

**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PLAN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO - PREVENTIVO
DE LOS TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN EN LA
EMPRESA ELEBOL C.A, CIUDAD BOLÍVAR – ESTADO
BOLÍVAR.**

**TRABAJO FINAL DE
GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES DIEGO A.,
STRONCONI P Y JOSE A.,
TAMOY R. PARA OPTAR
AL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

CIUDAD BOLÍVAR, OCTUBRE 2010

HOJA DE APROBACIÓN

Este trabajo de grado titulado “**Proponer un Plan de Mantenimiento correctivo – preventivo de los Transformadores de Distribución en la empresa ELEBOL C.A, Ciudad Bolívar – Estado Bolívar.**”, presentado por los bachilleres: **Stronconi Diego** y **Tamoy Jose**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombres:

Firmas:

Profesora Marilin Arciniegas

(Asesor)

Profesora Lenzomara Rangel

Profesora Lizzeth Páez

Profesor Dafnis Echeverrias

Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial

Ciudad Bolívar, Noviembre De 2010

DEDICATORIA

Principalmente a Dios, que me dio la vida, salud y sabiduría, que me permitió recorrer esta parte de un gran camino, iluminando siempre mi horizonte y dándome la fortaleza necesaria para afrontar los obstáculos y celebrar mis logros.

A mis padres, Elita Parra y Enrico Stronconi, ejemplos de trabajo, unión familiar y grandes valores difundidos en mí, en el transcurso de la vida. Por su apoyo incondicional durante todo el camino recorrido hasta hoy. Que me han permitido llegar hasta donde estoy y seguir adelante.

A mi abuela Ida Santi, por su apoyo y motivación incondicional. Que Dios la tenga en su gloria.

A mis hermanas, demás familiares y amigos, por su acompañamiento, motivación y apoyo durante mi carrera.

Diego Stronconi

DEDICATORIA

A Dios por darme salud y fortaleza para culminar mis estudios de pregrado y guiarme en cada paso, y llenarme de fe para realizar este trabajo y lograr mi carrera profesional.

A, mis padres Sergia Rodríguez y Angel Tamoy, por darme el ser y brindarme su apoyo incondicional. A ellos les dedico una de mis tantas metas en esta vida.

A mis hermanos Angel Gregorio, Angelis Harael y Angel Eliezer Tamoy por acompañarme en esta etapa y para que le sirva de ejemplo y motivación en su vida como estudiante de esta universidad.

A Rocio Carolina por apoyarme y acompañarme en esta etapa de mi vida.

Jose Tamoy

AGRADECIMIENTO

A Dios por darnos salud y fortaleza para culminar nuestros estudios de pregrado y guiarnos en cada paso, llenándonos de fe para realizar este trabajo y lograr mi carrera profesional.

A nuestras familias por su ayuda, apoyo, acompañamiento y comprensión.

A la Electricidad de Ciudad Bolívar (ELEBOL C.A) Por darnos la oportunidad de realizar las pasantías y este trabajo en sus instalaciones.

A la profesora Marilin Arciniegas por su asesoramiento en al trabajo de investigación.

A un amigo, William Lamb por su apoyo durante la realización de este trabajo.

A compañeros de estudios y amigos gracias por sus apoyo. Y a todas aquellas personas que de manera directa o indirecta colaboraron para que se pudiera realizar ésta investigación de manera exitosa.

Diego Stronconi Y Jose Tamoy

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo fundamental proponer un Plan de Mantenimiento de los Transformadores de Distribución en la empresa ELEBOL C.A, Ciudad Bolívar – Estado Bolívar. La investigación realizada es de tipo descriptiva, evaluativa, aplicada y de campo. Para desarrollarla se utilizaron técnicas de recolección de datos como la observación directa, entrevistas no estructuradas y el método de mantenimiento de análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Contando como población y muestra los empleados (3) y equipos (9) presente en el taller. Como resultado se obtuvo que el trabajo es realizado de forma empírica por parte del personal encargado del mantenimiento y al momento de ejecutarlo no se tiene una secuencia de actividades definidas. Y en la aplicación del AMEF los Números de Prioridad de Riesgo (NPR) obtenidos son (640) bobina o núcleo, (392) el aceite dieléctrico, (280) los bushings de alta y (276) baja, (216) válvula de escape, (96) cuba y (45) Conmutador. Partiendo de dichos resultados se determinaron tareas específicas (Pruebas funcionales previas al mantenimiento, desenergización, mantenimiento, energización y puesta en servicio, actividad de cierre.) y estrategias aplicadas a la formación del equipo de trabajo, equipos y materiales utilizados en la ejecución del mantenimiento y medidas de orden y limpieza. Con el fin de que se realice el mantenimiento de forma adecuada.

CONTENIDO

HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN.....	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABLAS	xiv
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
SITUACION A INVESTIGAR	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Objetivos de la investigación	5
1.2.1 Objetivo general	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
1.3 Justificación de la investigación.....	6
1.4 Alcance de la investigación.....	7
1.5 Limitaciones	7
CAPÍTULO II	8
GENERALIDADES	8

2.1 Reseña histórica de la empresa C.A. La Electricidad de Ciudad Bolívar (ELEBOL).....	8
2.2 Ubicación geográfica de la empresa	10
2.3 Filosofía de gestión	10
2.3.1 Misión	11
2.3.2 Visión	11
2.3.3 Valores	11
2.4 Caracterización general y datos principales de la empresa	11
2.5 Estructura organizativa de la empresa.....	12
2.5.1 Dirección de Distribución	12
CAPÍTULO III.....	14
MARCO TEÓRICO.....	14
3.1 Antecedente de la investigación.....	14
3.2 Bases teóricas	16
3.2.1 Mantenimiento	16
3.2.2 Objetivos del Mantenimiento.....	17
3.2.3 Tipos de mantenimiento.....	17
3.2.4 Plan de mantenimiento.....	20
3.2.5 Pasos para desarrollar un programa de mantenimiento planeado	20

3.2.6 Análisis de modo y efectos de fallos (AMEF).....	22
CAPÍTULO IV	40
METODOLOGÍA DEL TRABAJO	40
4.1 Tipo de investigación	40
4.2 Diseño de la Investigación	41
4.3 Población y muestra de la investigación	41
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos y análisis de la información	42
4.5 Pasos requeridos para realizar la investigación.....	43
4.6 Técnicas de ingeniería industrial utilizadas	44
CAPÍTULO V	45
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	45
5.1 Análisis de la situación actual de mantenimiento de los transformadores de distribución en la empresa ELEBOL C.A.....	45
5.2 Establecer las fallas que afectan el funcionamiento de los transformadores de distribución.....	48
5.2.1 Usuarios	51
5.2.2 Factores externos.....	52
5.3 Evaluación de las fallas que afectan el funcionamiento de los transformadores de distribución utilizando como método de evaluación el Análisis de Modo y Efecto de Fallo (A.M.E.F).....	54

5.4 Establecer las de tareas de mantenimiento específicas para la reparación de los transformadores de distribución.....	60
5.4.1 Fase 1: Pruebas funcionales previas al mantenimiento.....	62
5.4.2 Fase 2: Desenergización.....	63
5.4.3 Fase 3: Mantenimiento.....	65
5.4.4 Fase 4: Energización y puesta en servicio.....	71
5.4.5 Fase 5: Actividades de cierre	71
5.5 Diseño de estrategias de mantenimiento para los transformadores de distribución.....	72
5.5.1 Objetivos del Plan de Mantenimiento	72
5.5.2 Alcance.....	73
5.5.3 Formación del equipo de trabajo.....	73
5.5.4 Equipos y materiales utilizados en la ejecución del mantenimiento.....	77
5.5.5 Medidas de orden y limpieza	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	83
Conclusiones	83
Recomendaciones.....	85
REFERENCIAS.....	87
APÉNDICES.....	89
Apéndice A.....	89

Plan de mantenimiento correctivo-preventivo Para los transformadores de
distribución de la empresa ELEBOL C.A..... 89

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicación geográfica de la Empresa C.A. La Electricidad de Ciudad Bolívar.....	10
Figura 2.2 Estructura organizativa de la empresa (Recursos Humanos, Elebol C.A 2008).	12
Figura 2.3 Estructura organizativa de la Dirección de Distribución (Recursos Humanos, Elebol C.A 2008).	13
Figura 5.1 Diagrama causa – efecto de la situación actual.	46
Figura 5.2 El núcleo del transformador.	48
Figura 5.3 Cuba del transformador.	49
Figura 5.4 Bushing de alta del transformador.....	49
Figura 5.5 Bushing de baja del transformador.	49
Figura 5.6 Taps del transformador.	50
Figura 5.7 Válvula de escape del transformador.....	50
Figura 5.8 Fases del mantenimiento.	61
Figura 5.9 Estructura jerárquica propuesta.	74
Figura 5.10 Detector de voltaje AC/DC.....	77
Figura 5.11 Equipo de medición de resistencia aislamiento AC/DC.....	77
Figura 5.12 Equipo medidor de relación de transformación (TTR).....	78
Figura 5.13 Equipo medidor de resistencia de contacto.	78
Figura 5.14 Multímetro digital.....	78
Figura 5.15 Pinza amperimétrica AC/DC.	78
Figura 5.16 Cámara de inspección termográfica.....	79
Figura 5.17 Comparador de devanados.....	79
Figura 5.18 Aspiradora.....	79
Figura 5.19 Máquina embobinadora.	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1 Relación con otras herramientas.	27
Tabla 3.2 Tabla de gravedad.	30
Tabla 3.3 Ocurrencia.	31
Tabla 3.4. Detección.	32
Tabla 4.1 Población.	42
Tabla 5.1 Capacidades Vs resultados.	47
Tabla 5.2 Factores involucrados en la fallas.	53
Tabla 5.3 Análisis de Modo y efecto de fallo (A.M.E.F.).	55
Tabla 5.4 Acciones de mejoras para los NPR más elevados.	58
Tabla 5.5 Tiempos de ejecución de fases.	62

INTRODUCCIÓN

La empresa C.A. La Electricidad de Ciudad Bolívar (ELEBOL), está dedicada principalmente a la distribución y comercialización de la energía eléctrica. Su sede administrativa se encuentra ubicada en el paseo Orinoco N° 134 del municipio Heres, Ciudad Bolívar, estado Bolívar. Su sede técnico-operativa, llamada antiguamente planta vieja, actualmente. Centro de Operaciones de Distribución (C.O.D), se encuentra ubicada en la avenida. Germania, municipio Heres, Ciudad Bolívar, estado Bolívar.

ELEBOL, está conformada por distintas direcciones. Una de ella es la Dirección de Distribución, encargada de coordinar y atender todas las actividades operativas y administrativas concernientes a la distribución de energía eléctrica de una manera sistemática. Encontrándose entre estas actividades la de mantenimiento.

Todas las acciones de mantenimiento, tienen como objetivo mantener un equipo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo sus funciones requeridas. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

Debido a las problemáticas que existen en el taller, con respecto al mantenimiento de los transformadores y la identificación de las fallas del mismo.

La investigación se estructura en cinco capítulos: el Capítulo I, contiene el planteamiento del problema, basado en las observaciones e informaciones concedidas por el personal de la empresa y, los objetivos de la investigación, tanto general como específica. Además se agregan las justificaciones, alcances y limitaciones de la investigación

El Capítulo II, presenta las generalidades de la empresa: ubicación geográfica, estructura organizacional, misión, visión y valores.

El Capítulo III, concierne al marco teórico donde están los estudios previos y se definen las bases teóricas que fundamentan la presente investigación; e incluye un glosario de términos contenidos en la investigación.

El Capítulo IV contiene la metodología que se utilizó en el desarrollo de la investigación. El tipo de investigación, población y muestra utilizada, técnicas de recolección de datos, los pasos seguidos para completar la investigación y las herramientas de ingeniería industrial utilizadas para llevar a cabo el trabajo.

El Capítulo V, contiene el análisis e interpretación de los resultados obtenidos al finalizar el estudio.

Y por último las conclusiones y recomendaciones expuestas una vez analizados los resultados obtenidos en la investigación, referencias y apéndice

CAPÍTULO I

SITUACION A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del problema

La Compañía Anónima Electricidad de Ciudad Bolívar (C.A. ELEBOL), es una empresa asociada a la Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC) que tiene como actividad económica principal, la comercialización y distribución de energía eléctrica. Su sede administrativa se encuentra ubicada en el paseo Orinoco N° 134 del municipio Heres, Ciudad Bolívar, estado Bolívar. Su sede técnico-operativa, donde operan los departamentos de Servicios Técnicos, Mantenimiento de Redes, subestaciones e ingeniería y obras; llamada antiguamente planta vieja, actualmente Centro de Operaciones de Distribución (C.O.D), se encuentra ubicada en la avenida. Germania, municipio Heres, Ciudad Bolívar, estado Bolívar. Compañía que trata de suministrar su servicio con la más alta calidad y confiabilidad, para satisfacer las necesidades de los clientes de Ciudad Bolívar, los cuales representan el 95% del total de sus suscriptores; cuenta con seis (6) subestaciones: Cañafístola, planta, Maripa, la Paragua, Sabanita y angosturita con una capacidad instalada de 276 MVA y 20 MVA en generación distribuida, las cuales están dotadas con las tecnologías necesarias que le permiten la interconexión a los sistemas de alimentación desarrollados por CADAFE, en las subestaciones Candelaria y Farallones.

Asimismo, para la comercialización de la energía eléctrica se utilizan transformadores de distribución de 37,5 Kva, 50 Kva, 75 Kva, siendo los de 75 Kva los que con mayor frecuencia necesitan de mantenimiento, debido a que presentan, con regularidad, sobrecargas en sus fases donde transforman de 13800V a 110/220V; por lo tanto, para darles el debido mantenimiento, son llevados al taller de transformadores adscrito al departamento de mantenimiento de baja tensión, donde

laboran tres trabajadores; un supervisor del taller de mantenimiento, un técnico de mantenimiento y un ayudante.

Por su parte el transformador es un equipo eléctrico del cual a menudo se abusa por descuido o desconocimiento, con sobrecargas continuas, protecciones inadecuadas y un pobre mantenimiento. Estos abusos se comenten a titulo del que el transformador es un aparato estático, construido robustamente por lo se sus posibilidades de fallas son mínimas. Sin embargo, tales abusos se refleja en se reflejan en una disminución considerable en la vida útil del aparato.

A pesar de la importancia en el servicio de los transformadores de distribución, estos no son sometidos a un plan de mantenimiento. El trabajo es realizado de forma empírica por parte del personal encargado del mantenimiento y al momento de ejecutarlo no se tiene una secuencia de actividades definidas

Las fallas con más frecuencia que los trasformadores presentan al llegar al área del taller, comúnmente son causadas por el aislante principal de la bobina, la fase secundaria, el selector de voltaje, y en casos extremos los transformadores llegan con el núcleo o bobina dañadas, en este caso el transformador es rechazado y no se le realiza ninguna reparación. Estas fallas generalmente se presentan por descargas atmosféricas a los transformadores y por sobre cargas que ocasionan las altas temperaturas en el aceite contenido en el transformador creando rupturas en las empacaduras de los bornes y fundición de algunas fases.

De acuerdo al planteamiento descrito anteriormente se formulan las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuál es la situación actual del proceso que ocurren en el taller de mantenimiento de transformadores de distribución, ELEBOL C.A.?

2. ¿Cuáles son las fallas que afectan el funcionamiento de los transformadores de distribución de la empresa ELEBOL C.A.?

3. ¿Cómo evitar las diferentes fallas y riesgos que presentan los transformadores, de acuerdo a los resultados arrojados por el método de evaluación del A.M.E.F.?

4. ¿Cómo mejorar las acciones de mantenimiento realizadas a los transformadores de distribución en el taller de mantenimiento de la empresa ELEBOL C.A.?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Proponer un Plan de Mantenimiento correctivo – preventivo de los Transformadores de Distribución en la Empresa ELEBOL C.A, Ciudad Bolívar – Estado Bolívar

1.2.2 Objetivos específicos

Analizar la situación actual de mantenimiento de los transformadores de distribución en la empresa ELEBOL C.A.

Establecer las fallas que afectan el funcionamiento de los transformadores de distribución.

Evaluar las fallas que afectan el funcionamiento de los transformadores de distribución utilizando como método de evaluación el Análisis de Modo y Efecto de Fallo (A.M.E.F).

Establecer tareas de mantenimiento específicas para la reparación de los transformadores de distribución.

Diseñar estrategias de mantenimiento para los transformadores de distribución.

1.3 Justificación de la investigación

La investigación está enfocada en proponer un plan de mantenimiento de los transformadores de distribución en la empresa ELEBOL C.A, debido a que actualmente existe deficiencia en la manera en que este es ejecutado. La realización de este estudio es de importancia para la empresa puesto que permitirá determinar tareas específicas y diseñar estrategias de mantenimiento para los transformadores de distribución. Esto posibilitara que los trabajadores puedan realizar sus actividades de una forma adecuada y ordenada; y en condiciones propicias que garantice su seguridad, salud y bienestar.

Para la Universidad porque le permite contar con referencias bibliográficas de gran valor al momento de realizarse otra investigación que se encuentre relacionada con el tema de mantenimiento.

Para los Estudiantes de Ingeniería Industrial porque les permite aplicar los conocimientos teóricos, aprendidos en las aulas de clases, llevándolos a la práctica, mediante una investigación completa y detallada, lo que favorece efectivamente su desarrollo profesional integral, y a la vez dar solución a distintas problemáticas que se presenten en el área laboral específicamente en mantenimiento.

1.4 Alcance de la investigación

Este trabajo está enfocado en proponer un plan de mantenimiento de los transformadores de distribución en la empresa ELEBOL C.A, con la finalidad de determinar tareas específicas y diseñar estrategias de mantenimiento para los transformadores de distribución.

1.5 Limitaciones

Durante la ejecución de la investigación, la empresa se encontraba en proceso de expropiación; lo que ocasionó que el personal no cumpliera con el horario de trabajo, generando paros en la empresa. Por lo que se dificultó la investigación y documentación de nuestro trabajo.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Reseña histórica de la empresa C.A. La Electricidad de Ciudad Bolívar (ELEBOL)

El 22 de Octubre de 1910 se instaló la primera Asamblea General Constitutiva de la C.A, La Electricidad de Ciudad Bolívar para comenzar a materializar el proyecto de la energía eléctrica y alumbrado público.

En el año 1911 se inauguró la luz eléctrica de la Ciudad accionando por primera vez el dispositivo que activo el cuadrilátero histórico comenzando entonces una nueva vida para la ciudad, que continuó teniendo repercusiones transformadoras en el tiempo.

La electricidad ha modificado aspectos vitales de nuestra antigua cultura y hoy, el hombre de la ciudad experimenta un desasosiego cuando falta ese fluido prodigioso que nos llega a través del rayo por las noches tormentosas, tendido y circuito que como enmarañadas redes interminables van envolviendo a las ciudades.

A través del tiempo esta empresa ha tenido una cantidad de transformaciones como lo han hecho todas las empresas del país y el mundo.

Con la nacionalización del Petróleo y del Hierro se inició en Venezuela a la par y por ley un proceso de Venezolanización de las empresas privadas con capital foráneo que afectó a la Electricidad de Ciudad Bolívar.

De suerte que con la llamada decisión 24 del Pacto Andino, inversionistas Venezolanos, específicamente guayaneses y trabajadores de la propia C.A. La Electricidad de Ciudad Bolívar, adquirieron más de 80 por ciento de las acciones que hasta entonces permanecían en manos de la empresa holandesa.

El Plan de Electrificación Nacional integrado a partir del desarrollo hidroeléctrico del Caroní con la Central de Macagua primero y la de Guri después, obligó a la Electricidad de Ciudad Bolívar dejar de producir o generar energía por medios electromecánicos (Plantas eléctricas) para incorporarse en 1967 al sistema de interconexión.

Desde entonces Compañía Anónima De Administración y Fomento Eléctrico (CADAFE) pasa a ser el proveedor de energía de la empresa a través de Subestación Candelaria ubicada a 22 km de la ciudad; Desde esta Subestación comienzan las líneas que abastecen las Subestaciones que la Electricidad de Ciudad Bolívar ha construido mediante fuertes inversiones en Cañafístolas, la vía Maripa, Germania y en el área del Hipódromo en la avenida La Paragua.

La C.A. Electricidad de Ciudad Bolívar ha vivido en sus años de existencia una cantidad de reformas, pasando por varias administraciones y actualmente esta bajo el control del consorcio ASSA HOLDING.

Con la llegada del Consorcio ASSA HOLDING, ELEBOL C.A. entra en otra etapa de su vida signada por importantes cambios y sorprendentes decisiones que inicialmente tocan de manera positiva la estructura gerencial, la imagen y tecnología, cambiando de esta manera la forma de hacer las cosas.

A partir del 13 de Octubre de 2.006 se da comienzo a una nueva etapa en la Empresa ELEBOL, C.A, a raíz de la intervención realizada por el Ministerio de

Energía y Petróleo (MENPET), CADAFE y C.V.G. EDELCA, mediante un Decreto Presidencial se nombra una Junta Administradora y Liquidadora, y se delega en la empresa EDELCA, C.A la toma posesión de los activos de la empresa.

2.2 Ubicación geográfica de la empresa

La C.A. La Electricidad de Ciudad Bolívar (ELEBOL), se encuentra ubicada en La República Bolivariana de Venezuela, específicamente en la Capital del Estado Bolívar, Ciudad Bolívar, como se muestra en la figura 2.1.



Figura 2.1 Ubicación geográfica de la Empresa C.A. La Electricidad de Ciudad Bolívar.

2.3 Filosofía de gestión

Es la manera como una organización define que produce, que mercados y/o clientes atenderá, como será su relación, el aporte a las comunidades en las cuales

influye y sus planes para operar en el corto, mediano y largo plazo. En ELEBOL C.A. esto se hace a través de la misión, visión, valores, entre otros.

2.3.1 Misión

Suministrar energía eléctrica de alta calidad y confiabilidad, para satisfacer las necesidades de nuestros clientes en el Estado Bolívar.

2.3.2 Visión

Ser reconocidos como la empresa líder del sector eléctrico por nuestra rentabilidad, calidad de servicio y el estándar de vida de nuestros trabajadores.

2.3.3 Valores

Innovación.

Excelencia en el Servicio.

Integridad.

Trabajo en Equipo.

Rentabilidad.

2.4 Caracterización general y datos principales de la empresa

Nº de usuarios: 50.611.

Nº de Trabajadores: 323.

Área de Cobertura: 145,90 km².

Oficina de Atención: Paseo Orinoco.

2.5 Estructura organizativa de la empresa

En la estructura organizativa de la empresa, se puede visualizar de manera clara la interrelación de la presidencia con todas las áreas administrativas y operativas que se incluyen en las seis Direcciones generales existentes (figura 2.2).



Figura 2.2 Estructura organizativa de la empresa (Recursos Humanos, Elebol C.A 2008).

2.5.1 Dirección de Distribución

Esta Dirección está encargada de coordinar y atender todas las actividades operativas y administrativas concernientes a la distribución de energía eléctrica de una manera sistemática.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos primordiales de la Empresa; de distribuir energía eléctrica de manera confiable, ésta Dirección tiene distribuidas sus operaciones técnicas y administrativas de la siguiente manera (figura 2.3).

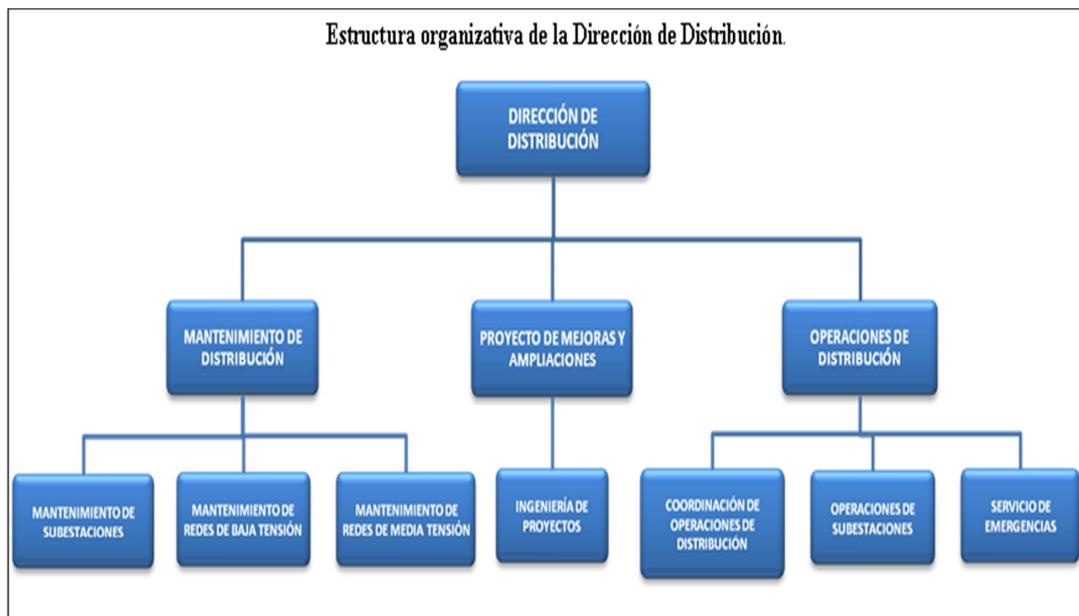


Figura 2.3 Estructura organizativa de la Dirección de Distribución (Recursos Humanos, Elebol C.A 2008).

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedente de la investigación

Pelacchi Enrique, (2004), en su trabajo que lleva por nombre “Proyecto de mejora de gestión de mantenimiento de flota de maquinaria vial, orientada a la demanda”, señala que con este trabajo se busca reducir al máximo los problemas de disponibilidad y confiabilidad de los equipos de la flota mediante un plan de recuperación de vehículos, además informalización del sector y optimización de recursos existentes. Por otra parte aumentar las inspecciones y mantenimiento preventivos a los vehículos de mayor antigüedad y un mayor control sobre vehículos prioritarios del servicio.

Barillas Flores José Francisco, (2004). En su trabajo que lleva por nombre “programa de mantenimiento preventivo para la empresa metalúrgica: Fundidora Bernal, S.A”.

Esta investigación comprende establecer o elaborar un programa de mantenimiento preventivo para la maquinaria y equipo utilizado en una empresa metalúrgica.

Barillas señala “La empresa ha utilizado el mantenimiento correctivo para operar su maquinaria y equipo, ya que no conocía la importancia del mantenimiento preventivo, es necesario crear el programa de mantenimiento preventivo para aplicar la guía establecida en este trabajo”.

Pivaral de la Vega Luis Manuel, (2005). Desarrollo un proyecto que lleva por nombre “Propuesta de un mantenimiento preventivo y correctivo en la maquinaria agrícola y de transferencia de carga y descarga de contenedores propiedad de la empresa Portuaria Quetzal”.

Señala “La empresa posee una gran debilidad en cuanto a la buena conservación de la maquinaria, pues se podría extender mucho más con una buena programación del mantenimiento siempre y cuando se tenga la responsabilidad en el funcionamiento de la misma”.

Chinchilla Lucero Erick Odair, (2005). Desarrollo un proyecto que tiene por nombre “propuesta de la organización del taller de mantenimiento y de un plan de mantenimiento preventivo para la maquina pesada y vehículos de la zona vial N° 2 de caminos, Jutiapa”.

En esta señala que los equipos no cuentan con un programa formal de mantenimiento, a través del cual se pueda detectar una falla en su fase inicial y corregirla en el momento oportuno.

Dicho estudio consiste proponer una organización funcional de la sección de talleres y realizar la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para la maquinaria pesada y vehículos.

Sánchez Marcos, (2007). Desarrolló un trabajo que lleva por título “Programa de mantenimiento de maquinas de coser de Fraro”.

Señala “Dentro de la empresa el área que ocasionaba muchas veces paradas en la línea de producción es el mantenimiento de las maquinas. Es por esta razón que se propuso implementar un cronograma de mantenimiento; esto incluye la elaboración

de un plan de mantenimiento de maquinas de coser, la preparación de los recursos, la ejecución del plan además de los registros necesarios”.

Servicio Venezolano de Transformadores (SVT), (2008). En su investigación de “¿por qué falla un transformador?” asegura que gran parte de las fallas de los transformadores en servicio, son producidas por fallas de la aislación. De aquí la importancia que significa efectuarle un mantenimiento adecuado a los transformadores.

3.2 Bases teóricas

Para realizar este proyecto en la empresa ELEBOL C.A, fue necesario contar con una serie de basamentos teóricos para el desarrollo de un plan de mantenimiento, los cuales son señalados a continuación:

3.2.1 Mantenimiento

Según Souris, L. (1996) Define el mantenimiento como: “Conjunto de acciones que permiten mantener un equipo o restablecer un bien (maquinarias, equipos, edificaciones, instalaciones, etc.) en buen estado de funcionamiento, para así obtener una mayor disponibilidad de dichos equipos hasta un tiempo finito de vida útil, a un costo global mínimo”.

Es la acción eficaz para mejorar aspectos operativos relevantes de un establecimiento tales como funcionalidad, seguridad, productividad, confort, imagen corporativa, salubridad e higiene. Otorga la posibilidad de racionalizar costos de operación. El mantenimiento debe ser tanto preventivo, predictivo y correctivo.

El mantenimiento es la segunda rama de la conservación y se refiere a los trabajos que son necesarios hacer con objeto de proporcionar un servicio de calidad estipulada. Es importante notar que, basados en el servicio y su calidad deseada, debemos escoger los equipos que nos aseguren obtener este servicio.

3.2.2 Objetivos del Mantenimiento

En el caso del mantenimiento su organización e información debe estar en caminata a la permanente consecución de los siguientes:

Objetivos optimización de la disponibilidad del equipo productivo.

Disminución de los costos de mantenimiento.

Optimización de los recursos humanos y maximización de la vida de la máquina.

3.2.3 Tipos de mantenimiento

Según Mosquera, E. (1995) los diferentes tipos de mantenimiento pueden ser considerados también como políticas de mantenimiento, siempre que su aplicación sea el resultado de una definición general o de una política global de las instalaciones.

3.2.3.1 Mantenimiento correctivo: Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento reactivo”, tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas.

Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.

Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.

La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

3.2.3.2 Mantenimiento preventivo: Este mantenimiento también es denominado “mantenimiento planificado”, tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. Presenta las siguientes características:

Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.

Se lleva a cabo siguiente un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios “a la mano”.

Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.

Esta destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.

Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.

Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

3.2.3.3 Mantenimiento predictivo: Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos

requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado. Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones).

Endoscopia (para poder ver lugares ocultos).

Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros).

Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado).

Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.).

3.2.4 Plan de mantenimiento

Se define como un conjunto de actividades o trabajos de mantenimiento planeados y rutinarios. Está integrado por posiciones de mantenimiento, que es el elemento que liga a diferentes hojas de ruta con los equipos.

3.2.5 Pasos para desarrollar un programa de mantenimiento planeado

3.2.5.1 Administración del plan: el primer paso en el desarrollo de un programa de mantenimiento consiste en reunir una fuerza de trabajo que inicie y ejecute el plan. Se designara a una sola persona como jefe de la fuerza de trabajo, además que es esencial el compromiso de la dirección para el cumplimiento exitoso del plan.

3.2.5.2 Inventario de las instalaciones: el inventario de las instalaciones es una lista de todas las instalaciones o equipos. Se elabora con fines de identificación. Se deberá elaborar una hoja de inventario de todo el equipo que muestre la identificación de este, la descripción de la instalación, su ubicación, tipo y prioridad (importancia).

3.2.5.3 Registro de las instalaciones o equipos: el registro de las instalaciones o equipos es un archivo que contiene los detalles técnicos acerca de los equipos incluidos en el plan de mantenimiento. Estos son los primeros que deben alimentarse el sistema de información del mantenimiento. El registro del equipo debe contener información como el número de identificación, ubicación, tipo de equipo, fabricante, tipo de equipo, fecha de fabricación, número de serie, especificaciones, tamaño, capacidad, velocidad, peso, energía de servicio, detalles de conexión, dimensiones generales, tolerancias, número de plano de referencia, número de referencia para los manuales de servicio, etc.

3.2.5.4 Programa específico de mantenimiento: debe elaborarse un programa específico de mantenimiento para cada equipo dentro del programa general. El programa es una lista completa de las tareas de mantenimiento que se van a realizar en el equipo. El programa incluye el nombre y número de identificación del equipo, su ubicación, número de referencia del programa, lista detallada de las tareas que se llevarán a cabo, frecuencias de cada tarea, tipo de técnicos requeridos para realizar la tarea, tiempo para cada tarea, tipo de técnicos requeridos para realizar la tarea, herramientas especiales que se necesitan materiales necesarios.

3.2.5.5 Especificación del trabajo: la especificación del trabajo es un documento que describe el procedimiento para cada tarea. Su intención es proporcionar los detalles de cada tarea en el programa de mantenimiento, la especificación del trabajo puede indicar el número de identificación de la pieza (equipo), ubicación de la misma, referencia del programa de mantenimiento, frecuencia del trabajo, tipo de técnicos

requeridos para el trabajo, detalles de la tarea, componentes que se van a reemplazar, herramientas y equipos especiales necesarios, planos de referencia, y manuales y procedimiento de seguridad a seguir.

3.2.5.6 Programa de mantenimiento: el programa de mantenimiento es una lista donde se asigna las tareas de mantenimientos a periodos de tiempos específicos. Cuando se ejecuta el programa de mantenimiento, debe realizarse mucha coordinación a fin de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción, está es la etapa donde se programa el mantenimiento planeado para su ejecución.

3.2.5.7 Control del programa: el programa de mantenimiento debe ejecutarse según se ha planeado. Es esencial una vigilancia estricta para observar cualquier desviación con respecto al programa. Si se observan desviaciones, es necesaria una acción de control.

3.2.6 Análisis de modo y efectos de fallos (AMEF).

Es un método dirigido a lograr el Aseguramiento de la Calidad, que mediante el análisis sistemático, contribuye a identificar y prevenir los modos de fallo, tanto de un producto como de un proceso, evaluando su gravedad, ocurrencia y detección, mediante los cuales, se calculará el Número de Prioridad de Riesgo, para priorizar las causas, sobre las cuales habrá que actuar para evitar que se presenten dichos modos de fallo.

3.2.6.1 Objetivos del AMEF: Los objetivos principales del AMEF son los siguientes:

1. Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales, las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto, y consecuencias importantes respecto a criterios como disponibilidad, seguridad, confiabilidad y calidad.

2. Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.

3. Identificar las acciones que podrán prevenir, eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial y precisar que cada modo de fallo dispone de los medios de detección previstos (detectores, ensayos o inspecciones periódicas).

4. Analizar la confiabilidad del sistema.

5. Documentar el proceso y evidenciar los fallos de modo común.

Al conocer los objetivos del Análisis Modal de Fallos y Efectos, durante su aplicación, los usuarios se pueden enfocar hacia el logro de estos, sin que hayan desviaciones, de este modo concluir el análisis de una manera exitosa.

Aunque el método del AMEF generalmente ha sido utilizado por las industrias automotrices, éste es aplicable para la detección y bloqueo de las causas de fallas potenciales en productos y procesos de cualquier clase de empresa, ya sea que estos se encuentren en operación o en fase de proyecto; así como también es aplicable para sistemas administrativos y de servicios.

3.2.6.2 Beneficios del A.M.E.F: Los principales beneficios que se obtienen al aplicar este método son los siguientes:

1. Potencia la atención y satisfacción al cliente.

2. Potencia la comunicación entre los departamentos, logrando una efectiva interacción y el trabajo en equipo.

3. Facilita el análisis de los productos y los procesos.

4. Mejora la calidad, confiabilidad y seguridad de los productos, servicios, maquinarias y procesos.

5. Reduce los costos operativos.

6. Ayuda a cumplir con requisitos ISO 9000, ya que comparte el objetivo y el espíritu de modo de prevención que impregna este estándar.

7. Mejora la imagen y competitividad de la compañía.

8. Documentos y acciones de seguimiento tomadas para reducir los riesgos.

Vale mencionar que, la eliminación de los modos de fallas potenciales tiene beneficios tanto a corto como a largo plazo. A corto plazo, representa ahorros de los costos de reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo de paro. El beneficio a largo plazo es mucho más difícil medir puesto que se relaciona con la satisfacción del cliente con el producto y con su percepción de la calidad; esta percepción afecta las futuras compras de los productos y es decisiva para crear una buena imagen de los mismos.

3.2.6.3 ¿Cuándo se realiza un AMEF?: Por definición el AMEF es una metodología orientada a maximizar la satisfacción del cliente mediante la reducción o eliminación de los problemas potenciales o conocidos. Para cumplir con este objetivo el AMEF se

debe comenzar tan pronto como sea posible, incluso cuando aún no se disponga de toda la información.

En concreto el AMEF se debería comenzar, cuando:

1. Se diseñen nuevos procesos o diseños.
2. Cambien procesos o diseños actuales sea cual fuere la razón.
3. Se encuentren nuevas aplicaciones para los productos o procesos actuales.
4. Se pretende verificar el análisis del diseño de maquinaria y equipo antes de su compra.
5. Cuando se busquen mejoras para los procesos o diseños actuales.
6. Se requiere el análisis de los procesos de servicio antes de que tengan impacto en el cliente.

3.2.6.4 Requerimientos del AMEF: Para hacer un AMEF se requiere lo siguiente:

1. Un equipo de personas con el compromiso de mejorar la capacidad de diseño para satisfacer las necesidades del cliente.
2. Diagramas esquemáticos y de bloque de cada nivel del sistema, desde subensambles hasta el sistema completo.
3. Especificaciones de los componentes, lista de piezas y datos del diseño.

4. Especificaciones funcionales de módulos, subensambles, etc.

5. Requerimientos de manufactura y detalles de los procesos que se van a utilizar.

6. Formas de AMEF (en papel o electrónicas) y una lista de consideraciones especiales que se apliquen al producto.

3.2.6.5 Tipos de AMEF: Se pueden distinguir dos tipos de AMFE según en el marco de la gestión del proceso donde se inscriba:

- AMEF de diseño va dirigido al producto, es decir, al diseño del automóvil y sus componentes.
- AMEF de proceso está dirigido al proceso de fabricación, es decir, a los medios de producción que se utilizan.

3.2.6.6 Utilización de la herramienta: Debido a sus características principales la realización será útil en la planificación o revisión de productos/servicios o de procesos:

1. Diseño de soluciones y controles.
2. Identificación de problemas.
3. Identificación de proyectos.
4. Cuando requieren modificaciones debido al cambio de factores ambientales.

5. Utilización en las fases de solución de problemas ya que emplea la planificación, conocimiento y revisión de productos/servicios o procesos complejos.

3.2.6.7 Relación con otras herramientas: El (A.M.E.F) es una ponderación de la severidad de ocurrencia, la frecuencia de ocurrencia y la capacidad de detección de las fallas o errores; y es débilmente relacionada con las herramientas diseño de relación, tormentas de ideas y diagrama causa – efecto ya que no son útiles para atender problemas extremadamente complejos (tabla 3.1).

Tabla 3.1 Relación con otras herramientas.

La herramienta está fuertemente relacionada con	La herramienta está débilmente relacionada con
Diagrama de Flujo	Diseño de Relaciones Tormenta de Ideas Diagrama Causa- Efecto

3.2.6.8 Proceso para la realización del AMEF: A continuación se definirán los pasos a seguir para la ejecución:

- Pasó 1: Selección del grupo de trabajo. El grupo de trabajo estará compuesto por personas que dispongan de amplia experiencia y conocimientos del producto/servicio y/o del proceso objeto del AMEF.

Se designará un coordinador para el grupo que, además de encargarse de la organización de las reuniones, domine la técnica del AMEF y, por tanto, sea capaz de guiar al equipo en su realización.

- Pasó 2: Establecer el tipo de AMEF a realizar, su objeto y límites. Se definirá de forma precisa el producto o parte del producto, el servicio o el proceso objeto de estudio, delimitando claramente el campo de aplicación del AMEF.

El objeto del estudio no debería ser excesivamente amplio, recomendando su subdivisión y la realización de varios AMEF en caso contrario.

Para el cumplimiento de este paso se requiere un conocimiento básico, común a todos los integrantes del grupo, del objeto de estudio. En el caso de un AMEF de proceso, se recomienda la construcción de un diagrama de flujo que clarifique el mismo para todos los participantes.

- Pasó 3: Aclarar las prestaciones o funciones del producto o del proceso analizado. Es necesario un conocimiento exacto y completo de las funciones del objeto de estudio para identificar los modos de fallo potenciales, o bien tener una experiencia previa de productos o procesos semejantes.

- Pasó 4: Determinar los modos potenciales de fallo. Para cada función definida en el paso anterior, hay que identificar todos los posibles modos de fallo. Esta identificación es un paso crítico y por ello se utilizarán todos los datos que puedan ayudar en la tarea, por ejemplo:

AMEF anteriormente realizados para productos/servicios o procesos similares.

Estudios de fiabilidad.

Datos y análisis sobre reclamos de clientes tanto internos como externos.

Los conocimientos de los expertos mediante la realización de tormentas de ideas o procesos lógicos de deducción.

En cualquier caso, se tendrá en cuenta que el uso del producto o proceso, a menudo, no es el especificado (uso previsto = uso real), y se identificarán también los modos de fallo consecuencia del uso indebido.

- Pasó 5: Determinar los efectos potenciales de fallo. Para cada modo potencial de fallo se identificarán todas las posibles consecuencias que éstos pueden implicar para el cliente. Al decir cliente, se refiere tanto al cliente externo como al interno.

- Pasó 6: Determinar las causas potenciales de fallo. Para cada Modo de Fallo se identificarán todas las posibles causas ya sean estas directas o indirectas.

Para el desarrollo de este paso se recomienda la utilización de los Diagramas Causa-Efecto, Diagramas de Relaciones o cualquier otra herramienta de análisis de relaciones de causalidad.

- Pasó 7: Identificar sistemas de control actuales. En este paso se buscarán los controles diseñados para prevenir las posibles causas del fallo, tanto los directos como los indirectos, o bien para detectar el modo de fallo resultante.

Esta información se obtiene del análisis de sistemas y procesos de control de productos/servicios o procesos, similares al objeto de estudio.

- Pasó 8: Determinar los índices de evaluación para cada modo de fallo. Existen tres índices de evaluación:

Índice de gravedad (G): Evalúa la gravedad del efecto o consecuencia de que se produzca un determinado fallo para el cliente.

La evaluación se realiza en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Gravedad", y que es función de la mayor o menor insatisfacción del cliente por la degradación de la función o las prestaciones (tabla 3.2).

Tabla 3.2 Tabla de gravedad.

Criterio	Clasificación
Irrazonable procurar que el fallo produjese un efecto perceptible en el rendimiento del producto o servicio. Probablemente, el cliente no podrá detectar el fallo.	1
Baja gravedad debido a la baja importancia de las consecuencias del fallo, que causarían en el cliente un ligero descontento.	2 3
Moderada gravedad del fallo que causaría al cliente cierto descontento. Puede ocasionar retrabajos.	4 5 6
Alta clasificación de la gravedad debido a la naturaleza del fallo que causa en el cliente un alto grado de insatisfacción sin llegar a incumplir la normativa sobre seguridad o quebrando de leyes. Requiere retrabajos mayores.	7 8
Muy alta clasificación de gravedad que origina total insatisfacción del cliente, o puede llegar a suponer un riesgo para la seguridad o incumplimiento de la normativa.	9 10

Cada una de las causas potenciales correspondientes a un mismo efecto se evalúa con el mismo índice de gravedad. En el caso de que una misma causa pueda contribuir a varios efectos distintos del mismo modo de fallo, se le asignará el índice de gravedad mayor.

Índice de ocurrencia (O): Evalúa la probabilidad de que se produzca el modo de fallo por cada una de las causas potenciales en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Ocurrencia". Para su evaluación, se tendrán en cuenta todos los controles actuales utilizados para prevenir que se produzca la causa potencial del fallo (tabla 3.3).

Tabla 3.3 Ocurrencia.

Criterio	Clasificación	Probabilidad
Remota probabilidad de ocurrencia. Sería irrazonable esperar que se produjera el fallo.	1	1/10.000
Baja probabilidad de ocurrencia. Ocasionalmente podría producirse un numero relativo bajo de fallos.	2 3	1/5.000 1/2.000
Moderada probabilidad de ocurrencia. Asociados a situaciones similares que hayan tenido fallos esporádicos, pero no en grandes proporciones.	4 5 6	1/1.000 1/500 1/200
Alta probabilidad de ocurrencia. Los fallos se presentan con frecuencia.	7 8	1/100 1/50
Muy alta probabilidad de ocurrencia. Se producirá el fallo casi con total seguridad.	9 10	1/20 1/10

Índice de detección (D): Evalúa, para cada causa, la probabilidad de detectar dicha causa y el modo de fallo resultante antes de llegar al cliente en una escala del 1 al 10 en base a una "Tabla de Detección" (tabla 3.4).

Tabla 3.4. Detección.

Criterio	Clasificación	Probabilidad
Remota probabilidad de que el defecto llegue al cliente. Casi completa fiabilidad de los controles.	1	1/10.000
Baja probabilidad de q el defecto llegue al cliente ya que, de producirse seria detectado por los controles o en fases posteriores del proceso.	2	1/5.000
	3	1/2.000
Moderada probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente.	4	1/1.000
	5	1/500
	6	1/200
Alta probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente debido a la baja fiabilidad de los controles existentes.	7	1/100
	8	1/50
Muy alta probabilidad de que el producto o servicio defectuoso llegue al cliente. Este esta latente y no se manifestaría en la fase de fabricación del producto.	9	1/20
	10	1/10

Para determinar el índice D se supondrá que la causa de fallo ha ocurrido y se evaluará la capacidad de los controles actuales para detectar la misma o el modo de fallo resultante.

Los tres índices anteriormente mencionados son independientes y para garantizar la homogeneidad de su evaluación, éstas serán realizadas por el mismo grupo de análisis.

- Pasó 9: Calcular para cada modo de fallo potencial los Números de Prioridad de Riesgo (NPR).

Para cada causa potencial, de cada uno de los modos de fallo potenciales, se calculará el número de prioridad de riesgo multiplicando los Índices de Gravedad (G), de Ocurrencia (O) y de Detección (D) correspondientes:

$$NPR = G*O*D \quad (\text{Ec. 3.1})$$

El valor resultante podrá oscilar entre 1 y 1.000, correspondiendo a 1.000 el mayor potencial de riesgo.

El resultado final de un AMEF es, por tanto, una lista de modos de fallo potenciales, sus efectos posibles y las causas que podrían contribuir a su aparición clasificados por unos índices que evalúan su impacto en el cliente.

- Pasó 10: Proponer acciones de mejora. Cuando se obtengan Números de Prioridad de Riesgo (NPR) elevados, deberán establecerse acciones de mejora para reducirlos. Se fijarán, asimismo, los responsables y la fecha límite para la implantación de dichas acciones.

Con carácter general, se seguirá el principio de prevención para eliminar las causas de los fallos en su origen (Acciones Correctoras). En su defecto, se propondrán medidas tendentes a reducir la gravedad del efecto (Acciones Contingentes).

Finalmente, se registrarán las medidas efectivamente introducidas y la fecha en que se hayan adoptado.

- Pasó 11: Revisar y seguir el AMEF. El AMEF se revisará periódicamente, en la fecha que se haya establecido previamente, evaluando nuevamente los Índices de

Gravedad, Ocurrencia y Detección y recalculando los Números de Prioridad de Riesgo (NPR), para determinar la eficacia de las acciones de mejora.

3.2.6.9 Interpretación del AMEF: Es una herramienta útil para la priorización de los problemas potenciales, marcándonos mediante el NPR (Número de Prioridad de Riesgo) la pauta a seguir en la búsqueda de acciones que optimicen el diseño de un producto/servicio o el proceso planificado para su obtención.

Los puntos prioritarios en la actuación serán:

1. Aquellos en que el Número de Prioridad de Riesgo es elevado.
2. Aquellos en que el Índice de Gravedad es muy elevado aunque el NPR se mantenga dentro de los límites normales.
3. Las acciones que surgen como consecuencia del análisis del resultado del AMEF pueden ser orientadas a:
 - Reducir la gravedad de los efectos del modo de fallo: Es un objetivo de carácter preventivo que requiere la revisión del producto/servicio. Es la solución más deseable pero, en general, la más complicada. Cualquier punto donde G sea alto debe llevar consigo un análisis pormenorizado para asegurarse de que el impacto no llega al cliente o usuario.
 - Reducir la probabilidad de ocurrencia: Es un objetivo de carácter preventivo que puede ser el resultado de cambios en el producto/servicio o bien en el proceso de producción o prestación. En el caso en que se produzca el fallo, aunque éste no llegue

al cliente o su gravedad no sea alta, siempre se incurre en deficiencias que generan un aumento de costes de transformación.

- Aumentar la probabilidad de detección: Es un objetivo de carácter correctivo y, en general, debe ser la última opción a desarrollar por el grupo de trabajo, ya que con ella no se atacan las causas del problema. Requiere la mejora del proceso de control existente.

- Posibles problemas y deficiencias de interpretación. El obtener conclusiones del AMEF deficientes o erróneas puede provenir de:

1. No haber identificado todas las funciones o prestaciones del objeto de estudio, o bien, no corresponden estas a las verdaderas necesidades y expectativas del cliente o usuario.

2. No considerar todos los modos de fallo potenciales por estar latente la idea de que alguno no podrá darse nunca.

3. Realizar una identificación de causas posibles superficiales o sin utilizar correctamente las herramientas que proporcionan relaciones de causalidad.

Un cálculo de los índices O y D basados en probabilidades no suficientemente contrastadas con los datos históricos de productos/servicios o procesos similares.

Glosario de términos

Aceite dieléctrico: es aquel empleado en los transformadores eléctricos con la doble misión de evacuar el calor del núcleo y arrollamientos a las zonas de

enfriamiento y aislar las zonas a diferentes potenciales eléctricos, interponiendo una barrera entre ellos.

Aislante: un material aislante es aquel que, debido a que los electrones de sus átomos están fuertemente unidos a sus núcleos, prácticamente no permite sus desplazamientos y, por ende, el paso de la corriente eléctrica cuando se aplica una diferencia de tensión entre dos puntos del mismo.

Alta tensión: tensión nominal superior a 1 Kv.

Arco eléctrico: es la descarga eléctrica que se forma entre dos electrodos sometido a una diferencia de potencial.

Bobina: arrollamiento de un cable conductor alrededor de un cilindro sólido o hueco, con lo cual y debido a la especial geometría obtiene importantes características magnéticas.

Borne: nombre de los terminales de metal en que suelen terminar algunas máquinas y aparatos eléctricos, y que se emplean para su conexión a los hilos conductores.

Breaker: aparato o sistema de poder de corte, destinado a efectuar la apertura y/o cierre de un circuito eléctrico. Puede ser unipolar, bipolar, tripolar o tetrapolar.

Correctivo: Consiste en la reparación de alguno de los componentes o el cambio total de algún dispositivo.

Cuba: es el envase en donde se encuentra el núcleo sumergido en aceite dieléctrico.

Fallas: Es un evento no previsible, inherente a los sistemas productivos que impiden que estos cumplan función bajo condiciones establecidas o que no la cumplan.

Inventario: Es el registro documental de los bienes y demás cosas pertenecientes a una persona o comunidad, hecho con orden y precisión.

Mantenimiento: Es el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un sistema productivo a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado.

Núcleo: es la parte componente del transformador que servirá para conducir el flujo magnético generado, el cual enlazará magnéticamente los circuitos eléctricos del transformador.

Sobre carga: exceso de carga.

Sobre tensión: tensión eléctrica superior al valor más elevado que puede existir, en régimen norma, en una línea o circuito eléctrico.

Pararrayos: dispositivo que sirve para proteger los transformadores de los efectos de los rayos.

Pértiga: vara larga utilizada para descargar las líneas de alta tensión.

Plan de mantenimiento: Es el conjunto de actividades o trabajos de mantenimiento planeados y rutinarios.

Polipasto: máquina que se utiliza para levantar o mover una carga con una gran ventaja mecánica, porque se necesita aplicar una fuerza mucho menor al peso que hay que mover. Lleva dos o más poleas incorporadas para minimizar el esfuerzo.

Predictivo: Es una técnica para pronosticar el punto futuro de un evento de tal forma que dicha predicción se pueda reemplazar.

Preventivo: Es una técnica para prevenir el punto futuro de un evento de tal forma que dicha predicción se pueda reemplazar.

Procesos: Es un conjunto de actividades o eventos (coordinados u organizados) que se realizan o suceden (alternativa o simultáneamente) con un fin determinado.

Programa: Es un conjunto de instrucciones u ordenes basadas en un lenguaje de programación que una persona interpreta para resolver un problema o una función específica.

Prueba de Megger: verifica que los aislamientos del transformador bajo prueba cumplan con la resistencia mínima soportable bajo la operación a la que serán sometidos, así como comprueba la adecuada conexión entre sus devanados y tierra para avalar un buen diseño del producto y que no exista defectos en el mismo.

Tapa: es la parte donde se encuentran los bornes de alta tensión del transformador.

Tareas: Trabajos que deben hacerse en un tiempo determinado.

Tensión: potencial eléctrico de un cuerpo. La diferencia de tensión entre dos puntos produce la circulación de corriente eléctrica cuando existe un conductor que los vincula. Se mide en Volt (V), y vulgarmente se la suele llamar voltaje.

Tester eléctrico: es un instrumento de medida que ofrece la posibilidad de medir distintos parámetros eléctricos y magnitudes en el mismo aparato.

Transformador: dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DEL TRABAJO

4.1 Tipo de investigación

La investigación que se realiza en la empresa C.A. La Electricidad de Ciudad Bolívar (ELEBOL), por las características que presenta el estudio se está en presencia de una investigación:

Descriptiva: para Sampieri, H. (2003); “los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades, las características y los perfiles importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis” La investigación es de tipo descriptiva ya que permitirá describir, registrar, evaluar los diferentes fallos de los transformadores de distribución y los factores que afectan el proceso de mantenimiento.

Evaluativa: ya que se examinan y evalúan las realidades del medio ambiente de trabajo, con la finalidad de analizar los resultados de las actividades programadas en razón del cumplimiento de los objetivos propuestos, con el fin de tomar las decisiones sobre su proyección y programación a futuro.

Aplicada: Sabino, C. (2002); define la investigación aplicada “como un conocimiento que permite obtener los insumos necesarios para proceder luego a la acción” debido a que está vinculada estrechamente con la realidad, en el marco de la cual se realiza y sus resultados servirán para solucionar los problemas propios de esa realidad, utilizando en la práctica las nociones de ingeniería industrial en provecho de la Empresa.

4.2 Diseño de la Investigación

La metodología utilizada para la investigación que se realiza en la empresa C.A. La Electricidad de Ciudad Bolívar (ELEBOL) es de

Campo: Sabino, C. (2002) expresa: “En los diseños de campo los datos de interés se recogen en forma directa de la realidad, mediante el trabajo concreto del investigador y su equipo”. Ya que se recolectaron los datos directamente de las personas entrevistadas o del área de trabajo donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar ninguna variable, observando de manera directa el proceso de reparación y las condiciones del sitio donde se realizan las tareas.

4.3 Población y muestra de la investigación

La empresa en estudio es la “Electricidad de Ciudad Bolívar Compañía Anónima” (ELEBOL C.A).

La población objeto de estudio está compuesta por el taller de transformadores de distribución de la empresa ELEBOL C.A.

La muestra está compuesta por el taller de transformadores de distribución de la empresa ELEBOL C.A (tabla 4.1).

Tabla 4.1 Población.

Población	Nº
Áreas	
Taller de mantenimiento	1
TOTAL	1
Empleados	
Supervisor del taller de mantenimiento	1
Técnico de mantenimiento	1
Ayudante	1
TOTAL	3
Equipos	
Cámara de inspección termográfica	1
Detector de voltaje AC/DC	1
Equipo de medición de resistencia aislamiento AC/ DC	1
Equipo medidor de relación de transformación (TTR)	1
Equipo medidor de resistencia de contacto	1
Multímetro digital	1
Pinza amperimétrica AC/DC	1
Comparador de devanados	1
Aspiradora	1
TOTAL	9

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos y análisis de la información

Como técnicas de recolección de datos se utilizó las observaciones directas, entrevistas no estructuradas, consultas Académicas.

La observación directa: Sabino, C. (2002) define como “el uso sistemático de nuestros sentidos, en la búsqueda de los datos que se necesitan para resolver un problema de investigación” esta técnica permite visualizar y percibir de manera vivencial, la ejecución de las actividades involucradas en los procedimientos permitiendo identificar cada una de las etapas del mismo, para su mejor comprensión. Basándonos en esta técnica se recolectó la información concerniente al taller de mantenimiento de transformadores, utilizando para ello los formatos diseñados para la recolección de la información.

Entrevistas no estructuradas: Sabino, C. (2002) define como “técnica caracterizada por la obtención de información mediante una conversación entre el entrevistador y el entrevistado” permitirá hacer preguntas necesarias sin una estructura definida, al personal involucrado en los procesos, son del tipo de preguntas y respuestas abiertas, a través de las cuales se puede obtener valiosa información acerca de los métodos actuales; lo que facilita el desarrollo de la investigación.

Esta técnica se utilizó durante las observaciones realizadas a las áreas de mantenimiento de los transformadores de distribución, a fin de obtener información concerniente sobre el conocimiento que tienen acerca de los procedimientos de trabajo que llevan a cabo al momento de ejecutar sus actividades.

Consultas Académicas: Se efectuarán consultas al tutor académico, con el fin de establecer los parámetros de estudios a realizar, obtener orientación de los pasos a seguir para atacar el problema y aclarar dudas referentes al trabajo.

4.5 Pasos requeridos para realizar la investigación

1. Se realizó un recorrido por las instalaciones del taller de reparación de transformadores a fin de conocer el área y los trabajadores que allí laboran.

2. Se describió el proceso actual de mantenimiento de transformadores de distribución.

3. Se determinó los factores que afectan el funcionamiento de los transformadores de distribución utilizando como método de evaluación el A.M.E.F.

4. Se propuso tareas de mantenimiento específicas para la reparación de los transformadores de distribución.

5. Se sugirió mejoras de acondicionamiento en el taller de transformador de distribución.

4.6 Técnicas de ingeniería industrial utilizadas

Las herramientas usadas en este proyecto fueron las siguientes:

Diagrama de Gantt: Utilizado para representar gráficamente mediante el uso de barras, identificando cada uno de las tareas, y especificando su tiempo de duración de dichas actividad.

Mantenimiento industrial: Utilizando como herramienta el método A.M.E.F. el cual permite diagnosticar las fallas y efectos con las cuales llegan los transformadores al taller de mantenimiento de transformadores.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Análisis de la situación actual de mantenimiento de los transformadores de distribución en la empresa ELEBOL C.A.

Se observaron las actividades que se realizan durante la ejecución de mantenimiento, y se le realizó entrevistas no estructuradas a los empleados, para analizar la situación actual de mantenimiento de los transformadores de distribución. Con el fin de determinar cuáles son las acciones que se llevan a cabo y la forma de que se llevan a cabo.

Actualmente el mantenimiento que se le realiza a los transformadores de distribución es de tipo correctivo. Este se realiza luego de que los transformadores son reportados como averiados, es decir, cuando no están en funcionamiento, debido a que una pieza está dañada. Al mismo tiempo se le realiza un mantenimiento preventivo, ya que se le restauran las piezas que posiblemente puedan fallar a corto plazo. Vale destacar, que el personal que realiza el mantenimiento es no calificado. Éste se ejecuta de forma empírica y al momento de ejecutarlo no se tiene una secuencia de actividades definida. El taller de mantenimiento actualmente se halla de manera desordenada, encontrándose los equipos e instrumentos de trabajo dispersos en toda el área (figura 5.1).

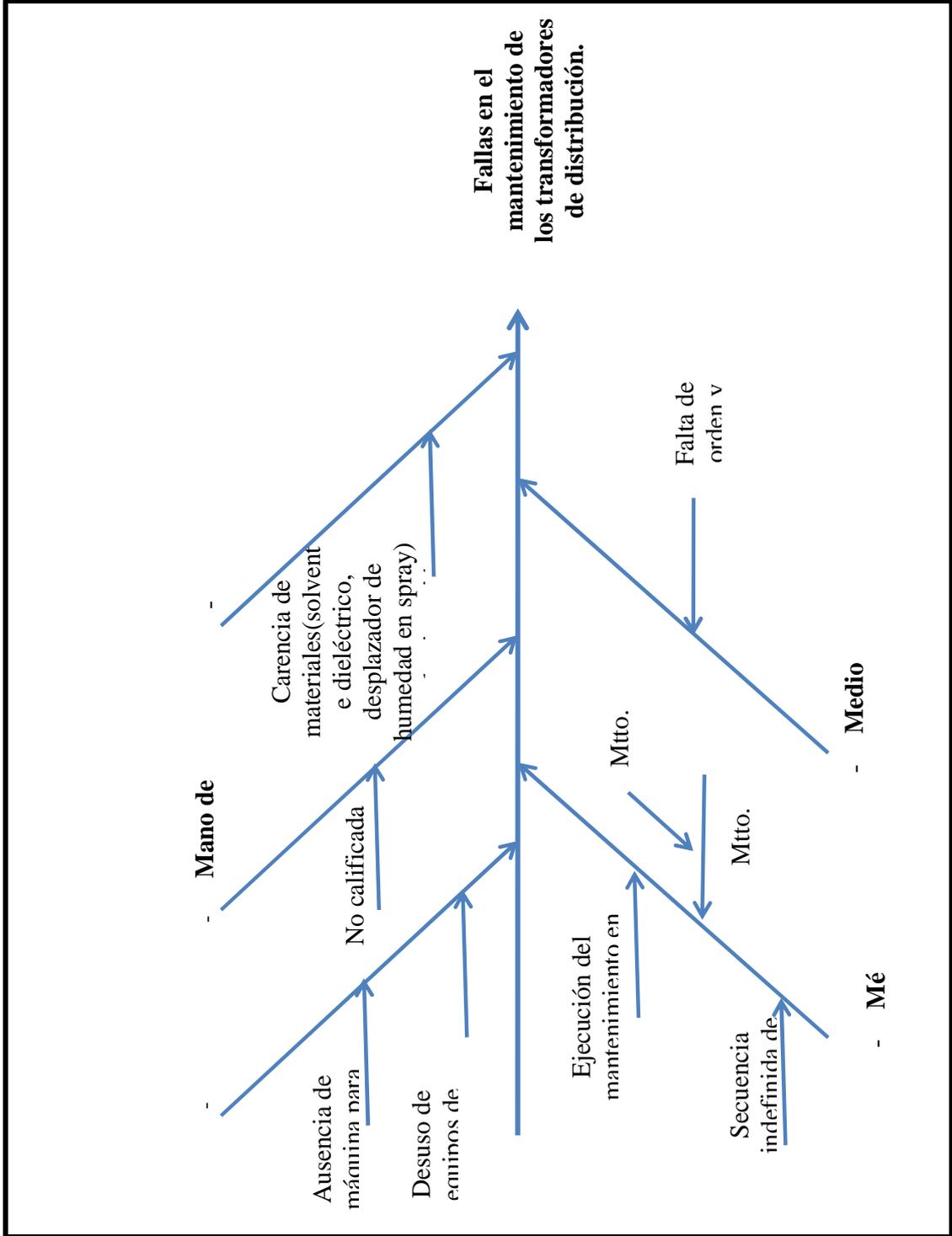


Figura 5.1 Diagrama causa – efecto de la situación actual.

Otro aspecto que vale la pena destacar es que la empresa cuenta con una cámara de termografía, aspiradora, equipo medidor de resistencia de contacto, pinza amperimétrica AC/DC, y dichos equipos no son utilizados en el proceso de mantenimiento.

Con respecto a los materiales a utilizar en el mantenimiento la empresa carece de stock de materiales consumibles tales como: limpiador de contactos eléctricos, solvente dieléctrico, desplazador de humedad en spray, lubricante dieléctrico, inhibidor de corrosión en spray, trapo blanco esterilizado, grasa lubricante entre otros.

Las actividades de mantenimiento inician cuando los transformadores de distribución son desmontados para realizar las pruebas pertinentes de aislamiento y cortocircuito las cuales deben arrojar los resultados de la (tabla 5.1).

Tabla 5.1 Capacidades Vs resultados.

Capacidades (KVA)	Resultados (AMP)
37.5	163
50	208
75	313

Cuando el núcleo de la maquina estática no funciona, es almacenado para utilizar las piezas en buen estado en otros transformadores a reparar. Realizan este almacenamiento ya que en este taller no existe la maquinaria correspondiente para embobinar y reparar el núcleo.

También se observa que los transformadores son despiezados y dejados de manera desordenada en el área del taller, hasta el momento de ejecutar el mantenimiento.

5.2 Establecer las fallas que afectan el funcionamiento de los transformadores de distribución

Se determinara las fallas que afectan el funcionamiento de los transformadores de distribución, tomando información de cada una de las piezas y los fallos que pueden presentar cada una de ellas, esta información fue suministrada por los trabajadores del taller a través de entrevistas abiertas e investigaciones anteriores, como es el caso de la realizada por servicio venezolano de transformadores C.A. la finalidad de conocer el origen y los efectos ocurridos en el funcionamiento de los transformadores.

Los transformadores están integrados por una variedad de elementos tales como: el núcleo, la cuba, el bushing de alta, el bushing de baja, el taps y la válvula de escape, los cuales se muestran a continuación:



Figura 5.2 El núcleo del transformador.



Figura 5.3 Cuba del transformador.

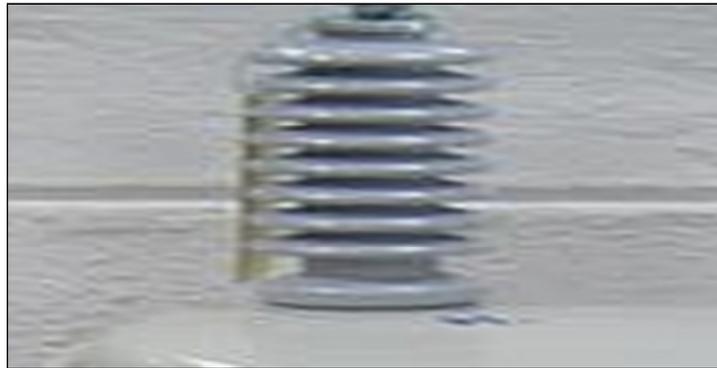


Figura 5.4 Bushing de alta del transformador.



Figura 5.5 Bushing de baja del transformador.



Figura 5.6 Taps del transformador.



Figura 5.7 Válvula de escape del transformador.

De acuerdo a datos suministrados por los empleados encargados de realizar el mantenimiento, e investigaciones anteriores, como es el caso de la realizada por servicio venezolano de transformadores C.A, 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. También aseguran que gran parte de las fallas de los transformadores en servicio, son producidas por fallas en la aislación.

Los factores involucrados en las fallas pueden ser: usuarios y factores externos.

5.2.1 Usuarios

5.2.1.1 Instalación: una causa de fallo es el desnivel de las unidades y la insuficiente fuerza para soportar el peso del transformador. Otro factor de fallo es la inclinación de la unidad a más de 15 grados, lo que produce desviaciones en el nivel de aceite cerca de los Bushing de baja, dispositivos de escape, u otros accesorios ubicados específicamente en o cerca del nivel del líquido de 25 °C.

5.2.1.2 Error de operación: esto se debe a la falta de mantenimiento y protección necesaria de los transformadores, ya que es de suma importancia la instalación de protección apropiada para prevenir las perturbaciones y oscilaciones momentáneas de tensión excesiva o sobre cargas severas que pueden detener el funcionamiento del transformador.

5.2.1.3 Sobre-carga: Con respecto a las fallas presentadas en los transformadores por sobre carga, se debe a la excesiva tensión demandada por los consumidores. Los cuales de manera discriminada hacen uso de este servicio, algunos sin ni siquiera estar suscritos a la empresa para el consumo del mismo. Provocando en los transformadores sobre calentamientos peligrosos y en algunos casos daños irreversibles.

5.2.1.4 Mantenimiento inapropiado o insuficiente: la falta de mantenimiento preventivo causa al transformador un rendimiento bajo o menor capacidad de suministro eléctrico. A su vez esto ocasiona daños internos y externos al mismo.

5.2.2 Factores externos

5.2.2.1 Descargas atmosféricas: A pesar que en la instalación del sistema de los transformadores se encuentran para rayos, este es uno de los factores que generalmente afecta en el funcionamiento, ya que no se puede controlar las descargas atmosféricas que causan daños irreversibles a los transformadores, provocando incendios, pérdidas materiales y en casos extremos hasta vidas.

5.2.2.2 Otros: dentro de estos fallos se encuentran los ocasionados por animales (cuando anidan, cuando generan arcos eléctricos al momento de emprender el vuelo una vez que están posados en los equipos). Daños ocasionados por personas maliciosas.

En la tabla 5.2, se muestra un resumen de las fallas que pueden presentar los transformadores, y las causas que las originan.

Tabla 5.2 Factores involucrados en la fallas.

Factores	Causante de fallos	Indicadores	Fallos
Usuarios	Instalación	El desnivel de las unidades y la insuficiente fuerza para soportar el peso del transformador. La inclinación de la unidad a más de 15 grados.	Desviaciones en el nivel de aceite cerca de los Bushing de baja, dispositivos de escape
	Error de operación	Falta de mantenimiento y protección necesaria de los transformadores	Detención del funcionamiento del transformador
	Sobre-carga	Excesiva tensión demandada por los consumidores.	Sobre calentamientos peligrosos y en algunos casos daños irreversibles.
	Mantenimiento inapropiado o insuficiente	Falta de mantenimiento preventivo	Rendimiento bajo o menor capacidad de suministro eléctrico. Ocasionan daños internos y externos al mismo.
Factores externos	Descargas atmosféricas	Rayos Relámpagos Truenos Lluvias	Daños irreversibles a los transformadores, provocando incendios, perdidas materiales y en casos extremos hasta vidas.
	Otros	Animales Daños por impactos de proyectiles	Arcos eléctricos. Derrame del aceite aislante.

5.3 Evaluación de las fallas que afectan el funcionamiento de los transformadores de distribución utilizando como método de evaluación el Análisis de Modo y Efecto de Fallo (A.M.E.F)

El transformador de distribución fue evaluado a través del método de Análisis de Modo y Efecto de Falla (A.M.E.F), con la finalidad de determinar el Número de Prioridad de Riesgo (NPR) de cada uno de los componentes, y así proponer acciones de mejoras.

Para establecer las acciones de mejoras, se elige 100 como valor base del NPR, debido a que los índices de gravedad, ocurrencia y no detección establecen como punto realmente equilibrado el nivel 5, y al multiplicar cada uno, $5 * 5 * 5$ se obtiene un valor de 125. De esta forma se previene que estos índices se eleven y lleguen a ser fallas realmente críticas.

En la tabla 5.3, se muestra el análisis de modo de efecto y fallo.

Tabla 5.3 Análisis de Modo y efecto de fallo (A.M.E.F.).

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLO									
Equipos: Transformadores			Responsables: Jose Tamoy, Diego Stronconi				Fecha:		
Piezas	Función	Fallos			Controles actuales técnicas estadísticas	Índices			NPR
		Modo	Causa	Efecto		G	O	D	
Bushing de alta	Recibe el voltaje de alta tensión.	Fundición del cable conductor de tensión.	Sobre voltaje. Calentamiento interno.	Fuera de servicio.	9	8	5	360	280
		Ruptura de las Empacaduras del borne de alta.	Daños por terceros (disparos, entre otros).	Fuga del aceite dieléctrico.	8	6	5	240	
		Ruptura del aislante de cerámica o deterioro.	Condiciones ambientales.	Quema del transformador	10	8	3	240	

Continuación tabla 5.3

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLO										
Equipos: Transformadores			Responsables: Jose Tamoy, Diego Sironconi			Fecha:				
Piezas	Función	Modo	Fallos			Controles actuales técnicas estadísticas	Índices			NPR
			Causa	Efecto			G	O	D	
Bushing de baja	Conductores de la corriente reducida o elevada por el núcleo.	Fundición de las láminas conductoras de tensión.	Calentamiento interno.	Fuera de servicio, total o parcial.	9	8	5	360	276	
		Ruptura de las Empacaduras del borne de baja.	Desgaste o deterioro de los aislantes.	Fuga de la cete dieléctico.	7	9	4	252		
		Ruptura del aislante de cerámica.	Puntos caliente. Puntos rojos	Quema del transformador	9	8	3	216		
Commutador o Taps	Regular la relación de voltaje.	Desajuste.	Mala ubicación del nivel de voltaje. Manipulación incorrecta.	Descontrol en la regulación de voltaje.	5	3	3	45	45	
Bobina o núcleo	Permite el flujo de tensión a través del transformador y evita permita indebida de corriente.	Sobre carga y Sobre tensión.	El contacto entre las láminas. El deterioro de la resina.	Fuera de servicio total.	10	8	8	640	640	

Continuación tabla 5.3

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLO										
Equipos: Transformadores			Responsables: Jose Tamoy, Diego Sronconi			Fecha:				
Piezas	Función	Fallos			Controles actuales técnicas estadísticas	Índices			NPR	
		Modo	Causa	Efecto		G	O	D		
cuba	Contener el líquido refrigerante y la bobina.	Fractura o deterioro de la cuba.	Daños ocasionados por terceros. Condiciones ambientales	Perdida del aceite dieléctrico Fuera de servicio.	Ninguna	8	3	4	96	96
Acete dieléctrico	Asilante y refrigerante del transformador.	Sobre calentamiento.	Fundición de láminas. Fundición de Empacaduras de aislamiento. Fundición de la bobina. Contaminación del aceite.	Perdidas de propiedades del mineral. Disminución de la vida del transformador.	Ninguna	7	7	8	392	392
Válvula de escape.	Liberar los gases producidos dentro de la cuba.	Ruptura.	Presión excesiva de los gases.	Baja el nivel de aceite. Recalienta el núcleo Ocasiona daños internos al transformado.	Ninguna	8	3	9	216	216

Las acciones de mejora se aplicarán, de acuerdo al valor de NPR de los componentes, es decir, inicialmente se le realizará acciones de mejora al elemento con mayor NPR

Por lo tanto 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) (Tabla 5.4).

Tabla 5.4 Acciones de mejoras para los NPR más elevados.

Pieza	Número de prioridad de riesgo (NPR)	Acciones de mejoras
Bobina o núcleo.	640	Con respecto a la fundición de la bobina, el personal técnico de comercialización debe controlar y verificar la temperatura del aceite contenido en el transformador y la tensión demandada en el mismo.
Aceite dieléctrico.	392	Para evitar el sobrecalentamiento, el personal técnico de comercialización debe establecer un control con respecto a la energía demandada por los consumidores a cada transformador.

Continuación tabla 5.4.

Pieza	Número de prioridad de riesgo (NPR)	Acciones de mejoras
Bushing de alta.	280	<p>Para el sobre voltaje, se recomienda tener un control en el suministro de la energía emitida por las subestaciones respectivamente. Los responsables a este control es el personal designado a las subestaciones.</p> <p>Las acciones para evitar los daños causados a los transformadores por terceros (disparos, entre otros), debe existir campañas de concientización y sentido de pertenencia por parte de la empresa a través de folletos entregados a los usuarios en las oficinas destinadas a la cancelación del servicio publico.</p> <p>Con respecto a las condiciones ambientales, se debe tomar medidas preventivas en la verificación y mantenimiento de pararrayos y los bushing de alta de los transformadores. El personal encargado para esta tarea son los técnicos comerciales.</p>
Bushing de baja.	276	Las acciones que se debe tomar con respecto al calentamiento interno, deterioro y desgastes de los aislantes, puntos en calientes o puntos

		rojos es el control de la temperatura interna del transformador y la supervisión de las fugas de tensión. Esto debe ser supervisado por el personal técnico de comercialización.
Válvula de escape	216	Para evitar las presiones excesivas de los gases, el personal técnico de comercialización debe controlar y verificar la temperatura del aceite contenido en el transformador.

Para disminuir los índices de fallo, se propone realizar las actividades específicas que se establecen en el objetivo 5.4, con fin de garantizar la operatividad y confiabilidad de los transformadores de distribución instalados durante su vida útil.

5.4 Establecer las de tareas de mantenimiento específicas para la reparación de los transformadores de distribución

Debido a que no existen actividades establecidas al momento de realizar el mantenimiento, en el desarrollo de este objetivo se establecerán tareas específicas de mantenimiento y la secuencia que se debe utilizar para su ejecución. Dichas actividades serán establecidas de acuerdo al código nacional de electricidad, el manual de mantenimiento Asea Brown Boveri (ABB). El objetivo de establecer las actividades específicas es que se le realice un mantenimiento adecuado a los transformadores y así obtener un excelente nivel de funcionamiento, evitar daños al equipo y a los operarios.

El mantenimiento de un transformador, su frecuencia y extensión, están ligados al clima, medio ambiente y condiciones de servicios normales y especiales (sobrecargas y cortocircuito).

El transformador, por ser una máquina sin parte en movimiento (estática), requiere de poco mantenimiento, sin embargo se debe realizar ciertos tipos de trabajo de mantenimientos que puede ser tipo predictivo, preventivo y/o correctivo.

A continuación se determinan las cinco (5) fases que conformarán el mantenimiento, y las tareas de cada una de ellas, a realizarles a los transformadores averiados en el taller de mantenimiento de transformadores de distribución de la empresa ELEBOL C.A. (Figura 5.8).

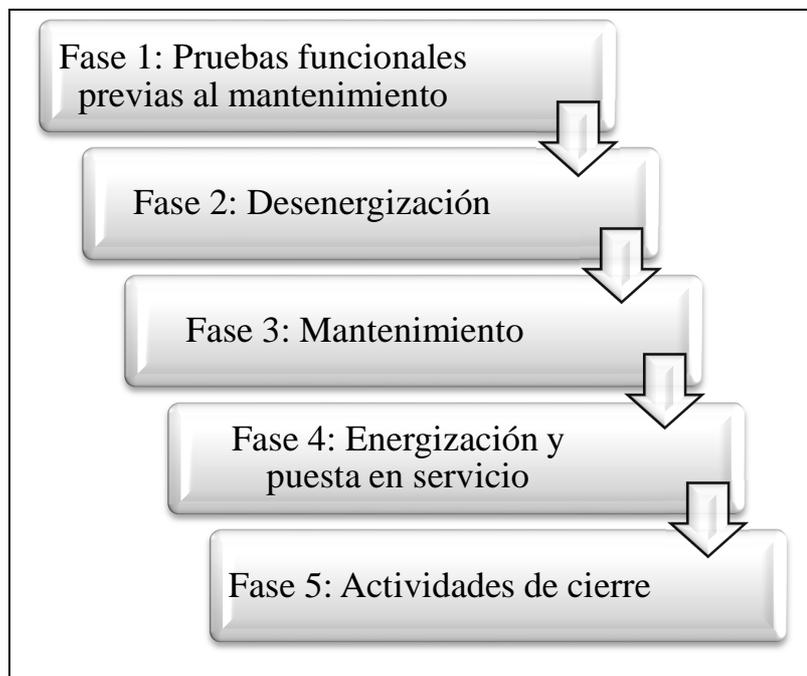


Figura 5.8 Fases del mantenimiento.

Las fases de mantenimiento tendrán una duración que se muestra en la tabla 5.5.

Tabla 5.5 Tiempos de ejecución de fases.

Fase	Tiempos aproximados (min.)
1. Pruebas funcionales	35
2. Desenergización	17
3. Mantenimiento	150
4. Energización y puesta en servicio	20
5. Actividades de cierre	25

5.4.1 Fase 1: Pruebas funcionales previas al mantenimiento

Estas se realizarán con el fin de detectar los problemas que presenta el transformador, y con el transformador energizado.

1. Ubicar el transformador reportado como averiado.
2. Acceder a los instrumentos de medición y a los dispositivos de maniobra del transformador.
3. Llenar el formato de características del transformador (Apéndice A.1).
4. Medir los parámetros eléctricos por fase en los lados de alta/baja tensión y compararlos con valores nominales. Incluye verificar nivel y temperatura del aceite dieléctrico y presión de vacío.
5. Verificar si se presentan vibraciones no funcionales en el núcleo y/o en la metalmecánica del transformador.

6. Realizar la inspección termográfica al transformador de distribución:

Calibrar en la cámara de termografía los niveles de emisividad y los niveles de temperatura absoluta del transformador.

Identificar los puntos o componentes con superficies que posean características térmicas de reflexión que puedan generar falsos puntos calientes en las inmediaciones y/o en el mismo transformador.

Realizar termograma de barrido general del tanque del transformador.

Realizar la inspección termográfica a los componentes dentro del transformador.

Si es detectado algún punto caliente, realizar medidas comparativas con elementos de igual función para determinar el grado de sobrecalentamiento.

Tomar fotografía a color.

7. Tomar registro de las mediciones e inspecciones realizadas en su respectivo formato (Apéndice A.2).

5.4.2 Fase 2: Desenergización

Se desenergiza el transformador con la finalidad de poder realizar el mantenimiento de forma segura, y así evitar electrocución.

1. Desenergizar el transformador de distribución de acuerdo a los procedimientos de maniobra de equipos eléctricos; abrir en primer lugar el interruptor del lado de baja tensión y luego el interruptor del lado de alta tensión.

2. Ejecutar el procedimiento de aislamiento, cierre, bloqueo y etiquetado.

3. Verificar la aplicación del procedimiento de aislamiento, cierre, bloqueo y etiquetado para la desenergización del transformador de distribución.

4. Comprobar la desenergización del transformador mediante la verificación física de la posición de los interruptores de los lados de alta y baja tensión.

5. Verificar la ausencia de tensión en los terminales de baja y alta tensión utilizando un detector de voltaje AC/DC adecuado:

Comprobar el funcionamiento del detector de tensión utilizando un circuito energizado de baja tensión.

Inspeccionar visualmente los guantes y comprobar su estado óptimo de aislamiento.

Limpiar la pértiga aislante del detector con trapo limpio y solvente dieléctrico.

Instalar el detector de tensión AC en el extremo de la pértiga. Comprobar la fijación óptima del detector - pértiga.

Sostener firmemente la pértiga con las manos y mantenerla separada del cuerpo.

Acercar cuidadosamente el detector hasta la sección de la conexión de alta tensión en la cuba del transformador para verificar la ausencia de tensión.

Confirmar que el detector no emite señal sonora ni luminosa.

Acercar cuidadosamente el detector hasta la sección de la conexión de baja tensión en la cuba del transformador para verificar la ausencia de tensión.

6. Confirmar que el detector no emite señal sonora ni luminosa.

7. Colocar etiquetas de advertencia de acuerdo a los procedimientos de aislamiento, cierre y bloqueo.

5.4.3 Fase 3: Mantenimiento

El mantenimiento trata principalmente de mantener la vida útil de la aislación de los transformadores, así como el correcto funcionamiento de todos sus sistemas y componentes.

5.4.3.1 Realizar mantenimiento externo de la cuba del transformador (Apéndice A.3).

1. Realizar la inspección visual externa de la estructura metalmecánica del transformador para detectar posibles señales de corrosión, humedad, oxidación, daños en la estructura (deformaciones, abolladuras y grietas), exceso de polvo y otros.

2. Inspeccionar el tanque del transformador. Detectar la existencia de filtraciones y fugas a través de las juntas y sellos de las paredes del tanque.

3. Corregir problemas detectados relacionados con la hermeticidad de la estructura metalmecánica del transformador.

4. Corregir los puntos de corrosión de la estructura metalmecánica del transformador y panel de maniobras. Limpiar con lija adecuada, aplicar anticorrosivo y pintar.

5. Verificar que las tomas de purga no presenten fugas. Reemplazar dispositivo si es necesario.

6. Limpiar la parte externa del transformador. Utilizar solución jabonosa o similar.

7. Reajustar la tornillería de toda la estructura metalmecánica externa del transformador.

8. Inspeccionar las condiciones de los medios de fijación del transformador. Corregir desviaciones detectadas.

5.4.3.2 Realizar mantenimiento interno a la cuba del transformador

1. Realizar la inspección visual interna de la estructura metalmecánica, para detectar posibles señales de corrosión, humedad (filtraciones), oxidación, daños en la estructura (deformaciones, abolladuras y grietas), exceso de polvo y otros.

2. Realizar la inspección visual de los componentes, detectar si existen signos de recalentamiento, deformación, decoloración, fisuras, fugas, efecto corona, carbonización, perforación, exudación de aceites o resinas y otros.

3. Verificar el funcionamiento de los dispositivos de medición; medidor de nivel del aceite dieléctrico, medidor de temperatura y medidor de presión.

4. Si es detectado el nivel del aceite dieléctrico bajo. Completar si es necesario de acuerdo con el procedimiento recomendado por el fabricante.

5. Verificar que el interior del transformador no contenga animales pequeños, tales como; insectos, roedores, reptiles, aves y otros. Remover y corregir daños causados, si es necesario.

6. Corregir problemas detectados relacionados con la hermeticidad de la estructura metalmecánica del interior.

7. Corregir los puntos de corrosión de la estructura metalmecánica del interior del panel. Limpiar con lija adecuada, aplicar anticorrosivo y pintar.

8. Realizar una remoción general del polvo acumulado en el interior de la cuba. Aplicar aire seco a una presión (no mayor a 30 PSI).

9. Aspirar el exceso de polvo.

10. Realizar limpieza de los componentes internos de la cuba utilizando trapo blanco esterilizado y solvente dieléctrico. Específicamente; copas terminales, aisladores (bushings), conexión de puesta a tierra.

11. Inspeccionar las salidas y entradas de cables del transformador.

12. Reajustar la tornillería de toda la estructura metalmecánica interna de la cuba.

13. Realizar la desconexión en el transformador de la sección de cable de alta y baja tensión.

14. Realizar la medición de la resistencia de aislamiento de la sección de cable comprendida entre el lado de baja del transformador de distribución y el interruptor asociado ubicado en el tablero de distribución (carga).

15. Realizar la medición de la resistencia de aislamiento de la sección de cable.

16. Realizar la conexión en el transformador de la sección de cable de alta y baja tensión.

17 Ajustar las conexiones eléctricas del utilizando el torquímetro:

Verificar el ajuste de las conexiones eléctricas atornilladas de los terminales de baja y alta tensión.

Verificar el ajuste de la conexión de puesta a tierra.

Reajustar conexiones eléctricas flojas detectadas en la inspección visual y/o termográfica.

18. Realizar y registrar en los formatos correspondientes pruebas eléctricas a los siguientes componentes del transformador (Apéndice A.4):

Resistencia de contacto de las conexiones eléctricas atornilladas reajustadas en la tarea anterior.

Resistencia de aislamiento entre el lado de alta-baja, alta-baja a tierra.

Índice de polarización en los devanados de alta y baja tensión para las fases.

Relación de transformación para el taps establecido, para las fases.

Resistencia de devanados para las fases.

19. Realizar prueba de rigidez dieléctrica del aceite.

20. Corregir los puntos calientes y/o signos de calentamiento detectados en la inspección visual y/o termográfica.

5.4.3.3 Realizar mantenimiento correctivo a componente o dispositivo interno del transformador (Apéndice A.5).

1. Realizar la desconexión en el transformador de la sección de cable de alta y baja tensión.

2. Verificar el nivel de presión interna del tanque.

3. Si esta presente una sobrepresión, se deberá liberar la sobrepresión por medio de la válvula de alivio.

4. Verificar que la tapa de reparación o de visita se encuentren libres de agentes contaminantes; polvo, humedad, corrosión y otros. Limpiar a fondo si es necesario para evitar la contaminación del interior del tanque.

5. Accesar al interior del tanque mediante la apertura de la tapa de reparación o de visita.

6. De acuerdo al alcance de la reparación a realizar, extraer el aceite dieléctrico del tanque hasta el nivel recomendado por el fabricante (nivel de mantenimiento).

7. Realizar reemplazo o reparación del componente o dispositivo averiado.
8. Inspeccionar de forma visual las condiciones físicas de los componentes o dispositivo restantes dentro de la cuba.
9. Realizar prueba de hermeticidad del tanque.
10. Tomar una muestra del aceite dieléctrico del transformador para realizar los ensayos físico-químicos de acuerdo a lo indicado en el procedimiento de mantenimiento a transformadores inmersos en aceite.
11. Reemplazar sellos de la tapa de reparación o visita.
12. Realizar la medición de la resistencia de aislamiento de la sección de cable comprendida entre el lado de baja del transformador de distribución y el interruptor asociado ubicado en el tablero de distribución (carga).
13. Realizar la medición de la resistencia de aislamiento de la sección de cable comprendida entre el lado de alta del transformador y el interruptor asociado ubicado en el switchgear.
14. Realizar la conexión en el transformador de la sección de cable de alta y baja tensión.
15. Cerrar la tapa de reparación o visita.
16. Completar el nivel de aceite dieléctrico.

5.4.3.4 Actividades previas a la energización:

1. Verificar que el interior del equipo no contenga herramientas, equipos de medición, materiales y otros.
2. Verificar que la tapa de la cuba de maniobra se encuentre cerrada.
3. Aplicar la lista de verificación posterior al mantenimiento y previo a la energización y puesta en servicio.
4. Realizar limpieza general del área de trabajo.

5.4.4 Fase 4: Energización y puesta en servicio

Luego de realizarle el mantenimiento a los transformadores, deben realizarse actividades con el fin la puesta en servicio del mismo.

1. Retirar el punto de tierra.
2. Retirar los cables de puesta a tierra de seguridad de los puntos de conexión de ambos lados del transformador.
3. Retirar las etiquetas de advertencia de acuerdo a los procedimientos de aislamiento, cierre y bloqueo.

5.4.5 Fase 5: Actividades de cierre

1. Constatar que los resultados de la inspección y pruebas se encuentren registrados en los formatos correspondientes (Apéndice A).

2. Elaborar el informe con conclusiones y recomendaciones.

5.5 Diseño de estrategias de mantenimiento para los transformadores de distribución

Se establecerán estrategia y se le asignara responsabilidad al personal del taller, con el fin de que puedan ejecutar las tareas establecidas en el objetivo anterior, de forma adecuada, ordenada; y en condiciones propicias que garantice su seguridad, salud y bienestar.

5.5.1 Objetivos del Plan de Mantenimiento

Establecer el procedimiento de mantenimiento de los transformadores de distribución y definir las responsabilidades y los recursos necesarios para su ejecución.

Establecer las actividades de mantenimiento, las cuales contemplan la verificación, limpieza general y ejecución de ensayos eléctricos de: componentes, accesorios, dispositivos de medición y protección. Así como también, la verificación de los parámetros operacionales.

Garantizar la operatividad y confiabilidad de los transformadores de distribución instalados durante su vida útil.

Dejar registro histórico de las condiciones de los transformadores de distribución que sirva de base a futuros análisis comparativos de fallas y soporte al sistema gerencial.

5.5.2 Alcance

Este plan contempla las actividades de mantenimientos a realizarle a los transformadores de distribución averiados, en el taller de mantenimiento de transformadores de distribución de la empresa ELEBOL C.A.

5.5.3 Formación del equipo de trabajo

El departamento de mantenimiento será responsable de la ejecución de este procedimiento y de efectuar sus actualizaciones. Lo que permitirá realizar un mantenimiento eficiente, alargando la vida útil de los transformadores y favoreciendo al servicio que le brinda la empresa a la comunidad.

5.5.3.1 Asignación de responsabilidad del departamento: Para la ejecución de las actividades de mantenimiento previamente establecidas, se conformará un equipo de trabajo. En el caso específico del taller de mantenimiento de transformadores de distribución en la empresa ELEBOL C.A, dicho equipo estará conformado por tres (3) empleados con el cual cuenta el taller actualmente. Cuyos perfiles son: un (1) técnico superior en electricidad con una experiencia superior a los quince (15) años de trabajo en el área; un (1) técnico superior en electricidad con una experiencia de diez (10) años; un (1) técnico medio en electricidad con una experiencia de seis (6) años.

Partiendo del perfil de cada uno de los empleados, se establece la siguiente estructura jerárquica.

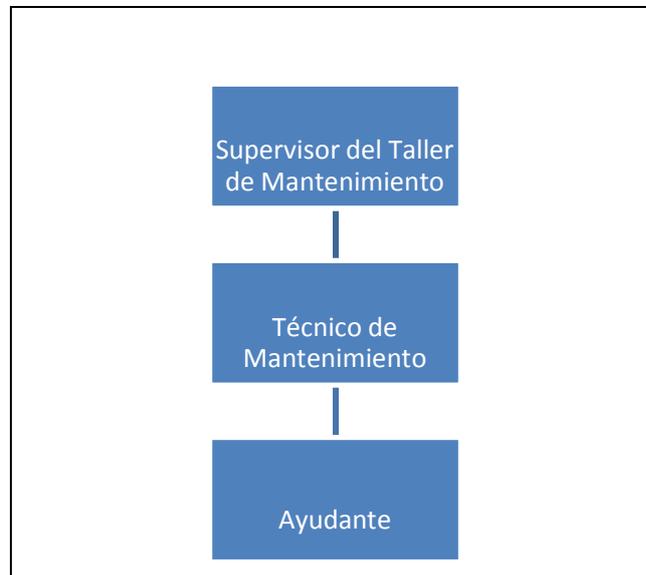


Figura 5.9 Estructura jerárquica propuesta.

Una vez establecida la estructura jerárquica, se procederá a establecer o delegar las funciones a cada uno de los integrantes.

Las funciones se delegarán con el fin de crear una sinergia que traigan beneficio a la empresa.

- Supervisor del taller de mantenimiento:

Asegurar el cumplimiento de este procedimiento, así como también, su validez o actualización sistemática.

Analizar de los resultados y compararlos con los datos de las tablas de los anexos y resultados de pruebas anteriores.

Evaluar las condiciones del transformador de distribución de acuerdo a los resultados obtenidos y análisis realizados.

Detectar las condiciones que pudiesen afectar las operaciones del proceso durante la ejecución de las actividades de mantenimiento. Tomar las medidas necesarias para evitar producción diferida.

Coordinar con personal las actividades de revisión y desenergización del transformador de distribución que va a ser intervenido para mantenimiento.

Suministrar al técnico de mantenimiento eléctrico los equipos, materiales, equipos de protección personal, herramientas, planos e información técnica necesarios para la ejecución del trabajo.

Hacerle seguimiento al cumplimiento de las normas en materia de salud y seguridad laboral.

Verificar la creación de la orden de trabajo.

Determinar el alcance del trabajo.

- Técnico de mantenimiento:

Dar fiel seguimiento de las instrucciones de este procedimiento, sostenido en la capacitación de sus habilidades y competencias.

Verificar la disposición de los recursos requeridos, tales como; materiales, equipos de pruebas, repuestos, herramientas, consumibles y equipos de protección personal.

Recopilar los formatos establecidos para registros de inspección y pruebas.

Poseer documentación técnica del transformador a intervenir, tales como; manual de operación y mantenimiento del fabricante, recomendaciones técnicas de mantenimiento, resultados de las pruebas realizadas en la última intervención del equipo.

Discutir con el supervisor del área el alcance del trabajo y los riesgos operacionales asociados.

Solicitar permiso de trabajo correspondiente al supervisor del área.

- Ayudante:

Responsable de la elaboración y seguimiento de la permisología adecuada a la ejecución de la actividad.

Confirmar la intervención del transformador de distribución según la fecha programada, garantizando su entrega durante el tiempo establecido.

Inspeccionar el área de trabajo y determinar los riesgos operacionales.

Notificar al supervisor situaciones irregulares que se presenten.

5.5.4 Equipos y materiales utilizados en la ejecución del mantenimiento

5.5.4.1 Equipos: A continuación se mencionan los equipos que se utilizan para realizar el mantenimiento a los transformadores. Detector de voltaje AC/DC, equipo de medición de resistencia aislamiento AC/DC, equipo medidor de relación de transferencia (TTR), equipo medidor de resistencia de contacto, multímetro digital, pinza amperimétrica AC/DC, cámara de inspección termográfica, comparador de devanados (medidor de resistencia de devanados), aspiradora y maquina embobinadora. Estos deben estar en buen estado y al alcance del personal del taller. Tales equipos se muestran a continuación:



Figura 5.10 Detector de voltaje AC/DC.



Figura 5.11 Equipo de medición de resistencia aislamiento AC/DC.



Figura 5.12 Equipo medidor de relación de transformación (TTR).



Figura 5.13 Equipo medidor de resistencia de contacto.



Figura 5.14 Multímetro digital.



Figura 5.15 Pinza amperimétrica AC/DC.



Figura 5.16 Cámara de inspección termográfica.



Figura 5.17 Comparador de devanados.



Figura 5.18 Aspiradora.



Figura 5.19 Máquina embobinadora.

5.5.4.2 Equipos de protección personal: Para la ejecución del mantenimiento de una forma segura el personal deberá utilizar los EPP mencionados:

1. Equipo de protección personal básico.
2. Guantes dieléctricos para baja tensión.
3. Traje protector contra arcos eléctricos para realizar mediciones directas en alta tensión.
4. Guantes dieléctricos.

5.5.4.3 Herramientas: Estos objetos utilizados para el mantenimiento deben ser de conocimiento del personal encargado para realizar un trabajo adecuado.

1. Juego de cables de puesta a tierra y conexiones tipo grapas (Permagrip).
2. Pértigas.
3. Caja de Herramientas para electricistas.
4. Torquímetro.
5. Escalera de material aislante.
6. Kit de herramientas para maniobras y operaciones en transformadores de distribución.

5.5.4.4 Materiales y/o Consumibles: el taller de mantenimiento debe contar con inventario de estos materiales ya que estos garantizaran el buen desempeño del personal.

1. Limpiador de contactos eléctricos.
2. Solvente dieléctrico.
3. Desplazador de humedad en espray.
4. Lubricante dieléctrico.
5. Inhibidor de corrosión en espray.
6. Trapo blanco esterilizado.
7. Grasa lubricante.
8. Lija.
9. Brochas.
10. Cinta aislante.
11. Cinta aislante de fibra de vidrio.
12. Cepillo de alambre.
13. Silicón.

5.5.5 Medidas de orden y limpieza

Con el fin de crear y mantener un ambiente adecuado y seguro de trabajo, se proponen lo siguiente:

5.5.5.1 Organización (utilización, selección): Separar las cosas necesarias de aquellas innecesarias, dando un destino para aquellas que dejaron de ser útiles para aquel ambiente.

5.5.5.2 Orden (sistematización, arreglo): Guardar las cosas necesarias de acuerdo con la facilidad de uso, considerando la frecuencia de utilización, el tipo y el peso del objeto, de acuerdo con una secuencia lógica ya practicada, o de fácil asimilación. Al ordenar las cosas el ambiente queda más arreglado y agradable para el trabajo, y como consecuencia más productivo.

5.5.5.3 Limpieza (inspección, celo): Eliminar la suciedad, inspeccionando para descubrir y atacar las fuentes de problemas. Es fundamental que la limpieza sea hecha por el propio usuario del ambiente, de la maquina o del equipo.

5.5.5.4 Aseo (estandarización, salud, perfeccionamiento): Conservar la higiene, teniendo el cuidado para que las etapas de organización, orden y limpieza, ya alcanzados, no retrocedan.

5.5.5.5 Disciplina (control de si mismo, educación): Cumpliendo las normas y todo lo que sea establecido por el grupo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En el análisis del de la situación actual del mantenimiento que se le realiza a los transformadores de distribución en el taller de mantenimiento de la empresa ELEBOL C.A, se pudo conocer que:

El mantenimiento es de tipo correctivo. Al mismo tiempo que ocurre un mantenimiento correctivo se le realiza un mantenimiento preventivo, ya que se le restauran las piezas que posiblemente puedan fallar a corto plazo.

El personal que realiza el mantenimiento es no calificado.

El mantenimiento se ejecuta de forma empírica y al momento de ejecutarlo no se tiene una secuencia de actividades definida.

El taller de mantenimiento actualmente se halla de manera desordenada, encontrándose los equipos e instrumentos de trabajo dispersos en toda el área.

La empresa cuenta con una cámara de termografía, aspiradora, equipo medidor de resistencia de contacto, pinza amperimétrica AC/DC, y dichos equipos no son utilizados en el proceso de mantenimiento.

La empresa carece de stock de materiales consumibles tales como: limpiador de contactos eléctricos, solvente dieléctrico, desplazador de humedad en espray, lubricante dieléctrico, inhibidor de corrosión en espray, trapo blanco esterilizado, grasa lubricante entre otros.

En la determinación de los fallos más comunes que afectan el funcionamiento de los transformadores de distribución, se puede concluir que:

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.

Los factores involucrados en las fallas pueden ser: usuarios y factores externos.

En el caso del factor usuario, los causantes del fallo son instalación, error de operación, sobre-carga y mantenimiento inapropiado o insuficiente.

En el caso de los factores externos, los causantes del fallo son descargas atmosféricas, entre otros.

Al evaluar las fallas que afectan el funcionamiento de los transformadores de distribución utilizando como método de evaluación el Análisis de Modo y Efecto de Fallo (A.M.E.F), se puede concluir que:

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).

Se propone acciones de mejora, para los componentes con el NPR mayor a 100. Y éstas se aplicaran, de acuerdo al valor de NPR de los componentes, es decir,

inicialmente se le diseñara o propondrán realizará acciones de mejora al elemento con mayor NPR.

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).

Recomendaciones

Se recomienda a la Empresa ELEBOL C.A.:

Implementación del Plan de Mantenimiento correctivo para los transformadores de distribución.

Ejecutar de las acciones de mejora propuestas con el fin de disminuir los valores de número de prioridad de riesgo.

Que el mantenimiento se ejecute cumpliendo las cinco fases propuestas.

Que para la realización de las actividades que contemplan cada unos de las fases se asignen responsabilidades al personal que conforma el equipo de trabajo.

Que para la ejecución del mantenimiento el taller cuente con todos los equipos necesarios, tales como: Detector de voltaje AC/DC, equipo medidor de relación de transformación (TTR), multímetro digital, Comparador de devanados (Medidor de Resistencia de Devanado) entre otros.

Usar los equipos que posee la empresa, para realizar las tareas de mantenimiento.

Comprar la máquina embobinadora.

Dotar de equipos de protección personal a los empleados del taller de mantenimiento de transformadores.

Contar con las herramientas, (Juego de cables de puesta a tierra y conexiones tipo grapas (Permagrip), Torquímetro, Kit de herramientas para maniobras y operaciones en transformadores de distribución, entre otras) para poder ejecutar el mantenimiento.

Dotar de los materiales consumibles al taller de mantenimiento con el fin de ejecutar correctamente las actividades.

Contar un stock de materiales y/o consumibles

Implementar las medidas de orden y limpieza sugeridas.

REFERENCIAS

Barillas Flores, José Francisco, (2004). **“PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA EMPRESA METALÚRGICA: FUNDIDORA BERNAL, S.A”**. Universidad San Carlos. Guatemala.

Chinchilla Lucero, Erick Odair, (2005). **“PROPUESTA DE LA ORGANIZACIÓN DEL TALLER DE MANTENIMIENTO Y DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA LA MAQUINA PESADA Y VEHÍCULOS DE LA ZONA VIAL N° 2 DE CAMINOS, JUTIAPA.”** Universidad De San Carlos De Guatemala. Guatemala.

Mosquera, (1995), **“TIPOS DE MANTENIMIENTO”**. Editorial Limusa. México.

Niebel, Benjamin y Freivalds, Andris. **INGENIERÍA INDUSTRIAL: MÉTODOS, ESTÁNDARES Y DISEÑO DEL TRABAJO**. Editorial ALFAOMEGA. 11° edición.

Pelacchi, Enrique (2004). **“PROYECTO DE MEJORA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE FLOTA DE MAQUINARIA VIAL, ORIENTADA A LA DEMANDA”**. Intendencia Municipal. Montevideo – Uruguay.

Pérez, Alexis. **GUÍA METODOLÓGICA PARA ANTEPROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**. Editorial Fedupel. Caracas, Venezuela 2006.

Pivaral de la Vega, Luis Manuel (2005). **“PROPUESTA DE UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO EN LA MAQUINARIA AGRÍCOLA Y DE TRANSFERENCIA DE CARGA Y DESCARGA DE CONTENEDORES PROPIEDAD DE LA EMPRESA PORTUARIA QUETZAL”**. Departamento eléctrico y mecánico de San José. Puerto Quetzal-Guatemala.

Sabino, C. (2002). **INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**. Universidad Alas Peruanas. Lima-Perú.

Salvendy, Gavriel. **MANUAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL TOMO I**. Editorial LIMUSA, México, 2007.

Salvendy, Gavriel. **MANUAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL TOMO II**. Editorial LIMUSA, México, 2007.

Sampieri, H. (2003); **“METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN”**. Editorial Mc Graw Hill. México.

Sánchez Marcos, (2007). **“PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE MAQUINAS DE COSER DE FRARO”**. Universidad San Ignacio de Loyola. Lima- Perú.

Servicio Venezolano de Transformadores (SVT), (2008). **“¿POR QUÉ FALLA UN TRANSFORMADOR?”**. (Ver pág. 17, marco teórico). Caracas - Venezuela

Souris, L. (1996) **“METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN”**. Universidad Nacional Entre Ríos. Buenos Aires – Argentina.

APÉNDICES

Apéndice A

Plan de mantenimiento correctivo-preventivo Para los transformadores de distribución de la empresa ELEBOL C.A.

Objetivo del plan de mantenimiento

Establecer el procedimiento de mantenimiento de los transformadores de distribución y definir las responsabilidades y los recursos necesarios para su ejecución.

Establecer las actividades de mantenimiento, las cuales contemplan la verificación, limpieza general y ejecución de ensayos eléctricos de: componentes, accesorios, dispositivos de medición y protección. Así como también, la verificación de los parámetros operacionales.

Garantizar la operatividad y confiabilidad de los transformadores de distribución instalados durante su vida útil.

Dejar registro histórico de las condiciones de los transformadores de distribución que sirva de base a futuros análisis comparativos de fallas y soporte al sistema gerencial.

Alcance

Este plan contempla las actividades de mantenimientos a realizarle a los transformadores de distribución averiados, en el taller de mantenimiento de transformadores de distribución de la empresa ELEBOL C.A.

Formación del equipo de trabajo

El departamento de mantenimiento será responsable de la ejecución de este procedimiento y de efectuar sus actualizaciones. Lo que permitirá realizar un mantenimiento eficiente, alargando la vida útil de los transformadores y favoreciendo al servicio que le brinda la empresa a la comunidad.

Asignación de responsabilidad del departamento: Para la ejecución de las actividades de mantenimiento previamente establecidas, se conformará un equipo de trabajo. En el caso específico del taller de mantenimiento de transformadores de distribución en la empresa ELEBOL C.A, dicho equipo estará conformado por tres (3) empleados con el cual cuenta el taller actualmente. Cuyos perfiles son: un (1) técnico superior en electricidad con una experiencia superior a los quince (15) años de trabajo en el área; un (1) técnico superior en electricidad con una experiencia de diez (10) años; un (1) técnico medio en electricidad con una experiencia de seis (6) años.

Partiendo del perfil de cada uno de los empleados, se establece una estructura jerárquica (figura A.1).

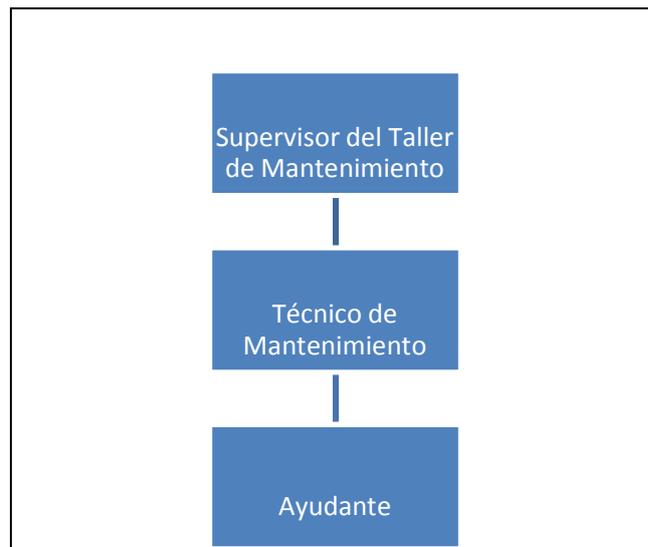


Figura A.1 Estructura jerárquica propuesta.

Una vez establecida la estructura jerárquica, se procederá a establecer o delegar las funciones a cada uno de los integrantes.

Las funciones se delegarán con el fin de crear una sinergia que traigan beneficio a la empresa.

- Supervisor del taller de mantenimiento:

Asegurar el cumplimiento de este procedimiento, así como también, su validez o actualización sistemática.

Analizar de los resultados y compararlos con los datos de las tablas de los anexos y resultados de pruebas anteriores.

Evaluar las condiciones del transformador de distribución de acuerdo a los resultados obtenidos y análisis realizados.

Detectar las condiciones que pudiesen afectar las operaciones del proceso durante la ejecución de las actividades de mantenimiento. Tomar las medidas necesarias para evitar producción diferida.

Coordinar con personal las actividades de revisión y desenergización del transformador de distribución que va a ser intervenido para mantenimiento.

Suministrar al técnico de mantenimiento eléctrico los equipos, materiales, equipos de protección personal, herramientas, planos e información técnica necesarios para la ejecución del trabajo.

Hacerle seguimiento al cumplimiento de las normas en materia de salud y seguridad laboral.

Verificar la creación de la orden de trabajo.

Determinar el alcance del trabajo.

- Técnico de mantenimiento:

Dar fiel seguimiento de las instrucciones de este procedimiento, sostenido en la capacitación de sus habilidades y competencias.

Verificar la disposición de los recursos requeridos, tales como; materiales, equipos de pruebas, repuestos, herramientas, consumibles y equipos de protección personal.

Recopilar los formatos establecidos para registros de inspección y pruebas.

Poseer documentación técnica del transformador a intervenir, tales como; manual de operación y mantenimiento del fabricante, recomendaciones técnicas de mantenimiento, resultados de las pruebas realizadas en la última intervención del equipo.

Discutir con el supervisor del área el alcance del trabajo y los riesgos operacionales asociados.

Solicitar permiso de trabajo correspondiente al supervisor del área.

- Ayudante:

Responsable de la elaboración y seguimiento de la permisología adecuada a la ejecución de la actividad.

Confirmar la intervención del transformador de distribución según la fecha programada, garantizando su entrega durante el tiempo establecido.

Inspeccionar el área de trabajo y determinar los riesgos operacionales.

Notificar al supervisor situaciones irregulares que se presenten.

Tareas de mantenimiento específicas para la reparación de los transformadores de distribución

Debido a que no existen actividades establecidas al momento de realizar el mantenimiento, en el desarrollo de este objetivo se establecerán tareas específicas de mantenimiento y la secuencia que se debe utilizar para su ejecución. Dichas actividades serán establecidas de acuerdo al código nacional de electricidad, el manual de mantenimiento Asea Brown Boveri (ABB). El objetivo de establecer las actividades específicas es que se le realice un mantenimiento adecuado a los transformadores y así obtener un excelente nivel de funcionamiento, evitar daños al equipo y a los operarios.

El mantenimiento de un transformador, su frecuencia y extensión, están ligados al clima, medio ambiente y condiciones de servicios normales y especiales (sobrecargas y cortocircuito).

El transformador, por ser una maquina sin parte en movimiento (estática), requiere de poco mantenimiento, sin embargo se debe realizar ciertos tipos de trabajo de mantenimientos que puede ser tipo predictivo, preventivo y/o correctivo.

A continuación se determinan las cinco (5) fases que conformarán el mantenimiento, y las tareas de cada una de ellas, a realizarles a los transformadores averiados en el taller de mantenimiento de transformadores de distribución de la empresa ELEBOL C.A (Figura A.2).

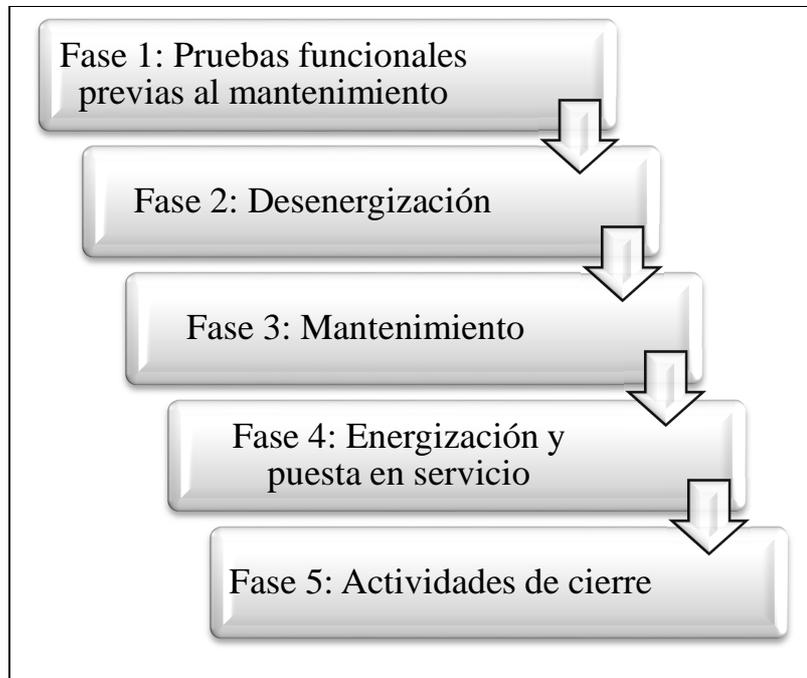


Figura A.2 Fases del mantenimiento.

Las fases de mantenimiento tendrán una duración que se muestra en la tabla A.1.

Tabla A.1 Tiempos de ejecución defases.

Fase	Tiempos aproximados (min.)
1. Pruebas funcionales	35
2. Desenergización	17
3. Mantenimiento	150
4. Energización y puesta en servicio	20
5. Actividades de cierre	25

Fase 1: Pruebas funcionales previas al mantenimiento

Estas se realizarán con el fin de detectar los problemas que presenta el transformador, y con el transformador energizado.

1. Ubicar el transformador reportado como averiado.
2. Acceder a los instrumentos de medición y a los dispositivos de maniobra del transformador.
3. Llenar el formato de características del transformador (Formato 1).

Formato 1 Formato de características del transformador.

		TALLER DE MANTENIMIENTO		Fecha:
				No de orden:
Asignado a:				
Procedencia del transformación:				
Trabajo a realizar:				
Características del transformador				
Nº de licencia:	Marca:	<i>Posición del taps</i>	<i>Accionar al taps sin tensión y sin carga</i>	
Capacidad (Kva)	Peso:	1	14400 V	
		2	13800 V	
Año:	Aceite L:	3	13200 V	
Kv Primaria:	V Secundaria:	4	12870 V	
A Primaria:	A Secundaria:	5	12540 V	
Observación:				
Verificado y aprobado por:		Firma:	Fecha:	

4. Medir los parámetros eléctricos por fase en los lados de alta/baja tensión y compararlos con valores nominales. Incluye verificar nivel y temperatura del aceite dieléctrico y presión de vacío.

5. Verificar si se presentan vibraciones no funcionales en el núcleo y/o en la metalmecánica del transformador.

6. Realizar la inspección termográfica al transformador de distribución:

Calibrar en la cámara de termografía los niveles de emisividad y los niveles de temperatura absoluta del transformador.

Identificar los puntos o componentes con superficies que posean características térmicas de reflexión que puedan generar falsos puntos calientes en las inmediaciones y/o en el mismo transformador.

Realizar termograma de barrido general del tanque del transformador.

Realizar la inspección termográfica a los componentes dentro del transformador.

Si es detectado algún punto caliente, realizar medidas comparativas con elementos de igual función para determinar el grado de sobrecalentamiento.

Tomar fotografía a color.

7. Tomar registro de las mediciones e inspecciones realizadas en su respectivo formato (Formato 2).

Formato 2 Formato de pruebas funcionales previas al mantenimiento.

	TALLER DE MANTENIMIENTO	Fecha: No de orden:
Asignado a:		
Procedencia del transformación:		
Trabajo a realizar:		
Formato de pruebas funcionales previas al mantenimiento		
Actividad	Observación	
Parámetros eléctricos por fase en los lados		
Vibraciones no funcionales en el núcleo y/o en la metalmecánica		
Inspección termográfica		
Verificado y aprobado por:	Firma:	Fecha:

Fase 2: Desenergización

Se desenergiza el transformador con la finalidad de poder realizar el mantenimiento de forma segura, y así evitar electrocución.

1. Desenergizar el transformador de distribución de acuerdo a los procedimientos de maniobra de equipos eléctricos; abrir en primer lugar el interruptor del lado de baja tensión y luego el interruptor del lado de alta tensión.

2. Ejecutar el procedimiento de aislamiento, cierre, bloqueo y etiquetado.

3. Verificar la aplicación del procedimiento de aislamiento, cierre, bloqueo y etiquetado para la desenergización del transformador de distribución.

4. Comprobar la desenergización del transformador mediante la verificación física de la posición de los interruptores de los lados de alta y baja tensión.

5. Verificar la ausencia de tensión en los terminales de baja y alta tensión utilizando un detector de voltaje AC/DC adecuado:

Comprobar el funcionamiento del detector de tensión utilizando un circuito energizado de baja tensión.

Inspeccionar visualmente los guantes y comprobar su estado óptimo de aislamiento.

Limpiar la pértiga aislante del detector con trapo limpio y solvente dieléctrico.

Instalar el detector de tensión AC en el extremo de la pértiga. Comprobar la fijación óptima del detector - pértiga.

Sostener firmemente la pértiga con las manos y mantenerla separada del cuerpo.

Acercar cuidadosamente el detector hasta la sección de la conexión de alta tensión en la cuba del transformador para verificar la ausencia de tensión.

Confirmar que el detector no emite señal sonora ni luminosa.

Acercar cuidadosamente el detector hasta la sección de la conexión de baja tensión en la cuba del transformador para verificar la ausencia de tensión.

6. Confirmar que el detector no emite señal sonora ni luminosa.

7. Colocar etiquetas de advertencia de acuerdo a los procedimientos de aislamiento, cierre y bloqueo.

Fase 3: Mantenimiento

El mantenimiento trata principalmente de mantener la vida útil de la aislación de los transformadores, así como el correcto funcionamiento de todos sus sistemas y componentes.

Realizar mantenimiento externo de la cuba del transformador (Formato 3).

Formato 3 Formato de mantenimiento de la cuba del transformador.

	TALLER DE MANTENIMIENTO	Fecha: No de orden:
Asignado a:		
Procedencia del transformación:		
Trabajo a realizar:		
Formato de mantenimiento de la cuba del transformador		
<i>Mantenimiento Externo</i>		
Actividad	Observación	
Inspección visual		
Inspección del tanque		
Verificación de las tomas de purga		
Inspección de las condiciones de los medios de fijación		
<i>Mantenimiento Interno</i>		
Inspección visual		
Inspección visual de los componentes		
Verificación del nivel de aceite		
Verificación de temperatura		
Verificación de la presión		
Verificación de la hermeticidad de la estructura		
Inspección de las salidas y entradas de cables		
Medición de la resistencia de aislamiento		
Verificado y aprobado por:	Firma:	Fecha:

1. Realizar la inspección visual externa de la estructura metalmecánica del transformador para detectar posibles señales de corrosión, humedad, oxidación, daños en la estructura (deformaciones, abolladuras y grietas), exceso de polvo y otros.

2. Inspeccionar el tanque del transformador. Detectar la existencia de filtraciones y fugas a través de las juntas y sellos de las paredes del tanque.

3. Corregir problemas detectados relacionados con la hermeticidad de la estructura metalmecánica del transformador.

4. Corregir los puntos de corrosión de la estructura metalmecánica del transformador y panel de maniobras. Limpiar con lija adecuada, aplicar anticorrosivo y pintar.

5. Verificar que las tomas de purga no presenten fugas. Reemplazar dispositivo si es necesario.

6. Limpiar la parte externa del transformador. Utilizar solución jabonosa o similar.

7. Reajustar la tornillería de toda la estructura metalmecánica externa del transformador.

8. Inspeccionar las condiciones de los medios de fijación del transformador. Corregir desviaciones detectadas.

Realizar mantenimiento interno a la cuba del transformador

1. Realizar la inspección visual interna de la estructura metalmecánica, para detectar posibles señales de corrosión, humedad (filtraciones), oxidación, daños en la estructura (deformaciones, abolladuras y grietas), exceso de polvo y otros.

2. Realizar la inspección visual de los componentes, detectar si existen signos de recalentamiento, deformación, decoloración, fisuras, fugas, efecto corona, carbonización, perforación, exudación de aceites o resinas y otros.

3. Verificar el funcionamiento de los dispositivos de medición; medidor de nivel del aceite dieléctrico, medidor de temperatura y medidor de presión.

4. Si es detectado el nivel del aceite dieléctrico bajo. Completar si es necesario de acuerdo con el procedimiento recomendado por el fabricante.

5. Verificar que el interior del transformador no contenga animales pequeños, tales como; insectos, roedores, reptiles, aves y otros. Remover y corregir daños causados, si es necesario.

6. Corregir problemas detectados relacionados con la hermeticidad de la estructura metalmecánica del interior.

7. Corregir los puntos de corrosión de la estructura metalmecánica del interior del panel. Limpiar con lija adecuada, aplicar anticorrosivo y pintar.

8. Realizar una remoción general del polvo acumulado en el interior de la cuba. Aplicar aire seco a una presión (no mayor a 30 PSI).

9. Aspirar el exceso de polvo.

10. Realizar limpieza de los componentes internos de la cuba utilizando trapo blanco esterilizado y solvente dieléctrico. Específicamente; copas terminales, aisladores (bushings), conexión de puesta a tierra.

11. Inspeccionar las salidas y entradas de cables del transformador.

12. Reajustar la tornillería de toda la estructura metalmecánica interna de la cuba.

13. Realizar la desconexión en el transformador de la sección de cable de alta y baja tensión.

14. Realizar la medición de la resistencia de aislamiento de la sección de cable comprendida entre el lado de baja del transformador de distribución y el interruptor asociado ubicado en el tablero de distribución (carga).

15. Realizar la medición de la resistencia de aislamiento de la sección de cable.

16. Realizar la conexión en el transformador de la sección de cable de alta y baja tensión.

17 Ajustar las conexiones eléctricas del utilizando el torquímetro:

Verificar el ajuste de las conexiones eléctricas atornilladas de los terminales de baja y alta tensión.

Verificar el ajuste de la conexión de puesta a tierra.

Reajustar conexiones eléctricas flojas detectadas en la inspección visual y/o termográfica.

18. Realizar y registrar en los formatos correspondientes pruebas eléctricas a los siguientes componentes del transformador (Formato 4).

Formato 4 Formato de pruebas del transformador.

	TALLER DE MANTENIMIENTO		Fecha:
			No de orden:
Asignado a:			
Procedencia del transformación:			
Trabajo a realizar:			
Formato de pruebas del transformador			
Pruebas		Resultados	
Resistencia de contacto de las conexiones eléctricas atornilladas reajustadas en la tarea anterior			
Resistencia de aislamiento entre el lado de alta-baja, alta-baja a tierra			
Índice de polarización en los devanados de alta y baja tensión para las fases			
Relación de transformación para el taps establecido, para las fases			
Resistencia de devanados para las fases			
Prueba de rigidez dieléctrica del aceite			
Prueba termográfica			
Verificado y aprobado por:		Firma:	Fecha:

Resistencia de contacto de las conexiones eléctricas atornilladas reajustadas en la tarea anterior.

Resistencia de aislamiento entre el lado de alta-baja, alta-baja a tierra.

Índice de polarización en los devanados de alta y baja tensión para las fases.

Relación de transformación para el taps establecido, para las fases.

Resistencia de devanados para las fases.

19. Realizar prueba de rigidez dieléctrica del aceite.

20. Corregir los puntos calientes y/o signos de calentamiento detectados en la inspección visual y/o termográfica.

Realizar mantenimiento correctivo a componente o dispositivo interno del transformador (Formato 5).

Formato 5 Formato de mantenimiento correctivo.

	TALLER DE MANTENIMIENTO	Fecha: No de orden:
Asignado a:		
Procedencia del transformación:		
Trabajo a realizar:		
Formato de mantenimiento correctivo		
Actividad	Resultados	
Verificación de la tapa de reparación		
Verificación del nivel de aceite		
Reemplazo del aceite		
Reemplazo de piezas		
Condiciones físicas de los componentes		
Prueba de hermeticidad del tanque		
Medición de la resistencias de aislamiento		
Verificado y aprobado por:	Firma:	Fecha:

1. Realizar la desconexión en el transformador de la sección de cable de alta y baja tensión.

2. Verificar el nivel de presión interna del tanque.

3. Si esta presente una sobrepresión, se deberá liberar la sobrepresión por medio de la válvula de alivio.

4. Verificar que la tapa de reparación o de visita se encuentren libres de agentes contaminantes; polvo, humedad, corrosión y otros. Limpiar a fondo si es necesario para evitar la contaminación del interior del tanque.

5. Accesar al interior del tanque mediante la apertura de la tapa de reparación o de visita

6. De acuerdo al alcance de la reparación a realizar, extraer el aceite dieléctrico del tanque hasta el nivel recomendado por el fabricante (nivel de mantenimiento).

7. Realizar reemplazo o reparación del componente o dispositivo averiado.

8. Inspeccionar de forma visual las condiciones físicas de los componentes o dispositivo restantes dentro de la cuba.

9. Realizar prueba de hermeticidad del tanque.

10. Tomar una muestra del aceite dieléctrico del transformador para realizar los ensayos físico-químicos de acuerdo a lo indicado en el procedimiento de mantenimiento a transformadores inmersos en aceite.

11. Reemplazar sellos de la tapa de reparación o visita.

12. Realizar la medición de la resistencia de aislamiento de la sección de cable comprendida entre el lado de baja del transformador de distribución y el interruptor asociado ubicado en el tablero de distribución (carga).

13. Realizar la medición de la resistencia de aislamiento de la sección de cable comprendida entre el lado de alta del transformador y el interruptor asociado ubicado en el switchgear.

14. Realizar la conexión en el transformador de la sección de cable de alta y baja tensión.

15. Cerrar la tapa de reparación o visita.

16. Completar el nivel de aceite dieléctrico.

Actividades previas a la energización

1. Verificar que el interior del equipo no contenga herramientas, equipos de medición, materiales y otros.

2. Verificar que la tapa de la cuba de maniobra se encuentre cerrada.

3. Aplicar la lista de verificación posterior al mantenimiento y previo a la energización y puesta en servicio.

4. Realizar limpieza general del área de trabajo.

Fase 4: Energización y puesta en servicio

Luego de realizarle el mantenimiento a los transformadores, deben realizarse actividades con el fin la puesta en servicio del mismo.

1. Retirar el punto de tierra.

2. Retirar los cables de puesta a tierra de seguridad de los puntos de conexión de ambos lados del transformador.

3. Retirar las etiquetas de advertencia de acuerdo a los procedimientos de aislamiento, cierre y bloqueo.

Fase 5: Actividades de cierre

1. Constatar que los resultados de la inspección y pruebas se encuentren registrados en los formatos correspondientes.

2. Elaborar el informe con conclusiones y recomendaciones.

Equipos y materiales utilizados en la ejecución del mantenimiento

Equipos: A continuación se mencionan los equipos que se utilizan para realizar el mantenimiento a los transformadores. Estos deben estar en buen estado y al alcance del personal del taller.

1. Detector de voltaje AC/DC (figura 5.10).
2. Equipo de medición de resistencia aislamiento AC/ DC.
3. Equipo medidor de relación de transformación (TTR).
4. Equipo medidor de resistencia de contacto.
5. Multímetro digital.
6. Pinza amperimétrica AC/DC.
7. Cámara de inspección termográfica.
8. Comparador de devanados (Medidor de Resistencia de Devanado).
9. Aspiradora.
10. Máquina embobinadora.

Equipos de protección personal: Para la ejecución del mantenimiento de una forma segura el personal deberá utilizar los EPP mencionados:

1. Equipo de protección personal básico.
2. Guantes dieléctricos para baja tensión.
3. Traje protector contra arcos eléctricos para realizar mediciones directas en alta tensión.
4. Guantes dieléctricos.

Herramientas: Estos objetos utilizados para el mantenimiento deben ser de conocimiento del personal encargado para realizar un trabajo adecuado.

1. Juego de cables de puesta a tierra y conexiones tipo grapas (Permagrip).
2. Pértigas.
3. Caja de Herramientas para electricistas.
4. Torquímetro.
5. Escalera de material aislante.
6. Kit de herramientas para maniobras y operaciones en transformadores de distribución

Materiales y/o Consumibles: el taller de mantenimiento debe contar con inventario de estos materiales ya que estos garantizaran el buen desempeño del personal.

1. Limpiador de contactos eléctricos.
2. Solvente dieléctrico.
3. Desplazador de humedad en espray.
4. Lubricante dieléctrico.
5. Inhibidor de corrosión en espray.

6. Trapo blanco esterilizado.
7. Grasa lubricante.
8. Lija.
9. Brochas.
10. Cinta aislante
11. Cinta aislante de fibra de vidrio.
12. Cepillo de alambre.
13. Silicón.

Medidas de orden y limpieza

Con el fin de crear y mantener un ambiente adecuado y seguro de trabajo, se proponen lo siguiente:

Organización (utilización, selección): Separar las cosas necesarias de aquellas innecesarias, dando un destino para aquellas que dejaron de ser útiles para aquel ambiente.

Orden (sistematización, arreglo): Guardar las cosas necesarias de acuerdo con la facilidad de uso, considerando la frecuencia de utilización, el tipo y el peso del objeto, de acuerdo con una secuencia lógica ya practicada, o de fácil asimilación. Al ordenar las cosas el ambiente queda más arreglado y agradable para el trabajo, y como consecuencia más productivo.

Limpieza (inspección, celo): Eliminar la suciedad, inspeccionando para descubrir y atacar las fuentes de problemas. Es fundamental que la limpieza sea hecha por el propio usuario del ambiente, de la maquina o del equipo.

Aseo (estandarización, salud, perfeccionamiento): Conservar la higiene, teniendo el cuidado para que las etapas de organización, orden y limpieza, ya alcanzados, no retrocedan.

Disciplina (control de si mismo, educación): Cumpliendo las normas y todo lo que sea establecido por el grupo.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/5

Título	Plan de mantenimiento correctivo-preventivo de los transformadores de distribución en la Empresa Elebol C.A. Ciudad Bolívar – Estado Bolívar
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Tamoy R. José A.	CVLAC	18.550.193
	e-mail	josetamoy@hotmail.com
	e-mail	
Stronconi P. Diego A.	CVLAC	17.764.740
	e-mail	diegoblue@hotmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Plan de mantenimiento
correctivo-preventivo
los transformadores
Empresa Elebol

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/5

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias de la Tierra	Ingeniería Industrial

Resumen (abstract):

Esta investigación tiene como objetivo fundamental proponer un Plan de Mantenimiento de los Transformadores de Distribución en la empresa ELEBOL C.A, Ciudad Bolívar – Estado Bolívar. La investigación realizada es de tipo descriptiva, evaluativa, aplicada y de campo. Para desarrollarla se utilizaron técnicas de recolección de datos como la observación directa, entrevistas no estructuradas y el método de mantenimiento de análisis de modo y efecto de falla (AMEF). Contando como población y muestra los empleados (3) y equipos (9) presente en el taller. Como resultado se obtuvo que el trabajo es realizado de forma empírica por parte del personal encargado del mantenimiento y al momento de ejecutarlo no se tiene una secuencia de actividades definidas. Y en la aplicación del AMEF los Números de Prioridad de Riesgo (NPR) obtenidos son (640) bobina o núcleo, (392) el aceite dieléctrico, (280) los bushings de alta y (276) baja, (216) válvula de escape, (96) cuba y (45) Conmutador. Partiendo de dichos resultados se determinaron tareas específicas (Pruebas funcionales previas al mantenimiento, desenergización, mantenimiento, energización y puesta en servicio, actividad de cierre.) y estrategias aplicadas a la formación del equipo de trabajo, equipos y materiales utilizados en la ejecución del mantenimiento y medidas de orden y limpieza. Con el fin de que se realice el mantenimiento de forma adecuada.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/5

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Arcienegas Marilyn	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
Rangel Lenzomara	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
Páez Lizzeth	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	
	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2010	12	10
-------------	-----------	-----------

Lenguaje: spa

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/5

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
Tesis-Transformadores de Elebol.doc	Application/msword

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: **A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W**

X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .

Alcance:

Espacial: Electricidad de Ciudad Bolivar (Opcional)

Temporal: 5 Años (Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Industrial

Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado

Área de Estudio: Departamento de Ingeniería Industrial

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente

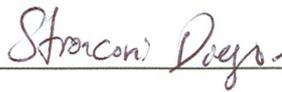
Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/5

Derechos:

De acuerdo al artículo 44 del reglamento de trabajos de grado
“Los Trabajos de grado son exclusiva propiedad de la
Universidad de Oriente y solo podrán ser utilizadas a otros
fines con el consentimiento del consejo de núcleo respectivo,
quien lo participara al Consejo Universitario”



AUTOR 1



AUTOR 2



AUTOR 3



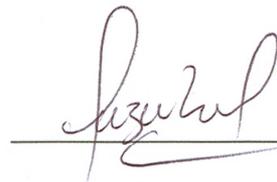
AUTOR 4



TUTOR



JURADO 1



JURADO 2

POR LA SUBCOMISIÓN DE TESIS: