



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANÁ

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS
DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECÁNICA

TESIS DE GRADO

TÍTULO:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS DE TRANSFORMADORES EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI SEDE LA MANÁ, DEL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI AÑO 2013”

Tesis presentada previa a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica.

Autor:

Mora Silva Jefferson Daniel.

Director:

Ing. Luis Fernando Jácome Alarcón.

La Maná - Cotopaxi – Ecuador

Diciembre, 2015.

**AVAL DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE REVISIÓN Y
EVALUACIÓN**

TESIS DE GRADO

Sometido a consideración del tribunal de revisión y evaluación por: el Honorable Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTROMECAÁNICA

TEMA:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS DE TRANSFORMADORES EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI SEDE LA MANÁ, DEL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI AÑO 2013”

REVISADA Y APROBADA POR:

DIRECTOR DE TESIS

Ing. Luis Fernando Jácome Alarcón.

MIEMBROS DEL TRIBUNAL ESPECIAL

Ing. Amable Bienvenido Bravo.

Ing. Héctor Arnulfo Chacha Armas.

PhD. Yoandrys Morales Tamayo

AUTORÍA

Los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación : **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS DE TRANSFORMADORES EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI SEDE LA MANÁ, DEL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI AÑO 2013”**, son de exclusiva responsabilidad del autor.

Mora Silva Jefferson Daniel.

C.I. 180408517-1



AVAL DE DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Directo de trabajo de investigación sobre el tema:

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS DE TRANSFORMADORES EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI SEDE LA MANÁ, DEL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI AÑO 2013”

Del señor estudiante; Mora Silva Jefferson Daniel postulante de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica

CERTIFICO QUE:

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos- técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Grado**, que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, diciembre del 2015

EL DIRECTOR

.....
Ing. Luis Fernando Jácome Alarcón.

DIRECTOR DE TESIS



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

COORDINACIÓN ACADÉMICA

CERTIFICACIÓN

El suscrito, Lcdo. Ringo John López Bustamante Mg.Sc. Coordinador Académico y Administrativo de la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná, Certifico que el Sr. Mora Silva Jefferson Daniel, portador de la cédula de ciudadanía N° 180408517-1, egresado de la Carrera de Ingeniería en Electromecánica, desarrolló su Tesis titulada “Diseño e implementación de un laboratorio de pruebas de transformadores en la Universidad Técnica de Cotopaxi sede La Maná, del cantón La Maná, provincia de Cotopaxi año 2013”. la misma que fue ejecutada e implementada con satisfacción en el Bloque Académico “B”, de la extensión La Maná.

Particular que comunico para fines pertinentes

ATENTAMENTE

“POR LA VINCULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CON EL PUEBLO”

La Maná, diciembre del 2015

Lcdo. Mg.Sc. Ringo López Bustamante
COORDINADOR DE LA EXTENSIÓN
Universidad Técnica de Cotopaxi - La Maná

RLB/eas

AGRADECIMIENTO

A mis padres y demás personas que me han apoyado incondicionalmente desde el inicio, desarrollo y culminación de este proyecto.

A mis Maestros por todo el conocimiento impartido durante el tiempo de formación profesional.

Jefferson Mora.

DEDICATORIA

A mis padres, en reconocimiento de su sacrificio para llegar a ser profesional.

A cada una de las personas que me han ayudado a realizar este proyecto y a las que me han animado para seguir adelante.

Jefferson Mora.

ÍNDICE GENERAL

Portada	i
Aval de los miembros del tribunal	ii
Autoría	iii
Aval del director de tesis	iv
Certificado de implementación	v
Agradecimiento	vi
Dedicatoria	vii
Índice general	viii
Índice de contenido	ix
Índice de cuadros	xi
Índice de gráficos	xii
Índice de anexos	xiii
Resumen	xiv
Abstract	xv
Certificado de traducción del idioma inglés	xvi
Introducción	xvii

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	Fundamentación Teórica	1
1.1	Antecedentes Investigativos	1
1.1.1	Proyecto 1	1
1.1.2	Proyecto 2	3
1.2	Categorías Fundamentales	4
1.3	Marco Teórico	4
1.3.1	La electricidad	4
1.3.1.1	Ley de Ohm	4
1.3.1.2	Leyes de Kirchhoff	6
1.3.1.3	Circuitos	7
1.3.1.4	Fuente de alimentación	8
1.3.2	Máquinas eléctricas	9
1.3.3	Magnetismo	11
1.3.4	El transformador	12
1.3.4.1	Clasificación y utilización de los transformadores	13
1.3.4.1.1	Por la operación	13
1.3.4.1.2	Por el número de fases	14
1.3.4.1.3	Por su utilización	15
1.3.4.1.4	Por la forma del núcleo	16
1.3.4.1.5	Por las condiciones de servicio	17
1.3.4.1.6	En función en los lugares de instalación	17
1.3.4.1.7	De acuerdo al tipo de aislamiento	18
1.3.5	Pruebas eléctricas a los transformadores	20
1.3.5.1.	Pruebas eléctricas	22
1.3.5.1.1	Prueba de medición de resistencia	22
1.3.5.1.2	Prueba de relación de transformación	22
1.3.5.1.3	La prueba de relación de polaridad/fase	22
1.3.5.1.4	Prueba de vacío	22
1.3.5.1.5	Prueba de corto circuito	22

1.3.5.1.6	Prueba de aumento de temperatura	23
1.3.5.1.7	Prueba de potencial aplicado	23
1.3.5.1.8	Prueba de impulso	23
1.3.5.1.9	Prueba de potencial inducido	23
1.3.5.1.10	Prueba de sonido audible	23
1.3.5.2	Pruebas de aceite	24
1.3.5.2.1	Conjuntos de pruebas para transformadores	24
1.3.5.2.2	Pruebas exploratorias al aceite	26
1.3.5.2.3	Análisis de gases disueltos	28
1.3.5.2.4	Contenido de humedad	29
1.3.5.2.5	Factor de potencia del líquido a 25°C y a 100°C	29
1.3.5.2.6	Contenido de inhibidor de oxidación	30
1.3.5.2.7	Metales disueltos	30
1.3.5.2.8	Compuestos furánicos	31
1.3.5.2.9	Análisis de contenido de PCB's	32
2	Análisis e interpretación de resultados	33
2.1	Breve caracterización de la institución	33
2.1.1	Historia	33
2.1.2	Misión	35
2.1.3	Visión	35
2.2	Operacionalización de las Variables	36
2.3	Análisis e Interpretación de Resultados	37
2.3.1	Metodología de la Investigación	37
2.3.1.1	Tipos de Investigación	37
2.3.1.2	Metodología	38
2.3.1.3	Unidad de Estudio (Población y Muestra)	38
2.3.1.3.1	Población Universo	38
2.3.1.3.2	Tamaño de la muestra	39
2.3.1.3.3	Criterios de Selección de la Muestra	40
2.3.2	Métodos y Técnicas a ser Empleadas	41

2.3.2.1	Métodos	41
2.3.2.2	Técnicas	42
2.3.3	Resultados de las Encuestas	42
2.3.3.1	Resultados de la Encuesta Realizada	42
2.3.4	Conclusiones y recomendaciones	49
2.4	Diseño de la Propuesta	50
2.4.1	Datos Informativos	50
2.4.2	Justificación	50
2.4.3	Objetivos	51
2.4.3.1	Objetivo General	51
2.4.3.2	Objetivos Específicos	51
2.4.4	Descripción de la Aplicación	52
3	Validación de la Aplicación	53
3.1	Partes de un transformador	53
3.1.1	Circuito magnético	53
3.1.2	Circuito eléctrico	54
3.1.3	Sistema de aislamiento	55
3.1.4	Tanque y accesorios	56
3.1.5	Equipos normalizados para las pruebas	57
3.1.5.1	Equipos para las pruebas eléctricas	57
3.1.5.1.1	Equipo para la prueba de medición de resistencia	57
3.1.5.1.2	Equipo para la prueba de relación de transformación	60
3.1.5.1.3	Equipo para la prueba de relación de polaridad	62
3.1.5.1.4	Equipo para la prueba de vacío y para la prueba de corto circuito	62
3.1.5.1.5	Equipo para la prueba de resistencia de aislamiento	64
3.1.5.2	Equipos para las pruebas al aceite	66
3.1.5.2.1	Equipo para la prueba de número de neutralización	66
3.1.5.2.2	Equipo para la prueba de tensión interfacial	68
3.1.5.2.3	Equipo para la prueba de tensión de ruptura dieléctrica	70
3.1.5.2.4	Equipo para la prueba de densidad relativa	71
3.1.5.2.5	Equipo para la prueba de color	72

3.1.5.2.6	Equipo para la prueba de examen visual	73
3.1.5.2.7	Equipo para la prueba de análisis de gases disueltos	73
3.1.5.2.8	Equipo para la prueba de análisis de contenido de humedad	75
3.1.5.2.9	Equipo para la prueba de análisis de contenido de PCB's	77
3.1.5.2.10	Equipo para la medición del ruido	78
4	Conclusiones y recomendaciones	80
4.1	Conclusiones	80
4.2	Recomendaciones	81
4.3	Referencias bibliográficas	82
4.4	Anexos	84

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro No. 1	Operacionalización de Variables	36
Cuadro No. 2	Población 1	39
Cuadro No. 3	Aleatorio Estratificado Proporcional	40
Cuadro No. 4	Eficiencia de la energía eléctrica	42
Cuadro No. 5	Instalaciones eléctricas seguras	43
Cuadro No. 6	Implementación de un laboratorio de prueba	43
Cuadro No. 7	Mejoramiento de conocimientos estudiantes	44
Cuadro No. 8	Oportunidad de ingresar a un laboratorio	45
Cuadro No. 9	Conocimientos actuales de estudiantes	45
Cuadro No. 10	Clases adecuadas	46
Cuadro No. 11	Riesgos para la seguridad de los estudiantes	47
Cuadro No. 12	Protecciones adecuadas	47
Cuadro No. 13	Instrumentos de última tecnología	48
Cuadro No. 14	Características de láminas de grano orientación 60Hz	54
Cuadro No. 15	Descripción partes de transformador de distribución	57
Cuadro No. 16	Especificaciones equipo medición resistencia devanados	59
Cuadro No. 17	Especificaciones equipo medición de relación transformación	61
Cuadro No. 18	Especificaciones equipo medición pérdidas en transformador	59

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico No. 1	Diagrama unifilar de un sistema eléctrico de potencia	13
Gráfico No. 2	Transformador de distribución	14
Gráfico No. 3	Transformadores de potencia	14
Gráfico No. 4	Esquema eléctrico de transformador monofásico	15
Gráfico No. 5	Esquema eléctrico de transformador trifásico	15
Gráfico No. 6	Forma constructiva del núcleo acorazado	16
Gráfico No. 7	Forma constructiva del núcleo tipo columnas	17
Gráfico No. 8	Transformador de distribución	56
Gráfico No. 9	Equipo para medición de resistencia de devanados	58
Gráfico No. 10	Equipo para medición de relación de transformación	60
Gráfico No. 11	Equipo para medición de pérdidas en vacío y corto circuito.	64
Gráfico No. 12	Equipo para medición de resistencia de aislamiento.	65
Gráfico No. 13	Kit para prueba de número de neutralización	67
Gráfico No. 14	Equipo para la prueba de tensión interfacial	68
Gráfico No. 15	Equipo para la prueba de tensión de ruptura dieléctrica	70
Gráfico No. 16	Equipo para la prueba de densidad relativa	71
Gráfico No. 17	Equipo para la prueba de color Stan hope	72
Gráfico No. 18	Equipo para la prueba de análisis de gases disueltos	74
Gráfico No. 19	Equipo para la prueba de análisis de contenido de humedad	76
Gráfico No. 20	Equipo para la prueba de análisis de contenido PCB'S	77
Gráfico No. 21	Equipo para la prueba de medición de ruido	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo No. 1	Encuesta Aplicada	85
Anexo No. 2	Prueba de Polaridad	86
Anexo No. 3	Revisión de la Placa Característica	86

RESUMEN

Los transformadores son máquinas eléctricas estáticas, porque a simple vista no se genera ningún movimiento. Pero internamente existen esfuerzos eléctricos, esfuerzos mecánicos, cambios de temperatura, que generan movimiento que no se puede apreciar a simple vista. Por lo tanto los transformadores de distribución y en general, todas las clases de transformadores; necesitan ser comprobados con diferentes equipos para cada una de las pruebas que se requiera, antes de ponerlo en funcionamiento.

Las pruebas que se realizan a los transformadores de distribución, descritas en este trabajo de investigación están referidas a las normas NTE INEN, ANSI/IEEE, para las pruebas eléctricas y ASTM para las pruebas de aceite dieléctrico. El diseño del laboratorio para las pruebas de transformadores de distribución para la institución, está dirigido al estudio de las normas para la realización de las pruebas a los transformadores de distribución.

Previa a una investigación se ha palpado la necesidad de implementar dicho laboratorio para el beneficio de quienes tengan la oportunidad de llegar a esta institución a fin de que aprovechen al máximo del contenido teórico – práctico que enmarca el presente trabajo, con este laboratorio tendrán la posibilidad de conocer las principales pruebas que se realizan a un transformador antes de colocarlo en funcionamiento y saber cómo dar un buen uso y mantenimiento a los transformadores de corriente o de volteje para que estos no fallen y estén en operación con parámetros normales de funcionamiento.

ABSTRACT

Transformers are static electrical machines, because at first glance no movement is generated. But there are internal electrical stress, mechanical stress, temperature changes, which generate movement that can not be seen with the naked eye. Therefore distribution transformers and in general, all kinds of transformers. They need to be tested with different teams for each of the tests that are required before operating it.

The tests performed to distribution transformers described in this research are referred to the NTE INEN, ANSI / IEEE standards for electrical and ASTM tests for testing dielectric oil. The design of the laboratory for testing distribution transformers for the institution, is aimed at the study of the rules for conducting the tests distribution transformers.

Prior to an investigation has felt the need to implement the laboratory for the benefit of those who have the opportunity to come to this institution to make the most of the theoretical content - practical framing this paper, this lab will be able to know the main tests performed to a transformer before putting into operation and how to put to good use and maintenance of the current transformers or voltage so they do not fail and are operating with normal operating parameters.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Centro
Cultural de
Idiomas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS

La Maná - Ecuador

CERTIFICACIÓN

En calidad de Docente del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor egresado: Mora Silva Jefferson Daniel cuyo título versa “Diseño e implementación de un laboratorio de pruebas de transformadores en la Universidad Técnica de Cotopaxi sede La Maná, del cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi año 2013”; lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

La Maná, 14 de diciembre del 2015

Atentamente

Lcdo. Moisés Ruales P.

DOCENTE

C.I. 050304003-2

INTRODUCCIÓN

En el presente documento se expone las diferentes pruebas que se realizan a un transformador en un laboratorio adecuado para que esta máquina estática se desarrolle correctamente, con los parámetros de funcionamiento para los que fue construida. Este proyecto se utilizara como complemento a la educación obtenida en los salones de clase, para afianzar y poner en práctica los conocimientos recibidos. El proyecto está dividido en cuatro capítulos:

El primero, comprende toda la información teórica, se toma como referencia dos proyectos similares como punto de partida y antecedentes investigativos, se describen en cuenta cinco categorías fundamentales para el desarrollo del proyecto desde la electricidad hasta las pruebas eléctricas a los transformadores, posteriormente se explican cada uno de ellos en el marco teórico.

El segundo, se expone una breve caracterización de la institución donde se realiza la aplicación, además se desarrolla un análisis e interpretación de resultados y se describen los métodos empleados, se proceden con los cálculos para seleccionar la muestra, se tabulan los resultados para obtener las conclusiones y determinar la viabilidad del proyecto.

El tercero capítulo, está compuesto de la investigación, el diseño y la implementación del laboratorio de pruebas de transformadores, aquí se detallara cada prueba a realizarse cumpliendo con las normas internacionales de funcionalidad del equipo eléctrico.

El cuarto capítulo muestra las conclusiones y recomendaciones que se deben considerar al momento de utilizar el laboratorio al mismo tiempo se encuentra citas bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 Antecedentes Investigativos

Una vez realizadas las investigaciones en torno al tema, se presenta a continuación la información de dos proyectos similares.

1.1.1 Proyecto 1

Transformadores de distribución Laboratorio de pruebas para transformadores Empresa Eléctrica Regional del Sur.

Resumen

El diseño del laboratorio para las pruebas a transformadores de distribución para la EERSSA, está dirigido al estudio de las normas para la realización de las pruebas a los transformadores de distribución.

En el Capítulo uno se describe el funcionamiento, clases, partes entre otros temas acerca de los transformadores de distribución.

El Capítulo dos hace referencia a las pruebas realizadas de manera general a toda clase de transformadores.

En el Capítulo tres se desarrolla de manera más específica las pruebas realizadas a los transformadores de distribución. En lo referente a las pruebas eléctricas, se describen las siguientes pruebas: prueba de medición de resistencia, prueba de relación de transformación, prueba de polaridad, prueba de vacío y de corto circuito, prueba de resistencia de aislamiento prueba de potencial aplicado. Para el aceite dieléctrico, tenemos las pruebas exploratorias al aceite, dentro de las cuales tenemos: número de neutralización, tensión interfacial, tensión de ruptura dieléctrica, densidad relativa, color, examen visual. También se describe la prueba de análisis de gases disueltos, prueba de contenido de humedad, análisis de contenido de PCB's. Además de las pruebas eléctricas y pruebas al aceite dieléctrico, describe la prueba de sonido audible, prueba necesaria realizarla, para que el ruido que emita, esté dentro de la tolerancia permitida. En cada una de estas pruebas se describe el objetivo, los métodos de medición y rangos de aceptación.

En el capítulo cuatro se refiere a los equipos normalizados que realizan cada una de las pruebas, de acuerdo a las normas correspondientes. Se describe las características y las especificaciones técnicas. El último capítulo, se hace un análisis económico, describiendo cada uno de los costos referentes a la realización de las pruebas.

En el anexo A, se desarrolló una guía para realizar las pruebas. En el anexo B se hizo hojas electrónicas en Microsoft Excel para llevar el control de cada transformador que se someta a las pruebas dentro del laboratorio. Y por último en el anexo C, se expone el plano de distribución de los equipos necesarios para la realización de cada una de las pruebas.

(<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9799>)

1.1.2 Proyecto 2

Estudio de diseño de una subestación eléctrica para la empresa ECUATRAN S.A

Resumen

El presente proyecto muestra el estudio de diseño de una subestación eléctrica para la empresa ECUATRAN S.A., la misma que permitirá suministrar energía a los laboratorios de pruebas para transformadores de distribución y de potencia. En primer lugar se analizan los requerimientos eléctricos de cada laboratorio, para de esta manera obtener los parámetros bajo los cuales se procederá a diseñar la subestación.

Un punto importante dentro del estudio es también determinar el lugar en el que se construirá la subestación para en base a ello poder determinar las condiciones ambientales existentes y como dichas condiciones pueden influir en el diseño de la subestación. Una vez que se han obtenido todos los parámetros tanto eléctricos como ambientales se procede a determinar los niveles de cortocircuito que deberá soportar la subestación, para en función de ellos poder dimensionar los equipos de corte y seccionamiento de la instalación así como el sistema de protección y la malla de tierra.

Posteriormente se realiza el análisis de coordinación de aislamiento, para en base a este poder determinar el tipo de sobretensiones que se pueden presentar y la magnitud máxima que pueden llegar a tener. Este análisis sirve también para determinar si se requiere o no el uso de un equipo de protección contra las sobretensiones que se presenten y cual es este equipo. Se especifican los equipos para las condiciones eléctricas obtenidas y se realizan los diseños del sistema de protecciones y puesta a tierra de la subestación para finalmente presentar un análisis económico del proyecto.

(<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/40746-sep-2011> QUITO/EPN/2011)

1.2 Categorías Fundamentales.

- 1.2.1** La electricidad.
- 1.2.2** Máquinas eléctricas.
- 1.2.3** El magnetismo.
- 1.2.4** El transformador.
- 1.2.5** Pruebas eléctricas a los transformadores.

1.3 Marco Teórico.

1.3.1 La electricidad.

1.3.1.1 Ley de Ohm.

La ley de ohm se puede decir que constituye el fundamento del cálculo de los circuitos eléctricos - electrónicos. Por medio de esta ley se calculan los valores de voltaje, intensidad, resistencia; conociendo dos de estos tres valores fundamentales, se halla el otro valor. Y sus utilidades se extienden desde el circuito más elemental hasta los más complejos (técnicas operacionales, microelectrónica). Esto se lo expresa por medio de la formula siguiente:

$$I = \frac{V}{R}$$

Así, pues el cálculo del valor de la intensidad (I) que circula en cualquier circuito de halla simplemente dividiendo el valor de la tensión (V) entre el valor de la resistencia (Ω).

Y de esta fórmula fundamental, se deducen otras dos:

$$R = \frac{V}{I} \quad V = I \times R$$

Se puede deducir para cierto calor fijo de resistencia (R):

Si aumenta el voltaje (V) → Aumenta la intensidad (I)

Si disminuye el voltaje (V) → Disminuye la intensidad (I)

Y si lo que se mantiene fijo es el valor del voltaje:

Si aumenta la resistencia (R) → Disminuye la intensidad (I)

Si disminuye la resistencia (R) → Aumenta la intensidad (I).

(Hermosa, 2009 págs. 79-80)

El físico Ohm, basándose en un experimento, determinó que la intensidad de la corriente que recorre un circuito eléctrico es directamente proporcional a la tensión aplicada (a más tensión, más intensidad), e inversamente proporcional a la resistencia eléctrica (a más resistencia, menos intensidad)”.

$$I = \frac{V}{R}$$

Recuerda que si existe corriente eléctrica es gracias a que el generador traslada las cargas del polo positivo al negativo, creando así una diferencia de cargas, que nosotros llamamos tensión eléctrica. Cuando mayor es la tensión eléctrica, con mayor fuerza atraerá el polo positivo de la pila a los electrones que salen del negativo y atraviesan la resistencia, y por lo tanto, será mayor también la intensidad de la corriente por el circuito. Cuanto mayor sea el valor óhmico de la resistencia que se opone al paso de la corriente eléctrica, menor será la intensidad de la misma. (Alcalde, 2010 págs. 19-20).

Ohm estableció la ley que rige el comportamiento de una corriente I a través de un material de resistencia R, debido a la presencia de un voltaje V:

Dónde:

I = Intensidad de corriente en amperes (A)

V = Voltaje, en volts (V)

R = Resistencia, en ohmios (Ω).

La ley de Ohm se aplica a todos los circuitos eléctricos, tanto a los de corriente continua (CC) como a los de corriente alterna (CA).

1.3.1.2 Leyes de Kirchhoff.

Estas leyes, junto a la ley de ohm, son fundamentales para el análisis de circuitos eléctricos y electrónicos. Existen dos leyes de Kirchhoff.

Ley de Kirchhoff de Voltajes.- La primera ley de Kirchhoff establece que: “En una trayectoria cerrada o lazo de una red la suma total de los voltajes, en los elementos contenidos en el lazo, es igual a cero”.

También se puede interpretar esta ley de la siguiente manera: “*Que la suma de caídas de voltaje en un lazo cerrado de un circuito es igual a la suma de todas las subidas de voltaje.*”

Ley de Kirchhoff de Corrientes.- La segunda ley de Kirchhoff establece que: “La suma total de las corrientes en un nodo es igual a cero”.

También equivale a decir: “*Que la corriente total que entra a un nodo es igual a la corriente total que sale del mismo*”. (Villaseñor, 2011 págs. 87,102).

La ley de Kirchhoff establece que la suma algebraica de las corrientes en cualquier punto de un circuito es cero. Esto quiere decir que la suma de las corrientes que llegan a un punto de un circuito tiene que ser igual a la suma de las corrientes que salen. La ley de voltaje de Kirchhoff dice que la suma algebraica de los voltajes alrededor de la una trayectoria cerrada es cero. Esto significa que en una trayectoria cerrada, la suma de los incrementos de voltaje tiene que ser igual a la suma de las caídas de voltaje. (Crouch, y otros, 2008 págs. 26-27).

La primera ley de Kirchhoff afirma que en un nudo donde concurren dos o más intensidades, la suma de todas ellas es nula en cualquier instante. En otras palabras, si asignamos el signo + para las corrientes entrantes, y el signo – para las

salientes (o viceversa) puede decirse que la suma instantánea de todas las corrientes que entran en un nudo es igual a la suma de las corrientes que salen.

La segunda ley de Kirchhoff afirma que en un circuito cerrado en forma de malla, la suma de las caídas de tensión en todos los elementos que lo forman es nula.

1.3.1.3 Circuitos.

Un circuito es un camino cerrado formado por conductores que está sujeto a una diferencia de potencial entre dos de sus puntos. En un circuito conectamos una serie de aparatos eléctricos, como televisores, refrigeradora, planchas, focos, computadoras, etc., que en todos los casos consumen energía, hay dos formas de conectar la resistencia para formar circuitos.

Se trata de formas que dan los nombres a las dos clases de circuitos conocidas: en serie y en paralelo. En una conexión en serie la resistencia se conectan una de tras de otra, formando un solo camino para el paso de la corriente; mientras que las concesiones en paralelo se hacen de manera que se forman “puentes” entre ellas y, así, el circuito presenta varios caminos para el paso de la corriente. En el primer caso, la corriente es la misma en todas las resistencias y, en el segundo caso, la diferencia de potencial es la misma para todas las resistencias. (Núñez, 2007 pág. 143).

Un circuito eléctrico es la combinación de cualquier número de fuentes y cargas conectadas de alguna manera que permita que haya un flujo de cargas. El circuito eléctrico puede ser tan simple como uno compuesto por una batería y una lámpara, o tan complejo como los circuitos contenidos en un televisor, o una computadora. Sin embargo, no importa que tan complicado sea, cada circuito sigue al pie de la letra reglas simples de una manera predecible. Todos los circuitos eléctricos obtienen su energía de una fuente de corriente directa (CD) o de una fuente de corriente alterna (CA).

Un circuito en serie se construye al combinar varios elementos en serie. Un circuito en paralelo simple se construye al combinar una fuente de voltaje con varios resistores, donde llegar a un punto llamado nodo la corriente se dividirá entre los varios resistores (Allan, y otros, 2008 págs. 118-156).

Circuito eléctrico es una serie de elementos o componentes eléctricos o electrónicos, tales como resistencias, inductancias, condensadores, fuentes, y/o dispositivos electrónicos semiconductores, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas.

Las modificaciones que realizar los circuitos electrónicos consisten, entre otras cosas, en aumentar a disminuir la señal (amplificación y atenuación), dejar pasar aquellas señales eléctricas de determinada frecuencia (filtrado), convertir una señal de corriente alterna continua (rectificación).

Los circuitos electrónicos se clasifican en analógicos y digitales, según se trate de circuitos que permiten el tratamiento de una señal analógica o digital. En la actualidad, casi todos los aparatos y dispositivos que utilizamos contienen circuitos electrónicos digital (ordenador, teléfono móvil, televisor, etc.).

1.3.1.4. Fuente de Alimentación.

Cualquier circuito electrónico requiere de una fuente de alimentación para que funcione. La energía necesaria se puede suministrar con una batería, o con una tensión principal que se reduzca al nivel deseado antes de ser aplicado en el circuito (por ejemplo un adaptador).

Los Microcontroladores PIC pueden funcionar con tensiones de 2 a 6 voltios. La tensión de alimentación estándar en los circuitos electrónicos digitales es +5 voltios, que es el valor más empleado en los Microcontroladores PIC. (Ibrahim, 2007 págs. 58-59).

Las fuentes de alimentación son las encargadas de proporcionar la energía necesaria para el funcionamiento de todo el sistema electrónico para el que trabajan. Esa energía debe tener unas características concretas: voltaje nominal, intensidad máxima. El voltaje entregado por las fuentes de alimentación suele ser un voltaje continuo, es decir, que su valor no cambia a lo largo del tiempo.

Generalmente las fuentes de alimentación extraen la potencia necesaria (tensión e intensidad) de la red de suministro de energía eléctrica (120 V / 60 Hz) que llega a una vivienda. Por lo tanto, se trata de una corriente alterna que deberá ser convertida a continua denominándose a este proceso rectificación, siendo esta una de las principales tareas que debe realizar una fuente de alimentación. (Carretero, y otros, 2009 págs. 144-150).

Las fuentes de alimentación son fundamentales para proporcionar las tensiones continuas a todos los circuitos construidos a base de semiconductores. Además, las fuentes de alimentación son equipos imprescindibles para la realización de ensayos en el laboratorio de electrónica, tales como ensayos de componentes, verificación de circuitos, construcción de prototipos, ajustes, etc. La parte fundamental de una fuente de alimentación: los diodos rectificadores (convierten la C.A. en C.C. pulsante) y los filtros reducen el rizado excesivo de la C.C. proporcionada por los diodos rectificadores.

1.3.2 Máquinas eléctricas.

Una máquina eléctrica es un dispositivo que puede convertir energía mecánica en energía eléctrica o energía eléctrica en energía mecánica. Cuando una máquina eléctrica es utilizada para convertir energía mecánica en energía eléctrica se denomina generador, y cuando convierte energía eléctrica en energía mecánica se llama motor. Puesto que puede convertir energía eléctrica en mecánica o viceversa, una máquina eléctrica se puede utilizar como generador o como motor según el funcionamiento que lo requiera. Casi todos los motores y generadores

útiles convierten la energía de una a otra forma a través de la acción de campos magnéticos. (CHAPMAN, Stephen. 2012, pág. 1)

Se denomina máquina eléctrica el conjunto de elementos capaces de producir, aprovechar o transformar la energía eléctrica. Las máquinas eléctricas son elementos que realizan una conversión de energía eléctrica o mecánica, pasando de una forma a otra, siendo al menos una de ellas energía eléctrica la más utilizada para abastecer las necesidades correspondientes. Si dicha serie de elementos son capaces de convertir la energía mecánica en energía eléctrica, se llamará a esa máquina eléctrica generador. Si los elementos transforman la energía eléctrica en energía mecánica, se llamará a esa máquina eléctrica motor. (GONZÁLEZ, Joaquín. 2012, pág. 1)

Existen máquinas eléctricas que convierten energía eléctrica a mecánica y energía mecánica a eléctrica. Estos dispositivos pueden ser diferentes, dependiendo del uso que se les da para su funcionamiento. Una máquina eléctrica puede ser un motor o un generador. Estos dispositivos eléctricos son diferentes a la hora de su funcionamiento, pero tienen características similares.

Una máquina eléctrica es un dispositivo eléctrico que nos convierte energía eléctrica en energía mecánica y a su vez en energía mecánica en energía eléctrica, dependiendo del uso que sea necesario para nuestro funcionamiento, podemos decir que una máquina eléctrica puede ser un generador, un motor y un transformador, ya que toda máquina eléctrica se basa a la inducción electromagnética, debido a los fenómenos eléctricos y de los fenómenos magnéticos.

El transformador es una máquina eléctrica estática que valiéndose de los principios de inducción electromagnética, es capaz de modificar la tensión y corriente del sistema de corrientes variables (C.A.), sin modificar la frecuencia ni la potencia transferida.

Los transformadores cumplen una misión importantísima en el transporte y distribución de la energía eléctrica gracias a ellos se puede aumentar la tensión antes de transportar la energía a grandes distancias por las líneas de alta tensión con el fin de reducir la intensidad y con ello las pérdidas que se dan en los conductores por el efecto Joule. Con ellos también se puede reducir la tensión con el fin de poder distribuirla y consumirla en las industrias y viviendas a valores que sean seguros para las personas que manipulen los sistemas eléctricos.

1.3.3 El magnetismo.

Inicialmente, vamos a hablar de los campos magnéticos puros, generados por materiales naturales que tienen propiedades magnéticas. Como muchas veces se necesitan campos magnéticos mayores, se requiere crearlos con una corriente eléctrica que circule por una bobina. El magnetismo se debe a los imanes. Un imán está formado por un elemento metálico, como la magnetita, que atrae a otros metales, como, por ejemplo, el hierro. En función del elemento de que se trate podemos hablar de imanes naturales o artificiales. Los materiales susceptibles de ser atraídos por un imán se llaman ferro-magnéticos. En ellos se produce la mayor atracción porque ahí se concentran las líneas de fuerza del campo magnético. (THEODORE Whildi Máquinas Eléctricas 2007)

El campo magnético es una propiedad del espacio por la cual una carga eléctrica puntual de valor q que se desplaza a una velocidad, sufre los efectos de una fuerza perpendicular y proporcional a la velocidad, y a una propiedad del campo, llamada inducción magnética. La existencia de un campo magnético se pone en evidencia por la propiedad localizada en el espacio de orientar un magnetómetro (laminilla de acero imantado que puede girar libremente). La aguja de una brújula, que pone en evidencia la existencia del campo magnético terrestre, puede ser considerada un magnetómetro.

Los campos magnéticos son una manifestación física la cual se da al tener la presencia del magnetismo y la inducción eléctrica ya que solo de esta manera se podrá obtener un campo magnético. Con la presencia de este fenómeno podemos obtener movimiento.

Si ponemos en un campo magnético (por ejemplo entre los polos d un imán) una espira metálica y hacemos variar d modo, cualquiera el número de líneas de fuerza que la atraviesan se generara en la espira una corriente eléctrica. Este es el fenómeno de la inducción electromagnética descubierta en 1831 por Michael Faraday en el cual se basan casi todas las maquinas eléctricas modernas. Hemos observado que todo campo magnético s generado por cargas eléctricas en movimiento y también que todos los campos magnéticos variables generan corrientes eléctricas. (ESCAMILLA Alicia, 2008, pág. 120)

Cuando movemos un imán permanente por el interior de una bobina solenoide formado por un enrollado de alambre de cobre con núcleo de aire, el campo magnético del imán provoca en las espiras del alambre la aparición de una fuerza electromotriz (FEM) o flujo de corriente de electrones. Este fenómeno se conoce como “inducción magnética”. La existencia de ese flujo de electrones o corriente eléctrica circulando por las espiras del alambre se puede comprobar instalando un galvanómetro (G) en el circuito de la bobina solenoide, tal como se muestra a continuación. Con la presencia de un campo magnético se generara corriente eléctrica tomando en cuenta que para que esto ocurra deberá existir una bobina con espiras metálicas en movimiento constante.

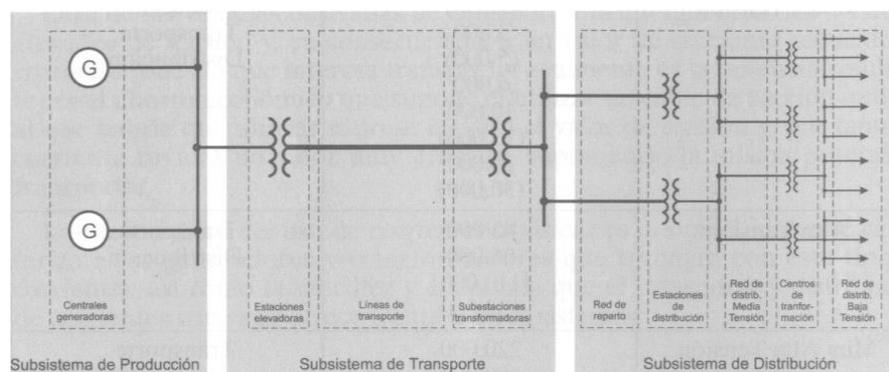
1.3.4 El transformador.

En los sistemas de distribución de energía eléctrica, para poder llegar con la energía producida, hasta los consumidores finales, se necesita de un dispositivo llamado transformador. La energía producida en forma masiva, es transmitida desde, la central de generación, hasta una subestación. De éstas, salen los

alimentadores primarios hacia las áreas de consumo, en donde se alimentan a los transformadores de distribución, que son los encargados de transmitir la energía hasta los consumidores finales a niveles de tensión convenientes. El gráfico 1 muestra un diagrama unifilar, que describe, la distribución de la energía desde los centros de generación hasta el consumidor final.

GRÁFICO N° 1

DIAGRAMA UNIFILAR DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA



1.3.4.1 Clasificación y utilización de los transformadores

Los transformadores, se clasifican según la operación, la construcción y la utilización.

1.3.4.1.1 Por la operación.- Se refiere a la energía o potencia que manejan dentro del sistema eléctrico de potencia.

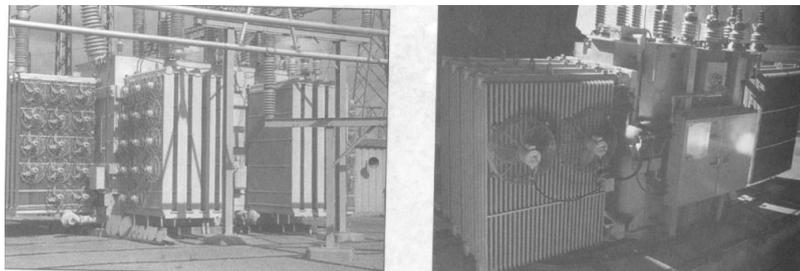
- **Transformadores de distribución.-** Son aquellos transformadores; monofásicos o trifásicos, que tienen capacidades entre 5 a 500 kVA.

GRÁFICO N° 2
TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN



- **Transformadores de potencia.-** Aquellos transformadores con capacidades mayores a 500 kVA.

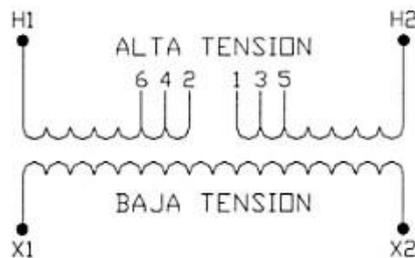
GRÁFICO N° 3
TRANSFORMADORES DE POTENCIA



1.3.4.1.2 Por el número de fases.- De acuerdo a las características del sistema al cual se conectará, tenemos:

- **Transformador monofásico.-** Son transformadores de potencia o distribución, que son conectados a una línea o fase y un neutro o tierra. Estos transformadores tienen un solo devanado de alta tensión y uno de baja tensión.

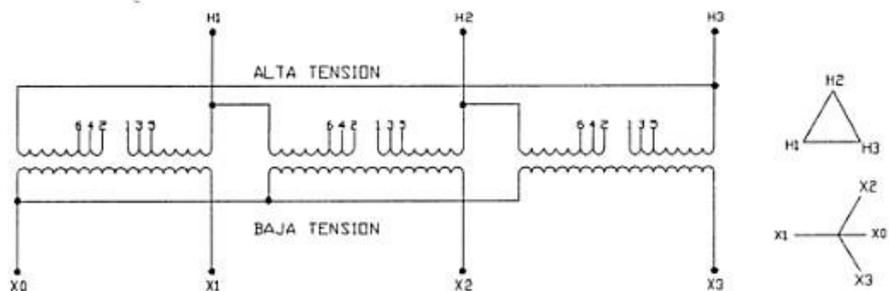
GRÁFICO N°4
ESQUEMA ELÉCTRICO, TRANSFORMADOR MONOFÁSICO



- **Transformador trifásico**

Transformadores de potencia o distribución, que son conectados a tres líneas o fases y pueden estar o no conectados a un neutro común o tierra. Estos transformadores tienen tres devanados de alta tensión y tres de baja tensión.

GRÁFICO N° 5
ESQUEMA ELÉCTRICO, TRANSFORMADOR TRIFÁSICO



1.3.4.1.3 Por su utilización

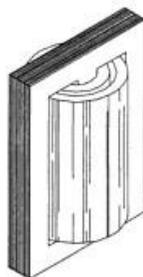
- **Transformador para generador.-** Son transformadores de potencia que van conectados a la salida del generador. Son aquellos, que proporcionan la energía a la línea de transmisión.

- **Transformador para subestación.-** Son aquellos transformadores de potencia que van conectados al final de la línea de transmisión para reducir la tensión a nivel de subtransmisión.
- **Transformadores de distribución.-** Son transformadores que reducen la tensión de subtransmisión a nivel de consumo.
- **Transformadores especiales.-** Son transformadores de potencia que son utilizados como por ejemplo para: reguladores de tensión, transformadores para rectificadores, transformadores para horno de arco eléctrico, transformadores desfasadores, autotransformadores para mina, transformadores para prueba, transformadores para fuentes de corriente directa.
- **Transformadores de instrumentos.-** Son transformadores de potencial y de corriente. Estos transformadores son utilizados para la medición, en la protección y en el control.

1.3.4.1.4 Por la forma del núcleo.- Generalmente se conocen los siguientes tipos, por la posición que existe entre la colocación de las bobinas y el núcleo.

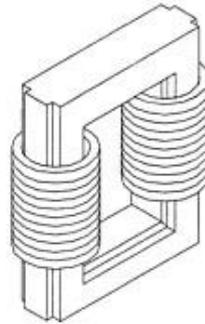
- **Núcleo acorazado.-** Es aquel en el cual el núcleo se encuentra cubriendo los devanados de baja y alta tensión.

GRÁFICO N° 6
FORMA CONSTRUCTIVA DEL NÚCLEO ACORAZADO



- **Núcleo tipo columnas.-** Llamado también núcleo no acorazado, es aquel en el cual las bobinas abarcan una parte considerable del circuito magnético.

GRÁFICO N° 7
FORMA CONSTRUCTIVA DEL NÚCLEO TIPO COLUMNAS



1.3.4.1.5 Por las condiciones de servicio

- **Para uso interior.-** Un transformador para uso interior tiene como características una tensión bifásica y los terminales aislados de tierra a su plena tensión de aislamiento. Es de tipo seco aislado en bloque de resina. Se los utiliza para medida y protección hasta con dos devanados secundarios.
- **Para uso a la intemperie.-** Un transformador para uso a la intemperie es de tipo seco, aislado en bloque de resina. Transformador de Tensión para medida y protección hasta con 3 devanados secundarios. Diseñado para soportar condiciones como por ejemplo: temperatura ambiente del aire, humedad, polución, etc.

1.3.4.1.6 En función en los lugares de instalación

- **Tipo poste.-** La aplicación principal de los transformadores tipo poste es la distribución de energía eléctrica, reduciendo el voltaje de las líneas de transmisión de media tensión a los niveles de baja tensión residencial o industrial. Normalmente se utiliza aceite mineral como aislante.

- **Tipo subestación.-** Este tipo de transformador está diseñado para trabajar bajo techo o a la intemperie. Es adecuado para suministrar energía eléctrica en edificios, e instalaciones en general que requieren un alto grado de seguridad. Permiten ser instalados cerca de los centros de consumo, reduciendo al mínimo la pérdida de potencia y los costos de instalación. Pueden ser suministrados sumergidos en aceite aislante o en fluido incombustible de silicona cuando por razones de seguridad así requiera.
- **Tipo pedestal.-** El transformador de distribución para montaje sobre pedestal PAD MOUNTED está diseñado para proveer servicio eléctrico en sistemas de distribución subterráneos. Este tipo transformador está diseñado para instalarse en el interior o exterior de zonas residenciales o en terrazas de edificios.
- **Tipo sumergible.-** Los transformadores tipo sumergible, están destinados a ser instalados en cámara o bóveda bajo el nivel del suelo, donde existe la posibilidad de inmersión ocasional con agua. Podrán permanecer sumergidos durante 12 horas en un volumen de agua de 3 metros sobre el transformador sin que ocurran filtraciones.

1.3.4.1.7 De acuerdo al tipo de aislamiento.- Existen transformadores sumergidos en aceite y de tipo seco.

Entre los sumergidos en aceite tenemos:

- **Tipo OA.-** Transformador sumergido en aceite y con enfriamiento natural. Es el enfriamiento más común y con resultados más económicos. En este tipo de unidades el aceite aislante circula por convección natural dentro de un tanque con paredes llanas o corrugadas, o bien provistos de enfriadores tubulares.

- **Tipo OA/FA.-** Transformador sumergido en aceite con enfriamiento a base de aire forzado. Básicamente es una unidad OA, a la cual se le han aumentado ventiladores, para una mayor disipación de calor; y por ende, aumentar los kVA a la salida del transformador.
- **Tipo OA/FA/FOA.-** Transformador sumergido en aceite con enfriamiento propio, con enfriamiento a base de aire forzado y a base de aire forzado.
- **Tipo FOA.-** Transformador sumergido en aceite con enfriamiento con aceite forzado con enfriadores de aire forzado. El aceite de estas unidades en enfriado cuando éste pasa por los cambiadores de calor de aire y aceite, ubicados afuera del tanque.
- **Tipo OW.-** Transformador sumergido en aceite con enfriamiento por agua. Este tipo de unidades está diseñado con un cambiador de calor tubular, ubicado fuera del tanque.
- **Tipo FOW.-** Transformador sumergido en aceite, con enfriamiento de aire forzado con enfriadores de agua forzada. El enfriamiento del aceite se hace por medio de agua sin tener ventiladores.

Dentro de los tipos secos tenemos:

- **Tipo AA.-** Transformadores tipo seco con enfriamiento propio. La característica es que no posee ningún líquido aislante para las funciones de aislamiento y de enfriamiento. El aire es el que cumple éstas funciones.
- **Tipo AFA.-** Transformador tipo seco con enfriamiento por aire forzado. Este tipo de unidades está diseñado con un ventilador que empuja el aire por un ducto colocado en la parte interior de la unidad.

- **Tipo AA/FA.-** Transformador tipo seco con enfriamiento propio y con enfriamiento por aire forzado. Posee dos regímenes de operación, uno por enfriamiento natural y el otro con el enfriamiento forzado (ventiladores), dichos regímenes son controlados de forma automática por medio de un relé térmico.

1.3.5 Pruebas eléctricas a los transformadores.

Entre las pruebas para transformadores, se deben realizar pruebas tanto eléctricas como pruebas al aislante dieléctrico. Todas estas pruebas están basadas en las siguientes normas:

- IEEE C57.12.90-2006. "Código de pruebas para pruebas de transformadores de distribución, de potencia y de regulación inmersos en líquido".
- IEEE C57.12.00-2006. "Requisitos generales para transformadores de distribución, de potencia y regulación inmersos en líquido"
- IEEE C57.106-2006. "Guía IEEE para la aceptación y el mantenimiento de aceite aislante en equipos".
- ASTM D 877 – D 1816. "Métodos normalizados para la tensión de ruptura dieléctrica".
- ASTM D 971 – D 2285. "Métodos normalizados para la tensión interfacial en aceites aislantes".
- ASTM D 1533. "Método normalizado para el contenido de humedad en el aceite".
- ASTM D 974 - D 664 – D 1534. "Métodos para el número de acidez o de neutralización".
- ASTM D 4059. "Método para en análisis de contenido de PCB's".

Además de éstas, se analizará las normas NTE INEN, las cuales son:

- NTE INEN 2111:04. "Transformadores de distribución. Pruebas eléctricas".

- NTE INEN 2113:98. “Transformadores. Determinación de pérdidas y corriente sin carga”.
- NTE INEN 2114:04. “Transformadores monofásicos. Valores de corriente sin carga, pérdidas y voltaje de corto circuito”.
- NTE INEN 2116:98. “Transformadores. Impedancia y pérdidas con carga”.
- NTE INEN 2117:98. “Transformadores. Relación de transformación, verificación de la polaridad”.
- NTE INEN 2118:98. “Transformadores. Medida de la resistencia de devanados”.
- NTE INEN 2125:98. “Transformadores. Pruebas al dieléctrico”.
- NTE INEN 2127:98. “Transformadores. Niveles de aislamiento”.

En lo que respecta a las pruebas eléctricas, la norma IEEE C57.12.00-2000: Requisitos generales para transformadores de distribución, de potencia y regulación inmersos en líquido; la norma divide las pruebas de fábrica en tres categorías. Las cuales se describen a continuación:

- **De rutina.**- Pruebas de control de calidad realizadas por el fabricante en el caso de todo dispositivo o muestra representativa, con el propósito de verificar, durante la producción, que cumple con las especificaciones de diseño.
- **De diseño.**- Pruebas realizadas para determinar la idoneidad del diseño de un tipo, estilo o modelo de equipo o de partes, componentes para especificar que cumplen con sus capacidades nominales asignadas y que operan en forma correcta.
- **Otras.**- Pruebas que se identifican en las normas individuales del producto, las cuales puedan haber sido especificadas por el comprador, además de las pruebas de rutina y de diseño. Ejemplo: impulso, factor de potencia de aislamiento, y sonido audible.

1.3.5.1 Pruebas Eléctricas

Las pruebas eléctricas se llevan a cabo para verificar que los transformadores cumplan con las especificaciones de diseño. Además ofrecen una serie inicial de pruebas de referencia que serán utilizados para propósitos de comparación contra las pruebas eléctricas de campo futuras. En los transformadores típicamente se realizan los siguientes ensayos:

1.3.5.1.1 Prueba de medición de resistencia.- Se realiza esta prueba para comprobar que todas las conexiones internas efectuadas en los devanados, fueron sujetadas firmemente, así como, también información para determinar las pérdidas en el cobre.

1.3.5.1.2 Prueba de relación de transformación.- Esta prueba da una indicación si el transformador ha sido fabricado con la relación adecuada de espiras en los devanados primario y secundario, y si el transformador tiene un diferencial porcentual adecuado entre tomas.

1.3.5.1.3 La prueba de relación de polaridad/fase.- Se realiza para comprobar que los devanados están conectados según lo indica la placa característica.

1.3.5.1.4 Prueba de vacío.- La prueba de vacío, tiene como objetivo determinar la pérdida de potencia en el hierro, a través de las medidas de tensión, intensidad y potencia en el bobinado primario. El bobinado secundario queda abierto, y por lo tanto, no circula ninguna intensidad por este bobinado.

1.3.5.1.5 Prueba de corto circuito.- La prueba de corto circuito determina la pérdida de potencia en los bobinados primario y secundario, sometidos a la intensidad nominal. Al aplicar una pequeña tensión al primario y cortocircuitando el secundario, obtenemos la intensidad de cada bobinado.

1.3.5.1.6 Prueba de aumento de temperatura.- Esta prueba se realiza en fábrica y ha sido diseñada para determinar, si las elevaciones de temperatura de los devanados, del aceite y otros componentes corresponden a los valores de diseño.

1.3.5.1.7 Prueba de potencial aplicado (HIPOT).- El aislamiento mayor se somete a prueba a una tensión de baja frecuencia (60 Hz) sin excitar el núcleo, durante un minuto. La norma *IEEE C57.12.90- Código de pruebas para transformadores de distribución, de potencia y de regulación inmersos en líquido*, describe el modo de falla, como presencia de humo o como una elevación en la corriente de fuga.

1.3.5.1.8 Prueba de impulso.- Las pruebas de impulso están diseñadas para simular lo que pudiera experimentar muchas veces el transformador durante su ciclo de vida.

- Una onda completa reducida, establece el patrón de la onda.
- Una onda cortada, simula el colapso de la tensión o la descarga de una onda viajera a través de la superficie de un aislador.
- Ondas completas, simula una descarga de un rayo lejano.
- Una frente de onda, simula el impacto directo de un rayo.

1.3.5.1.9 Prueba de potencial inducido.- Prueba al sistema de aislamiento espira a espira y bobina a bobina; con ondas de más alta frecuencia (120 a 400 Hz) para evitar tensiones excesivas entre fases.

1.3.5.1.10 Prueba de sonido audible.- En caso de que se requiera que estén en servicio en un área residencial en la que el ruido puede constituir una preocupación, se deben especificar esta prueba. En la norma C57.12.90, existe mayor información acerca de los procedimientos de prueba.

1.3.5.2 Pruebas al aceite

Las pruebas al aceite, se las realiza para comprobar que las propiedades del aceite aislante, están dentro del rango aceptable. Se debe tener en cuenta que dentro de las pruebas se encuentran, las pruebas *Exploratorias del Aceite*, las cuales son:

- Número de neutralización.
- Tensión interfacial.
- Tensión de ruptura dieléctrica ASTM D 877.
- Densidad relativa.
- Color.
- Examen visual, para determinar apariencia y presencia de sedimentos.

1.3.5.2.1 Conjuntos de pruebas para transformadores.- Según la experiencia de la compañía S.D. Myers, ha realizado una clasificación de las pruebas al aceite. Esta clasificación, son conjuntos de pruebas, para transformadores de distribución y de potencia.

- **Conjunto de pruebas para transformadores críticos (CRITICALPAC).**- Pruebas aplicables a transformadores con tensiones primarias iguales o superiores a 230 kV más de 5000 galones (19 000 litros) de líquido dieléctrico, en aplicaciones como por ejemplo: transformadores elevadores para uso con generadores, transformadores rectificadores y para hornos de arco, transfo-rectificadores y cualquier otro transformador que se considere crítico para la producción.

El conjunto de pruebas que se debe tener en cuenta, anualmente son las siguientes.

- Pruebas exploratorias del aceite.
- Análisis de gases disueltos.
- Contenido de Humedad.
- Factor de potencia del líquido a 25°C y a 100°C.
- Contenido de inhibidor de oxidación.
- Metales disueltos.
- Compuestos furánicos.

- **Conjunto de pruebas para transformadores de potencia (POWERPAC).**- Estas pruebas se aplican a transformadores de potencia para subestaciones y la mayoría de los transformadores con tensión primaria igual o mayor a 69 kV, pero menor a 230 kV. A su vez, este conjunto de pruebas se subdivide, en:

PowerPac1 para las pruebas iniciales o de referencia, incluye:

- Pruebas exploratorias del aceite.
- Análisis de gases disueltos.
- Contenido de humedad.
- Factor de potencia del líquido a 25°C y a 100°C.
- Contenido de inhibidor de oxidación.
- Compuestos furánicos.

PowerPac2 para las pruebas iniciales o de referencia, incluye:

- Pruebas exploratorias del aceite.
- Análisis de gases disueltos.
- Contenido de humedad.
- Factor de potencia del líquido a 25°C y a 100°C.
- Contenido de inhibidor de oxidación.

- **Conjunto de pruebas para transformadores de distribución (DISTRIBUTIONPAC).**- Estas pruebas se aplican a equipos de distribución de cualquier tensión primaria, incluidos los transformadores montados en poste, transformadores tipo pedestal y transformadores dentro de un gabinete, así como la mayoría de las unidades con tensión primaria menor a 69 kV. Este conjunto de pruebas anuales incluyen:

- Pruebas exploratorias del aceite.
- Análisis de gases disueltos.
- Contenido de humedad.

1.3.5.2.2 Pruebas exploratorias al aceite

Las siguientes seis pruebas al aceite, ofrecen una valiosa información del comportamiento del aceite en servicio.

- **Número de neutralización**

Método normalizado ASTM D 974, D 664, D 1534

Es una medida de los agentes ácidos orgánicos en el aceite. En un aceite nuevo el número de neutralización es pequeño, y aumenta como resultado del envejecimiento, deterioro y oxidación.

Cuando el aceite se oxida y se envejece en servicio, algunos de los productos de descomposición que se forman son de naturaleza ácida, lo que significa que reaccionarán y serán neutralizados por una sustancia básica (alcalina). El número de acidez se presenta en miligramos de KOH por gramos de la muestra (mg KOH/g).

- **Tensión interfacial**

Método normalizado ASTM D 971 ó D 2285

Es la capacidad del aceite de “encapsular” moléculas de agua y sustancias polares. Los materiales que no se mezclan forman una superficie o interfaz cuando se ponen en contacto. Una alta tensión interfacial será capaz de mantener elevada rigidez dieléctrica. La tensión interfacial se mide en milinewtons por metro (mN/m). Al colocar el aceite en el equipo (transformador), la TIF del aceite disminuirá entre 5 mN/m a 10 mN/m. A partir de esto la TIF se reducirá gradualmente a medida que se envejece el aceite.

A medida que el aceite se envejece y se oxida, los compuestos polares que se forman por la oxidación debilitan la interfaz y reducen la tensión

interfacial. El descenso paulatino de la TIF es señal de envejecimiento del aceite o de mezcla de un aceite dieléctrico con otro lubricante industrial.

- **Tensión de ruptura dieléctrica, ASTM D 877**

Método normalizado ASTM D 877

El objetivo de determinar la tensión de ruptura dieléctrica es el de evaluar la capacidad del aceite para soportar los esfuerzos eléctricos.

La contaminación del aceite por causa de elementos como fibras del aislante sólido, partículas conductoras, contaminación por elementos extraños, sucio y agua pueden afectar la tensión de ruptura dieléctrica.

- **Densidad relativa (gravedad específica)**

Método normalizado ASTM D 1298

Es la relación de la masa de un volumen específico de aceite con la masa del mismo volumen a igual temperatura. La densidad relativa es una relación calculada y no cuenta con unidades de medida específicas. En general la densidad relativa no cambia cuando el aceite está en servicio, puesto que el envejecimiento y la oxidación le afectan muy poco.

Si al tomar los datos de la densidad relativa, estos se encuentran fuera del rango aceptable o se producen cambios significativos entre los intervalos de monitoreo, se debe investigar la causa, ya que indicaría que está contaminado con PCB's.

- **Color**

Método normalizado ASTM D 1500

En un aceite nuevo, el color es muy bajo. La apariencia del aceite nuevo y limpio es caso blanco como el agua y completamente transparente. A medida que el aceite envejece y se oxida se oscurece. La contaminación también puede producir un rápido cambio de color.

El aceite “malo” puede presentar una ligera coloración, mientras que el aceite oscuro aún puede ser de cualidades similares a un nuevo en todos los otros aspectos. El mal color del aceite raras veces afecta el desempeño del aceite en servicio.

- **Examen visual**

Método normalizado ASTM D 1524

La muestra de aceite se somete a una apreciación visual para comprobar la opacidad, turbidez, partículas en suspensión, sedimentos visibles o lodos, carbón, agua libre o cualquier otra cosa que lo invalide como un aceite claro y homogéneo. Una apariencia clara y brillante, describe a un aceite aceptable; además de estar libre de partículas.

1.3.5.2.3 Análisis de gases disueltos

Método normalizado ASTM D 3612

Cuando el transformador está sometido a esfuerzos eléctricos y térmicos, se generan gases combustibles en el transformador. Los materiales aislantes, tanto el aceite como el papel (celulosa), se descomponen como consecuencia de tales esfuerzos y producen gases. La presencia y cantidad de estos gases individuales, extraídos del aceite y luego analizados, revelan el tipo y grado de la condición que causa la generación de gases detectados.

La cromatografía de gases (CG), es el método más idóneo disponible para identificar los gases combustibles.

1.3.5.2.4 Contenido de humedad

Método normalizado ASTM D 1533

Esta prueba determina la cantidad de humedad del aceite aislante, mediante un *Titulador Coulométrico Automático Karl Fischer*. El contenido de humedad del aceite se presenta en partes por millón (ppm) (miligramos de humedad por Kilogramo de líquido aislante). En los transformadores inmersos en aceite mineral, el valor de humedad en ppm es sólo una pequeña parte de la información que se debe tomar en cuenta.

La humedad en los equipos eléctricos origina dos condiciones perjudiciales, las cuales son:

- La humedad incrementa el riesgo de falla dieléctrica en el equipo.
- La humedad contribuye a acelerar el envejecimiento del sistema de aislamiento líquido y sólido.

1.3.5.2.5 Factor de potencia del líquido a 25°C y a 100 °C

Método normalizado ASTM D 924

Es una prueba excelente para monitorear el aceite del transformador en servicio. Es útil para evaluar el nuevo aceite ofrecido por un proveedor y para evaluar el aceite nuevo instalado en el equipo. Mientras que el aceite está en servicio, existen condiciones que degradan el aceite, lo cual se evidencia en modificaciones en los resultados del factor de potencia.

Cuando un líquido dieléctrico se somete a campos de corriente alterna (CA), se producen pérdidas dieléctricas que causan dos efectos. La corriente resultante se desfasa ligeramente debido al campo de CA aplicado y la energía de las pérdidas se disipa en forma de calor. El factor de potencia del líquido y el factor de disipación son medias directas de esas pérdidas.

El factor de potencia del líquido se calcula como el seno del ángulo de pérdidas; el valor de desviación de la corriente debido a las pérdidas dieléctricas. Mientras que el factor de disipación es la tangente del mismo ángulo de pérdidas.

1.3.5.2.6 Contenido de inhibidor de oxidación

Método normalizado ASTM D 2668 o D 4768

Es un aditivo incorporado al aceite, que retarda su degradación por oxidación. El mecanismo de acción es ataque a peróxidos, formando moléculas inocuas. Un aceite inhibido se degrada más lentamente que un aceite no inhibido, siempre que el inhibidor esté presente.

Cuando el inhibidor de oxidación se agota, el aceite se oxida muy rápidamente. Por ello es importante establecer la concentración de inhibidor y su velocidad de consumo.

Existen dos métodos de prueba normalizados; ambos métodos detectan las dos componentes DBPC y DBP, utilizados como antioxidantes. El método D 2668 utiliza un espectrómetro infrarrojo para determinar el contenido de inhibidor. En cambio el método D 4768 utiliza cromatografía de gases. Los dos métodos conducen a resultados equivalentes.

1.3.5.2.7 Metales Disueltos

Método normalizado ASTM D 3635

Este método sirve para analizar el contenido de cobre disuelto en el aceite aislante eléctrico mediante la espectrofotometría de absorción atómica. Se está utilizando un método para detectar y cuantificar varios metales simultáneamente denominado Espectrofotometría de Plasma Acoplada Inductivamente ICP (en inglés).

1.3.5.2.8 Compuestos Furánicos

Método normalizado ASTM D 5837

El aislamiento sólido del transformador está formado por papel, el cual está compuesto por fibras de celulosa. Esta última es un polímero formado, a su vez, por moléculas de glucosa. En un papel nuevo, antes de su instalación en el transformador y secado en fábrica, la cadena promedio del polímero tiene una longitud de 1000 a 1200 moléculas de glucosa.

La longitud promedio de la cadena de celulosa se denomina Grado de Polimerización (GP) del papel. A medida que el papel se envejece, se produce una descomposición natural y gradual de las cadenas de polímeros. A medida que se reduce el tamaño de dichas cadenas, disminuye también la rigidez mecánica del papel.

Cuando la cadena de la celulosa se rompe y forma dos cadenas más cortas, se separan una o más moléculas de glucosa y se forma cierta cantidad de agua, monóxido y de dióxido de carbono. La molécula de glucosa cambia químicamente durante este proceso y forma un compuesto que contiene un anillo de furano.

Se puede formar una variedad de compuestos furánicos, los más comunes son:

- **2-furaldehído.** Furfural o furfuraldehído. Este es el compuesto que se encuentra con mayor frecuencia.
- **2-furil alcohol.** Furfural alcohol o furfurol. Se forma en presencia de gran cantidad de humedad.
- **2-acetil furano.** Es el menos común. Se encuentra en transformadores averiados que han sufrido descargas eléctricas por rayos.
- **5-metilo-2-furaldehído.** Se forma por recalentamiento intenso.
- **5-hidroximetilo-2-furaldehído.** Se forma de la descomposición del papel en presencia de grandes cantidades de oxígeno.

1.3.5.2.9 Análisis de contenido de PCB'S

Método normalizado ASTM D 4059

Un PCB es un hidrocarburo sintético, con contenido de cloro, fue desarrollado en la década de los 70, para transformadores en áreas cerradas o peligrosas debido a su alto punto de inflamación y estabilidad química, conocido comúnmente como ASKAREL o PCB. Durante los años 70's, se determinó que los Bifenilos Policlorados tenían características tóxicas nocivas para el hombre, por lo que quedo prohibida su fabricación internacionalmente y se comenzó a establecer la normatividad necesaria para su control, manejo y disposición.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

2.1 Breve Caracterización de la Institución.

La presente investigación se realizó en la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná que está ubicada en las calle los Almendros y Pujilí, en el Barrio El Progreso, Cantón La Maná.

2.1.1 Historia.

La idea de gestionar la presencia de la Universidad Técnica de Cotopaxi en La Maná, surgió en 1998, como propuesta de campaña del Movimiento Popular Democrático, para participar en las elecciones a concejales de La Maná. Indudablemente, conocíamos que varios de nuestros compañeros de Partido habían luchado por la creación de la Universidad en la ciudad de Latacunga y estaban al frente de la misma, lo cual nos daba una gran seguridad que nuestro objetivo se cumpliría en el menor tiempo. Sin embargo, las gestiones fueron arduas y en varias ocasiones pensamos que esta aspiración no podría hacerse realidad.

Ahora la pregunta era: ¿dónde podría funcionar la Universidad? Gracias a la amistad que manteníamos con el Lic. Absalón Gallardo, Rector del Colegio Rafael Vásconez Gómez, conseguimos que el Consejo Directivo de esta

institución se pronunciara favorablemente para la celebración de un convenio de prestación mutua por cinco años. El 9 de marzo de 2002, se inauguró la Oficina Universitaria por parte del Arq. Francisco Ulloa, en un local arrendado al Sr. Aurelio Chancusig, ubicado al frente de la Escuela Consejo Provincial de Cotopaxi. El Dr. Alejandro Acurio fue nombrado Coordinador Académico y Administrativo y como secretaria se nombró a la Srta. Alba De La Guerra. El sustento legal para la creación de los paralelos de la UTC en La Maná fue la resolución RCP. 508. No. 203-03 emitida por el CONESUP con fecha 30 de abril del 2003.

Esta resolución avalaba el funcionamiento de las universidades dentro de su provincia. Desvirtuándose así las presunciones de ilegalidad sostenidas por el Alcalde de ese entonces, Ing. Rodrigo Armas, opositor a este proyecto educativo; quien, tratando de desmoralizarnos y boicotear nuestra intención de tener nuestra propia universidad, gestionó la presencia de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo en el cantón; sin entender que mientras más instituciones educativas de este tipo abrieran sus puertas en nuestro cantón, la juventud tendría más opciones de desarrollo. La historia sabrá juzgar estas actitudes.

El 8 de julio de 2003 se iniciaron las labores académicas en el Colegio Rafael Vásquez Gómez, con las especialidades de Ingeniería Agronómica (31 alumnos, Contabilidad y Auditoría (42 alumnos). En el ciclo académico marzo – septiembre de 2004 se matricularon 193 alumnos y se crearon las especialidades de Ingeniería en Electromecánica, Informática y Comercial. En el ciclo abril - septiembre del 2005, se incorpora la especialidad de Abogacía. El 6 de marzo del 2006, a partir de las 18h00 se inauguró el nuevo ciclo académico abril – septiembre del 2006, con una población estudiantil de más de 500 alumnos.

El Arq. Francisco Ulloa, el 5 de agosto de 2008, en asamblea general con los docentes que laboran en La Maná, presentó de manera oficial al Ing. Tito Recalde como nuevo coordinador. El Ing. Alfredo Lucas, continuó en La Maná en calidad de asistente de coordinación. La presencia del Ing. Tito Recalde fue efímera,

puesto que, a inicios del nuevo ciclo (octubre 2008-marzo 2009, ya no se contó con su aporte en este cargo, desconociéndose los motivos de su ausencia.

En el tiempo que la UTC—LA MANÁ se encuentra funcionando ha alcanzado importantes logros en los diversos campos. Fieles a los principios que animan la existencia de la UTC, hemos participado en todas las actividades sociales, culturales y políticas, relacionándonos con los distintos sectores poblacionales y llevando el mensaje de cambio que anhela nuestro pueblo.

2.1.2 Misión.

La Universidad Técnica de Cotopaxi, forma profesionales humanistas con pensamiento crítico y responsabilidad social, de alto nivel académico, científico y tecnológico con liderazgo y emprendimiento, sobre la base de los principios de solidaridad, justicia, equidad y libertad; genera y difunde el conocimiento, la ciencia, el arte y la cultura a través de la investigación científica y la vinculación con la sociedad para contribuir a la transformación económica-social del país.

2.1.3 Visión.

Será un referente regional y nacional en la formación, innovación y diversificación de profesionales acorde al desarrollo del pensamiento, la ciencia, la tecnología, la investigación y la vinculación en función de la demanda académica y las necesidades del desarrollo local, regional y del país.

2.2 Operacionalización de las Variables

CUADRO N° 1

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Variables	Dimensión	Subdimensión	Indicadores	Técnica/ Instrumento
Transformador	Averías	Devanados	Laboratorios	Observación
	Perdidas	Aceite		
	Problemas por Mantenimiento	Voltaje Potencia Fallas de Transformación	Multímetro	Encuesta
Pruebas a los Transformadores	Diagnostico	Megahometro	Laboratorio	Medición

Elaborado por: Mora Silva Jefferson Daniel.

2.3 Análisis e Interpretación de Resultados.

2.3.1 Metodología de la Investigación.

2.3.1.1 Tipos de Investigación.

Para la elaboración del proyecto de tesis se utilizó la investigación exploratoria para conocer los antecedentes nacionales o internacionales, las características necesarias y suficientes del diseño e implementación de un laboratorio de pruebas de transformadores; estadísticas de otras instituciones o industrias en el área del proyecto; estadísticas de fabricantes y comercializadores, datos técnicos importantes tales como: tipos de pruebas, equipos especializados, entre otros.

Además, la investigación utilizó la investigación descriptiva que permitió conocer en forma detallada las características de los equipos especializados que se estarán utilizando para realizar las diferentes pruebas a los transformadores y los procesos de instalación, administrativos, financieros y comerciales. Nos facilitó la evaluación de los estudios de técnicos, conocer las necesidades de los estudiantes de la carrera de ingeniería en electromecánica, los precios, la infraestructura, equipos, maquinarias y recursos humanos.

Adicionalmente, el trabajo investigativo realizado utilizó estudios correlacionales, por cuanto se ha establecido varias relaciones de variables de manera simple, tales como:

- Relación existente entre la falta de un laboratorio de pruebas de transformadores en la Universidad Técnica de Cotopaxi Sede La Mana.
- Relación existente entre los conocimientos teóricos prácticos de los estudiantes de la carrera de ingeniería en electromecánica Universidad Técnica de Cotopaxi Sede La Maná.

En todo esto también se realiza una investigación explicativa para conocer a detalle el fenómeno de estudio, causas, síntomas y efectos.

2.3.1.2 Metodología.

El trabajo realizado se fundamentó en el diseño experimental mediante el estudio de la falta de un laboratorio de pruebas de transformadores en la Universidad Técnica de Cotopaxi Sede La Maná que se realizó de manera primordial, porque este estudio fue el punto de partida del proyecto.

Mediante la experimentación del estudio de la falta de un laboratorio de pruebas de transformadores en la Universidad Técnica de Cotopaxi Sede La Maná, se pudo determinar las condiciones técnicas mediante cálculos aplicados a los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica y con estos datos podremos experimentalmente verificar si es factible o no realizar la construcción de un laboratorio de pruebas de transformadores que se plantea construir en el proyecto.

2.3.1.3 Unidad de Estudio (Población y Muestra).

2.3.1.3.1 Población Universo.

La población universo inmersa en la investigación, está compuesta por las poblaciones del: coordinador académico, los docentes del área y estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

**CUADRO N° 2
POBLACIÓN 1**

Estrato	Datos
Docentes	6
Estudiantes de Ingeniería Electromecánica	673
Total	679

Fuente: Secretaria UTC – Matriz y La Maná

Elaborado por: Mora Silva Jefferson Daniel.

2.3.1.3.2 Tamaño de la muestra.

Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizará la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{E^2 (N - 1) + 1}$$

Dónde:

N = Población

n = Tamaño de la muestra

E = Error (0,05)

Desarrollo de la fórmula:

$$n = \frac{679}{(0,05)^2 (679-1) + 1}$$

$$n = \frac{679}{1,695 + 1}$$

$$n = 251$$

Por lo expuesto, la investigación se fundamentó con los resultados de 251 entre docentes y estudiantes.

2.3.1.3.3 Criterios de Selección de la Muestra.

El método utilizado para la selección de la muestra es el aleatorio estratificado proporcional, cuyo resultado se presenta el siguiente cuadro.

CUADRO N° 3
ALEATORIO ESTRATIFICADO PROPORCIONAL

Estrato	Población	Fracción Distributiva	Muestra
Docentes	6	0.369661266	1
Estudiantes de Electromecánica	673	0.369661266	250
Total	679		251

Elaborado por: Mora Silva Jefferson Daniel.

$$f = \frac{n}{N}$$

$$f = \frac{251}{679}$$

$$f = 0.369661266$$

Dónde:

f= Factor de Proporcionalidad

n= Tamaño de la Muestra

N=Población Universo

Por tanto, se aplicó 1 encuestas a docentes y 250 encuestas a estudiantes de Electromecánica, según los datos que se presentan en el cuadro.

2.3.2 Métodos y Técnicas Empleadas

2.3.2.1 Métodos.

La investigación aplicó inducción por cuanto los resultados de la encuesta se generalizaran para todas las instalaciones existentes en la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná, además los aspectos positivos que se obtendrán, serán recomendados para su aplicación a lo largo de todas las instituciones del país.

Se utilizó deducción en base a los siguientes razonamientos:

- Los proyectos de diseño e implementación de laboratorio de pruebas de transformadores necesitan estudio acerca de las averías más frecuentes de los transformadores en nuestro medio y en las industrias, entonces se debe seleccionar correctamente de las pruebas que serán aplicadas las cuales deben complementarse con las necesidades de las industrias modernas.
- La tecnología electromecánica es la base del seleccionamiento de los autómatas programables, por tanto la electromecánica será la base para el seleccionamiento del PLC para el laboratorio en los predios de la universidad.

Es importante que la investigación trabaje con el método de análisis, para identificar las partes del montaje del generador y las relaciones existentes entre ellas, con la finalidad de realizar adecuadamente el experimento.

- Se considera que los elementos son: Calculo de la demanda requerida, Dimensionamiento de la capacidad del generador, Sistema de control.
- Y las principales relaciones entre los elementos son: La carga instalada, demanda de energía, y los sistemas de protecciones.

Finalmente mediante la síntesis, se estudiará los elementos establecidos del Montaje de un Generador de Emergencia (Se hace necesario incluir el estudio de carga y la elaboración de los manuales de especificaciones técnicas), con el fin de verificar que cada uno de ellos, reúna los requerimientos necesarios para llegar a cumplir con los objetivos totalizadores que se persigue.

2.3.2.2 Técnicas.

El levantamiento de datos se realizó mediante encuestas y observaciones aplicables a las instalaciones eléctricas existentes, observaciones de campo según operacionalización de variables y análisis documentales de mediciones. El manejo estadístico se fundamentará con la utilización de frecuencias, moda, porcentajes, promedios.

2.3.3 Resultados de las Encuestas

2.3.3.1 Resultados de la Encuesta Realizada a los Docentes y Estudiantes.

1.- ¿Cómo considera la eficiencia de la energía eléctrica en la UTC- La Maná?

CUADRO No. 4
EFICIENCIA DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Bueno	188	75%
Malo	44	18%
Regular	19	8%
TOTAL	251	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Mora Silva Jefferson Daniel.

Análisis e interpretación:

De acuerdo a las encuestas realizadas el 75% responde que es bueno la eficiencia de la energía eléctrica en la UTC mientras que el 18% opina que es malo energía eléctrica, se realizara una inspección significativa en cada una de las instalaciones para realizar los correctivos necesarios para un buen funcionamiento eléctrico en la institución.

2.- ¿Usted piensa que las instalaciones eléctricas en la UTC-La Maná son seguras?

CUADRO No. 5

INSTALACIONES ELÉCTRICAS SEGURAS

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	175	70%
No	76	30%
TOTAL	251	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Mora Silva Jefferson Daniel.

Análisis e interpretación

De acuerdo a las encuestas realizadas el 70% responde que las instalaciones eléctricas en la UTC-La Maná son seguras mientras que el 30% opina que no son seguras, para lo cual podemos evidenciar que existe un buen control de las instalaciones eléctricas para algún tipo de problema energético.

3.- ¿Cree que es necesario la implementación de un laboratorio de prueba de transformadores en la UTC-La Maná?

CUADRO No. 6

IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE PRUEBA

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	199	79%
No	52	21%
TOTAL	251	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Mora Silva Jefferson Daniel.

Análisis e interpretación

De acuerdo a las encuestas realizadas el 79% responde que es necesario la implementación de un laboratorio de prueba de transformadores mientras que el 21% opina que no, es necesario la implementación del laboratorio las cuales ayudaran a generar las clases prácticas con los estudiantes y a fortalecer la carrera a cual pertenecen.

4.- ¿Cómo considera la instalación de un laboratorio de prueba de transformadores para que los estudiantes mejoren sus conocimientos?

CUADRO No. 7

MEJORAMIENTO DE CONOCIMIENTOS ESTUDIANTES

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Bueno	198	79%
Malo	6	2%
Regular	47	19%
TOTAL	251	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Mora Silva Jefferson Daniel.

Análisis e interpretación

De acuerdo a las encuestas realizadas el 79% responde que las instalaciones de un laboratorio a prueba de transformadores para que los estudiantes mejoren sus conocimientos mientras que el 19% opina que es regular, la instalación del laboratorio es un aporte significativo para los estudiantes el cual enriquece sus conocimientos por la manipulación de las herramientas directamente en la práctica, la misma que se dinamiza la enseñanza aprendizaje del estudiante y docente.

5.- ¿Usted ha tenido la oportunidad de ingresar a un laboratorio de prueba de transformadores?

CUADRO No. 8
OPORTUNIDAD DE INGRESAR A UN LABORATORIO

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	47	19%
No	204	81%
TOTAL	251	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Mora Silva Jefferson Daniel.

Análisis e interpretación

De acuerdo a las encuestas realizadas el 19% responde que ha tenido la oportunidad de ingresar a un laboratorio de prueba de transformadores, mientras que el 81% opina que no ha tenido la oportunidad de ingresar a un laboratorio de prueba de transformadores, en vista que estos laboratorios son muy costosos se debe realizar giras técnicas a las empresas fabricantes de transformadores quienes disponen de estos laboratorios el deben garantizar un correcto funcionamiento de la maquina eléctrica.

6.- ¿Cómo considera los conocimientos actuales que poseen los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica en la UTC- La Maná?

CUADRO No. 9
CONOCIMIENTOS ACTUALES DE ESTUDIANTES

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Bueno	217	86%
Malo	0	0%
Regular	34	14%
TOTAL	251	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Mora Silva Jefferson Daniel.

Análisis e interpretación

De acuerdo a las encuestas realizadas el 86 % responde que es bueno los conocimientos actuales que poseen los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica en la UTC mientras que el 14 % opina que es regular los conocimientos, que bajo las ilimitaciones que existen la carrera se ve la manera de visitar empresas que disponga el material para hacer las respectivas prácticas.

7.- ¿Los docentes tienen la oportunidad de impartir sus clases de manera correcta sin contar con un laboratorio en las aulas de la UTC-La Maná?

CUADRO No. 10
CLASES ADECUADAS

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	148	59%
No	103	41%
TOTAL	251	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Mora Silva Jefferson Daniel.

Análisis e interpretación

De acuerdo a las encuestas realizadas el 59% responde que Los docentes tienen la oportunidad de impartir sus clases de manera correcta sin contar con un laboratorio en las aulas mientras que el 41% opina que no han tenido la oportunidad, la institución debería mejorar sus laboratorios el mismo que la tecnología avanza día el cual los estudiantes se ven obligados a realizar sus prácticas fuera de la institución.

8.- ¿Considera que las instalaciones eléctricas existentes tienen riesgos para la seguridad de los estudiantes?

CUADRO No. 11
RIESGOS PARA LA SEGURIDAD DE LOS ESTUDIANTES

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	48	19%
No	203	81%
TOTAL	251	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Mora Silva Jefferson Daniel.

Análisis e interpretación

De acuerdo a las encuestas realizadas el 19% responde que las instalaciones eléctricas existentes tienen riesgos para la seguridad de los estudiante mientras que el 81% opina que no están las instalaciones las instalaciones, se debe realizar una correcta planificación en el POA se debe aplicar un rubro para el mejoramiento de las instalaciones eléctricas de los laboratorios de la carrea.

9.- ¿Considera que las instalaciones eléctricas de la UTC- La Maná cuentan con protecciones adecuadas?

CUADRO No. 12
PROTECCIONES ADECUADAS

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Bueno	205	80%
Malo	41	16%
Regular	11	4%
TOTAL	251	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Mora Silva Jefferson Daniel.

Análisis e interpretación

De acuerdo a las encuestas realizadas el 80% responde que las instalaciones eléctricas de la UTC- La Maná cuentan con protecciones adecuadas es mientras que el 4% opina que es regular estas instalación, se debe tomar en consideración al incrementar las maquinarias porque el consumo aumenta y cual puede ocasionar problemas eléctricos.

10.- ¿Cree Ud. que es necesario que el laboratorio cuente con instrumentos de última tecnología?

CUADRO No. 13
INSTRUMENTOS DE ÚLTIMA TECNOLOGÍA

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Si	233	93%
No	18	7%
TOTAL	251	100%

Fuente: Encuesta

Elaborado por: Mora Silva Jefferson Daniel.

Análisis e interpretación

De acuerdo a las encuestas realizadas el 93% responde que es necesario que el laboratorio cuente con instrumentos de última tecnología mientras que el 7% opina que no es muy necesario, el contar con herramientas e instrumentos tecnológicos es un aporte significativo y positivo para el laboratorio generando resultados eficientes en las practicas desarrolladas.

2.3.4 Conclusiones y Recomendaciones.

Luego de haber realizado las encuestas a los docentes y estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi La Maná, se procedió a analizar cada una de las preguntas que contiene el cuestionario de encuesta aplicado, información que nos permitió establecer parámetros para realizar una correcta planificación

Conclusiones:

- La mayoría de los encuestados manifiestan que sería importante tener un laboratorio para pruebas de transformadores para fortalecer los conocimientos prácticos en los estudiantes.
- Es notoria la implementación de normas de seguridad para reducir riesgos dentro del laboratorio, además de generar conciencia de prevenir accidentes al momento de realizar prácticas.
- Se ha determinado que los estudiantes deben conocer de manera práctica el funcionamiento de los transformadores y las diferentes pruebas que se realizan antes de ponerlo en funcionamiento.
- Adquirir los equipos recomendados ya que son de última tecnología garantizando resultados de alta calidad de las características de funcionalidad de los transformadores.

Recomendaciones:

- Determinar un área adecuada para la implementación de los elementos que integrarán el laboratorio de pruebas de transformadores, tomando en consideración los requerimientos de instalaciones eléctricas, iluminación y circulación de aire.

- Se realice una inversión de parte de la institución para fortalecer el laboratorio de pruebas de transformadores ya que es sumamente costosos todos los equipos detallados.

2.4 Diseño de la Propuesta

2.4.1 Datos Informativos

Nombre de la institución: Universidad Técnica de Cotopaxi-La Maná.

Dirección: Av. Los almendros y Pujilí.

Teléfono: (03) 2688443

Coordinador: Lic. Ringo López. M Sc.

Correo electrónico: extension.lamana@utc.edu.ec

2.4.2 Justificación

La razón para investigar el tema es el diseño e implementación de un laboratorio de pruebas de transformadores para la Universidad Técnica de Cotopaxi Sede La Maná, del Cantón La Maná Provincia de Cotopaxi, año 2013, que cumpla con los requisitos para facilitar el aprendizaje teórico-práctico de los estudiantes de Ingeniería en Electromecánica. Así fortalecer los conocimientos impartidos dentro de las aulas de clase. Además de esta manera se preparará a los estudiantes para un mejor desempeño en su vida profesional.

En la ejecución del proyecto se pondrá en práctica los resultados obtenidos en la investigación, además el laboratorio de pruebas de transformadores tiene gran aplicación práctica en cualquier lugar, ya que es muy necesario para las empresas eléctricas mantener los transformadores en perfecto estado.

Los beneficiarios del proyecto será la Universidad Técnica de Cotopaxi Sede La Maná, toda la comunidad universitaria de la carrera de Ingeniería en Electromecánica, y la comunidad en general porque los profesionales prestarán sus servicios.

2.4.3 Objetivos.

2.4.3.1 Objetivo General.

Diseñar e implementar un laboratorio de pruebas de transformadores que facilite el proceso de enseñanza - aprendizaje de los estudiantes de la Carrera en la Ingeniería en Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

2.4.3.2 Objetivos Específicos.

- Identificar los equipos de última tecnología para realizar las diferentes pruebas a los transformadores para garantizar un correcto funcionamiento, así ampliar los conocimientos y mejorar el desempeño de los estudiantes de la Carrera en Ingeniería en Electromecánica.
- Aprender el procedimiento que se debe realizar en cada prueba a los transformadores teniendo en cuenta la protección personal.
- Proponer las características de los sistemas de protección eléctricos que se deben instalar, para el correcto funcionamiento de los equipos e instalaciones y alargar su tiempo de vida útil.

2.4.4 Descripción de la Aplicación.

La implementación de un laboratorio de motores de combustión interna constituye una herramienta muy importante en la formación académica de los estudiantes creando un fuerte lazo en la asimilación de conocimientos mediante la enseñanza teórica-práctica. La selección del elemento componentes del motor fijos y móviles además de sus características impulsando el desarrollo tecnológico y práctico del estudiante, a la vez resaltando el buen nombre de la Institución, para lo cual debemos aplicar conocimientos adquiridos en área de: motores, adaptación y creatividad automotriz, mantenimiento, diseño de elementos de máquinas y dibujo asistido por computadora, electrónica, entre otras.

Actualmente es un hecho que los conductores de vehículos requieren una formación teórico práctico en el campo de la mecánica y mantenimiento automotriz, ya que un 10% de los accidentes se han producido por fallas mecánicas, por la falta de mantenimiento del automotor.

A nivel nacional surge la importancia de brindar una mejor enseñanza a los estudiantes, para familiarizarse con el funcionamiento del automotor y así obtener una conducción consiente y responsable del automóvil.

CAPÍTULO III

VALIDACIÓN DE LA APLICACIÓN.

3.1 Partes de un Transformador

Las partes que componen un transformador se dividen en cuatro grandes grupos, los cuales son.

3.1.1 Circuito Magnético

Al circuito magnético se lo conoce también como el núcleo. En esta parte del transformador es, en donde se conduce el flujo magnético generado en las bobinas, el cual concatenará magnéticamente los circuitos eléctricos del transformador. El núcleo está formado por láminas de acero al silicio de grano orientado, de bajas pérdidas y de alta permeabilidad magnética.

Las láminas que forman el núcleo están recubiertas y por ende aisladas por un componente inorgánico llamado “*carlite*”. Esta capa es aplicada a las láminas al final del proceso de planchado y recocido. En la cuadro se describe las características de cuatro tipos de láminas de grano orientado.

CUADRO No. 14
CARACTERÍSTICAS DE LAMINAS DE GRANO ORIENTACIÓN 60 HZ

GRADO DE ORIENTACIÓN	ESPESOR		WATTS POR Lb		WATTS POR Kg	
	Pulg.	mm	15 kGauss	17kGauss	15kGauss	17kGauss
M-2	0,007	0,18	0,42	-	0,93	-
M-3	0,009	0,23	0,46	-	1,01	-
M-4	0,011	0,28	0,51	0,74	1,12	1,63
M-6	0,014	0,35	0,66	0,94	1,46	2,07

FUENTE: Transformadores de distribución, Pedro Avelino Pérez, pagina 11.

3.1.2 Circuito Eléctrico

El circuito eléctrico está compuesto por los devanados primario y secundario. Dichos devanados se fabrican en diferentes tipos, dependiendo de las necesidades del diseño. Los materiales más utilizados son el cobre y el aluminio. Los devanados primarios, crean un flujo magnético, para inducir al devanado secundario, una fuerza electromotriz, y transferir una potencia del primario al secundario, todo esto mediante el principio de inducción electromagnética. En este proceso se pierde una pequeña cantidad de energía.

Las ventajas de devanados de cobre para devanados son las siguientes:

- Resistencia mecánica.
- Tiene una buena conductividad eléctrica.

Las ventajas del devanado de aluminio son:

- Estabilidad del costo por suministro.
- Mayor eficiencia para disipar el calor.
- Considerable reducción del peso.

3.1.3 Sistema de Aislamiento

El sistema de aislamiento está compuesto de algunos materiales aislantes, entre los cuales tenemos:

- Cartón prensado.
- Papel kraft.
- Papel manila o corrugado.
- Cartón prensado de alta densidad.
- Collares de catón prensado y aislamientos finales.
- Partes de catón prensado laminados.
- Esmaltes y barnices.
- Recubrimientos orgánicos e inorgánicos para la laminación del núcleo.
- Porcelanas (boquillas).
- Recubrimientos de polvo epóxico.
- Madera de maple.
- Fibra vulcanizada.
- Algodón, hilos, cintas.
- Plásticos y cementos, telas y cintas adhesivas, cintas de fibra de vidrio.
- Fluido líquido dieléctrico, que puede ser aceite mineral, aceite de siliconas.

Este sistema aísla los devanados del transformador entre sí y de tierra, así como de las partes cercanas del núcleo y de las partes de acero que forma la estructura.

El sistema de aislamiento sólido, deben cumplir con las cuatro funciones siguientes:

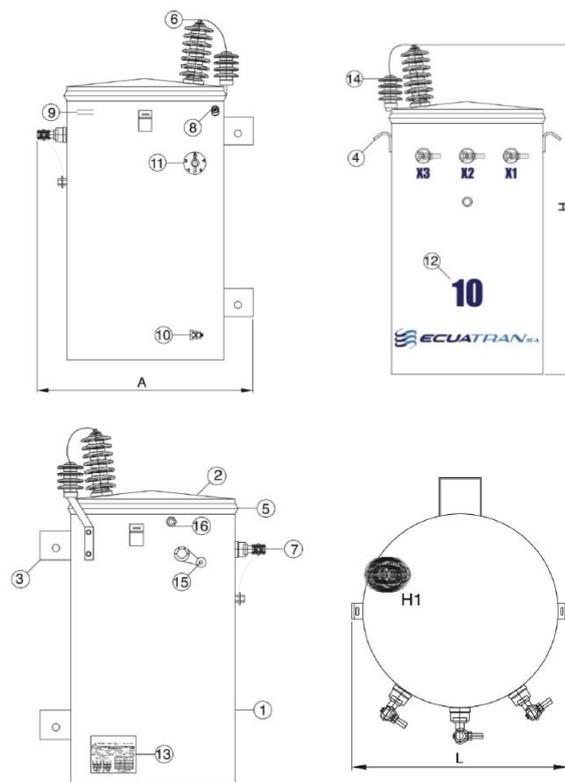
- Cualidad para soportar las tensiones relativamente altas, sucedidas en servicio normal (esfuerzos dieléctricos). Esto incluye ondas de impulso y transitorios.

- Calidad para soportar esfuerzos mecánicos y térmicos (calor) los cuales, generalmente acompañan a un circuito.
- Calidad para prevenir excesivas acumulaciones de calor (transmisión de calor.).

3.1.4 Tanque y Accesorios

Las partes principales y los accesorios de un transformador se describen a continuación. Se tomará como ejemplo al transformador de distribución de 10 kVA, diseñado y construido por ECUATRAN.

GRÁFICO N° 8
TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION



CUADRO No. 15

DESCRIPCION PARTES DE TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION
1	1	Cuba del transformador
2	1	Tapa
3	2	Soportes de montaje
4	2	Soportes de izado
5	1	Banda de cierre
6	1	Pasatapas de media tensión
7	3	Pasatapas de baja tensión
8	1	Válvula de sobrepresión
9	1	Nivel de aceite
10	1	Conectores de tierra
11	1	Cambiador de derivaciones 5 posiciones
12	1	Potencia

3.1.5 Equipos Normalizados para las Pruebas

Cada uno de los equipos que se analizarán a continuación, están referidos a normas internacionales, por lo que las pruebas que se vayan a realizar son totalmente confiables y con un margen de error tolerable.

3.1.5.1 Equipos para las pruebas eléctricas

3.1.5.1.1 Equipo para la prueba de medición de resistencia.- El equipo utilizado para medir la resistencia se denomina *MICRÓHOMMETRO*. Existen algunas clases, pero luego de analizar la exactitud y de las ventajas, se eligió el siguiente equipo. Las características y especificaciones de detallan a continuación. El equipo recomendado para realizar esta prueba es el siguiente:

GRÁFICO N° 9
EQUIPO PARA LA MEDICION DE RESISTENCIA DE DEVANADOS
MARCA AEMC MODELO 6250- 10A



Características

El micrómetro de 10 A, modelo 6250 de la marca AEMC; es un equipo que puede ser utilizado tanto en laboratorio como en el campo. Tiene una exactitud del 0,05%. Para llegar a esta tolerancia utiliza el método de Kelvin de cuatro cables.

El equipo dispone de tres modos de prueba.

- **Los materiales resistivos.-** Es una prueba instantánea. La prueba es sencilla, se presiona el botón de prueba, se toma la lectura; y se concluye con la prueba. Se utiliza como por ejemplo para: uniones a tierra, recubrimientos, resistencia de contacto.
- **Los materiales inductivos.-** Es una prueba continua, el operador es el que inicia y termina el ensayo presionando el botón de prueba. Se la realiza como por ejemplo para: bobinas, transformadores, bobinas de motores.
- **El modo de prueba automático.-** Diseñado con múltiples puntos de prueba de los materiales resistivos y/o de baja inductancia. Comienza cuando el operador presiona el botón de prueba, y al mover el sensor de un punto a otro, se detiene la prueba y se presentan los resultados en pantalla.

Especificaciones técnicas

CUADRO No. 16

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO PARA LA MEDICIÓN DE RESISTENCIA DE DEVANADOS

ELECTRICAS							
Rango	5.0000mΩ	25.000mΩ	250.00mΩ	2500.0Ω	25.000Ω	250.00Ω	2500.0Ω
Exactitud	0.05% +0.5μΩ	0.05% +3μΩ	0.05% +30μΩ	0.05% +0.3mΩ	0.05% +3mΩ	0.05% +30μΩ	0.05% +300mΩ
Resolución	0.1μΩ	1μΩ	10μΩ	0.1mΩ	1mΩ	10mΩ	100μΩ
Corriente de prueba	10 ^a	10 ^a	10A	1A	100mA	10mA	1Ma
Modo de medición	Tres modos: Inductivo, resistivo o automático.						
Alimentación	Baterías NiMH recargables de 6V, 8.5 Ah						
Vida de batería	Aproximadamente 5000 ensayos de 10 ^a						
Ahorro de energía	La pantalla se apaga después de un tiempo programable por el operador.						
Memoria	Almacenamiento de 1500 resultados de prueba. Dichos resultados pueden ser revisados en pantalla, en un PC o en una impresión directa.						
MECÁNICAS							
Dimensiones	270 × 250 × 180 mm						
Peso	3.69 Kg						
PANTALLA							
Tamaño	102 × 57 mm						
Iluminación	Azul electro luminiscente						
Color	Caja amarilla de seguridad, panel frontal gris.						
COMUNICACIÓN							
Puerta de interface	PC, terminal remoto, impresa o disparo de ensayo mediante cierre de contactos.						

3.1.5.1.2. Equipo para la prueba de relación de transformación.- El equipo utilizado para llevar a cabo la prueba de relación de transformación, es con el medidor de relación de espiras “TTR”, (siglas en ingles), mediante la aplicación de esta prueba, es posible detectar cortocircuitos entre espiras, polaridad, secuencia de fases, circuitos abiertos, etc.

GRÁFICO N° 10
EQUIPO PARA LA MEDICION DE RELACION DE
TRANSFORMACION MARCA AEMC MODELO DTR 8500



Características

El equipo AEMC Instrumens, modelo DTR 8500, es un medidor de relación de transformación automático, digital portátil. Diseñado para la medición en terreno. Si se utiliza el equipo en transformadores no energizados, el DTR 8500, mide con exactitud la relación de espiras, y además muestra simultáneamente la polaridad y la corriente de excitación. Es un equipo totalmente seguro para el operador. Las pruebas se realizan en bajo voltaje. La alimentación es proporcionada por una batería integral de NiCD o por la red de CA. La caja del equipo es sellada de polipropileno estructural, diseñada para soportar los rigores del uso industrial y el uso en terreno.

Especificaciones Técnicas

En la siguiente página se detalla las especificaciones técnicas.

CUADRO No. 17**ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO PARA LA MEDICIÓN DE RELACION DE TRANSFORMACION**

ELÉCTRICAS	
Exactitud	Razón: ≤ 10 a 1: ± 2 % de lectura Razón: ≤ 10 a 1000 a 1: ± 0.1 % de lectura
Frecuencia de excitación	70 Hz
Método de medición	ANSI/IEEE C57.12.90
Alimentación	Doble operación. Batería NiCD y red 115/230 V, 50/60 Hz
Baterías	5 paquetes \times 2 NiCD de 12 V, 1300 mAh, Panasonic P-130 SCR o equivalente
Vida de batería	10 horas de operación continua
Tiempo de carga	14 horas
Mediciones mostradas	Razón de espiras, corriente de excitación RMS, polaridad
MECÁNICAS	
Dimensiones	330 \times 305 \times 152 mm
Peso	6.4 Kg
Caja	Polipropileno estructural. (color amarillo)
Cables de prueba	4.5 m

3.1.5.1.3. Equipo para la prueba de relación de polaridad.- Como ya se mencionó en el subtema anterior, se describió que el equipo AEMC, DTR 8500, es un equipo que nos da la información de la relación de polaridad.

3.1.5.1.4. Equipo para la prueba de vacío y para la prueba de corto circuito.-

Para determinar las pérdidas en el núcleo del transformador, se aplica el voltaje nominal del transformador por el devanado de bajo voltaje, y se miden los siguientes datos: voltaje V_p , la corriente de vacío I_o y la potencia P_o , que representa la potencia de vacío o las pérdidas en el núcleo del transformador.

Existen equipos que nos permiten verificar las pruebas tanto de vacío como de corto circuito. Luego de analizar algunos equipos, se decidió elegir el equipo HIPOTRONICS, modelo TTS155.

Características

La Serie TTS son pruebas independientes y establece la incorporación de todas las características necesarias para las pruebas de una y tres fases de transformadores de distribución. Para realizar las pruebas, la salida del conductor principal de la prueba está conectado a los terminales del secundario del transformador en bajo prueba. La tensión nominal del secundario se aplica luego al transformador. A la tensión nominal, se miden las pérdidas de corriente de excitación y las pérdidas excitación.

La pérdida de impedancia, las pruebas de tensión en la impedancia y de carga de corriente total funcionan por la reconexión de la salida de la prueba establecida en el primario del transformador y cortocircuito en los terminales del secundario. El equipo de prueba se utiliza para distribuir la corriente nominal.

Especificaciones Técnicas.

La salida de voltaje de las unidades listadas abajo es de 480 Vac, 50/60 Hz, 3 fases. Para otras salidas de voltaje consultar al departamento de ventas.

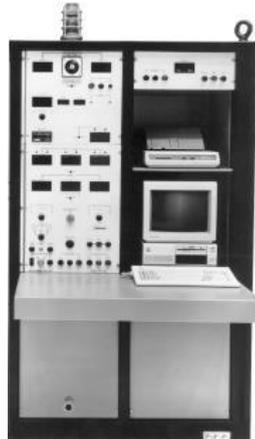
CUADRO No. 18
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO PARA LA MEDICIÓN DE PÉRDIDAS EN EL TRANSFORMADOR

MODELO	TAP	SALIDA DE VOLTAJE NOMINAL	FUNCIONAMIENTO		CAPACIDAD TOTAL	
			Continuo	Encendido 5 minutos apagado 15 minutos	Pérdida de excitación	Perdida de corriente de impedancia a carga máxima
TTS-90	1	0-240 V	114 A	228 A	4500 kVA	1500 kVA
	2	0-300V	91 A	182 A	4500 kVA	1500 kVA
	3	0-480V	57 A	114 A	4500 kVA	1500 kVA
	4	0-600V	46 A	92 A	4500 kVA	1500 kVA
TTS-155	1	0-240 V	190 A	380 A	7500 kVA	2500 kVA
	2	0-300V	152.5 A	305 A	7500 kVA	2500 kVA
	3	0-480V	95 A	190 A	7500 kVA	2500 kVA
	4	0-600V	76.5 A	153 A	7500 kVA	2500 kVA

- La corriente de pérdida está basada en una corriente de excitación de 2%.

- La pérdida de impedancia de corriente a carga máxima está basada en una impedancia de 6,25% y un voltaje primario máximo de 34,5 kV.

GRÁFICO N° 11
EQUIPO PARA LA MEDICION DE PÉRDIDAS EN VACÍO Y CORTO
CIRCUITO MARCA HIPOTRONICS MODELO THREE PHASE
TRANSFORMER-LOSS TEST SET. TTS155



3.1.5.1.5. Equipo para la prueba de resistencia de aislamiento.- El equipo utilizado para medir la resistencia de aislamiento se denomina: Megómetro. Este equipo puede ser analógico o digital, según las necesidades. Para la selección del megómetro, se tiene como referencia lo siguiente:

Potencia transformador	Megómetro
Hasta 50 KVA	De 1000 V
Mayores de 50 KVA	De 2500 V

Por lo general, en los transformadores de distribución la potencia límite es de 50 KVA. El equipo que se recomienda para realizar esta prueba es:

GRÁFICO N° 12
EQUIPO PARA LA MEDICION DE RESISTENCIA DE AISLAMIENTO
MARCA AEMC MODELO 5060



Características.

El megómetro analógico/digital de la marca AEMC, 5060, incluye el cálculo y presentación automáticas de la Relación de de Absorción Dieléctrica (DAR), el Índice de Polarización (PI) y el valor de Descarga Dieléctrica (DD). El múltiplo de la relación PI puede, además, ser definido por el usuario.

Esto modelo ha sido diseñado con un alto nivel de seguridad. El equipo está dentro de una robusta carcasa aislada. Si el instrumento detecta una tensión superior a los 25V en el equipo a ensayar, bloqueará automáticamente la generación de tensión impidiendo así la ejecución del ensayo. Los terminales de ensayo integrales poseen topes en su protección aislante haciendo muy segura su operación. Además, los cables para la conexión de ensayo, provistos con el equipo, están clasificados para 5000V tanto para ensayo como para medición.

El equipo opera con una batería recargable incorporada o pueden tomar energía desde la red de CA. Viene equipado con un puerto RS-232 lo que permite su programación y funcionamiento remoto desde una PC. Con ello se pueden documentar automáticamente las condiciones del ensayo y los resultados obtenidos

Especificaciones Técnicas

ELECTRICA	
Tensión de ensayo/escala	
500V	30k Ω a 2000G Ω
1000V	100k Ω a 4000G Ω
Tensión de ensayo. Seleccionable por el usuario	Programable: 40 a 1000V en pasos de 10V
Corriente de Corto Circuito	Circuito <1.6mA \pm 5%
Duración del Ensayo Programable R(t)	1 a 60 minutos
Descarga Después del Ensayo	Automática
Prueba de seguridad	0 a 1000 V _{CA/CC} (16 a 420 Hz) 1 V de resolución
Tensión en el equipo a ensayar/bloqueo de ensayo	Sí, >25 V
Alimentación	Ocho NiMH baterías recargables Línea de potencia 85 a 256 V _{AC} (50/60 Hz)
MECANICA	
Dimensiones	270 x 250 x 180 mm
Peso	4.3 Kg
COMUNICACIÓ	
Almacenaje de lecturas	Memoria de 128 kB
Intervalos de lectura programable	5 seg a 15 min
Indicación de tensión de ensayo	Sí
Indicación del tiempo transcurrido en el	Sí
Tiempo real/fecha	Sí
Bloque de tensión de ensayo	Programable por el usuario
Puerto de comunicación	RS-232
Software/reportes	DataView
Operación mediante un PC	Sí

3.1.5.2 Equipos para las pruebas al aceite

3.1.5.2.1 Equipo para la prueba de número de neutralización.- Existen algunas variedades de equipos para realizar esta prueba, pero el equipo que se recomienda es el kit *TITRA-LUBE TAN*, de la marca *DEXIL*. El método que utiliza el KIT para comprobar el número de acidez es el ASTM D 664.

GRÁFICO N° 13
KIT PARA LA PRUEBA DE NUMERO DE NEUTRALIZACION MARCA
DEXIL MODELO TITRA- LUBE TAN



Características.

Se utiliza en la oxidación de aceites en donde, éste es una causa principal del funcionamiento defectuoso. Estos aceites pueden ser analizados para la cantidad de ácido total rápidamente y fácilmente de incorporar el kit de prueba TITRA-LUBE TAN en un programa de mantenimiento preventivo. El monitoreo exacto del fluido para reducir la cantidad de numero de acidez, reduce el costo de reparación o el reemplazo del equipo.

Diseñado para ser usado por personal no técnico, el kit puede detectar con exactitud el ácido formado en menos de 5 minutos en el sitio de trabajo. El TITRA-LUBE TAN, se iguala estrechamente con resultados obtenidos por métodos más costosos en laboratorio como el método ASTM D-664.

Todos los reactivos pre-medidos no son peligrosos y están sellados en ampollas de vidrio para la consistencia, con resultados exactos. El kit viene con todo lo necesario para llevar a cabo la prueba.

Especificaciones.

Analisis	Número total de acidez
Tipos	Aceites lubricantes, aceites industriales
Metodos de deteccion	Similar al ASTM D 664
Niveles de accion	0 - 2 TAN Unidades (mg KOH/gr de la muestra)
Exactitud total	±10%
Tiempo de analisis	5 minutos

3.1.5.2.2 Equipo para la prueba de tensión interfacial

El equipo que se recomienda para realizar esta prueba es el *TENSIOMETER EASYDYNE*, de la marca *KRÜSS*. El método que utiliza el equipo es el método del anillo de Du Noüy. Este método es normalizado, según ASTM D 971 ó D 2285. El equipo es ideal para el análisis del aceite para transformadores.

GRÁFICO N° 14

EQUIPO PARA LA PRUEBA DE TENSION INTERFACIAL MARCA KRÜSS MODELO TENSIOMETER EASYDYNE



Características.

El equipo EasyDyne es un tensiómetro para medir la superficie y la tensión interfacial de líquidos usando el método del plato de Wilhelmy o el método del anillo de Du Noüy. Además, puede determinar la densidad de líquidos. El equipo combina la facilidad de uso, la flexibilidad y robustez. La etapa de muestra motorizada puede ser ajustado a mano, también asegurar preparativos rápidos de las mediciones mientras es conducido suavemente por un motor

eléctrico durante la medición. Las mediciones son llevadas automáticamente, controlado por el procesador de micro incorporado.

Los métodos estadísticos y de corrección son implementados de tal manera que al final los resultados medidos pueden ser leídos directamente desde el display. La calibración tiene que ser hecha una sola vez independientemente del método de medición, ya que todos los parámetros y datos de calibración son guardados automáticamente. Para que los resultados medidos sean exactos el instrumento está equipado con un parabrisas para evitar la influencia de corriente de aire.

Especificaciones técnicas.

Rango de medición	
SFT/IFT	1 - 999 mN/m
Densidad	1 - 2200 kg/m ³
Temperatura	-10 - 100°C
Resolución	
SFT/IFT	+/- 0.1 mN/m
Densidad	1 kg/m ³
Temperatura	0.1°C (opcional)
Posición de muestra	
Paso de velocidad	0,15 - 1,5 mm/s (ajustable en pasos de 100)
Distancia de recorrido	75 mm
Corrección de anillo	Zuideman & Waters, Harkins & Jordan
Pantalla	320 x 240 pixel
Datos de salida	RS232, USB
Consumo de energía	Máximo 10 W
Suministro de energía	90 - 264 V / 50 - 60 Hz
Peso	11 kg
Dimensiones	270 x 420 x 350 mm

3.1.5.2.3. Equipo para la prueba de tensión de ruptura dieléctrica.- El equipo que se utiliza para la realizar esta prueba es el HIPOTRONICS OC60D/OC90D.

GRÁFICO N° 15

EQUIPO PARA LA PRUEBA DE TENSION DE RUPTURA DIELÉCTRICA MARCA: HIPOTRONICS MODELO: OC60D/OC90 D



Características

Los probadores digitales Hipotronics de la serie OC de líquido dieléctrico realizan la prueba con precisión y una prueba fiable de dieléctricos fuertes de líquidos aislantes usados en una amplia variedad de aparatos eléctricos.

La serie OC es diseñada de acuerdo a las especificaciones de prueba en todas las partes del mundo y las celdas de prueba están disponibles para ASTM D 877, ASTM D 1816 y IEC 156. El equipo resistente es aun liviano y portátil diseñado para asegurar años sin complicaciones de operación tanto en el campo y en el laboratorio.

La serie Hipotronics OC tiene tres tipos pre programados de aumento de voltaje y la terminación automática de voltaje sobre una muestra mal tomada. Una memoria digital kilovoltometrica automáticamente conserva la lectura de falla de voltaje hasta que se resetea manualmente.

Las celdas de prueba disponibles para la prueba según ASTM D 877, o para las pruebas según ASTM D 1816 y IEC 156. Las pruebas del aceite aislante según las especificaciones ASTM y IEC.

Especificaciones técnicas

GENERAL			
Salida de voltaje	0 – 60 kV	Entrada de voltaje A	120 V, 60 Hz
Exactitud de medida	± 2% toda la escala	Entrada de voltaje B	220 V, 50/60 Hz
PESOS Y DIMENSIONES			
	W×H×P(cm)	Peso neto	Peso total
OC60D	41×33×38	31 kg	86 kg
OC90D	76×30×43	55 kg	86 kg
TCDE	15×10×8	1 kg	2 kg
TCVDE	15×15×15	2 kg	5 kg
TCVDE90	33×15×15	5 kg	9 kg
OCCM-E	15×15×15	2 kg	4 kg

3.1.5.2.4 Equipo para la prueba de densidad relativa

El equipo recomendado para esta prueba es el *API THERMOHYDROMETERS*, de la marca *THOMAS*, ya que es un instrumento sencillo pero útil para determinar la densidad relativa del aceite dieléctrico.

GRÁFICO N° 16

EQUIPO PARA LA PRUEBA DE DENSIDAD RELATIVA MARCA THOMAS MODELO API ASTM THERMOHYDROMETERS



Características y especificaciones

- Termohidrómetros conforme a las especificaciones ASTM.
- La unidad incluye un termómetro.
- La temperatura de estandarización es de 60 °F.
- Divisiones de 0,1.
- Longitud de 380 mm.

3.1.5.2.5. Equipo para la prueba de color.- El sugerido para realizar la prueba de color es el *15260-3 SETA MULTICOLOUR AUTOMATIC COLORIMETER*, ya que éste cumple la norma ASTM D 124; además es un equipo automático, de donde se puede determinar rápidamente el rango en que se encuentra el color del aceite.

GRÁFICO N° 17

EQUIPO PARA LA PRUEBA DE COLOR MARCA STANHOPE MODELO 15260-3 SETA MULTICOLOUR AUTOMATIC COLORIMETER



Características

Es un dispositivo automático de espectrómetro colorímetro diseñado para el análisis rápido del color de productos petroquímicos, el 15260-3 es seleccionable para Saybolt, ASTM, PtCo/Hazen/APHA, datos espectrales y determinaciones de color según CIE.

Los parámetros son ingresados vía menú del sistema y la prueba siguiente es iniciada por la presión una sola tecla con resultados disponibles dentro de 25 segundos. Hasta 32 resultados pueden ser guardados en la memoria interna.

El equipo también puede ser controlado y procesar los datos en un computador IBM personal compatible usando el software proporcionado.

Suministrado con: software, 33 mm de celdas de vidrio óptico, 50 mm de celdas de vidrio óptico, filtro de vidrio certificado conforme ASTM color 3.5, lámpara de repuesto, suministro de energía universal y manual de instrucciones. Operación automática.

- Incluyen múltiples escalas de color según ASTM y Saybolt.
- Medición rápida, menos de 25 segundos.
- Interface RS232.

Especificaciones técnicas.

Tiempo de medición	Menos de 25 segundos
Calibración	Presionando una sola tecla, totalmente automático
Origen de luz	5 V, 10 W, lámpara halógena de tungsteno
Interface	Puerto paralelo, puerto RS 232
Almacenamiento de datos	32 datos
Voltaje de entrada	Suministro de energía de la unidad vía externa universal
Display	2 x 40 caracteres encendido desde a la parte de atrás por LCD
Teclado	21 teclas
Instrucciones	7 idiomas: Inglés, español, francés, alemán, italiano, portugués y holandés.
Medidas	17 x 20 x 44 cm
Peso	7 kg

3.1.5.2.6. Equipo para la prueba de examen visual

Esta prueba no necesita un equipo, la norma ASTM D 1524, describe el método que se debe seguir para analizar el aceite dieléctrico.

3.1.5.2.7. Equipo para la prueba de análisis de gases disueltos.- El *TRANSPORT X*, es el equipo que se recomienda para el análisis de gases disueltos en los transformadores. El equipo es portátil, por lo que permite realizar pruebas en campo.

GRÁFICO N° 18
EQUIPO PARA LA PRUEBA DE ANALISIS DE GASES DISUELTOS
MARCA KELMAN MODELO: TRANSPORT X



Características

El TRANSPORT X usa una nueva tecnología para proporcionar resultados exactos en cuestión de minutos. Representa una herramienta invaluable de diagnóstico que mejorará la fuerza del AGD de cualquier programa de mantenimiento.

El equipo tiene un amplio rango de detección con excelente exactitud para todos los 7 gases de falla. Además mide el contenido de agua en el aceite y puede ser expresada en partes por millón o saturación relativa. Extremadamente sencillo, operación paso a paso, no requiere calibración, ajuste o interpretación de resultados. Para los resultados en sitio en cuestión de minutos.

El TRANSPORT X no requiere gases de calibración o gases de arrastre. El peso del equipo es de 11 kg (24 lbs) en una maleta de transporte robusta y conveniente. Incluye algoritmos de AGD – Relaciones de Rogers, Triángulo de Duval y Gases Clave IEEE. Niveles de ajustes de Precaución y Alarma para todos los gases. Habilidad para probar muestras de gases tomadas de Relevadores Buchholz.

Incluye software TransportPro para PC que permite el almacenamiento y exportación para posterior trazado de tendencias y análisis de resultados.

Especificaciones técnicas

PARAMETRO	VALOR
Hidrogeno (H ₂)	5 – 5000 ppm
Monóxido de carbono (CO)	1 – 50000 ppm
Dióxido de carbono (CO ₂)	2 – 50000 ppm
Metano (CH ₄)	1 – 50000 ppm
Acetileno (C ₂ H ₂)	1 – 50000 ppm
Etano (C ₂ H ₆)	1 – 50000 ppm
Etileno (C ₂ H ₄)	1 – 50000 ppm
Agua (H ₂ O)	± 3 ppm
Exactitud	± 5% o ± 2 ppm
Rango de temperatura	0 – 50 ° C operación
Alimentación	110 – 250 Vac, 47 – 63 Hz, 12 w
Comunicación	Puerto USB
Peso	11 kg (24 lbs)
Dimensiones	170 x 340 x 460 mm
Volumen de la muestra de aceite	50 ml

3.1.5.2.8 Equipo para la prueba de análisis de contenido de humedad

Este equipo determina la cantidad de humedad del aceite aislante, mediante un Titulador Coulométrico Automático Karl Fischer. C30 – Coulómetro completo.

GRÁFICO N° 19
EQUIPO PARA LA PRUEBA DE ANALISIS DE CONTENIDO DE
HUMEDAD MARCA MEGGER MODELO KF875, KF- UNI



Características

El equipo de prueba está diseñado para determinar la humedad en el aceite, para proveer resultados muy exactos en sitio. Los instrumentos KF875 y KF-UNI son portátiles, completos con impresora integral y fácil transporte, fácil uso. Óptimo para prueba de aceites aislantes con una especificación de 0,875. El megger KF875 requiere que el operador presione un solo botón e inyectar una muestra de 1 ml en la celda de prueba. La simple operación del KF875 es tan fácil que no requiere ser especialista en conocimientos o un entrenamiento en el uso efectivo.

Especificaciones técnicas.

	KF UNI	KF 875
Metodo de valoración	Coulorimetro Karl Fischer	
Rango de medición, agua	1 µg – 10 mg	
Rango de medición, humedad	1 ppm – 100 ppm	1 ppm – 100 ppm
Velocidad máxima de valoración	2 mg por minuto	
Corriente maxima	400 ma	
Suministro de energía	90 – 264 Vac, 47 – 63 Hz	
Vida de bateria	8 horas de funcionamiento	
Batería baja	Indicación en el display	
Dimensiones	250 x 245 x 20 mm	
Peso	3 kg	

3.1.5.2.9. Equipo para la prueba de análisis de contenido de PCB's

El equipo sugerido es el *L2000®DX ANALYZER*, de la marca *DEXSIL*. Es un equipo que nos permite analizar al aceite para determinar si está contaminado con PCB's.

GRÁFICO N° 20

EQUIPO PARA LA PRUEBA DE ANALISIS DE CONTENIDO PCB'S

MARCA DEXSIL MODELO L2000®DX ANALYZER



Características

El analizador L2000DX PCB/Chloride es un instrumento portátil de campaña que incorpora un ion el electrodo específico que puede cuantificar compuestos clorados en una matriz de cuatro. Energizado por una batería recargable de 8Vcd o la corriente alterna de 120 Vca, el L2000DX puede cuantificar compuestos tratados con cloro de 3 ppm a 2000 ppm.

Programado en el instrumento para una variedad de compuestos, son la eficacia de extracción, factores de conversión y otras variables para el análisis exacto y confiable. Para compuestos únicos, el usuario puede diseñar y el programa sus propios métodos en el instrumento.

Especificaciones técnicas

Análisis	PCB's, agua. En transformadores
Método de detección	Electroquímico
Nivel de acción	Aceite: 3 – 2000 ppm
	Tierra: 3 – 2000 ppm
Tiempo de análisis	Aceite: 5 minutos.
	Tierra, agua: 10 minutos

3.1.5.2.10. Equipo para la medición del ruido

El equipo sugerido es el *DECIBELÍMETRO PCE-353*, de la marca *PCE GROUP*. Es un equipo que nos permite analizar el ruido en los transformadores con gran exactitud.

GRÁFICO N° 21

EQUIPO PARA LA PRUEBA DE MEDICION DEL RUIDO MARCA PC GROUP MODELO DECIBELÍMETRO PCE-353



Características

Concretamente el decibelímetro PCE-353 es un instrumento para indispensable para realizar valoraciones sonoras en diferentes áreas de trabajo.

Gracias a su memoria interna de 32.000 valores, este decibelímetro es ideal para grabaciones de larga duración. Los valores medidos se pueden transmitir desde el decibelímetro al PC con la ayuda del cable de la interfaz RS-232 para su

posterior valoración. El decibelímetro cumple todas las normativas y prescripciones vigentes para mediciones de ruido.

Especificaciones técnicas

PARAMETRO	VALOR
Memoria para Indicador digital Gráfico analógico	32.000 valores se actualiza cada 0,5 división de 4 dB, rango de 100 dB
Rango	30 - 130 dB
Precision	± 1,5 dB
Salida analógica	2 Vrms EW a 600 Ohm
Salida analógica Pantalla	10 mV / dB a 100 Ohm
LCD	35 mm y 4 dígitos
Valoración tiempo	lenta y rápida

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 Conclusiones.

Al finalizar el proyecto se llegan a las siguientes conclusiones:

- Evaluando el proyecto desde el punto de vista tecnológico, científico y práctico se determina que es factible la implementación del laboratorio de pruebas de transformadores en Universidad Técnica de Cotopaxi sede La Maná.
- La ejecución del proyecto permitió determinar el equipo necesario requerido para realizar las diferentes pruebas de funcionamiento de un transformador, antes de que empiece a operar definitivamente.
- De las encuestas realizadas a la comunidad educativa de la institución sobre la conveniencia de realizar el proyecto se determinó el respaldo absoluto pues su implementación contribuye a mejorar el nivel académico de los estudiantes. En el laboratorio donde se adquieren capacidades y destrezas que mejoran el nivel profesional, al poner en práctica los conocimientos adquiridos en el aula.

4.2 Recomendaciones.

Se recomienda

- Se motive a los estudiantes el uso correcto del equipo para preservar su integridad así como la vida útil del laboratorio, observando las normas de seguridad pertinentes.
- Elaborar y aplicar un plan de mantenimiento a todos los equipos del laboratorio para garantizar su operatividad y lograr un ambiente adecuado de trabajo a las futuras generaciones de estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica.
- Controlar que después de cada práctica los equipos queden ordenados, limpios y debidamente ubicados en los lugares designados para cada uno de ellos.
- Realizar las prácticas revisando los parámetros establecidos por el fabricante de cada equipo para evitar daños futuros en los mismos.

4.3 Referencias Bibliográficas.

LIBROS

- BALCELLS Josep, *Calidad y Uso Racional de la Energía Eléctrica*. Editorial Circuito. 2011, p.69. ISBN: 978-84-699-2666-7.
- CARRETERO Antonio, *Gestión de la Eficiencia Energética: Cálculo del Consumo, Indicadores y Mejora*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2012, p.187. ISBN: 9788481437522.
- CATHEY, Jimmie J., *Máquinas eléctricas*. 2^{da} Edición, México, 2002
- ENRÍQUEZ Harper, *La Calidad de la Energía en los Sistemas Eléctricos*. Editorial Limusa. 2012, p.185. ISBN: 978-968-18-6736-2
- FÉLICE Érice, *Perturbaciones Armónicas*. Editorial Paraninfo. 2009, p.73. ISBN: 978-84-283-2827-7.
- FERNÁNDEZ, Carlos. *Instalaciones Eléctricas Interiores*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2010, p.46. ISBN: 9788497325813.
- FERNÁNDEZ, José. *Eficiencia Energética en los Edificios*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2011, p.123. ISBN: 978-84-96709-71-3.
- MYERS, S.D., *Guía para el mantenimiento del transformador*, 3^{ra} Edición, Estados Unidos, 2005.
- NAVARRO José, MONTAÑÉS Antonio, SANTILLÁN Ángel, *Instalaciones eléctricas de alta tensión*, 3^{ra} Edición, Editorial Paraninfo, España, 2002.

- PÉREZ, Pedro Avelino, *Transformadores de distribución*. 2^{da} Edición, Editorial Reverte, México, 2006.
- PÉREZ José, *Instalaciones Eléctricas en Edificios*. Editorial Creaciones Copyright. 2011, p.215. ISBN: 978-84-96300-03-3.
- REY Francisco, *Eficiencia Energética en Edificios. Certificación y Auditorías Energéticas*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2006, p.187. ISBN: 9788496709713.
- ROMERO Cristóbal, *Domótica E Inmótica. Viviendas Y Edificios Inteligentes*, (2^a Edición). 2011, ISBN: 9788478977291.
- SÁNCHEZ Luis, *Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión en el Sector Agrario y Agroalimenticio*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2008, p. 122. ISBN: 9788484763246.
- TORRES José, *Sobreintensidades en Baja Tensión. Riesgos Protecciones y Aparamentos*. Editorial A. Madrid Vicente Ediciones. 2009, p.121. ISBN: 978-84-8143-290-3.
- TRASHORRAS Jesús, *Proyectos Eléctricos. Planos y Esquemas*. Editorial Paraninfo. 2011, p.95. ISBN: 978-84-283-2664-9.

Anexos

Anexo 1. Encuesta Aplicada.

Universidad Técnica de Cotopaxi

La Maná.

Señores:

Estudiantes y Docentes.

Proyecto de tesis: **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS DE TRANSFORMADORES EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI SEDE LA MANÁ, DEL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI AÑO 2013”**

Para efectos de la realización de este proyecto se requiere recabar información para lo cual necesitamos conocer su opinión, por tal razón le agradecemos se digne contestar la siguiente encuesta.

1.- ¿Cómo considera la eficiencia de la energía eléctrica en la UTC- La Maná?

Bueno ()

Malo ()

Regular ()

2.- ¿Usted piensa que las instalaciones eléctricas en la UTC-La Maná son seguras?

Si ()

No ()

3.- ¿Cree que es necesario la implementación de un laboratorio de prueba de transformadores en la UTC-La Maná?

Si ()

No ()

4.- ¿Cómo considera la instalación de un laboratorio de prueba de transformadores para que los estudiantes mejoren sus conocimientos?

Bueno ()

Malo ()

Regular ()

5.- ¿Usted ha tenido la oportunidad de ingresar a un laboratorio de prueba de transformadores?

Si () No ()

6.- ¿Cómo considera los conocimientos actuales que poseen los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Electromecánica en la UTC- La Maná?

Bueno () Malo () Regular ()

7.- ¿Los docentes tienen la oportunidad de impartir sus clases de manera correcta sin contar con un laboratorio en las aulas de la UTC-La Maná?

Si () No ()

8.- ¿Considera que las instalaciones eléctricas existentes tienen riesgos para la seguridad de los estudiantes?

Si () No ()

9.- ¿Considera que las instalaciones eléctricas de la UTC- La Maná cuentan con protecciones adecuadas?

Bueno () Malo () Regular ()

10.- ¿Cree Ud. que es necesario que el laboratorio cuente con instrumentos de última tecnología?

Si () No ()

Anexo 2. Prueba de Polaridad



Anexo 3. Revisión de Placa Característica

