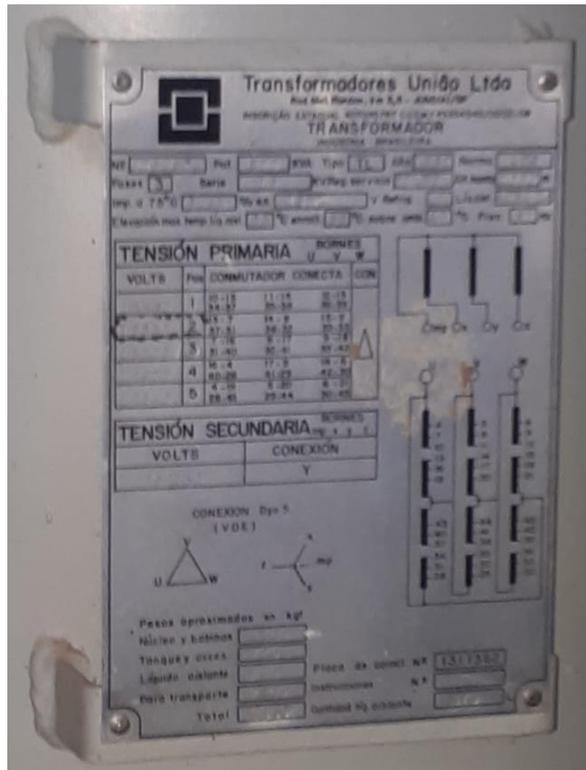
15. ¿Cree usted que se puede mejorar la gestión de mantenimiento en INEDYC?

16. ¿Qué acciones considera Ud. que se deberían tomar para mejorar la gestión de mantenimiento, y cuál sería su finalidad?

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

ANEXO 2: Transformadores







ANEXO 3: Informe del Mantenimiento y Pruebas de Calidad

INFORME

Mantenimiento y pruebas de Calidad de energía en centros de transformación de la Fabrica JURIS CIA LTDA

UBICACIÓN: Quito, Cantón Rumiñahui, Sangolqui PIC Ecuador 1703

FECHA: 01/04/2019

CONTENIDO

ANTECEDENTES	2
ALCANCE Y OBJETIVOS	3
ACTIVIDADES:	3
ANÁLISIS Y RESULTADOS:	4

ANTECEDENTES

La INDUSTRIA JURIS CIA LTDA para sus procesos cuenta con dos centros de transformación y por la capacidad instalada de un sistema de medida en media tensión, como se puede observar en las siguientes tablas 1, los mismos que para su optima operación se requiere del mantenimiento adecuado.

Tabla 1. - Centros de Transformación

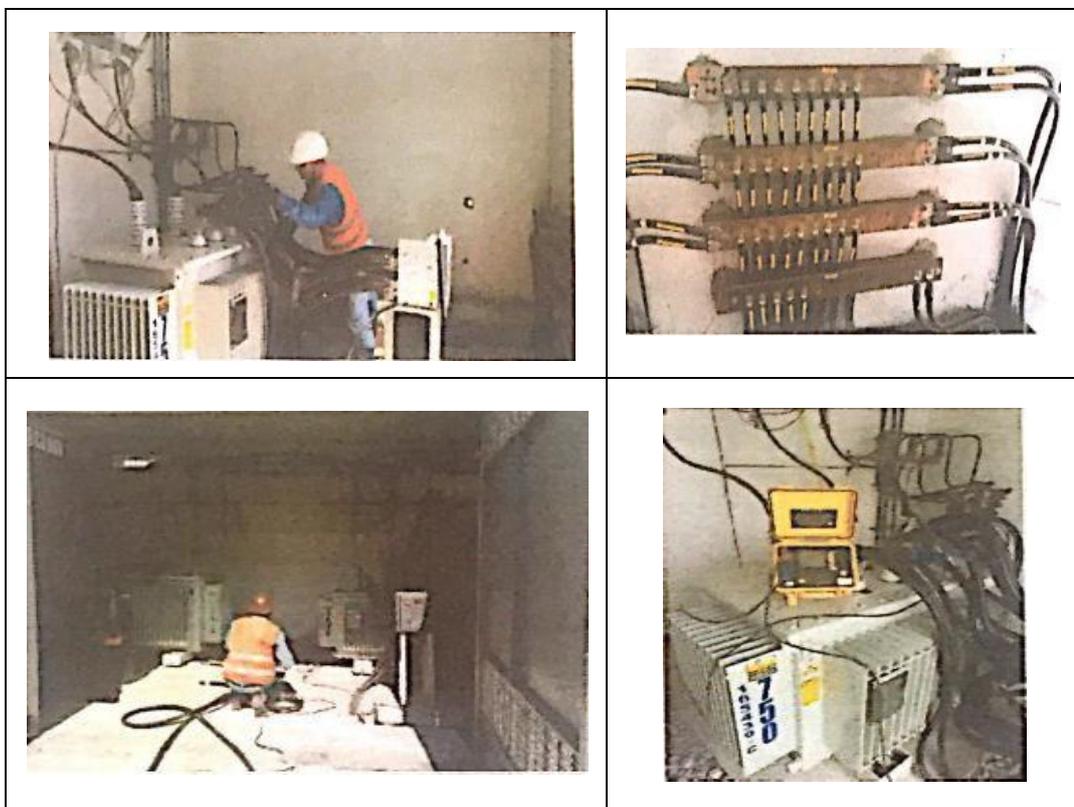
EQUIPO	MODELO																																																												
																																																													
																																																													
	 <table border="1" data-bbox="810 1545 1294 1892"> <thead> <tr> <th colspan="4">CEA COMPANIA ELECTRO ANDINA S.A.C.</th> </tr> <tr> <th colspan="4">Calle Alfileros 162 Urb. Infanzas Km. 18.3 Pan. Norte - Los Olivos</th> </tr> <tr> <th colspan="4">Teléfonos: 8298443 - 8298228 - Fax: 819'4198 - 819'4197</th> </tr> <tr> <th colspan="4">TRAFOMIX</th> </tr> <tr> <th>Modelo</th> <th>2-07</th> <th>POTENCIAL</th> <th>INTENSIDAD</th> </tr> <tr> <td>Tip</td> <td>IMEA-33</td> <td>3 x 30 VA</td> <td>3 x 15 VA</td> </tr> <tr> <td>Nº Serie</td> <td>24459</td> <td>Relación</td> <td>22-0/11-0 kV</td> </tr> <tr> <td>Grupo de Aut.</td> <td>LNAN</td> <td>Clase Precisión</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>Grupo de Aut.</td> <td>AL</td> <td>Frecuencia</td> <td>60 Hz</td> </tr> <tr> <td>Grupo</td> <td>2000 mm</td> <td>Grupo de Conexión</td> <td>Yny0</td> </tr> <tr> <td>Grupo de Aut.</td> <td>60244-1Y2</td> <td>Nivel de Aisl. AT(kV)</td> <td>25 / 50 / 150</td> </tr> <tr> <td>Grupo de Aut.</td> <td>EXTERIOR</td> <td>Nivel de Aisl. BT(kV)</td> <td>0.5 / 3</td> </tr> <tr> <td>Nivel de Aisl.</td> <td>SF 97-65</td> <td>Nivel de Aisl. (kV)</td> <td>170</td> </tr> <tr> <td>Peso de Hierro</td> <td>68 kg</td> <td>Control de Tensión</td> <td>3.50 kA</td> </tr> <tr> <td>Peso Total</td> <td>229 kg</td> <td>Control de Corriente</td> <td>8.75 kA</td> </tr> </thead></table>	CEA COMPANIA ELECTRO ANDINA S.A.C.				Calle Alfileros 162 Urb. Infanzas Km. 18.3 Pan. Norte - Los Olivos				Teléfonos: 8298443 - 8298228 - Fax: 819'4198 - 819'4197				TRAFOMIX				Modelo	2-07	POTENCIAL	INTENSIDAD	Tip	IMEA-33	3 x 30 VA	3 x 15 VA	Nº Serie	24459	Relación	22-0/11-0 kV	Grupo de Aut.	LNAN	Clase Precisión	0.2	Grupo de Aut.	AL	Frecuencia	60 Hz	Grupo	2000 mm	Grupo de Conexión	Yny0	Grupo de Aut.	60244-1Y2	Nivel de Aisl. AT(kV)	25 / 50 / 150	Grupo de Aut.	EXTERIOR	Nivel de Aisl. BT(kV)	0.5 / 3	Nivel de Aisl.	SF 97-65	Nivel de Aisl. (kV)	170	Peso de Hierro	68 kg	Control de Tensión	3.50 kA	Peso Total	229 kg	Control de Corriente	8.75 kA
CEA COMPANIA ELECTRO ANDINA S.A.C.																																																													
Calle Alfileros 162 Urb. Infanzas Km. 18.3 Pan. Norte - Los Olivos																																																													
Teléfonos: 8298443 - 8298228 - Fax: 819'4198 - 819'4197																																																													
TRAFOMIX																																																													
Modelo	2-07	POTENCIAL	INTENSIDAD																																																										
Tip	IMEA-33	3 x 30 VA	3 x 15 VA																																																										
Nº Serie	24459	Relación	22-0/11-0 kV																																																										
Grupo de Aut.	LNAN	Clase Precisión	0.2																																																										
Grupo de Aut.	AL	Frecuencia	60 Hz																																																										
Grupo	2000 mm	Grupo de Conexión	Yny0																																																										
Grupo de Aut.	60244-1Y2	Nivel de Aisl. AT(kV)	25 / 50 / 150																																																										
Grupo de Aut.	EXTERIOR	Nivel de Aisl. BT(kV)	0.5 / 3																																																										
Nivel de Aisl.	SF 97-65	Nivel de Aisl. (kV)	170																																																										
Peso de Hierro	68 kg	Control de Tensión	3.50 kA																																																										
Peso Total	229 kg	Control de Corriente	8.75 kA																																																										

ALCANCE Y OBJETIVOS

El presente mantenimiento tiene como finalidad la conservación para un óptimo funcionamiento del transformador, para lo cual se ha planificado actividades que se detallan a continuación:

ACTIVIDADES:

- Des energización del sistema eléctrico.
- Limpieza del transformador.
- Limpieza de elementos del transformador.
- Limpieza de elementos externos del transformador.
- Mantenimiento del transformador mediante equipo de termovacío automático.
- Reajuste de piezas del transformador, barras, fusibles, cableado.
- Pruebas eléctricas de campo PC (MEGER, TTR, MICRÓMETRO).
- Análisis ADFQ.
- Toma de muestras de aceite para análisis Dieléctricos – Físico Químico y cromatográfico.





ANÁLISIS Y RESULTADOS:

Análisis Dieléctrico – Físico Químico

Tabla 2. – Rigidez eléctrica

TRANSFORMADORES RIGIDEZ DIELECTRICA				
NUMERACIÓN	POTENCIA	INICIAL	FINAL	NIVEL
169433-C	750 KVA	28	42	OK
165430-C	500 KVA	26	43	OK

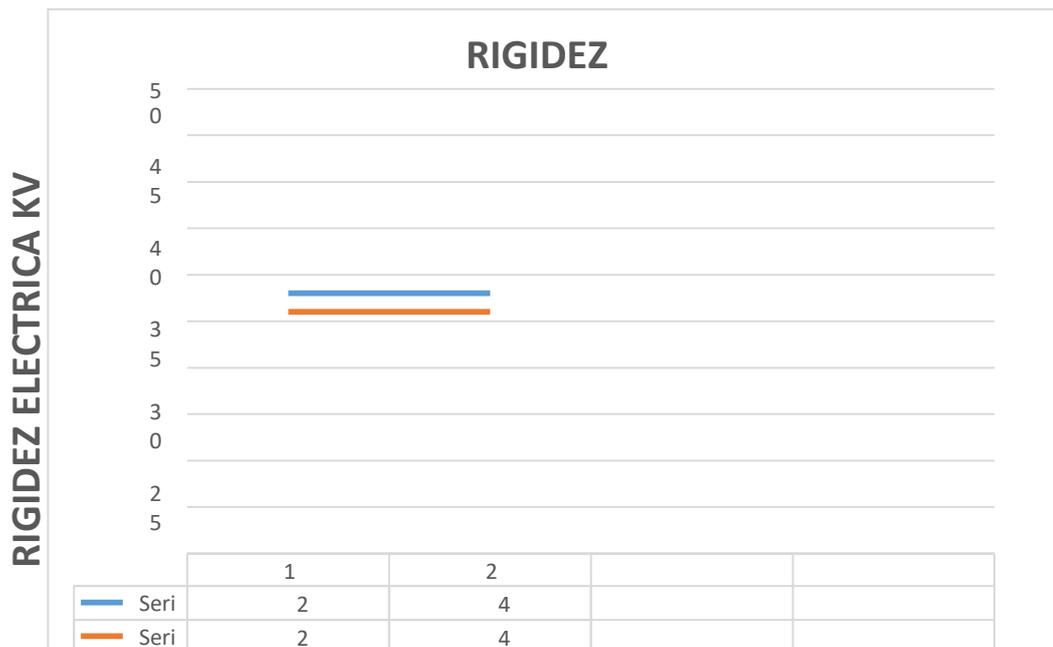


Gráfico 1. - Rigidez eléctrica KV

En el Gráfico 3 se puede apreciar al antes y después del mantenimiento de termo vacío, se aprecia la mejora de rigidez dieléctrica, y en la tabla los niveles de aceite están correctamente.

Tabla 3. – Concentración de Agua

TRANSFORMADORES RIGIDEZ DIELECTRICA				
NUMERACIÓN	POTENCIA	INICIAL	FINAL	NIVEL
169433-C	750 KVA	28	12	OK
165430-C	500 KVA	33	11	OK

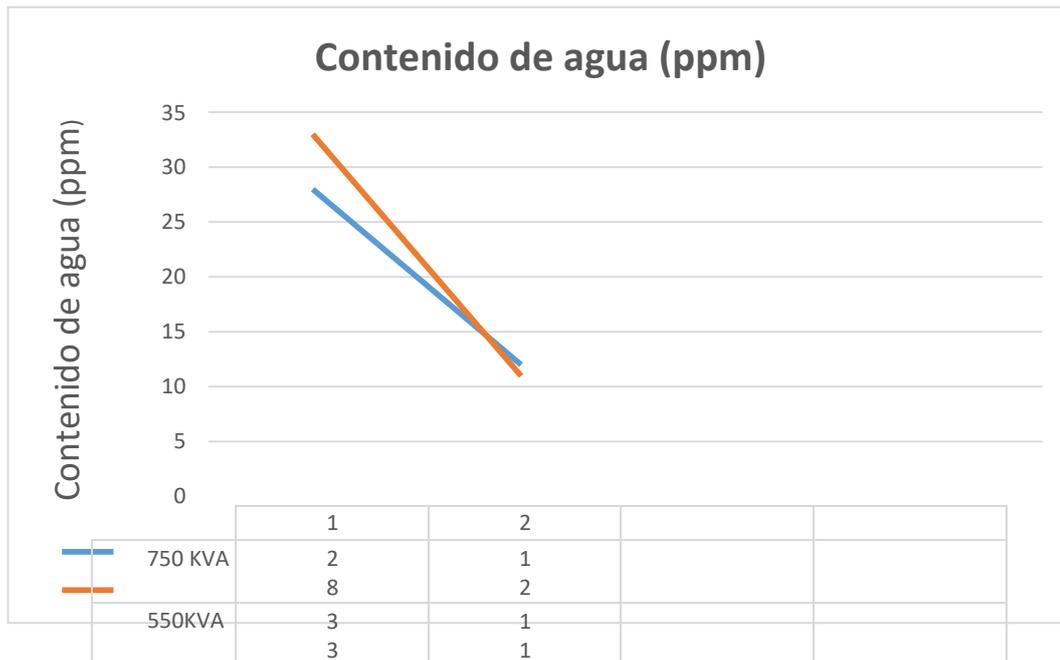


Gráfico 2. - Concentración de Agua

En la tabla 3 y Gráfico 2 apreciamos la disminución de concentración de agua en el aceite debido al termovacío que se realizó y a su vez esto ayuda a mejorar la rigidez dieléctrica como se observa en la tabla 2 y Gráfico 1..

Luego del mantenimiento mediante de proceso de termovacío los transformadores se encuentran totalmente operativos en conformidad a la Norma IEEE C57.106.

PRUEBAS ELÉCTRICAS:

De acuerdo a los resultados obtenidos (**Anexo Pruebas Eléctricas Transformadores**), se puede evidenciar que los valores arrojados por el equipo son óptimos y los transformadores se encuentran en Buen Estado.

CONCLUSIONES:

- El mantenimiento preventivo realizado en los transformadores y en el sistema eléctrico se realizó en óptimas condiciones evidenciando en el análisis de las mediciones tomadas que los transformadores se encuentran en buen estado.
- El mantenimiento en cada una de las áreas de la cámara de transformación ayuda a preservar los elementos como el transformador, seccionadores, cables, accesorios y garantiza el buen estado de estos ayudando así a la calidad de energía suministrada por estos a la fábrica.

NOTA: Los resultados cromatográficos serán entregados después de 15 a 20 días de toma de muestras.

RECOMENDACIONES:

- Realizar pruebas ADFQ y mantenimiento por termo vacío anual.
- Revisión de la transferencia debido a que el generador no se apaga.
- Revisión y mejoramiento de banco de capacitores.