

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA DE ELECTRÓNICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE
TRANSFORMADOR TRIFÁSICO ELEVADOR PARA EL
LABORATORIO DE MÁQUINAS Y CONTROL INDUSTRIAL DEL
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO, Y
ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO**

POR:

CBOS. TEC. AVC. CALO CATOTA EDWIN VINICIO

**Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para la obtención
del Título de:**

**TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA MENCIÓN
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA.**

2010

CERTIFICACIÓN

Certifico que el siguiente trabajo fue realizado en su totalidad por el Cbos. CALO CATOTA EDWIN VINICIO, como requerimiento parcial a la obtención del título de Tecnólogo en ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA.

Ing. Jessy Jimena Espinosa Bravo

Latacunga, 15 de Octubre de 2010

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado con mucho amor y respeto a las personas más importantes en mi vida, mis padres SEGUNDO Y MARIA, quienes son un gran ejemplo de superación y constancia, a mis hermanos DIEGO y en especial a BYRON, porque fue ante todo mi amigo en todo momento, todos ellos hicieron posible mi anhelo de tener una profesión de honor, ya que estuvieron incondicionalmente apoyándome para alcanzar la meta deseada en el transcurso de mi carrera estudiantil y formación militar.

En este trabajo quiero de alguna manera corresponder a ellos, que su esmero por ver mi superación se vea reflejado en los resultados académicos, siendo esta mi forma de gratitud por la preparación que he recibido.

CALO CATOTA EDWIN VINICIO

Cbos. Téc. Avc.

AGRADECIMIENTO

Primordialmente mi total y más sincero agradecimiento a DIOS por brindarme la vida, a mis padres y hermanos por su incondicional apoyo siempre en todos los momentos buenos y malos.

Al personal docente de la Carrera de Electrónica del “**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO**”, los mismos que con sus valiosos conocimientos fueron los principales participantes, entre ellos a la Ing. Jessy Espinosa, quienes hicieron posible la conclusión de este proyecto, y general a todas las personas que directa o indirectamente estuvieron presentes, para de esta forma desarrollar y afianzar mis conocimientos.

A la **FUERZA AÉREA ECUATORIANA**, por darme la oportunidad tan gratificante de ser parte de ella, y además agradecerla por cumplir un objetivo tan importante para mí vida, el de prepararme académicamente, lo cual es de beneficio personal y de la Fuerza Aérea a la cual sirvo honrosamente

CALO CATOTA EDWIN VINICIO

Cbos. Téc. Avc.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Contenido	Pág.
CARATULA.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	V
ÍNDICE GENERAL DE ANEXOS.....	IX
ÍNDICE GENERAL DE TABLAS.....	X
ÍNDICE GENERAL DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE GENERAL DE FOTOS.....	XII
Introducción.....	XV
Resumen.....	XVI
Summary.....	XVII

CAPÍTULO I

1 EL TEMA

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación e importancia.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Generales.....	3
1.3.2 Específicos.....	4
1.4 Alcance.....	4

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Introducción.....	6
2.2 Fundamentación teórica.....	6
2.2.1 Máquina eléctrica.....	6
2.2.2 Clasificación.....	7
2.3 Transformadores.....	8
2.3.1 Funcionamiento.....	9
2.3.2 La potencia de los transformadores.....	9
2.3.3 Pérdidas en el transformador.....	10
2.3.4 Eficiencia en los transformadores.....	11
2.3.5 Armónicos en un transformador.....	11
2.3.6 Conexiones de transformadores para eliminar armónicas.....	13
2.3.7 Polaridad en un transformador.....	14
2.3.7.1 Nomenclatura de los transformadores.....	15
2.3.7.2 Polaridad aditiva.....	16
2.3.7.3 Polaridad Sustractiva.....	16
2.3.7.4 Como determinar la polaridad de un transformador.....	16
2.3.8 División general de los transformadores.....	18
2.3.8.1 Transformadores Trifásicos.....	19
2.3.8.2 Características generales de los transformadores trifásicos.....	20
2.3.8.3 Construcción.....	21
2.3.8.4 Conexiones de transformadores trifásicos.....	24
2.3.8.4.1 Conexión Delta-Delta ($\Delta - \Delta$).....	24
2.3.8.4.2 Conexión Delta - estrella ($\Delta - Y$).....	26
2.3.8.4.3 Conexión Estrella -Delta ($Y - \Delta$).....	26
2.3.8.4.4 Conexión Estrella - Estrella ($Y - Y$).....	27

2.3.9 Cálculo, diseño y construcción de transf. Monofásicos.....	29
--	----

CAPÍTULO III

3 DESARROLLO DEL TEMA

3.1 Preliminares.....	35
3.2 Análisis de los recursos existentes en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial para determinar la disponibilidad de acometidas eléctricas y dispositivos.....	35
3.2.1 Acometidas eléctricas.....	35
3.2.2 Dispositivos Trifásicos.....	40
3.3 Análisis de los materiales necesarios para la construcción del módulo didáctico de transformador trifásico elevador y las características necesarias de los mismos.....	41
3.3.1 Disyuntor Eléctrico.....	41
3.3.2 Portafusible.....	42
3.3.3 Fusible.....	43
3.3.4 Multímetro con pinza amperimétrica.....	43
3.3.5 Luz piloto.....	44
3.3.6 Conductores Eléctricos.....	44
3.3.7 Terminales para cable conductor.....	46
3.3.8 Herramientas utilizadas.....	47
3.3.9 Conectores jack banana tipo hembra.....	47
3.3.10 Conectores jack banana tipo macho.....	48
3.3.11 Acrílico.....	48
3.3.12 Melamina.....	49
3.3.13 Riel dim.....	50
3.3.14 Aislantes.....	50
3.4 Diseño y construcción de los transformadores monofásicos.....	51

3.4.1	Cálculo para el diseño de los transformadores monofásicos	51
3.4.2	Construcción del transformador monofásico	53
3.4.2.1	Elección del núcleo	53
3.4.2.2	Elaboración del listón de metal	54
3.4.2.3	Construcción de carretes para bobinados	55
3.4.2.4	Construcción de las bobinas	57
3.4.2.5	Montaje del carrete con los bobinados en el núcleo	62
3.5	Diseño y construcción del módulo didáctico de transformador trifásico elevador	64
3.5.1	Diseño de la estructura	64
3.5.2	Construcción de la estructura	65
3.5.3	Ubicación de los elementos	70
3.5.4	Diagramas de conexiones	71
3.5.5	Montaje de elementos	73
3.5.6	Rotulación del panel frontal	81
3.5.7	Instalación del enchufe de cuatro polos y uso del cable flexible 4x14	82
3.5.8	Construcción de cables para conexiones	83
3.6	Pruebas y análisis de resultados	84
3.6.1	Elaboración de guías de laboratorio	84
3.7	Análisis técnico, legal y económico	112
3.7.1	Análisis técnico	112
3.7.2	Análisis legal	112
3.7.3	Análisis económico	112

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.....	116
4.2 Recomendaciones.....	117
Glosario.....	118
Abreviaturas.....	123
Bibliografía.....	125

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Investigación del problema (Anteproyecto).....	126
Anexo B Tabla de propiedades magnéticas de materiales comunes.....	196
Anexo C Características para el cálculo de transformadores.....	198
Anexo D Intensidad de corriente admisible para conductores de cobre.....	199
Anexo E Informe de aceptación.....	200
Anexo F Manual de mantenimiento del modulo didáctico de transformador trifásico elevador.....	201

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Densidad de corriente.....	33
Tabla 3.1 Costo de materiales e instrumentos.....	113
Tabla 3.2 Costo del uso de herramientas.....	114
Tabla 3.3 Costo del uso de máquinas, herramientas y dispositivos.....	114
Tabla 3.4 Costo del uso de los equipos.....	115
Tabla 3.5 Costos varios.....	115
Tabla 3.6 Costo total del proyecto de graduación	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Clasificación de las máquinas.....	7
Figura 2.2	Funcionamiento básico del transformador.....	9
Figura 2.3	Sentido de la corriente por bobinados.....	14
Figura 2.4	Puntos negros que indican polaridad.....	15
Figura 2.5	Polaridad aditiva.....	16
Figura 2.6	Polaridad sustractiva.....	16
Figura 2.7	Determinación de polaridades.....	17
Figura 2.8	Señalización de polaridades.....	18
Figura 2.9	Transformador trifásico.....	19
Figura 2.10	Banco trifásico compuesto por tres transf. Independientes.....	22
Figura 2.11	Transformador trifásico constituido sobre un núcleo de tres columnas.....	22
Figura 2.12	Tipo núcleo.....	23
Figura 2.13	Tipo acorazado.....	24
Figura 2.14	Conexión delta - delta.....	25
Figura 2.15	Conexión delta-estrella.....	26
Figura 2.16	Conexión estrella-delta.....	27
Figura 2.17	Conexión estrella-estrella.....	28
Figura 2.18	Tipos de núcleo.....	29
Figura 2.19	Lados del núcleo.....	30
Figura 3.1	Diagrama de bloques de la acometida eléctrica.....	37
Figura 3.2	Diagrama representativo de la acometida.....	40
Figura 3.3	Núcleo.....	54
Figura 3.4	Diseño de la estructura.....	64
Figura 3.5	Ubicación de los elementos.....	71
Figura 3.6	Diagrama de alimentación e identificación.....	72

Figura 3.7 Diagrama de conexiones de bobinados (primario y secundario).....	72
Figura 3.8 Conexión de bornes a tierra.....	79

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 3.1 Toma de 220V.....	36
Foto 3.2 Toma de 110V.....	36
Foto 3.3 Distribución de la acometida eléctrica.....	36
Foto 3.4 Señalización de tomas eléctricas.....	37
Foto 3.5 Ubicación de las canaletas.....	38
Foto 3.6 Conexión de cables al tomacorriente.....	39
Foto 3.7 Adecuación de alimentación trifásica terminada.....	39
Foto 3.8 Placa motor trifásico.....	41
Foto 3.9 Disyuntor.....	42
Foto 3.10 Portafusible.....	42
Foto 3.11 Fusibles.....	43
Foto 3.12 Multímetro con pinza amperimétrica.....	44
Foto 3.13 Luces piloto indicadoras de fase.....	44
Foto 3.14 Cable flexible 14 AWG.....	46
Foto 3.15 Conductores sólidos.....	46
Foto 3.16 Terminales.....	47
Foto 3.17 Utilización de las herramientas.....	47
Foto 3.18 Jack banana hembra.....	48
Foto 3.19 Jack banana tipo macho.....	48
Foto 3.20 Acrílico.....	49
Foto 3.21 Melamina.....	50

Foto 3.22 Riel din.....	51
Foto 3.23 Aislantes.....	51
Foto 3.24 Listón de metal.....	54
Foto 3.25 Trazado del carrete.....	55
Foto 3.26 Trazado requerido.....	55
Foto 3.27 Tira de papel aislante con dobleces marcados.....	56
Foto 3.28 Paredes del carrete.....	56
Foto 3.29 Paredes del carrrete listas.....	56
Foto 3.30 Terminados de los carretes.....	57
Foto 3.31 Colocación del carrete sobre el listón de metal.....	57
Foto 3.32 Máquina rebobinadora.....	58
Foto 3.33 Máquina rebobinadora (partes).....	58
Foto 3.34 Máquina con carrete.....	59
Foto 3.35 Bobinado con manivela.....	59
Foto 3.36 Aislamiento con cinta mailler.....	60
Foto 3.37 Aislamiento con papel nomex.....	60
Foto 3.38 Fijación con cinta adhesiva.....	61
Foto 3.39 Bobinado del secundario.....	61
Foto 3.40 Bobinado del bobinado secundario terminado.....	62
Foto 3.41 Colocación de chapas tipo E e I.....	62
Foto 3.42 Ajuste de las chapas de silicio.....	63
Foto 3.43 Transformador monofásico terminado.....	63
Foto 3.44 Melamina.....	65
Foto 3.45 Melamina (base).....	66
Foto 3.46 Melamina (bordes).....	66
Foto 3.47 Melamina (colocación de bordes).....	66
Foto 3.48 Platina.....	67
Foto 3.49 Colocación de transformadores en melamina.....	67

Foto 3.50 Acrílico	68
Foto 3.51 Uso de cartulina (blanca)	68
Foto 3.52 Uso del taladro en acrílico	69
Foto 3.53 Uso de la cartulina en acrílico	69
Foto 3.54 Visualización de la distribución en acrílico.....	70
Foto 3.55 Acrílico sobre bordes de melamina	70
Foto 3.56 Ubicación de los jacks banana tipo hembra (12 negros).....	73
Foto 3.57 Ubicación de los jacks banana tipo hembra (3 rojos, 2 negros).....	74
Foto 3.58 Ubicación de las luces piloto.....	74
Foto 3.59 Colocación del riel dim.....	75
Foto 3.60 Ubicación del disyuntor y portafusibles	75
Foto 3.61 Colocación de terminales en cables conductores.....	75
Foto 3.62 Conexiones de los bobinados primarios con jacks.....	76
Foto 3.63 Conexiones de los bobinados secundarios con jacks.....	77
Foto 3.64 Conexiones de portafusibles y disyuntor.....	77
Foto 3.65 Conexiones de portafusibles y luces piloto.....	78
Foto 3.66 Empalmes para conexión	78
Foto 3.67 Conexiones de bornes a tierra.....	79
Foto 3.68 Ajustado de las tuercas.....	80
Foto 3.69 Ajustado de tornillos	80
Foto 3.70 Colocación de cinta para melanina.....	81
Foto 3.71 Diseño en papel adhesivo.....	81
Foto 3.72 Rotulación del módulo.....	82
Foto 3.73 Colocación del cable 4x14.....	82
Foto 3.74 Conexión del cable 4x14 al enchufe tetrafilar.....	83
Foto 3.75 Construcción de cables para conexiones.....	84

INTRODUCCIÓN

El hombre en su constante evolución, ha ido desarrollando grandes avances tecnológicos que existen en la actualidad y se han hecho imprescindibles para nuestra vida.

El presente proyecto tiene como finalidad proporcionar la información necesaria para el correcto desenvolvimiento en el área de Máquinas Eléctricas, rigiéndose específicamente al transformador trifásico elevador y tomando en consideración que el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico cuenta dentro de su malla curricular con la asignatura de máquinas eléctricas y que en la actualidad el presente tema se lo aborda solamente en forma teórica debido a la falta de módulos didácticos, el presente proyecto permitirá a los señores estudiantes de la carrera de Electrónica conocer las características técnicas, funcionamiento, usos, ventajas y desventajas del transformador trifásico, mediante la utilización de este material didáctico que permitirá un mejor desenvolvimiento dentro del campo laboral.

Mediante este medio bibliográfico el lector obtendrá información acerca del estudio realizado para determinar las necesidades del laboratorio de máquinas eléctricas y control industrial, en el cual se determinó la necesidad del presente módulo didáctico, además encontrará información acerca de los transformadores trifásicos, el cálculo de sus bobinas, el procedimiento para su construcción y una guía acerca del funcionamiento y forma de utilización de este módulo didáctico.

Además cabe mencionar que mediante este texto, al lector se le facilitará la operación del módulo, así como también la ejecución de las diferentes prácticas que se realicen con el mismo, logrando con ello un mejor conocimiento y entendimiento sobre la materia.

RESUMEN

La implementación de un módulo didáctico de transformador trifásico elevador, tiene como objetivo ser un aporte en el fortalecimiento de la educación del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, entregando a la sociedad profesionales con conocimientos teórico-prácticos sólidos, capaces de aportar con soluciones a los diversos problemas inmersos en el campo laboral.

El módulo didáctico está conformado principalmente por tres transformadores monofásicos, con los cuales se llevarán a cabo las conexiones: delta-delta, delta-estrella, estrella-delta y estrella-estrella, además de utilizarlo para el funcionamiento de un motor trifásico.

Es importante resaltar que para el desarrollo de las prácticas, se incluye las respectivas guías de laboratorio con sus diagramas de conexión. Además que se realizó una readecuación de la acometida eléctrica, tomando en cuenta la ubicación del módulo.

Para brindar todas las seguridades requeridas el módulo incluye elementos de protección (Disyuntor Trifásico, y portafusibles con sus respectivos fusibles), para la comodidad y seguridad de las conexiones se colocaron jacks banana hembras y un multímetro con pinza amperimétrica que ayudará a medir los diferentes parámetros (voltajes, corrientes, continuidad, etc.) en las prácticas y sus respectivos cables de conexión con jacks banana machos a sus extremos.

SUMMARY

The implementation of a didactic transformer three-phase elevator module has as objectify to be a contribution in the strengthening of education of the Aeronautic Superior Technological Institute. Giving solid practical theoretic professional society with knowledge, able to bring with solutions to the different ones immersed problems into the work world.

The didactic module is constituted by three monophas transformers, mainly which the connections will be completed: Delta delta, delta star, star delta and star besides using it for the functioning of a three-phase motor smashes.

Emphasizing that for the practice development, it includes the respective guides. It is important you are guided of laboratory with his connection charts. Besides that was realized an electrical charge, thinking in the location of the module.

To offer all required safeties the module includes protection elements (Disjunctive Three-phase, and fuses' carrier with his respective fuses,) for the comfort and connection safety female jacks banana were placed, a multimeter that will help to measure the different parameters (Voltages, Currents and continuity, etc) in the practices and for these, his respective ones clothespin male connection wires with jacks banana to his ends.

CAPÍTULO I

EL TEMA:

IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO ELEVADOR PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS Y CONTROL INDUSTRIAL DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONAÚTICO, Y ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO

1.1 ANTECEDENTES

El problema planteado inicialmente se ha ido solucionando poco a poco mediante la implementación de módulos relacionados a la asignatura de Máquinas Eléctricas, los cuales ya están siendo utilizados por los alumnos y docente en dicho laboratorio, cuyos objetivos van encaminados a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica, estos proyectos son los siguientes:

El primero realizado en el 2009, Cbos. Tec. Avc. Guañuna Flores José Luis con el tema “Construcción de módulos del principio de funcionamiento de una máquina eléctrica y elaboración guías de laboratorio”, el objetivo planteado en el desarrollo de su investigación fue analizar la situación actual de los laboratorios de electrónica, mediante la visita a cada uno de ellos para mejorar el proceso de inter-aprendizaje de los estudiantes de la carrera de electrónica del ITSA.

El segundo realizado en el 2009, Cbos. Tec. Avc. Díaz Rosero Andrés Manuel que consiste en la “Construcción de módulo para el funcionamiento del generador de corriente continua (c.c.) y elaboración de guías de laboratorio”, donde se pretendemejorar el proceso de enseñanza mediante un medio didáctico para los estudiantes de la carrera de electrónica.

El tercero realizado en el 2009, Cbos. Tec. Avc. Laica Chacón Freddy Eduardo que consiste en la “Construcción de módulos para el funcionamiento de motores de corriente continua (d.c.), y elaboración de guías de laboratorio”, planteándose

como objetivo complementar mediante la construcción del tema mencionado el proceso de enseñanza y aprendizaje en cuanto refiere a esta asignatura para los estudiantes de la carrera de electrónica del ITSA.

El cuarto realizado en el 2009 por el Cbos. Tec. Avc. Benavides Chacha Holger Estuardo con su tema “construcción de módulos para el funcionamiento de motores monofásicos de corriente alterna (a.c.), y elaboración de guías de laboratorio”, en el cual se plantea implementar el laboratorio de Maquinas Eléctricas mediante la construcción de módulos didácticos para el funcionamiento de motores monofásicos de AC, que permitan mejorar el proceso de inter-aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Electrónica del ITSA.

El quinto realizado en el 2009 por el Cbos. Tec. Avc. Guanopatin Cevallos Jhonny Patricio que consiste en la “construcción de tres módulos de generador de corriente alterna y elaboración de 2 guías de laboratorio”, cuya propuesta es analizar la situación actual de los laboratorios que existen en el ITSA para mejorar los conocimientos teóricos – prácticos de la carrera de Electrónica.

Se puede evidenciar una equitativa propuesta de mejorar el proceso de enseñanza – aprendizaje de los alumnos de la carrera de Electrónica del ITSA mediante la implementación y construcción de módulos didácticos en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial y entre los temas que se revisan en la asignatura de Máquinas Eléctricas faltaría implementar módulos de transformadores para cubrir el plan analítico propuesto por la asignatura que es objeto de estudio de este proyecto. (Ver anexo A).

1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

En los tiempos actuales, se puede distinguir parámetros característicos que deben ser conocidos para el manejo y apropiada explotación a nivel industrial de las máquinas eléctricas y algunas aplicaciones más elementales, siendo de suma importancia, debido a las diferentes aplicaciones industriales el conocimiento detallado de su principio de funcionamiento, tomando en cuenta todas las fallas que ocurren para el correcto desempeño de estas.

Se puede mencionar con mucha certeza una característica importante que ha ayudado al progreso de la rama electromagnética, que es la existencia de laboratorios industriales, siendo una aplicación del electromagnetismo el transformador. Es recomendable que se prepare al personal encargado para futuros procesos industriales mediante equipamiento didáctico que sirva de base para su desempeño real en el campo profesional.

En este trabajo investigativo se plantea la necesidad que tiene el ITSA, como centro de formación académica tanto para el personal militar y civil, de mejorar el proceso de aplicación de conocimientos teóricos de los alumnos de la carrera de Electrónica mediante la implementación de módulos didácticos, ya que el mejoramiento de los laboratorios de Electrónica del ITSA permitirá que este cumpla con la misión de formar los mejores profesionales íntegros y competitivos, pudiéndose lograr con un aporte a la infraestructura de sus laboratorios.

Por lo expuesto anteriormente es justificable la “implementación de un módulo didáctico de transformador trifásico elevador para el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico, y elaboración de guías de laboratorio”, que contribuya con la propuesta de enseñanza– aprendizaje en la asignatura específica de Máquinas Eléctricas que aporte en el desenvolvimiento eficiente del estudiante luego como profesional

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General:

Implementar un módulo didáctico de transformador trifásico elevador para el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA y elaboración de guías de laboratorio.

1.3.2 Objetivos Específicos:

- Verificar la situación actual del laboratorio de Máquinas y Control Industrial para determinar el espacio físico más propicio para la implementación del módulo y alojamiento de los dispositivos eléctricos a utilizarse.
- Recopilar y procesar la información para determinar los requerimientos necesarios del módulo a implementar, teniendo como prioridad que permita a los estudiantes aumentar sus conocimientos prácticos sobre las máquinas eléctricas estáticas, específicamente transformadores.
- Estudiar las características, ventajas y aplicaciones dentro del campo industrial de los transformadores trifásicos.
- Realizar un análisis técnico que pueda determinar la clase de material y el diseño a utilizarse en la implementación del módulo didáctico planteado.
- Implementar el módulo didáctico de transformador trifásico elevador.
- Comprobar el funcionamiento del módulo didáctico de transformador trifásico elevador mediante la ejecución de las diferentes conexiones.
- Elaborar guías de laboratorio que permita al personal que utilice este módulo un correcto manejo del mismo, evitándose así posibles averías.

1.4 ALCANCE

El módulo didáctico de transformador trifásico elevador que se va a implementar está dirigido a los alumnos militares y civiles, además al docente de la Carrera de Electrónica del ITSA, para que el proceso de la aplicación teórica referente a la asignatura de Máquinas Eléctricas se pueda aplicar en forma real. Un mejoramiento en la infraestructura del laboratorio garantiza el complemento

académico que necesita en la actualidad el estudiante para desenvolverse con eficiencia en la parte aplicativa y real en su futuro profesional.

Al disponer de un laboratorio de Máquinas y Control Industrial mejor equipado reflejará sus resultados en un mejor sistema de enseñanza – aprendizaje con instrumentos, equipos y guías con su respectiva actualización, de esta manera se beneficiará directamente a los estudiantes y docentes de la carrera de Electrónica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 INTRODUCCIÓN

En el entorno actual, una empresa o industria está obligada a desarrollar recursos humanos, sistemas de información, capacidades tecnológicas acordes con los nuevos desafíos, ya que se puede dar en la misma un proceso de mecanización de las actividades industriales.

La posibilidad de sustentar el estudio y conocimiento en la electricidad y el magnetismo son dos aspectos que intervienen en las aplicaciones de mejorar el funcionamiento de una máquina que se distingue en orden a mayor utilización de la misma, mejoramiento del sistema de alimentación, posibilidad de que el personal involucrado trabaje con más de una máquina, coordinar o controlar una serie de operaciones y una serie de magnitudes simultáneamente, realizar procesos en cadena con posibilidad del control y corrección de desviaciones.

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1 Máquina eléctrica

“Una máquina eléctrica es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en otra energía, o bien, en energía eléctrica pero con una presentación distinta, pasando esta energía por una etapa de almacenamiento en un campo magnético, una máquina eléctrica tiene un circuito magnético y dos circuitos eléctricos. Normalmente uno de los circuitos eléctricos se llama excitación, porque al ser recorrido por una corriente eléctrica produce los amperivoltios necesarios para crear el flujo establecido en el conjunto de la máquina.”¹

¹http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_el%C3%A9ctrica

2.2.2 Clasificación

Las máquinas eléctricas se clasifican en tres grandes grupos:

- **Generadores:** Son máquinas que transforman la energía mecánica en eléctrica, como las dinamos (cc), y los alternadores (c.a)
- **Motores:** Transforman energía eléctrica en mecánica, los hay de corriente continua, asíncronos, síncronos, etc.
- **Transformadores:** Son máquinas que conservan la forma de energía eléctrica, pero transforman sus características.

Desde el punto de vista mecánico: se clasifican en rotativas y estáticas.

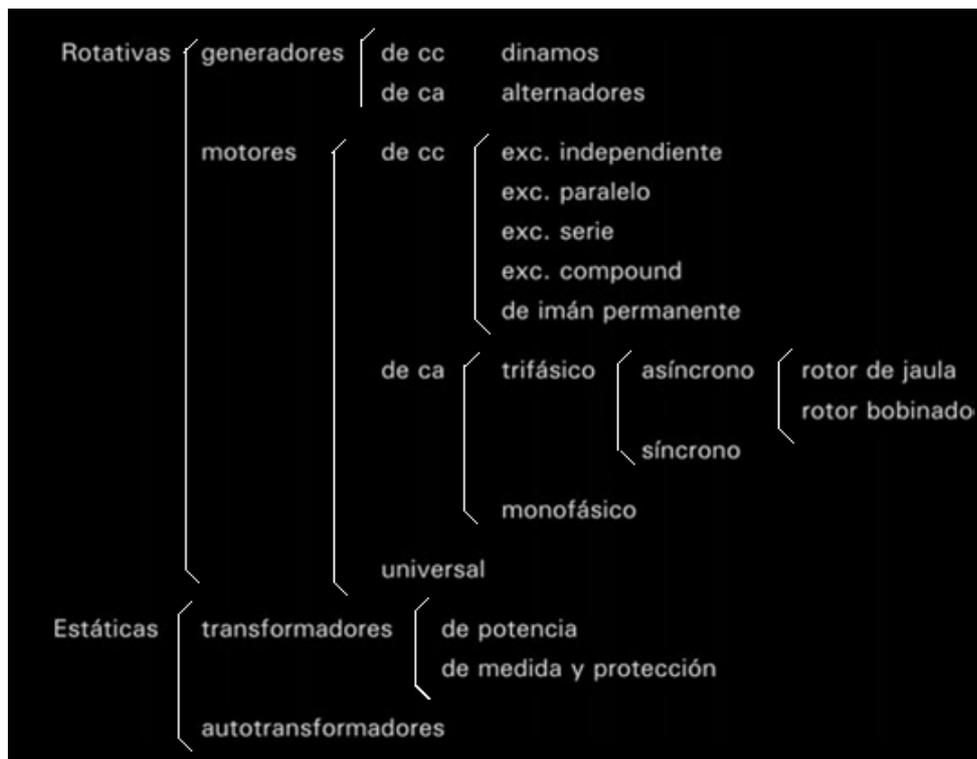


Fig. 2.1. Clasificación de las máquinas

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos36/maquinas-electricas/maquinas-electricas2.shtml>

- Máquinas rotativas: Están provista de partes giratorias como la dínamo, los alternadores, motores, etc. Tienen una parte fija llamada estator y otra

móvil llamada rotor, entre ambas partes hay un espacio de aire llamado entrehierro.

- Máquinas estáticas: No disponen de partes móviles como el transformador.²

2.3 TRANSFORMADORES

“El transformador es un dispositivo estático de tipo electromagnético que tiene doso más devanados acoplados por un campo magnético mutuo (núcleo) y se usapara convertir uno o varios sistemas de c.a. en otro u otros sistemas de c.a. de tensión diferente.”³

Con el transformador se puede reducir la tensión con el fin de distribuirla y consumirla a valores que sean seguros para las personas que manipulan los sistemas eléctricos.

“Si se aplica una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, las variaciones de intensidad y sentido de la corriente alterna crearán un campo magnético variable dependiendo de la frecuencia de la corriente. Este campo magnético variable originará, por inducción electromagnética, la aparición de una fuerza electromotriz en los extremos del devanado secundario.

Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro dulce o hierro silicio. Las bobinas o devanados se denominan primario y secundario según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente.”⁴

²<http://personal.redestb.es/jorgecd/maquinas.html>

³http://html.rincondelvago.com/transformadores_3.html

⁴<http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>

2.3.1 Funcionamiento

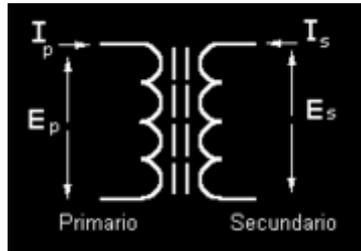


Fig. 2.2 Funcionamiento básico del transformador

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos36/maquinas-electricas/maquinas-electricas.shtml>

La relación entre la fuerza electromotriz inductora (E_p), la aplicada al devanado primario y la fuerza electromotriz inducida (E_s), la obtenida en el secundario, es directamente proporcional al número de espiras de los devanados primario (N_p) y secundario (N_s).

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} \quad (2.1)$$

La razón de transformación (m) del voltaje entre el bobinado primario y el secundario depende de los números de vueltas que tenga cada uno.

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s} = m \quad (2.2)$$

Un transformador posee dos bobinados, uno primario y uno secundario que se arrollan sobre un núcleo magnético común, formado por chapas magnéticas apiladas.

Por el bobinado primario se conecta la tensión de entrada, y por el secundario obtendremos la tensión de salida. El mismo transformador puede actuar como elevador o reductor.

2.3.2 La potencia de los transformadores

La potencia en corriente alterna monofásica está dada como el producto de la tensión por la corriente y por el factor de potencia, de acuerdo a la expresión.

$$P = VI \cos \theta \quad (2.3)$$

Esta fórmula expresa la “potencia real” que se mide en watts, el producto del voltaje (solo) por la corriente da la denominada potencia aparente.

$$P = VI \quad (2.4)$$

“Las normas para transformadores cuando hablan de potencia nominal, se refieren a una potencia que es el producto de la corriente por el voltaje en vacío. La potencia nominal es por lo tanto una “potencia aparente” que es la misma, ya sea que se considere el devanado primario o el devanado secundario. La razón de esta definición que es sólo convencional, se debe al hecho de que se caracteriza a la máquina desde el punto de vista del dimensionamiento.”⁵

2.3.3 Pérdidas en el transformador

Las prestaciones de una máquina eléctrica están limitadas por el calentamiento de sus componentes, las cuales son causadas por las pérdidas que tiene. Así pues, un transformador transmite potencia originando pérdidas. Hay que distinguir entre:

Pérdidas en vacío

Estas se producen cuando el transformador no está sometido a carga y son principalmente las debidas al hierro.

Pérdidas en cortocircuito

Cuando el transformador está sometido a carga estas pérdidas se suman a las pérdidas en vacío originadas en los arrollamientos y son esencialmente las producidas por el efecto Joule, o sea, la conversión de energía eléctrica en calor.

⁵<http://www.alipso.com/monografias/transforma/>

La aplicación de una sobre-carga a la salida del transformador origina un recalentamiento directo e instantáneo de los arrollamientos.

2.3.4 La eficiencia en los transformadores.

En general, la eficiencia de cualquier máquina eléctrica, se calcula como:

Eficiente:

$$\frac{\text{Pot. Salida}}{\text{Pot. Entrada}} = \frac{\text{Pot. Salida}}{\text{Pot. Salida} + \text{Pérdidas}} \quad (2.5)$$

En virtud de que la capacidad de un transformador está basada en su potencia de salida, esta ecuación se puede escribir como:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{KVA salida} \times \text{FP}}{\text{KVA salida por FP} + \text{Perd. Núcleo} + \text{perd. devanados}} \quad (2.6)$$

2.3.5 Armónicos en un transformador

El circuito magnético de los transformadores posee una característica no lineal a partir del codo de saturación que puede distorsionar las ondas de tensión e intensidad. En la práctica razones económicas suelen imponer trabajar con valores de inducción entrados en el codo de saturación. Por tanto, la aplicación de una tensión senoidal no producirá excitación senoidal, e inversamente el flujo de intensidades senoidales será acompañado de tensiones no senoidales entre primario y secundario del transformador.

“En general, los armónicos son producidos por cargas no lineales, lo cual significa que su impedancia no es constante (está en función de la tensión). Estas cargas no lineales a pesar de ser alimentadas con una tensión sinusoidal adsorben una intensidad no sinusoidal, pudiendo estar la corriente desfasada un ángulo

θ respecto a la tensión. Para simplificar se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red.”⁶

Existen dos categorías generadoras de armónicos. La primera es simplemente las cargas no lineales en las que la corriente que fluye por ellas no es proporcional a la tensión. Como resultado de esto, cuando se aplica una onda sinusoidal de una sola frecuencia, la corriente resultante no es de una sola frecuencia.

Transformadores, reguladores y otros equipos conectados al sistema pueden presentar un comportamiento de carga no lineal y ciertos tipos de bancos de transformadores multifase conectados en estrella-estrella con cargas desbalanceadas o con problemas en su puesta a tierra. Diodos, elementos semiconductores y transformadores que se saturan son ejemplos de equipos generadores de armónicos, estos elementos se encuentran en muchos aparatos eléctricos modernos. Invariablemente esta categoría de elementos generadores de armónicos, lo harán siempre que estén energizados con una tensión alterna.

Estas son las fuentes originales de armónicos que se generan sobre el sistema de potencia.

El segundo tipo de elementos que pueden generar armónicos son aquellos que tienen una impedancia dependiente de la frecuencia, que se representa la variación de la impedancia de una inductancia respecto a la frecuencia. La fórmula que determina dicha función es la siguiente:

$$X_L = 2\pi \cdot f \cdot L \quad (2.7)$$

⁶<http://www.monografias.com/trabajos21/armonicos/armonicos.shtml>

2.3.6 Conexiones de transformadores para eliminar armónicas

En cuanto a conexiones de transformadores trifásicos, las más comúnmente utilizadas son: D-Y, Y-Y, Y-D, D-D. La conexión D-Y si se asume que los transformadores tienen una relación de vueltas igual a "n", entonces existen 30° de desfaseamiento entre las corrientes de línea de primario y secundario, mismo que depende de la secuencia de las corrientes. En el caso de secuencia negativa, el desfaseamiento es opuesto al de secuencia positiva.

En la conexión D-Y elimina el flujo de corrientes de secuencia CERO en las líneas del lado de la D y éstas se limitan a circular dentro de la D. En el caso de que la Y del secundario no esté conectada a tierra, entonces, debido a que la corriente del neutro es nula y las corrientes de secuencia CERO están en fase, no existe posible trayectoria para estas corrientes en el secundario. Una situación similar ocurre cuando se deja sin conectar a tierra alguno de los lados de un transformador Y-Y.

Un transformador T1 en conexión Y-Y y un transformador T2 en conexión D-Y cuyos primarios están en paralelo. Los secundarios alimentan a cargas no lineales iguales. Asílmase que sólo existe distorsión de corrientes y que sólo existen armónicas impares, además de la componente fundamental. El transformador T2 puede, alternativamente, conectarse en Y-D.

Debido a que el secundario del transformador T1 no se encuentra aterrizado y el transformador T2 tiene una conexión D en el primario. No existe posibilidad de que las corrientes de terceras armónicas y sus múltiplos fluyan hacia la fuente.⁷

⁷<http://www2.ubu.es/ingelec/ingelect/tcadiz.pdf>

2.3.7 Polaridad en un transformador

Las bobinas secundarias de los transformadores monofásicos se arrollan en el mismo sentido de la bobina primaria o en el sentido opuesto, según el criterio del fabricante.

Debido a esto, podría ser que la intensidad de corriente en la bobina primaria y la de la bobina secundaria circulen en un mismo sentido, o en sentido opuesto.

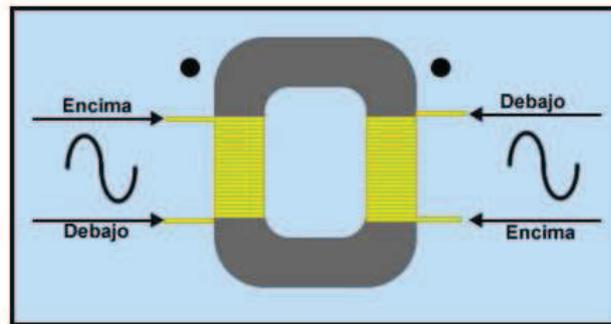


Fig. 2.3 Sentido de la corriente por bobinados

Fuente:<http://www.nichese.com/polar-trans.html>

Al lado de las salidas de las bobinas, se indica por donde sale el final de la última espira y, por donde entra el principio de la primera espira. Es lo que podemos denominar el sentido de los devanados. Esto es muy importante para saber la polaridad del transformador. En la fig. 2.3, tanto el voltaje de la bobina primaria y el voltaje de la bobina secundaria se encuentran en fase. Esto sucede porque el pico de tensión máximo de la bobina primaria coincide con el pico de tensión máximo de la bobina secundaria.

El punto negro indica la polaridad. Daría lo mismo dibujar los dos puntos abajo, porque estamos ante un transformador en fase. La única exigencia es dibujar los puntos: o los dos arriba o los dos abajo, nunca en diagonal.

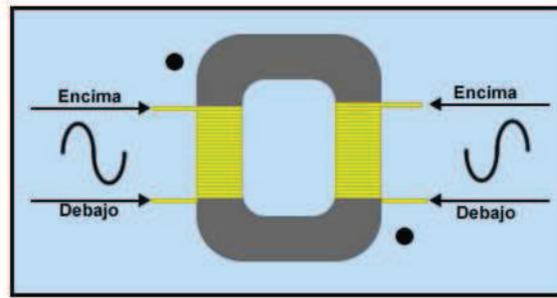


Fig. 2.4 Puntos negros que indican polaridad

Fuente: <http://www.nichese.com/polar-trans.html>

Por el contrario, en la fig. 2.4, observamos como las bobinas han sido devanadas de diferente manera respecto a las bobinas de la fig. 2.3. En este caso, estamos tratando de un transformador desfasado 180° , y se dice que las bobinas tienen devanados con dirección opuesta.

Esto es así, porque el pico de tensión máxima de la bobina primaria está desfasada 180° respecto al pico de tensión máxima de la bobina secundaria.

2.3.7.1 Nomenclatura de los transformadores.

Está establecido como estándar que las entradas a la bobina primaria del transformador se utilicen las siguientes letras:

H1, H2 para el caso de un transformador monofásico.

H1, H2, H3 para el caso de un transformador trifásico.

Y en las salidas de la bobina secundaria se establece la siguiente nomenclatura:

X1, X2 para el caso de un transformador monofásico.

X1, X2, X3 para el caso de un transformador trifásico.

2.3.7.2 Polaridad aditiva

La polaridad positiva se da cuando en un transformador el bobinado secundario está arrollado en el mismo sentido que el bobinado primario. Esto hace que los flujos de los dos bobinados giren en el mismo sentido y se sumen.

Los terminales “H1” y “X1” están cruzados.

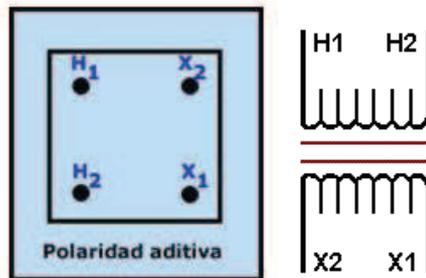


Fig. 2.5 Polaridad aditiva

Fuente: <http://www.nichese.com/polar-trans.html>

2.3.7.3 Polaridad sustractiva

La polaridad sustractiva se da cuando en un transformador el bobinado secundario está arrollado en sentido opuesto al bobinado primario. Esto hace que los flujos de los dos bobinados giren en sentidos opuestos y se resten. Los terminales “H1” y “X1” están en línea.

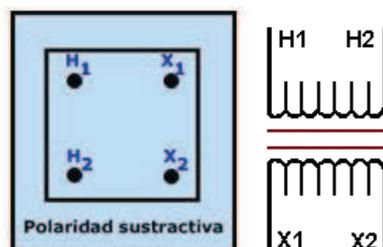


Fig. 2.6 Polaridad sustractiva

Fuente: <http://www.nichese.com/polar-trans.html>

2.3.7.4 Cómo determinar la polaridad de un transformador

Para determinar la polaridad del transformador, se coloca un puente entre los terminales del lado izquierdo del transformador y se coloca un voltímetro entre los

terminales del lado derecho del mismo, luego se alimenta el bobinado primario con un valor de voltaje (V_x). Si la lectura del voltímetro es mayor que V_x el transformador es aditivo o si es menor el transformador es sustractivo.⁸

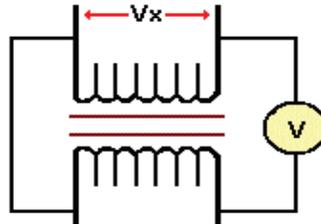


Fig. 2.7 Determinación de polaridades

Fuente: http://www.unicrom.com/Tut_polaridad_transformador.asp

Cuando se energiza el devanado primario de un transformador por medio de una fuente de C.A. se establece un flujo magnético alterno en el núcleo del transformador.

Por definición, un voltaje en c-a cambia continuamente su valor y su polaridad, por lo tanto, el voltaje aplicado en el devanado primario (terminales 1y2) cambia constantemente la polaridad de la terminal 1 con respecto a la terminal 2. Las terminales 1y2 no pueden tener jamás la misma polaridad. La terminal 1 debe ser siempre positiva o negativa con respecto a la terminal 2.

Cuando se habla de la polaridad de los devanados de un transformador, se trata de identificar todas las terminales que tienen la misma polaridad (positiva o negativa) en el mismo instante. Se utilizan marcas de polaridad para identificar estas terminales. Pueden ser cruces, números, letras o puntos negros como en este caso que indiquen cuales terminales tienen la misma polaridad. Estas marcas de polaridad indican que en un instante dado,

Cuando:

- 1 es positivo con respecto a 2,
- 3 es positivo con respecto a 4,
- 6 es positivo con respecto a 5,
- 7 es positivo con respecto a 8.

⁸http://www.unicrom.com/Tut_polaridad_transformador.asp

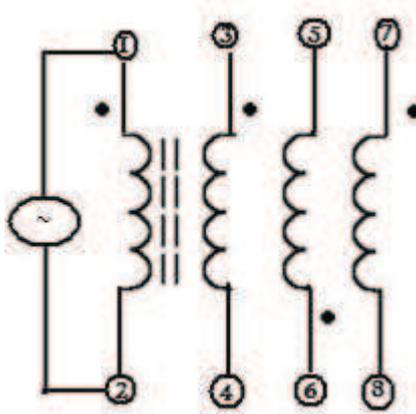


Figura 2.8 Señalización de polaridades

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

2.3.8 DIVISIÓN GENERAL DE LOS TRANSFORMADORES

De acuerdo a su utilización se pueden dividir en tres grandes grupos:

1. Transformadores de energía.- Son aquellos transformadores muy grandes, diseñados para potencias elevadas, y utilizados en estaciones y subestaciones de energía.
2. Transformadores de distribución.- Son aquellos de voltajes más bajos, utilizados en la distribución de energía en lugares céntricos. Sus voltajes primarios van de 13200 y 7620 voltios.
3. Transformadores de baja potencia.- Utilizados en la fabricación de equipos electrónicos, generalmente para reducir el voltaje.

De acuerdo a su construcción, los transformadores se dividen en dos grupos:

- **MONOFÁSICOS**.- Constan de un devanado primario y otro secundario.
- **TRIFÁSICOS**.- Tienen tres devanados en el primario y tres en el secundario.

De acuerdo a su funcionamiento, los transformadores pueden ser:

- **Transformador reductor.**- Si el voltaje secundario es inferior al primario.
- **Transformador elevador.**- Un transformador cuyo voltaje secundario sea superior al primario. El producto de intensidad de corriente por voltaje es constante en cada juego de bobinas, de forma que en un transformador elevador el aumento de voltaje de la bobina secundaria viene acompañado por la correspondiente disminución de corriente.⁹

2.3.8.1 Transformadores trifásicos

“Es el de más extensa aplicación en los sistemas de transporte y distribución de energía eléctrica. Este tipo de transformadores se construyen para potencias nominales también elevadas. Se puede decir que está constituido por tres transformadores monofásicos montados en un núcleo magnético común. Los principios impuestos para los sistemas monofásicos son aplicables para los trifásicos, tomando en cuenta que se aplicarán a cada una de las fases de los mismos.”¹⁰

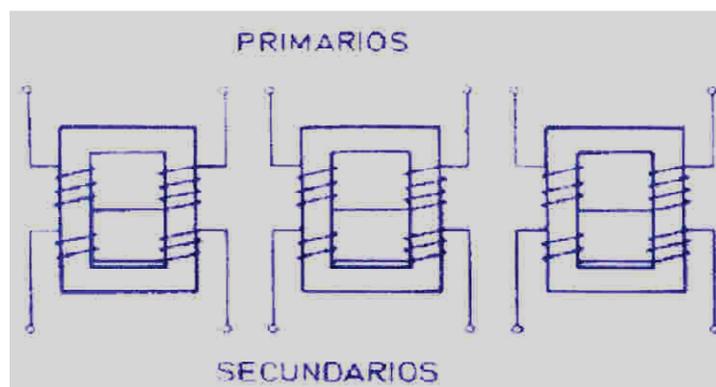


Fig. 2.9 Transformador trifásico

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos11/tradi/tradi.shtml>

⁹Información obtenida del texto “teoría y práctica de transformadores”. Autor: Rodrigo Robledo Vélez.

¹⁰http://html.rincondelvago.com/transformadores_3.html

Los transformadores trifásicos son utilizados para el suministro o el transporte de energía a grandes distancias de sistemas de potencias eléctricas. Lo que normalmente conocemos como la distribución eléctrica, pero a grandes distancias.

2.3.8.2 Características generales de los transformadores trifásicos

Por lo general, todos los transformadores trifásicos reúnen una serie de características comunes independientemente del tipo de transformador que sea. Las características más importantes en este aspecto son:

- **Tensión primaria:** es la tensión a la cual se debe alimentar el transformador, dicho en otras palabras, la tensión nominal de su bobinado primario. En algunos transformadores hay más de un bobinado primario, existiendo en consecuencia, más de una tensión primaria.
- **Tensión máxima de servicio:** es la máxima tensión a la que puede funcionar el transformador de manera permanente.
- **Tensión secundaria:** si la tensión primaria es la tensión nominal del bobinado primario del transformador, la tensión secundaria es la tensión nominal del bobinado secundario. Este parámetro debe ser un valor de baja tensión, normalmente 400 V entre fases.
- **Potencia nominal:** es la potencia aparente máxima que puede suministrar el bobinado secundario del transformador. Este valor se mide en kilovoltio amperios (KVA), siendo las más usuales de 63, 100, 200, 400 y 630 KVA.
- **Relación de transformación:** es el resultado de dividir la tensión nominal primaria entre la secundaria.
- **Intensidad nominal primaria:** es la intensidad que circula por el bobinado primario, cuando se está suministrando la potencia nominal del

transformador. Dicho en otras palabras, es la intensidad máxima a la que puede trabajar el bobinado primario del transformador.

- **Intensidad nominal secundaria:** al igual que ocurría con la intensidad primaria, este parámetro hace referencia a la intensidad que circula por el bobinado secundario cuando el transformador está suministrando la potencia nominal.
- **Tensión de cortocircuito:** hace referencia a la tensión que habría que aplicar en el bobinado primario para que, estando el bobinado secundario cortocircuitado, circule por éste la intensidad secundaria nominal. Se expresa en porcentaje.
- **Índice horario:** representa el desfase existente entre la tensión primaria y la secundaria. Se representa mediante un número obtenido de colocar los vectores de tensión como si fueran las agujas de un reloj.

2.3.8.3 Construcción.

Casi todos los sistemas importantes de generación y distribución de potencia del mundo son, hoy en día, sistemas de C.A. trifásicos. Puesto que los sistemas trifásicos desempeñan un papel tan importante en la vida moderna, es necesario entender la forma como los transformadores se utilizan en ella. Los transformadores para circuitos trifásicos pueden construirse de dos maneras:

- Una de ellas consiste simplemente en tomar tres transformadores monofásicos y conectarlos en un banco trifásico. Para esta transformación, se utiliza tres transformadores monofásicos de igual relación de transformación. Los primarios se conectan a la red trifásica de donde toman la energía y los secundarios alimentan el sistema trifásico de utilización.

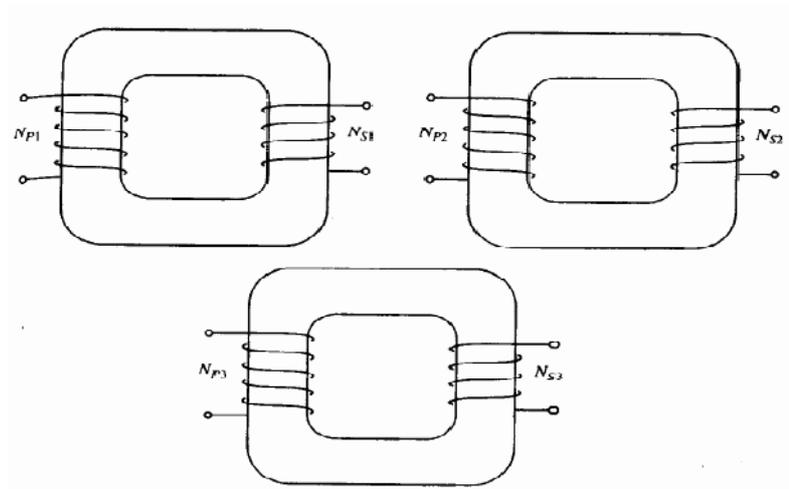


Fig.2.10 Banco trifásico compuesto por tres transformadores independientes.

Fuente: <http://html.rincondelvago.com/el-transformador-trifasico.html>

- La Otra alternativa es construir transformadores trifásicos con tres grupos de devanados enrollados en un núcleo común.

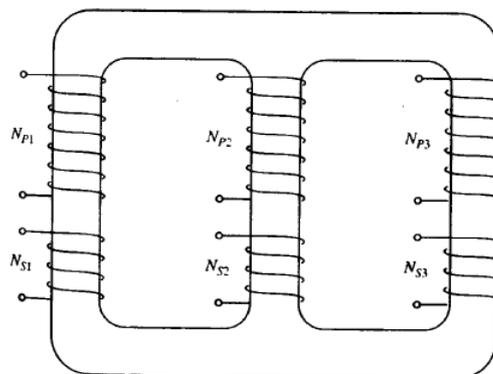


Fig.2.11. Transformador trifásico construido sobre un núcleo de tres columnas

Fuente: <http://html.rincondelvago.com/el-transformador-trifasico.html>

Existen dos tipos de transformadores trifásicos:

- **TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE TIPO NÚCLEO**

Los devanados rodean al núcleo. Éste está constituido por láminas rectangulares o en forma de L que se ensamblan y solapan alternativamente en capas

adyacentes. En este tipo de transformadores existen tres núcleos unidos por sus partes superior e inferior mediante un yugo y sobre cada núcleo se devanan el primario y el secundario de cada fase. Este dispositivo es posible porque, en todo momento, la suma de los flujos es nula.¹¹

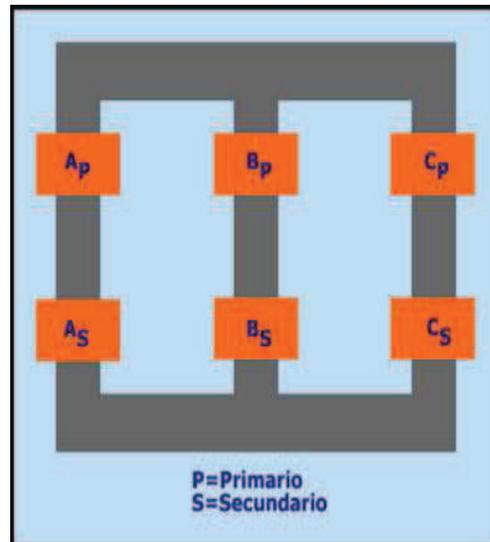


Fig.2.12. Tipo Núcleo

Fuente: <http://www.nichese.com/trans-trif.html>

- **TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE TIPO ACORAZADO**

Al igual que en el transformador monofásico el núcleo rodea al devanado. La diferencia de un transformador trifásico de tipo núcleo y de otro de tipo acorazado, está en que en un transformador trifásico de tipo acorazado las tensiones están menos distorsionadas en las salidas de las fases. Lo cual hace mejor al transformador trifásico de tipo acorazado.¹²

¹¹<http://galia.fc.uaslp.mx/~icampos/maquinas%20electricas/material%20de%20clase%20pdf/03f.pdf>

¹²<http://www.nichese.com/trans-trif.html>

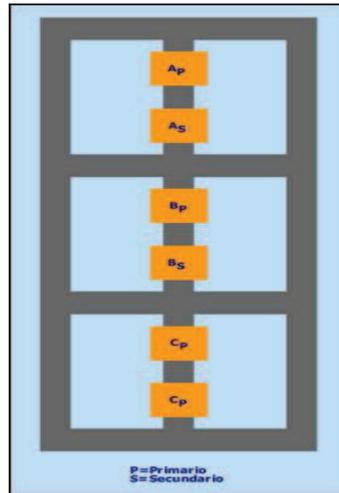


Fig.2.13. Tipo acorazado

Fuente: <http://www.nichese.com/trans-trif.html>

2.3.8.4 Conexiones de transformador trifásico.

Un transformador trifásico consta de tres transformadores monofásicos, bien separados o combinados sobre un núcleo. Los primarios y secundarios de cualquier transformador trifásico pueden conectarse independientemente en estrella (Y) o en delta (Δ). Esto da lugar a cuatro conexiones posibles para un transformador trifásico, los cuales son:

1. Delta – Delta ($\Delta - \Delta$)
2. Delta – estrella ($\Delta - Y$)
3. Estrella – Delta ($Y - \Delta$)
4. Estrella– Estrella ($Y - Y$)

2.3.8.4.1 Conexión Delta – Delta ($\Delta - \Delta$)

Esta conexión también se denomina triángulo – triángulo, donde la relación de voltajes entre primario y secundario viene dada por:

$$\frac{V_{LP}}{V_{LS}} = \frac{V_{FP}}{V_{FS}} = a \quad (2.8)$$

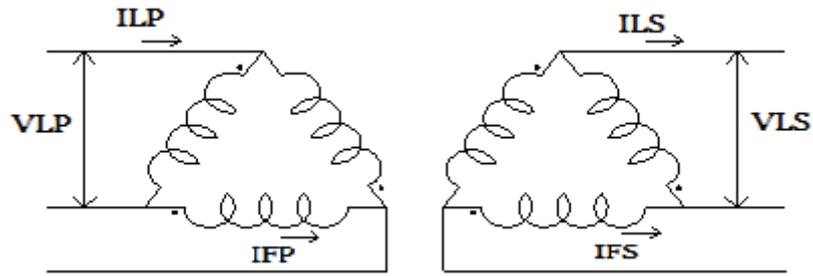


Fig.2.14. Conexión Delta-Delta

Fuente: <http://inggilberto.com/TRANSFORMADORESTRIFASICOS.htm>

Donde:

VLP= Voltaje de línea del bobinado primario

VLS= Voltaje de línea del bobinado secundario

VFP= Voltaje de fase del bobinado primario

VFS= Voltaje de fase del bobinado secundario

ILP= Corriente de línea del bobinado primario

ILS= Corriente de línea del bobinado secundario

IFP= Corriente de fase del bobinado primario

IFS= Corriente de fase del bobinado secundario

Esta conexión no tiene desplazamiento de fase, y tiene la ventaja que no tiene problemas con cargas desequilibradas o armónicos, además se puede quitar un transformador para mantenimiento o reparaciones y queda funcionando con dos transformadores pero como banco trifásico, este tipo de configuración se llama triangulo abierto, delta abierta o configuración en V, en esta configuración entrega voltajes y corrientes de fase con las relaciones correctas, pero la capacidad del banco representa el $57,74\%(1/\sqrt{3})$ de la capacidad nominal total disponible con tres transformadores en servicio.

2.3.8.4.2 Conexión Delta – Estrella (Δ - Y)

También denominado grupo de conexión triángulo – estrella. Donde el voltaje de línea de secundario es igual al voltaje de línea del primario multiplicado por el factor $\sqrt{3}$ y el inverso de la relación de transformación.

$$\frac{VLP}{VLS} = \frac{VFP}{\sqrt{3}VFS} \quad (2.9)$$

$$\frac{VLP}{VLS} = \frac{a}{\sqrt{3}} \quad (2.10)$$

En esta conexión el voltaje secundario se desplaza 30 grados en retraso con respecto al voltaje primario del transformador, y no presenta problemas con las componentes en sus voltajes de terceros armónicos. Esta conexión se utiliza normalmente para elevar el voltaje a un valor alto.

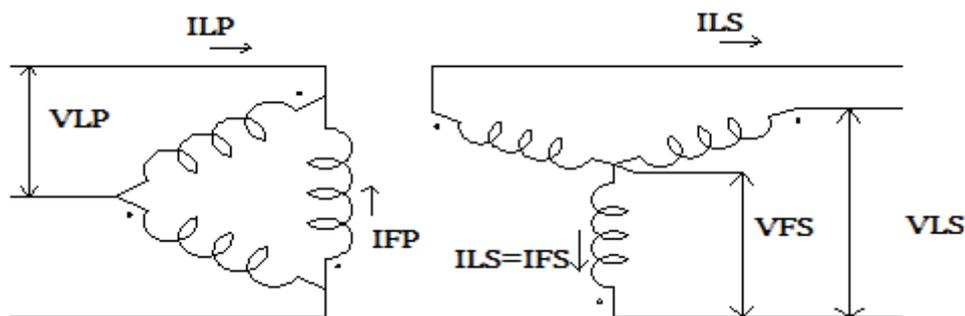


Fig.2.15. Conexión Delta- Estrella

Fuente: <http://inggilberto.com/TRANSFORMADORESTRIFASICOS.htm>

2.3.8.4.3 Conexión Estrella – Delta (Y - Δ).

La conexión estrella – delta o estrella – triángulo, se usa generalmente para bajar de un voltaje alto a uno medio o bajo. Una razón de ello es que se tiene un neutro para aterrizar el lado de alto voltaje lo cual es conveniente y tiene grandes ventajas.

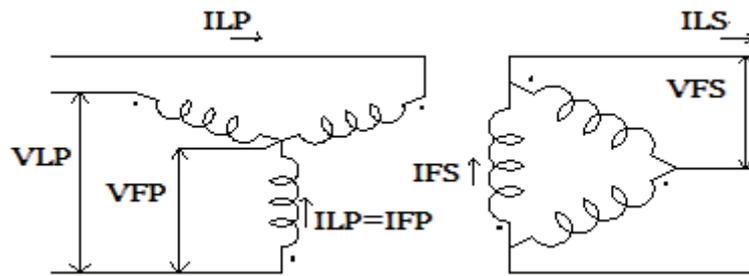


Fig.2.16. Conexión Estrella-Delta

Fuente: <http://inggilberto.com/TRANSFORMADORESTRIFASICOS.htm>

La relación de tensiones entre primario y secundario viene dada por:

$$\frac{VLP}{VLS} = \frac{\sqrt{3} \cdot VFP}{VFS} \quad (2.11)$$

$$\frac{VLP}{VLS} = a \cdot \sqrt{3} \quad (2.12)$$

Esta conexión no presenta problemas con los componentes en sus voltajes de terceros armónicos, puesto que se consume una corriente circulante en el lado de la delta (triángulo). Esta conexión es estable con respecto a cargas desequilibradas, debido a que la delta redistribuye cualquier desequilibrio que se presente.

Esta conexión tiene como desventaja que el voltaje secundario se desplaza en retraso 30 grados con respecto al voltaje primario del transformador, lo cual ocasiona problemas en los secundarios si se desea conectar en paralelo con otro transformador, siendo uno de los requisitos para conectar en paralelo, que los ángulos de fase de los secundarios del transformador deben ser iguales.

2.3.8.4.4 Conexión Estrella – Estrella (Y - Y)

La conexión ye – ye o estrella – estrella al igual que la triángulo – triángulo el voltaje de línea secundario es igual al voltaje de línea primario multiplicado por el inverso de la relación de transformación.

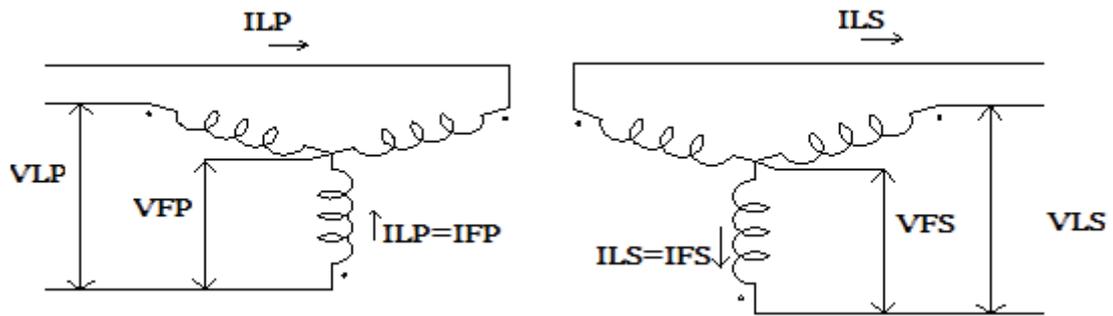


Fig.2.17. Conexión Estrella-Estrella

Fuente: <http://inggilberto.com/TRANSFORMADORESTRIFASICOS.htm>

La relación primario a secundario viene dada por:

$$\frac{VLP}{VLS} = \frac{\sqrt{3} VFP}{\sqrt{3} VFS} = a \quad (2.13)$$

Esta conexión es poco usada debido a las dificultades que presenta:

- Si las cargas en el circuito del transformador no están equilibradas (es lo que comúnmente ocurre), entonces los voltajes en las fases del transformador pueden llegar a desequilibrarse severamente.
- Los voltajes de terceros armónicos son grandes.

Estos problemas son resueltos utilizando estas dos técnicas.

- Conectando sólidamente a tierra los neutros de los transformadores, en especial el neutro del devanado primario, esta conexión permite que los componentes aditivos de los terceros armónicos causen un flujo de corriente en el neutro en lugar de acumular grandes voltajes, el neutro también suministra un camino de regreso para cualquier desequilibrio de corriente en la carga.
- Añadir un tercer devanado conectado en delta al banco de transformadores. Con esto las componentes de voltaje de la tercera armónica en delta se sumarán y causarán un flujo de corriente circulante dentro del devanado. Esto suprime los componentes de voltaje de la

tercera armónica de la misma manera que el hacer tierra con los neutros de los transformadores.¹³

2.3.9 Cálculo, diseño y construcción de transformadores monofásicos

a. Elección del núcleo:

Podemos usar tanto el tipo de núcleo “F” como el tipo “E e I”.

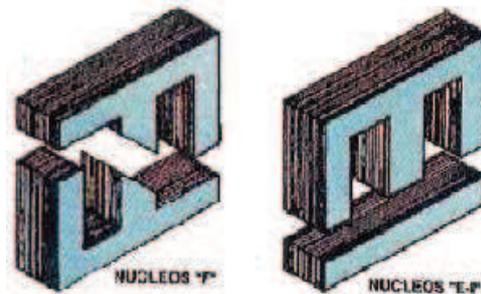


Fig.2.18. Tipos de Núcleo

Fuente: <http://www.arqhys.com/construccion/transformadores-tipos.html>

b. Potencia del Transformador

La potencia del transformador depende de la carga conectada a la misma. Esta potencia está dada por el producto de la tensión secundaria y la corriente secundaria.

$$\text{Potencia útil} = \text{tensión secundaria} * \text{corriente secundaria} \quad (2.14)$$

c. Determinación de la sección del núcleo

La sección del núcleo del transformador está determinada por la potencia útil conectada a la carga.

Esta sección se calcula mediante la siguiente fórmula:

¹³<http://inggilberto.com/transformadorestrifasicos.htm>

$$S_n = 1,1 \times \sqrt{P} \quad (2.15)$$

Donde:

S_n : es la sección del núcleo en cm^2 .

P : es la potencia útil en Watts.

La sección del núcleo está dada por el producto de los lados "A x B"

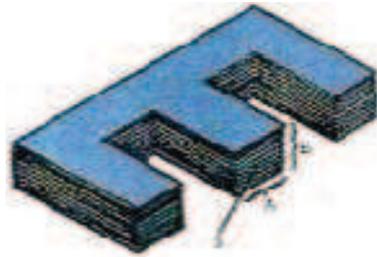


Fig.2.19 Lados del Núcleo

Fuente: <http://www.arqhys.com/construccion/transformadores-tipos.html>

$$S_n = A \times B \quad (2.16)$$

Donde:

A: es uno de los lados en cm.

B: es el otro lado en cm.

d. Determinación del Número de Espiras para cada bobinado

Para la determinación del número de espiras se utiliza la siguiente expresión:

$$N = V / (f \times S_n \times B \times 4,4 \times 10^{-8}) \quad (2.17)$$

Para el bobinado primario tenemos:

$$N_1 = V_1 / (f \times S_n \times B \times 4,4 \times 10^{-8}) \quad (2.18)$$

Y para el bobinado secundario tenemos:

$$N_2 = V_2 / (f \times S_n \times B \times 4,4 \times 10^{-8}) \quad (2.19)$$

Donde:

N1: es el número de espiras del bobinado primario.

N2: es el número de espiras del bobinado secundario.

F: es la frecuencia de la red domiciliaria en Hertz (Hz).

V1: es la tensión en el bobinado primario en Voltios (V).

V2: es la tensión en el bobinado secundario en Voltios (V).

B: es la inducción magnética en el núcleo elegido en Gauss. Este valor puede variar entre 4.000 y 12.000 Gauss. (Ver anexo B)

S: es la sección del núcleo en cm².

10⁻⁸: Es una constante para que todas las variables estén en el Sistema M.K.S.

La inducción magnética en Gauss está dada por la siguiente expresión

$$B = \mu \times H \quad (2.20)$$

Donde:

B: es la inducción magnética en el núcleo elegido en Weber/m².

μ : es la permeabilidad del acero usado en el núcleo en Weber/A x m.

H: es la intensidad del campo magnético en A/m (Amper/metro).

Se sugiere utilizar en forma práctica un valor de inducción magnética de:

$$B = 10.000 \text{ Gauss}$$

e. Tipo de alambre para el bobinado

La sección de los alambres que se usarán dependen directamente de la intensidad de la corriente eléctrica que circula por ella (alambre).

Los alambres usados pueden ser: aluminio ó cobre recocido. Se usa más el cobre que el aluminio por ser este mucho más dúctil, maleable y flexible.

El cobre recocido posee sobre su superficie un barniz aislante.

f. Determinación de las corrientes para cada bobinado

Teniendo en cuenta la potencia del transformador y la tensión aplicada podemos hallar la corriente eléctrica.

$$\text{Potencia eléctrica} = \text{Tensión aplicada} \times \text{Corriente eléctrica} \quad (2.21)$$

Despejando la corriente eléctrica de la expresión anterior tenemos que:

$$\text{Corriente} = \text{Potencia} / \text{Tensión} \quad (2.22)$$

Suponiendo que nuestro transformador posee únicamente dos bobinados. Para el bobinado primario tenemos:

$$I_1 = P / V_1 \quad (2.23)$$

Donde:

I_1 : es la corriente eléctrica del bobinado primario.

P : es la potencia eléctrica del transformador.

V_1 : es la tensión aplicada en el bobinado primario. Y para el bobinado secundario tenemos:

$$I_2 = P / V_2 \quad (2.24)$$

Donde:

I_2 : es la corriente eléctrica del bobinado secundario.

P : es la potencia eléctrica del transformador.

V_2 : es la tensión aplicada en el bobinado secundario.

Un transformador ideal (no posee pérdidas) por lo que la potencia en el primario es idéntica en el secundario.

g. Densidad de Corriente eléctrica

Definimos densidad de corriente eléctrica como la corriente eléctrica que atraviesa un conductor por unidad de superficie.

$$D = I / S \quad (2.25)$$

Donde:

D : es la densidad de corriente eléctrica.

I : es la corriente eléctrica que circula por un conductor.

S : es la sección transversal del conductor.

h. Determinación de la sección transversal del conductor para cada bobinado

Despejando la sección de la expresión anterior tenemos que:

$$S = I / D \quad (2.26)$$

Para la sección del bobinado primario tenemos que:

$$S1 = I1 / D \quad (2.27)$$

Y para la sección del bobinado secundario tenemos que:

$$S2 = I2 / D \quad (2.28)$$

Tabla 2.1 Densidad de corriente

Corriente (Amperios)	Densidad (A/mm ²)
0.005	2.5
0.007-319	3

Fuente: <http://www.arqhys.com/construccion/transformadores-tipos.html>

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Observando la tabla anterior vemos que a medida que aumenta la corriente eléctrica aumenta también la densidad de corriente eléctrica.

El valor de Densidad se obtiene haciendo el cociente entre la Capacidad máxima decorriente del alambre y la sección del mismo.

i. Determinación de la sección normalizada transversal del conductor paracada bobinado

La sección que obtenemos de cálculo generalmente no es normalizada, por lo que debemos tomar la sección más próxima superior de la dada en su respectiva tabla. (Ver anexo C).

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

3.1 PRELIMINARES

La implementación de un módulo didáctico de transformador elevador trifásico en el ITSA va a permitir tanto al docente como estudiantes de la carrera de Electrónica, específicamente en la asignatura de Máquinas Eléctricas mejorar el conocimiento teórico complementándolo con la práctica, la misma que les ayudará a desenvolverse de mejor manera dentro del campo laboral y de esta manera lograr que procesos industriales sean de asimilación más reales; como en este caso se pretende realizar tipos de conexiones y arranque de un motor trifásico con el módulo didáctico del cual se hace mención.

La construcción del módulo didáctico comprende los siguientes pasos:

3.2 ANÁLISIS DE LOS RECURSOS EXISTENTES EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS Y CONTROL INDUSTRIAL PARA DETERMINAR LA DISPONIBILIDAD DE ACOMETIDAS ELÉCTRICAS Y DISPOSITIVOS.

3.2.1 Acometidas eléctricas

El laboratorio actualmente dispone de alimentación trifásica de 220 V y tomacorriente monofásico de 110 V (Ver foto 3.1 y 3.2) que pueden ser utilizados para alimentar de energía eléctrica trifásica con neutro para el módulo didáctico.

(Espacio en blanco dejado intencionalmente).



Foto 3.1 Toma de 220 V

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

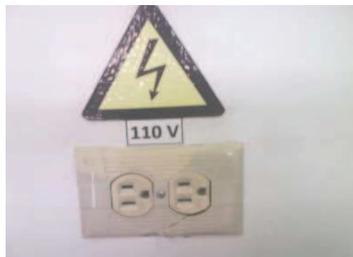


Foto 3.2 Toma de 110 V

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Se verificó que ya existe la distribución de la acometida eléctrica, que cuenta con los disyuntores, canaletas, cajetines y distribución del cableado dentro del laboratorio, además de encontrarse con su respectiva señalización. (Ver foto 3.3 y 3.4).



Foto. 3.3 Distribución de la acometida eléctrica

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto. 3.4 Señalización de Tomas Eléctricas

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

En la toma principal existe un disyuntor trifásico de 40A, se encuentra distribuido a 2 breakers (trifásicos) de 20A para cada mesa de control del laboratorio, mismos que en caso de existir una anomalía eléctrica o un corto circuito actuarán inmediatamente dejando sin energía los tableros anteriormente realizados y en el presente módulo que tiene además un disyuntor de 10A.

Además se pudo evidenciar que el cable utilizado para la distribución de las tomas fue el cable sólido # 10, mientras que para el neutro se utilizó el cable # 14, distribuido de la siguiente manera (Ver figura 3.1).

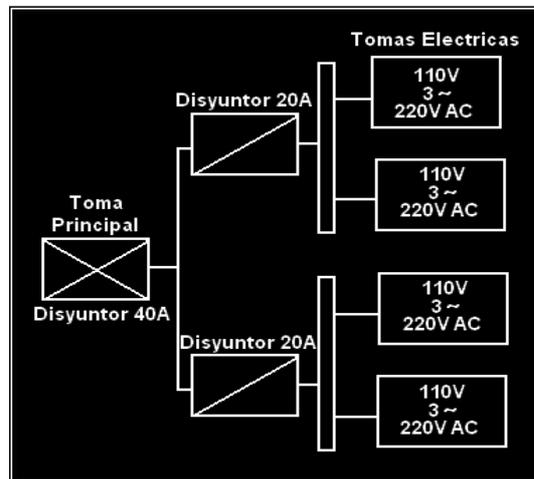


Figura 3.1 Diagrama de bloques de la acometida eléctrica

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Cbos. Sánchez Luis

❖ Instalación de la Acometida Trifásica

Entonces como se dijo anteriormente al estar instalada la acometida eléctrica, el laboratorio cuenta con el espacio físico suficiente para realizar el siguiente trabajo:

- En primer lugar se tomó en consideración que para el uso práctico del módulo es necesario contar con la alimentación requerida y que esté disponible para el mismo.
- Lo primero que se hizo fue medir la distancia a donde se quería llegar con la extensión de las líneas para ubicarlas en el sitio de trabajo del módulo. Y determinado esto, se procedió a pegar las canaletas, una horizontal de 2 m. y una vertical de 1m. unida por un codo pequeño, las cuales serían utilizadas para el alojamiento de los cables. (Ver foto 3.5)



Foto 3.5 Ubicación de las canaletas

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- Luego de desenergizar la acometida eléctrica, se peló los cuatro cables ubicados en las canaletas correspondientes a las tres fases (R, S, T) y neutro (N), para posteriormente utilizando el cable flexible No.14 AWG realizar los empalmes respectivos, aislándolos para prevenir futuros inconvenientes. Luego de ello se llevaron los cuatro cables conductores (3 azules ---- R,S,T) y (1 verde ----- N) a través de las canaletas para obtener al otro extremo de estas los terminales para la alimentación, mismos que serán conectados al **tomacorriente de cuatro polos** (tres fases y neutro)

el cual se ubicó en la parte inferior de la canaleta vertical (Ver foto 3.6), para que de esta manera esté disponible ya la alimentación trifásica que se necesita para el funcionamiento del módulo, para finalmente cubrir las canaletas con su parte correspondiente. (Ver foto 3.7)

- Para una mejor comprensión de lo anteriormente dicho se puede sintetizar lo expuesto en el siguiente esquema.(Ver figura 3.2)

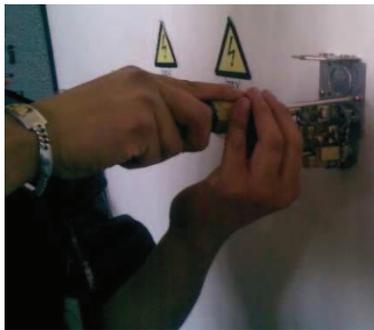


Foto. 3.6 Conexión de cables al tomacorriente

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto 3.7 Adecuación de alimentación trifásica terminada

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

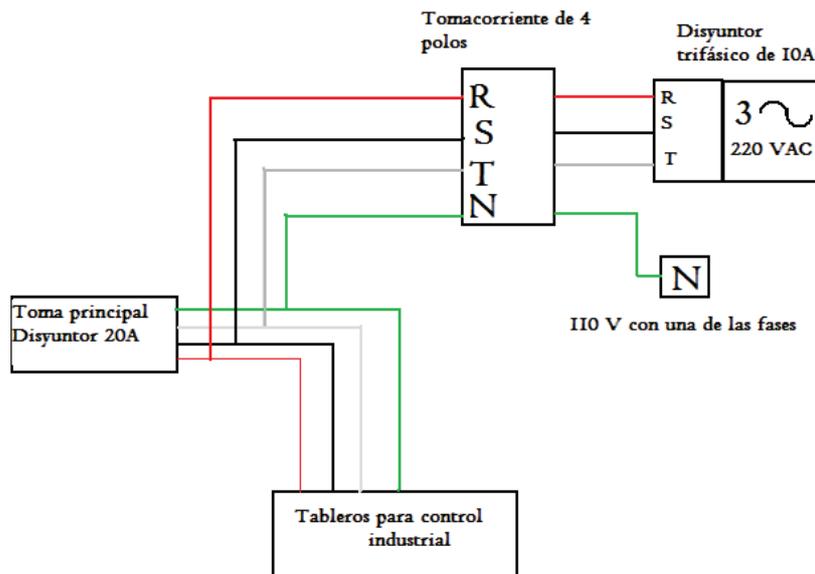


Figura 3.2 Diagrama representativo de la acometida

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.2.2 Motor trifásico

Dentro de la consideración de diseño del transformador trifásico se consideró como carga para alimentar un motor trifásico de serie LCI-01-B que será utilizado para realizarlas prácticas de laboratorio junto con el módulo didáctico. En la placa de datos del motor se pudo identificar lo siguiente: (Ver foto 3.8)

MOTOR TRIFÁSICO LCI-01-B

Marca: LAWSON

- ✓ Tipo: Y 801-2
- ✓ No. de serie: 209 10
- ✓ Velocidad: 3600 r/min
- ✓ Potencia: 0.75 Kw
- ✓ Caballos de fuerza: 1HP
- ✓ Frecuencia: 60Hz
- ✓ Conexión: Δ/Y
- ✓ Voltaje: 220/440 V
- ✓ Amperaje: 2/1 A



Foto. 3.8 Placa Motor Trifásico

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.3 ANÁLISIS DE LOS MATERIALES NECESARIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODULO DIDÁCTICO DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO ELEVADOR Y LAS CARACTERÍSTICAS NECESARIAS DE LOS MISMOS

3.3.1 Disyuntor eléctrico

El trabajo de un disyuntor eléctrico es cortar el circuito cuando la corriente pase por encima de los niveles de seguridad. Es aquel aparato encargado de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, utilizado con el objetivo de no causar daños al equipos eléctrico utilizados en este proyecto. Este disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática. Véase la (Foto. 3.9)

- Fabricación (MERLIN GENN C10)
- Voltaje (hasta 400 VAC)
- Corriente (hasta 10 A)

La utilización de este disyuntor se debe a que cada transformador está diseñado para una corriente de carga máxima, así es que al realizar la comprobación con el motor trifásico, esta no excede los 3 A en su bobinado primario. Sin embargo en

los cálculos posteriores se observará que el bobinado primario tiene la capacidad de hasta 9,3 A por lo que se seleccionó un disyuntor de 10 A.



Foto 3.9 Disyuntor eléctrico

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.3.2 Portafusible

Es un dispositivo el cual permite el alojamiento de los fusibles. En este caso el presente proyecto dispone de tres portafusibles y sus respectivos fusibles, los cuales además brindan la factibilidad de un montaje sencillo y rápido en el riel din, haciéndolo más didáctico, estos portafusibles presentan las siguientes características: (Ver foto 3.10)

- Marca: SASSIN (2), CAMSCO(1) RT 18-32, LEGREND 00127(1)
- Corriente: 32 A máximo
- Voltaje: 500 VAC



Foto 3.10 Portafusible

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.3.3Fusible

Es un dispositivo tipo encapsulado, de forma cilíndrica de porcelana, dentro del cual se encuentra un hilo metálico, el mismo que llega a fundirse al sobrepasar la corriente que este es capaz de soportar. Cuya función será la de proteger al módulo de las posibles sobrecargas, cortocircuitos, entre otros. Para el presente proyecto se utilizó cuatro, véase la (Foto. 3.11) con las siguientes características:

- Marca: CAMSCO RT14-20
- Voltaje: hasta 500v
- Corriente: 10 A

La selección de los fusibles se la realizó a 3 veces la corriente nominal del bobinado primario (3A), por lo que se escogió los fusibles con un valor estándar de 10 A.



Foto. 3.11 Fusibles

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.3.4Multímetro con Pinza amperimétrica

Instrumento ideal para medir la tensión en los rangos AC y DC. La pinza amperimétrica es de gran utilidad en trabajos de inspección y mantenimiento. Cabe mencionar que cuentan también con la posibilidad de medir muchos otros parámetros como la capacidad, la potencia (bien en forma de pinza o de aparato de mano digital con pinza externa en rango en una o tres fases), la resistencia, el paso de la corriente, etc. Entonces al poder realizar las mediciones necesarias en el uso del módulo didáctico se adoptó la utilización de esta pinza amperimétrica.(Ver foto 3.12).



Foto 3.12 Multímetro con pinza amperimétrica

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.3.5 Luz piloto

Consiste fundamentalmente en una luz indicadora, entonces se van a colocar tres (3) luces piloto las cuales serán distribuidas así para:

- ❖ Las tres (3) Luces Piloto de marca CAMSCO AD 16-22 D/S, voltaje 220/440 VAC de color Verde (Ver foto 3.13), son de tipo electrónico y van a permitir usarlas como medio de indicación de que las tres fases están llegando al disyuntor Trifásico.



Foto 3.13 Luces piloto indicadoras de fase

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.3.6 Conductores eléctricos

Son todos aquellos materiales o elementos que permiten el paso de flujo de la corriente o de cargas eléctricas en movimiento, los más utilizados son: alambres,

cables, cordones, conductores con cubierta protectora. Para la elaboración del presente proyecto se utilizará el cable conductor flexible No 14. (Ver foto 3.14)

Este cable va a ser utilizado para realizar los diferentes tipos de conexiones de los transformadores, es decir de los bobinados tanto primario como secundario (con sus respectivos principios y finales) de cada conector hacia los jacks banana tipo hembra, además para la alimentación trifásica que se necesita para su funcionamiento que son identificados con las luces piloto y luego al disyuntor trifásico. Se los usará también para los Jacks banana tipo machos, los mismos que ayudarán a realizar las conexiones en el respectivo banco de prueba trifásico.

Se usará el conductor antes mencionado en cinco (5) distintos colores mismos que facilitarán a los estudiantes la identificación de las fases de la acometida principal, de los bobinados y su utilización para las conexiones en el módulo de la siguiente manera:

- ✓ Cable Flexible Blanco No. 14 AWG: Líneas o fases uno, dos, tres (R,S,T) y Neutro (N)
- ✓ Cable Flexible Amarillo No. 14 AWG: Bobinados Primarios
- ✓ Cable Flexible Azul No. 14 AWG: Bobinados Secundarios, Conexiones en el módulo
- ✓ Cable Flexible Verde No. 14 AWG: Tierra (\perp)
- ✓ Cable Flexible Negro No. 14 AWG: Conexiones en el módulo
- ✓ Cable Flexible Rojo No. 14 AWG: Conexiones en el módulo

El calibre de este cable no presenta inconvenientes en cuanto a la corriente con la que se va trabajar, por eso su utilización en este proyecto. (Ver anexo D).



Foto 3.14 Cable flexible 14 AWG

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Para la construcción del transformador monofásico se utilizó:

- El conductor sólido #14 para el bobinado primario y el conductor sólido #16 para el bobinado secundario.(Ver foto 3.15)



Foto. 3.15 Conductores sólidos

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.3.7 Terminales para cable conductor

Estos elementos básicamente cumplen con la función de sujetar y a su vez unir los cables con los Jacks, permitiendo armar los circuitos en el módulo didáctico. Además que por sus diferentes tamaños, formas para trabajos eléctricos se utilizó un tipo de ellos específicamente. Véase la (Foto.3.16).



Foto. 3.16 Terminales

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.3.8 Herramientas utilizadas

Son aquellas que serán primordialmente de gran ayuda e importantes para el adecuado proceso de construcción del módulo, por lo que se puede mencionar los siguientes: llave de corona, destornilladores (plano y estrella), estilete, calibrador, flexómetro, cortadora, tijeras, taladro, pinza, pela cables, cautín, estaño, spaguetti, cinta adhesiva, entre otros. Véase en la (Foto. 3.17)



Foto 3.17 Herramientas utilizadas

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.3.9 Conectores jack banana tipo hembra

Los conectores hembra de tipo banana son ideales para soportar bajo y alto amperaje, admiten el ingreso de 220VAC, alimentados directamente de la línea trifásica. Por lo que se las utilizará para los diferentes tipos de conexiones de transformadores. Véase la (Foto.3.18).

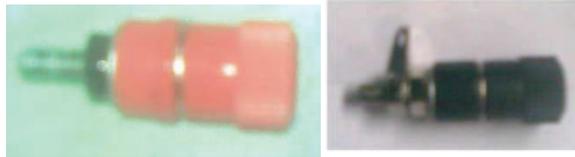


Foto 3.18 Jacks banana tipo hembra

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.3.10 Conectores jack banana tipo macho

Aquellos elementos que van instalados en los extremos de los cables conductores, por medio de estos se realiza las conexiones de los circuitos con los jacks (hembra) de manera óptima y segura. Su fabricación viene dada en diferentes tamaños, para la implementación del módulo didáctico se utilizará los que coincidan correctamente en los jacks colocados en el módulo mencionado. Véase la (Foto. 3.19)



Foto. 3.19 Jacks banana tipo macho

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.3.11 Acrílico

El acrílico, es una de las tantas variantes del plástico. Obtenida al mezclar pigmento hecho de una materia plástica (poliéster) con un látex. Los colores acrílicos son muy cubrientes y de secado rápido; consiguen unas superficies más lisas, brillantes y luminosas.

Puede permanecer largo tiempo, en la intemperie, sin sufrir daño alguno. Por lo mismo, el acrílico es un material, largamente utilizado en las construcciones. Debido principalmente, a lo antes señalado, como al hecho de que es un tipo de

plástico, más flexible de de lo normal. Lo que lo hace aún más fácil de trabajar. El acrílico es ocupado en la protección de equipos eléctricos, para letreros luminosos.

Dentro de sus características técnicas, podemos señalar, que el acrílico soporta largas horas a la exposición de los rayos ultravioletas, sin dañar su estructura y los colores del mismo. (Ver foto 3.20)



Foto 3.20 Acrílico

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.3.12 Melamina

La melamina es un compuesto orgánico que responde a la fórmula química $C_3H_6N_6$, y cuyo nombre IUPAC es 2,4,6-triamino-1,3,5-triazina. Es levemente soluble en agua, y naturalmente forma un sólido blanco. La melamina es un trímero (está constituida por tres moléculas iguales) de cianamida, formando un heterociclo aromático que puede reaccionar con el formaldehído, dando la resina melamina-formaldehído. (Ver foto 3.21)

La melamina tiene propiedades que se les conoce como aminorresinas. Las aminorresinas se usan principalmente como adhesivos para hacer madera aglomerada y contrachapado, usados en la construcción residencial, fabricación de muebles.

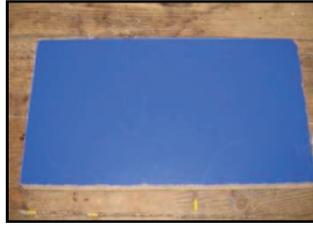


Foto. 3.21 Melamina

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.3.13 Riel DIN

Un estruendo de ferrocarril o sombrero alto de ferrocarril es un sistema estandarizado de 35 mm de ancho, con riel metálico en forma de sección transversal sombrero. Es ampliamente utilizado para el montaje de interruptores automáticos y equipos de control industrial, por ello se escogió para el alojamiento del disyuntor trifásico y porta fusibles. (Ver foto 3.22)

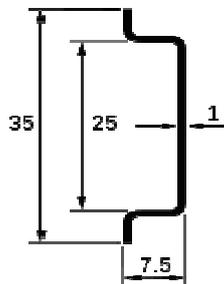


Foto 3.22 Riel Din

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.3.14 Aislantes

Para el conductor sirve como protector, por lo que es muy importante su uso en la realización de empalmes para las conexiones en los circuitos del módulo. Además que estos aislantes evitan contactos indebidos o averías en el realizamiento de los trabajos posteriores, entre los que se utilizan el cinta adhesiva, spaguettis, papel nomex. (Ver foto 3.23).



Foto 3.23 Aislantes

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS

3.4.1 Cálculo para el diseño de los transformadores monofásicos

A continuación se presenta el cálculo que se efectuó para el diseño de los transformadores monofásicos (3) del módulo.

a. Sección del núcleo

$$A = 5,7\text{cm}$$

$$B = 4\text{cm}$$

$$S_n = A \cdot B$$

$$S_n = 5,7 \cdot 4$$

$$S_n = 22,8 \text{ cm}^2$$

b. Flujo magnético

$$B = 9500 \text{ líneas/cm}^2$$

$$\Phi_m = S_n \cdot B$$

$$\Phi_m = 22,8 \text{ cm}^2 \cdot 9500 \text{ líneas/cm}^2$$

$$\Phi_m = 216600 \text{ líneas}$$

c. Número de espiras para el bobinado primario y secundario

El valor de 4,4 es una constante que se utilizará para los transformadores monofásicos.

$$N_p = V_1 \cdot 10^8 / (4,4 \cdot F \cdot \Phi_m)$$

$$N_p = 110 \cdot 10^8 / (4,4 \cdot 60 \cdot 216600)$$

$$N_p = 192 \text{ espiras}$$

$$N_s = V_2 \cdot 10^8 / (4,4 \cdot F \cdot \Phi_m)$$

$$N_s = 220 \cdot 10^8 / (4,4 \cdot 60 \cdot 216600)$$

$$N_s = 384 \text{ espiras}$$

d. Potencia en el bobinado primario y secundario

El rendimiento ($n = 0.9$) es el valor óptimo para la construcción de estos transformadores, ya que si la potencia secundaria está comprendida entre 500 y 1500 vatios, las pérdidas serán 10%. La eficiencia será del 90%.

$$V_1 = 110 \text{ V (el voltaje primario)}$$

$$V_2 = 220 \text{ V (el voltaje secundario)}$$

$$I_2 = 4,2 \text{ A (La corriente del secundario, con la que va a trabajar con carga)}$$

$$P_1 = P_2 / n$$

$$P_1 = V_1 \cdot I_1$$

$$I_1 = P_1 / V_1$$

$$P_2 = V_2 \cdot I_2$$

$$P_2 = 220 \text{ V} \cdot 4,2$$

$$P_2 = \mathbf{924 \text{ VA}}$$

$$P_1 = P_2 / n$$

$$P_1 = 924 \text{ VA} / 0.9$$

$$P_1 = \mathbf{1026 \text{ VA}}$$

e. Sección del conductor

$$I_1 = P_1 / V_1$$

$$I_1 = 1026 \text{ VA} / 110 \text{ V}$$

$$I_1 = 9,3 \text{ A} \text{ ----- calibre \#14}$$

$$I_2 = P_2 / V_2$$

$$I_2 = 924 \text{ VA} / 220 \text{ V}$$

$$I_2 = 4,2 \text{ A} \text{ ----- calibre \#16}$$

3.4.2 Construcción del transformador monofásico

Durante el transcurso del montaje del módulo didáctico, es importante distribuir y organizar apropiadamente tanto el tiempo como los recursos materiales y económicos de los que se dispone, a continuación se especifica los pasos realizados para su ejecución.

En una forma ordenada y detallada para la comprensión de la construcción del transformador se procedió a realizar lo siguiente:

3.4.2.1 Elección del núcleo

Para este transformador se utilizará el núcleo de tipo "E e I" (Ver figura 3.3). Estos núcleos están constituidos por láminas planas, que suelen encajar y solapar alternadamente, y que se mantienen unidas para reducir el espesor del núcleo. Siendo este diseño por lo general necesario para transformadores trifásicos, por ende el módulo didáctico en mención. Ya que al diseñar y construir la unidad se puede cumplir con las especificaciones requeridas.

Por ello se lo pudo ejecutar de una forma sistemática con los elementos disponibles a nuestro haber. Las dimensiones del núcleo dependen exclusivamente de la potencia para la cual se ha de diseñar el transformador.

- A. Dimensión de la sección del núcleo
- B. Dimensión de la sección del núcleo
- C. Dimensión que indica la longitud que ha de tener el bobinado.

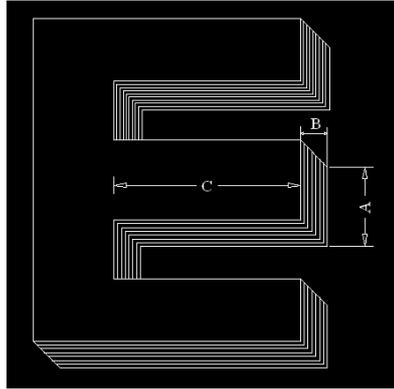


Figura 3.3 Núcleo

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.4.2.2 Elaboración del listón de metal

Para elaborar los bobinados, se corta un pedazo de metal (molde), el cual tiene las dimensiones A y B del núcleo, y una longitud mayor que C. (Ver foto 3.24). Esto con el fin de facilitar la construcción de las bobinas, las cuales se enrollan sobre este listón.

A= 5,7cm

B= 4cm

C= 9cm

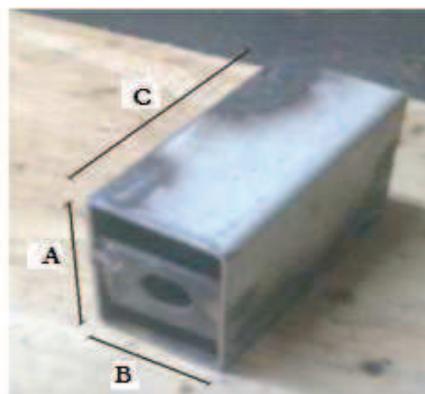


Foto 3.24 Listón de metal

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.4.2.3 Construcción de carretes para bobinados

Para esta parte se dispuso de algunos materiales necesarios como el papel nomex, pegamento, lapiz, regla, y tijeras.

- En primer lugar trazar las dimensiones A, B, C sobre el papel nomex. El ancho de la tira de papel nomex debe ser igual a la dimensión C, pero se le quitan 2 mm. para evitar que el núcleo pueda rozar los bobinados en el proceso de armado. (Ver la foto 3.25).



Foto 3.25 Trazado del carrete

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- Posteriormente se procede al corte de los trazos requeridos en el papel nomex. (Ver foto 3.26)

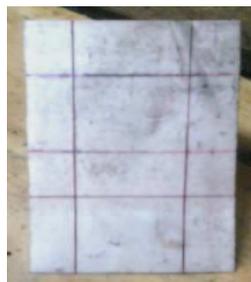


Foto 3.26 Trazado requerido

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- Se hacen los dobleces con las dimensiones A y B. (Ver foto 3.27).

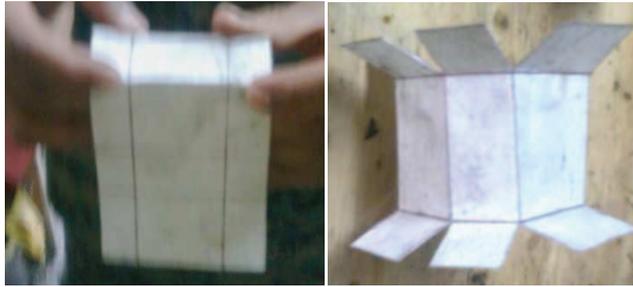


Foto 3.27 Tira de papel aislante con dobleces marcados

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- Construcción de las paredes de los carretes para los que se trazaron y cortaron las dimensiones A y B, de esta manera: (Ver foto 3.28)

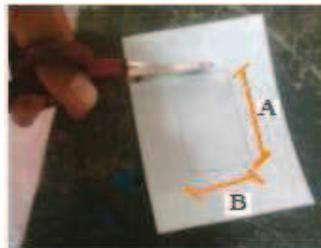


Foto 3.28 Paredes del carrete

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- Paredes de los carretes listas para ser armadas. (Ver foto 3.29)



Foto 3.29 Paredes del carrete listas

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- Finalmente ensamblar los cuerpos de los carretes para montar los bobinados, así: (Ver foto 3.30)



Foto 3.30 Terminado de los carretes

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- Luego se procede a la colocación del listón de metal en el carrete. (Ver foto 3.31)



Foto 3.31 Colocación del carrete sobre el listón de metal

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.4.2.4 Construcción de las bobinas

Para una mayor factibilidad al momento de realizar los bobinados, tanto primario como secundario se utilizó una rebobinadora mecánica, la cual cuenta con su respectivo contador. (Ver foto 3.32)



Foto 3.32 Máquina rebobinadora

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

En esta máquina se puede identificar algunas partes, las cuales servirán para el desarrollo de la construcción de los bobinados, entre estas: (ver foto 3.33)

1. Manivela
2. Contador
3. Eje de la máquina rebobinadora
4. Perfil para sujeción de la máquina
5. Paredes frontales de madera



Foto 3.33 Máquina rebobinadora (partes)

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Armar el carrete en la máquina rebobinadora para posteriormente proceder al rebobinado. (Ver foto 3.34)



Foto. 3.34 Máquina con el carrete

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- **Montaje del bobinado primario**

Para realizar el bobinado del primario, primeramente se deja aproximadamente 30 cm de cable # 14 con espagueti afuera del carrete siendo este el principio del primario. Por consiguiente se comienza el bobinado desde un extremo al otro, girando la manivela de la máquina en sentido horario hasta completar el número de vueltas en el contador de la máquina. (Ver foto 3.35)



Foto 3.35 Bobinado con la manivela

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Luego de terminar con el número de espiras dispuesto para el primario se procedió a sacar un cable #14 de 30 cm aproximadamente, el cual va cubierto con espagueti y servirá futuramente como el final del bobinado primario, además que

será sometido a una prueba de voltaje (110-220 V).Entonces el paso siguiente es el aislamiento del bobinado primario con la cinta mailler de la siguiente manera. (Ver foto 3.36)

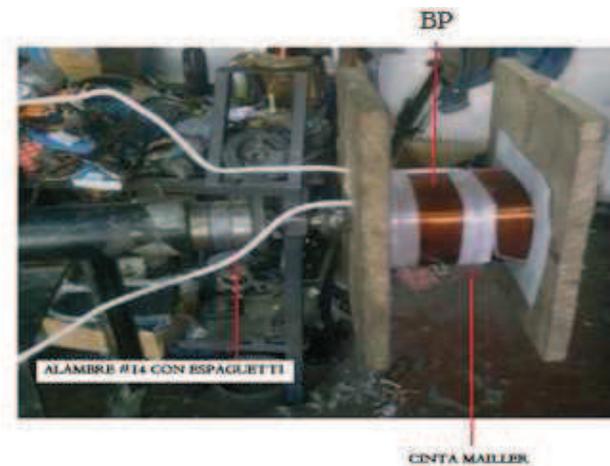


Foto 3.36 Aislamiento con cinta mailler

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Luego de ello con el objeto de ajustarlas medidas del bobinado y aislamiento, en el carrete se cortó un pedazo de papel nomex de $A= 8,5$ cm por una longitud de 25 cm, mismo que servirá para rodearlo. Ya envuelto con el papel nomex, fijarlo con cinta adhesiva para aislarlo adecuadamente. (Ver foto 3.37)

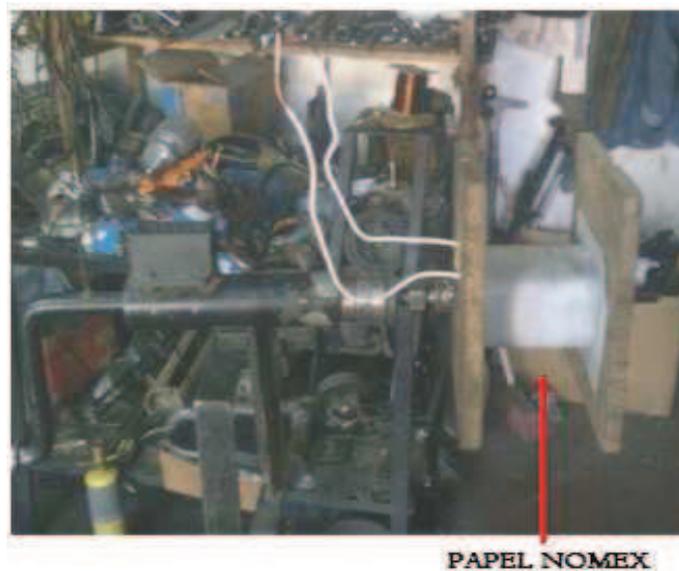


Foto 3.37 Aislamiento con papel nomex

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- **Montaje del bobinado secundario**

Prácticamente se repite el procedimiento realizado anteriormente, con la diferencia de usar el alambre de bobina #16.

En primer lugar dejar 30 cm de alambre fuera del carrete asilado con el respectivo spaguetti, siendo este el principio del bobinado secundario, mismo que servirá para conexiones y pruebas de funcionamiento. Cabe mencionar que dicho conductor va fijado con cinta adhesiva. (Ver foto 3.38)



Foto. 3.38 Fijación con cinta adhesiva

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Posteriormente construir el bobinado secundario con la máquina rebobinadora en sentido horario, sabiendo que este empieza sobre el bobinado primario de izquierda a derecha y viceversa, hasta realizar el número de espiras necesarias para este bobinado, el cual se observa en el contador de la máquina. (Ver foto 3.39)



Foto 3.39 Bobinado del secundario

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Ya terminado el bobinado secundario, colocar un pedazo de cinta mailler para fijarlo. Luego dejar 30 cm de cable con el espagueti fuera del carrete, siendo este el final del bobinado secundario, además que para conexiones y pruebas de funcionamiento con el mismo. (Ver foto 3.40)



Foto 3.40 Bobinado secundario terminado
Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.4.2.5 Montaje del carrete con los bobinados en el núcleo

Una vez terminados los bobinados, se retiraron del molde de metal, para posteriormente colocar el núcleo de hierro lámina por lámina en forma alternada, es decir colocación de las chapas tipo E y tipo I (Ver foto 3.41)



Foto 3.41 Colocación de chapas tipo E e I
Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Ya en este punto ya se puede evidenciar que las bobinas están colocadas en el núcleo de hierro de silicio y entonces como resultado el transformador terminado. Entonces se procedió al ajuste de las chapas de hierro silícico mediante sus respectivos tornillos (12) de 1½", □de ¼" con las respectivas tuercas utilizando para ello una llave de boca #10. (Ver foto 3.42)



Foto 3.42 Ajuste de las chapas de silicio

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Es oportuno mencionar que se realizaron los mismos pasos para la construcción de los otros dos transformadores, los cuales posteriormente serán utilizados en el módulo didáctico.(Ver foto 3.43)



Foto 3.43 Transformador monofásico terminado

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.5 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO ELEVADOR.

Para el diseño del módulo didáctico se debió tomar en consideración algunos factores, los mismos que de una u otra manera van a incidir de forma directa o indirecta para el desarrollo del trabajo, entre los que se pueden mencionar los siguientes:

3.5.1 Diseño de la estructura

La construcción de la estructura de este módulo se lo realizó orientado a la forma más práctica posible, se tuvo en consideración el área del laboratorio en el cual tendrá lugar su ubicación y la facilidad de trasladarlo de un lugar a otro, por ello son estos aspectos básicos para el diseño de la estructura. Mediante la utilización del programa autocad se realizó el diseño del modelo del módulo didáctico en el que se puede evidenciar el dimensionamiento con el que cuenta dicho trabajo. (Ver figura 3.4).

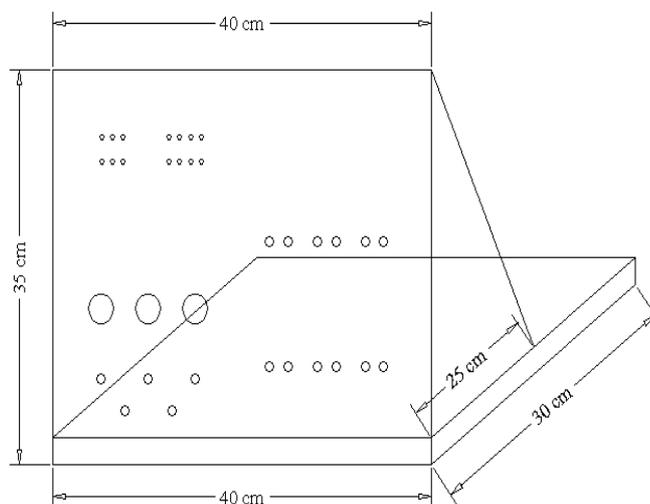


Figura 3.4 Diseño de la estructura

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.5.2 Construcción de la estructura

❖ Utilización de Melamina

Para la construcción de éste módulo didáctico se escogió un aglomerado llamado Melamina de 1.5 mm (Milímetros) de espesor, en color azul (Ver foto 3.44).

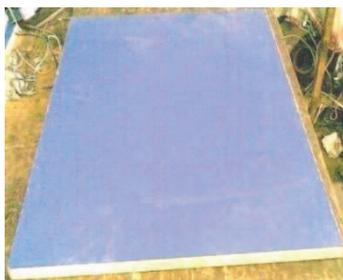


Foto 3.44 Melamina

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

La utilización del Melamina básicamente se debe al uso estético, ya que al módulo le dará un buen aspecto, otro aspecto importante es que al momento de realizar las conexiones durante el desarrollo de las prácticas, podría ocurrir un error humano o imprudencia, citando uno por ejemplo: en cualquier instante algún cable energizado tenga contacto con el módulo, teniendo como ventaja que al ser un material aislante, no permitirá que exista cortocircuito con lo que comúnmente se conoce como masa, de este modo evitar averías a los elementos de utilizados.

Cada parte de la melamina cortada será utilizada de forma que sirva para el uso adecuado en la construcción del módulo, así:

1. Se tomó como base una melamina de medidas (40 cm * 30 cm) la cual servirá para asentar los tres transformadores. (Ver foto 3.45).



Foto 3.45 Melamina (base)

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

2. Los otros dos cortes de melamina de medidas (35 cm * 25 cm). (Ver foto 3.46). Son los bordes que van ubicadas arriba de la base, siendo realizada su colocación con un taladro encima de la base.(Ver foto 3.47)



Foto 3.46 Melamina (bordes)

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto 3.47 Melamina (colocación de bordes)

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

❖ Ubicación de los transformadores sobre la base de melamina

Para este paso se utilizó 12 platinas de medidas (largo= 17,5 cm y ancho= 2,5 cm) con un espesor de 1". Por su utilidad se le hizo un dobléz de 2,1 cm. (Ver foto 3.48).



Foto 3.48 Platina

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

En estas platinas la determinación de sus medidas se lo realizó tomando en cuenta que debían coincidir exactamente con la misma distancia existente entre los tornillos que sujetan las chapas de hierro de silicio, ya que justamente su colocación se lo haría en los dos lados (anterior y posterior) de cada transformador. Para que luego de ello se coloquen sobre la base de melamina los tres transformadores usando el destornillador, llave de boca #10 para los tornillos (12) de 1" ½ de diámetro ¼" en su ajuste respectivo. Para que finalmente en este paso se pueda observar los tres transformadores monofásicos colocados sobre la melamina. (Ver foto 3.49).

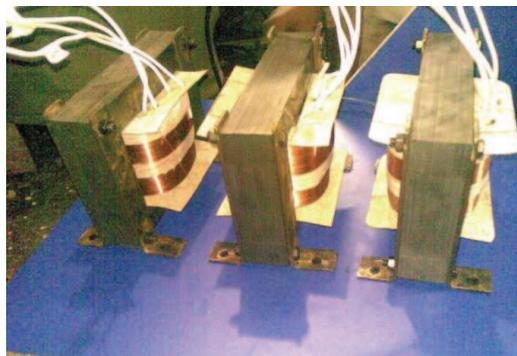


Foto 3.49 Colocación de los transformadores en melamina

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

❖ Dimensionamiento del acrílico

Para la construcción se debió observar y elegir un material que brinde la resistencia y facilidad para manipular el material eléctrico de las conexiones a realizarse, determinándose como una buena opción el acrílico (azul) para el montaje del módulo, en este caso se usaron dos planchas del mismo para una mayor consistencia y seguridad. (Ver foto 3.50)



Foto 3.50 Acrílico (Azul)

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Para tener la idea de la ubicación posterior de los elementos eléctricos a utilizarse en el acrílico se usó una cartulina (blanca) en la cual se realizó el prototipo (dibujo) del espacio físico del cual tomarían parte la distribución de los diferentes elementos. Tomando en cuenta que cada elemento ocupa una distribuida distancia, así como su diferente diámetro dependiendo del elemento que corresponda. (Ver foto 3.51).



Foto 3.51 Uso de cartulina (blanca)

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

El siguiente paso fue colocar la cartulina (blanca) en el acrílico con cinta adhesiva a los cuatro lados, para posteriormente utilizando un taladro realizar los agujeros según el diámetro correspondiente de cada uno, así como el uso de la respectiva broca. Una vez terminado todos los agujeros se puede visualizar y dar una idea de cómo se ubican los diferentes elementos eléctricos en el acrílico. (Ver foto 3.52 y 3.53)



Foto 3.52 Uso del taladro en acrílico

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto 3.53 Utilización de la cartulina en acrílico

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Ya en ésta instancia se puede determinar en el acrílico como han quedado distribuidos las diferentes distancias y diámetros de cada uno de los elementos a ubicarse posteriormente. (Ver foto 3.54).



Foto 3.54 Visualización de la distribución en acrílico

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Al tener el acrílico y melamina listos, se procedió a colocar el primero sobre los dos bordes de melamina, para luego ser sujetado con los tornillos respectivos. (Ver foto 3.55)



Foto 3.55 Acrílico sobre los bordes de melamina

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.5.3 UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS

La distribución de los conectores en la parte frontal del módulo es la siguiente:

(Ver figura 3.5)

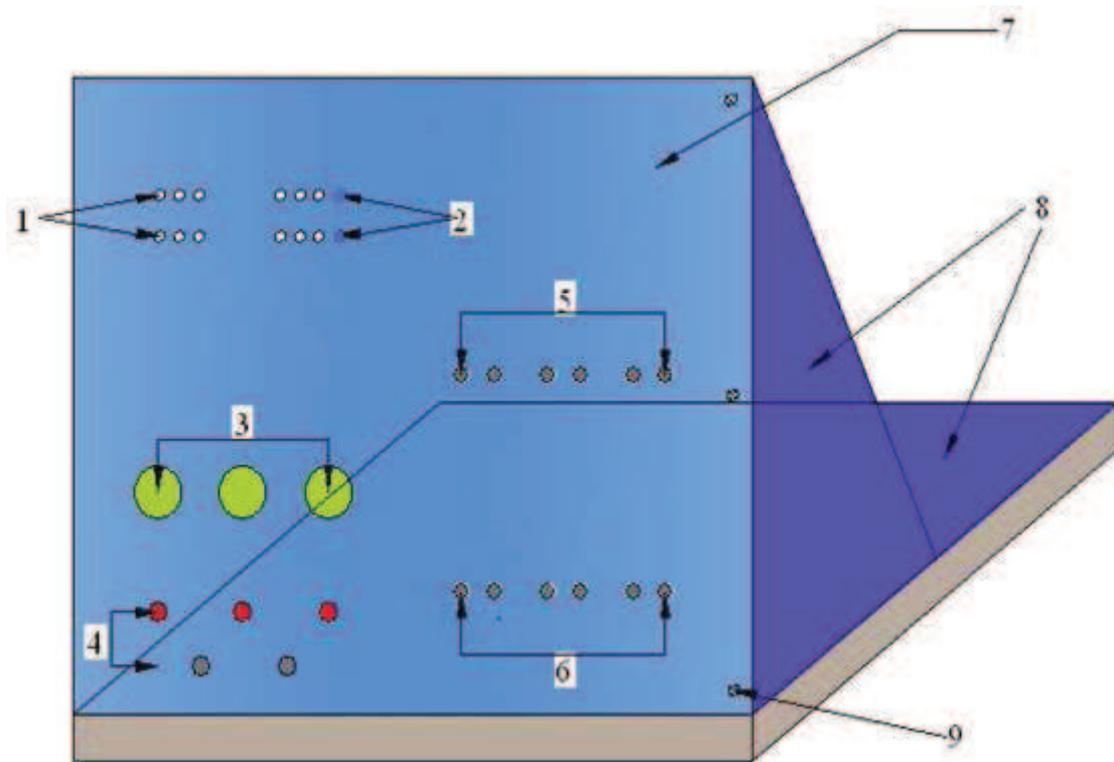


Figura 3.5 Ubicación de los elementos

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- 1.- Orificios (disyuntor trifásico)
- 2.- Orificios (Portafusibles)
- 3.- Luces indicadoras de fase
- 4.- Jacks para fases (R, S, T); neutro (N); tierra (\perp)
- 5.- Jacks de conexión (bobinados primarios)
- 6.- Jacks de conexión (bobinados secundarios)
- 7.- Plancha de acrílico
- 8.- Bordes y base de melamina
- 9.- Orificios (tornillos de ajuste)

3.5.4 Diagramas de conexiones

Este paso es muy indispensable efectuarlo para la parte didáctica. Ya que para realizar las conexiones necesarias (identificación, funcionamiento) en el módulo es preciso adoptar el diagrama respectivo. (Ver figura 3.6 y 3.7)

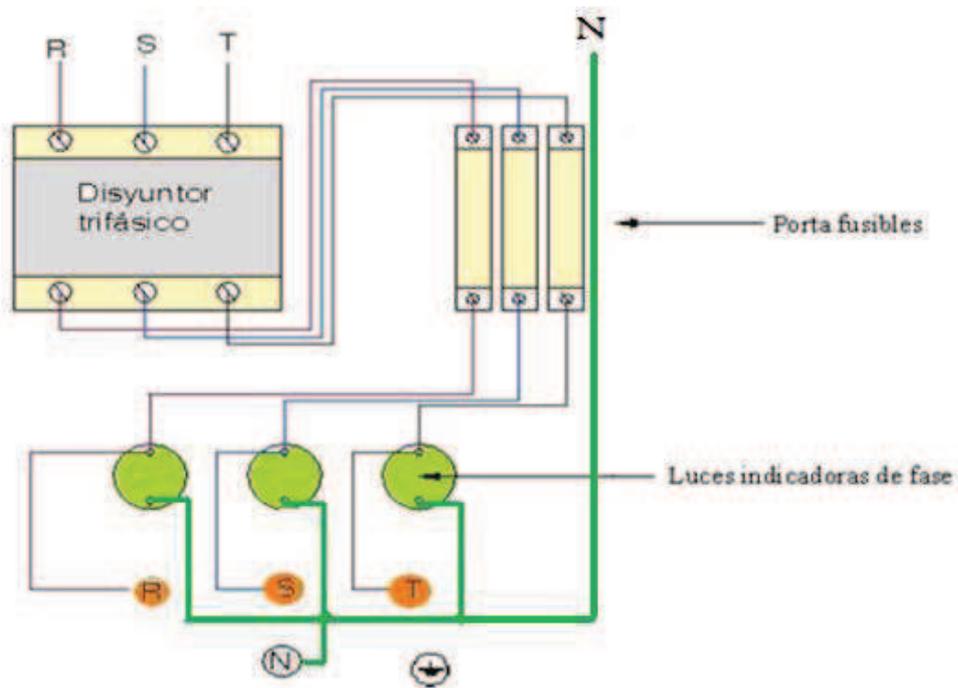


Figura 3.6 Diagrama de alimentación e identificación

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

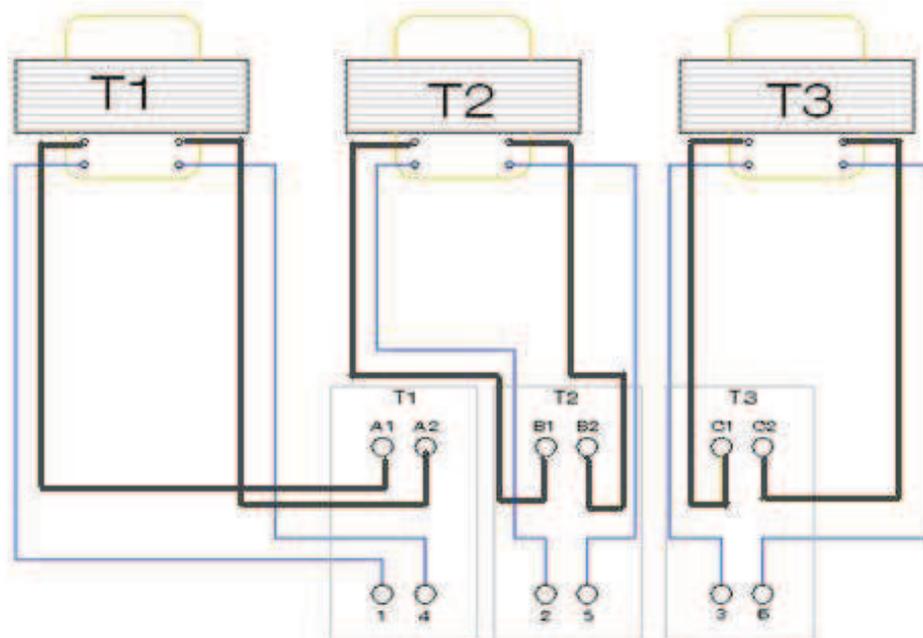


Figura 3.7 Diagrama de conexiones de los bobinados (primario y secundario)

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Donde:

T1= Transformador 1

T2= Transformador 2

T3= Transformador 3

A1, B1, C1= Principios de los devanados primarios

A2, B2, C2= Finales de los devanados primarios

1, 2, 3= Principios de los devanados secundarios

4, 5, 6= Finales de los devanados secundarios

3.5.5 Montaje de elementos

Todos los elementos seleccionados se procedieron a conectar en las borneras colocadas en el acrílico que permitiría la colocación más cómoda y segura, el montaje se lo realizó de la siguiente manera:

1. Primeramente se colocó los jacks bananas tipo hembra (12 negros), correspondientes a los principios y finales de los bobinados primarios y secundarios de los tres transformadores. (Ver foto 3.56), además la colocación de los jacks banana tipo hembra (3 rojos y 2 negros), que corresponden a las tres fases (R,S,T); neutro (N); y tierra (\perp) respectivamente. (Ver foto 3.57)



Foto 3.56 Ubicación de los jacks banana tipo hembra (12 negros)

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto 3.57 Ubicación de los jacks banana tipo hembra (3 rojos y 2 negros)

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

2. Lo siguiente fue la ubicación de las **luces piloto** (verdes), de 220/440V que fueron colocados en el acrílico con unos seguros en forma de rosca en la parte posterior de este y al hacerlo girar hace presión y sujeta la luz piloto al mismo, tomando en cuenta que son las luces indicadoras de fase (L1, L2, L3). (Ver foto 3.58)

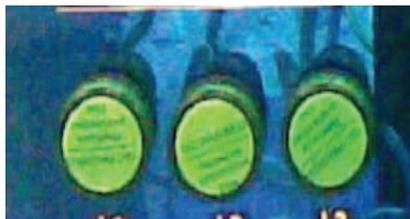


Foto 3.58 Ubicación de las luces piloto

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3. En esta parte se cortó con una sierra un **Riel Dim** de medidas (18 cm * 3,5 cm). (Ver foto 3.59). El cual fue sujetado al acrílico con 3 tornillos de ½ “ con su respectiva rodela, este riel dim al contar con la facilidad de la flexibilidad en el movimiento de los elementos que se puedan colocar, por ello fueron ubicados en éste, el disyuntor eléctrico y los cuatro portafusibles que cuentan con la parte física adecuada para su montaje. (Ver foto 3.60).



Foto. 3.59 Colocación de la riel dim

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto 3.60 Ubicación del disyuntor y portafusibles en la riel dim

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

4. Instalación de terminales

Al tener ya ubicados los conectores (Jacks bananas hembra), se procedió a asegurar todos los elementos. El siguiente paso fue mediante la manipulación de materiales eléctricos como pinza, pela hilos, caútín, estaño, pasta soldante y la utilización del cable flexible No.14 AWG de diferentes colores (azul, blanco, amarillo, verde) se procedió a colocar los terminales redondos en cada uno de los conductores. (Ver foto 3.61).

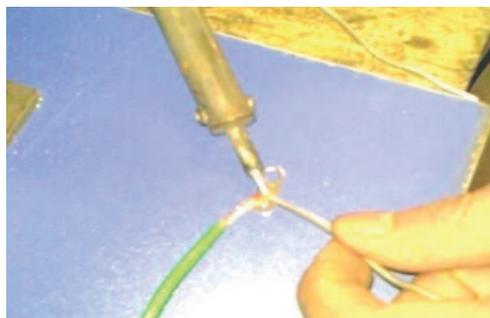


Foto 3.61 Colocación de terminales en cables conductores

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

5. Armado del módulo

Una vez terminado la colocación de los terminales redondos en los cables flexibles No.14 AWG de diferentes colores (azul, blanco, amarillo, verde), se procede a realizar las conexiones de los bornes de cada elemento hacia los jacks banana tipo hembra (rojos y negros) según correspondan.

Hay que tomar en cuenta que cada color de cable tiene su identificación de utilidad en los diferentes elementos, distinguiéndose de la siguiente manera:

- a) El cable amarillo se utiliza para la conexión entre los principios y finales de los bobinados primarios con los jacks banana tipo hembra (negros) de cada uno de los transformadores. (Ver foto 3.62)

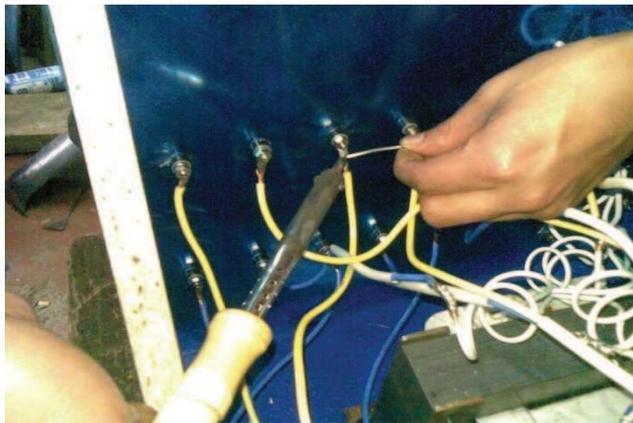


Foto 3.62 Conexiones de los bobinados primarios con jacks

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- b)** El cable azul se lo utiliza para la conexión entre los principios y finales de los bobinados secundarios con los jacks tipo hembra (negros) de cada uno de los transformadores. (Ver foto 3.63)



Foto 3.63 Conexiones de los bobinados secundarios con jacks

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- c)** El cable blanco se lo utiliza para la conexiones entre:

- Los tres primeros del porta fusible de la parte superior con los tres terminales de la parte de abajo del disyuntor.(Ver foto 3.64)



Foto 3.64 Conexiones de portafusibles y disyuntor

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- Los tres primeros del portafusible de la parte inferior con las luces piloto (L1, L2, L3) respectivamente y las luces piloto (L1, L2, L3) con los jacks hembra (rojos) de las fases (R, S, T) respectivamente. (Ver foto 3.65)



Foto 3.65 Conexiones de portafusible y luces piloto

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- Las luces piloto (L1, L2, L3) con el jack hembra (negro) que es neutro (N), tomando en cuenta que se realizó el empalme oportuno para dicha conexión. (Ver foto 3.66)



Foto 3.66 Empalme para conexión

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

6. Conexión a tierra

El cable verde se lo utiliza para la conexión entre los tres transformadores con el jack hembra (negro) que es la tierra (\perp), tomando en consideración que para lo primero se unieron en los extremos de las chapas de hierro de silicio de cada

transformador mediante el cable que se halla remachado con terminales redondos tipo pin de color amarillo, el cual brindará seguridad ya que evitará que los hilos del cable se salgan para prevenir cualquier accidente y por correspondiente luego con su propio tornillo y tuerca para el ajuste. (Ver foto 3.67 y figura 3.8)

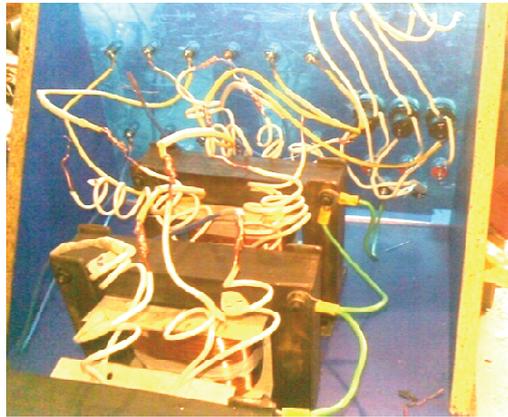


Foto 3.67 Conexión de bornes a tierra

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

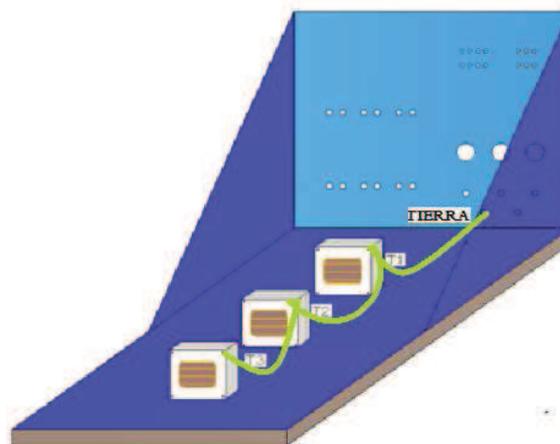


Figura 3.8 Conexión de bornes a tierra (representación)

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Una vez ubicadas y correctamente identificadas cada una de las partes que conforman el módulo, ya teniendo realizado todas las conexiones, lo siguiente fue asegurar las conexiones mediante el ajuste de las tuercas utilizando la llave de boca #10 y #11 (Ver foto 3.68), además que ajustar los tornillos del disyuntor y porta fusibles, luces piloto, con un destornillador tipo estrella (Ver figura 3.69), y

finalmente por la seguridad y estética del módulo se colocó espaguetis en los empalmes debidamente estañados con el cautín que hayan sido necesarios hacerlos para sus distintas conexiones.



Foto 3.68 Ajustado de las tuercas

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

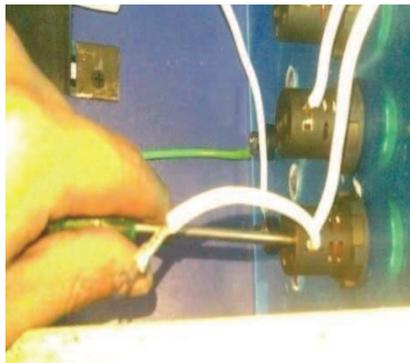


Foto 3.69 Ajustado de tornillos

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Para finiquitar detalles del módulo se utilizó cinta de color azul para pegarla en todos los lados de la melamina, utilizando para ello cemento de contacto. Esto se lo hizo para mejorar la estética y presentación del módulo didáctico. (Ver foto 3.70)



Foto 3.70 Colocación de cinta para melamina

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.5.6 Rotulación del panel frontal

La identificación de cada uno de los elementos en el módulo se hizo mediante rótulos, los cuales se diseñaron mediante un programa de computadora e impreso en hojas de papel adhesivo (Ver foto3.71), esto es específicamente con la finalidad de que los alumnos al momento de realizar las prácticas con el módulo puedan visualizar e identificar tanto los elementos como las conexiones con los transformadores. La simbología utilizada para denotar a los terminales de los transformadores, está dada por la **ASA** (American Standard Association), la misma que ha adoptado ciertas marcas normalizadas para los terminales con las que deben familiarizarse el personal que utilice transformadores de potencia y distribución. Los terminales de alta tensión están rotulados con H1, H2 (bobinados primarios) y los de baja con X1 y X2 (bobinados secundarios). (Ver foto 3.72).



Foto 3.71 Diseño en papel adhesivo

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto 3.72 Rotulación del módulo

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.5.7 Instalación del enchufe de cuatro polos y uso del cable flexible 4x14

- Al tener lista la acometida de alimentación trifásica para el módulo, lo que se hizo fue utilizar el **cable flexible (negro) 4x14** de longitud aproximada de 3 m. de largo, ya que al poseer cuatro cables en su interior se lo puede utilizar apropiadamente. Así que primeramente con una cuchilla se cortó un poco el aislante para dejar descubiertos los cuatro cables (rojo, negro, blanco y verde), de los cuales los tres primeros fueron conectados directamente al disyuntor (R,S,T) y el cuarto al neutro (N) respectivamente. (Ver foto 3.73)

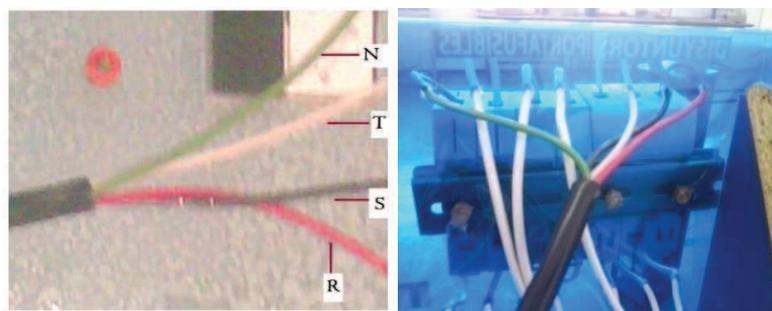


Foto 3.73 Conexión del cable 4x14

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- Lo siguiente en realizar fue al otro extremo del cable 4X14 (negro), de la misma manera quitar un poco el aislante para dejar libre los cuatro cables (rojo, negro, blanco y verde), para ser conectados y posteriormente aislados en los cuatro terminales (R, S, T, N) del **enchufe tetrafilar** (negro) respectivamente, obteniendo de esta manera el medio adecuado para la alimentación trifásica del cual va ser objeto el presente módulo, ya que cuenta con algunas características: enchufe de ángulo universal tetrafilar de 30A, 125/250 V (Ver foto 3.74)

R----- rojo
 S----- negro
 T----- blanco
 N----- verde

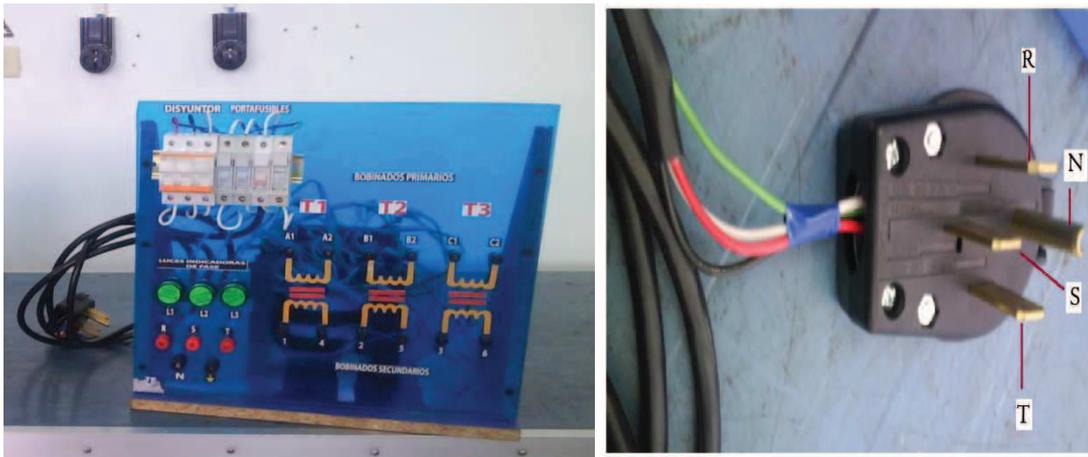


Foto 3.74 Conexión del cable 4x14 al enchufe tetrafilar

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.5.8 Construcción de cables para conexiones.

Se procedió a elaborar los cables para las conexiones, ya que en la realización de las prácticas de laboratorio necesariamente se utiliza elementos conductores que permitan unir y armar los diferentes puntos y circuitos de conexión, razón por la cual es indispensable la construcción de cables de conexión con los jacks banana tipo macho (negro y rojo) y conductor flexible (rojo, negro, azul) No.14 AWG, debido al voltaje y corriente que deberá soportar el mismo. (Ver foto 3.75)

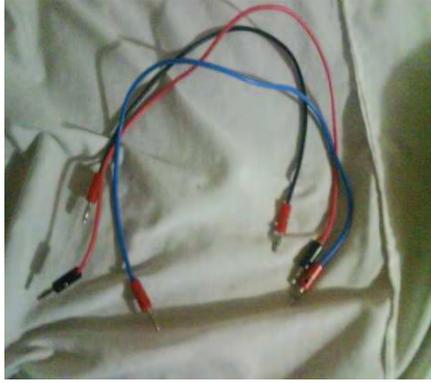


Foto 3.75 Construcción de cables para conexiones

Fuente: Módulo de transformador trifásico elevador

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.6 PRUEBAS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.6.1 Elaboración de guías de laboratorio

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO
LABORATORIO DE MÁQUINAS Y CONTROL INDUSTRIAL
GUÍA DE LABORATORIO # 1

1.- Tema: Conexión de transformadores trifásicos.

2.- Objetivos:

- Estudiar la relación existente entre el valor del voltaje y el de la corriente de los bobinados primarios y secundarios en transformadores trifásicos.
- Aprender como se realizan conexiones delta-delta, delta-estrella, estrella-estrella, estrella-delta.
- Comprobar las características de funcionamiento del módulo al hacer las conexiones propuestas.

3.- Marco Teórico

3.1 Transformador Trifásico

El transformador trifásico está constituido por tres transformadores monofásicos montados en un núcleo magnético común. Los principios impuestos para los sistemas monofásicos son aplicables para los trifásicos, tomando en cuenta que se aplicarán a cada una de las fases de los mismos. Y de acuerdo a su funcionamiento, puede ser:

❖ **Transformador Elevador**

Un transformador cuyo voltaje secundario sea superior al primario. El producto de intensidad de corriente por voltaje es constante en cada juego de bobinas, de forma que en un transformador elevador el aumento de voltaje de la bobina secundaria viene acompañado por la correspondiente disminución de corriente.

❖ Transformador Reductor

Si el voltaje secundario es inferior al primario.

3.2 Conexión delta-delta (Δ - Δ)

Características:

- Los voltajes primarios de línea y de fase son iguales:

$$VLP = VFP$$

- Las tensiones secundarias cumplen la siguiente relación:

$$VLS = \sqrt{3} VFS$$

- La relación entre tensiones de fase es:

$$\frac{VFP}{VFS} = a$$

- La relación entre los voltajes de línea es:

$$\frac{VLP}{VLS} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

Esta conexión no tiene desplazamiento de fase, y tiene la ventaja que no tiene problemas con cargas desequilibrada o armónicos, además se puede quitar un transformador para mantenimiento o reparaciones y queda funcionando con dos transformadores pero como banco trifásico.

3.3 Conexión Delta-estrella (Δ -Y)

Características:

- Los voltajes de línea y de fase son iguales en el primario y en el secundario:

$$VLP = VFP$$

$$VLS = VFS$$

- Los voltajes de línea de primario y secundario guardan la siguiente relación:

$$\frac{VLP}{VLS} = a$$

Esta conexión se utiliza normalmente para elevar el voltaje a un valor alto. En sistemas de distribución industrial, su uso es conveniente debido a que se tiene acceso a dos tensiones distintas, de fase y línea.

3.4 Conexión estrella-delta (Y-Δ)

Características:

- Los voltajes primarios de línea y de fase cumplen la relación:

$$VLP = \sqrt{3} \cdot VFP$$

- Las tensiones secundarias de línea y fase son iguales:

$$VLS = VFS$$

- La relación de tensiones de fase es:

$$\frac{VFP}{VFS} = a$$

- La relación entre los voltajes de línea del primario y secundario es:

$$\frac{VLP}{VLS} = \sqrt{3} \cdot a$$

Se usa generalmente para bajar de un voltaje alto a uno medio o bajo. Esta conexión no presenta problemas con los componentes en sus voltajes de terceros armónicos, puesto que se consume una corriente circulante en el lado de la delta (triángulo).

Esta conexión es estable con respecto a cargas desequilibradas, debido a que la delta redistribuye cualquier desequilibrio que se presente.

3.5 Conexión estrella-estrella (Y-Y)

Características:

- Los voltajes de línea se relacionan con los voltajes de fase según las expresiones:

$$VLP = \sqrt{3} \cdot VFP$$

$$VLS = \sqrt{3} \cdot VFS$$

- Los voltajes de línea de primario y secundario guardan la siguiente relación:

$$\frac{VLP}{VLS} = a$$

El voltaje de la primera fase se enlaza con el voltaje de la segunda fase por la relación de espiras del transformador. Se emplea en sistemas con tensiones muy elevadas, ya que disminuye la capacidad de aislamiento.

3.6 Tensión de línea

Es la medida entre dos conductores alimentadores o dos conductores activos

3.7 Tensión de fase

Es la medida entre los terminales de cada devanado

4.- Materiales y Equipos

- ✓ Módulo didáctico de transformador trifásico elevador 1:2
- ✓ Módulo didáctico de transformador trifásico reductor 2:1
- ✓ Multímetro con Pinza amperimétrica
- ✓ Línea de alimentación (220v)
- ✓ Cables de conexión
- ✓ Guía de Laboratorio

5.- Procedimiento

5.1. Preliminares

- ✓ Antes de iniciar la práctica se debe verificar que todas las luces indicadoras de fase estén encendidas puesto que la falta de una de las líneas no permitirá que la práctica se desarrolle correctamente. Posteriormente verificar que los Disyuntores o Breakers se encuentren desactivados ya sea visualmente o utilizando el voltímetro.

- ✓ Para la realización de las cuatro conexiones trifásicas de esta práctica es necesario utilizar el módulo didáctico de transformador trifásico reductor, ya que el presente módulo por ser trifásico elevador, necesita una entrada de voltaje de 110 VAC trifásico, dado por el módulo didáctico trifásico reductor. Para este voltaje deseado se utilizará la conexión delta-delta en el módulo trifásico reductor.

5.2. Conexión del transformador trifásico reductor en conexión delta-delta.

- 1) Por medio del multímetro, ubicándolo en la función de voltaje (A.C), verifique que en la línea de alimentación exista de 220 VAC.

- 2) Baje el breaker (disyuntor) a la posición OFF (apagado).

- 3) Conecte el enchufe tetrapolar del módulo de transformador trifásico reductor hacia la alimentación de 220 VAC.

- 4) Realice la conexión (Δ - Δ) en el módulo de transformador trifásico reductor como se indica en la figura 1 y verifique la conexión.

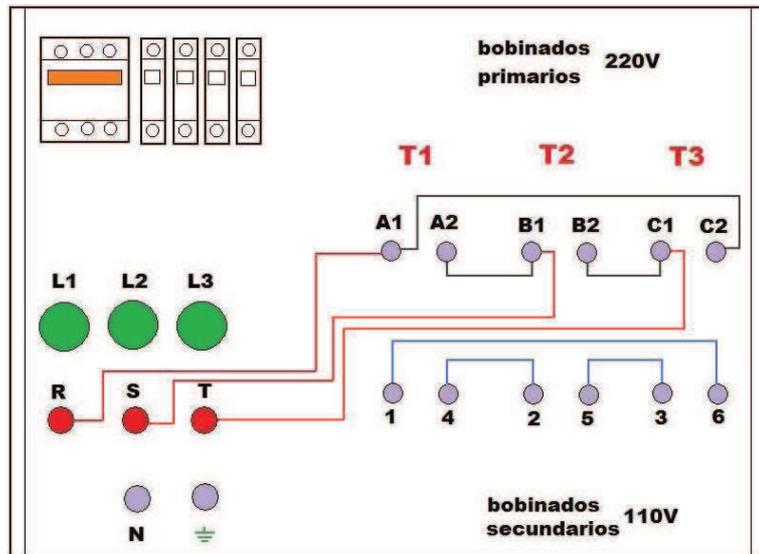


Figura 1. Conexión delta-delta (módulo trifásico reductor)

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Muisin Pablo

- 5) Suba el breaker (disyuntor) a la posición ON (encendido).
- 6) Con el voltímetro verificar que existan los 110 V en las salidas (1-4; 2-5; 3-6).
- 7) Baje el breaker (disyuntor) a la posición OFF (apagado).

NOTA: Para cada uno de los siguientes pasos, no desconecte las conexiones del transformador trifásico reductor.

5.3. Conexión del transformador trifásico elevador en conexión delta-delta.

- 1) Realice la conexión (Δ - Δ) en el módulo de transformador trifásico reductor como se indica en la figura 1 y verifique la conexión.

NOTA: La conexión de 110Vca trifásica debe provenir de la salida del módulo de transformador trifásico reductor obtenida en el punto anterior.

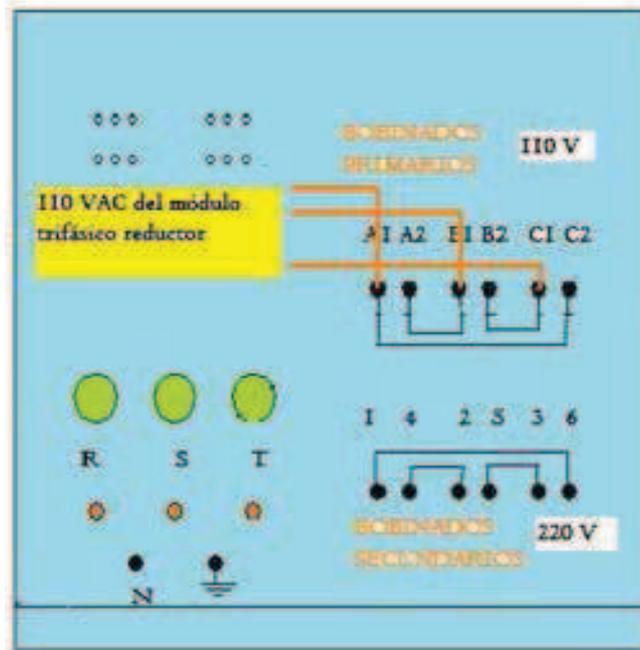


Figura 2. Conexión delta-delta (módulo trifásico elevador)

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

2) Suba el breaker (disyuntor) del módulo trifásico reductor a la posición ON (encendido).

3) Mida los valores de voltajes especificados en la figura 3.

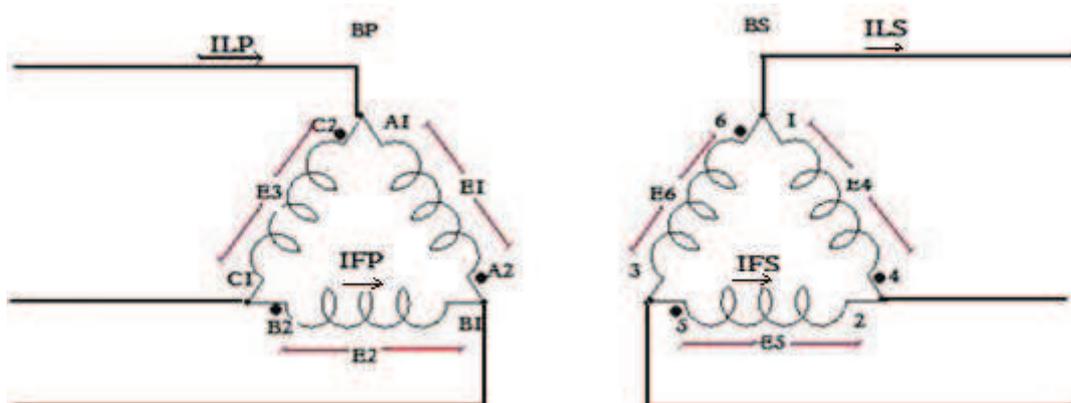


Figura 3. Medición de valores

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

4) Anote los valores medidos y calculados de cada uno de los parámetros que se indican en la tabla 1.

Tabla 1. Valores calculados y medidos.

VALORES VOLTAJES	VALORES MEDIDOS (AC)	VALORES CALCULADOS(AC)
E1(A1-A2)		
E2(B1-B2)		
E3(C1-C2)		
E4(1-4)		
E5(2-5)		
E6(3-6)		

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- 5) Baje el breaker (disyuntor) del módulo trifásico reductor a la posición OFF (apagado).

5.4. Conexión del transformador trifásico elevador en conexión delta-estrella.

- 1) Realice la conexión delta-estrella especificada en el diagrama (Fig. 3)

NOTA: Conecte las tres fases del módulo trifásico reductor (110VAC) que proporciona a los bobinados primarios (A1-B1-C1) del módulo trifásico elevador.

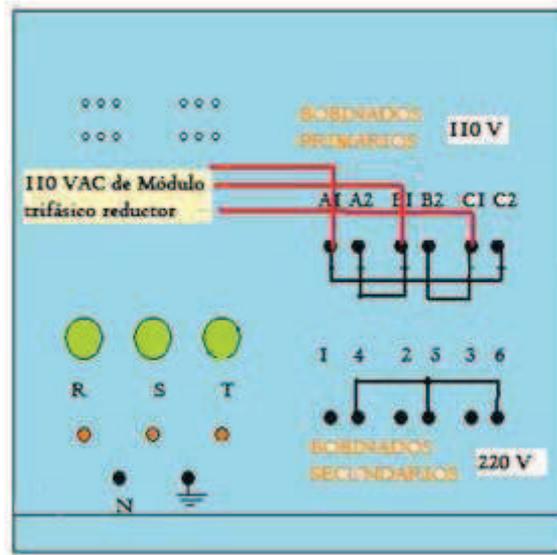


Figura 3 Conexión delta-estrella (módulo trifásico elevador)

Fuente : Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

2) Suba el breaker (disyuntor) del módulo trifásico reductor a la posición ON (encendido).

3) Mida los valores especificados en el diagrama (Fig. 4)

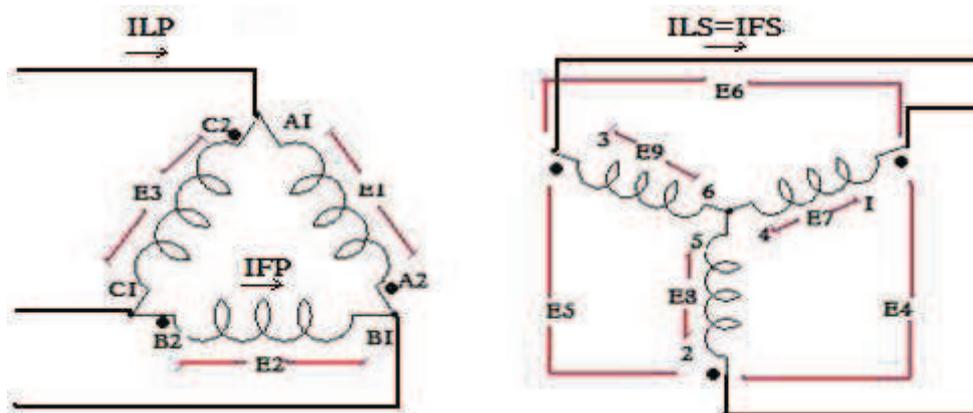


Figura 4. Medición de valores

Fuente : Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

4) Anote los valores medidos y calculados de cada uno de los parámetros que se indican en la tabla 2.

Tabla 2. Valores calculados y medidos.

VALORES: VOLTAJES	VALORES MEDIDOS	VALORES CALCULADOS
E1(A1-A2)		
E2(B1-B2)		
E3(C1-C2)		
E4(1-2)		
E5(2-3)		
E6(1-3)		
E7(1-4)		
E8(2-5)		
E9(3-6)		

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- 5) Baje el breaker (disyuntor) del módulo trifásico reductor a la posición OFF (apagado).

5.5. Conexión del transformador trifásico elevador en conexión estrella-delta.

- 1) Realice la conexión estrella-delta especificada en el diagrama (Fig. 5)

NOTA: Conecte las tres fases del módulo trifásico reductor (110VAC) que proporciona a los bobinados primarios (A1-B1-C1) del módulo trifásico elevador.

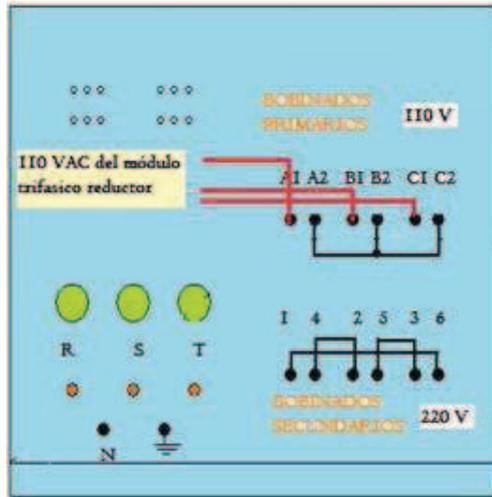


Figura 5. Conexión estrella-delta (módulo trifásico elevador)

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

2) Suba el breaker (disyuntor) del módulo trifásico reductor a la posición ON (encendido).

3) Mida los valores especificados en el diagrama (Fig. 6)

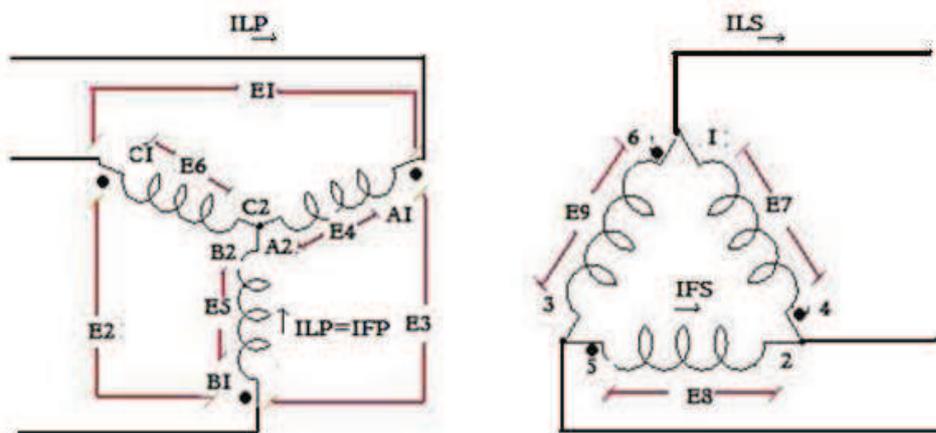


Figura 6. Medición de valores

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

4) Anote los valores medidos y calculados de cada uno de los parámetros que se indican en la tabla 3.

Tabla 3 Valores calculados y medidos.

VALORES: VOLTAJES Y CORRIENTES	VALORES MEDIDOS	VALORES CALCULADOS
E1(A1-C1)		
E2(B1-C1)		
E3(A1-B1)		
E4(A1-A2)		
E5(B1-B2)		
E6(C1-C2)		
E7(1-4)		
E8(2-5)		
E9(3-6)		

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- 5) Baje el breaker (disyuntor) del módulo trifásico reductor a la posición OFF (apagado).

5.6. Conexión del transformador trifásico elevador en conexión estrella-estrella.

- 1) Realice la conexión estrella-estrella especificada en el diagrama (Fig. 7)

NOTA: Conecte las tres fases del módulo trifásico reductor (110VAC) que proporciona a los bobinados primarios (A1-B1-C1) del módulo trifásico elevador.

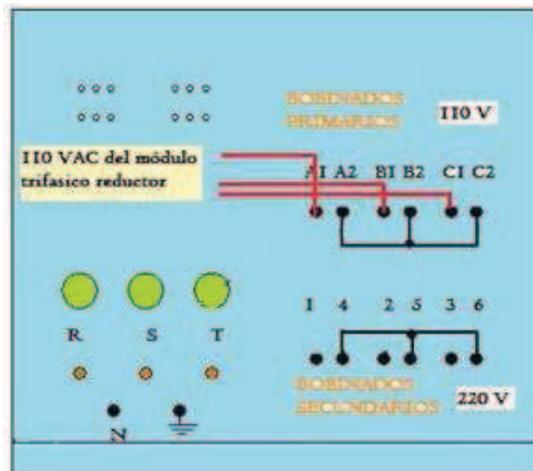


Figura 7 Conexión estrella-estrella (módulo trifásico elevador)

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

2) Suba el breaker (disyuntor) del módulo trifásico reductor a la posición ON (encendido).

3) Mida los valores especificados en el diagrama (Fig. 8)

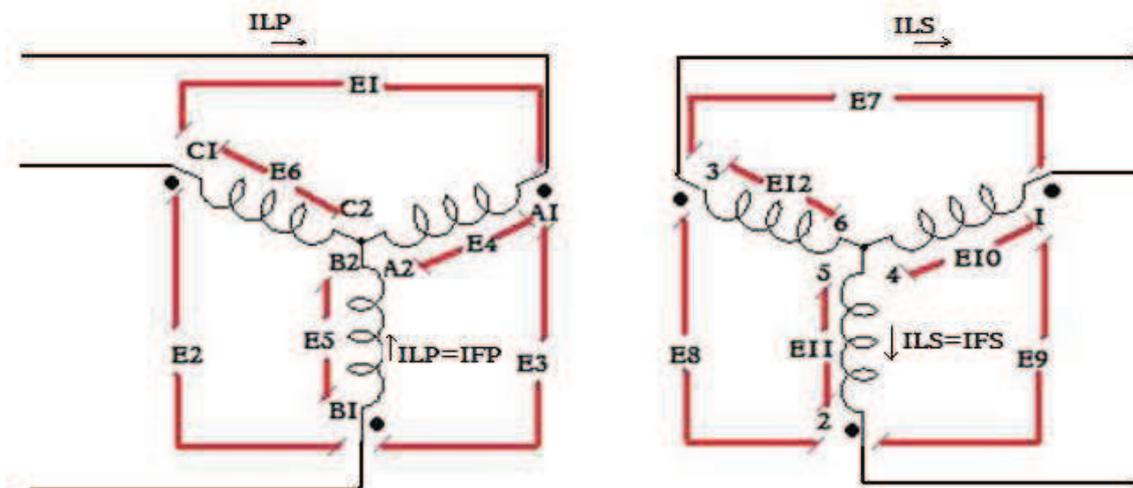


Figura 8. Medición de valores

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

4) Anote los valores medidos y calculados de cada uno de los parámetros que se indican en la tabla 4.

Tabla 4 Valores calculados y medidos.

VALORES: VOLTAJES	VALORES MEDIDOS	VALORES CALCULADOS
E1(A1-C1)		
E2(B1-C1)		
E3(A1-B1)		
E4(A1-A2)		
E5(B1-B2)		
E6(C1-C2)		
E7(1-3)		
E8(2-3)		
E9(1-2)		
E10(1-4)		
E11(2-5)		
E12(3-6)		

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

5) Baje el breaker (disyuntor) del módulo trifásico reductor a la posición OFF (apagado) y desconecte los módulos.

6. Análisis de resultados.

1) Explique en qué casos es conveniente utilizar las siguientes conexiones y cuál es la aplicación:

a) Conexión delta –delta

.....
.....

b) Conexión estrella-delta

.....
.....

c) Conexión estrella-estrella

.....
.....

d) Conexión delta-estrella

.....
.....

2) Cual es la diferencia entre voltaje de línea y voltaje de fase?

.....
.....

3) Por qué es importante determinar la polaridad en cada devanado de los transformadores?

.....
.....

4) Qué ventajas presenta la conexión delta-estrella y por qué es la más empleada en sistemas de distribución?

.....
.....

5) Qué conexión es usada generalmente para reducir el voltaje a menor valor?

.....
.....

6) Por qué no se puede medir la corriente en los bobinados primarios y secundarios cuando el transformador está en vacío?

.....
.....

7.- Conclusiones:

8.- Recomendaciones:

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO
LABORATORIO DE MÁQUINAS Y CONTROL INDUSTRIAL
GUÍA DE LABORATORIO # 2

1.- Tema: Transformador trifásico con carga

2.- Objetivos:

- Estudiar la relación existente entre el valor del voltaje y el de la corriente en circuitos trifásicos con carga.
- Aplicar las conexiones que permitan el funcionamiento de un motor trifásico.
- Identificar las corrientes que se producen los transformadores cuando trabajan con carga (motor trifásico).
- Comprobar las características de los transformadores al realizar el funcionamiento con un motor trifásico.

3.- Marco Teórico

3.1 Preliminares

- ✓ Para la realización de esta práctica es necesario utilizar el módulo didáctico de transformador trifásico reductor.
- ✓ El presente módulo por ser trifásico elevador, necesita:
El voltaje de 110 VAC (salida) dado por el módulo didáctico trifásico reductor.
- ✓ Para este voltaje deseado se recomienda utilizar la conexión delta-delta en el módulo trifásico reductor.
- ✓ Para utilizar el motor trifásico se tomaron en cuenta sus características.
(Fig.1)



MOTOR TRIFASICO LCI-01-B	
LAWSON	THREE PHASE INDUCTION
TYPE Y 80I-2	3600 r/min
0,75 Kw I HP	CONN. Δ/Y
220/440 V	INS.CLF.TEFC
2/I A	IPS4 SEF I,15
60 Hz	No. 209 IO

Figura 1 Placa del motor trifásico

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- ✓ Para la medición de las diferentes corrientes se lo debe realizar, colocando sobre los conductores de (R, S, T o A1, B1, C1 y otros) la pinza amperimétrica de la siguiente manera: (Ver Figura 2).

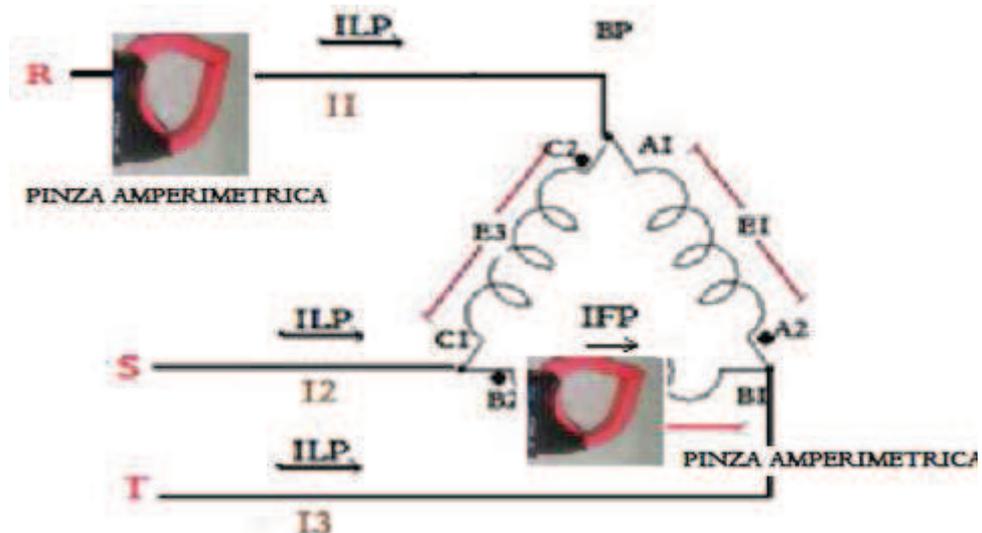


Figura 2 Uso de la pinza amperimétrica

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

3.2 El transformador bajo carga

Si el circuito de arrollamiento de salida se cierra a través de un receptor (por ejemplo: lámpara incandescente o motor), por el circulará una corriente (corriente de carga).

Si se compara la corriente que circula por el circuito de entrada con la del circuito de salida , se comprobará que sus intensidades son inversamente proporcionales a los números de vueltas , siempre que se desprece la corriente que circula cuando el transformador esta en vacío .

3.3 Motor Trifásico

El motor trifásico se compone fundamentalmente de un rotor y un estator. Ambas partes están formadas por un gran número de láminas ferromagnéticas, que disponen de ranuras, en las cuales se alojan los devanados estatóricos y rotóricos respectivamente. Al alimentar el bobinado trifásico del estator, con un sistema de tensiones trifásicas, se crea un campo magnético giratorio, el cual induce en las espiras del rotor una fuerza electromagnética, y como todas las espiras forman un circuito cerrado, circula por ellas una corriente, obligando al rotor a girar en el mismo sentido que el campo giratorio del estator.

3.4 Conexión delta-delta (Δ - Δ)

Esta conexión no tiene desplazamiento de fase, y tiene la ventaja que no tiene problemas con cargas desequilibrada o armónicos, además se puede quitar un transformador para mantenimiento o reparaciones y queda funcionando con dos transformadores pero como banco trifásico.

3.5 Conexión estrella-estrella (Y-Y)

El voltaje de la primera fase se enlaza con el voltaje de la segunda fase por la relación de espiras del transformador. Se emplea en sistemas con tensiones muy elevadas, ya que disminuye la capacidad de aislamiento.

4.- Materiales y Equipos

- ✓ Módulo didáctico de transformador trifásico elevador 1:2
- ✓ Módulo didáctico de transformador trifásico reductor 2:1
- ✓ Motor Trifásico
- ✓ Multímetro con Pinza amperimétrica
- ✓ Línea de alimentación (220 V)
- ✓ Cables de conexión
- ✓ Guía de Laboratorio

5.- Procedimiento

NOTA: Antes de iniciar la práctica se debe verificar que los Disyuntores, Breakers o Tacos se encuentren desactivados ya sea visualmente o utilizando el voltímetro, además de verificar las luces indicadoras de fase, que todas estén encendidas puesto que la falta de una de las líneas no permitirá que la práctica se desarrolle correctamente.

5.1 Conexión del transformador trifásico reductor en conexión delta-delta.

- 1) Por medio del multímetro, ubicándolo en la función de voltaje (A.C), verifique que en la línea de alimentación exista de 220 VAC.
- 2) Baje el breaker (disyuntor) a la posición OFF (apagado).
- 3) Conecte el enchufe tetrapolar del módulo de transformador trifásico reductor hacia la alimentación de 220 VAC.
- 4) Realice la conexión (Δ - Δ) en el módulo de transformador trifásico reductor como se indica en la figura 3 y verifique la conexión.

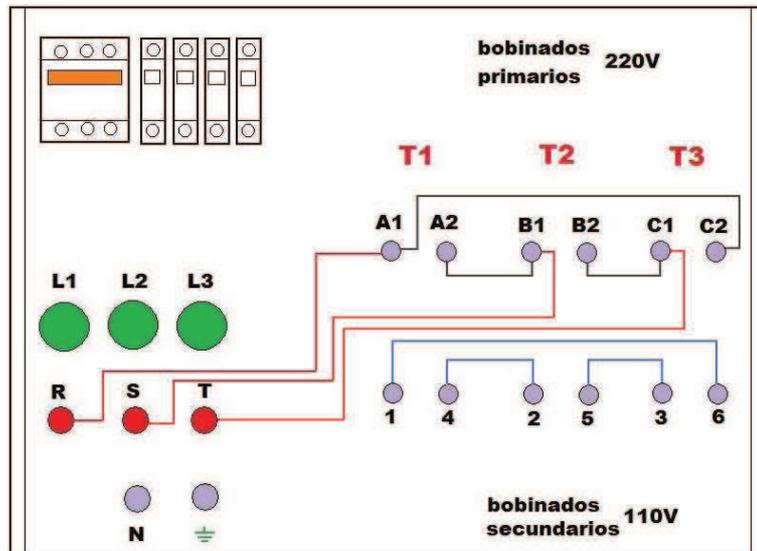


Figura 3. Conexión delta-delta (módulo trifásico reductor)

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Muisin Pablo

- 5) Suba el breaker (disyuntor) a la posición ON (encendido).
- 6) Con el voltímetro verificar que existan los 110 V en las salidas (1-4; 2-5; 3-6).
- 7) Baje el breaker (disyuntor) a la posición OFF (apagado).

NOTA: Para cada uno de los siguientes pasos, no desconecte las conexiones del transformador trifásico reductor.

5.2 Conexión del transformador trifásico elevador en conexión delta-delta.

- 1) Realice la conexión (Δ - Δ) en el módulo de transformador trifásico elevador como se indica en la figura 4 y verifique la conexión.

NOTA: La conexión de 110VAC trifásica debe provenir de la salida del módulo de transformador trifásico reductor obtenida en el punto anterior.

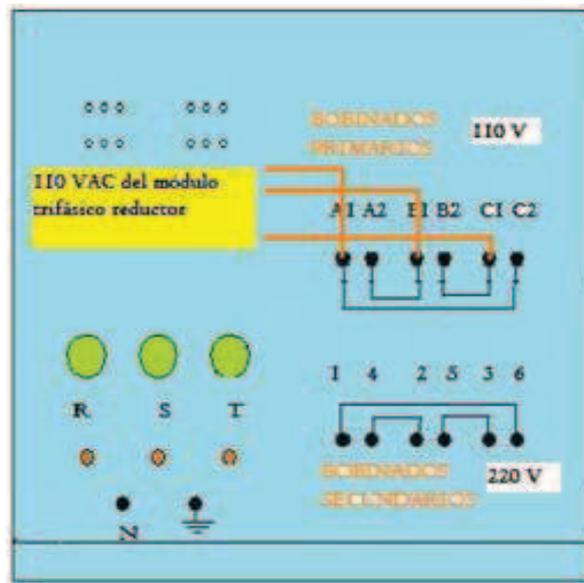


Figura 4. Conexión delta-delta (módulo trifásico elevador)

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

- 2) Conecte las tres fases del modulo trifásico reductor (110VAC) que proporciona a los bobinados primarios (A1, B1, C1) del módulo trifásico elevador.
- 3) Suba el breaker (disyuntor) del módulo trifásico reductor a la posición ON (encendido).
- 4) Mida los voltajes de fase de los bobinados primarios y secundarios de cada transformador (módulo trifásico elevador) y así verificar que dispone del voltaje óptimo para trabajar con carga (motor trifásico)
- 5) Baje el breaker (disyuntor) del módulo trifásico reductor a la posición OFF (apagado).

5.3 Conexión del transformador trifásico a la carga (motor trifásico)

NOTA: Realizar la conexión delta (Δ) en el motor para trabajar con la configuración de (220 V), el cual esta especificado en el mismo (Fig. 5)

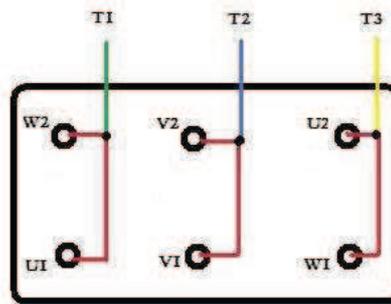


Figura 5 Conexión delta (220 V) del motor trifásico

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

1) Realice la conexión de los terminales del motor trifásico (T1, T2, T3) hacia los jacks (1,2,3) de los bobinados secundarios del módulo trifásico elevador respectivamente (Fig.6)

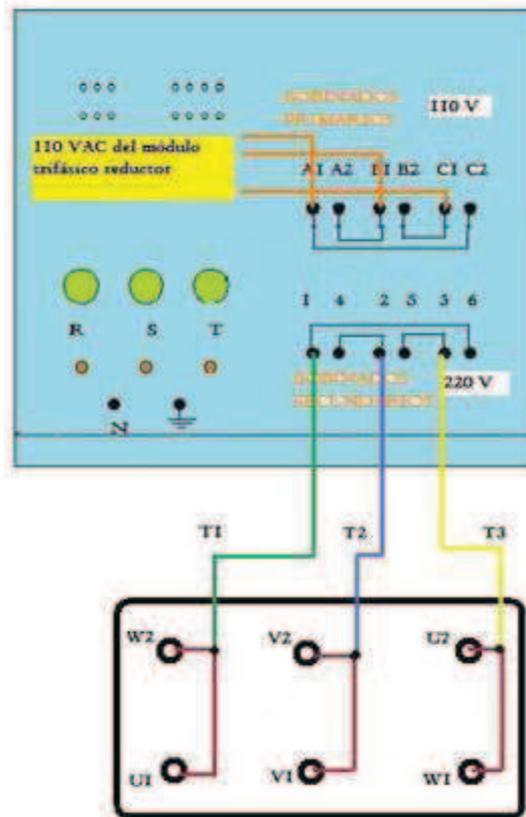


Figura 6 Conexión del módulo trifásico elevador a la carga (motor trifásico)

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

2) Suba el breaker (disyuntor) del módulo trifásico reductor a la posición ON (encendido).

3) Mida los valores especificados en el diagrama (Fig. 7)

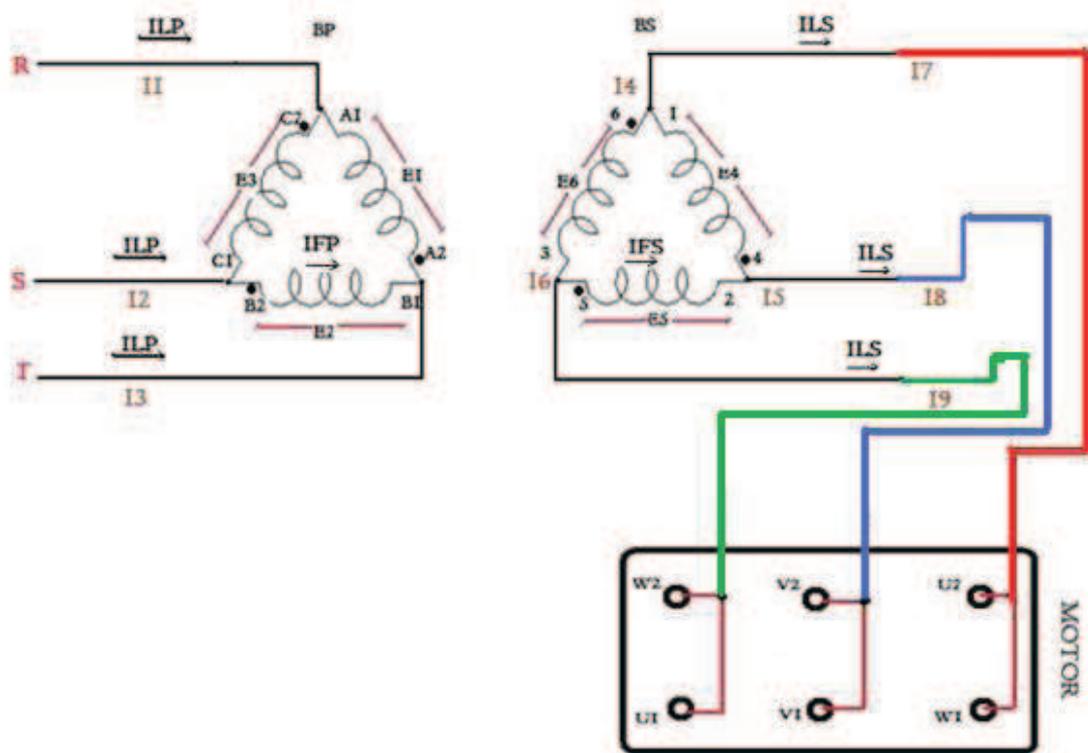


Figura 7 Medición de valores
 Fuente: Investigación de campo
 Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

4) Anote los valores medidos de cada uno de los parámetros que se indican en la tabla 1 y 2 en el módulo trifásico elevador.

Tabla 1. Voltajes medidos.

VALORES DE VOLTAJES	VALORES MEDIDOS
E1(A1-A2)	
E2(B1-B2)	
E3(C1-C2)	
E4(1-4)	
E5(2-5)	
E6(3-6)	

Fuente: Investigación de campo
 Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Tabla 2 Corrientes medidas.

VALORES DE CORRIENTES	VALORES MEDIDOS
I1(R) ILP	
I2(S) ILP	
I3(T) ILP	
I4(1-6)	
I5 (2-4)	
I6 (3-5)	
I7 (con carga) ILS	
I8 (con carga) ILS	
I9 (con carga) ILS	

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

5) Baje el breaker (disyuntor) del módulo trifásico reductor a la posición OFF (apagado).

6. Análisis de resultados.

1) Por qué es necesario la utilización del módulo trifásico reductor en esta práctica?

.....

2) Qué conexión no permite el funcionamiento del módulo con carga (motor trifásico) y por qué?

.....

3) Explique qué sucede con las corrientes cuando el módulo trabaja con carga?

.....

4) Por qué las corrientes de los bobinados primarios y secundarios difieren entre ellas?

.....
.....

7.- Conclusiones:

8.- Recomendaciones:

3.7 ESTUDIO TÉCNICO, LEGAL Y ECONÓMICO

3.7.1 Estudio técnico

El desarrollo del proyecto en si necesitó de la información más accesible acerca de los transformadores trifásicos, encontrándose ésta en libros, manuales, páginas de internet, entre otros. Entoces adaptable desde un punto de vista técnico, tomando en consideración el lugar donde es objeto de uso el módulo, por disponer de materiales, herramientas, dispositivos, equipos e instalaciones requeridos para su construcción. Cabe mencionar que los estudiantes de la carrera de Electrónica podrán realizar las prácticas de laboratorio al disponer del material didáctico que contribuye académicamente con uno de los temas de la malla curricular.

3.7.2 Estudio legal

La implementación de este módulo didáctico de transformador trifásico elevador es importante por la ayuda a ser más íntegro el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Electrónica que utilizan el laboratorio de Máquinas y Control Industrial. De ésta manera se lograría satisfacer las necesidades que tienen los centros de educación superior en adquirir todos los medios didácticos que estén a su disposición.

3.7.3 Estudio económico

Para la realización de este estudio se tomó en cuenta los factores para la construcción y determinación de costo del módulo didáctico. Luego de finalizado el proyecto se detalla los recursos económicos que se emplearon, entre ellos materiales, dispositivos, instrumentos, equipos, herramientas y costos varios. Los costos para la construcción del módulo didáctico son los siguientes:

Tabla 3.1. Costo de Materiales e instrumentos.

Cantidad	Detalle	V. Unitario	V. Total
3	Transformadores monofásicos	\$ 100.00	\$ 300.00
1	Un disyuntor (10A)	\$ 14.65	\$ 14.65
3	Portafusibles de 32A	\$ 1.85	\$ 5.55
3	Fusibles (10 A)	\$ 0.25	\$ 0.75
3	Luces piloto(verdes)	\$ 1.50	\$ 4.50
5	Conectores jack “hembra” grande	\$ 0.30	\$ 1.50
12	Conectores jack “hembra” pequeño	\$ 0.30	\$ 3.60
48	Conectores jack “macho”	\$ 0.30	\$ 14.40
3	Terminales amarillos (redondos)	\$ 0.30	\$ 0.90
30m.	Cable conductor (Flexible 14 AWG)	\$ 0.40	\$ 12.00
32	Tornillos para melanina	\$ 0.03	\$0.96
12	Platinas de hierro (doblez, taladrado)	\$ 1.00	\$ 12.00
6	Tornillos de 1” ½ largo y un Ø ¼”	\$ 0.25	\$ 1.50
1	Listón metálico	\$ 3.00	\$ 3.00
1	Cemento de contacto	\$ 1.25	\$ 1.25
1	Pliego de papel nomex tamaño A2	\$ 1.50	\$ 1.50
1	Cinta adhesiva y mailler	\$ 2.00	\$ 2.00
1m	Espagueti	\$ 0.70	\$ 0.70
1m	Riel DIN	\$ 1.00	\$1.00
3m	Cable 4x14	\$ 2.40	\$ 6.60
1	Tomacorriente tetrapolar	\$ 12.50	\$ 12.50
1	Enchufe tetrapolar	\$ 12.00	\$ 12.00
3m	Regleta plegable	\$ 2.50	\$ 7.50
3	Cortes de melanina (base y 2 lados)	\$ 7.50	\$ 7.50
2	Planchas de acrílico	\$ 4.00	\$ 8.00
3m	Cinta para perímetros de melamina	\$ 0.50	\$ 1.50
1	Pinza amperimétrica	\$ 13.00	\$ 13.00
		Subtotal:	\$ 450.36

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin.

Tabla 3.2. Costo del uso de herramientas.

Detalle	Costo
Destornilladores (plano y estrella)	\$ 1.50
Estilete	\$ 0.75
Tijera	\$ 1.00
Llave de boca 10 mm	\$ 0.60
Cautín pequeño	\$ 1.50
Estaño	\$ 1.50
Broca de 10 mm, 8 mm y 6 mm	\$ 2.50
Pinza peladora de cables	\$ 3.00
Pinza plana	\$ 2.50
Total	\$14.85

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Tabla 3.3. Costo del uso de las máquinas herramientas y dispositivos.

Detalle	Costo
Entenalla	1.00
Rebobinadora	\$ 8.00
Esmeriladora	\$ 1.00
Pistola cautín	\$ 5.00
Taladro con regulación de velocidad	\$ 5.00
Total	\$ 20.00

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Tabla 3.4. Costo del uso de los equipos.

Detalle	Costo
Sierra para madera	\$ 2.00
Taladro de banco	\$ 6.00
Total	\$ 8.00

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Tabla 3.5. Costos varios

Detalle	Costo
Internet	\$ 25,00
Útiles de Oficina	\$ 20,00
Impresiones	\$ 55,00
Anillados y empastados	\$ 25,00
Copias	\$ 25,00
Transporte y movilización	\$ 50,00
Total	\$ 200.00

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin.

Tabla 3.6. Costo total del proyecto de graduación

Detalle	Costo
Materiales e instrumentos	\$ 450.36
Herramientas	\$14.85
Maquinas herramientas	\$ 20.00
Equipos	\$ 8.00
Costos varios	\$ 200.00
Total	\$ 693.21

Fuente: Investigación de campo.

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- ❖ Se logró el equipamiento de un módulo de transformador trifásico para el laboratorio de Máquinas y Control Industrial el cual permitirá realizar ejercicios prácticos acerca de las características técnicas de dichos equipos.
- ❖ Se determinó la situación actual del laboratorio de máquinas y control industrial y en base a su disponibilidad, se instaló la acometida eléctrica adecuada para que pueda funcionar el módulo didáctico puesto a disposición.
- ❖ Se llevó a cabo la construcción de un módulo didáctico de transformador trifásico elevador, el mismo que permitirá a los alumnos familiarizarse con los cálculos de diseño y procedimientos para la construcción de los mismos, que paso a paso fueron explicados a lo largo de este trabajo.
- ❖ Se realizaron pruebas de funcionamiento y se estableció procedimientos mediante guías de laboratorio para incrementar los conocimientos prácticos de los estudiantes dentro del área de transformadores trifásicos, mediante dichas guías podrán aprender, el principio de funcionamiento, identificación de polaridades, y conexiones de un banco de prueba de transformador trifásico.
- ❖ Mediante este proyecto se mejorará en los estudiantes de la carrera de Electrónica el proceso de enseñanza-aprendizaje, complementandode esta manera los conocimientos teóricos adquiridos en las aulas.

4.2 RECOMENDACIONES

- ❖ Una vez implementado el módulo en el espacio físico concedido, se debería complementar a este proyecto con la implementación de cargas resistivas, inductivas y capacitivas que permitan determinar el comportamiento del transformador trifásico en diferentes condiciones de carga.
- ❖ Es oportuno que se realice el mantenimiento del módulo y de los elementos que dispone el mismo en base al manual de mantenimiento que se encuentra en el (Anexo F) del presente trabajo.
- ❖ Los estudiantes debe estar siempre supervisados por el docente que imparte la materia de máquinas eléctricas, ya que si no tienen conocimiento del funcionamiento de este banco de prueba es recomendable evitar su manipulación inmediata.
- ❖ Antes de empezar las prácticas es necesario verificar que el módulo didáctico no se encuentre energizado así como también al terminar las mismas asegurarse que el mencionado módulo se encuentre apagado antes de realizar la desconexión de los cables.
- ❖ Para la utilización del banco de prueba de transformadores verificar sus características de funcionamiento, así como la identificación de sus polaridades.
- ❖ Para optimizar el aprendizaje y realización de las prácticas de los estudiantes de Electrónica es recomendable que los grupos de trabajo no lleguen a superar las tres personas para una mejor comprensión.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Arrollamiento.- Todo transformador tiene dos arrollamientos, un arrollamiento o bobinado llamado primario, y otro bobinado llamado secundario.

Alto voltaje.- Que transmite o funciona con una diferencia de potencial entre los extremos de un conductor, o alto voltaje. También llamado alta tensión.

Autocad.- Diseño asistido a computadora.

B

Bobina.- Un inductor o bobina es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

Bajo voltaje.- Voltaje que según los estándares de ANSI/IEEE es de 1.000 voltios o inferior; los circuitos que operan con este tipo de voltaje no requieren una red de protección.

C

Campo magnético.- Propiedad de los imanes y las corrientes eléctricas de ejercer acciones a distancia, tales como atracciones y repulsiones mutuas, emanación por influencia y producción de corrientes eléctricas inducidas.

Chapas de hierro de silicio.- Los transformadores de núcleo de hierro generalmente tienen un núcleo hecho de hierro laminado (chapas), hierro dulce o pulverizado. Los devanados están colocados alrededor del núcleo de hierro y las líneas de flujo se encuentran a través del núcleo entre los devanados.

Carga.- Si el circuito de arrollamiento de salida se cierra a través de un receptor, como puede ser una lámpara incandescente o motor, por él circulará una corriente (corriente de carga).

Cautín.- Instrumento técnico eléctrico usado para las soldaduras de estaño que se utilizan, principalmente, en aplicaciones electrónicas, permitiendo las conexiones entre los diversos componentes que están interconectados en los circuitos electrónicos.

Cinta mailler.- Es un tipo de cinta adhesiva usada para aislar empalmes de hilos y cables eléctricos. Es de un material flexible, con excelentes propiedades de aislante eléctrico.

Circuito magnético.- Se da cuando las líneas de fuerza del campo magnético están canalizadas en un camino cerrado. Se basa en que los materiales ferromagnéticos tienen una permeabilidad mucho más alta que el aire o el espacio y por tanto el campo magnético tiende a quedarse dentro del material.

Corriente Continua.- Es la corriente que circula por un circuito siempre en el mismo sentido.

Corriente Alterna.- Es la corriente que circula por un circuito y fluye alternativamente en uno u otro sentido.

Corriente de excitación.- Fuerza electromotriz (fem) inducida en el primario del transformador se deben a una corriente que fluye en el circuito primario aún cuando el secundario se encuentre abierto, es una corriente de estado estacionario.

D

Devanado.- Es un arrollamiento de conductores circulares o planos alrededor de un núcleo de hierro con el fin de producir un campo magnético. En un devanado se combina dos fenómenos un campo magnético y un campo eléctrico.

E

Electromagnetismo.- Unifica los fenómenos eléctricos y magnéticos en una sola teoría, relacionan el campo eléctrico, el campo magnético y sus respectivas fuentes materiales: densidad de carga eléctrica, corriente eléctrica, desplazamiento eléctrico y corriente de desplazamiento.

Espira.- Elemento básico de una bobina que forma un solo ciclo de conducción.

Estaño.- Es un metal plateado, maleable, que no se oxida fácilmente y es resistente a la corrosión. Se encuentra en muchas aleaciones y se usa para recubrir otros metales protegiéndolos de la corrosión.

F

Fuerza electromotriz.-La fuerza electromotriz (FEM) es toda causa capaz de mantener una diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito abierto o de producir una corriente eléctrica en un circuito cerrado.

Flujo magnético.-Es el desplazamiento total de líneas de fuerza a través de un circuito magnético.

G

Guía de laboratorio.-Es el instrumento (digital o impreso) con orientación técnica para el estudiante, que incluye toda la información necesaria para el correcto uso y manejo provechoso de los elementos y actividades que conforman la asignatura, incluyendo las actividades de aprendizaje.

H

Histéresis.-Se define como el retraso de la inducción respecto al campo que lo crea.

Inducción electromagnética.- Es el fenómeno que origina la producción de una fuerza electromotriz (f.e.m. o voltaje) en un medio o cuerpo expuesto a un campo magnético variable, o bien en un medio móvil respecto a un campo magnético estático.

Implementación.- Es la realización de una aplicación, o la ejecución de un plan, idea, modelo científico, diseño, especificación, estándar, algoritmo.

Impedancia.- Es una magnitud que establece la relación (cociente) entre la tensión y la intensidad de corriente. Generaliza la ley de Ohm en el estudio de circuitos en corriente alterna (AC).

L

Laboratorio.- Es un lugar equipado con diversos instrumentos de medida o equipos donde se realizan experimentos o investigaciones diversas, según la rama de la ciencia a la que se dedique. También puede ser un aula o dependencia de cualquier centro docente acondicionada para el desarrollo de clases prácticas y otros trabajos relacionados con la enseñanza.

M

Módulo didáctico.- Es un material elaborado con fines de capacitación y aprendizaje de las personas en una empresa, institución y centro de formación tecnológica con cierto grado de autosuficiencia y que corresponde a un área específica de conocimiento.

Montaje.- Puede ser definido como la ordenación de los elementos objetivos del proyecto. Consiste en escoger, ordenar y unir según una idea y una dinámica determinada para la realización de determinado trabajo.

Motor.- Es el mecanismo que transforma la energía eléctrica para la realización del trabajo requerido.

N

Núcleos.- Por lo general los núcleos de los transformadores son de acero o hierro al silicio, en proporciones del 2 % al 4 % de este último.

P

Papel nómex.- Se trata de un material compuesto con un concepto tecnológico que tiene por objetivo resolver el área de laminados y piezas conformadas que deben operar a temperaturas elevadas y arco eléctrico con gran seguridad, además que se puede aplicar también en el recubrimiento de metales de distinta composición con excelente adherencia.

Platina.- Son las placas de metal planas u hojas rectangulares de acero u otro, su grosor corresponde con fracciones de pulgada y con dimensiones decimales de calibre.

Prácticas.- Ejercitar, poner en práctica algo que se ha aprendido y especulado

Potencia.- Es la rapidez con la que se efectúa un trabajo o la velocidad de transformación o transferencia de energía

T

Transformador monofásico.- Que constan de un devanado primario y otro secundario

Transformador trifásico.- Se puede decir que está constituido por tres transformadores monofásicos montados en un núcleo magnético común

Tensión inducida.-Dice que una tensión se desarrollará a través de un conductor cuando éste esté en un campo magnético cambiante y que la polaridad de la tensión inducida creada, es tal, que la corriente eléctrica resultante produce un campo magnético que se opone al campo magnético que lo creó.

V

Voltaje de línea.- Es la medida entre dos conductores alimentadores o dos conductores activos

Voltaje de fase.- Es la medida entre los terminales de cada devanado

ABREVIATURAS

- A.-** Amperio
- A.C.-** Corriente alterna
- a.-** Razón de transformación
- β .-** Inducción magnética en el núcleo elegido en Weber/m².
- C.C.-** Corriente continua
- D.-** Densidad eléctrica
- D.C.-** Corriente directa
- Ep.-** Tensión del bobinado primario
- Es.-** Tensión del bobinado secundario
- E.-** Tensión
- FP.-** Factor de potencia
- FEM.-** Fuerza electromotriz
- H.-** Intensidad del campo magnético en A/m (Amper/metro).
- H1, H2, H3.-** Terminales de entrada en la bobina primaria
- HP.-** Caballos de fuerza
- ITSA.-** Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico
- I.-** Intensidad
- KVA.-** Kilovoltio amperios
- m.-** Razón de transformación
- N.-** Neutro
- Np.-** Número de espiras en el bobinado primario
- Ns.-** Número de espiras en el bobinado secundario
- ON.-** Encendido
- OFF.-** Apagado
- P.-** Potencia
- R, S, T.-** Fases
- RPM.-** Revoluciones por minuto
- Sn.-** Sección del núcleo en cm²
- T1.-** Transformador 1
- T2.-** Transformador 2
- T3.-** Transformador 3

μ .- Permeabilidad del acero usado en el núcleo en Weber/A x m.

VAC.- Voltaje de corriente alterna.

Vr.- Tensión en bornes de bobina

Vt.- Tensión de ensayo entre bobinas

VL.- Voltaje de línea

VØ.- Voltaje de fase

W.- Watts (vatios)

X1, X2, X3.-Terminales de salida en la bobina secundaria

$\Delta\gamma$.- Conexión delta-estrella

$\gamma\Delta$.-Conexión estrella-delta

$\Delta\Delta$.- Conexión delta-delta

$\gamma\gamma$.- Conexión estrella-estrella

\perp .- Tierra

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ **KOSOW**, Irving L. (1993). “Máquinas Eléctricas y Transformadores”. Segunda Edición. Editorial Pretince Hall.
- ❖ **CHAPMAN**, Stephen J. (2000).” Máquinas Eléctricas”. Tercera edición. Editorial Mc Graw-Hill.
- ❖ **DIAZ**, Andrés Manuel. (2009). “Construcción de módulo para el funcionamiento del generador de corriente continua (c.c.) y elaboración de guías de laboratorio”.
- ❖ **GUANOPATIN**, Johnny Patricio. (2009). “Construcción de tres módulos de generador de corriente alterna y elaboración de 2 guías de laboratorio”
- ❖ **GUAÑUNA**. José Luis. (2009).“Construcción de módulos del principio de funcionamiento de una máquina eléctrica y elaboración guías de laboratorio”
- ❖ **BENAVIDES**. Holger Estuardo. (2009). “Construcción de módulos para el funcionamiento de motores monofásicos de corriente alterna (a.c.), y elaboración de guías de laboratorio”
- ❖ **LAICA**. Freddy Eduardo. (2009). “Construcción de módulos para el funcionamiento de motores de corriente continua (d.c.), y elaboración de guías de laboratorio”
- ❖ **ROBLEDO**, Rodrigo. “Manual de Teoría y práctica de transformadores”.<http://es.wikipedia.org/wiki/Laboratorio>
- ❖ <http://www.monografias.com/trabajos36/maquinas-electricas/maquinas-electricas2.shtml>
- ❖ http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_el%C3%A9ctrica<http://personall.redestb.es/jorgecd/maquinas.html>
- ❖ http://es.wikipedia.org/wiki/Inducci%C3%B3n_electromagn%C3%A9tica
- ❖ <http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>
- ❖ <http://www.nichese.com/trans-trif.html>
- ❖ <http://inggilberto.com/TRANSFORMADORESTRIFASICOS.html>
- ❖ <http://www.arqhys.com/construccion/transformadores-tipos.html>
- ❖ http://html.rincondelvago.com/transformador_2.html
- ❖ http://www.unicrom.com/Tut_polaridad_transformador.asp
- ❖ <http://www.monografias.com/trabajos21/armonicos/armonicos.shtml>

ANEXOS

ANEXO “A”

INVESTIGACIÓN DEL PROBLEMA (ANTEPROYECTO)

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema.

La Escuela Técnica de la Fuerza Aérea, el 08 de noviembre de 1999, mediante Acuerdo Ministerial No. 3237 del Ministerio de Educación Pública, Cultura y Deportes, se transforma en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico (ITSA), estableciéndose como un centro académico de formación tecnológica superior regida por las leyes y reglamentos de educación superior correspondiente y registrado en el CONESUP con fecha 20 de Septiembre del 2000.

A partir de esa fecha el ITSA da apertura al personal civil y militar para que ingresen a la institución y se preparen tecnológicamente con el fin de formar profesionales tecnólogos en las carreras de Aviónica, Mecánica, Telemática y Logística, los cuales desempeñarán labores calificadas en el campo de la aviación civil y militar.

El ITSA a causa de la suspensión de las licencias de Aviónica a su personal por parte de la DAC (Dirección de Aviación Civil), tomó la determinación de cambiar el nombre de la carrera de Aviónica por el de Electrónica (Mención Instrumentación y Aviónica) con el fin de ampliar el campo laboral de los alumnos graduados en dicha carrera.

En la carrera de Electrónica (mención instrumentación y aviónica) existen laboratorios que son utilizados para el aprendizaje práctico de los estudiantes. En investigaciones realizadas anteriormente para el “Mejoramiento de los laboratorios de Electrónica del ITSA”, se dieron ciertas recomendaciones para el mejoramiento del

laboratorio de Máquinas Eléctricas como “la necesidad que en el (ITSA), como Instituto de Educación Superior, se debe actualizar y mejorar el Laboratorio de Máquinas Eléctricas adecuarlo y equiparlo con módulos de enseñanza acorde a las necesidades actuales en el área de Electrónica”¹.

Tomando en cuenta específicamente al campo de Máquinas Eléctricas; tras haber realizado una inspección visual de la adecuación del laboratorio de Máquinas y Control Industrial, en cuanto al material y equipo disponible concerniente a la materia de Máquinas Eléctricas, no es suficiente para brindar una correcta capacitación a los estudiantes que utilizan estos medios como parte de su preparación académica.

Es evidente que no se logra cumplir con el plan académico pertinente a la materia de Máquinas Eléctricas, debido a que no se puede realizar las prácticas de laboratorio necesarias para ello.

Debido a estas causas los alumnos salen con conocimientos insuficientes en este campo, ya que no se cumple correctamente con el proceso de enseñanza-aprendizaje, y a la vez con la planificación académica.

Razón suficiente por la que se justifica una solución inmediata para este inconveniente, de no hacerlo provocaría desprestigio a la Institución, ya que se estaría graduando profesionales con conocimientos insuficientes en el campo de Máquinas Eléctricas, por lo que es necesario adecuarlo con material y equipo relacionado con todas las máquinas eléctricas existentes en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial, a fin proporcionar tanto a los alumnos como al docente las condiciones adecuadas para el proceso de enseñanza-aprendizaje, que ayude a futuro a los estudiantes a tener un correcto desempeño en su vida profesional.

¹ Información tomada del proyecto de grado elaborado por el Cbos. Benavides Chacha Holger Estuardo.

1.2 Formulación del problema.

¿Cuáles son las condiciones técnico-académicas que se deben considerar en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial, para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la carrera de Electrónica (Mención Instrumentación y Aviónica) del ITSA?

1.3 Justificación e Importancia.

En la carrera de Electrónica sus actividades académicas requieren un alto grado de eficiencia, por lo cual es necesario capacitar a los alumnos con un óptimo nivel de conocimientos prácticos, esto se logra mediante el adecuamiento de laboratorios y talleres; así como personal docente calificado para graduar tecnólogos que podrán desempeñarse correctamente en su ámbito laboral en cualquier institución o empresa.

Hoy en día el avance tecnológico va desarrollando nuevos y mejores equipos e instrumentos en el campo de la Electrónica, por lo que es necesario que el ITSA realice una optimización, mejora e implementación de material didáctico en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial, ya que de este modo los estudiantes podrán adquirir mayores conocimientos prácticos, para complementar el conocimiento teórico impartido en las aulas, aspectos de vital importancia para brindar a futuro una educación de calidad en el Instituto.

Siendo los beneficiarios directos de este proyecto los alumnos de la carrera de Electrónica que utilizan el laboratorio de Máquinas y Control Industrial para sus prácticas y el docente que dicta la asignatura. Cabe mencionar que este se utiliza para las asignaturas tanto de Máquinas Eléctricas como la de Control Industrial.

Por todo lo expuesto anteriormente, se justifica la búsqueda de condiciones técnico-académicas para la optimización del Laboratorio de Máquinas y Control Industrial, ya que de esta manera se podrá mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la carrera de Electrónica.

1.4 Objetivos:

1.4.1 Objetivo General

Realizar un estudio para determinar cuáles son las condiciones técnico-académicas que se deben considerar en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial, para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la carrera de Electrónica (Mención Instrumentación y Aviónica) del ITSA.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Recopilar información para realizar de manera adecuada el desarrollo del trabajo investigativo.
- Inspeccionar la infraestructura y material didáctico que posee el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA.
- Realizar una evaluación de la situación actual del desempeño del laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA.
- Determinar la forma de optimizar el desempeño del laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA.

1.5 Alcance

El desarrollo de la investigación se realizará en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial que forma parte de la carrera de Electrónica (Mención Instrumentación y Aviónica) del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico ubicado en el cantón Latacunga provincia de Cotopaxi.

Este trabajo de investigación, va a analizar la situación actual del laboratorio de Máquinas y Control Industrial, a fin de mejorar las deficiencias de funcionamiento encontradas en el mismo.

Posteriormente realizada la investigación se podrá determinar cuáles son las condiciones técnico-académicas para optimizar el desempeño del laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA, formando parte en el desarrollo de la misma los alumnos y el docente que hacen uso de sus instalaciones, los cuales proporcionaran información para determinar la factibilidad técnica, económica y operativa del estudio desarrollado, que satisfaga las necesidades requeridas.

CAPÍTULO II

PLAN METODOLÓGICO

2.1 Modalidad básica de la investigación

A fin de conseguir un resultado eficiente del trabajo de investigación se utilizará la modalidad de campo no participante en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial, que es el lugar donde se está suscitando el problema, es no participante ya que no se forma parte activa del personal docente y alumnos que hacen uso de este laboratorio, con la limitación de solo observar y recopilar información que contribuya a resolver los objetivos citados anteriormente.

También se empleará la modalidad de investigación documental bibliográfica donde se recurre a la bibliografía primaria, secundaria, internet o cualquier otra que fuente que proporcione información necesaria para el desarrollo del trabajo de investigación.

2.2 Tipos de investigación

2.2.1 No Experimental.- Consiste en llegar conocer situaciones de una forma más habitual y acorde a la realidad por medio de la investigación puntual de los procesos, actividades, objetos que ya ocurrieron en el entorno real.

Se realizará un estudio de la información adquirida de forma cuidadosa y luego observar meticulosamente los resultados. Se aplicará este tipo de investigación, ya que no se podrá manipular las variables independientes, solo se observará los hechos en su ambiente natural y se examinarán las variables dependientes.

2.3 Niveles de la investigación

2.3.1 Exploratorio

Permitirá familiarizarse con un fenómeno poco estudiado y contribuir con ideas respecto a la forma correcta de abordar una investigación en particular. El fin de esta investigación es evitar la pérdida de tiempo y recursos, ya que el estudio exploratorio se centra en descubrir la realidad existente del problema que se investiga.

2.3.2 Descriptivo

Permitirá tener una referencia del desempeño del laboratorio de Máquinas y Control Industrial donde se puede describir las características del problema que se está investigando. Este tipo de investigación tiene como propósito evitar pérdida de tiempo y recursos, ya que el estudio descriptivo brinda un panorama del problema al que se hace referencia.

2.4 Universo, población y muestra

El desarrollo del estudio investigativo se efectuará en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga en donde se tomará como universo al personal civil y militar que trabaja y estudia en el Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

La población estará formada por el personal civil y militar de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica que utilizan el laboratorio de Máquinas y Control Industrial.

La muestra (no probabilística) mediante la cual se realizará la investigación, se optará de acuerdo al propósito del trabajo investigativo, debido a que se elegirá a la persona relacionada con el problema de la investigación. Se realizará una entrevista estructurada al docente que utiliza el laboratorio para impartir sus clases.

2.5 Recolección de datos

La recopilación de datos se lo obtendrá de las fuentes que proveerán información, para ello se recurrirá al empleo de técnicas bibliográficas y de campo, que luego de ser analizadas contribuirán con soluciones para el problema planteado.

2.5.1 Técnicas

Técnicas bibliográficas.- Permiten recolectar información secundaria que consta en libros, revistas, documentos en general e internet. Va a proveer una información científica importante para complementar nuestra investigación.

Técnicas de campo.- Permite recolectar información primaria. Entre otras se citan:

- **La observación.-** Permitirá tener una información de la fuente primaria, porque esta consiste en poner atención, a través de la realidad y en recoger datos para su posterior análisis e interpretación sobre la base de un marco teórico, que permitirá llegar a conclusiones y a la toma de decisiones. Acepta el material no estructurado y puede trabajar con diferentes datos en base a los fenómenos o diferentes aspectos suscitados en una realidad empírica susceptibles a ser captadas por los sentidos humanos.
- **Entrevista personal.-** Permitirá adquirir datos respaldados por el docente que imparte sus clases en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial y poder recolectar de esta forma la mayor cantidad de información que sustente a la observación.

2.6 Procesamiento de la información

El procesamiento de la información se obtendrá tomando en cuenta los resultados obtenidos al aplicar las técnicas de campo y bibliográficas, para poder analizarlos en base a su grado de importancia, realizando una revisión crítica de la información recogida y eliminación de los datos defectuosos, contradictorios, incompletos o no pertinentes.

Se demostrará los datos obtenidos de la entrevista personal en posteriores pasos del trabajo de investigación.

2.7 Análisis e interpretación de resultados

Para el análisis e interpretación de resultados se lo realizará de manera ordenada y lógica, donde se examinará la información recolectada en la entrevista personal y en la observación, de esta forma se conocerá si existe una relación entre el marco teórico, los resultados que se obtiene y los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación.

Se efectuará una síntesis de los resultados obtenidos, de este modo se podrá encontrar las causas del problema y por consiguiente se logrará determinar las conclusiones y recomendaciones.

2.8 Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones y recomendaciones se las obtendrá una vez realizada la investigación con el propósito de determinar las mejores alternativas para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la carrera de Electrónica del ITSA.

CAPÍTULO III

EJECUCIÓN DEL PLAN METODOLÓGICO

3.1 Marco Teórico

3.1.1 Antecedentes de la investigación

Como antecedentes del proyecto investigativo planteado se encontraron cinco proyectos realizados por los alumnos de la carrera de Electrónica del ITSA, los cuales consistían en la implementación de tableros didácticos para la optimización del desempeño del laboratorio de Máquinas y Control Industrial.

El primer proyecto realizado en el año 2009 por el Cbos. Díaz Rosero Andrés Manuel que consiste en la “CONSTRUCCIÓN DE MÓDULO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA (C.C.) Y ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO”², (el plano de equipamiento que conforman el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA se encuentra en el Anexo 1).

El segundo proyecto realizado en el año 2009 por el Cbos. Guanopatin Cevallos Jhonny Patricio que consiste en la “CONSTRUCCIÓN DE TRES MÓDULOS DE GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA Y ELABORACIÓN DE 2 GUÍAS DE LABORATORIO”³, (el plano de equipamiento que conforman el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA se encuentra en el Anexo 2).

El tercer proyecto realizado en el año 2009 por el Cbos. Guañuna Flores José Luis que consiste en la “CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DE PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA MÁQUINA ELÉCTRICA Y ELABORACIÓN DE GUÍAS

² Proyecto de grado elaborado por el Cbos. Díaz Rosero Andrés Manuel

³ Proyecto de grado elaborado por el Cbos. Guanopatin Cevallos Johnny Patricio

DE LABORATORIO”⁴, (el plano de equipamiento que conforman el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA se encuentra en el Anexo 3).

El cuarto proyecto realizado en el año 2009 por el Cbos. Benavides Chacha Holger Estuardo que consiste en la “CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE MOTORES MONOFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA (AC), Y ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO”⁵, (el plano de equipamiento que conforman el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA se encuentra en el Anexo 4).

El quinto proyecto realizado en el año 2009 por el Cbos. Laica Chacón Freddy Eduardo que consiste en la “CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA (DC), Y ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO”⁶, (el plano de equipamiento que conforman el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA se encuentra en el Anexo 5).

3.1.2 Fundamentación teórica

Introducción.

El normal desempeño de un laboratorio para la enseñanza estudiantil es de vital importancia en cualquier Instituto de formación tecnológica, razón por la cual es necesario el equipamiento de sus instalaciones mediante módulos didácticos, guías didácticas, bancos de prueba, tableros de control para mejorar conocimiento práctico de sus estudiantes.

⁴ Proyecto de grado elaborado por el Cbos. Guañuna Flores José Luis.

⁵ Proyecto de grado elaborado por el Cbos. Benavides Chacha Holger Estuardo.

⁶ Proyecto de grado elaborado por el Cbos. Laica Chacón Freddy Eduardo.

Existen diversas formas de optimizar el desempeño de un laboratorio, todo depende de su tipo y del equipamiento con que cuente el mismo. Debido a esta razón se realizará un estudio para determinar qué tipos de módulos didácticos se puede implementar en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA, para mejorar el aprendizaje práctico de los alumnos que utilizan el mismo.

Los medios didácticos y los recursos educativos.

“Teniendo en cuenta que cualquier material puede utilizarse, en determinadas circunstancias, como recurso para facilitar procesos de enseñanza y aprendizaje, pero considerando que no todos los materiales que se utilizan en educación han sido creados con una intencionalidad didáctica, distinguimos los conceptos de medio didáctico y recurso educativo.”⁷

Medio didáctico

Se entiende por medio didáctico cualquier material elaborado con la intención de facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Recurso educativo

Es cualquier material que, en un contexto educativo determinado, sea utilizado con una finalidad didáctica o para facilitar el desarrollo de las actividades formativas de capacitación y aprendizaje.

El entorno de comunicación con el usuario

“Es un componente estructural del medio didáctico, que proporciona unos determinados sistemas de mediación en los procesos de enseñanza y aprendizaje

⁷ <http://www.pangea.org/peremarques/medios.htm>

(interacción que genera, pragmática que facilita...). Si un medio concreto está inmerso en un entorno de aprendizaje mayor, podrá aumentar su funcionalidad al poder aprovechar algunas de las funcionalidades de dicho entorno." ⁸

Funciones que pueden realizar los medios

Según como se utilicen en los procesos de enseñanza y aprendizaje, los medios didácticos y los recursos educativos en general pueden realizar diversas funciones; entre ellas se pueden destacar las siguientes:

- **Proporcionar información**, prácticamente todos los medios didácticos proporcionan explícitamente información: libros, vídeos, programas informáticos, guías de usuario.
- **Guiar los aprendizajes** de los estudiantes, instruir. Ayudan a organizar la información, a relacionar conocimientos, a crear nuevos conocimientos y aplicarlos.
- **Ejercitar habilidades**, entrenar. Por ejemplo un circuito de control en un tablero didáctico que requiere ser armado de la manera sencilla por lo cual el operador debe tener en bien claro los conceptos de control industrial.
- **Motivar**, despertar y mantener el interés. Un buen material didáctico siempre debe resultar motivador para los estudiantes.
- **Proporcionar simulaciones** que ofrecen entornos para la observación, exploración y la experimentación. Por ejemplo el funcionamiento de un motor

⁸ <http://www.pangea.org/peremarques/medios.htm>

mediante un tablero de control para simular cómo funciona el mismo en la industria.

- **Proporcionar entornos para la expresión** y creación. Es el caso de los procesadores de textos o los editores gráficos informáticos.

Módulo

“Un módulo es un componente autocontrolado de un sistema, dicho componente posee una interfaz bien definida hacia otros componentes; algo es modular si está construido de manera tal que se facilite su ensamblaje, acomodamiento flexible y reparación de sus componentes.”⁹

Módulo de capacitación

Un módulo de capacitación es un elemento que tiene como objetivo fundamental dotar de recursos didácticos de apoyo para quienes participen en el aprendizaje y en especial en lugares donde un grupo humano requiera de mejorar la forma enseñanza.

Qué es un módulo didáctico?

El módulo didáctico es un material elaborado con fines de capacitación y aprendizaje de las personas en una empresa, institución y centro de formación tecnológica con cierto grado de autosuficiencia y que corresponde a un área específica de conocimiento.

⁹ <http://www.google.com.ec/search?hl=es&q=que+es+un+modulo&meta=&aq=f&oq>

“La estructura de un módulo didáctico se refiere a la forma en que se organiza un material, la manera en que están distribuidas y ordenadas las distintas partes”¹⁰ que lo conforman, para la capacitación de personas que van a utilizar el mismo tanto en una empresa o institución educativa.

Qué es lo que pretenden los módulos didácticos?

Promover el conocimiento práctico, con prácticas implementadas en el mismo a fin de estimular el trabajo, mejorar el aprendizaje, dar capacitación, optimizar el funcionamiento un área determinada de una empresa, organización, institución o centro educativo de formación tecnológica.

Los módulos didácticos específicamente van dirigidos a la capacitación del personal directamente ligado a trabajar y desarrollar los conocimientos prácticos.

También pretende despertar el interés de los usuarios por su estructura, funcionamiento, comprensibilidad y fácil utilización.

Qué es un módulo de máquinas eléctricas?

Es un módulo didáctico que contiene la formación necesaria para desempeñar la función de mantenimiento, reparación, ensayo y maniobra de máquinas rotativas y estáticas. Incluye aspectos tales como:

- Interpretación y representación de esquemas de maquinas eléctricas.
- La información técnica destinada al mantenimiento de máquinas.
- El desmontaje y montaje de transformadores.

¹⁰ <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/14530>

- Las pruebas y ensayos para verificar el funcionamiento de transformadores.
- El desmontaje y montaje de máquinas eléctricas rotativas de corriente continua y alterna.
- Las pruebas, ensayos y curvas de características para verificar el funcionamiento de máquinas eléctricas rotativas de corriente continua y alterna.
- El montaje de instalaciones para arranque y maniobras de máquinas rotativas.

Guía didáctica

“La guía didáctica es el instrumento (digital o impreso) con orientación técnica para el estudiante, que incluye toda la información necesaria para el correcto uso y manejo provechoso de los elementos y actividades que conforman la asignatura, incluyendo las actividades de aprendizaje y de estudio independiente de los contenidos de un curso.”¹¹

“La guía didáctica debe apoyar al estudiante a decidir qué, cómo, cuándo y con ayuda de qué, estudiar los contenidos de un curso, a fin de mejorar el aprovechamiento del tiempo disponible y maximizar el aprendizaje y su aplicación.”¹²

Es la propuesta metodológica que ayuda al alumno a estudiar el material didáctico, incluye el planteamiento de los objetivos generales y específicos, así como el desarrollo de todos los componentes de aprendizaje incorporados para cada unidad y tema.

¹¹ <http://ww.ull.es/departamentos/didinvt/tecnologiaducativa/doc-adell2.html>

¹²

<http://www.google.com.ec/search?hl=es&source=hp&q=que+son+guias+didacticas&meta=&aq=f&oq=>

Guía didáctica para el docente

La guía didáctica para el docente se elabora con el objetivo de presentar al profesor que imparte la asignatura de una rama tecnológica, una propuesta didáctica de apoyo pedagógico para el desarrollo de su función docente dentro ámbito laboral en el cual se desempeñe.

Características de la guía didáctica

- Ofrece información acerca del contenido y su relación con el programa de estudio de la asignatura para el cual fue elaborada.
- Presenta orientaciones en relación con la metodología y enfoque de la asignatura en un laboratorio.
- Presenta instrucciones acerca de cómo construir y desarrollar el conocimiento (saber), las habilidades (saber hacer), las actitudes y valores (saber ser) y aptitudes (saber convivir) en los estudiantes dentro de un laboratorio.
- Define los objetivos específicos y las actividades de estudio independiente para:
 - Orientar la planificación de las lecciones.
 - Informar al alumno de lo que ha de lograr
 - Orientar la evaluación.

Funciones básicas de la guía didáctica.

Orientación.

- Establece las recomendaciones oportunas para conducir y orientar el trabajo del estudiante.
- Aclara en su desarrollo las dudas que previsiblemente puedan obstaculizar el progreso en el aprendizaje.

- Especifica en su contenido, la forma física y metodológica en que el alumno deberá presentar sus trabajos.

Promoción del Aprendizaje Autónomo y la Creatividad.

- Sugiere problemas y cuestiona a través de interrogantes que obliguen al análisis y la reflexión, estimulen la iniciativa, la creatividad y la toma de decisiones.
- Propicia la transferencia y aplicación de lo aprendido.
- Contiene previsiones que permiten al estudiante desarrollar habilidades de pensamiento lógico que impliquen diferentes interacciones para lograr su aprendizaje.

Autoevaluación del aprendizaje

- Establece las actividades integradas de aprendizaje en que el estudiante hace evidente su aprendizaje.
- Propone una estrategia de monitoreo para que el estudiante evalúe su progreso y lo motive a compensar sus deficiencias mediante el estudio posterior. Usualmente consiste en una autoevaluación mediante un conjunto de preguntas y respuestas diseñadas para este fin. Esta es una tarea que provoca una reflexión por parte del estudiante sobre su propio aprendizaje.

Bancos de prueba

“Los bancos de prueba son equipos industriales que permiten realizar evaluaciones previas de las condiciones de calidad de una parte de un ensamble.”¹³

¹³ <http://www.asayc.com/automatizacion/bancos.htm>

Los bancos de prueba y control pueden estar automatizados con PLC como elemento de control o, en una forma más actual, mediante una computadora personal.

Bancos de prueba tradicionales

“Los bancos de prueba tradicionales están basados en el uso de un PLC como elemento de control. Industrias modernas desarrollan aplicaciones de bancos de prueba basados en los PLC de los fabricantes de mayor prestigio en el mercado nacional e internacional.”¹⁴

El objetivo principal de las industrias modernas es proveer bancos de prueba con tecnología de punta, pero también se desarrolla bancos con equipos que son de generaciones pasadas, de acuerdo a las necesidades y disposiciones de las mismas.

Bancos de prueba basados en PC (computadoras).

“Los bancos de prueba y control automatizados con PC, son una solución ideal cuando se trata de tener un sistema SCADA de bajo costo con todo el potencial que brinda la PC para la configuración de las más variadas aplicaciones industriales.”¹⁵

Tableros didácticos.

Son recursos de enseñanza y aprendizaje en el ámbito educativo cuyo propósito está enfocado en desarrollar técnicas didácticas de capacitación del estudiante.

¹⁴ <http://www.asayc.com/automatizacion/bancos.htm>

¹⁵ <http://www.asayc.com/automatizacion/bancos.htm>

Tableros para máquinas eléctricas.

Consiste en un diseño y construcción de tableros didácticos para prácticas con máquinas eléctricas, basado en aplicaciones reales que se llevan a cabo frecuentemente, dentro de la industria.

El propósito es siempre mejorar el nivel académico e institucional, la construcción de tableros está enfocada como un medio didáctico para un Laboratorio de Maquinaria Eléctrica en beneficio del estudiante y la institución. Los estudiantes podrán realizar y comprender las prácticas con mayor interés y observación, disminuyendo la dificultad en obtención de datos, mediciones o cableado de la práctica.

Tableros electrónicos.

“Los tableros electrónicos se usan en instituciones educativas como el mejor instrumento que se tiene actualmente para apoyar la renovación pedagógica en los laboratorios.”¹⁶

Los tableros electrónicos proporcionan un mayor potencial didáctico, al tiempo que induce una progresiva introducción de prácticas innovadoras y centradas en la actividad de aprendizaje del estudiante.

Laboratorio

“Un laboratorio es un lugar equipado con diversos instrumentos de medida o equipos donde se realizan experimentos o investigaciones diversas, según la rama de la ciencia a la que se dedique. También puede ser un aula o dependencia de cualquier

¹⁶ http://www.educandote.com/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=63

centro docente acondicionada para el desarrollo de clases prácticas y otros trabajos relacionados con la enseñanza.”¹⁷

Laboratorio intermedio.

Son típicamente laboratorios de Universidades, Centros de Investigación y similares.

Laboratorio industrial

Es el lugar donde se elaboran o se dictaminan algunos productos especiales para todo tipo de industria, formulados bajo normas que pueden ser nacionales o internacionales y con un estricto control de calidad que respalda la efectividad de los mismos a la hora de su aplicación.

Laboratorio de máquinas eléctricas

Es un lugar donde los estudiantes podrán realizar y comprender las prácticas relacionadas con máquinas eléctricas enfocándose como medio de aprendizaje de aplicaciones reales en la industria.

Máquina

Es todo aquel elemento, o conjunto de elementos, capaz de convertir un efecto de una determinada naturaleza física o química, en otro efecto distinto, o de facilitar el esfuerzo para realizarlo.

¹⁷ <http://es.wikipedia.org/wiki/Laboratorio>

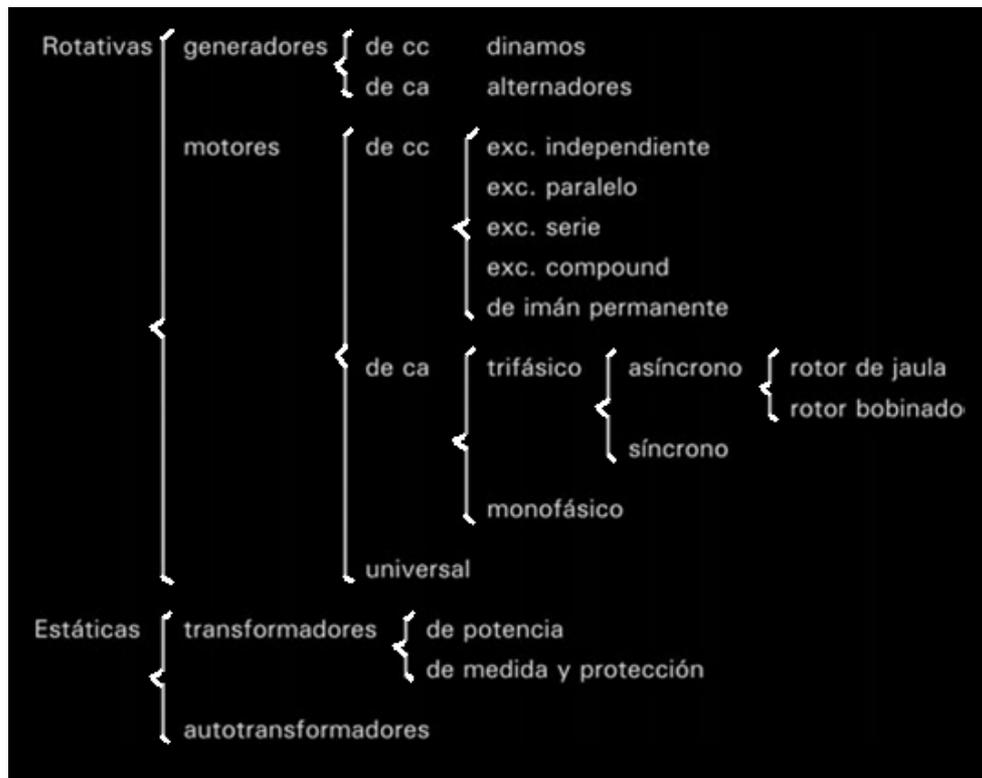
Máquina eléctrica

“Una máquina eléctrica es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en otra energía, o bien, en energía eléctrica pero con una presentación distinta, pasando esta energía por una etapa de almacenamiento en un campo magnético.”¹⁸

Clasificación por el tipo de las máquinas eléctricas

Las máquinas eléctricas se clasifican dos grandes grupos:

- Máquinas eléctricas rotativas.
- Máquinas eléctricas estáticas.



¹⁸ <http://www.monografias.com/trabajos36/maquinas-electricas/maquinas-electricas2.shtml>

Máquinas eléctricas rotativas.

Son aquellas que para su funcionamiento están provistas de partes giratorias dependiendo de las funciones que realicen. Forman parte de esta clasificación muchos de los dispositivos que pueden convertir energía eléctrica a mecánica y viceversa. Algunos dispositivos son usados para conversión continua de energía, y son conocidos como motores y generadores.

Se clasifican en las siguientes:

- **Generadores.-** Transforman la energía mecánica en eléctrica. Se instalan en las centrales eléctricas (CC.EE.) y en los diferentes equipos de transporte como autos, aviones, barcos, etc. En las CC.EE. los generadores son accionados mecánicamente mediante turbinas que pueden ser a vapor o hidráulicas; en los equipos de transporte mediante motores de combustión interna o turbinas a vapor. En una serie de casos los generadores se usan como fuente de energía para equipos de comunicaciones, dispositivos automáticos, de medición, etc.
- **Motores.-** Son equipos eléctricos que transforman la energía eléctrica en energía mecánica; sirven para accionar diferentes máquinas, mecanismos y dispositivos que son usados en la industria, agricultura, comunicaciones, y en los artefactos electrodomésticos. En los sistemas modernos de control los motores se usan en calidad de dispositivos gobernadores, de control, como reguladores y/o programables.

Máquinas eléctricas estáticas.

Son aquellas que para su funcionamiento no disponen de partes móviles, como los transformadores.

El transformador.- es un dispositivo estático de tipo electromagnético que tiene dos o más devanados acoplados por un campo magnético mutuo (núcleo) y se usa para convertir uno o varios sistemas de c.a. en otro u otros sistemas de c.a. de tensión diferente.

La aplicación de los transformadores permite elevar o bajar la tensión, variar el número de fases y en algunos casos incluso variar la frecuencia de la c.a. La posibilidad de transmitir las señales eléctricas de un devanado a otro mediante inducción electromagnética fue descubierta por M. Faraday.

Transformador elevador/reductor de voltaje.- son empleados por empresas transportadoras eléctricas en las subestaciones de la red de transporte de energía eléctrica, con el fin de disminuir las pérdidas por efecto Joule. Debido a la resistencia de los conductores, conviene transportar la energía eléctrica a tensiones elevadas, lo que origina la necesidad de reducir nuevamente dichas tensiones para adaptarlas a las de utilización.

3.2 Modalidad básica de la investigación

3.2.1 Investigación de campo.

Para poder ejecutar este trabajo, se realizó la investigación en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA.

Para recopilar la información necesaria se visitó las instalaciones del laboratorio que se encuentra en la planta baja del ITSA, donde se utilizó la técnica de la observación, se observó que parte del material didáctico existente son proyectos de grado elaborados por alumnos graduados de la carrera de Electrónica, los cuales tenían como objetivo el mejoramiento de los laboratorios de la carrera de Electrónica y dentro de ello el laboratorio de Máquinas y Control Industrial.

Se procedió a sacar una lista del equipo y material didáctico que existe anotando lo siguiente (ver anexo 6):

- Cuatro tableros didácticos de elementos para control industrial (relés, contactores, pulsadores, luces piloto, motores monofásicos, motores trifásicos, jacks macho, jacks hembra, brakers y sensores).
- Tres módulos didácticos de motores (A.C.) con arranque por capacitor.
- Tres módulos didácticos de generadores de C.C que funcionan mediante el acoplamiento de los módulos didácticos de motores (A.C.) con arranque por capacitor.
- Tres módulos de alternadores trifásicos (conexión de salida en estrella), el un módulo tiene su máquina primaria y los otros dos les hace falta 2 fuentes de alimentación para los motores de C.C.
- Tres fuentes de alimentación de baja tensión de (0 a 32 VCD) 59/60.
- Un módulo de década de resistencias.
- Tres módulos de motores de corriente continua de 27.5 VCD.
- Una fuente de alimentación regulable de (0 a 120 VCC).
- Tres módulos de principio de funcionamiento de una máquina eléctrica.
- Material didáctico como: 4 PLC'S, 4 tacómetros digitales, 2 Zelios, 2 Logos, 6 auxiliares de contactores, dos reguladores de frecuencia, dos módulos de microsolda mediana, dos micro sueldas pequeñas y cables de conexión para los módulos.

En este laboratorio los alumnos civiles y militares de la carrera de Electrónica aprenden las diferentes materias que son impartidas por el docente, de la misma manera el material didáctico que es utilizado aquí es de mucha importancia, ya que ayuda a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes.

Por medio de la investigación de campo también se realizó un estudio para saber la cantidad de alumnos que existe en cuarto, quinto y sexto nivel en la carrera de Electrónica y se obtuvo los siguientes resultados:

Periodo Abril 2009 a Agosto 2009.

Cuarto: 8 alumnos

Quinto: 29 alumnos

Sexto: 22 alumnos

Periodo Octubre 2009 a Febrero 2010.

Cuarto: 20 alumnos

Quinto: 4 alumnos

Sexto: 35 alumnos

Se tomó fotografías de los medios didácticos visto en la observación, (ver Anexo 7).

Además se empleó otra técnica de campo como la entrevista personal, cuya información adquirida se encuentra en el procesamiento de la información del anteproyecto.

3.2.2 Investigación Documental Bibliográfica.

Para utilizar esta modalidad de investigación se concurrió a la secretaría general del ITSA, ya que en esa dependencia se encuentran los trabajos de graduación elaborados por los alumnos de la carrera de Electrónica del ITSA, donde se constató la existencia de cinco trabajos realizados por:

- El Cbos. Díaz Rosero Andrés Manuel que consiste en la “CONSTRUCCIÓN DE MÓDULO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA (C.C.) Y ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO”.

- El Cbos. Guanopatin Cevallos Jhonny Patricio que consiste en la “CONSTRUCCIÓN DE TRES MÓDULOS DE GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA Y ELABORACIÓN DE 2 GUÍAS DE LABORATORIO”.
- El Cbos. Guañuna Flores José Luis que consiste en la “CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS DE PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UNA MÁQUINA ELÉCTRICA Y ELABORACION DE GUÍAS DE LABORATORIO”.
- El Cbos. Benavides Chacha Holger Estuardo que consiste en la “CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE MOTORES MONOFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA (AC), Y ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO”.
- El Cbos. Laica Chacón Freddy Eduardo que consiste en la “CONSTRUCCIÓN DE MÓDULOS PARA EL FUNCIONAMIENTO DE MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA (DC), Y ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO”.

La investigación de campo no participativa permitió obtener información por medio de la observación y verificación que es necesario incrementar el material didáctico en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial para satisfacer las necesidades de la carrera de Electrónica.

Se recopiló la información del internet, para la elaboración del marco teórico.

La investigación de campo no participativa facilitó obtener información por medio de la observación y se constató que es necesario optimizar el desempeño de laboratorio de Máquinas y Control Industrial mediante la implementación material didáctico para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje de los alumnos de la carrera de Electrónica, relacionado con materia de Máquinas Eléctricas.

3.3 Tipos de investigación

3.3.1 Investigación no experimental

Se empleó un tipo de investigación no experimental porque el problema relacionado con el proceso enseñanza-aprendizaje en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA está presente, se limitó a observar, verificando la situación en el que se encuentra el mismo y darse cuenta que es necesario optimizar el desempeño de sus instalaciones mediante la implementación de material didáctico.

3.4 Niveles de la investigación

3.4.1 Nivel de investigación exploratorio

Primeramente se utilizó el nivel de investigación exploratorio para conocer las falencias del proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Máquinas Eléctricas en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA por lo que se aplicó la técnica de la observación, también se empleó otro método como la entrevista personal al docente que imparte dicha asignatura para verificar la situación actual del laboratorio.

3.4.2 Nivel de investigación descriptivo

En este nivel se puede especificar la forma de desempeño del laboratorio de Máquinas y Control Industrial, y la manera como se imparte las distintas materias con el material didáctico disponible en el mismo.

En el laboratorio de Máquinas y Control Industrial se imparten dos materias diferentes como son:

- Máquinas Eléctricas
- Control Industrial

Cada materia cuenta con el siguiente material didáctico:

Máquinas Eléctricas.

- Tres módulos didácticos de motores (A.C.) con arranque por capacitor.
- Tres módulos de generadores de (A.C.) trifásicos.
- Tres fuentes de alimentación de baja tensión de (0 a 32 VCD).
- Un módulo de década de resistencias.
- Tres módulos didácticos de generadores C.C para acoplamiento con motor (A.C.) con arranque por capacitor.
- Tres módulos de motores de corriente continua de 27.5 VCD.
- Una fuente de alimentación regulable de (0 a 120 VCC).
- Tres módulos de principio de funcionamiento de una máquina eléctrica.

Control Industrial.

- Cuatro tableros didácticos de elementos para control industrial (relés, contactores, pulsadores, luces piloto, motores monofásicos, motores trifásicos, jacks macho, jacks hembra, brakes y sensores).

3.5 Universo, población y muestra

El universo de este trabajo investigativo está conformado por el personal civil y militar que trabaja y estudia en el ITSA, es decir, aquellas personas que puedan ser beneficiadas con esta investigación, siendo estas Docentes, Estudiantes, o Invitados Especiales.

La población estará formada por el docente y los alumnos de la carrera de Electrónica (Mención Instrumentación y Aviónica) que utilizan el laboratorio de Máquinas y Control Industrial tanto para impartir clases como para el aprendizaje de los estudiantes debido a que ellos se encuentran en contacto directo con el problema ha ser solucionado.

Se realizó una entrevista estructurada al docente que utiliza el Laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA, ya que es la persona que tiene mayor conocimiento del actual del desempeño y las necesidades que requiere el mismo.

3.6 Recolección de datos.

Para la recolección de datos se utilizó las técnicas de campo como la observación donde se obtuvo información primaria que ayudó a familiarizarse con el problema referente al proceso de enseñanza-aprendizaje que se suscita en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial.

También para que sustente la investigación se utilizó la entrevista personal al docente que utiliza el laboratorio.

Como fuente secundaria para obtención de información se utilizó los datos bibliográficos de cinco proyectos de grado realizados por los alumnos de la carrera de Electrónica del ITSA relacionados con la implementación de motores y generadores de (C.C. y C.A.), también se recurrió a información proveniente del internet para desarrollar el marco teórico del trabajo investigativo.

Cabe mencionar que la recolección de datos se la pudo realizar mediante la observación directa que permitió evidenciar las necesidades requeridas, también la recolección de datos fue realizada en base a proyectos de grado anteriormente presentados que tienen relación con este proyecto investigativo, se empleó

información de páginas de internet y la entrevista personal realizada al docente que utiliza el laboratorio de Máquinas y Control Industrial.

3.7 Procesamiento de la información

3.7.1 Procesamiento de la Entrevista

Para obtener mayor conocimiento del problema, se realizó una entrevista personal dirigida al docente que utiliza el laboratorio de Máquinas y Control Industrial, ya que es la persona facultada a proporcionar información del actual desempeño de este laboratorio, (la cédula de la entrevista que se efectuó se encuentra en el Anexo 8).

Entrevista dirigida a la Ing. Jessy Espinosa, docente de los estudiantes de la carrera de Electrónica en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA (25/02/2010).

Primera pregunta.

¿Está conforme con el actual equipamiento que dispone el laboratorio para el desarrollo normal de sus clases?

Respuesta:

No, porque de acuerdo al plan analítico de la asignatura de Control Industrial y Máquinas Eléctricas hace falta disponer de ciertos módulos que contengan temas que se revisan en cada asignatura por ejemplo en Máquinas Eléctricas tenemos un capítulo dedicado a transformadores los cuales quedan solo en teoría por no tener la parte física; además hace falta dos fuentes de (C.C.) para los motores de corriente continua que son utilizados para los generadores trifásicos. En Control Industrial hacen falta más sensores, finales de carrera, bandas transportadoras, etc.

Segunda pregunta.

¿Considera que el actual equipamiento que posee el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA le brinda la facilidad necesaria para impartir su enseñanza a los estudiantes satisfactoriamente?

Respuesta:

Brinda las facilidades para realizar las prácticas pero se requiere adicionar más dispositivos que se utilizan en las industrias como por ejemplo sensores de nivel, bandas transportadoras, etc.

El laboratorio consta de equipo y dispositivos básicos para realizar prácticas de procesos, tenemos que usar la imaginación para realizar los procesos reales.

Tercera pregunta.

¿Ha tenido problemas para trabajar con los estudiantes como por ejemplo (vacíos, falta de aplicación práctica), con el equipamiento existente en el laboratorio?

Respuesta:

Si, por que muchas veces solo se ve en teoría y no tienen una familiarización con el dispositivo, no saben cómo probar los bobinados de un transformador, no pueden determinar las polaridades, etc.

Cuarta pregunta.

¿Cree usted que es conveniente optimizar el funcionamiento del laboratorio de Máquinas y Control Industrial?

Respuesta:

Si, por que les ayuda a manejar máquinas y a conocerlas desde su parte física, hasta analizar cómo funcionan y encontrar fallas e incluso a quitarles el temor frente a ellas.

Quinta pregunta.

¿Qué tipo de equipamiento es más factible implementar en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA con el objeto de optimizar el funcionamiento del mismo?

Respuesta:

En Máquinas Eléctricas están los transformadores monofásicos y trifásicos, fuentes para los alternadores trifásicos.

En Control Industrial están las pantallas táctiles, sensores, bandas transportadoras, cables de comunicación para los relés programables como logo, zelio y PLC S7-200, PCS para simulación de programas de procesos industriales.

3.8 Análisis e interpretación de los resultados.

3.8.1 Análisis de la observación

Mediante los apuntes tomados con la técnica de observación permite cumplir con el segundo objetivo específico planteado el cual es inspeccionar la infraestructura del laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA, se observó que no dispone de suficientes módulos didácticos para complementar los conocimientos prácticos de las asignaturas tanto de Máquinas Eléctricas como de Control Industrial, lo cual dificulta

el trabajo del docente por no disponer de un laboratorio con un óptimo desempeño para el proceso de enseñanza-aprendizaje.

3.8.2 Análisis de la Entrevista

Primera pregunta.

¿Está conforme con el actual equipamiento que dispone el laboratorio para el desarrollo normal de sus clases?, el docente respondió no debido a que no se dispone de ciertos dispositivos o máquinas que se revisan en la parte teórica de los cuales no se pueden hacer aplicaciones prácticas en las asignaturas de Máquinas Eléctricas y Control Industrial. Esta respuesta representa un porcentaje importante del problema planteado en este trabajo por lo que se debe tener en cuenta para posteriores decisiones.

Segunda pregunta.

¿Considera que el actual equipamiento que posee el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA le brinda la facilidad necesaria para impartir su enseñanza a los estudiantes satisfactoriamente?, el entrevistado dijo que el laboratorio brinda las facilidades para realizar prácticas básicas; sin embargo se requiere adicionar más dispositivos y equipos relacionados con la industria para realizar prácticas que permitan analizar procesos reales.

Entre los equipos mencionados se citó:

- Sensores de nivel
- Bandas transportadoras
- Finales de carrera

Tercera pregunta.

¿Ha tenido problemas para trabajar con los estudiantes como por ejemplo (vacíos, falta de aplicación práctica), con el equipamiento existente en el laboratorio?, en cuanto a esta pregunta el docente respondió que sí, ya que en algunas ocasiones existen vacíos en el estudiante por falta de aplicación práctica con algunos dispositivos y además cito como ejemplo en la asignatura de Máquinas Eléctricas que los estudiantes no saben cómo probar los bobinados y determinar las polaridades de un transformador debido a que no existen módulos para ello.

Cuarta pregunta.

¿Cree usted que es conveniente optimizar el funcionamiento del laboratorio de Máquinas y Control Industrial?, la respuesta fue que si, ya que al optimizar el desempeño del laboratorio se puede contar con módulos para manejar máquinas eléctricas, conocer su parte física, analizar su funcionamiento y encontrar fallas. Además relacionar a los alumnos con la manera de cómo operan las máquinas eléctricas en la industria.

Quinta pregunta.

¿Qué tipo de equipamiento es más factible implementar en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA con el objeto de optimizar el funcionamiento del mismo?, como respuesta a esta pregunta el docente citó claramente una lista del material didáctico que se requiere para cada asignatura impartida en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial con el objeto de optimizar su desempeño, entre estos el docente mencionó:

Máquinas Eléctricas.

- Transformadores monofásicos y trifásicos.

- Dos fuentes de (C.C.) para los motores de corriente continua que son utilizados para los generadores trifásicos.

Control industrial.

- Pantallas táctiles
- Sensores
- Bandas transportadoras
- Cables de comunicación para los relés programables tales como: Logo, Zelio, PLC S7-200.
- Computadoras para simulación de programas de procesos industriales.

3.8.3 Síntesis de la Investigación

El laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA, no dispone de suficientes módulos didácticos para un óptimo desempeño, razón por la cual se presenta inconvenientes en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Se ha presentado falencias académicas debido a que el docente no puede cumplir con el plan analítico de las asignaturas que imparte tales como Maquinas Eléctricas y Control Industrial, a causa de no disponer de ciertos módulos que contengan temas que se revisan en estas materias.

Los módulos didácticos que se implementen en el Máquinas y Control Industrial del ITSA deben ser destinados a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje y brindar la facilidad al docente para que imparta sus clases satisfactoriamente.

3.9 Conclusiones y recomendaciones

3.9.1 Conclusiones

- Empleando las técnicas de campo y bibliográficas como: la observación directa, entrevista personal y recopilación de documentos tanto de proyectos de grado realizados como de algunas fuentes de internet, se realizó la recolección de información, la misma que se analizó, y posteriormente se utilizó en todo el trabajo investigativo.
- El laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA no dispone de suficiente material didáctico para su óptimo desempeño, ya que se evidencia falencias en el proceso de enseñanza-aprendizaje por la falta de módulos didácticos necesarios para prácticas en el mismo.
- Es importante que el docente cuente con los medios didácticos necesarios que le permitan cumplir con el plan analítico de las asignaturas impartidas en el laboratorio.
- La presente investigación permite concluir que el desempeño actual del laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA no brinda la facilidad necesaria para cumplir con el plan analítico de las asignaturas de Máquinas Eléctricas y Control Industrial, debido a esto se dificulta el proceso de enseñanza-aprendizaje de la carrera de Electrónica.
- Los módulos didácticos que se implementen en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA deben optimizar el desempeño de este, mejorar el aprendizaje práctico de los estudiantes, brindar la facilidad necesaria al docente para la enseñanza y relacionar a los alumnos con procesos reales ejecutados dentro de la industria.

- Luego de investigar el problema relacionado con el proceso de enseñanza-aprendizaje en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA se concluye que los módulos didácticos que van a resolver parte del problema planteado son módulos con máquinas estáticas (transformadores), dispositivos de maniobra y módulos de procesos industriales.

3.9.2 Recomendaciones.

- Para un mejor proceso de enseñanza-aprendizaje en el laboratorio se recomienda aumentar el material didáctico tales como equipos, módulos didácticos, tableros de control, guías didácticas.
- Mejorar el adecuamiento del laboratorio mediante la implementación de dispositivos y máquinas para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas satisfactoriamente de acuerdo a las asignaturas que reciban en el mismo.
- Debería emplearse un plan de mantenimiento de los dispositivos y equipos que dispone el laboratorio, para evitar posibles fallas con el propósito de mantener su óptimo desempeño.
- Disponer en el laboratorio de guías o manuales para llevar a cabo la manipulación adecuada del equipamiento disponible, para evitar posibles operaciones erróneas.
- Para solucionar en parte el problema de investigación sería recomendable realizar la implementación de módulos que contribuyan a mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje tales como:
 - a) Implementación de módulos de transformadores trifásicos.
 - b) Implementación de módulos de transformadores monofásicos.

- c) Implementación de bandas transportadoras.
- d) Implementación de dos fuentes de alimentación para los motores de corriente continua que son utilizados para los generadores trifásicos.

CAPÍTULO IV

FACTIBILIDAD DEL TEMA

4.1 Introducción

En el presente capítulo, se tiene como propósito realizar un análisis del actual trabajo investigativo, el mismo que tiene por objeto dar una de las soluciones al problema planteado.

Entonces para la implementación de un modulo didáctico de transformador trifásico elevador es necesario tomar en cuenta las siguientes factibilidades, así:

- Factibilidad Técnica
- Factibilidad Legal
- Factibilidad Operacional
- Factibilidad Económica

4.2 Factibilidad técnica

La factibilidad técnica, permitirá un análisis técnico, tomando en cuenta los factores que justificarán la mejor composición de estos para determinar la viabilidad de la realización de este proyecto.

- En la actualidad el desempeño del laboratorio no es el adecuado.
- El laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA no dispone de ciertos medios didácticos para realizar prácticas relacionadas con las asignaturas que se imparten en el mismo tales como Máquinas Eléctricas y Control Industrial.
- Al docente se le presenta el problema de no cumplir con todo el plan analítico de las asignaturas que imparte en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA, debido a la falta de ciertos medios didácticos para ello.

- El planteamiento del plan para consideración de las condiciones técnico-académicas adecuadas que se propondrá, será efectuado de acuerdo los requerimientos del laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA.

En base al trabajo investigativo donde se utilizó la técnica de la entrevista personal y la preparación profesional del investigador en la especialidad de Electrónica se inclina por realizar un análisis de un módulo didáctico de un transformador trifásico elevador en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA, ya que este módulo proporciona las facilidades para optimizar el desempeño del laboratorio, mejorar el aprendizaje práctico de los alumnos y proveer de un medio didáctico al docente para impartir satisfactoriamente sus asignaturas con el objeto de cumplir su plan analítico de estudio.

El módulo didáctico de un transformador trifásico elevador está formado por los siguientes elementos:

- a. Transformador trifásico de 1000 VA (220V).
- b. Cables de conexión.
- c. Un disyuntor
- d. Un contactor para protección
- e. Jacks para conexión (macho y hembra).
- f. Tablero de mica (donde se colocará las salidas de las conexiones).
- g. Tablero metálico (para colocar el transformador y demás dispositivos del módulo).
- h. Pulsadores (para el accionamiento del módulo).
- i. Luces de señalización
- j. Indicadores: amperímetros y voltímetros.
- k. Cinta adhesiva
- l. Adhesivos para señalización
- m. Type color negro

Tras haber estudiado el mencionado módulo didáctico de un transformador trifásico elevador se ha concluido que es óptimo aplicarlo, debido a que permite adecuarlo a los requerimientos del laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA, también es factible instalarlo ya que el laboratorio cuenta con una red de alimentación trifásica.

En el módulo se puede aplicar tipos de conexiones para un transformador, identificar sus bobinados, verificar su polaridad y configurar el modo de funcionamiento como elevador.

4.2 Factibilidad legal

Tras haber realizado la investigación que permitirá conocer si la implementación de un módulo didáctico de transformador trifásico elevador para el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA es legal o no, se verificó que, no existe ninguna ley que ordene o indique que no se deba implementar este tipo módulo didáctico.

Por lo tanto para la realización del proyecto no se incurre en ninguna infracción de tipo legal, por que se tienen cómo referencia básica los siguientes artículos del Reglamento General de los Institutos Superiores Técnicos y Tecnológicos del Ecuador:

- **Art.5.- de los Principios:** Los institutos superiores técnicos y tecnológicos, se inspiran por los principios señalados en la Constitución Política del Estado y en la Ley Orgánica de Educación Superior, para el conjunto de instituciones que integran el Sistema Nacional de Educación Superior.

Están llamados a generar y difundir el conocimiento para alcanzar el desarrollo humano sostenible y sustentable de la sociedad ecuatoriana, en colaboración con la comunidad internacional, los organismos del Estado, la

sociedad y los sectores productivos, mediante la investigación científica y aplicada a la innovación tecnológica, la formación integral profesional en los niveles técnico y tecnológico y académica de estudiantes, docentes e investigadores, así como la participación en los proyectos de desarrollo y la generación de soluciones a los problemas locales, regionales, del país y de la humanidad.

- **Art.6.- de la Educación Tecnológica:** La formación de los institutos superiores se caracterizará por la incorporación de contenidos y metodologías propios de la “educación tecnológica”.

El proceso de enseñanza–aprendizaje de la educación tecnológica buscará hacer del estudiante un agente de las evoluciones científico-tecnológicas del mundo moderno y, de ese modo, permitirle aportar su inteligencia, creatividad y empeño al interior de la unidad productiva.

Razón por la cual se seguirá con el proceso de la implementación de un módulo didáctico de un transformador trifásico elevador.

4.4 Factibilidad operacional

Se establece que el trabajo a desarrollar en el tiempo establecido, cuenta con la actitud operativa respectiva y existe la necesidad de desarrollarlo por lo tanto se puede implementar un módulo didáctico de un transformador trifásico elevador que tendrá un correcto desempeño en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA.

Se realizará guías de laboratorio para que los estudiantes y el docente puedan llevar a cabo la manipulación correcta del módulo didáctico del transformador trifásico elevador, para evitar posibles operaciones erróneas.

4.5 Factibilidad económica

El recurso económico necesario está al alcance para la ejecución del trabajo en los pasos que se requieren, por esta razón se llega a la conclusión que el trabajo es factible económicamente. Existe la relación costo-beneficio.

Los costos que acarrea implementar un módulo didáctico de transformador trifásico elevador son los siguientes:

MÓDULO DIDÁCTICO DE UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO ELEVADOR

Tabla 1. Costo del módulo didáctico de transformador trifásico elevador.

<u>Cantidad</u>	<u>Descripción</u>	<u>Costo</u>
1	Transformador trifásico de 1000 VA (220V).	\$ 240,00
1	Disyuntor	\$ 42,85
1	Contactador para protección	\$ 42,60
20	Jacks para conexión (macho)	\$ 3,00
20	Jacks para conexión (hembra)	\$ 3,00
1	Tablero de mica	\$ 30,00
1	Tablero metálico	\$ 30,00
2	Pulsadores	\$ 13,00
2	Luces de señalización	\$ 13,50
1	Indicador: amperímetro analógico	\$ 39,70
1	Indicador: voltímetro analógico	\$ 15,30
15 m.	Cables de conexión	\$ 4,50
1	Cinta adhesiva	\$ 0,80
1	Taype color negro	\$ 2,50
	SUB TOTAL:	\$480,75

Fuente: Datos bibliográficos

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

GASTOS PRIMARIOS

Tabla 2. Gastos directos

DESCRIPCION	VALOR
Útiles de Oficina	\$ 25,00
Uso Internet	\$ 25,00
Uso de Computador	\$ 15,00
Impresiones	\$ 90,00
Anillados	\$ 40,00
Copias	\$ 10,00
SUB TOTAL	\$ 205,00

Fuente: Datos bibliográficos
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin.

GASTOS SECUNDARIOS

Tabla 3. Gastos indirectos

DESCRIPCION	TOTAL
Alimentación	\$ 100,00
Movilización Urbana	\$ 20,00
Movilización Provincial	\$ 100,00
SUB TOTAL	\$ 220,00

Fuente: Datos bibliográficos
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

COSTOS TOTALES

Tabla 4. Costos totales

SUB TOTAL COSTO MÓDULO DIDÁCTICO	\$ 480,75
SUB TOTAL COSTOS PRIMARIOS	\$ 205,00
SUB TOTAL COSTOS SECUNDARIOS	\$ 220,00
SUB TOTAL	\$ 905,75
(+) 10% COSTO DE IMPREVISTOS	\$ 90,57

Fuente: Datos bibliográficos

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

COSTO TOTAL DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN \$ 996,32

CAPÍTULO V

DENUNCIA DEL TEMA:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO ELEVADOR PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS Y CONTROL INDUSTRIAL DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONAÚTICO, Y ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO”.

Cronograma de actividades

ORD	DETALLE DE ACTIVIDADES	MES																															
		FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Planteamiento del Problema																																
2	Propuesta de la investigación																																
3	Recoleccion y procesamiento de datos																																
4	Analisis e interpretacion de resultados																																
5	Selección del Tema																																
6	Presentacion del anteproyecto																																
7	Organizar datos																																
8	Defensa y predefensa																																

Fuente: Investigación de campo
 Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Cbos. Téc. Avc. Calo Edwin

Investigador

Glosario de términos.

Alternador.- Máquina eléctrica generadora de corriente alterna.

Autocontrolado.- Acción o efecto de quien se puede controlar a sí mismo.

Autosuficiencia.- Estado o condición de quien se basta a sí mismo.

Banda transportadora.- Es una aplicación que se utiliza en las industrias para ciertos procesos tales como el transporte secuencial de cajas en una fábrica.

Campo magnético.- Propiedad de los imanes y las corrientes eléctricas de ejercer acciones a distancia, tales como atracciones y repulsiones mutuas, emanación por influencia y producción de corrientes eléctricas inducidas.

Contactador.- Es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable y de reposo.

Control.- Regulación, manual o automática, sobre un sistema.

Control industrial.- Se puede definir como la manera de gobernar el funcionamiento de una máquina o sistema eléctrico.

Desempeño.- Cumplir las obligaciones inherentes a una profesión, cargo u oficio; ejercerlos.

Disyuntor.- Dispositivo que corta automáticamente la corriente eléctrica cuando esta sobrepasa una determinada intensidad.

Empresa.- Unidad de organización dedicada a actividades industriales, mercantiles o de prestación de servicios con fines lucrativos.

Excel.- más conocido como Microsoft Excel, es una aplicación para manejar hojas de cálculo. Este programa es desarrollado y distribuido por Microsoft, y es utilizado normalmente en tareas financieras y contables.

Industria.- Instalación destinada a operaciones materiales ejecutadas para la obtención, transformación o transporte de uno o varios productos naturales.

Instrumento.- Conjunto de diversas piezas combinadas adecuadamente para que sirva con determinado objeto en el ejercicio de las artes y oficios.

Logo.- Es un módulo lógico que tiene las funciones básicas habituales preprogramadas para conexión y desconexión retardada, relés de corriente e interruptor de software.

Luz piloto.- Los diodos emisores de luz visible son utilizados en grandes cantidades como indicadores piloto, son dispositivos de presentación numérica y de presentación de barras tanto para aplicaciones electrodomésticos como para equipos industriales.

Material Didáctico.- El material didáctico se refiere a aquellos medios y recursos que facilitan la enseñanza y el aprendizaje, dentro de un contexto educativo.

Metodológica.- Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal.

Motor monofásico.- Motor eléctrico que utiliza corriente alterna pero con rotor bobinado y por lo tanto es un Motor síncrono que por su construcción, puede

funcionar con corriente alterna y corriente continua . La conexión eléctrica del bobinado del estator o campo es serie.

Motor trifásico.- tienen una carga equilibrada, es decir, consumen lo mismo en las tres fases, ya estén conectados en estrella o en triángulo. Un motor con carga equilibrada no requiere el uso de neutro. Las tensiones en cada fase en este caso son iguales al resultado de dividir la tensión de línea por raíz de tres. Por ejemplo, si la tensión de línea es 380 V, entonces la tensión de cada fase es 220 V.

Pedagógico.- Se dice de lo expuesto con claridad que sirve para educar o enseñar.

Pulsador.- Es un elemento usado para el mando de contactores y fundamentalmente en bajas potencias.

Relé.- Es un elemento muy similar a los contactores ya que por lo general tiene su elemento de mando (bobina) y contactos.

Sensor.- Dispositivo electrónico que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, luz, etc., y la transmite adecuadamente.

Tacómetro.- Aparato que mide el número de revoluciones de un eje por ejemplo de un motor.

Zelio.- Es un relé programable que utiliza un lenguaje de contactos denominado Ladder el cual permite la transcripción de relés y adapta al procesamiento combinatorio.

Abreviaturas

ETFA.- Escuela Técnica de la Fuerza Aérea.

ITSA.- Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

CONESUP.- Consejo Nacional de Educación Superior.

DAC.- Dirección de Aviación Civil.

C.C.- Corriente Continua.

A.C.- Corriente alterna.

PLC.- Controlador Lógico Programable.

PC.- Computadora.

SCADA.- Sistema de Supervisión Control y Adquisición de Datos.

CC.EE.- Centrales Eléctricas.

c.a.- corriente alterna.

VCD.- Voltaje de corriente directa.

VAC.- Voltaje de corriente alterna.

Bibliografía

Proyecto de grado elaborado por el Cbos. Díaz Rosero Andrés Manuel.

Proyecto de grado elaborado por el Cbos. Guanopatin Cevallos Johnny Patricio.

Proyecto de grado elaborado por el Cbos. Guañuna Flores José Luis.

Proyecto de grado elaborado por el Cbos. Benavides Chacha Holger Estuardo.

Proyecto de grado elaborado por el Cbos. Laica Chacón Freddy Eduardo.

Manual de instrucción de control industrial.

<http://www.pangea.org/peremarques/medios.htm>

<http://www.google.com.ec/search?hl=es&q=que+es+un+modulo&meta=&aq=f&oq>

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/14530>

<http://ww.ull.es/departamentos/didinv/tecnologiaducativa/doc-adell2.html>

<http://www.google.com.ec/search?hl=es&source=hp&q=que+son+guias+didacticas&meta=&aq=f&oq=>

<http://www.asayc.com/automatizacion/bancos.htm>

http://www.educandote.com/index.php?option=com_content&view=article&id=46&Itemid=63

<http://es.wikipedia.org/wiki/Laboratorio>

<http://www.monografias.com/trabajos36/maquinas-electricas/maquinas-electricas2.shtml>

A

N

E

X

O

S

ANEXO 1. Proyecto de grado realizado anteriormente (Antecedentes).

Cbos. Tec. Avc. Díaz Andrés.

Módulo de generador de corriente continua.



Generador de Corriente Continua.



ANEXO 2. Proyecto de grado realizado anteriormente (Antecedentes).

Cbos. Tec. Avc. Guanopatin Jhonny.

Módulo de generador de corriente alterna

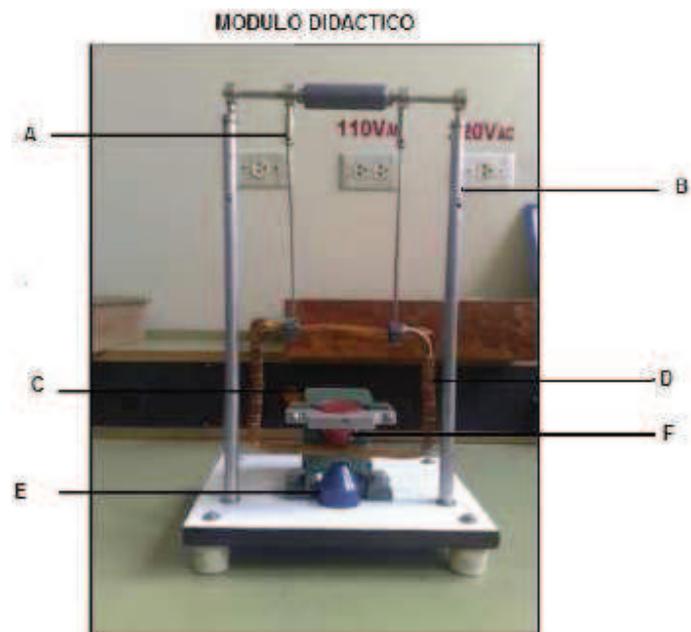


**Foto 6.17 Trabajo final
Realizado por: Cbos. Guanopatin Jhonny**

ANEXO 3. Proyecto de grado realizado anteriormente (Antecedentes).

Cbos. Tec. Avc. Guañuna José.

Módulo de principio de funcionamiento de una máquina eléctrica.



Partes del módulo:

- A. Péndulo
- B. Barras de conexión de la fuente de poder
- C. Imán natural.
- D. Bobina
- E. Polo norte del imán
- F. Polo sur del imán.

ANEXO 4. Proyecto de grado realizado anteriormente (Antecedentes).

Cbos. Tec. Avc. Benavides Holger.



Foto. 6.16 Prueba de operatividad del módulo
Fuente: Módulo para motores de AC
Elaborado por: Cbos. Benavides Holger

ANEXO 5. Proyecto de grado realizado anteriormente (Antecedentes).

Cbos. Tec. Avc. Laica Freddy.

Módulo para motor de corriente continua.



ANEXO 6. FORMATO DE LA OBSERVACIÓN REALIZADA EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS Y CONTROL INDUSTRIAL DEL ITSA.

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONAÚTICO

CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA

OBSERVACIÓN REALIZADA EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS Y CONTROL INDUSTRIAL DEL ITSA.

DATOS INFORMATIVOS:

Lugar: LABORATORIO DE MÁQUINAS Y CONTROL INDUSTRIAL DEL ITSA.

Fecha: 12-02-2010

Observadores: Cbos. Tec. Avc. Calo Edwin.
Cbos. Tec. Avc. Muisin Pablo.

OBJETIVOS:

- Observar la situación actual en la que se encuentra del laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA.
- Observar el desempeño del laboratorio para que los estudiantes puedan realizar adecuadamente sus prácticas.
- Observar los medios didácticos existentes, que utilizan el docente y los estudiantes en el laboratorio.

OBSERVACIONES:

.....
.....
.....
.....

ANEXO 7. Fotografías tomadas de los medios didácticos considerados en la observación.



Foto A7.1. Tablero didáctico de elementos para control industrial.
Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto A7.2. Cables con jacks (macho) para conexiones en los tableros de Control Industrial.
Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto. A7.3. Motor trifásico con bornes para conexiones en un tablero de Control Industrial.

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

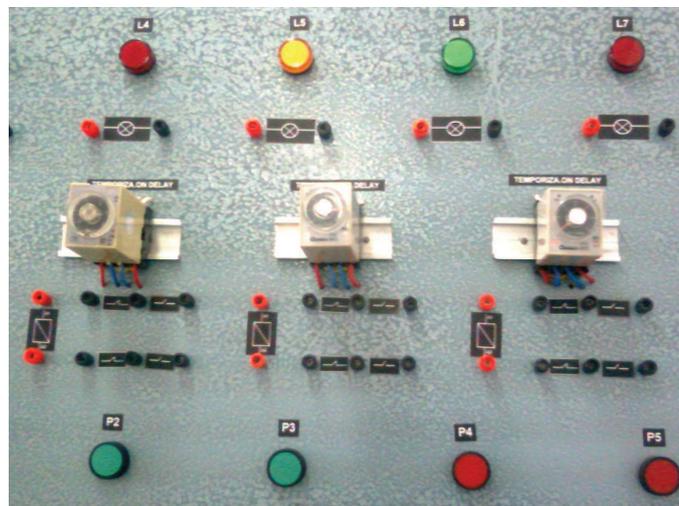


Foto. A7.4. Temporizadores para control industrial (ON DELAY).

Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto. A7.5. Sensores para control industrial (inductivo, capacitivo y fotoeléctrico).
Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto. A7.6. Contactores y medidores (voltaje y corriente) para control industrial.
Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto A7.7. Módulo didáctico de motor (A.C.) con arranque por capacitor.
Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto A7.8. Módulo para generador de corriente continua.
Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto. A7.9. Módulo de un motor de corriente continua.
Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto A7.10. Fuente de alimentación de baja tensión de (0 a 32 VCD).
Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto. A7.11. Módulo para un generador trifásico.
Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto A7.12. Fuente de alimentación regulable de (0 a 120 VCC), para el generador trifásico.
Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin



Foto A7.13. Generador manual de voltaje.
Fuente: Investigación de Campo
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

ANEXO 8. Formato de la Entrevista.

CÉDULA DE LA ENTREVISTA

Entrevista No.....

Fecha:

Entrevista dirigida a: DOCENTE DE LOS ESTUDIANTES DE ELECTRÓNICA EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS Y CONTROL INDUSTRIAL.

Preguntas:

1. ¿Está conforme con el actual equipamiento que dispone el laboratorio para el desarrollo normal de sus clases?

.....

Porqué

.....

.....

2. ¿Considera que el actual equipamiento que posee el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA le brinda la facilidad necesaria para impartir su enseñanza a los estudiantes satisfactoriamente?

.....

.....

Porqué

.....

.....

3. ¿Ha tenido problemas para trabajar con los estudiantes como por ejemplo (vacíos, falta de aplicación práctica), con el equipamiento existente en el laboratorio?

.....
.....

Porqué

.....
.....

4. ¿Cree usted que es conveniente optimizar desempeño del laboratorio de Máquinas y Control Industrial?

.....
.....

Porqué

.....
.....

5. ¿Qué tipo de equipamiento es más factible implementar en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial del ITSA con el objeto de optimizar el desempeño del mismo?

.....
.....

Porqué

.....
.....

Observaciones:.....
.....
.....
.....

Nombres de los entrevistadores: Cbos. Muisin Pablo

Cbos. Calo Edwin

Datos socio-demográficos del entrevistado:

Docente Ing. Jessy Espinoza

Edad Estado civil Nivel de educación

Firma: _____

C.I. _____

ANEXO "B"

Tabla de propiedades magnéticas de materiales comunes

Material	Presentación	Composición aproximada (%)					Permeabilidad inicial (B=20, gauss)	Permeabilidad máxima	Densidad de saturación de flujo (B, gauss)
		Fe	Ni	Co	Mo	Otros			
Acero laminado en frío	Lámina	98.5	---	---	---	---	180	2,000	21,000
Hierro	Lámina	99.91	---	---	---	---	200	5,000	21,500
Hierro purificado	Lámina	99.95	---	---	---	---	5,000	180,000	21,500
4% Hierro al silicio - grano orientado	Lámina	96	---	---	---	4 Si	500	7,000	19,700
	Lámina	97	---	---	---	3 Si	1,500	30,000	20,000
45 Permalloy	Lámina	54.7	45	---	---	---	2,500	25,000	16,000
Permalloy 45	Lámina	54.7	45	---	---	---	4,000	50,000	16,000
Hipernik	Lámina	50	50	---	---	---	4,500	70,000	16,000
Monimax	Lámina	---	---	---	---	---	2,000	35,000	15,000
Sinimax	Lámina	---	---	---	---	---	3,000	35,000	11,000
Permalloy 78	Lámina	21.2	78.5	---	---	0.3 Mn	8,000	100,000	10,700
Permalloy 4-79	Lámina	16.7	79	---	4	0.3 Mn	20,000	100,000	8,700
Mu metal	Lámina	18	---	---	---	---	20,000	100,000	6,500

Supermalloy	Lámina	15.7	79	---	4.3	---	100,000	800,000	8,000
Permendur	Lámina	49.7	79.0	---	05.0	---	800	5,000	24,500
Permendur 2V	Lámina	49	---	---	---	---	800	4,500	24,000
Hiperco	Lámina	64	---	---	---	---	650	10,000	24,200
Permalloy 2-81	Polvo aislado	17	---	---	---	---	125	130	8,000
Hierro Carbonyl	Polvo aislado	99.9	---	---	---	---	55	132	---
Ferroxcube III	Polvo sinterizado	---	---	---	---	---	1,000	1,500	2,500

Propiedades magnéticas de materiales comunes

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Permeabilidad_magn%C3%A9tica

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin.

ANEXO "C"

Características para el cálculo de transformadores

CALIBRE A.W.G	SECCIÓN	RESISTENCIA POR Km. A 20° C	MAXIMA CORRIENTE
	CIRCULAR MLLS		
0000	211.600	0.164	215.00
000	167.800	0.203	195.00
00	133.100	0.256	185.00
0	105.500	0.322	170.00
1	83.694	0.407	152.00
2	66.370	0.512	134.00
3	52.630	0.646	106.89
4	41.470	0.814	84.60
5	33.100	1.029	66.28
6	26.250	1.296	53.16
7	20.820	1.532	42.04
8	16.510	2.060	33.38
9	13.090	2.596	26.48
10	10.380	3.274	21.20
11	8.230	4.134	16.60
12	6.530	5.209	13.30
13	5.170	6.500	10.50
14	4.107	8.200	8.30
15	3.257	10.400	5.60
16	2.583	13.175	5.20
17	2.048	16.114	4.10
18	1.624	20.900	3.20
19	1.288	26.421	2.60
20	1.022	33.210	2.00
21	810.1	42.00	1.62
22	642.4	52.80	1.23
23	509.5	66.89	1.00
24	404.0	84.33	0.80
25	320.4	106.20	0.64
26	254.1	133.90	0.50
27	201.5	143.78	0.48
28	159.8	155.78	0.32
29	126.7	178.89	0.26
30	100.5	429.69	0.16
31	79.70	583.80	0.14
32	63.21	687.58	0.12
33	50.13	860.00	0.10
34	39.75	1.079	0.08

Fuente: Teoría y práctica de transformadores de Rodrigo Robledo Vélez

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

ANEXO "D"

INTENSIDAD DE CORRIENTE ADMISIBLE PARA CONDUCTORES DE COBRE (Secciones AWG)								
AISLADOS TEMPERATURA DE SERVICIO: 60° 75° 90°C								
SECCION	SECCION	GRUPO A			GRUPO B			DESNUDO
		TEMPERATURA DE SERVICIO			TEMPERATURA DE SERVICIO			
Nominal (mm ²)	AWG	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
0.32	22	3	3					
0.51	20	5	5					
0.82	18	7.5	7.5					
1.31	16	10	10					
2.08	14	15	15	25	20	20	30	
3.31	12	20	20	30	25	25	40	
5.26	10	30	30	40	40	40	55	
8.36	8	40	45	50	55	65	70	90
13.30	6	55	65	70	80	95	100	130
21.15	4	70	85	90	105	125	135	150
26.67	3	80	100	105	120	145	155	200
33.62	2	95	115	120	140	170	180	230
42.41	1	110	130	140	165	195	210	270
53.49	1/0	125	150	155	195	230	245	310
67.42	2/0	145	175	185	225	265	285	360
85.01	3/0	165	200	210	260	310	330	420
107.2	4/0	195	230	235	300	360	385	490
127	250 MCM	215	255	270	340	405	425	540
152.0	300 MCM	240	285	300	375	445	480	610
177.3	350 MCM	260	310	325	420	505	530	670
202.7	400 MCM	280	355	360	455	545	575	730
253.4	500 MCM	320	380	405	515	620	660	840
304	600 MCM	355	420	455	475	690	740	
354.7	700 MCM	385	460		630	755		
380	750 MCM	400	475	500	655	785	845	
405.4	800 MCM	410	490		680	815		
456	900 MCM	435	520		730	870		
506.7	1000 MCM	455	545	585	780	925	1000	
633.4	1250 MCM	495	590		890	1065		
760.1	1500 MCM	520	625		980	1175		
886.7	1750 MCM	545	650		1070	1280		
1013	2000 MCM	560	665		1155	1385		

Grupo A: hasta 3 conductores en tubo o en cable o directamente enterrados. Grupo B: Conductor simple al aire libre.

Intensidad de corriente admisible para conductores de cobre

Fuente: http://www.procobre.org/archivos/peru/conductores_electricos.pdf

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

ANEXO “E”

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO

CARRERA: ELECTRÓNICA

INFORME DE ACEPTACIÓN DE USUARIO DESPUÉS DE LA “IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DIDACTICO DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO ELEVADOR Y TRES APLICACIONES CON SUS RESPECTIVAS GUÍAS DE LABORATORIO”.

Objetivo: Enseñar a los estudiantes el uso de un banco de prueba de transformador trifásico para que tengan un conocimiento de su funcionamiento en forma real y práctica.

Yo, Ing. Jessy Espinosa, Docente de la materia de Máquinas Eléctricas después de haber comprobado el correcto funcionamiento del módulo didáctico en el laboratorio de Máquinas y Control Industrial estoy absolutamente de acuerdo con el trabajo realizado por el Sr. Cbos. Calo Edwin cuyo tema es: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MODULO DIDACTICO DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO ELEVADOR PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS Y CONTROL INDUSTRIAL Y ELABORACIÓN DE GUIAS DE LABORATORIO”**

Atentamente:

Ing. Jessy Espinosa

DOCENTE DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA

ANEXO "F"
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR AERONÁUTICO



**MANUAL DE MANTENIMIENTO DEL MÓDULO DIDÁCTICO DE
TRANSFORMADOR TRIFASICO ELEVADOR.**

MANUAL No 1

**DESTINATARIO: LABORATORIO DE MÁQUINAS Y CONTROL
INDUSTRIAL**

REVISIÓN N° 1

FECHA: 08/SEPTIEMBRE/2010

INFORMACIÓN GENERAL

El siguiente manual fue elaborado con el propósito de prolongar la vida útil del módulo brindando un mantenimiento periódico de los dispositivos y materiales eléctricos existentes en este, basándose en cada una de las normas de seguridad las mismas que se deberán conocer y tener en cuenta en la operación del módulo con transformadores monofásicos, con la finalidad de prevenir accidentes con los estudiantes que realicen sus prácticas, de igual manera evitar posibles daños al módulo. Por ello se recomienda al usuario revisar periódicamente este manual para evitar lo anteriormente escrito.

SECCIÓN 1

TABLA DE CONTENIDOS

Portada.

Caratula.

Información General.

SECCIÓN 1: Tabla de Contenidos

SECCIÓN 2: Registro de Revisión.

SECCIÓN 3: Lista de Cambios.

SECCIÓN 4: Instrucciones para uso del manual.

SECCIÓN 5: Diagrama Técnico.

SECCIÓN 6: Listado de componentes

SECCIÓN 7: Condiciones previas a su utilización.

SECCION 8: Energizado al módulo.

SECCION 9: Utilización de la pinza amperimétrica.

SECCIÓN 10: Posibles fallas comunes en el módulo.

SECCIÓN 11: Mantenimiento del módulo.

11.1 Hojas de Registro.

SECCIÓN 12: Normas de Seguridad.

SECCIÓN 13: Control del Documento.

Lista de distribución.

SECCIÓN 2

REGISTRO DE REVISIONES

En esta tabla se registra el número de revisiones efectuadas en el módulo, la fecha de la revisión, la fecha de inserción, y el nombre de la persona que realizó la revisión para posteriormente registrar en una tabla los cambios efectuados en el módulo.

Tabla 1. Registro de revisiones

Nº DE REVISIÓN	FECHA DE REVISIÓN	FECHA DE INSERCIÓN	INSERTADO POR:
1	24-AGO- 2010	24-AGO- 2010	Cbos. Calo E.

Fuente: Manual de Mantenimiento

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

SECCIÓN 3

LISTA DE CAMBIOS

La persona que realice la revisión del módulo como norma para el registro, deberá anotar en esta tabla el número y fecha de revisión, nueva sección si se incrementa alguna, sección cambiada y sección borrada.

Tabla 2. Lista de cambios

REV N° / FECHA DE REVISIÓN	SECCIÓN NUEVA	SECCIÓN CAMBIADA	SECCIÓN BORRADA

Fuente: Manual de Mantenimiento

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

SECCIÓN 4

INSTRUCCIONES PARA LA UTILIZACIÓN DEL MANUAL.

Al desarrollar las prácticas de laboratorio, el estudiante debe fundamentarse tanto en las guías de laboratorio como en el manual del módulo, por éstas razones se especifica cada punto que contiene este manual.

Diagrama técnico del módulo.- En este diagrama se indica la ubicación de todos los componentes que conforman el módulo.

Listado de componentes.- Por medio de un listado se especifica los nombres de componentes y elementos que se encuentran instalados en el módulo.

Condiciones previas a su utilización.- Para la operación del módulo se propone las debidas condiciones y precauciones, para que se pueda alcanzar el desarrollo de las prácticas de laboratorio satisfactoriamente.

Energizado del módulo.- Para el módulo se necesita de una línea externa de alimentación monofásica 110 VAC y una trifásica 220 VAC, posteriormente se muestra el procedimiento para un correcto energizado del módulo.

Utilización de la pinza amperimétrica.- La disponibilidad de este instrumento ayuda para realizar la medición de los valores de voltaje (A.C), corriente (A.C), y continuidad, para hacer comprensible su uso y funcionamiento se presenta un listado de sus partes.

Fallas comunes en el módulo.- En transcurso del tiempo y debido al uso como en todo equipo electrónico se producen inconvenientes en su funcionamiento, por ello es importante indicar un registro de las fallas más comunes con la posible solución.

Mantenimiento del módulo.- En éste manual se indicará los procedimientos secuenciales de las actividades a seguir en un tiempo determinado, para establecer las mejores condiciones de operación, con el objetivo de extender la durabilidad del módulo didáctico.

Hoja de registro.- La finalidad de este documento es registrar las actividades comprendidas en mantenimiento, chequeo y verificación realizadas al módulo didáctico de transformador trifásico elevador, manteniendo la eficaz información respecto al funcionamiento y operación del mismo.

Normas de Seguridad.- En éste manual se dará a conocer normas de seguridad que deben ser tomadas en cuenta en la operación del módulo didáctico, con la finalidad de prevenir accidentes con los estudiantes que realicen las prácticas, así como evitar posibles daños al módulo y demás equipos o dispositivos que se utilicen simultáneamente.

Control de Documento.- Este manual está constituido de tal forma que sea posible llevar un control detallado sobre el mismo, disponiendo de registros para especificar la acción realizada con el documento.

SECCIÓN 5

DIAGRAMA TÉCNICO

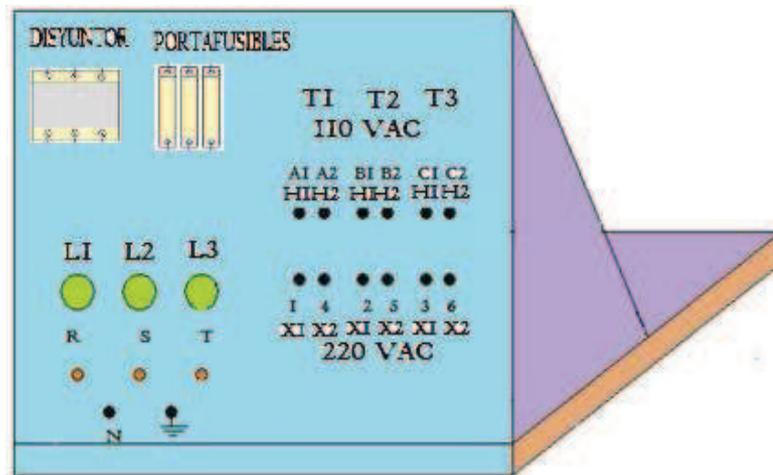


Figura 5.1. Módulo Didáctico

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Partes del módulo:

1. Disyuntor trifásico
- 2.- Portafusibles
- 3.- Luces indicadoras de fase (L1, L2, L3)
- 4.- Conectores Jack tipo hembra para fases (R, S, T); neutro (N); tierra (\perp)
- 5.- Transformadores monofásicos (T1, T2, T3):
 - Conectores Jack tipo hembra para los bobinados primarios: A1, B1, C1 (H1); A2, B2, C2 (H2).
 - Conectores Jack tipo hembra para los bobinados secundarios: 1, 2, 3 (X1); 4, 5, 6 (X2).

SECCIÓN 6

LISTADO DE COMPONENTES

a) Componentes del módulo.

- 1.- Un (1) disyuntor trifásico de 10 A, modelo MERLIN GENN.
- 2.- Tres (3) Portafusibles, modelo SASSIN y CAMSCO.
- 3.- Tres (3) luces indicadoras de fase, modelo CAMSCO.
- 4.- Tres (3) conectores Jack tipo hembra para líneas de fases (R, S, T)
- 5.- Un (1) conector Jack tipo hembra para línea de neutro (N).
- 6.- Un (1) conector Jack tipo hembra para línea de tierra (\perp).
- 7.- Seis (6) conectores Jack tipo hembra para los bobinados primarios: A1, B1, C1 (H1); A2, B2, C2 (H2) de los transformadores monofásicos (T1, T2, T3)
- 8.- Seis (6) conectores Jack tipo hembra para los bobinados secundarios: 1, 2, 3 (X1); 4, 5, 6 (X2) de los transformadores monofásicos (T1, T2, T3)

b) Componentes externos al módulo.

1. Una (1) pinza amperimétrica.
2. Cables para conexiones (24).

SECCIÓN 7

CONDICIONES PREVIAS A SU UTILIZACIÓN

1. Verifique físicamente que el módulo se encuentre en un lugar adecuado y libre de instrumentos u objetos que interrumpan su normal desempeño.
2. Verificar que no esté energizado el módulo.
3. Observar que las líneas de alimentación trifásica (R, S, T) y neutro (N) se encuentren en buen estado.
4. Utilizando el óhmetro en la escala adecuada comprobar que los fusibles se encuentren en buen estado.
5. Comprobar que los terminales para la línea de tierra, así como las chapas de hierro de cada transformador estén debidamente asegurados y ajustados.
6. Realizar la conexión de los circuitos respectivos para las prácticas con el módulo desenergizado.
7. Previo a la energización verificar que no exista algún cortocircuito en las conexiones que se realicen.
8. Inspeccionar usando un voltímetro que la alimentación para el módulo didáctico sea la correcta.

SECCIÓN 8

ENERGIZADO DEL MÓDULO

1. Verifique mediante el voltímetro que la línea de alimentación suministre 110 VAC (entre una fase R, S, T con el neutro N), y 208 VAC entre dos fases indistintamente.
2. Compruebe que el disyuntor trifásico del módulo didáctico esté siempre en la posición OFF (apagado) antes de realizar las conexiones.
3. Para realizar las conexiones de las prácticas serán en base a las guías de laboratorio.
4. Colocar el disyuntor trifásico en la posición ON (encendido), para comprobar con la pinza amperimétrica los voltajes de 110 VAC (entre una de las fases R, S, T con el neutro N) y 208 VAC entre dos fases indistintamente.
5. El módulo está energizado correctamente.

SECCIÓN 9

UTILIZACION DEL MULTÍMETRO CON PINZA AMPERIMÉTRICA

La pinza amperimétrica se utiliza para las mediciones de voltaje, corriente, resistencia y continuidad.

Características técnicas:

- Corriente A.C de 0.1 A hasta 1000 A
- Unidad externa con 261 opciones (500 V) probador de protección de 100 K Ω a 2000 M Ω .
- Resistencia de 100 m Ω hasta 20 K Ω .
- Verificador de continuidad de 50 \pm 25 Ω con tono.
- Voltaje A.C de (1-750 V)
- Voltaje D.C de (1-1000 V)
- Display LCD de 3- 1/2 dígitos.

Partes del multímetro con pinza amperimétrica:

1. Entrada para conector EXT
2. Entrada para conector COM
3. Entrada para conector de V y Ω
4. Display LCD
5. Selector de funciones y rangos.
6. Botón congelador de datos
7. Botón para abrir la pinza de medición.
8. Pinza para medir corriente (A.C)
9. Cordón de transportación.

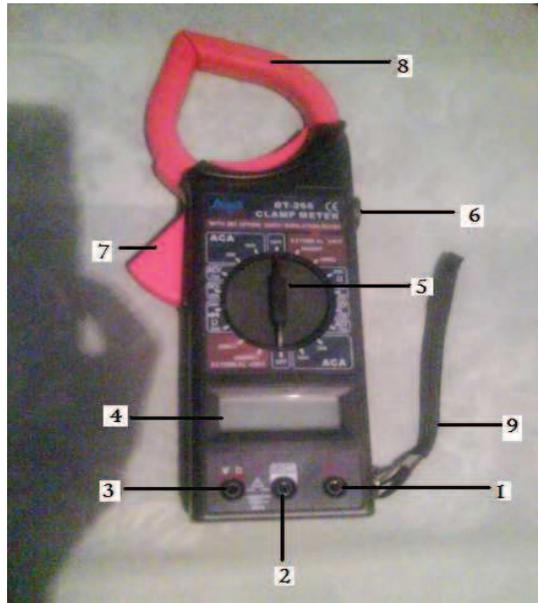


Figura 9.1. Pinza amperimétrica
Fuente: Investigación de campo
Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

Procedimiento:



PRECAUCIÓN

- ❖ Para medir corrientes (A.C) se coloca el selector en la escala de corriente. Se presiona el botón 7 y dentro de este se ubica el conductor.
- ❖ Para medir voltajes (A.C), colocar el selector en escala de voltaje, luego el cable negro en el COM y el rojo en el (V y Ω)
- ❖ Para la prueba de continuidad colocar en la escala de resistencia en el rango de 200 Ω , posterior es el ruido de un pito agudo.
- ❖ Al terminar las mediciones llevar el selector a la posición de OFF (apagado)

SECCIÓN 10 FALLAS COMUNES EN EL MÓDULO

Tabla 3. Fallas comunes en el módulo

	FALLAS	POSIBLES SOLUCIONES
1.	El módulo no enciende.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que el disyuntor trifásico se encuentre en la posición ON (encendido) • Comprobar que el voltaje de alimentación externo sea de 110VAC y 208 VAC. • Comprobar que los fusibles del módulo se encuentren en buen estado.
2.	Los transformadores monofásicos del modulo no funcionan.	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que los terminales de los jacks tipo hembra se encuentren correctamente conectados con los cables conductores y sujetos entre sí. • Comprobar cada transformador alimentándolo con 110 VAC al bobinado primario y verificar que en el secundario se obtenga 220 VAC, si no cumple con estos parámetros cambiar el transformador monofásico dañado.
3.	Los transformadores monofásicos producen vibraciones excesivas	<ul style="list-style-type: none"> • Ajustar los tornillos que sujetan los núcleos de cada transformador monofásico. • Verificar que las conexiones que se realicen sean las adecuadas.
4	Cortocircuitos en el panel frontal del módulo	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar que haya el contacto correcto entre los cables de conexión con los conectores jack. • Revisar que no exista roces de los cables de conexión con otro elemento conductor indeseado.

Fuente: Investigación de campo

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin

SECCIÓN 11

MANTENIMIENTO DEL MÓDULO

MANTENIMIENTO SEMANAL.

Se llevará a cabo con la finalidad de limpiar toda la estructura del módulo, es decir, quitar el polvo, además de otro material o elemento que dificulte el eficaz funcionamiento del módulo, esta actividad realizada deberá ser registrada posteriormente.

MANTENIMIENTO QUINCENAL.

A más de efectuar la limpieza superficial del módulo, se realizará una revisión completa del panel frontal de conexiones, la instalación de los jacks, los cables para las diferentes conexiones, los actuales se encuentren con los plugs en sus extremos, todo esto mediante los siguientes pasos:

1. Desconecte el módulo de la línea principal de alimentación.
2. Limpie las suciedades superficiales que se encuentren en la estructura y retirar todo tipo de material hallado en el área de trabajo.
3. Una vez limpio el módulo desconecte los terminales en el cable conductor de los jacks de conexión y con el líquido contact clainer limpiar las substancias como óxido que puedan impedir un buen contacto.
4. Luego con el multímetro con pinza amperimétrica comprobar continuidad entre las diferentes conexiones que salen de los devanados de cada transformador.

5. Verificar que los jacks de conexión ubicados en el panel frontal no se encuentren resquebrajados y de ser así reemplazarlos de inmediato.
6. Verificar que los fusibles de protección se encuentren en buen estado, de lo contrario reemplazarlos nuevos.
7. Observe que el disyuntor trifásico del módulo se encuentre ajustado y conectado correctamente.
8. Comprobar que los cables de conexión se encuentren bien soldados y con los plugs a sus dos extremos.
9. Registrar el mantenimiento realizado.

MANTENIMIENTO SEMESTRAL.

Adicional al proceso de mantenimiento semanal y quincenal, se desarrollará el mantenimiento de los dispositivos principales del módulo (transformadores monofásicos), para lo cual se procederá de la siguiente manera.

Transformador Monofásico.

1. Destornillar los terminales correspondientes a la línea de tierra de cada transformador monofásico, utilizar la llave de boca #10.
2. Desmontar cada transformador monofásico del módulo, utilizando un destornillador estrella para quitar los pernos de la platina que fijan a cada transformador a la base de melanina.

3. Desconectar los jacks sujetos con los terminales de cada bobinado (primario y secundario) de los tres transformadores, teniendo en consideración su ubicación para luego ser conectados de igual manera.
4. Utilizando la llave de boca #10 aflojar los tornillos de las chapas de hierro de cada transformador para limpiar cuidadosamente el polvo acumulado con una aspiradora manual.
5. Luego para evitar el óxido en las chapas de los transformadores complementar su limpieza con el líquido anticorrosivo contact cleaner.
6. Posteriormente colocar y ajustar fijamente los tornillos de las chapas de hierro correspondiente a cada transformador, además de colocar los terminales de línea de tierra que se conectara con el jack correspondiente del panel del módulo.
7. Montar los transformadores monofásicos al módulo y fijarlo a la base de melamina, posteriormente conectar los terminales (bobinados primarios y secundarios) en el mismo lugar de donde fueron retirados del panel frontal.
8. Registrar el mantenimiento realizado.

11.1 HOJA DE REGISTRO.

Este documento tiene como finalidad registrar cada una de las actividades relacionadas con el mantenimiento, chequeo y verificación del módulo didáctico de transformador trifásico elevador, conservando eficaz información acerca del funcionamiento y operación del módulo.

Tabla 4. Hoja de registro para el mantenimiento

No.	Fecha Inicio	Fecha Finalización	Trabajo Realizado	Material y/o Repuesto utilizado	Responsable	Observaciones.

Fuente: Manual de Mantenimiento
 Elaborado por: Cbos. Calo Edwin.

SECCIÓN 12

NORMAS DE SEGURIDAD

Las siguientes normas fueron establecidas para salvaguardar la seguridad de los docentes y alumnos al instante de desarrollar las prácticas de laboratorio, además para evitar posibles averías al módulo y de esta manera prolongar el tiempo de vida útil del mismo.

1. Utilizar el atuendo adecuado (overol o mandil), con el fin de proteger la ropa.
2. Adoptar una actitud responsable durante el tiempo de permanencia en el laboratorio.
3. Antes de realizar cualquier práctica, efectuar una inspección visual de las conexiones en los jacks del panel y en los plugs de los cables conductores.
4. Es muy importante la supervisión por parte del docente encargado hacia los estudiantes, para una correcta y adecuada comprensión de la operación del módulo.
5. Tener presente que el módulo funciona con 110 VAC – 220 VAC.

SECCIÓN 13

CONTROL DEL DOCUMENTO

IDENTIFICACIÓN Y CONTROL.- Para su fácil identificación y el registro de control detallado del manual, este documento contiene en las primeras páginas el número de manual, el destinatario asignado con la fecha en que es insertado, además están ilustradas las tablas con registros específicos de revisiones, listas de cambio y distribución, entre otros más.

NÚMERO DE REVISIÓN.- Cuando se lleve a cabo la revisión del manual, la persona que realice éste trabajo deberá llevar un registro en el cual se indique el número, fecha y el nombre de la persona a cargo de la revisión, fecha de inserción, para luego establecer los cambios realizados al documento en la respectiva tabla.

NUMERO DE PÁGINA.- Se encuentra en secuencia, ya que inicia desde el No. 1 al principio de cada sección.

TABLA DE CONTENIDOS.- Este documento posee una tabla en donde se muestra el contenido del manual dividido en secciones.

REGISTRO DE REVISIÓN.- Cada revisión del manual se registrará en la tabla registro de revisiones, con su número de revisión, fecha de revisión, fecha de inserción correspondiente y nombre del responsable de la revisión.

LISTA DE CAMBIO.- Si fuese necesario efectuar algún tipo de cambio al manual, se registrará la fecha y número de revisión, describiendo la sección cambiada, borrada y la nueva sección si fuese el caso.

BARRAS DE CAMBIOS.- Al cambiar o insertar una sección, la identificación para la nueva línea, párrafo o sección será mediante una pequeña barra negra al costado izquierdo del texto, y parte en donde inicia el cambio hasta el final del mismo.

Tabla 5. Lista de distribución

MANUAL N°	DESTINATARIO	UBICACIÓN	COPIA
1	PRINCIPAL	LABORATORIO DE MÁQUINAS Y CONTROL INDUSTRIAL	1

Fuente: Manual de Mantenimiento

Elaborado por: Cbos. Calo Edwin.

HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

Nombres : Edwin Vinicio
Apellidos : Calo Catota
Lugar de Nacimiento : Quito
Fecha de Nacimiento : 25 de Mayo de 1987
Cédula de Ciudadanía : 1721581401



ESTUDIOS REALIZADOS

Primaria : Esc. Fiscal Mixta Humberto Vacas Gómez
Secundaria : Colegio Nacional Mixto Técnico "UNE"
Superior : INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
AERONÁUTICO (ITSA)

TÍTULOS OBTENIDOS

- Bachiller, Especialidad "Electricidad"
- Suficiencia en el Idioma Inglés - "Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico"

CURSOS REALIZADOS

- Curso de Militarización Básica "Escuela Técnica de la Fuerza Aérea"
- Curso técnico profesional de Mantenimiento en Radio y Comunicaciones
Sección SICOM, Base Aérea Cotopaxi.

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

Del contenido de la presente investigación se responsabiliza el autor

CBOS. TÉC. AVC. CALO CATOTA EDWIN VINICIO

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN EN
INSTRUMENTACIÓN Y AVIÓNICA**

Ing. PILATASIG PABLO.

Latacunga, 15 de Octubre del 2010.

CESIÓN DE DERECHOS DE PROPIEDAD INTELECTUAL

Yo, CALO CATOTA EDWIN VINICIO, Egresado de la carrera de Electrónica Mención Instrumentación y Aviónica, en el año 2010, con Cédula de Ciudadanía N° 1721581401, autor del Trabajo de Graduación **IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO ELEVADOR PARA EL LABORATORIO DE MÁQUINAS Y CONTROL INDUSTRIAL Y ELABORACIÓN DE GUÍAS DE LABORATORIO**, cedo mis derechos de propiedad intelectual a favor del Instituto Tecnológico Superior Aeronáutico.

Para constancia firmo la presente cesión de propiedad intelectual.

CALO CATOTA EDWIN VIVICIO
CBOS. TEC. AVC.

Latacunga, 15 de Octubre del 2010