



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

TEMA:

MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA UTILIZACIÓN DEL
MÓDULO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS Y SU
IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS
ELÉCTRICAS MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE GUÍAS
PRÁCTICAS EN EL PERIODO 2014

Autores:

- Cruz Veintimilla Ítalo Vicente
- Santacruz Tapia Manuel Marcelo

Director:

Ing. Vicente Javier Quispe Toapanta

LATACUNGA – ECUADOR

NOVIEMBRE 2014





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS
Latacunga – Ecuador

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes:

Cruz Veintimilla Ítalo Vicente

Santacruz Tapia Manuel Marcelo

Con la tesis, cuyo título es: **MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA UTILIZACIÓN DEL MÓDULO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS Y SU IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE GUÍAS PRÁCTICAS EN EL PERIODO 2014.**

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Noviembre del 2014

Para constancia firman

Ing. Susana Pallasco
PRESIDENTE

Ing. Xavier Proaño
OPOSITOR

Ing. Alvaro Mullo
MIEMBRO

Ing. Vicente Quispe
TUTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS
Latacunga – Ecuador

AUTORÍA

Las ideas y opiniones emitidas en el presente proyecto de tesis "MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA LA UTILIZACIÓN DEL MÓDULO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS Y SU IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE GUÍAS PRÁCTICAS EN EL PERIODO 2014" son de muestra y exclusiva responsabilidad y autoría.

El trabajo fue realizado en la Universidad Técnica de Cotopaxi, de la ciudad de Latacunga por parte de los señores Ítalo Vicente Cruz Veintimilla y Manuel Marcelo Santacruz Tapia, por lo tanto los autores asumen la responsabilidad de la misma.

Ítalo Vicente Cruz Veintimilla

CI: 0502222276

Manuel Marcelo Santacruz Tapia

CI: 050195491-1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS
Latacunga – Ecuador

AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director de Trabajo de Investigación sobre el tema:

“Manual de procedimiento para la utilización del módulo de transformadores trifásicos y su implementación en el laboratorio de máquinas eléctricas mediante la elaboración de guías prácticas en el periodo 2014”, de Ítalo Vicente Cruz Veintimilla y Manuel Marcelo Santacruz Tapia, egresados de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos-técnicos suficiente para ser sometida a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, Noviembre del 2014

EL DIRECTOR

.....
ING. VICENTE JAVIER QUISPE TOAPANTA
C.C. # 0502918014
DIRECTOR DE TESIS

AGRADECIMIENTO

La presente se la dedico a mi familia que gracias a sus consejos y palabras de aliento crecí como persona. A mis padres, hermanos y hermanas por su apoyo, confianza y amor. Ah mi padre por brindarme los recursos necesario y estar siempre a mi lado apoyándome y guiándome con sus consejos para ser una persona de bien para la sociedad. A mi madre por hacer de mí una mejor persona atreves de sus consejos enseñanza y amor.

A mis hermanos y hermanas por estar siempre presente, brindándome un aliento para seguir superándome.

ÍTALO

AGRADECIMIENTO

Primeramente agradecerle a Dios por permitirme gozar de un día más de vida y tener una hermosa familia que gracias a su apoyo, confianza y amor me han guiado para salir adelante; a mis hermanos y hermanas por sus consejos y palabras para cada día seguir superándome y ser una persona de bien para la sociedad; a mis cuñados y sobrinos por estar siempre presentes apoyándome de una u otra manera; finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa Universidad la cual nos abrió las puertas, preparándonos para un futuro competitivo y así ser mejores personas para nuestras familias y la sociedad.

MARCELO

DEDICATORIA

Primeramente quiero agradecer a Dios por permitirme tener un día más de vida y agradecerle todas las bendiciones derramadas sobre mi persona, ser mi refugio, mi guía y el cual me permitió culminar con éxito mi carrera profesional. A mis padres quienes con su sabiduría supieron inculcar en mí y a lo largo de toda mi vida me han apoyado y me han motivado a superarme profesionalmente, los cuales creyeron en mí no dudaron de mis capacidades. A mis profesores a quienes debo gran parte de mis conocimientos y de formarme como un mejor ser humano, gracias a su paciencia y enseñanza y finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa Universidad la cual abre las puertas a jóvenes, preparándolos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

ÍTALO

DEDICATORIA

A mi esposa Bachi, mis hijos Estéfano, Daniela y Sofia Alejandra quienes con su paciencia y amor son el motivo para seguir superándome todos los días. A mis padres (†) quienes con su sabiduría supieron inculcar en mí y mis hermanos el respeto, el amor, la superación y muchos más valores a lo largo de su existencia; como no desear que estuvieran presentes para juntos disfrutar del momento, pero la vida es así y sé que donde se encuentren nos seguirán dando sus bendiciones día a día. A mi suegra, cuñados, hermanos, sobrinos y amigos que me han apoyado y me han motivado a superarme profesionalmente. A mis profesores a quienes debo parte de mis conocimientos, gracias a su presencia y enseñanza.

MARCELO

ÍNDICE GENERAL

APROBACION DEL TRIBUNAL.....	i
AUTORIA.....	ii
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	iii
AGRADECIMIENTO	iiiv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE GENERAL	vii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
AVAL DE TRADUCCIÓN	19
INTRODUCCIÓN.....	20
CAPÍTULO I.....	22
1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	22
1.1. Antecedentes.....	22
1.1.1. Antecedentes de la Institución	22
1.1.2. Planteamiento del Problema	22
1.1.3. Historia del Transformador Eléctrico	24
1.1.4. Componentes del Transformador Eléctrico.....	25
1.1.5. Aplicaciones del Transformador Eléctrico	25
1.1.6. Principios de Funcionamiento del Transformador Eléctrico	26
1.1.7. Flujos de un Transformador Eléctrico	28
1.1.8. Concepto de Transformadores Trifásicos.....	31
1.1.9. Conexiones de los Bobinados	34
1.1.10. Composición de un transformador trifásico.....	34

1.1.11.	Tipos de transformadores trifásicos	35
1.1.12.	Composición del Transformador Eléctrico	36
1.1.12.1.	Núcleo.....	36
1.1.12.2.	Bobinas	36
1.1.12.3.	Cambiador de tapas o derivaciones	36
1.1.12.4.	Relé de sobrepresión.....	36
1.1.12.5.	Tablero de control.....	37
1.1.13.	Principios de un Transformador Trifásico	37
1.1.14.	Valores Promedios de la Raíz Cuadrada.....	37
1.1.15.	Sistemas Trifásicos	38
1.1.15.1.	Transmisión Trifásica.....	38
1.1.15.2.	Eficiencia de un sistema trifásico	38
1.1.15.3.	La Invariancia de la Potencia Trifásica.....	41
1.1.16.	Ventajas.....	42
1.1.17.	Aplicaciones de Transformadores Trifásico.....	43
1.1.18.	Conexiones del Transformador.....	43
1.1.18.1.	Bobinados Conectados en Triángulo.....	44
1.1.18.2.	Bobinados conectados en estrella	45
1.1.19.	Cargas Estrella y Delta	46
1.1.19.1.	Bobinados Conectados en Estrella.....	46
1.1.19.2.	Bobinados Conectados en Triangulo.....	47
1.1.20.	Transformación Interconectada Estrella (Zigzag)	47
1.1.21.	Potencia en bobinados secundarios en estrella (Consideraciones de alimentación en transformadores trifásicos con conexión estrella).....	49
1.1.21.1.	Carga en estrella	49
1.1.21.2.	Carga en Triángulo	51
1.1.22.	Potencia en los bobinados secundarios en estrella (Consideraciones de alimentación en transformadores trifásicos con conexión estrella).....	53
1.1.22.1.	Carga en Triángulo	53
1.1.23.	Transformadores de seis fases	54
1.1.23.1.	Conexión estrella a doble estrella.....	54

1.1.23.2.	Conexión triangulo a doble estrella	55
1.1.24.	Sistemas de Cuatro Conductores.....	56
1.2.	Glosario de Términos.....	57
CAPÍTULO II.....		61
2.	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	61
2.1.	Descripción de la Institución Beneficiaria	61
2.1.1.	Misión.....	61
2.1.2.	Visión.....	61
2.1.3.	Análisis de la Institución	62
2.2.	Diseño Metodológico.....	62
2.2.1.	Tipo de Investigación	62
2.2.2.	Métodos de Investigación	63
2.2.2.1.	Método Científico o Experimental	63
2.2.2.2.	Método Descriptivo.....	63
2.2.2.3.	Analítico – Sintético.....	63
2.2.3.	Técnicas de Investigación	64
2.2.3.1.	Lectura científica	64
2.2.3.2.	Observación directa	64
2.2.3.3.	Encuesta	64
2.2.3.4.	Entrevista.....	64
2.3.	Instrumentos Utilizados en esta Investigación.....	65
2.3.1.	Unidad de Estudio	65
2.3.1.1.	Población o Universo.....	65
2.3.1.2.	Tamaño de la Muestra	65
2.3.2.	Criterio de Selección Muestral.....	66
2.4.	Método de estudio	66
2.5.	Técnicas e instrumentos	66
2.6.	Resultados y análisis de la encuesta aplicada a los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.	67
2.7.	Análisis de encuestas dirigidas a los docentes de la carrera.....	73
2.7.	Verificación de la hipótesis.....	82

2.7.1.	Manifiesto de la hipótesis	82
2.7.2.	Argumento.....	82
2.7.3.	Decisión	84
CAPÍTULO III		85
3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	85
3.2.	Objetivos	86
3.2.1.	Objetivo General.....	86
3.2.2.	Objetivos Específicos.....	86
3.3.	DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS	86
PORTADA		88
PRESENTACIÓN		89
INTRODUCCIÓN.....		90
CONCLUSIONES.....		146
RECOMENDACIONES		147
BIBLIOGRAFÍA		148
BIBLIOGRAFÍA CITADA		148
SITIOS WEB CONSULTADOS		149
ANEXOS.....		150
ANEXO 1.....		151
ANEXO 2.....		153

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.1: Componentes de un Transformador.....	23
Gráfico 1.2: Principio de Funcionamiento del Transformador.....	25
Gráfico 1.3: Flujos de un transformador eléctrico.....	26
Gráfico 1.4: Transformadores Trifásicos (núcleos separados).....	30
Gráfico 1.5: Transformador Trifásico (un solo núcleo).....	31
Gráfico 1.6: Transformador Trifásico (núcleo de cinco partes).....	31
Gráfico 1.7: Voltajes de tres fases.....	35
Gráfico 1.8: Sistema Trifásico.....	37
Gráfico 1.9: Conexiones del Transformador.....	41
Gráfico 1.10 Diagrama fasorial de la conexión en triángulo.....	42
Gráfico 1.11: Diagrama fasorial conexión en estrella.....	43
Gráfico 1.12: Flujo de corriente en devanados estrella y delta.....	44
Gráfico 1.13: Fasores en triángulo.....	45
Gráfico 1.14: Diagrama de tensiones.....	46
Gráfico 1.15: Lado secundario de transformador estrella-estrella.....	47
Gráfico 1.16: Condiciones de Funcionamiento Estrella-Estrella.....	48
Gráfico 1.17: Tensiones en conexión en triángulo.....	49
Gráfico 1.18: Corriente en fase.....	50
Gráfico 1.19: Conexión estrella- delta.....	51
Gráfico 1.20: Diagrama Fasorial.....	52

Gráfico 1.21: Doble estrella.....	53
Gráfico 1.22: Conexión Doble delta.....	53
Gráfico 1.23: Sistema de Cuatro hilos.....	54
Gráfico 2.1: Resultado Pregunta 1.....	65
Gráfico 2.2: Resultado Pregunta 2.....	66
Gráfico 2.3: Resultado Pregunta 3.....	67
Gráfico 2.4: Resultado Pregunta 4.....	68
Gráfico 2.5: Resultado Pregunta 5.....	69
Gráfico 2.6: Resultado Pregunta 6.....	70
Gráfico 2.7: Resultado Pregunta 1.....	71
Gráfico 2.8: Resultado Pregunta 2.....	72
Gráfico 2.9: Resultado Pregunta 3.....	73
Gráfico 2.9: Resultado Pregunta 4.....	74
Gráfico 2.9: Resultado Pregunta 5.....	75
Gráfico 2.9: Resultado Pregunta 6.....	76
Gráfico 2.9: Resultado Pregunta 7.....	77
Gráfico 2.9: Resultado Pregunta 8.....	78
Gráfico 2.9: Resultado Pregunta 9.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3: Conexiones.....	89
Figura 3.1: Diagrama fasorial de la conexión en triángulo.....	90
Figura 3.1: Diagrama fasorial de la conexión en estrella.....	91
Figura 3.1.1.1. Conexiones.....	92
Figura 3.1.1.2 Voltaje en línea.....	93
Figura 3.1.1.3 (a): Practica 3.1 Diagrama del Circuito.....	94
Figura 3.1.1.3. (b): Diagrama de cableado (Instrumentación Virtual).....	95
Figura 3.1.1.3. (c): Diagrama de cableado (Instrumentación convencional).....	96
Figura 3.1.2.1 Conexiones Circuito Simplificado.....	98
Figura 3.1.2.2. (a): Practica 3.1.2. Diagrama del Circuito.....	99
Figura 3.1.2.2. (b): Práctica 3.1.2. Diagrama de cableado..... (Instrumentación Virtual)	100
Figura 3.1.2.2. (c): Practico 3.1.2 Diagrama de cableado..... (Instrumentación Convencional)	102
Figura 3.1.2.3. Voltaje de Línea.....	103
Figura 3.1.3.1. Circuito Simplificado.....	104
Figura 3.1.3.2. (a): Practica 3.1.3. Diagrama del Circuito.....	105
Figura 3.1.3.2. (b): Practica 3.1.3. Diagrama de cableado..... (Instrumentación Virtual)	107
Figura 3.1.3.2. (c): Practica 3.1.3. Diagrama de cableado..... (Convencional Instrumentación)	109
Figura 3.1.3.4. Voltajes en Línea.....	112
Figura 3.1.4.1. Circuito Simplificado.....	114
Figura 3.1.4.2. (a): Practica 3.1.4. Diagrama del Circuito.....	116
Figura 3.1.4.2. (b): Práctica 3.1.4. Diagrama de cableado..... (Instrumentación Virtual)	117
Figura 3.1.4.2. (c): Práctica 3.1.4. Diagrama de cableado..... (Convencional Instrumentación)	118

Figura 3.1.3.5. Voltajes en Línea.....	119
Figura 3.3.1.1: Diagrama del circuito Simplificado.....	122
Figura 3.3.1.2. Práctica 3.3.1. Diagrama del circuito.....	123
Figura 3.3.1.3: Fase de Estrella Interconectados.....	124
Figura 3.3.2.1: Circuito Simplificado.....	125
Figura 3.3.2.2. Práctica 3.3.2. Diagrama de Circuito.....	128
Figura 3.6.1.1: Diagrama del Circuito Simplificado.....	116
Figura 3.6.1.2. Transformación estrella a doble estrella.....	117
Figura 3.6.1.3. Práctica 3.6.1. Diagrama del Circuito.....	118
Figura 3.6.2.1: Diagrama del Circuito Simplificado.....	122
Figura 3.6.2.2. Práctica 3.6.2. Diagrama del Circuito.....	123
Figura 3.6.2.3. Transformación triangulo a doble estrella.....	124

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Sujetos de la investigación.....	46
Tabla 2.2: Resultados Pregunta 1.....	48
Tabla 2.3 Resultados Pregunta 2.....	49
Tabla 2.4: Resultados Pregunta 3.....	50
Tabla 2.5: Resultados Pregunta 4.....	51
Tabla 2.6: Resultados Pregunta 5.....	52
Tabla 2.7: Resultados Pregunta 6.....	53
Tabla 2.8: Resultados Pregunta 1.....	54
Tabla 2.9: Resultados Pregunta 2.....	55
Tabla 2.10: Resultados Pregunta 3.....	56
Tabla 2.11: Resultados Pregunta 4.....	57
Tabla 2.12: Resultados Pregunta 5.....	58
Tabla 2.13: Resultados Pregunta 6.....	59
Tabla 2.14: Resultados Pregunta 7.....	60
Tabla 2.15: Resultados Pregunta 8.....	61
Tabla 2.16: Resultados Pregunta 9.....	62
Tabla 2.17: Encuesta de los alumnos.....	64
Tabla 2.18: Encuesta de los profesores.....	64
Tabla 3.1.1. Práctica 3.1.1. Tabla de resultados (Versión del producto 230v).....	76
Tabla 3.1.2.1. Práctica 3.1.2. Tabla de resultados (Versión del producto 230v).....	84
Tabla 3.1.3.1. Práctica 3.1.3. Tabla de resultados (Versión del producto 230v).....	91
Tabla 3.1.4.1. Práctica 3.1.4. - Mesas resultados (230 V Versión del producto).....	98

Tabla 3.3.1.1. Prácticas 3.3.1. Tablas de Resultados (Versión del producto 230v).....	106
Tabla 3.3.2.1. Tabla de Resultados (Versión del producto 230 v).....	110

RESUMEN

La educación a nivel mundial requiere de asignaturas prácticas que vayan de la mano de cátedras teóricas. Sin duda, esta necesidad se debe incrementar en regiones en vías de desarrollo como América del Sur, América Central y el Caribe. La Universidad Técnica de Cotopaxi ha cubierto dichas necesidades. Ésta ha crecido y se ha diversificado mediante la implementación de un nuevo campus compuesto de aulas y espacios verdes distribuidos en una estructura moderna. Esta renovación incrementó la demanda de estudiantes. Sin embargo los cambios tecnológicos y el crecimiento de la demanda estudiantil han generado la necesidad de modificar e innovar el laboratorio de máquinas eléctricas.

Por tal motivo, el presente estudio busca implementar el módulo de Transformadores Trifásicos para el mejoramiento de la enseñanza por parte del docente a través de guías didácticas para las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica. Esta necesidad se valida mediante un estudio de campo hecho con los estudiantes de la carrera de la Universidad Técnica de Cotopaxi a través de encuestas que sugieren la necesidad real de la implementación del módulo y la realización de guías prácticas.

En este punto y a lo largo de todo el documento, se detallan todas las prácticas que se pueden realizar con el Módulo Implementado, además de enunciar los aspectos teóricos y prácticos más relevantes que beneficiarán tanto a estudiantes como a profesores

Descriptores: TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS, GUÍAS PRÁCTICAS, ENSEÑANZA, CIRCUITO ELÉCTRICO, TRANSFORMACIÓN

ABSTRACT

The education around the world requires practical subjects include the theoretical subjects but, this necessity could be increased in developing regions such as South and Central America and the Caribbean. The Technical University of Cotopaxi has covered those needs. This institution has grown and it has diversified through the implementation of a new campus with classrooms and green spaces distributed in a modern structure. This renovation increased the students' demand. But the technological change and the growth in students' demand have generated the necessity to change and to innovate the electrical machines laboratory.

Therefore, this study seeks to implement the one phase transformers module in order to improve the teaching in teachers through didactic guides by the Electrical and Electromechanical Engineering. This career necessity is validated using a field survey done with students of the Technical University of Cotopaxi through surveys that suggest a real need for the module implementation and the realization of practical guides.

In this work. We can detail all practices that can be performed with the implemented module. In addition, it enunciates the most relevant theoretical and practical aspects that will benefit both students and teachers.

Descriptors: THREE PHASE TRANSFORMERS, PRACTICAL GUIDES, ELECTRIC CIRCUIT, TRANSFORMATION



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS
Latacunga – Ecuador

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: ÍTALO VICENTE CRUZ VEINTIMILLA y MANUEL MARCELO SANTACRUZ TAPIA, cuyo título versa **“MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA UTILIZACIÓN DEL MÓDULO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS Y SU IMPLEMENTACIÓN EN EL LABORATORIO DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS MEDIANTE LA ELABORACIÓN DE LAS GUÍAS PRÁCTICAS DE ESTE MÓDULO EN EL PERÍODO 2014”**, lo realizó bajo mi supervisión y se encuentra correctamente traducido bajo la estructura del idioma inglés.

Los interesados pueden hacer uso de este certificado como mejor convenga a sus intereses.

Latacunga, Noviembre del 2014

Atentamente.

Licda. M.Sc. Lorena Gonzales Ortiz
DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS
C.I. 1002377271



INTRODUCCIÓN

En la actualidad la tecnología ha crecido notablemente, por ende las industrias también se tecnifican creando la necesidad de contratar personal capacitado de cumplir las funciones que se las encomiende en la parte técnica lo cual obliga a los nuevos profesionales a prepararse cada vez mejor en cada una de las especialidades.

La educación a nivel mundial requiere de asignaturas prácticas que vayan de la mano de cátedras teóricas. Sin duda, este problema se incrementa regiones en vías de desarrollo como es América del Sur, América Central y el Caribe. Según el Mapa de la Educación Superior en América Latina y el Caribe (MESALC) hasta el 2012 solo un 28% de todas las asignaturas universitarias son de carácter práctico (UNESCO, 2014). Además, la falta de inversión en educación superior ha ido aumentando el déficit de materias o cursos prácticos en donde los estudiantes de pregrado pongan en marcha lo aprendido en las aulas de clase. Esta inversión según la UNESCO (2013) no supera el 13% de presupuesto de las instituciones educativas superiores de carácter público. Muchos países de Latinoamérica (por lo menos países con gobiernos de izquierda) han visto este déficit y han puesto manos a la obra por cubrir esta “brecha” educacional. Sin embargo, un factor decisivo es el material práctico o maquinaria requerida.

Para el Ecuador, el panorama no es muy distinto. Hasta el año 2005 las materias prácticas ocupaban apenas un 20% del total de la malla curricular (Hurtado, 2005). Sin embargo, a partir del gobierno de Rafael Correa (2007) esto ha cambiado. Según la Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT 2014) las materias prácticas dictadas en las universidades han crecido en un 120%, alcanzando un 44% del total de las mallas curriculares a nivel nacional.

La Universidad Técnicas de Cotopaxi no es la excepción, esta ha crecido y se ha diversificado mediante la implementación de un nuevo campus compuesto de aulas, espacios verdes distribuidos en una gran estructura. Además, la demanda de estudiantes para acceder a este centro de educación superior ha ido creciendo de manera exponencial hasta el punto de ampliar tanto horarios como su planta

docente. Este llamado de los estudiantes, del profesorado y de las autoridades ha desembocado en el desarrollo de laboratorios técnicos especializados que sean capaces de cubrir las deficiencias y despejar las inquietudes acerca del funcionamiento y comportamiento de los diferentes sistemas eléctricos de forma práctica. La implementación de un laboratorio de pruebas de rutina de transformadores se hace indispensable para fortalecer el conocimiento adquirido teóricamente especialmente en carreras técnicas como es el caso de Ing. Eléctrica, lo cual se torna un problema ante la existencia insuficiente de equipos. Éstos, sirven básicamente para realizar pruebas de rutina a transformadores, motores, disyuntores, etc. Este problema se ha dado por la alta demanda que tiene esta carrera en la Universidad Técnica de Cotopaxi; la gran cantidad de estudiantes que optan por una carrera profesional como la ingeniería Eléctrica en este instituto de educación superior ha crecido exponencialmente al punto de necesitar más profesores y aún más espacio para aulas y laboratorios.

Hoy en día, estas máquinas eléctricas estáticas ocupan un papel principal en las actividades económicas a nivel industrial en todo el mundo. Estas máquinas se han vuelto parte fundamental en las actividades que desarrollan las industrias. Por esta razón, el factor tecnológico ha influenciado en el alto crecimiento de la producción de bienes y servicios para la sociedad.

Esta investigación se halla distribuida de la siguiente manera: En el Capítulo I se da a conocer las bases teóricas de los transformadores y del módulo de transformadores trifásicos.

En el Capítulo II se realiza un diagnóstico dentro de la institución a estudiantes y profesores de la universidad, con lo cual se determinara la factibilidad tema propuesto a través de la interpretación de la información recopilada por medio de las encuestas.

En el Capítulo III se realiza el manual de las prácticas. Finalmente se adjunta un apartado de conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. Antecedentes

1.1.1. Antecedentes de la Institución

La Universidad Técnica de Cotopaxi orienta sus esfuerzos hacia la búsqueda de mayores niveles de calidad, pertinencia y cooperación nacional e internacional, tratando de lograr niveles adecuados de eficiencia, eficacia y efectividad en su gestión, se distingue de otras instituciones de Educación Superior de la Provincia al ser una universidad alternativa vinculada fuertemente al pueblo en todas sus actividades.

1.1.2. Planteamiento del Problema

Debido al crecimiento que está experimentando, la Universidad Técnica de Cotopaxi, la cual se ha convertido en pilar fundamental para la educación superior en el centro del país; la alta demanda de estudiantes, y los cambios tecnológicos; han generado la necesidad de modificar e innovar el laboratorio de máquinas eléctricas.

La institución educativa cuenta con el espacio físico que incluyen laboratorios en cada una de las especialidades, sin embargo dentro del laboratorio de máquinas eléctricas, es necesario incrementar un nuevo módulo de máquina estática (transformador trifásico) debido al cambio e innovación de tecnología dentro de las industrias. Esto a simple vista puede ser identificado como un problema con repercusión para los estudiantes, sin embargo el inconveniente va más allá. Los profesores también experimentan una divergencia al no poder transmitir sus

conocimientos capturados a través de su vasta experiencia. Quizá los libros, las tareas y las lecciones no han sido suficientes; ahora es necesario el proceso de práctica exigente en estos tiempos para el cumplimiento catedrático.

Ante el crecimiento de estudiantes y la innovación tecnológica a nivel industrial, se ve la necesidad de incrementar un nuevo módulo de máquina eléctrica estática (transformador trifásico) que mejore el desempeño y conocimiento en materia práctica, los mismos que favorecerán a los estudiantes y a la Universidad. Los estudiantes que reciben la cátedra de máquinas eléctricas, deben combinar lo aprendido en las aulas con el desarrollo práctico. El manejo del módulo de transformadores trifásicos a incrementarse, ayudará a despejar dudas acerca del fundamento teórico, su funcionamiento y control.

Los objetivos alcanzados fueron:

Objetivo General

- Implementar el módulo de transformadores trifásicos para el mejoramiento de la enseñanza por parte del docente a través de guías didácticas para las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica.

Objetivos Específicos

- Determinar la base teórica y conceptual que permitirá el manejo científico, tecnológico e investigativo del módulo de transformadores trifásicos en la práctica.
- Identificar la factibilidad y la oportunidad de implementar el módulo de transformadores trifásicos mediante el análisis estadístico en alumnos, profesores y autoridades de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi
- Implementar un manual de guías didácticas y técnicas para la operación que servirá para manejar adecuadamente el módulo de transformadores trifásicos permitiendo de esta manera el desarrollo de conocimientos

prácticos en los estudiantes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica.

1.1.3. Historia del Transformador Eléctrico

Según Chapman (2000) dice, que el primer transformador eléctrico fue construido efecto por Michael Faraday en 1831 cuando se disponía a llevar a cabo los experimentos en la que posteriormente descubriría la inducción electromagnética. Los elementos que utilizó fueron dos bobinas enrolladas una sobre la otra. Al variar la corriente que pasaba por una de ellas, cerrando o abriendo el interruptor, el flujo magnético, a través de la segunda bobina variaba y se inducía como corriente eléctrica, aunque no había ninguna conexión eléctrica entre ellos.

Consideramos al transformador eléctrico como uno de los grandes descubrimientos contemporáneos ya que desde su descubrimiento hasta la actualidad no ha sido remplazado por ninguna otra máquina eléctrica que nos permita aumentar o disminuir el voltaje.

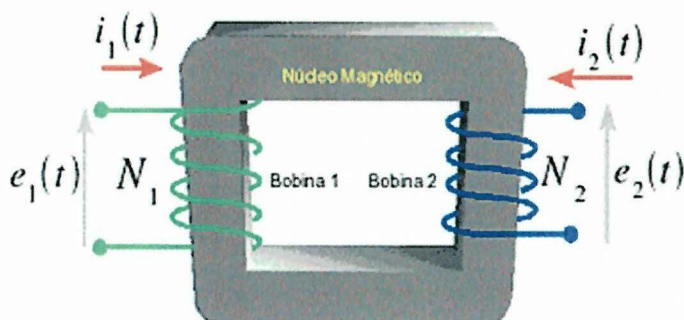
No fue sino hasta la década de 1880 que los transformadores se utilizan para la distribución de energía eléctrica. Ellos se encuentran ahora entre los más utilizados de todos los tipos de máquinas eléctricas. Los transformadores trifásicos de potencia, que generan potencias eléctricas a voltajes de 12 a 25Kv. Los transformadores elevan el voltaje hasta niveles comprendidos entre 110 Kv y cerca de los 1000 Kv para transmisión a grandes distancias con pocas pérdidas y, nuevamente, los transformadores bajan el voltaje a entre 12Kv a 34.5 Kv para distribución local, y para permitir que la potencia eléctrica sea utilizada con seguridad en sus hogares, oficinas y fábricas a voltajes tan bajos como 120V y transformadores de corriente y voltaje los cuales sirven para monitorear corrientes y voltajes altos a pequeñas escalas. Hasta los pequeños transformadores monofásicos utilizados en diferentes artefactos eléctricos en sus hogares, también existen transformadores de frecuencia de audio, los cuales varían su tamaño y su peso.

1.1.4. Componentes del Transformador Eléctrico

Según Chapman (2000) dice, que el transformador está basado en los fenómenos de la inducción electromagnética. Consta de un núcleo de chapas magnéticas, al que rodean dos devanados, denominados primarios y secundarios.

Al conectar el devanado primario a una red de Corriente Alterna se establece un flujo alterno en el circuito magnético que, a su vez, inducirá una fuerza electromotriz en los devanados secundarios.

Gráfico 1.1: COMPONENTES DE UN TRANSFORMADOR



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos90/perdidas-potencia/perdidas-potencia.shtml>

El primero recibe la potencia de la red, por lo tanto se le debe considerar como un receptor o consumidor. Por el contrario, el secundario se une al circuito de utilización, pudiéndose considerar, por lo tanto, como un generador.

En resumen el transformador es un aparato estático de inducción electromagnética destinado a transformar un sistema de corrientes variables en otro o varios sistemas de corriente, cuyas tensiones o intensidades son generalmente diferentes, aunque de la misma frecuencia.

1.1.5. Aplicaciones del Transformador Eléctrico

Usos Industriales

- Amplitud y frecuencias de entradas fijas.

- No hay ganancia en potencia (sino pérdidas, por Ej. Corrientes parasitas).
Lo que puede es haber ganancia de voltaje.
- Uso para grandes potencias.

Teniendo su principal aplicación como variador de voltaje, es en las líneas de transporte de energía eléctrica donde su aplicación es fundamental, debido a su doble vertiente tanto como elevador como reductor.

Elemento del Circuito

- Sistema para acoplo magnético (Por. Ej. Circuitos magnéticos)
- En sistemas electrónicos

Debido a la propiedad del transformador de reflejar impedancias se utiliza como:

- Adaptador de impedancias
- Separador (Aislador de cargas de fuente)

Elementos de medida

A la vez se necesitan como elementos de adaptador para la instrumentación.

1.1.6. Principios de Funcionamiento del Transformador Eléctrico

Según Chapman (2000) manifiesta, que un circuito magnético está formado por chapas magnéticas y rodeadas por dos bobinas B1 y B2. Conectamos la bobina B1 a los terminales de un generador de corriente alterna. Esta bobina, que llamaremos también bobina primaria o del primario, actúa como una inductancia y al ser atravesado por una corriente variable, produce un flujo.

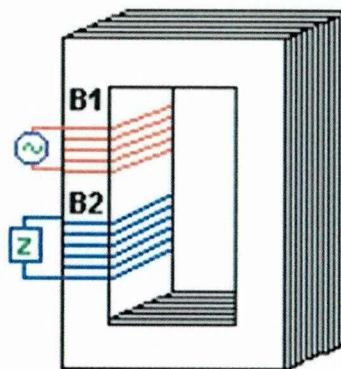
Consideramos que el principio de funcionamiento de un transformador eléctrico es por medio de dos bobinas enrolladas sobre un núcleo de hierro y sin ninguna conexión entre ellas más que por de inducción electromagnética permite elevar y

reducir el voltaje el mismo que depende del número de espiras primarias y secundarias para ser un transformador reductor o elevador.

Este flujo variable, abrazado por la bobina B2, llamada bobina secundaria, determina en esta la producción se una f.e.m (Fuerza electromotriz) inducida en la misma frecuencia.

Si se conecta un receptor Z a los terminales de B2 la corriente alterna recorre el circuito que llamaremos secundario.

Gráfico 1.2: PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR



Fuente: <http://www2.uca.es/grup-invest/ntgc/crealabcp/temas/transformador.PDF>

En consecuencia:

Por imanación mutua una potencia eléctrica alterna pasa de un circuito llamado primario a otro llamado secundario.

Así pues, un transformador puede ser considerado como el grupo de dos arrollamientos, eléctricamente independientes y acoplados entre sí por medio de un circuito magnético.

Como se pretende que sea máximo el flujo que proporcionado por un arrollamiento atravesase a los demás, el circuito magnético suele ser de baja reluctancia **R**.

$$\varphi = \frac{f.m.m}{R} = \frac{N \cdot i}{\frac{l}{\mu_0 \cdot \mu_s}}$$

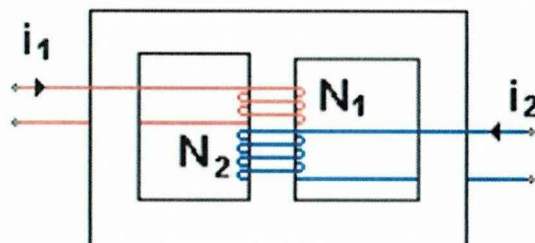
Se entiende por reluctancia resistencia que opone un material al paso de flujo magnético por él. Por analogía se puede considerar la anterior fórmula como la ley de ohm aplicada a circuitos magnéticos.

1.1.7. Flujos de un Transformador Eléctrico

Consideremos un transformador del tipo más sencillo, constituido por dos arrollamientos devanados sobre un núcleo de hierro.

Supongamos que el arrollamiento primario consta de N_1 espiras y el secundario de N_2

Gráfico 1.3 FLUJOS DE UN TRANSFORMADOR ELECTRICO



Fuente: <http://www2.uca.es/grup-invest/ntgc/crealabcp/temas/transformador.PDF>

Consideremos el siguiente criterio:

- El sentido del flujo es arbitrario
- Las corrientes que creen flujos positivos serán positivas
- Las tensiones que tiendan a hacer circular corrientes positivas serán positivas
- i_1, i_2 : Corrientes que circulan por los devanados primario y secundario
- ϕ_{11}, ϕ_{22} : Flujos producidos por las corrientes i_1, i_2

- ϕ_{12}, ϕ_{21} : Flujos que atraviesan las espiras correspondiente al primer subíndice precedente de la espira correspondiente al segundo
- ϕ_{d1}, ϕ_{d2} : Flujos de dispersión debido a las corrientes i_1, i_2
- ϕ_1, ϕ_2 : Flujos totales que atraviesan primarios y secundarios

Entonces:

$$\phi_1 = \phi_{11} + \phi_{12}$$

$$\phi_{11} = \phi_{d1} + \phi_{21}$$

$$\phi_2 = \phi_{d2} + \phi_{21}$$

$$\phi_{22} = \phi_{d2} + \phi_{12}$$

$$\phi_M = \phi_{d21} + \phi_{21}$$

1.1.6. Coeficiente de Acoplamiento

La relación de flujo útil ϕ_{21} que atraviesa al secundario al flujo total producido por el primario recibe el nombre de coeficiente de acoplamiento del primario al secundario y se representa por K_1 .

$$K_1 = \frac{\phi_{21}}{\phi_{11}}$$

Análogamente se define el coeficiente de acoplamiento del primario al secundario:

$$K_2 = \frac{\phi_{12}}{\phi_{22}}$$

Como se aprecia en el gráfico, existen muchos tipos de transformadores, entre los cuales el transformador trifásico tiene una importancia indudable (Cadena, 1998). Este tipo de transformador se ocupa tanto en generación para elevar el insuficiente voltaje, así como también en transmisión por líneas de distribución en donde se transporta la energía eléctrica a voltajes menores hacia casas, comercio e industria (Cadena, 1998). Todos los transformadores, desde la generadora eléctrica hasta la entrada de nuestros hogares o industrias son transformadores trifásicos (Cadena,

1998). Los sistemas eléctricos de corriente alterna, casi siempre son sistemas trifásicos, tanto para la producción como para el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Es por lo cual, el estudio de los transformadores trifásicos es de mucha importancia, en el mundo de las maquinas eléctricas (Kosow, 1993).

Para obtener una fuente de voltaje trifásica, se necesita un banco de tres transformadores monofásicos idénticos, o sino un único transformador polifásico que tenga los seis devanados en un núcleo común de hierro (Cadena, 1998). La conexión de los tres transformadores monofásicos se los hace tomando en cuenta la polaridad instantánea, además debe tener los mismos valores nominales de potencia y de voltaje alta y baja.

De acuerdo con la teoría clásica de los circuitos trifásicos (Cadena, 1998), la atención en fase VP es:

$$V_p = VL/\sqrt{3}$$

Así los voltajes de fase no sólo son menores sino que están desplazadas en 30° respecto a los voltajes de línea. Obsérvese sin embargo que los voltajes de fase aplicada sobre los tres transformadores, a pesar del desfasaje de 30°, continúan desplazadas 120° entre sí de acuerdo con la teoría trifásica. En consecuencia, la suma de historial de los voltajes de dos fases, es el voltaje de línea (Cadena, 1998).

Los autotransformadores regulables son extremadamente útiles en el laboratorio o en situaciones experimentales en las que se requiere una amplia gama de ajuste de voltajes con poca pérdida de potencia (Cadena, 1998). Cualquier transformador como se puede conectarse como un auto transformador, al realizar esto se tiene un aumento de la capacidad en KVA. El aumento de la capacidad varía con la conexión, según sea sustractiva o aditiva, y la relación de transformación producida (Nasar, 1982).

El incremento de potencia se debe a que una parte de la energía se transfiere del primario secundario por inducción y la otra por conducción. En un auto transformador elevador la potencia transformada inductivamente está dada por $V_s * I_2$ y la dada por conducción está dada por $V_1 * I_2$. En un auto transformador

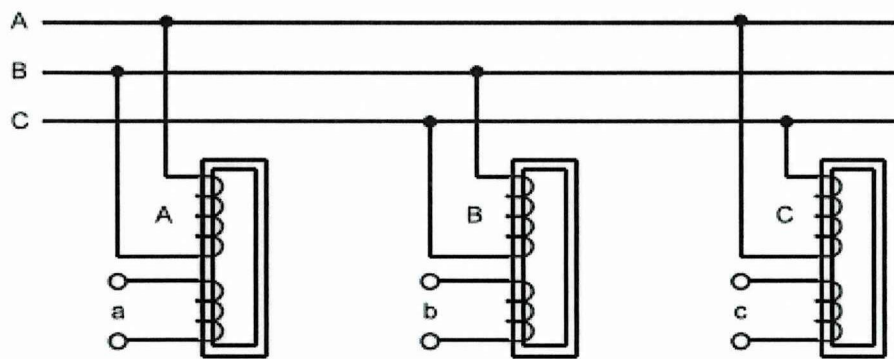
reductor la potencia transferida inductivamente está dada por $V_P * I_1$ y la transferida por conducción está dada por $V_2 * I_1$. Como resultado de la transformación, los voltajes inducidos en las bobinas de bajo voltaje, guardan la misma relación entre sí al igual los voltajes de fase aplicadas en el primario. La importancia de realizar conexiones con la debida consideración de la polaridad instantáneas no puede dejarse de lado tanto lo que afecta al apuesten paralelo de los secundarios como en lo referente a la obtención de los voltajes de línea de valor y fase adecuadas (Pérez, 2008).

1.1.8. Concepto de Transformadores Trifásicos

Un transformador trifásico es una máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir el voltaje en un circuito eléctrico trifásico, manteniendo una relación entre sus fases la cual depende del tipo de conexión de este circuito (Kosow, 1993). Los transformadores trifásicos se utilizan para el suministro o el transporte de energía a grandes distancias de sistemas de potencias eléctricas. Lo que se conoce como la distribución eléctrica, a grandes distancias (Kosow, 1993). Un transformador trifásico es idéntico a tres transformadores monofásicos como esta en el Gráfico 1.4. Los arrollamientos primarios de los transformadores están conectados a un suministro de tres fases, cada devanado está conectado a través de un par de líneas.

Consideramos a los Transformadores Trifásicos como una de las maquinas eléctricas estáticas de gran importancia ya que nos permiten aumentar el voltaje para poder trasladar a grandes distancias la energía eléctrica y el mismo puede disminuir el voltaje para ser utilizado en fábricas, en las industrias y en nuestro hogares el mismo que es el más utilizado por costo ya que es como tener tres transformadores monofásico en un solo transformador.

GRÁFICO1.4: TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS (NÚCLEOS SEPARADOS)

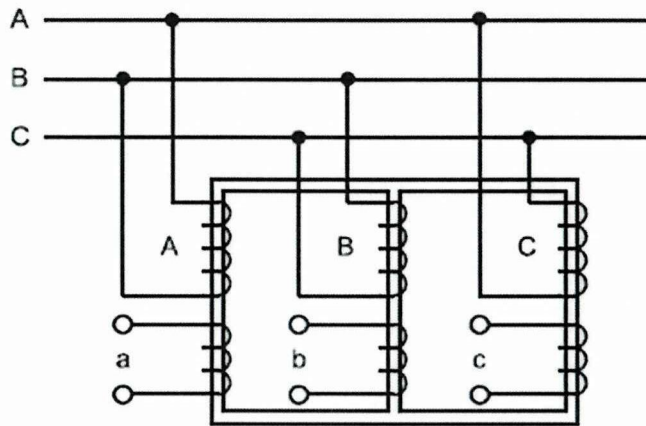


Fuente: Kosow, Irving L. (1993). Máquinas eléctricas y transformadores. México

Los flujos que se producen en las unidades individuales ϕ_1 , ϕ_2 y ϕ_3 serán iguales en magnitud pero serán fases desplazadas por 120° el uno del otro. Por tanto, los voltajes secundarios serán similares. Los tres transformadores están hablando de como un banco trifásico.

Dado que en cualquier instante el flujo total $\phi_1 + \phi_2 + \phi_3 = 0$ si los tres transformadores se colocan al lado del otro con una parte superior e inferior del yugo común yugo (ver Gráfico1.5), no hay necesidad de una vía de retorno para el flujo. Este tipo de transformador se utiliza ampliamente para aplicaciones del sistema de potencia.

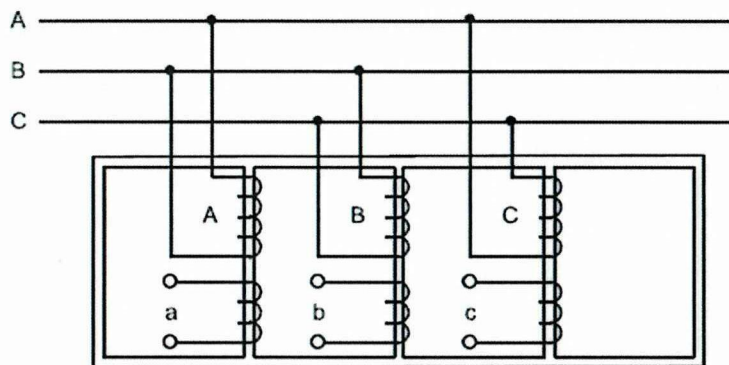
GRÁFICO1.5: TRANSFORMADOR TRIFÁSICO (UN SOLO NÚCLEO)



Fuente: Kosow, Irving L. (1993). Máquinas eléctricas y transformadores. México

Algunos grandes transformadores trifásicos tienen cinco núcleos de las extremidades (ver Gráfico 1.6) los bobinados están confinado en el centro de tres miembros .Este dispositivo se adopta para reducir la altura de la horquilla y por lo tanto, la altura total del transformador.

GRÁFICO 1.6: TRANSFORMADOR TRIFÁSICO (NÚCLEO DE CINCO PARTES)



Fuente: Kosow, Irving L. (1993). Máquinas eléctricas y transformadores. México

1.1.9. Conexiones de los Bobinados

El método de marcado y la identificación de los terminales de un transformador trifásico son de la siguiente manera; Las líneas de suministro entre las conexiones están generalmente como indican L_1 , L_2 , y L_3 . Las letras estándar para las fases es las letras mayúsculas A, B, C denotan los bobinados primarios (alta tensión) y las letras minúsculas a, b, c (baja tensión) de los bobinados secundarios. En general, los dos extremos de un devanado se dará sufijos y marcados, por ejemplo, A_1 y A_2 .

1.1.10. Composición de un transformador trifásico

Un transformador trifásico consta de tres fases desplazadas en 120 grados, en sistemas equilibrados tienen igual magnitud. Una fase consiste en un polo positivo y negativo por el que circula una corriente alterna. No es necesario decir que un transformador no funciona con corriente continua, puesto que para que exista un voltaje V debe haber una variación del flujo. $V = N d\Phi/dt$ donde N es el número de espiras del lado de alta o baja tensión del transformador. El término $d\Phi/dt$ es una derivada del flujo, o en términos simples la variación del flujo magnético. Faraday demostró en el siglo XVIII que si se acerca un imán a una bobina moviendo el imán o la bobina se induce una corriente y produce un voltaje los cuales pueden hacer trabajo como encender una bombilla. A modo de curiosidad, en Internet existen varios dispositivos, denominados *free energy*, algunos de los cuales son falsos. Uno de ellos usa un imán permanente de neodimio fijo o estático sujeto a una bobina también fija, supuestamente al conectar una pequeña ampolleta esta daría luz. Esto es claramente un engaño pues no es posible generar corriente con un flujo magnético constante, de hecho el voltaje es 0 en esta situación. El autor sin embargo ocupa otra bobina debajo de la mesa oculta a la cámara, creando un transformador sencillo monofásico (formado por dos bobinas, una oculta y otra visible) en el cual en la primera bobina oculta induce una corriente sinusoidal la cual genera un flujo variable que induce una corriente y enciende la bombilla (Nasar, 1982).

1.1.11. Tipos de transformadores trifásicos

Hay una variedad de diferentes diseños y construcciones de tres transformadores de fase utilizados para distribuciones convencionales y para fines especiales.

Los transformadores se utilizan para satisfacer un amplio campo de necesidades (Pérez, 2008). Los transformadores de distribución, montados sobre los postes, proporcionan a los consumidores domésticos, cantidades de potencia relativamente pequeñas (Cadena, 1998). Los transformadores de potencia se utilizan en las plantas generadoras para elevar el valor de tensión generada a más altos niveles para el transporte (Cadena, 1998). La tensión de transporte se reduce mediante transformadores en las subestaciones de distribución local (Cadena, 1998). En estos transformadores de potencia se produce fuertes calentamientos debido al efecto Joule en las bobinas y por la histéresis, también debido a las corrientes de Foucault del núcleo. Es por lo cual se requiere de refrigeración que puede ser, por enfriamiento natural o forzado, o también por sistemas de circulación de agua o aceite.

En la práctica se utiliza el aceite debido a su durabilidad y capacidad para disipar del calor (Pérez, 2008). También existen transformadores de medida: de tensión, para medir voltajes, y de intensidad para medir corrientes, pero estos son en gran parte transformadores monofásicos (Pérez, 2008). Los transformadores de corriente polifásicos requieren tantos pares de arrollamientos o carretes elementales como fases. Cabe mencionar que también existen otros tipos de transformadores: de audio y video, que funcionan a una amplia gama de frecuencias, también existen transformadores de radiofrecuencias que transfieren energía en estrechas bandas de frecuencias de un circuito a otro. Estos últimos, se los menciona por conocimiento general, pero el estudio de estos no está dentro del alcance de este ensayo (Ponce, 2008; Sanz, 2002; Thaler, 1969).

1.1.12. Composición del Transformador Eléctrico

1.1.12.1. Núcleo

Está formado por varias chapas u hojas de metal (generalmente material ferromagnético) que están apiladas una junto a la otra, sin soldar, similar a las hojas de un libro. La función del núcleo es mantener el flujo magnético confinado dentro de él y evitar que este fluya por el aire favoreciendo las pérdidas en el núcleo y reduciendo la eficiencia. La configuración por láminas del núcleo laminado se realiza para evitar las corrientes de Foucault, que son corrientes que circulan entre láminas, indeseadas pues favorecen las pérdidas (Nasar, 1982).

1.1.12.2. Bobinas

Son simplemente alambre generalmente de cobre enrollado en las piernas del núcleo. Según el número de espiras (vueltas) alrededor de una pierna inducirá un voltaje mayor. Se juega entonces con el número de vueltas en el primario versus las del secundario. En un transformador trifásico el número de vueltas del primario y secundario debería ser igual para todas las fases (Nasar, 1982).

1.1.12.3. Cambiador de tapas o derivaciones

Es un dispositivo generalmente mecánico que puede ser girado manualmente para cambiar la razón de transformación en un transformador, típicamente, son 5 pasos uno de ellos es neutral, los otros alteran la razón en más o menos el 5%. Por ejemplo esto ayuda a subir el voltaje en el secundario para mejorar un voltaje muy bajo en alguna barra del sistema (Nasar, 1982).

1.1.12.4. Relé de sobrepresión

Es un dispositivo mecánico nivela aumento de presión del transformador que puede hacerlo explotar. Sin embargo existen varios equipos que explotan a pesar de tener este dispositivo. Existen el relé de presión súbita para presiones transitorias y el relé de sobrepresión para presiones más permanentes (Nasar, 1982).

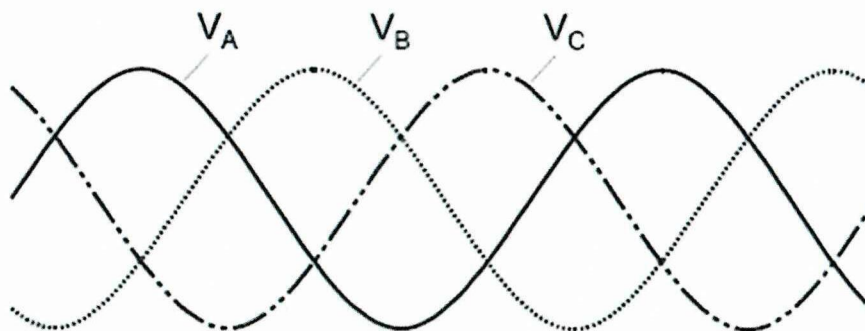
1.1.12.5. Tablero de control

Contiene las conexiones eléctricas para el control, relés de protección eléctrica, señales de control de válvulas de sobrepresión hacia dispositivos de protección (Nasar, 1982).

1.1.13. Principios de un Transformador Trifásico

La transmisión y distribución trifásica de energía eléctrica se emplea casi universalmente, ya que ahorra costos de conductor y es más eficiente en comparación con otros sistemas de corriente alterna. Como su nombre indica, es un sistema que utiliza simultáneamente tensiones alternas (sinusoidales) que tienen diferentes fases. Lo ideal sería que estos voltajes alternos son idénticas en magnitud pero están igualmente desplazadas una de otra en fase en 120° . El Gráfico 1.7 muestra los tres voltajes gráficamente.

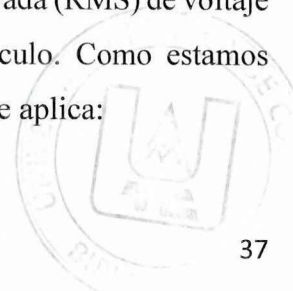
GRÁFICO 1.7: VOLTAJES DE TRES FASES



Fuente: (Nasar, 1982)

1.1.14. Valores Promedios de la Raíz Cuadrada

En la ingeniería eléctrica, los valores promedio de la raíz cuadrada (RMS) de voltaje o corriente casi exclusivamente para la medición y el cálculo. Como estamos interesados en cantidades sinusoidales, la relación siguiente se aplica:



$$RMS = \frac{\text{max. value}}{\sqrt{2}} = 0.707 \text{ mas. value}$$

Por consiguiente, la aplicación de diagramas vectoriales no se ve afectada por el uso de valores de RMS.

1.1.15. *Sistemas Trifásicos*

1.1.15.1. *Transmisión Trifásica*

En la generación, transmisión y utilización de la energía eléctrica, los sistemas trifásicos son predominantes tanto por razones económicas y operativas.

Un sistema de tres fases tiene dos ventajas distintas sobre el sistema de una sola fase:

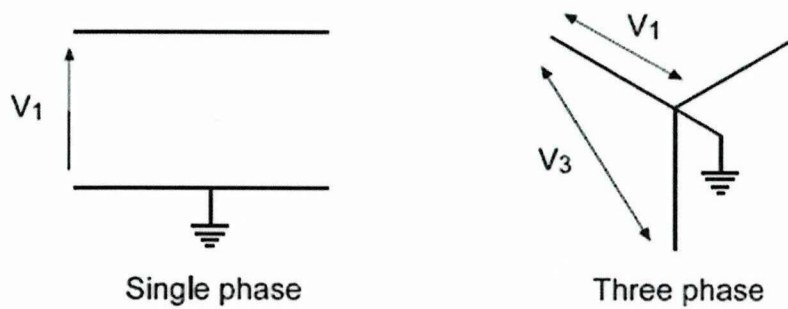
- Un sistema trifásico requiere mucho menos de cobre que un sistema de una sola fase para la misma carga de energía.
- La potencia disponible a partir de una alimentación trifásica es constante, evitando así pulsaciones de par en motores polifásicos.

1.1.15.2. *Eficiencia de un sistema trifásico*

Para comparar la economía de líneas de transmisión trifásica, se calcula la pérdida de cobre en las líneas para la misma masa de cobre en cada uno de transmitir la misma potencia total. Para condiciones de funcionamiento equivalentes en los dos casos, supongamos:

- La misma potencia total transmitida a la carga.
- La misma longitud de la línea (es decir, la longitud de cada conductor).
- La misma tensión entre la línea y tierra.
- Factor de potencia unitario.
- Condiciones de equilibrio en el sistema trifásico.

GRÁFICO 1.8: SISTEMA TRIFÁSICO



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Sea:

V_1 = tensión monofásico

P_1 = potencia monofásico

V_3 = tensión trifásica

P_3 = potencia trifásica

Gráfico 1.8 muestra el sistema único y trifásico. De esto se puede ver que

$$V_3 = 2V_1 \cos 30 = \sqrt{3}V_1$$

Desde la misma potencia total se transmite a la carga

$$P_1 = P_3$$

Dónde:

$$P_1 = V_1 I_1$$

Y:

$$P_3 = V_3 I_3 = \sqrt{3}V_1 I_1$$

Por lo tanto:

$$\frac{I_1}{I_3} = 3$$

La resistencia R de un conductor de longitud l es inversamente proporcional a su masa M , ya que si tiene resistividad p , o densidad δ y el área de la sección transversal a .

$$R = \frac{pl}{a} M = \delta la$$

Considere M la masa de cobre en cada sistema:

$$2M_1 = 3M_3$$

$$2 \frac{\delta pl}{R_1} = \frac{\delta pl}{R_3}$$

Considere la posibilidad de la pérdida de cobre en ambos sistemas:

$$P_1 = 2I_1^2 R_1$$

$$P_2 = 3I_3^2 R_3$$

$$\text{Desde } I = \frac{I_1}{3} \text{ y } R_3 = \frac{3}{2} R_1$$

$$\frac{P_1}{P_2} = 4$$

Por lo tanto, la pérdida de cobre en el sistema de una sola fase es cuatro veces la de tres fases cuando transmitir la misma potencia.

Hasta ahora se ha asumido que el sistema de tres fases está equilibrado, de modo que ningún cable neutro es requerido. En la práctica, por lo general se proporciona un cable neutro, por lo menos en las etapas finales de una distribución sistema con el fin de llevar a cabo de corriente de la balanza. Su capacidad de conducción de

corriente no debe exceder de que de un conductor de la línea, y si se hace igual entonces la masa de cobre se incrementó en una proporción de 4:3.

En más detalle:

$$\frac{\text{total single phasemass}}{\text{total three phasemass}} = \frac{2 (\text{wires})M_1}{4 (\text{wires})M_4}$$

Desde $M_1 = 6M_3$

$$\frac{\text{total single phasemass}}{\text{total three phasemass}} = 3$$

1.1.15.3. La Invariancia de la Potencia Trifásica

En cualquier instante, la potencia transmitida por un conductor que lleva corriente I en un potencial V es VI . Es conveniente referirse a los potenciales hasta el punto de neutro del sistema. En un sistema equilibrado trifásico de las tensiones a continuación, se puede escribir como:

$$V_A = V \sin \theta$$

$$V_B = V \sin\left(\theta - \frac{\pi}{3}\right)$$

$$V_C = V \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$i_A = I \sin(\theta - \varphi)$$

$$i_B = I \sin\left(\theta - \varphi - \frac{\pi}{3}\right)$$

$$i_C = I \sin\left(\theta - \varphi - \frac{2\pi}{3}\right)$$

Donde I es la corriente de pico.

Por tanto, la potencia total es

$$W = VI \left[\sin(\theta) \sin(\theta - \varphi) + \sin\left(\theta - \frac{\pi}{3}\right) \sin\left(\theta - \varphi - \frac{\pi}{3}\right) + \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \sin\left(\theta - \varphi - \frac{2\pi}{3}\right) \right]$$

$$W = \frac{1}{2} VI \left[\cos(-\theta) - \cos(2\theta - \varphi) + \cos(-\varphi) - \cos\left(2\theta - \varphi - \frac{2\pi}{3}\right) + \cos(-\varphi) - \cos\left(2\theta - \varphi - \frac{4\pi}{3}\right) \right]$$

Sin embargo, para cualquier ángulo:

$$\begin{aligned} \cos \alpha + \cos\left(\alpha - \frac{2\pi}{3}\right) + \cos\left(\alpha - \frac{4\pi}{3}\right) &= \cos \alpha + 2 \cos\left[\frac{(2\alpha - 2\pi)}{2}\right] \cos \frac{2\pi}{3} \\ &= \cos \alpha - 2 \cos\left(\frac{2\alpha}{2}\right) = \cos \alpha - \cos \alpha = 0 \end{aligned}$$

Por lo tanto la potencia puede ser vista como:

$$W = \frac{1}{2} VI 3 \cos(-\varphi) = \frac{3}{2} VI \cos \varphi$$

Dado que esta expresión no contiene cualquier referencia al tiempo de la potencia se muestra a tener un valor constante.

Si V_{rms} y I_{rms} son los valores eficaces de tensión y corriente

(Desde $V_{rms} = \frac{V}{\sqrt{2}}$ y $I_{rms} = \frac{I}{\sqrt{2}}$) la potencia se puede expresar como:

$$W = 3IV \cos \varphi$$

Este resultado expresa la gran ventaja de un sistema de tres fases cuando el suministro de motores, que la energía suministrada no fluctúa durante el ciclo de alimentación. En consecuencia, el eje resultante par de torsión es constante durante el ciclo de suministro, lo que no es cierto para sistemas monofásicos.

1.1.16. Ventajas

Estos dispositivos tienen ciertas ventajas sobre los tres transformadores monofásicos, una de ellas es que son más económicos. Siempre un transformador trifásico es más barato que los tres transformadores monofásicos. También algo para considerar es la relación de tamaño. Un único transformador trifásico es siempre de tamaño inferior a un banco de transformadores monofásicos. Los

transformadores trifásicos están conectados de diferentes formas con ciertas ventajas y desventajas que conjuntamente con cada tipo de conexión se analizara en este ensayo.

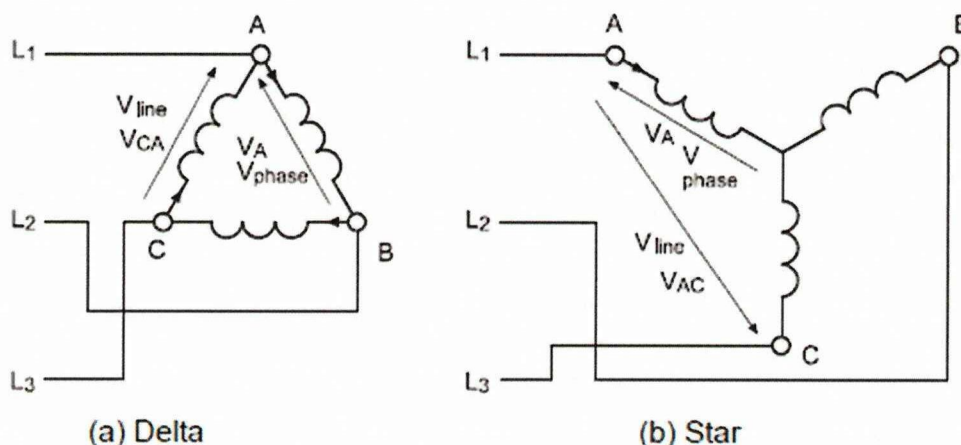
1.1.17. *Aplicaciones de Transformadores Trifásico*

La principal aplicación de transformadores trifásicos es en el suministro de energía eléctrica, a través de un sistema de transmisión de tres fases para equipos industriales y domésticos. Los alternadores que generan esta potencia operaran a un voltaje relativamente bajo que debe ser intensificado por los transformadores para la transmisión económica a largas distancias. La tensión debe ser entonces intensificada asta valores más bajos requeridos para la distribución local.

1.1.18. *Conexiones del Transformador*

Cada dispositivo trifásico (por ejemplo, transformadores, generadores o motores) tiene elementos o arrollamientos que se puede segregar en tres divisiones. Es habitual para describir cada división como una fase. Las dos formas habituales de la conexión de las tres divisiones se conocen como estrella y triangulo. El Gráfico1.9 muestra las dos conexiones.

GRÁFICO 1.9: CONEXIONES DEL TRANSFORMADOR



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

El término $V_{\text{línea}}$ se refiere a la tensión de la línea, que es la tensión entre dos líneas de una tercera fase sistema.

El término V_{fase} se refiere a la tensión de fase, que es la tensión entre una línea y un potencial de referencia común (generalmente neutro). Sin embargo, esto debe ser observado con cuidado, ya que también puede ser utilizado para suponer el voltaje a través del devanado o devanados asociados con una fase. Tenga en cuenta las tensiones en los dos tipos de conexión.

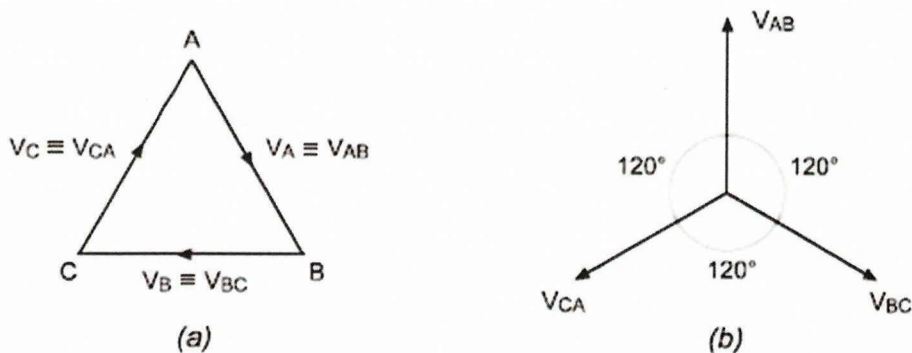
1.1.18.1. *Bobinados Conectados en Triángulo*

Se puede ver claramente en el Gráfico 1.9 (a) que para el sistema conectado en triángulo la tensión de fase es el mismo que la tensión de línea.

Por lo tanto:

$$V_{\text{fase}} = V_{\text{línea}}$$

GRÁFICO 1.10 DIAGRAMA FASORIAL DE LA CONEXIÓN EN TRIÁNGULO



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Esto se demuestra en el Gráfico 1.10. El Gráfico 1.10 (a) muestra cómo los voltajes en los devanados suman cero. El Gráfico 1.10 (b) muestra los tres voltajes

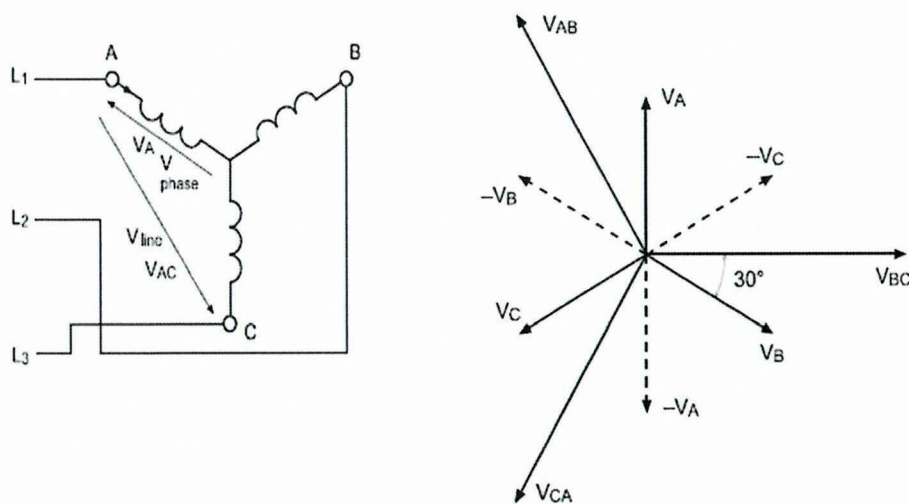
como fasores separados, simétricamente espaciadas a 120° entre sí. Tenga en cuenta que no hay punto neutro.

1.1.18.2. Bobinados conectados en estrella

Tenga en cuenta las tensiones en el sistema. En el Gráfico 1.9 (b), es evidente que cada voltaje de línea es la diferencia fasor de dos de las tensiones de fase. Esa es la línea de voltaje V_{AB} se obtiene por restando V_B de V_A .

El Gráfico 1.11 muestra el diagrama de fasores para las tensiones en el sistema conectado estrellas.

GRÁFICO 1.11: DIAGRAMA FASORIAL CONEXIÓN EN ESTRELLA



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

A partir de esta la relación entre la fase y las tensiones de línea se puede calcular.

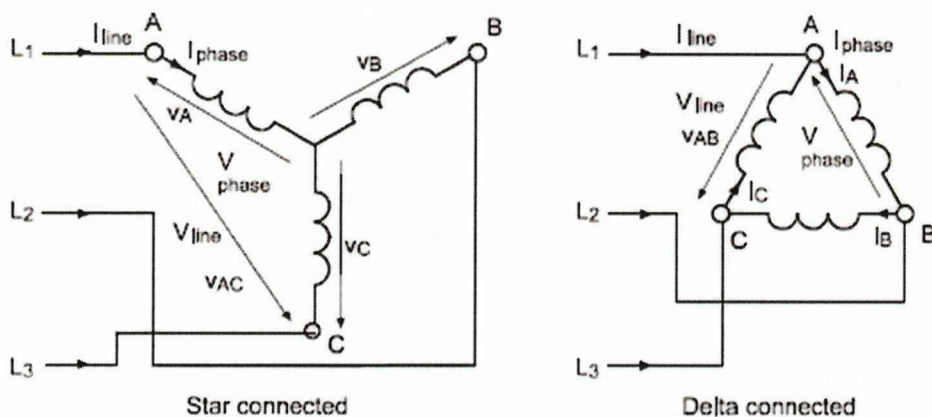
$$V_{line} = 2 V_{phase} \cos 30 = \sqrt{3} V_{phase}$$



1.1.19. Cargas Estrella y Delta

En esta oportunidad se introdujo tres conexiones de fase en estrella y delta. El Gráfico 1.12 muestra el flujo de corriente en los devanados para ambas conexiones.

GRÁFICO 1.12: FLUJO DE CORRIENTE EN DEVANADOS ESTRELLA Y DELTA



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

El término I_{line} se refiere a la corriente de línea, que es la corriente a través de cada línea de conexión de los sistemas de tres fases. El término I_{phase} se refiere a la corriente de fase, que es la corriente a través de cada bobinado de fase individual. Considere las corrientes en los dos tipos de conexión.

1.1.19.1. Bobinados Conectados en Estrella

Se puede ver claramente en el Gráfico 1.12 (b) que para el sistema conectado en estrella la corriente de fase es la misma que la corriente de línea.

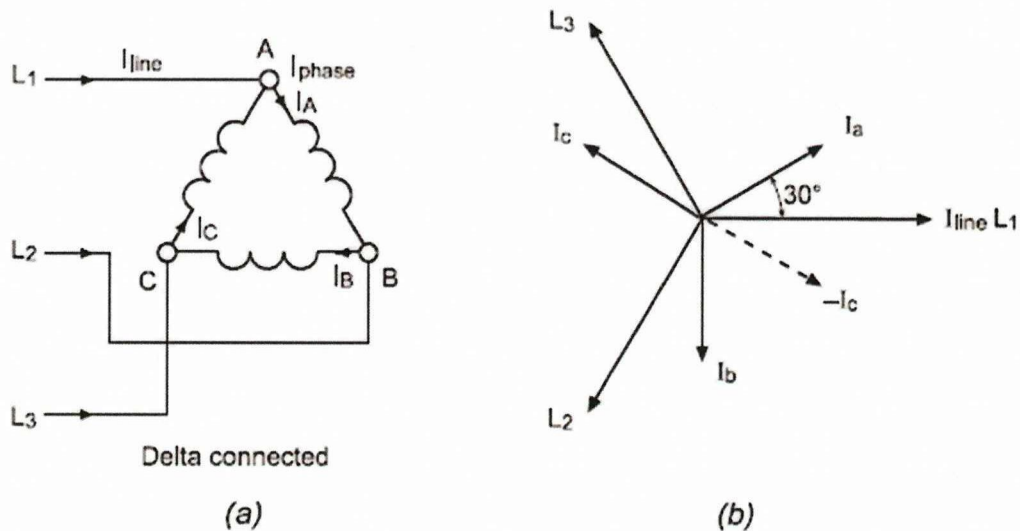
Por lo tanto:

$$I_{phase} = I_{line}$$

1.1.19.2. Bobinados Conectados en Triángulo

El Gráfico 1.13 muestra el diagrama de fasores para las corrientes en el sistema conectado en triángulo.

GRÁFICO 1.13: FASORES EN TRIÁNGULO



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

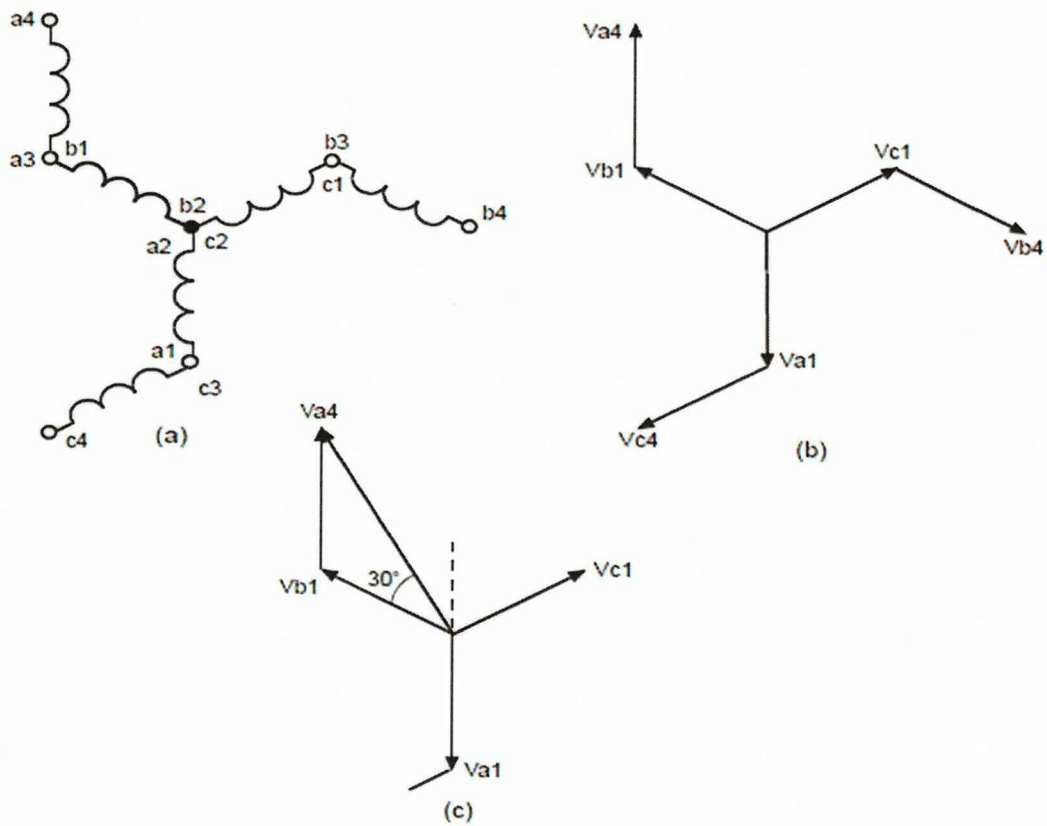
A partir de esta, la relación entre las corrientes de fase y de línea se puede calcular.

$$I_{line} = 2I_{phase} \cos 30 = \sqrt{3}I_{phase}$$

1.1.20. Transformación Interconectada Estrella (Zigzag)

El Gráfico 1.14 muestra la conexión estrella zigzag, una parte del núcleo secundario es conectado en serie con una conexión invertida en la siguiente etapa secundaria. Los voltajes de la fase resultante están mutuamente separados por 120° , como en un transformador estrella normal. Sin embargo los voltajes son reducidos ligeramente, y hay un desplazamiento de fase de 30° entre las tensiones primarias y secundarias del transformador.

GRÁFICO 1.14: DIAGRAMA DE TENSIONES



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Un diagrama fasor de las tensiones para las conexiones en estrella -zigzag se muestra en el Gráfico 1.14 (b) y (c). Dado que el voltaje de fase total se redujo a través de dos arrollamientos de fase en cada etapa, la eliminación total tensión viene dada por la ecuación.

$$V_{phase} = V_{a4} \cos 30 + V_{b1} \cos 30$$

$$= \sqrt{3V_{a1}}$$

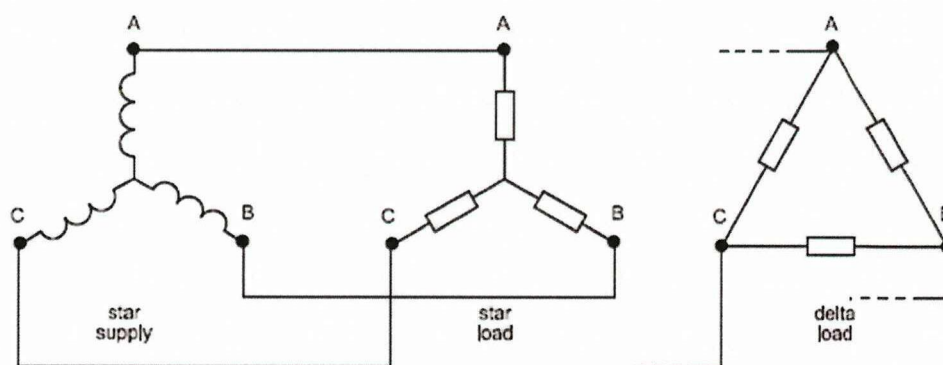
$$V_{line} = \sqrt{3V_{phase}}$$

1.1.21. Potencia en bobinados secundarios en estrella (Consideraciones de alimentación en transformadores trifásicos con conexión estrella)

1.1.21.1. Carga en estrella

El Gráfico 1.15 muestra el lado secundario de un transformador estrella-estrella con cargas en estrella y triángulo.

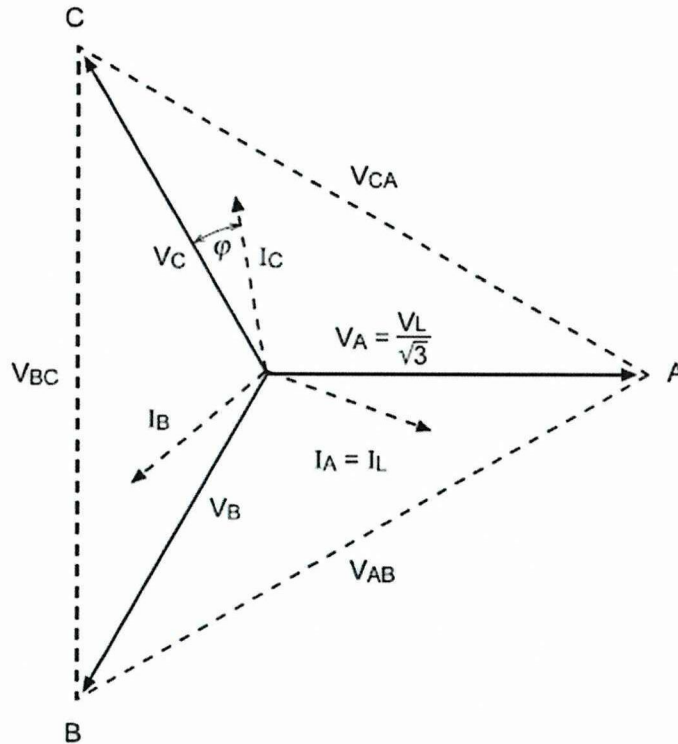
GRÁFICO 1.15: LADO SECUNDARIO DE TRANSFORMADOR ESTRELLA-ESTRELLA



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Las condiciones de funcionamiento para el sistema conectado en estrella se muestra en el Gráfico 1.15 están representados en el diagrama fasor del Gráfico 1.16, en el que ϕ representa la diferencia de fase entre la corriente y la tensión.

GRÁFICO 1.16: CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO ESTRELLA-ESTRELLA



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Las condiciones se resumen de la siguiente manera;

$$V_{phase} = \frac{V_{line}}{\sqrt{3}}$$

$$I_{phase} = I_{line}$$

$$Power\ per\ phase = \frac{V_{line}}{\sqrt{3}} I_{line} \cos \varphi$$

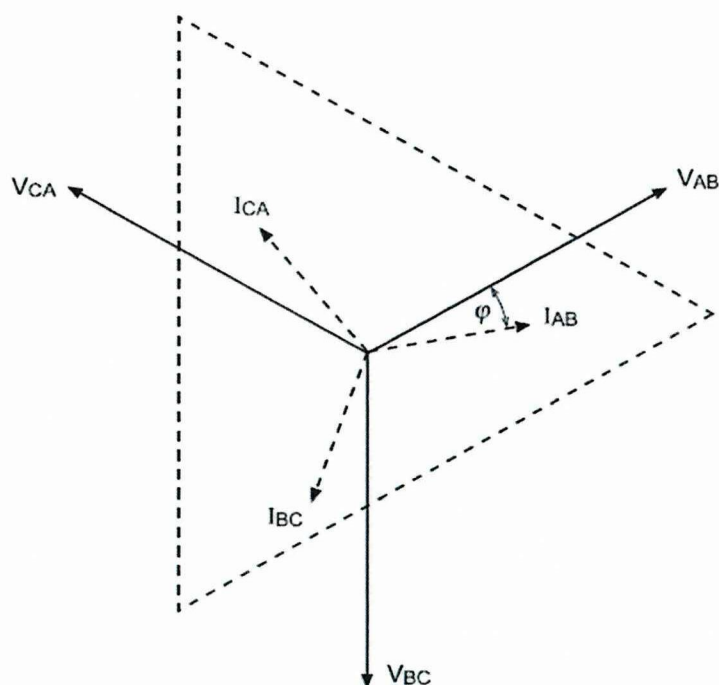
Por lo tanto ya que la energía total en el sistema es la suma de potencia en todas las tres fases.

$$Total\ power = 3 \left(\frac{V_{line}}{\sqrt{3}} \right) I_{line} \cos \varphi = \sqrt{3} V_{line} I_{line} \cos \varphi$$

1.1.21.2. Carga en Triángulo

Las tensiones en la conexión en triángulo están representadas por el triángulo alrededor del exterior del Gráfico 1.16. Esto se reproduce en el Gráfico 1.17, de manera que la dirección de los fasores se muestra claramente. Estos fasores también se dibujan con líneas continuas reunidas en el centro del Gráfico 1.17.

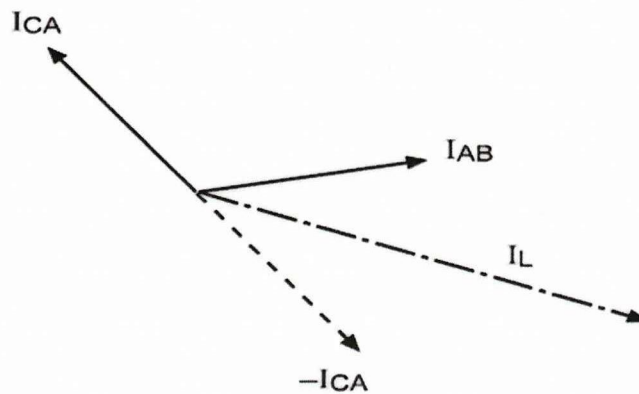
GRÁFICO 1.17: TENSIONES EN CONEXIÓN EN TRIÁNGULO



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Aunque un fasor tiene magnitud y dirección, como un vector, ningún significado está unido a su posición, a diferencia de un vector. La relación entre I_{line} y I_{phase} , definida para ser la corriente en cada fase de una carga equilibrada en triángulo, se muestra en el Gráfico 1.18.

GRÁFICO 1.18: CORRIENTE EN FASE



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Observe que la corriente de línea se encuentra sumando un fasor I_{phase} al negativo de la otra. La corriente de línea resultante es $\sqrt{3}$ veces la corriente en cada fase. Las condiciones para la carga delta se resumen de la siguiente manera;

$$V_{phase} = V_{line}$$

$$I_{phase} = \frac{I_{line}}{\sqrt{3}}$$

$$Power \text{ in each phase} = V_{line} \frac{I_{line}}{\sqrt{3}} \cos \varphi$$

Por lo tanto ya que la potencia total en el sistema es la suma de potencia en todas las tres fases.

$$Total \ Power = \sqrt{3} V_{line} I_{line} \cos \varphi$$

Nota de las prácticas utilizadas en esta tarea las cargas utilizadas son resistivas, por tanto, el Factor de potencia ($\cos\phi$) es siempre 1.

De ahí que para las cargas estrella y delta, la potencia total está dado por:

$$Total \ Power = \sqrt{3} V_{line} I_{line}$$

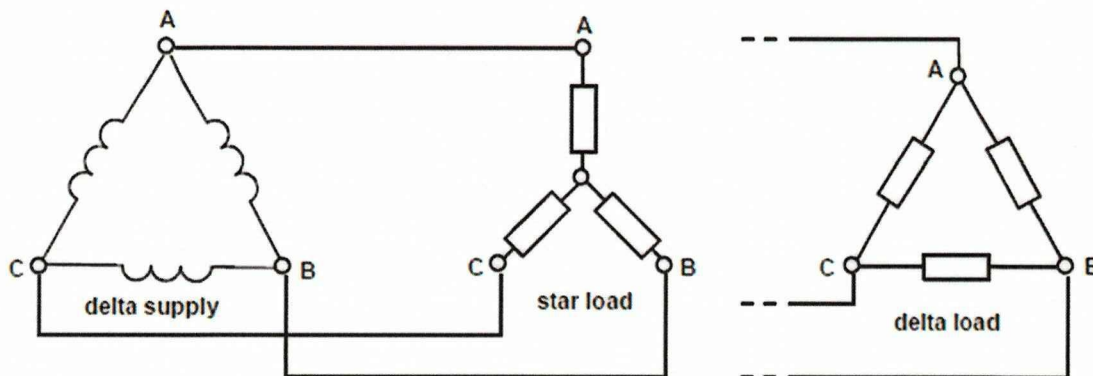
1.1.22. Potencia en los bobinados secundarios en estrella (Consideraciones de alimentación en transformadores trifásicos con conexión estrella)

1.1.22.1. Carga en Triángulo

En la asignación anterior se mencionó que la corriente en cada fase de la carga conectada en delta difiere de la corriente de línea. Esta asignación se verificará que la diferencia, tanto en la carga y en la alimentación de los transformadores.

El Gráfico 1.19 muestra el secundario conectado en delta de un transformador estrella-delta, con cargas estrella o delta.

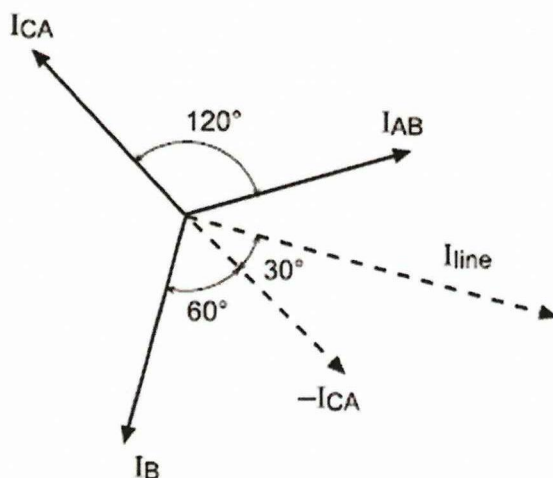
GRÁFICO 1.19: CONEXIÓN ESTRELLA- DELTA



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Un análisis similar de las condiciones de operación se puede hacer. El diagrama fasorial del Gráfico 1.20 muestra las condiciones actuales secundarias para una carga cerrada, y confirma que $I_{line} = \sqrt{3}I_{phase}$

GRÁFICO 1.20: DIAGRAMA FASORIAL



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

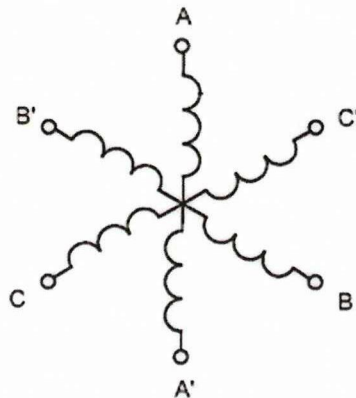
1.1.23. Transformadores de seis fases

Los transformadores con seis fases bobinados secundarios se utilizan para suministrar corriente alterna a corriente continua y convertidores rotativos eléctricos resistente de corriente CA a los sistemas de rectificación estáticas de DC. Ya sea una estrella doble o un doble-delta conexión puede ser utilizado.

1.1.23.1. Conexión estrella a doble estrella

El Gráfico 1.21 muestra la conexión de dos estrellas, dos estrellas trifásicas tienen un neutro común, haciendo de hecho una estrella de seis brazos. En esta disposición, los voltajes se determinan por el transformador. El voltaje entre fases adyacentes es igual a la tensión de fase y neutro.

GRÁFICO 1.21: DOBLE ESTRELLA

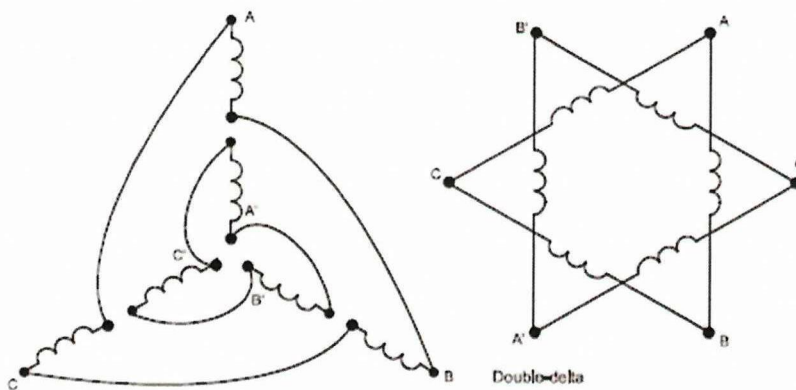


Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

1.1.23.2. Conexión triangulo a doble estrella

El Gráfico 1.22 muestra la conexión de doble delta. En este caso, hay en efecto dos secundarios separados en delta. Mientras que éstos pueden producir un conjunto equilibrado de seis tensiones de fase, la relación entre los potenciales en los dos deltas se ve afectado por el circuito externo.

GRÁFICO 1.22: CONEXIÓN DOBLE DELTA



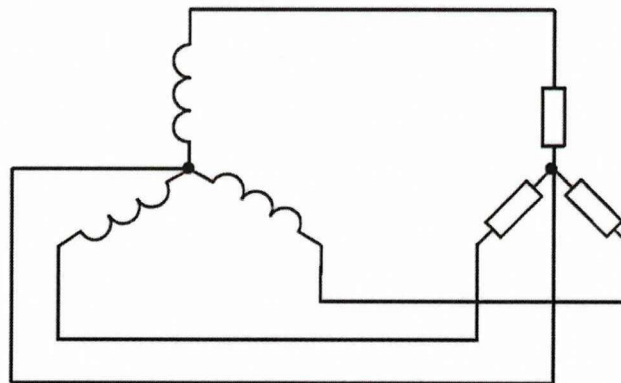
Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

1.1.24. *Sistemas de Cuatro Conductores*

La mayoría de las cargas domésticas y muchas cargas industriales requieren energía monofásica, que han de ser alimentadas de la alimentación trifásica. Aunque las cargas se distribuyen entre las tres fases como forma más uniforme posible, el sistema está equilibrado porque raramente cargas monofásicas individuales pueden ser encendidas y apagadas.

Por esta razón, se utiliza un sistema de cuatro hilos como se muestra en el Gráfico1.23.

GRÁFICO 1.23: SISTEMA DE CUATRO HILOS



Fuente: Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S, 2007

Si las cargas están en equilibrio, entonces la suma faloria de las corrientes que entran en el cable neutro es cero. Si las cargas no están equilibradas, no habrá corriente en el cable neutro que sirve para mantener el sistema de voltajes balanceados.

1.2. Glosario de Términos

Los términos de referencia que se presentan a continuación fueron extraídos del libro “Máquinas eléctricas y transformadores” de (Irving L. Kosow 1993). Es parte de la sección *Glosario de Términos empleados* correspondientes a las páginas 650 y 651.

- **Acoplamiento mínimo.**-Ubicación de dos o más inductores o devanados de que se reduce al mínimo el eslabonamiento de flujo entre ellos.
- **Auto transformador.**- Transformador de varios devanados conectado en tal forma que tienen devanado continuo del cual una parte es común tanto el circuito primario como secundario con los cuales se conecta el transformador.
- **Coefficiente de acoplamiento (k).**- Relación de la inductancia mutua (M) A la raíz cuadrada del producto $L_1 L_2$. Siendo L_1 la inductancia total de una malla y L_2 me inductancia total de una segunda malla acoplada mutuamente a la primera. También la relación del flujo mutuo al flujo total para cualquiera de las bobinas que estén acopladas magnéticamente.
- **Componente armónico.**- Cualquier componente senoidal, ya sea en fase o fuera de fase, con una senoide periódica fundamental que es múltiplo entero de la frecuencia fundamental. Una armónica cuya frecuencia sea el doble de la frecuencia fundamental se llama segunda armónica.
- **Conexión diametral.**- conexión de un transformador de seis fases en la cual los extremos de los secundarios de polaridad diametralmente opuesta en un transformador trifásico produce ningún sistema de seis fases mediante la interconexión adecuada con una carga conectada en malla de seis fases.
- **Conexión doble delta.**- unión de un transformador de seis fases en la cual se conectan en Delta dos conjuntos separados secundarios trifásicos, pero son de polaridad instantánea opuesta, de modo que cuando se conectan con una carga de red de seis fases se produce un sistema de seis fases.
- **Conexión doble estrella o Y.**- análogo de la conexión estrella, de la doble delta, en el que se conectan en estrella o Y dos conjuntos separados de

secundarios trifásicos con los neutros separados entre sí de tal modo que cuando se conectan con una carga de seis fases produce un sistema de seis fases.

- **Conexión en delta abierta.**-Conexión semejante a la delta - delta para dar una salida trifásica empleando tres transformadores Monofásicos, pero sacando uno de ellos. Los dos transformadores restantes tienen el 57.7 por ciento de la carga del banco Delta Delta.
- **Conexión en estrella.**- Cualquier red en la que todas las trayectorias de corriente de circuito pasan de una terminal de entrada a una terminal como junta o empalme. La conexión Y es un caso especial de la conexión en estrella.
- **Convención de punto.**- Método cómodo para especificar la polaridad instantánea y la dirección de la corriente en un devanado, entre dos o más bobinas que están acopladas magnéticamente.
- **Eficiencia.**- relación queda energía o potencia útil de salida a entrada, expresada como porcentaje.
- **Eficiencia máxima.**- El punto de la carga en el que las pérdidas fijas y variables de cualquier dispositivo electromecánico son iguales.
- **Factor de utilización del transformador.**- Relación de la potencia de CD rectificada con la capacidad del devanado secundario en volt - amperes, del transformador que suministra al circuito rectificador. Mientras mayor sea el Factor de utilización, menor será el costo del transformador para la misma cantidad de potencia producida por el rectificador.
- **Flujo de fuga.**- El flujo que enlaza a una bobina dada que no es parte del flujo mutuo (Φ_m) común a otras bobinas acopladas magnéticamente con la bobina dada.
- **Impedancia reflejada.**- Impedancia que se refleja al primario debida a la carga que aparece en el secundario.
- **Inductor.**- cualquier bobina, con o sin núcleo de hierro, que tiene la propiedad de inductancia.

- **Malla.-** Clasificación genérica de cualquier conjunto de ramales en una red que forma una trayectoria cerrada que representa el circuito más corto posible en la red. Una conexión en Delta es un caso especial de la malla.
- **Primario.-** El devanado de entrada de un transformador, al cual se le aplica el voltaje de la fuente. Cualquier devanado de un transformador puede servir como primario siempre que se le puedan aplicar su voltaje y frecuencia nominal.
- **Principio de reluctancia.-** Se ejerce fuerza mecánica en una porción de material magnético ubicada en un campo magnético a manera de hacer llegar el material magnético a la parte del campo magnético que tiene la mayor densidad para aumentar el campo al máximo.
- **Prueba de circuito abierto.-** Prueba para determinar sólo las pérdidas en el núcleo de un transformador real convencional de núcleo de hierro.
- **Prueba de corto circuito.-** prueba para determinar las pérdidas equivalentes en el cobre del primario y secundario del transformador, junto con su resistencia, reactancia e impedancia equivalentes. Los datos de esta prueba permiten el cálculo de la regulación de voltaje.
- **Regulación de voltaje.-** Cambien el voltaje secundario que se presenta siempre que se reduce la carga a determinado factor de potencia, desde su valor nominal hasta cero manteniendo constante el voltaje aplicado al primario del transformador.
- **Relación de transformación (o).-** Relación de vueltas en el primario con las vueltas en el secundario de un transformador de núcleo de hierro, que determina la impedancia reflejada al primario, debida a la carga en el secundario.
- **Secundario.-** Uno o más devanados de salida de un transformador conectado con una o más cargas que producen una transferencia de energía desde la fuente a la(s) carga(s).
- **Sistema bipolar.-** Cualquier sistema que tiene dos polaridades con respecto a la tierra.

- **Trabajo intermitente.-** Requisito del servicio, al contrario del trabajo continuo en el que la carga cambia regular o irregularmente a través del tiempo.
- **Transferencia máxima de potencia.-** Dada que una carga Z_L sin restricciones, conectada a una fuente ya sea en forma directa o a través de un transformador, cuando la carga Z_L es el conjugado de la impedancia interna de la Fuente, Z_I entonces se transfiere máxima potencia de la fuente a la carga.
- **Transformador.-** Dispositivo para transferir energía de un circuito a otro.
- **Transformador de aislamiento.-** Cualquier transformador del tipo de devanados múltiples en el que los devanados primario y secundario están separados físicamente.
- **Transformador de bajada.-** Transformador cuyo secundario tiene menos vueltas que su primario y cuya transferencia de energía es del alto al bajo voltaje.
- **Transformador de igualación.-** Transformador que se usa como dispositivo de igualación de impedancia, para igualar una fuente de alta impedancia a una carga de baja impedancia, o viceversa. Un transformador de igualación de impedancia permite la máxima transferencia de potencia de la fuente a la carga con pérdida mínima de energía.
- **Transformador elevador.-** Transformador cuyo secundario tiene más vueltas que su primario y cuya transferencia de energía es desde el voltaje bajo al alto.
- **Transformador ideal.-** El que ni almacena ni disipa energía eléctrica, que tiene acoplamiento unidad, cero flujo de fuga inductancia de fuga y cuya permeabilidad de núcleo es infinita.

CAPÍTULO II

2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Descripción de la Institución Beneficiaria

La Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC) fue creada el 24 de enero de 1995. En primera instancia, funcionó en el local de la UNE-C. Luego, se utilizaron las instalaciones del colegio Luis Fernando Ruiz para posteriormente ubicarse en el Instituto Agropecuario Simón Rodríguez. Finalmente, la U.T.C.se instaló propiedad propia. En la actualidad el prestigioso centro de educación Superior se compone del campus de cinco hectáreas extensión ubicado en el sector San Felipe y del Centro Experimentación, Investigación y Producción Salache de 82 hectáreas de extensión.

2.1.1. Misión

La Universidad "Técnica de Cotopaxi", es pionera en desarrollar una educación para la emancipación; forma profesionales humanistas y de calidad; con elevado nivel académico, científico y tecnológico; sobre la base de principios de solidaridad, justicia, equidad y libertad, genera y difunde el conocimiento, la ciencia, el arte y la cultura a través de la investigación científica; y se vincula con la sociedad para contribuir a la transformación social-económica del país.

2.1.2. Visión

En el año 2015 seremos una universidad acreditada y líder a nivel nacional en la formación integral de profesionales críticos, solidarios y comprometidos en el cambio social; en la ejecución de proyectos de investigación que aporten a la solución de los problemas de la región y del país, en un marco de alianzas

estratégicas nacionales e internacionales; dotada de infraestructura física y tecnología moderna, de una planta docente y administrativa de excelencia; que mediante un sistema integral de gestión le permite garantizar la calidad de sus proyectos y alcanzar reconocimiento social.

2.1.3. Análisis de la Institución

La Universidad Técnica de Cotopaxi es un centro de educación superior de carácter público, laico y gratuito. Posee plena autonomía y desarrolla una educación liberadora en busca de una transformación social, que satisfaga las demandas de formación y superación profesional. En este sentido, apoya el avance científico-tecnológico de la sociedad desde el centro del país.

La U.T.C. pretende ser el centro generador de investigación, ciencia y tecnología del Ecuador. En este sentido emprende amplias actividades académicas de calidad y vinculación con la ciudadanía demostrando en cada paso características productivas que generen el foco de desarrollo de la sociedad.

Además, esta institución busca mejorar la capacitación profesional de sus alumnos. En tal virtud, la presente investigación se identifica como un claro ejemplo de este atributo institucional. La puesta en práctica de la teoría recibida en las clases busca ser el refuerzo específico para que los profesores puedan transferir los conocimientos de Transformadores Trifásicos a los estudiantes.

2.2. Diseño Metodológico

2.2.1. Tipo de Investigación

Para el desarrollo del siguiente estudio se tomará en cuenta a los siguientes tipos de investigación:

Aplicada.- Esta basada sobre la aplicación inmediata y el desarrollo de la ciencia, es decir que está orientada a dar solución de problemas.

De laboratorio.- En esta investigación interactúan los sujetos y fenómenos, los cuales son controlados en forma directa y minuciosa por el investigador en el lugar previamente delimitado.

De campo.- Es cuando se realiza en el mismo lugar en que se presentan los acontecimientos, en forma directa con quien o quienes son los gestores del problema que se investiga.

2.2.2. Métodos de Investigación

Los métodos que se tomaron en cuenta para el desarrollo de la tesis se describen a continuación.

2.2.2.1. Método Científico o Experimental

Es un proceso disciplinado por medio del cual llegamos al conocimiento, proceso técnico científico que busca descubrir las leyes que rigen la naturaleza, y el pensamiento satisfaciendo de esta manera diversas necesidades.

Puesto que éste proyecto está destinado a mejorar el nivel educativo, realizaremos las simulaciones y aplicaciones para determinar errores; para ello, se deberá seguir los siguientes procedimientos:

- Determinar la necesidad primordial del estudiante
- Formular el problema
- Plantear una hipótesis
- Recolectar datos
- Tomar decisiones

2.2.2.2. Método Descriptivo

Este método permite describir una realidad concreta en su totalidad y adquirir un dominio cognoscitivo acerca del problema de investigación. De tal manera que, utilizando el método descriptivo se desarrollará un proceso heurístico completo. Partiendo de la definición del problema, la medición. La organización y el análisis hasta llegar a conclusiones y soluciones prácticas de valor y trascendencia científica o social.

2.2.2.3. Analítico – Sintético

Para un adecuado uso de la información se hará usos de este método. Dicho método nos permitirá efectuar un análisis riguroso de las debilidades y fortalezas dentro de la carrera de ingeniería eléctrica. Esto nos permitirá a nosotros como

postulantes planificar una estructura de soluciones que se ajustarán a las necesidades de las personas beneficiarias. Este método se utilizará durante el proceso del Capítulo II del presente trabajo académico sobre el análisis de interpretación de los resultados; esto claro, luego de haber realizado las entrevistas y encuestas respectivas.

2.2.3. Técnicas de Investigación

La presente investigación se llevará a cabo a través de la aplicación de técnicas las cuales serán:

2.2.3.1. Lectura científica

Esta es utilizada en el marco teórico. Esta técnica permitirá al investigador hacer una valoración de carácter científico de la información bibliográfica realizada mediante libros, revistas, catálogos, etc.

2.2.3.2. Observación directa

Es una técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho o caso que se produce en sus condiciones naturales para su posterior análisis. La observación debe ser cuidadosa, exhaustiva y exacta a partir de la observación surge el planteamiento del problema que se va a estudiar. Esto lleva a emitir alguna hipótesis o suposición provisional de la que se intenta extraer una consecuencia.

2.2.3.3. Encuesta

Es la técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones son de gran ayuda para los postulantes que a través de un cuestionario adecuado nos permite recopilar datos de toda la población o de una parte representativa de ella. Se caracteriza porque la persona investigada llena el cuestionario sin intervención o supervisión del postulante.

2.2.3.4. Entrevista

Es una técnica que permite obtener datos que consiste en un diálogo entre dos personas. El entrevistador “postulante” y el entrevistado, se realiza con el fin de

obtener información de parte de éste. En nuestro caso, será la autoridad de la institución.

2.3. Instrumentos Utilizados en esta Investigación

Los instrumentos que se utilizaron para la adecuada realización de esta investigación fue:

Encuesta: Cuestionario

2.3.1. Unidad de Estudio

2.3.1.1. Población o Universo

Para la presente investigación realizada en la Universidad Técnica de Cotopaxi particularmente en la carrera de ingeniería eléctrica, la población o universo involucrado fue la siguiente:

TABLA 2.1 SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN

SUJETOS DE LA INVESTIGACIÓN	No.	Porcentaje
PROFESORES DE CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTROMECAÁNICA	7	6,60%
ESTUDIANTES DE CUARTO Y QUINTO CICLO	99	93,40%

Fuente: Elaborado por los tesistas

2.3.1.2. Tamaño de la Muestra

De los estudiantes que forman parte de la carrera de ingeniería eléctrica debemos sacar una muestra ya que son un número considerable, para la cual ponemos a consideración la siguiente fórmula:

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

De dónde:

n= tamaño de la muestra

N=tamaño de la población

E= error máximo admisible al cuadrado

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

$$n = \frac{99}{0.05^2 * (99 - 1) + 1}$$

$$n = 80$$

2.3.2. Criterio de Selección Muestral

Se realizará una encuesta de seis preguntas a 80 estudiantes de la carrera ya que es el número que refleja el pensar y sentir de todos los estudiantes de la carrera. Además se implementará una encuesta a la totalidad de los profesores pertenecientes a la carrera (7 profesores).

Este capítulo ha de continuar con el análisis de los datos obtenidos de las encuestas aplicadas tanto a los estudiantes como a los profesores de la carrera de Ingeniería Eléctrica a través de la herramienta computacional estadística SPSS. Con esto se pretende corroborar la necesidad de implementar un módulo de Transformadores Trifásicos Para tal efecto, se han utilizado los siguientes métodos e instrumentos:

2.4. Método de estudio

Se realizó un estudio analítico y descriptivo con el objeto de establecer la necesidad de la implementación de un módulo de Transformadores Trifásicos en la Universidad Técnica de Cotopaxi además de su guía de prácticas.

2.5. Técnicas e instrumentos

El instrumento de investigación utilizado lo constituyó un cuestionario de 9 preguntas para profesores y de 6 preguntas para estudiantes. El banco de preguntas hecho se trata de un cuestionario enfocado la necesidad de contar con un módulo de Transformadores Trifásicos así como su necesidad de ser implementado en los laboratorios pertinentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi. A continuación se presentarán los resultados del trabajo de campo realizado.

2.6. Resultados y análisis de la encuesta aplicada a los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

A continuación se presentarán los resultados de la encuesta a 80 alumnos de la carrera de ingeniería Eléctrica, este número de estudiantes el número representativo con el que se trabajará en este capítulo.

Pregunta 1: ¿Cree necesario comprobar los conocimientos teóricos de Transformadores Trifásicos?

TABLA 2.2: RESULTADOS PREGUNTA 1

Detalle		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Sí	66	83%
	No	14	17%
	Total	80	100%

Fuente: Elaborado por los tesisistas

GRAFICO 2.1: RESULTADOS PREGUNTA 1



Fuente: Elaborado por los tesisistas

Esta pregunta avala de una manera rotunda la investigación hecha. La necesidad de la mayoría de los estudiantes se ve reflejada en la respuesta positiva de un 83% de los estudiantes que creen necesario comprobar los conocimientos teóricos de Transformadores Trifásicos.

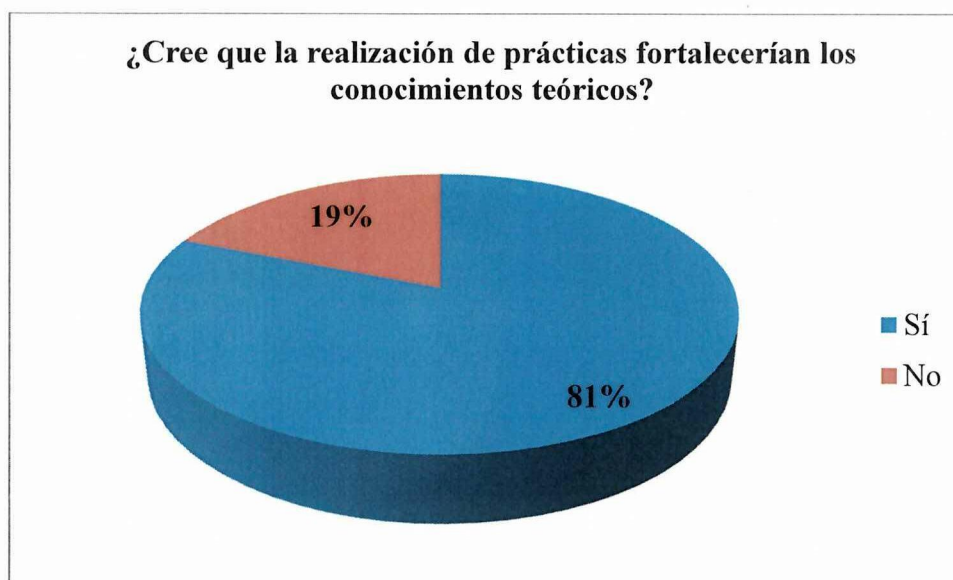
Pregunta 2: ¿Cree que la realización de prácticas fortalecerían los conocimientos teóricos?

TABLA 2.3: RESULTADOS PREGUNTA 2

Detalle		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Sí	65	81%
	No	15	19%
	Total	80	100%

Fuente: Elaborado por los tesisistas

GRÁFICO 2.2: RESULTADOS PREGUNTA 2



Fuente: Elaborado por los tesisistas

Esta pregunta, al igual que la anterior pero en menor medida, avala la realización de esta investigación ya que el 81%, es decir 65 estudiantes consideran que la realización de prácticas fortalecerían los conocimientos teóricos adquiridos en clases.

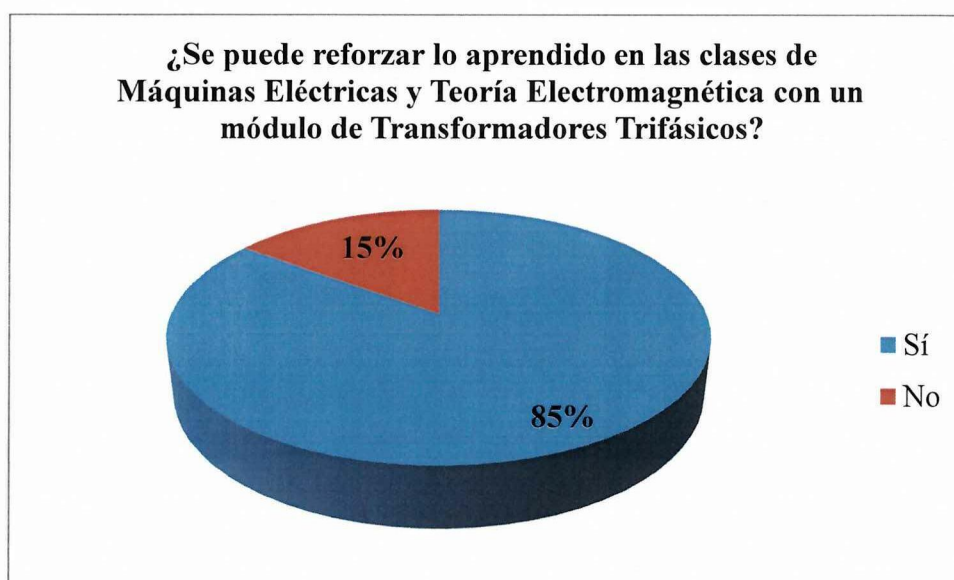
Pregunta 3: ¿Se puede reforzar lo aprendido en las clases de Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética con un módulo de Transformadores Trifásicos?

TABLA 2.4: RESULTADOS PREGUNTA 3

Detalle		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Sí	68	85%
	No	12	15%
	Total	80	100%

Fuente: Elaborado por los tesistas

GRÁFICO 2.3: RESULTADOS PREGUNTA 3



Fuente: Elaborado por los tesistas

Al igual que la pregunta anterior, 68 estudiantes (85%) consideran que mediante la implementación de un módulo de Transformadores Trifásicos se pueden reforzar lo aprendido en clases de Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética.

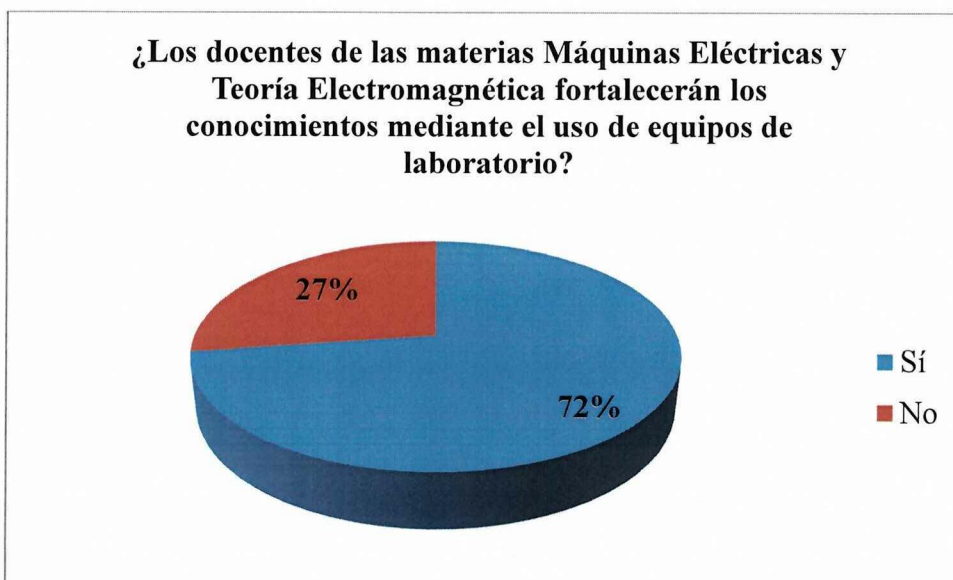
Pregunta 4: ¿Los docentes de las materias Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética fortalecerán los conocimientos mediante el uso de equipos de laboratorio?

TABLA 2.5: RESULTADOS PREGUNTA 4

Detalle		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Sí	58	72%
	No	22	27%
	Total	80	100%

Fuente: Elaborado por los testistas

GRÁFICO 2.4: RESULTADOS PREGUNTA 4



Fuente: Elaborado por los testistas

Esta pregunta alcanza el porcentaje mayoritario de los estudiantes. De esta manera, el 72% de los estudiantes consideran que mediante la implementación de un módulo de Transformadores Trifásicos fortalecerían la acción del profesor al impartir conocimiento a sus alumnos.

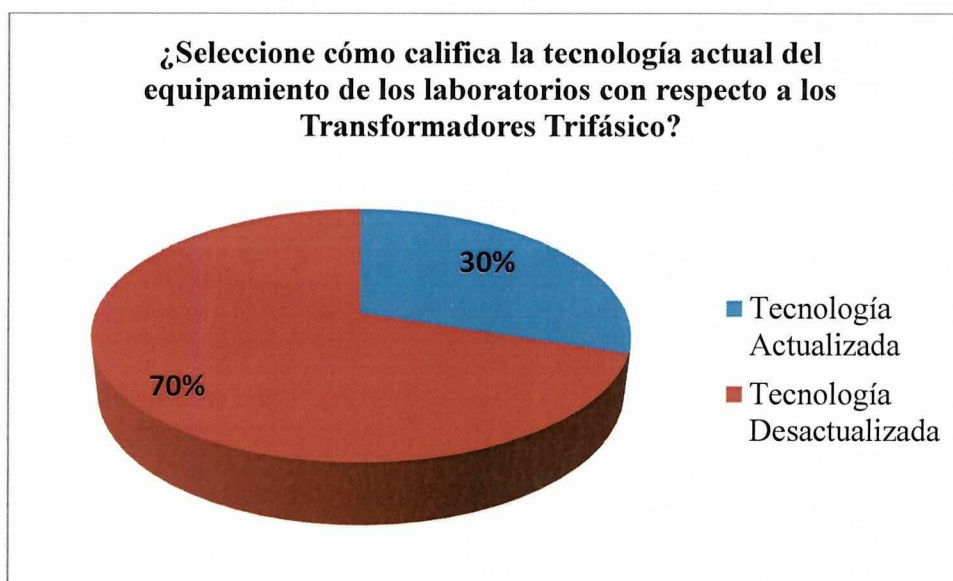
Pregunta 5: ¿Seleccione cómo califica la tecnología actual del equipamiento de los laboratorios con respecto a los Transformadores Trifásico?

TABLA 2.6: RESULTADOS PREGUNTA 5

Detalle		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Tecnología Actualizada	24	30%
	Tecnología Desactualizada	56	70%
	Total	80	100%

Fuente: Elaborado por los tesisistas

GRÁFICO 2.5: RESULTADOS PREGUNTA 5



Fuente: Elaborado por los tesisistas

A pesar de tener una gráfica bien clara, vale la pena recalcar que la mayoría de estudiantes el 70% consideran que los laboratorios de la institución se encuentran con una tecnología desactualizada. Por otro lado el 30% piensan que se encuentran los laboratorios con una tecnología actualizada. Esta pregunta simplemente abaliza la realización de esta investigación.

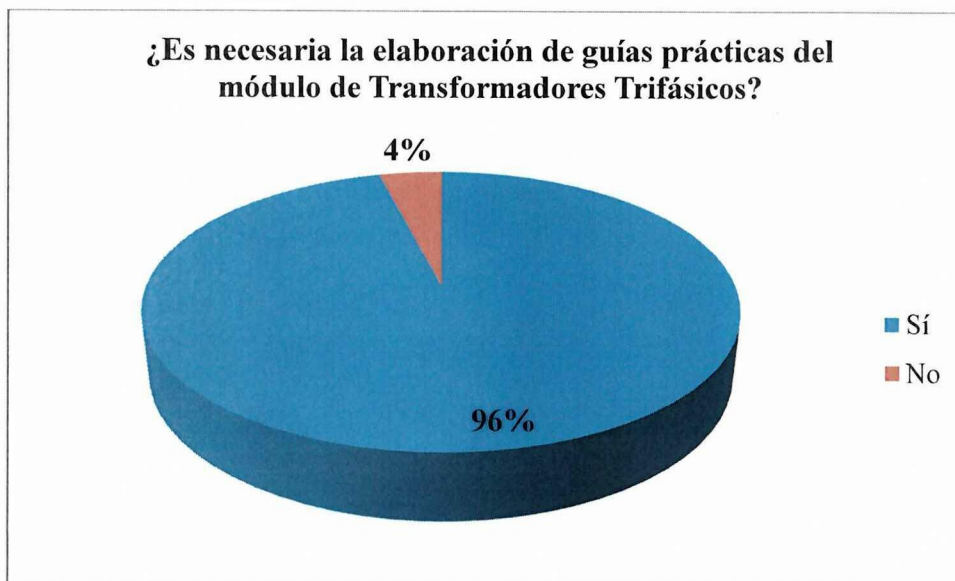
Pregunta 6: ¿Es necesaria la elaboración de guías prácticas del módulo de Transformadores Trifásicos?

TABLA 2.7: RESULTADOS PREGUNTA 6

Detalles		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Sí	77	96%
	No	3	4%
	Total	80	100%

Fuente: Elaborado por los tesistas

GRÁFICO 2.6: RESULTADOS PREGUNTA 6



Fuente: Elaborado por los tesistas

Finalmente la pregunta número 6 identifica que la mayoría absoluta de los estudiantes (96%) consideran que es completamente necesaria la implementación de un módulo de Transformadores Trifásicos, así como la elaboración de sus guías prácticas.

2.7. Análisis de encuestas dirigidas a los docentes de la carrera

A continuación se presentan los resultados de la encuesta que se ha realizado a los 7 profesores de la carrera de Ingeniería Eléctrica.

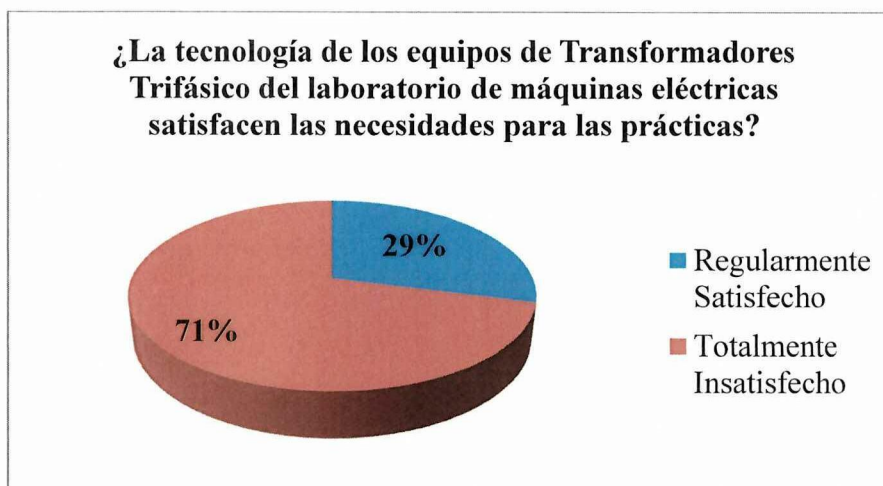
Pregunta 1: ¿La tecnología de los equipos de Transformadores Trifásico del laboratorio de máquinas eléctricas satisfacen las necesidades para las prácticas?

TABLA 2.8: RESULTADOS PREGUNTA 1

Detalles		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Regularmente Satisfecho	2	29%
	Totalmente Insatisfecho	5	71%
	Total	7	100%

Fuente: Elaborado por los tesisistas

GRÁFICO 2.7: RESULTADOS PREGUNTA 1



Fuente: Elaborado por los tesisistas

En esta primera pregunta, 5 docentes opinan que se encuentran en su mayoría totalmente insatisfechos con el estado actual de los laboratorios usados para la transferencia de conocimiento acerca de transformadores trifásicos en las materias de Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética. Solo 2 catedráticos se encuentran regularmente insatisfechos, pero ni un solo profesor se encuentra satisfecho.

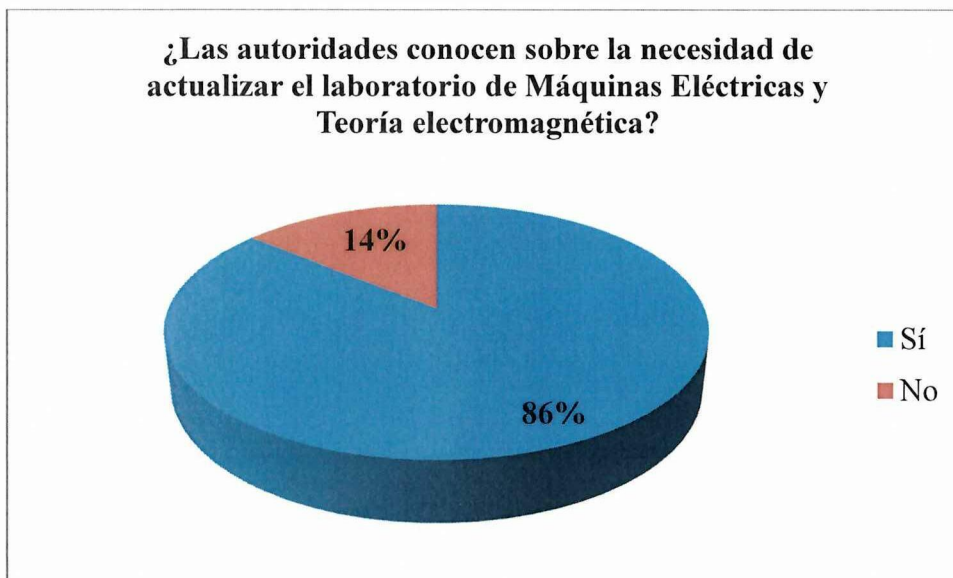
Pregunta 2: ¿Las autoridades conocen sobre la necesidad de actualizar el laboratorio de Máquinas Eléctricas y Teoría electromagnética?

TABLA 2.9: RESULTADOS PREGUNTA 2

Detalles		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Sí	6	86%
	No	1	14%
	Total	7	100%

Fuente: Elaborado por los tesisistas

GRÁFICO 2.9: RESULTADOS PREGUNTA 2



Fuente: Elaborado por los tesisistas

En esta pregunta identifica la opinión de los catedráticos acerca del conocimiento de las autoridades sobre las necesidades de actualizar la tecnología de los laboratorios. En este sentido, 6 docentes de la U.T.C. sugieren que las autoridades si conocen las necesidades de actualizar los laboratorios para realizar las prácticas en materias de máquinas Eléctricas y teoría Electromagnética. Solo 1 docente piensa que no se conoce las necesidades para tener una cátedra práctica sobre Transformadores Trifásicos.

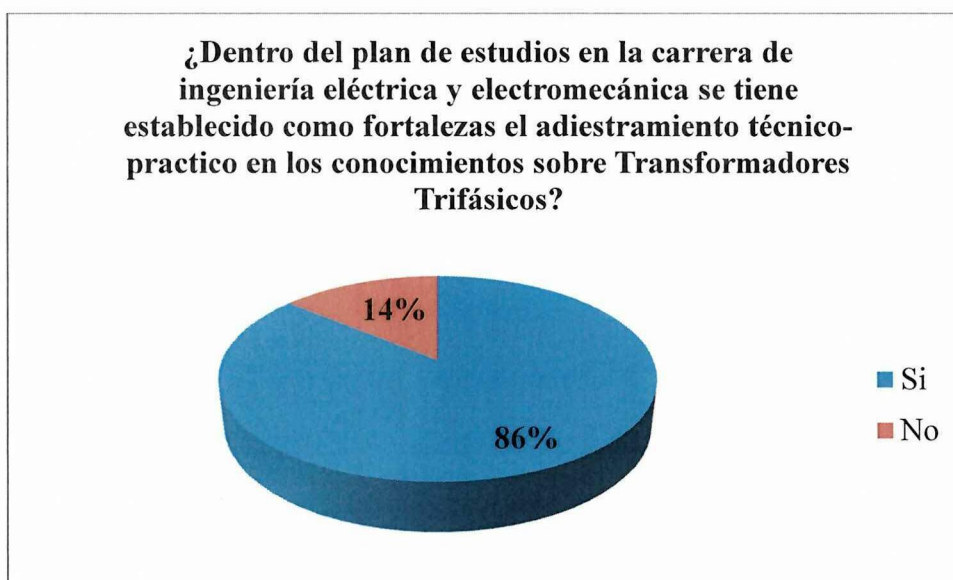
Pregunta 3: ¿Dentro del plan de estudios en la carrera de ingeniería eléctrica y electromecánica se tiene establecido como fortalezas el adiestramiento técnico-practico en los conocimientos sobre Transformadores Trifásicos?

TABLA 2.10: RESULTADOS PREGUNTA 3

Detalles		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Si	6	86%
	No	1	14%
	Total	7	100%

Fuente: Elaborado por los tesisistas

GRÁFICO 2.9: RESULTADOS PREGUNTA 3



Fuente: Elaborado por los tesisistas

La conclusión a esta pregunta es contundente. Ya que se piensa que las fortalezas para las materias que contengan el módulo de Transformadores Trifásicos, una frecuencia de 6 docentes consideran que las fortalezas cognitivas favorecen el proceso de enseñanza. Además solo existe una respuesta negativa hacia la misma.

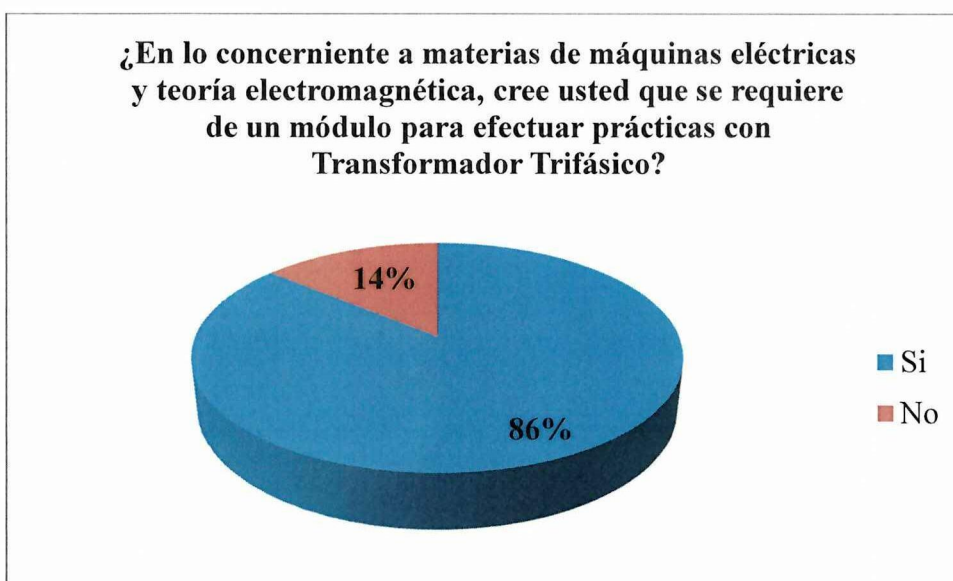
Pregunta 4: ¿En lo concerniente a materias de máquinas eléctricas y teoría electromagnética, cree usted que se requiere de un módulo para efectuar prácticas con Transformador Trifásico?

TABLA 2.11: RESULTADOS PREGUNTA 4

Detalles		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Si	5	86%
	No	1	14%
Total		7	100%

Fuente: Elaborado por los tesisistas

GRÁFICO 2.10: RESULTADOS PREGUNTA 4



Fuente: Elaborado por los tesisistas

En concordancia con el análisis de la pregunta anterior se identifica que el principal requerimiento para las asignaturas de máquinas eléctricas y teoría electromagnética debe orientarse a características prácticas con un índice a favor de un 86% y un indicador negativo de un 14%.

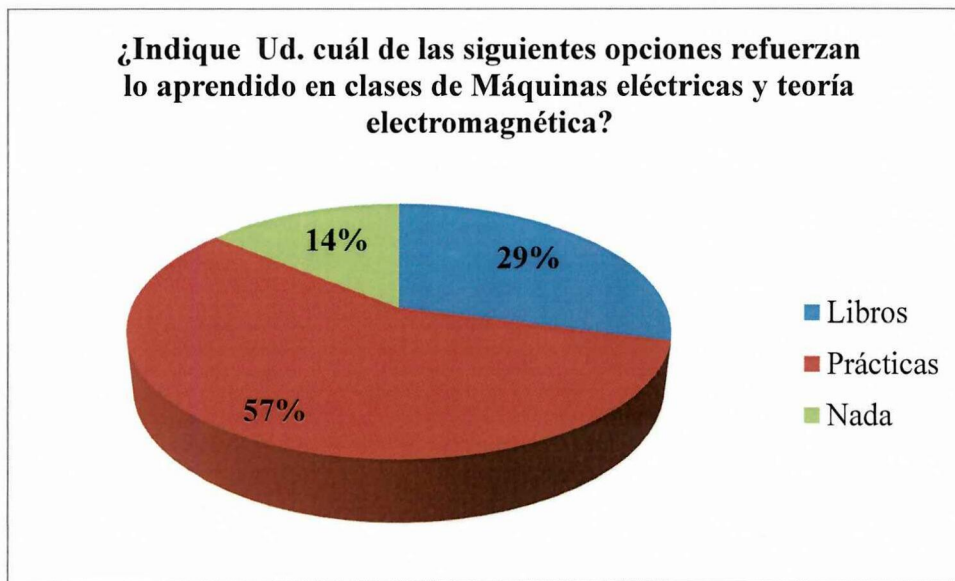
Pregunta 5: ¿Indique Ud. cuál de las siguientes opciones refuerzan lo aprendido en clases de Máquinas eléctricas y teoría electromagnética?

TABLA 2.12: RESULTADOS PREGUNTA 5

Detalles		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Libros	2	29%
	Prácticas	4	57%
	Nada	1	14%
	Total	7	100%

Fuente: Elaborado por los tesisistas

GRÁFICO 2.11: RESULTADOS PREGUNTA 5



Fuente: Elaborado por los tesisistas

Esta pregunta identifica el pensar de los profesores acerca del refuerzo de la materia impartida en clase. 4 docentes señalan que en su mayoría los estudiantes refuerzan con la práctica todo lo aprendido en clases, 2 docentes señala que se puede reforzar la teoría mediante libros y solo 1 docente señala que de ninguna de las dos maneras se refuerza lo aprendido en clases.

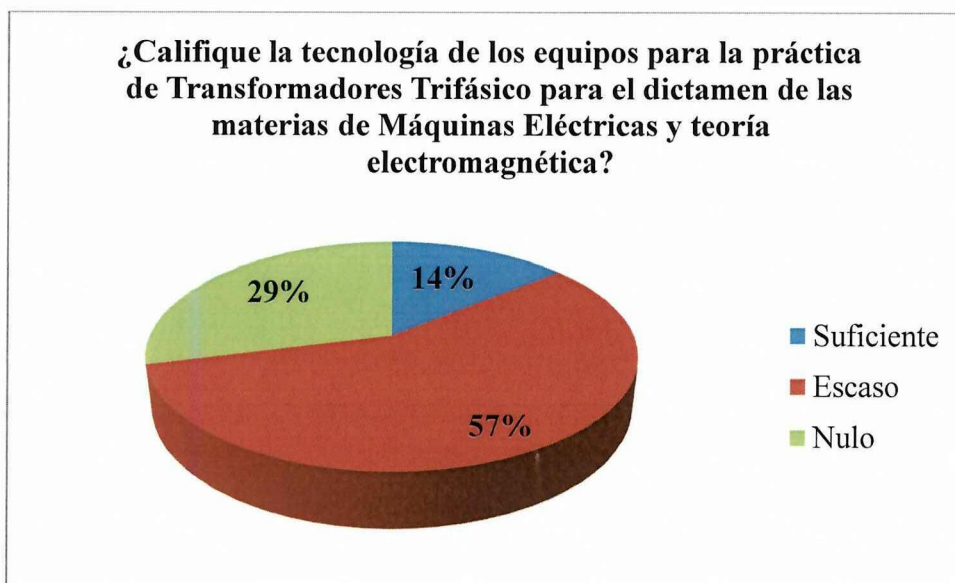
Pregunta 6: ¿Califique la tecnología de los equipos para la práctica de Transformadores Trifásico para el dictamen de las materias de Máquinas Eléctricas y teoría electromagnética?

TABLA 2.13: RESULTADOS PREGUNTA 6

Detalles		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Suficiente	1	14%
	Escaso	4	57%
	Nulo	2	29%
	Total	7	100%

Fuente: Elaborado por los tesisistas

GRÁFICO 2.12: RESULTADOS PREGUNTA 6



Fuente: Elaborado por los tesisistas

La interpretación esta pregunta arroja la conclusión de que existe una escasa capacidad en instalaciones para el dictamen de las materias de máquinas eléctricas y teoría electromagnética. Solo un profesor piensa que existe suficiente capacidad. Mientras que dos catedráticos sugieren la nula capacidad de la institución.

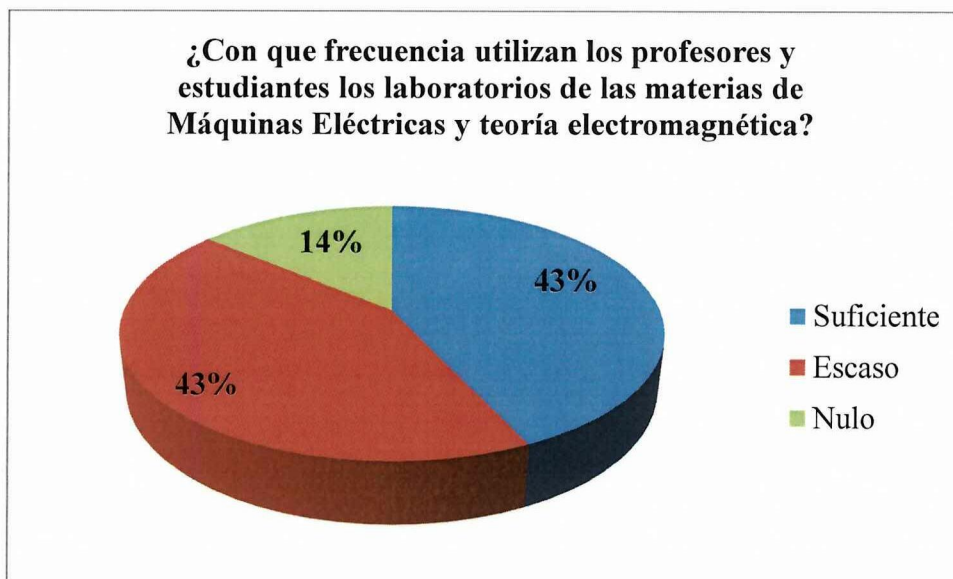
Pregunta 7: ¿Con que frecuencia utilizan los profesores y estudiantes los laboratorios de las materias de Máquinas Eléctricas y teoría electromagnética?

TABLA 2.14: RESULTADOS PREGUNTA 7

Detalles		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Suficiente	3	43%
	Escaso	3	43%
	Nulo	1	14%
	Total	7	100%

Fuente: Elaborado por los tesisistas

GRÁFICO 2.13: RESULTADOS PREGUNTA 7



Fuente: Elaborado por los tesisistas

Las respuestas a esta pregunta de la encuesta no presenta una conclusión verás. Es decir 3 docentes sugieren que existe un uso suficiente los laboratorios existentes de las materias máquinas eléctricas y teoría electromagnética. Sin embargo, también hay 3 docentes que señalan que hay un uso escaso mientras que hay una respuesta de uso nulo a los laboratorios. Esta pregunta aunque señala una mayoría de desuso de los laboratorios no representa una conclusión contundente.

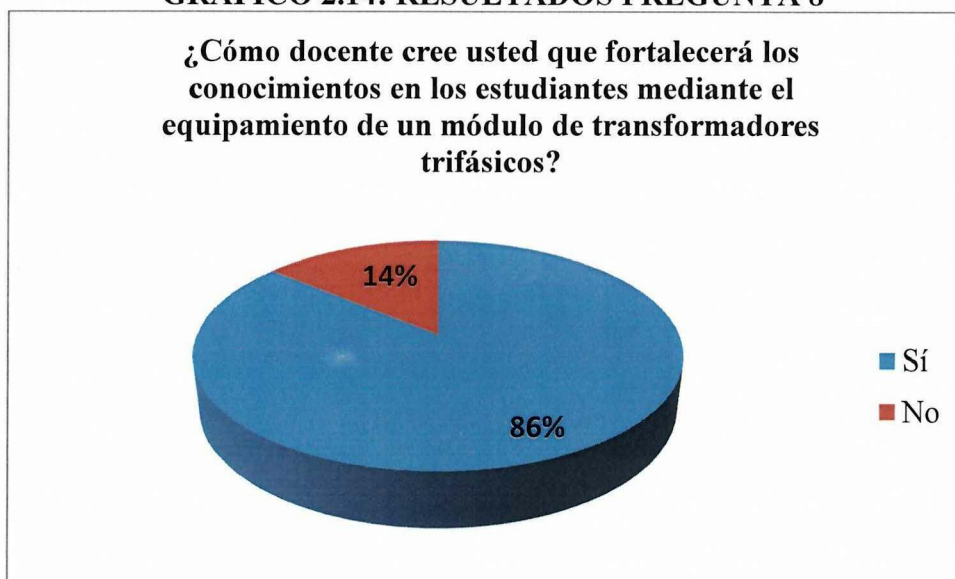
Pregunta 8: ¿Cómo docente cree usted que fortalecerá los conocimientos en los estudiantes mediante el equipamiento de un módulo de transformadores trifásicos?

TABLA 2.15: RESULTADOS PREGUNTA 8

Detalle		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Sí	6	86%
	No	1	14%
Total		7	100%

Fuente: Elaborado por los tesistas

GRÁFICO 2.14: RESULTADOS PREGUNTA 8



Fuente: Elaborado por los tesistas

Al contrario de la conclusión anterior que pudo ser extraída, la respuesta a esta pregunta en la encuesta arroja una conclusión contundente. Es decir se puede observar a simple vista que 6 de los 7 profesores encuestados señalan que sí se fortalecerán los conocimientos mediante el uso de simuladores y aplicaciones.

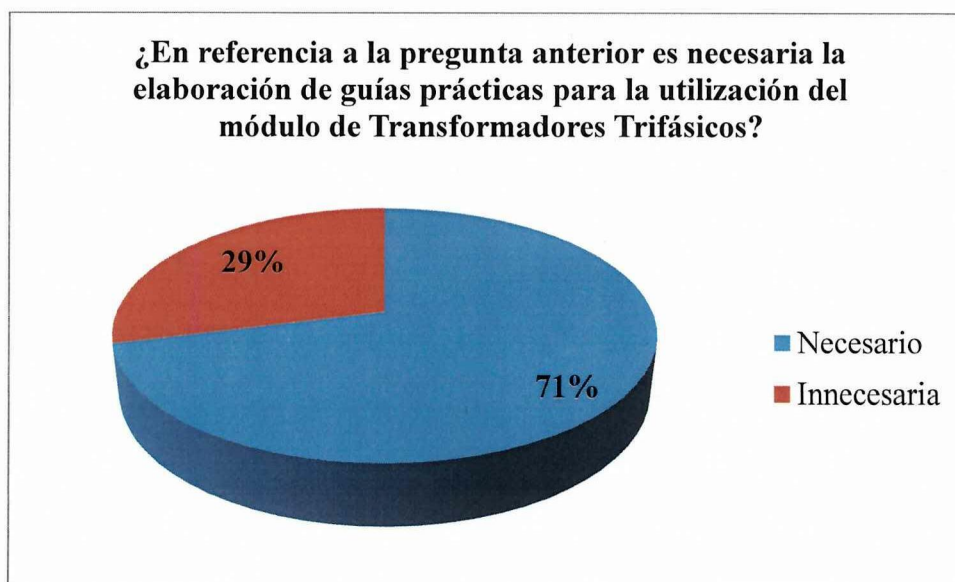
Pregunta 9: ¿En referencia a la pregunta anterior es necesaria la elaboración de guías prácticas para la utilización del módulo de Transformadores Trifásicos?

TABLA 2.16: RESULTADOS PREGUNTA 9

Detalles		Frecuencia	Porcentaje
Válidos	Necesario	5	71%
	Innecesaria	2	29%
	Total	7	100%

Fuente: Elaborado por los tesistas

GRÁFICO 2.15: RESULTADOS PREGUNTA 9



Fuente: Elaborado por los tesistas

Esta respuesta señala la necesidad de la elaboración de guías prácticas del módulo de Transformadores Trifásicos. Todos los profesores sugieren la necesidad de dicha elaboración pero en distintos grados. Del total de 7 profesores, 5 identifican la necesidad como necesario mientras que 2 como innecesario. Sin embargo ningún catedrático señaló que no se necesitan estas guías prácticas.

2.7. Verificación de la hipótesis

A continuación se dará paso a la verificación de la hipótesis. En este sentido se llevará a cabo el manifiesto, el argumento y finalmente se tomará una decisión para el desarrollo del trabajo de grado.

2.7.1. Manifiesto de la hipótesis

La hipótesis con la que se ha trabajado es:

H = La implementación de un módulo de Transformadores Trifásicos en el laboratorio de máquinas eléctricas servirá como herramienta didáctica en el proceso de enseñanza de las cátedras de máquinas eléctricas y de teoría electromagnética.

2.7.2. Argumento

En el proceso de investigación que se planteó en esta tesis, se ha recolectado información mediante la técnica de investigación de campo y la herramienta estadística la encuesta aplicada tanto a los estudiantes como a los profesores de la carrera de ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi (U.T.C.). Dicha información comprueba que la implementación de un módulo de Transformadores Trifásicos en el laboratorio de máquinas eléctricas facilitará el proceso de enseñanza de la cátedra de Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética de la Universidad Técnica de Cotopaxi a través de un manual de uso de la misma. Las respuestas tanto de catedráticos como de los alumnos encuestados no dejan lugar a dudas. Esta afirmación se basa en que un 91,2% de los estudiantes al igual que un 87,5% piensa que el equipamiento de los laboratorios es escaso o nulo. Por otro lado la necesidad por implementarse el módulo de Transformadores Trifásicos se ve reflejada en las respuestas tanto de estudiantes como de profesores (96.3% y 100% respectivamente)

Además, tanto la investigación teórica, como la elaboración del trabajo de campo afirman la utilidad del módulo así como de las guías prácticas a desarrollarse en el siguiente capítulo.

Tabla 2.17: Encuesta de los alumnos

PREGUNTAS REALIZADAS	OPCIONES			SUMAS MARGINALES
	SI	NO	NO CONTESTADA	
Pregunta 1	66	14	-----	80
Pregunta 2	65	15	-----	80
Pregunta 3	68	12	-----	80
Pregunta 4	58	22	-----	80
Pregunta 5	56	24	-----	80
Pregunta 6	77	3	-----	80
	390	90	-----	480

Tabla 2.18: Encuesta de los docentes

PREGUNTAS REALIZADAS	OPCIONES			SUMAS MARGINALES
	SI	NO	NO CONTESTADA	
Pregunta 1	2	5	-----	7
Pregunta 2	6	1	-----	7
Pregunta 3	6	1	-----	7
Pregunta 4	6	1	-----	7
Pregunta 5	4	2	1	7
Pregunta 6	4	1	2	7
Pregunta 7	3	3	1	7
Pregunta 8	6	1	-----	7
Pregunta 9	5	2	-----	7
	42	17	4	63

La respuesta positiva a la necesidad de la implementación de un módulo de transformadores trifásicos se puede apreciar en estas tablas. Tanto la pregunta 6 de la encuesta hecha a alumnos como la pregunta 9 de la encuesta realizada a los profesores sugieren que una gran mayoría determina que es necesaria la implementación de dicho módulo (77 alumnos y 5 profesores). Por otro lado, las respuestas a las interrogantes planteadas por los investigadores tanto en lo que se refiere al tipo de instrumentos (pregunta 5) sugiere que 70% de los estudiantes encuentran a los equipos desactualizados. En este sentido, las respuestas de los profesores consultados sugieren que hay un problema ya que son ellos los que

determinan que la mejor manera de realizar el refuerzo de conocimientos es a través de materias prácticas.

2.7.3. Decisión

Luego de analizar los resultados estadísticos de las encuestas realizadas a los docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se logra concluir la gran mayoría, están de acuerdo con la elaboración de las guías prácticas de un módulo de Transformadores Trifásicos así la implementación del mismo. Los mencionados productos derivados de esta tesis lograrían complementar sus conocimientos teóricos.

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. JUSTIFICACIÓN

Se justificará el tema antes expuesto basándonos en los siguientes ítems:

- Oportunidad

La capacitación práctica del módulo de transformadores trifásicos es una faceta de las cátedras que ya no es nueva a nivel mundial. Sin embargo las universidades de América Latina históricamente han abandonado esta idea. Hoy por hoy el cambio está dado y la ruta trazada. Es un tema constantemente demandado por profesores y estudiantes que en su implementación beneficiará a ambos.

- Viabilidad

Para este tema de investigación, se poseen los datos necesarios tanto en libros como en las mismas carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica. Esto nos permitirá (además del acceso a la base teórica) el acceso a entrevistas y encuestas al interior de dicha carrera tanto a profesores como a alumnos de las materias de Máquinas Eléctricas I y II y Teoría Electromagnética.

- Importancia

El estudio propuesto es importante en términos académicos y prácticos. Esto se da ya que a la vez que nos permitirá aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera universitaria, podrá ser de ayuda para la Universidad Técnica de Cotopaxi. En este sentido beneficiará tanto a sus alumnos como a sus profesores. Además, con la implementación de un módulo de transformadores trifásicos se puede desarrollar ciertas prácticas en las materias dictadas dentro de la malla curricular.

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo General

Desarrollar una guía práctica a través del estudio de Transformadores Trifásicos para el laboratorio de Maquinas Eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi con la finalidad de fortalecer la enseñanza teórico-práctica por parte del docente.

3.2.2. Objetivos Específicos

- Socializar la base teórica y conceptual que permitirá el manejo científico, tecnológico e investigativo del módulo de transformadores trifásicos en la práctica.
- Fortalecer los conocimientos teóricos a los estudiantes de las Carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica mediante las prácticas que se realizaran en el módulo de Transformadores Trifásicos.
- Proporcionar la información necesaria para la adecuada utilización del módulo de Transformador Trifásicos por medio de un manual de guías de prácticas.

3.3. DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS

Después de haber detallado en el Capítulo I los antecedentes teóricos a utilizarse; y de identificar en el Capítulo II la necesidad de la implementación de un módulo de transformadores trifásicos, el presente apartado busca desarrollar las prácticas pertinentes.

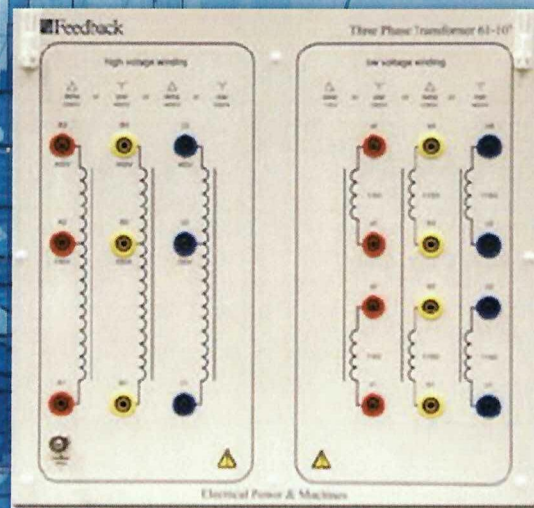
El presente capítulo consta de siete apartados. En primer lugar, se hará referencia a las conexiones Delta y Estrella. En un segundo momento, esta investigación sugerirá las prácticas con carga Estrella y Delta. Acto seguido, se hará referencia a la transformación interconectada Estrella (zigzag). Después se realizarán las prácticas de potencia con bobinas secundarias en estrella que tomarán dos apartados. En sexto lugar, se realizarán las prácticas de

transformadores de seis fases. Finalmente las prácticas culminan con el tema Sistema de bases conductor.

Cada uno de estos apartados se compone de una sección de introducción donde se trazan los objetivos, el equipo necesario y la manera en la que se pone en marcha el equipo. Después se realizarán las prácticas correspondientes a cada subtema. Además, dependiendo de la profundidad del tema, se sugiere una pequeña sección referente a los aspectos prácticos.

PORTADA

GUÍAS PRÁCTICAS DE MÓDULO DE TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS



AUTORES:

Cruz Veintimilla Ítalo Vicente

Santacruz Tapia Manuel Marcelo

PRESENTACIÓN

Ante la necesidad de capacitar a los estudiantes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de mejor manera en las cátedras Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética y con el propósito de convertirse en una herramienta fundamental para el profesorado en su forma de transferir conocimientos a sus educandos; se desarrolló la presente guía de prácticas para el Módulo de Transformadores Trifásicos.

Dicha guía consta de 8 prácticas divididas en 3 temas generales. En ellas se detallan los equipos, procedimientos y los distintos pasos de registro en el módulo de Transformador Trifásico

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la gran mayoría de los sistemas trifásicos, tanto para la producción como para el transporte y la distribución de la energía eléctrica son de Corriente Alterna. Por lo tanto, el estudio de los transformadores trifásicos es de mucha importancia, en el mundo de las maquinas eléctricas.

Este documento es un aporte para el trabajo de este tipo de instrumentos. El manejo de esta máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico trifásico, manteniendo una relación entre sus fases la cual depende del tipo de conexión de este circuito; conlleva una serie de pasos que a simple vista son invisibles al ojo del usuario de equipos eléctricos. La presente guía de prácticas es un acercamiento al conocimiento de su funcionamiento y del trabajo que pueden realizar estos equipos.

OBJETIVOS:

Cuando haya completado esta tarea usted debe:

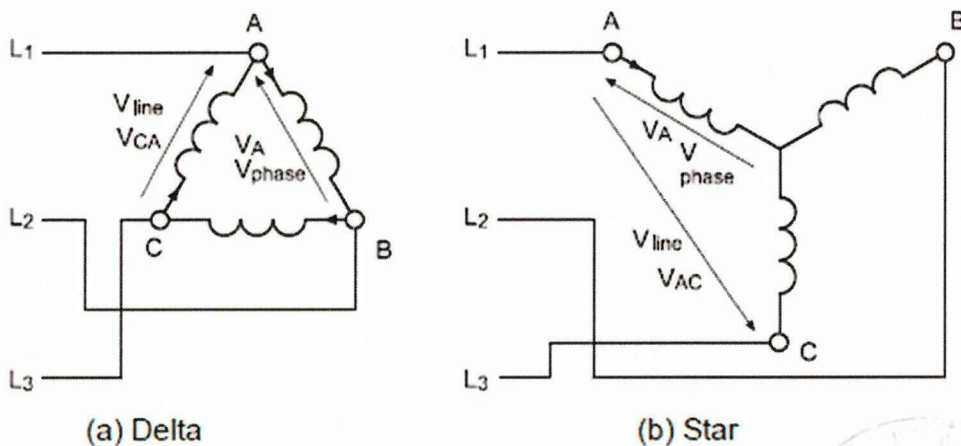
- Estar familiarizado con el entrenador.
- Ser capaz de derivar las relaciones de voltaje y fase de uso común de transformadores trifásicos.
- Conocer las conexiones y características de un transformador trifásico conectado en triángulo (Δ) / estrella (Y)

EQUIPO NECESARIO:

- Fuente de alimentación universal 60-105.
- Unidad Transformador Trifásico 61-107
- Sistema de armadura 91-200
- Set estándar de Latiguillos 68-800

TEORÍA:**Conexiones del Transformador**

Cada dispositivo trifásico (por ejemplo, transformadores, generadores o motores) tiene elementos o arrollamientos que se puede segregar en tres divisiones. Es habitual para describir cada división como una fase. Las dos formas habituales de la conexión de las tres divisiones se conocen como estrella y triángulo. La figura 3 muestra las dos conexiones.



Fuente : Manual (60-070-VIP)

El término V_{line} se refiere a la tensión de la línea, que es la tensión entre dos líneas de una tercera fase sistema.

El término V_{phase} se refiere a la tensión de fase, que es la tensión entre una línea y un potencial de referencia común (generalmente neutro). El voltaje a través del devanado o devanados asociados con una fase. Tenga en cuenta las tensiones Sin embargo, esto debe ser observado con cuidado, ya que también puede ser utilizado para suponer en los dos tipos de conexión.

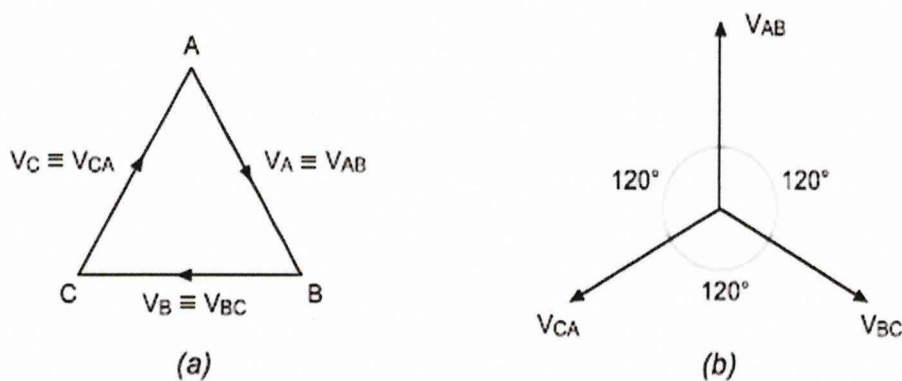
Bobinados Conectados en Triangulo

Se puede ver claramente en la figura 3.1 (a) que para el sistema conectado en triangulo la tensión de fase es el mismo que la tensión de línea.

Por lo tanto:

$$V_{\text{fase}} = V_{\text{línea}}$$

FIGURA 3.1: DIAGRAMA FASORIAL DE LA CONEXIÓN EN TRIANGULO



Fuente : Manual (60-070-VIP)

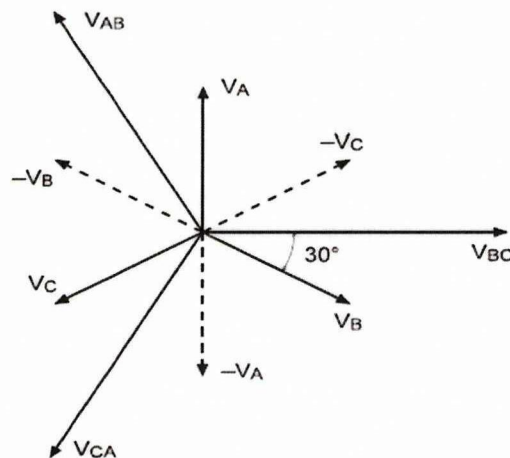
Esto se demuestra en la figura 3.1. La figura 3.1 (a) muestra cómo los voltajes en los devanados suman cero. La figura 3.1 (b) muestra los tres voltajes como fasores separados, simétricamente espaciadas a 120° entre sí. Tenga en cuenta que no hay punto neutro.

Bobinados conectados en estrella

Tenga en cuenta las tensiones en el sistema. De la figura 3.1.1. (b), es evidente que cada voltaje de línea es la diferencia fasor de dos de las tensiones de fase. Esa es la línea de voltaje V_{AB} se obtiene por restando V_B de V_A .

La figura 3.1.1 muestra el diagrama de fasores para las tensiones en el sistema conectado estrellas.

FIGURA 3.1.1: DIAGRAMA FASORIAL CONEXIÓN EN ESTRELLA



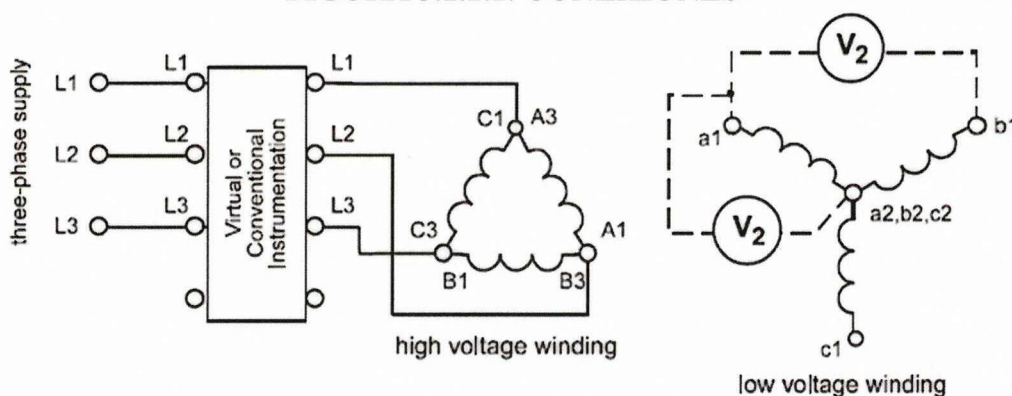
Fuente : Manual (60-070-VIP)

A partir de esta la relación entre la fase y las tensiones de línea se puede calcular.

$$V_{\text{line}} = 2 \times V_{\text{phase}} \cos 30 = \sqrt{3} V_{\text{phase}}$$

PROCEDIMIENTO:

1. Asegúrese de que la fuente de alimentación universal 60-105 está apagada.
2. Realice las conexiones que se muestran en la figura 3.1.1.3 (a) y (b) o (c). El circuito eléctrico simplificado se muestra en la figura 3.1.1.1.

FIGURA 3.1.1.1. CONEXIONES

Fuente : Manual (60-070-VIP)

1. Si se está utilizando la instrumentación virtual, ajuste el interruptor de rango a 250 V/500 V para el canal V1 a 500 V y para el canal V2 a 250 V en la Unidad Multicanales E / S de 68-500. Esto permite que los voltajes adecuados puedan ser monitoreado cuando las tomas estén conectadas a '500 V/250 V'.
2. En la Fuente de alimentación universal 60-105, verificar que la "tensión variable de salida" el control se encuentre en 0%, entonces ponga el disyuntor trifásico a la posición de encendido.
3. Gire el dial de Lafuente de alimentación de manera que una tensión de 400V-208V se indica en la instrumentación virtual o convencional primaria V1.
4. Registre el voltaje de línea primaria V1, en una copia apropiada de la Tabla 3.1.1. Note que para una conexión primaria en triángulo, los voltajes de fase y de línea son el mismo.

TABLA 3.1.1. VOLTAJES MEDIDOS (VERSIÓN DEL PRODUCTO 230V)

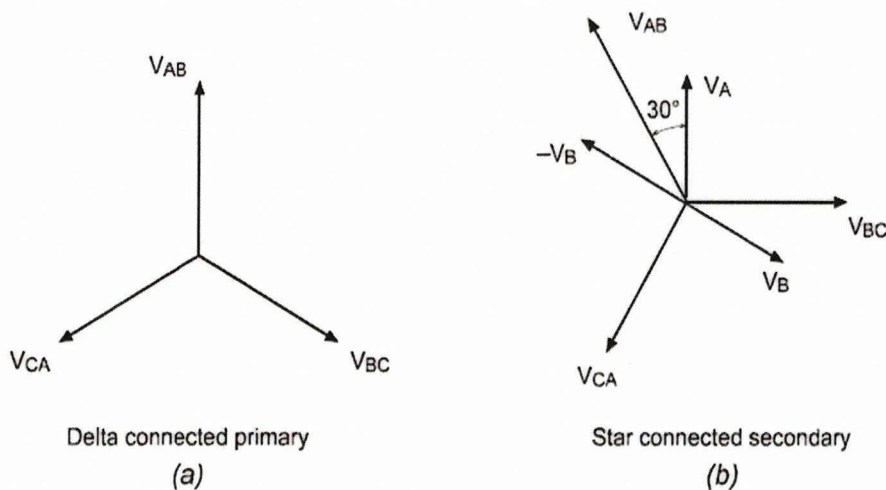
Conexión en Delta Primaria	Conexión en Estrella Secundario		
Voltaje de línea primaria (V)	Voltaje de fase (V)		Voltaje de línea (V)
	Va1a2		Va1b1

Fuente : Manual (60-070-VIP)

1. Registre el voltaje de fase secundaria y voltaje de la línea secundaria que se lee en instrumentación virtual o convencional V2, en una copia adecuada de la tabla 3.1.1.
2. Gire el control de “voltaje variable de salida” a 0% en la fuente de suministro universal 60-105 y luego apagar el disyuntor trifásico del circuito.

Nota: Los transformadores conectados en triangulo-estrella se utiliza a menudo como un transformador de distribución de manera que una derivación podrían ser llevado a cabo desde el punto neutral para la distribución de cuatro cables.

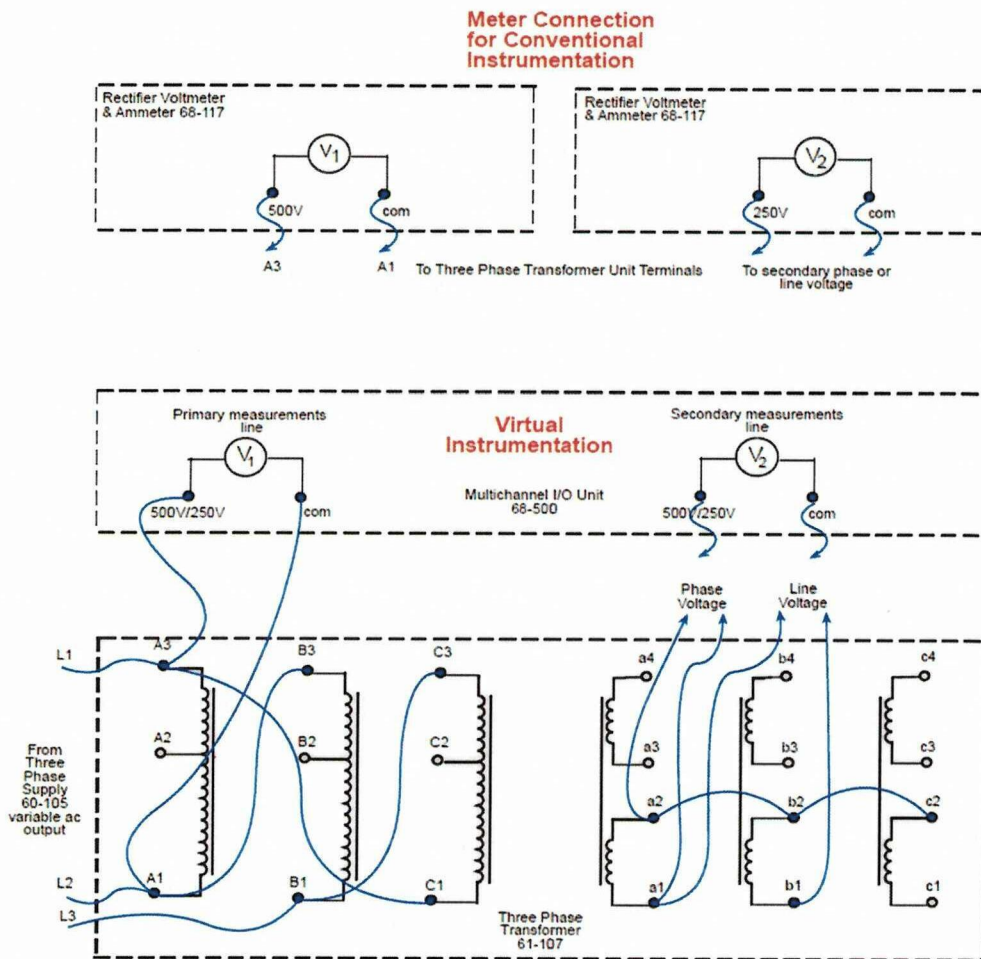
FIGURA 3.1.1.2 VOLTAJE EN LÍNEA



Fuente : Manual (60-070-VIP)

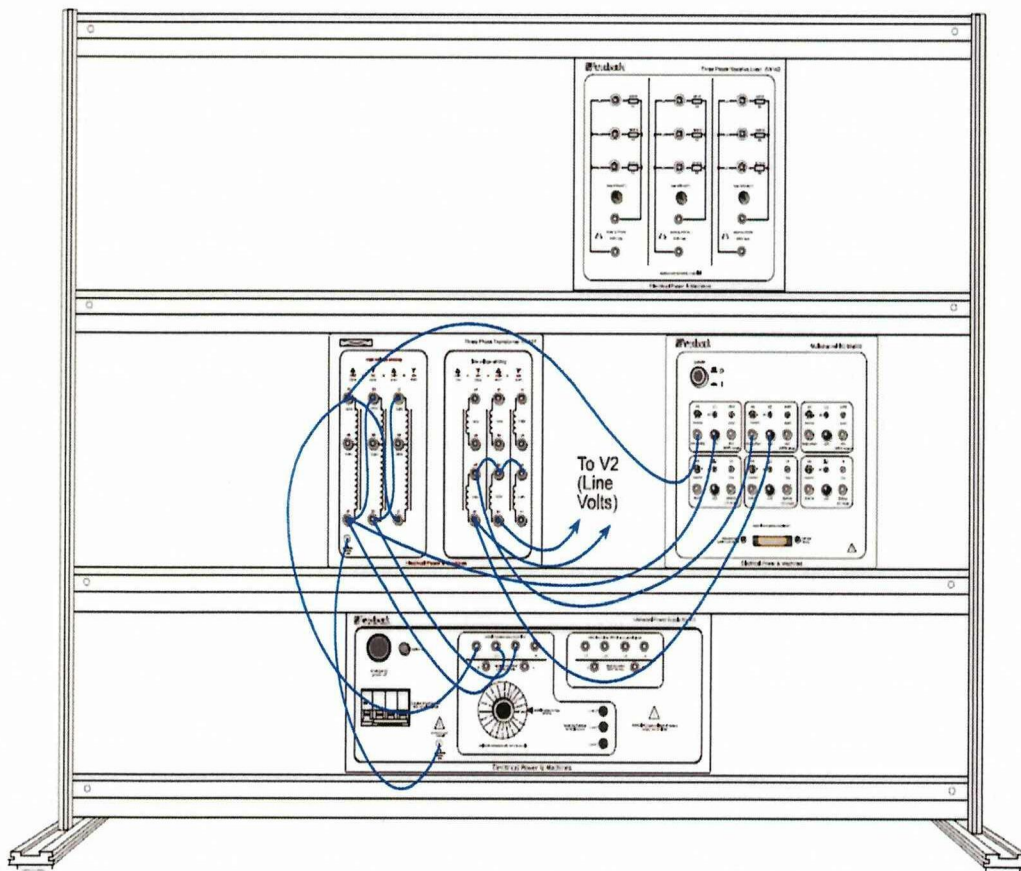
La figura 3.1.1.2 muestra el voltaje de línea para el primario conectado en triángulo y el secundario conectado en estrella, como se explica en la sección de la teoría. La figura 3.1.1.2 (b) muestra que los voltajes secundarios para esta conexión lidera a la primaria por 30° .

FIGURA 3.1.1.3(A): PRACTICA 3.1 DIAGRAMA DEL CIRCUITO



Fuente : Manual (60-070-VIP)

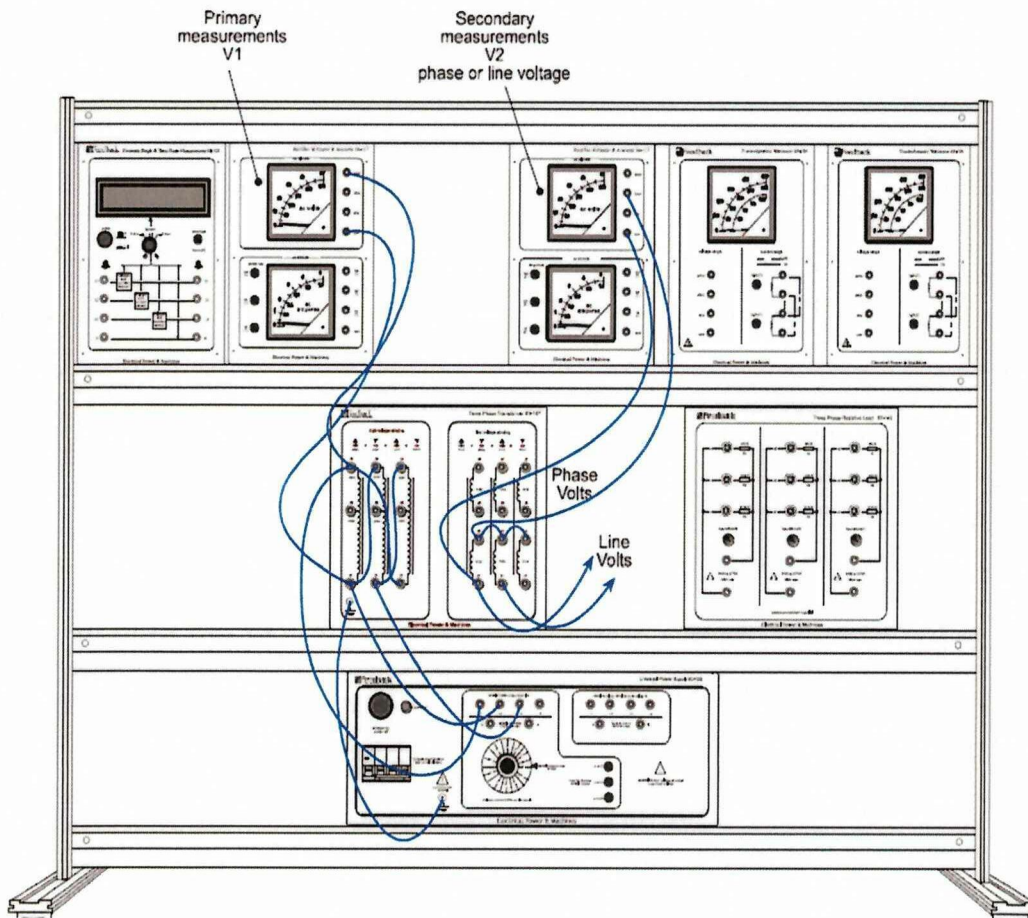
FIGURA 3.1.1.3. (B): DIAGRAMA DE CABLEADO (INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL)



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Nota: Las conexiones de voltaje de fase V2 se muestran 68-500. Para las conexiones de tensión de línea, conexiones de voltaje de fase de desconexión y conexión de la medida V2 a los "voltios" Línea de conexión como se muestra.

FIGURA 3.1.1.3. (C): DIAGRAMA DE CABLEADO (INSTRUMENTACIÓN CONVENCIONAL)



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Nota: Se muestran las conexiones de voltaje de fase a los voltímetros. Para las conexiones de tensión de línea se desconectan las conexiones de voltaje de fase y conectan a la medida de V2 de la línea de voltios de las conexiones mostradas.

PRÁCTICA N° 1	TEMA: TRANSFORMADOR TRIFÁSICO CONECTADO EN TRIÁNGULO (Δ) / ESTRELLA (Y)	9/9
----------------------	--	------------

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

¿Qué relación existe entre los voltajes de línea en relación a los voltajes de fases en las conexiones triángulo-estrella del transformador?

¿Qué relación existe entre las corrientes de línea en relación a las corrientes de fases en las conexiones estrella triángulo del transformador?

¿Qué ventajas tenemos al conectar un transformador trifásico en triángulo- estrella?

¿Qué desventajas encontramos al conectar un transformador trifásico en triángulo- estrella?

CONCLUSIONES:

.....

RECOMENDACIONES:

.....

OBJETIVOS:

Cuando haya completado esta tarea usted debe:

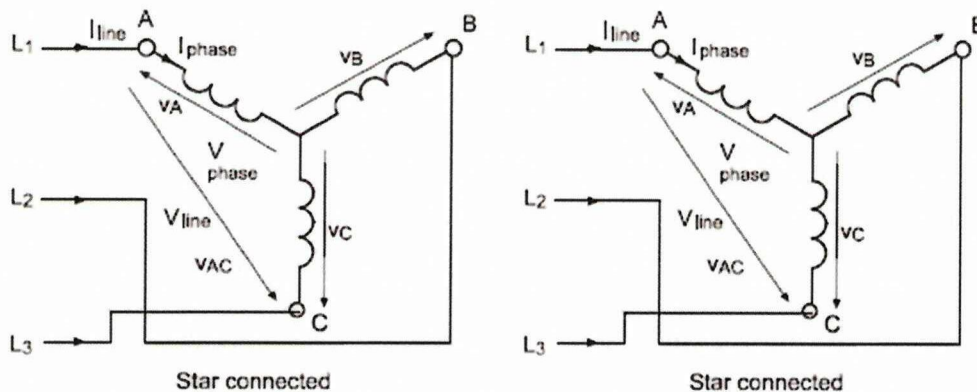
- Ser capaz de derivar las relaciones de voltaje y fase de uso común de transformadores trifásicos.
- Conocer las conexiones y características de un transformador trifásico conectado en estrella (Y)/ estrella (Y)

EQUIPO NECESARIO:

- Fuente de alimentación universal 60-105.
- Unidad Transformador Trifásico 61-107
- Sistema de armadura 91-200
- Set estándar de Latiguillos 68-800

TEORÍA:**Conexiones del Transformador**

Cada dispositivo trifásico (por ejemplo, transformadores, generadores o motores) tiene elementos o arrollamientos que se puede segregar en tres divisiones. Es habitual para describir cada división como una fase. Las dos formas habituales de la conexión de las tres divisiones se conocen como estrella y estrella. La figura 4-11-1 muestra la dos conexiones.



Fuente : Manual (60-070-VIP)

El término V_{line} se refiere a la tensión de la línea, que es la tensión entre dos líneas de una tercera fase sistema.

El término V_{phase} se refiere a la tensión de fase, que es la tensión entre una línea y un potencial de referencia común (generalmente neutro). Sin embargo, esto debe ser observado con cuidado, ya que también puede ser utilizado para suponer el voltaje a través del devanado o devanados asociados con una fase.

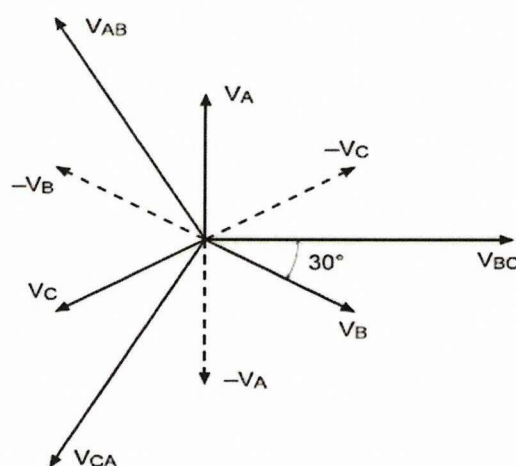
Tenga en cuenta las tensiones en los dos tipos de conexión.

Bobinados conectados en estrella

Tenga en cuenta las tensiones en el sistema. De la figura 4-11-1 (b), es evidente que cada voltaje de línea es la diferencia fasor de dos de las tensiones de fase. Esa es la línea de voltaje V_{AB} se obtiene por restando V_B de V_A .

La figura 4-11-3 muestra el diagrama de fasores para las tensiones en el sistema conectado estrellas.

FIGURA 4-11-3: DIAGRAMA FASORIAL CONEXIÓN EN ESTRELLA



Fuente : Manual (60-070-VIP)

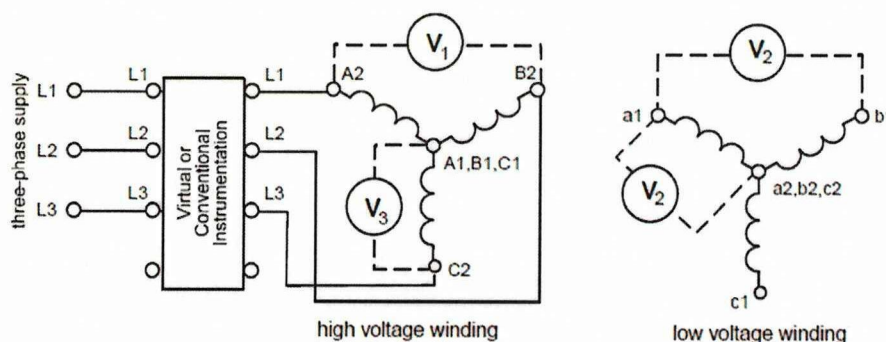
A partir de esta la relación entre la fase y las tensiones de línea se puede calcular.

$$V_{\text{line}} = 2 \times V_{\text{phase}} \cos 30 = \sqrt{3} V_{\text{phase}}$$

PROCEDIMIENTO:

1. Asegúrese de que la fuente de alimentación universal 60-105 está apagada.
2. Realice las conexiones que se muestran en la figura 3.1.2.2. (a) y (b) o (c). El circuito simplificado se muestra en la figura 3.1.2.

FIGURA 3.1.2.1 CONEXIONES CIRCUITO SIMPLIFICADO



Fuente : Manual (60-070-VIP)

1. Si se está utilizando la instrumentación virtual, establezca los interruptores en el rango de 2
2. 50 V/500 V para los canales V2 y V3 a "250 V" en la Unidad multicanales E / S 68-500. Esto permite voltajes de hasta 250 V que deben ser monitoreadas cuando las tomas estén conectadas a "500 V/250 V". Seleccione el canal V1 al rango de 500 V.
3. En la Fuente de alimentación universal 60-105, asegúrese que el "voltaje variable de salida", el control se encuentre en 0%, a continuación establezca el disyuntor trifásico del circuito en la posición ON.
4. Gire el dial de la fuente de alimentación de manera que de un voltaje de 400 V 208 V el cual se indica en la instrumentación virtual o convencional primaria V1.
5. Mida y Anote el voltaje principal de línea y de fase V1/V3, en el lugar correspondiente de la tabla de resultados 3.1.2.1.

PRÁCTICA N° 2	TEMA: TRANSFORMADOR TRIFÁSICO CONECTADO EN ESTRELLA (Y)-ESTRELLA (Y)	4/9
----------------------	---	------------

TABLA 3.1.2.1. PRÁCTICA 3.1.2. TABLA DE RESULTADOS (VERSIÓN DEL PRODUCTO 230V)

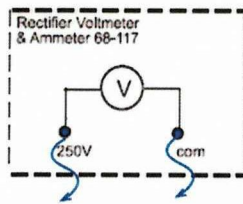
Conexión en Estrella Primaria		Conexión en Estrella Secundario			
Voltaje línea (V)	Voltaje fase (V)	Voltaje de fase (V)		Voltaje de línea (V)	
		Va1a2		Va1b1	

Fuente : Manual (60-070-VIP)

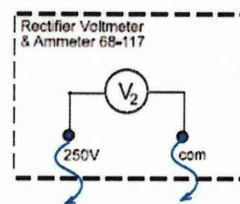
1. Mida y Registre el voltaje de fase secundaria y voltaje de línea secundaria, leído en la instrumentación virtual o convencional V2, en el lugar correspondiente de la tabla de resultados 3.1.2.1.
2. Gire el control de “voltaje variable de salida” a 0% en la fuente de suministro universal 60-105 y luego apagar el disyuntor trifásico del circuito.

FIGURA 3.1.2.2. (A): PRACTICA 3.1.2. DIAGRAMA DEL CIRCUITO

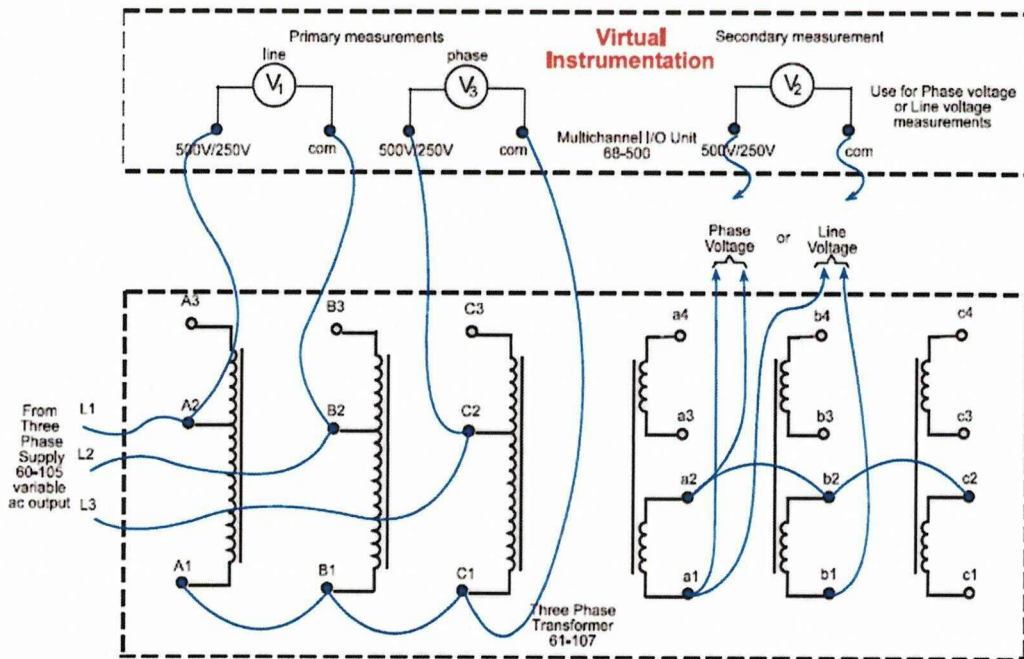
Meter Connection for Conventional Instrumentation



Connected as V1 and used for V1 and V3 measurements

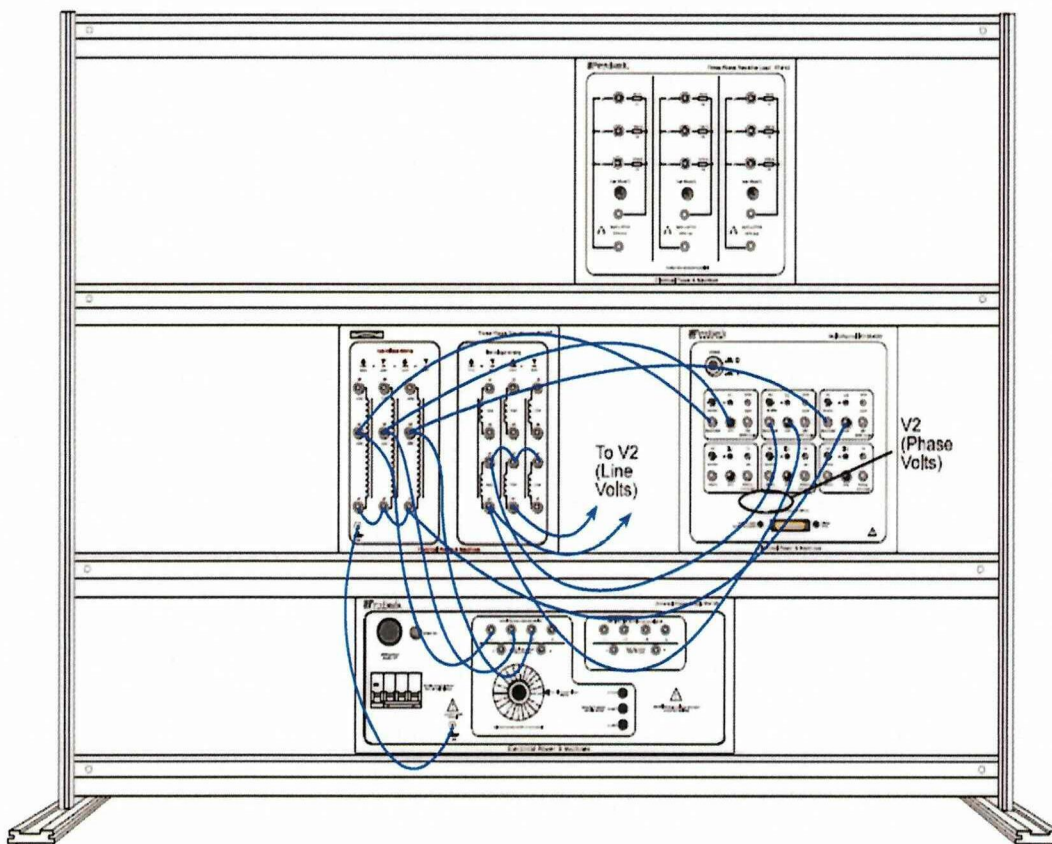


To Three Phase Transformer Unit Terminals Phase voltage or line voltage measurements - secondary



Fuente : Manual (60-070-VIP)

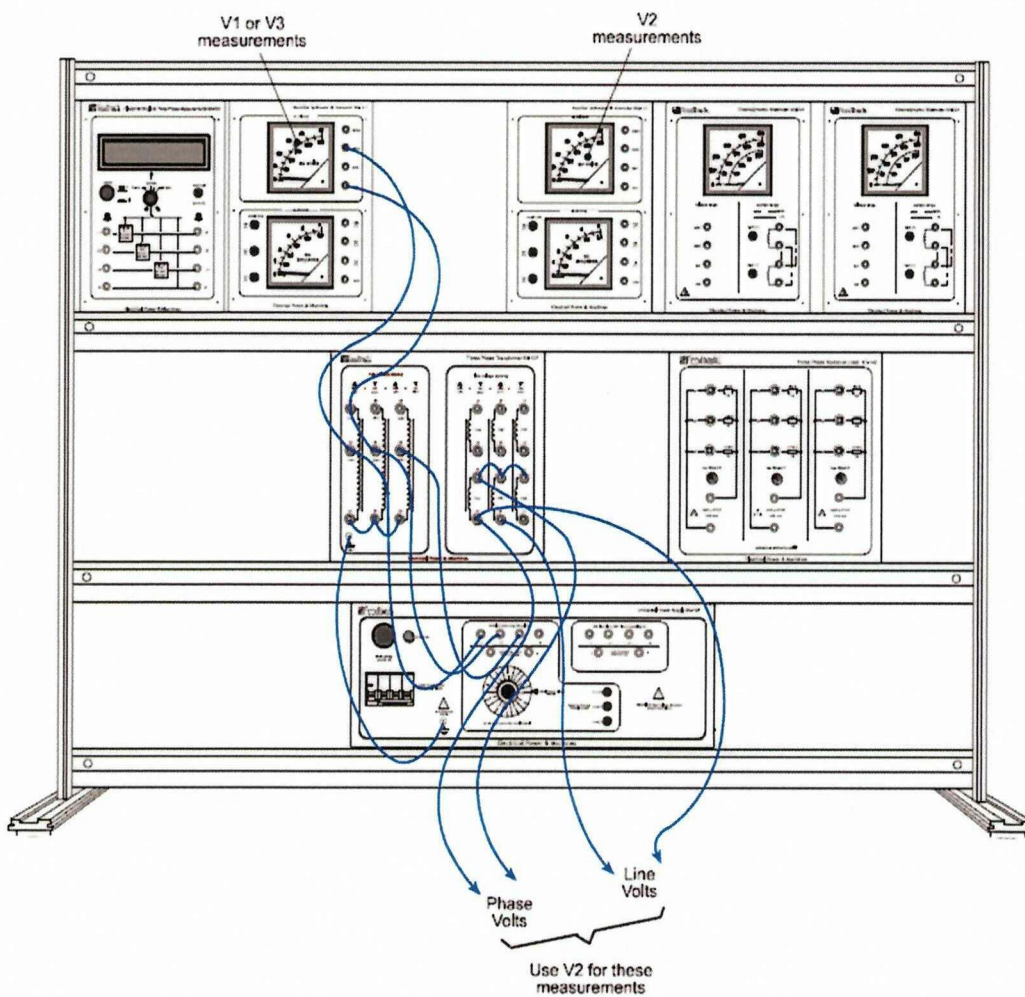
FIGURA 3.1.2.2. (B): PRÁCTICA 3.1.2. DIAGRAMA DE CABLEADO (INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL)



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Nota: Conexiones del voltaje de fase a V2 se muestran a 68-500. Para las conexiones del voltaje de línea, conexiones de voltaje de fase de desconexión y conexión de la medida de V2 en la "Línea voltios" conexiones mostradas.

FIGURA 3.1.2.2. (C): PRACTICO 3.1.2 DIAGRAMA DE CABLEADO (INSTRUMENTACIÓN CONVENCIONAL)



Fuente : Manual (60-070-VIP)

PRÁCTICA N° 2	TEMA: TRANSFORMADOR TRIFÁSICO CONECTADO EN ESTRELLA (Y)-ESTRELLA (Y)	8/9
----------------------	---	------------

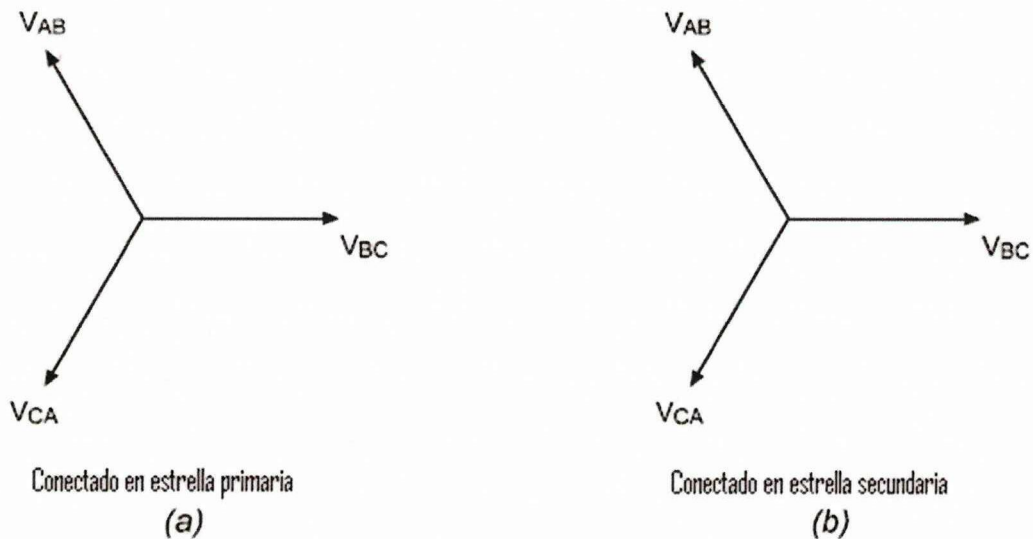
RESUMEN:

Se puede observar que ambas conexiones para las Prácticas 3.1.1 y 3.1.2, se proporciona el mismo voltaje secundario por fase. Sin embargo, si tenemos en cuenta los voltajes primarios se hace evidente que la conexión primaria en estrella necesita un voltaje de fase superior a la primaria conectado en estrella con el fin de producir el mismo voltaje por fase en el secundario.

Es por esta razón que la conexión en estrella-estrella es preferida por muchas autoridades de suministro, ya que es más económica para aplicaciones de alto voltaje, ya que minimiza las vueltas por fase y el devanado de aislamiento.

Otra ventaja de conectar el transformador estrella-estrella es que con puntos estrella disponibles en ambos lados es posible proporcionar una conexión de neutro.

FIGURA 3.1.2.3. VOLTAJE DE LÍNEA



Fuente : Manual (60-070-VIP)

PRÁCTICA N° 2	TEMA: TRANSFORMADOR TRIFÁSICO CONECTADO EN ESTRELLA (Y)-ESTRELLA (Y)	9/9
----------------------	---	------------

La figura 3.1.2.3 muestra el voltaje de línea para el primario conectado en estrella y el secundario conectado en estrella como se explica en la sección de la teoría. La figura 3.1.2.3 (b) muestra que los voltajes secundarios para esta conexión se encuentran en fase con el primero.

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

- ¿Qué relación existe entre los voltajes de línea con relación a los voltajes de fases en las conexiones estrella estrella del transformador?
- ¿Qué relación existe entre las corrientes de línea con relación a las corrientes de fases en las conexiones estrella estrella del transformador?
- ¿Qué ventajas tenemos al conectar un transformador trifásico en estrella - estrella?
- ¿Qué desventajas encontramos al conectar un transformador trifásico en estrella - estrella?

CONCLUSIONES:

.....

RECOMENDACIONES:

.....

OBJETIVOS:

Cuando haya completado esta tarea usted debe:

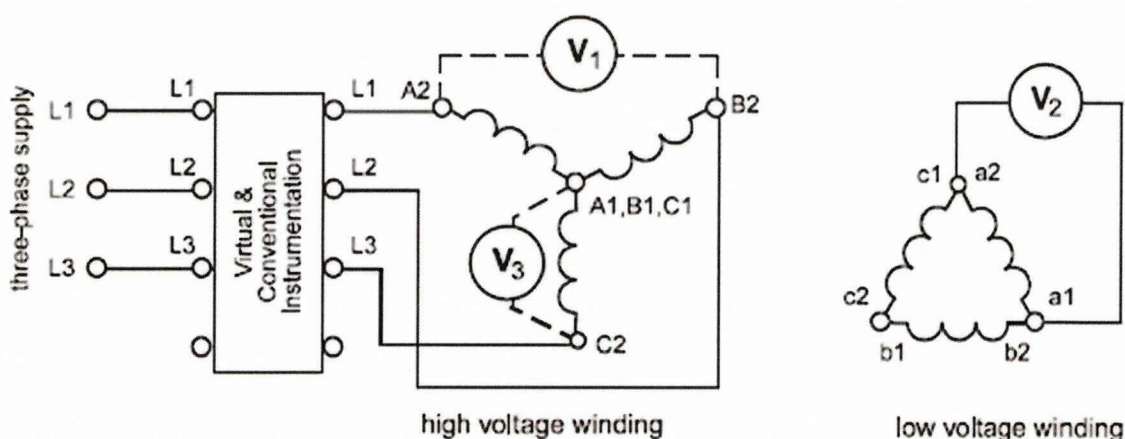
- Ser capaz de derivar las relaciones de voltaje y fase de uso común de transformadores trifásicos.
- Conocer las conexiones y características de un transformador trifásico conectado en estrella (Y)/Triángulo (Δ)

EQUIPO NECESARIO:

- Fuente de alimentación universal 60-105.
- Unidad Transformador Trifásico 61-107
- Sistema de armadura 91-200
- Set estándar de Latiguillos 68-800

PROCEDIMIENTO:

1. Asegúrese de que la fuente de alimentación universal 60-105 está apagada.
2. Realice las conexiones que se muestran en la Figura 3.1.3.2. (a) y (b) o (c). El circuito eléctrico simplificado se muestra en la Figura 3.1.3.1.

FIGURA 3.1.3.1. CIRCUITO SIMPLIFICADO

Fuente : Manual (60-070-VIP)

PRÁCTICA N° 3	TEMA: TRANSFORMADOR CONECTADO EN ESTRELLA (Y) / TRIÁNGULO (Δ)	2/7
----------------------	--	------------

- Si se está utilizando la instrumentación virtual, establezca los interruptores en el rango de 250 V/500 V para los canales V2 y V3 a 250 V en la Unidad multicanal de E / S de 68-500. Esto permite voltajes de hasta 250 V que deben ser monitoreadas cuando las tomas estén conectadas a 500 V/250 V. Seleccione el canal V1 al rango de 500 V.
- En la Fuente de alimentación universal 60-105, asegúrese que el "voltaje variable de salida", el control se encuentre en 0%, a continuación establezca el disyuntor trifásico del circuito en la posición ON.
- Gire el dial de la fuente de alimentación de manera que de un voltaje de *400 V 208 V*, se indique en la instrumentación virtual V1 o convencional primaria.
- Mida y registre el voltaje de línea primaria, en el lugar adecuado de Tabla de resultados 3.1.3.1. (230 V o 120 V versión del producto).

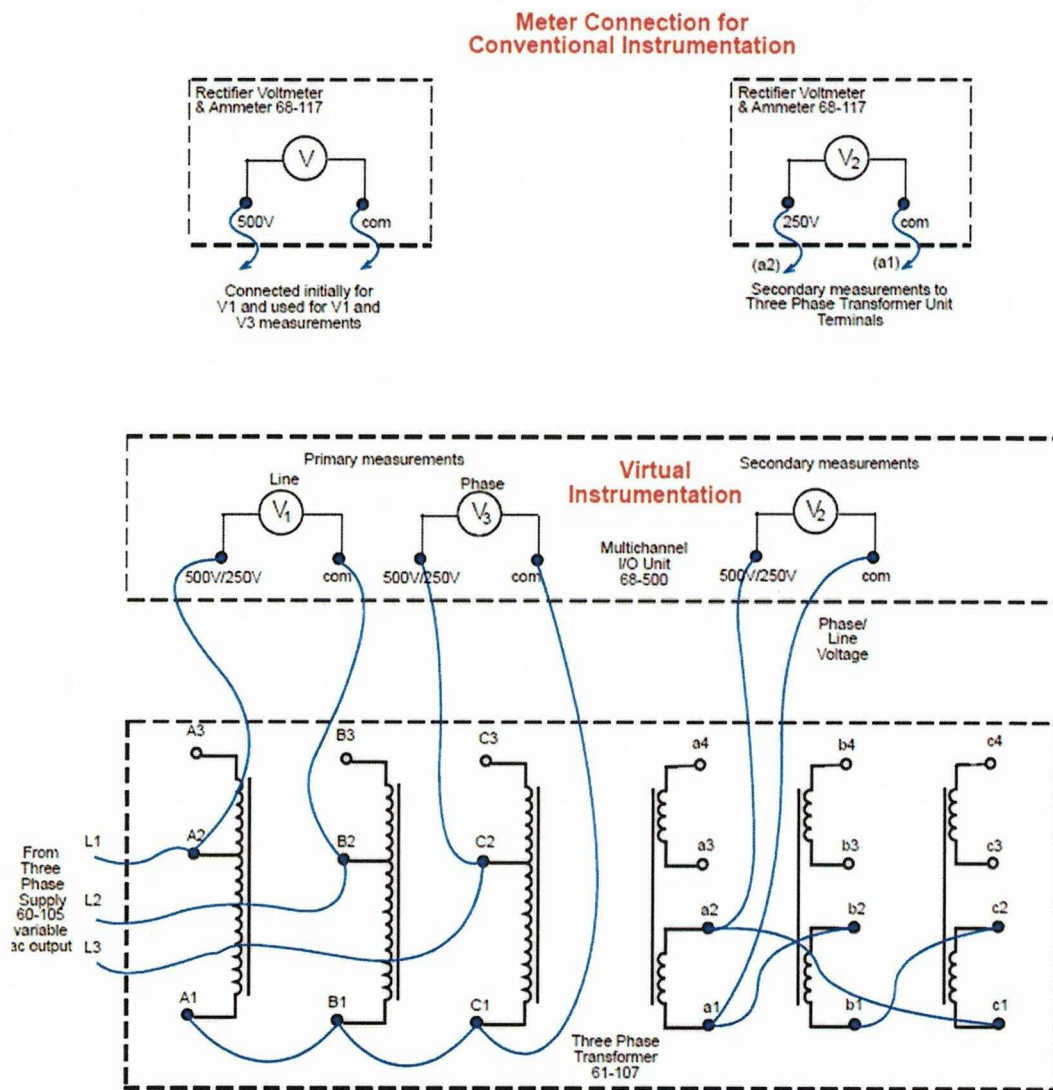
TABLA 3.1.3.1. PRÁCTICA 3.1.3. TABLA DE RESULTADOS (VERSIÓN DEL PRODUCTO 230V)

Conexión en Delta Primaria		Conexión en Estrella Secundario	
Voltaje línea(V)	Voltaje fase (V)	Fase / línea Voltaje (V)	
		V _{1a2}	

Fuente : Manual (60-070-VIP)

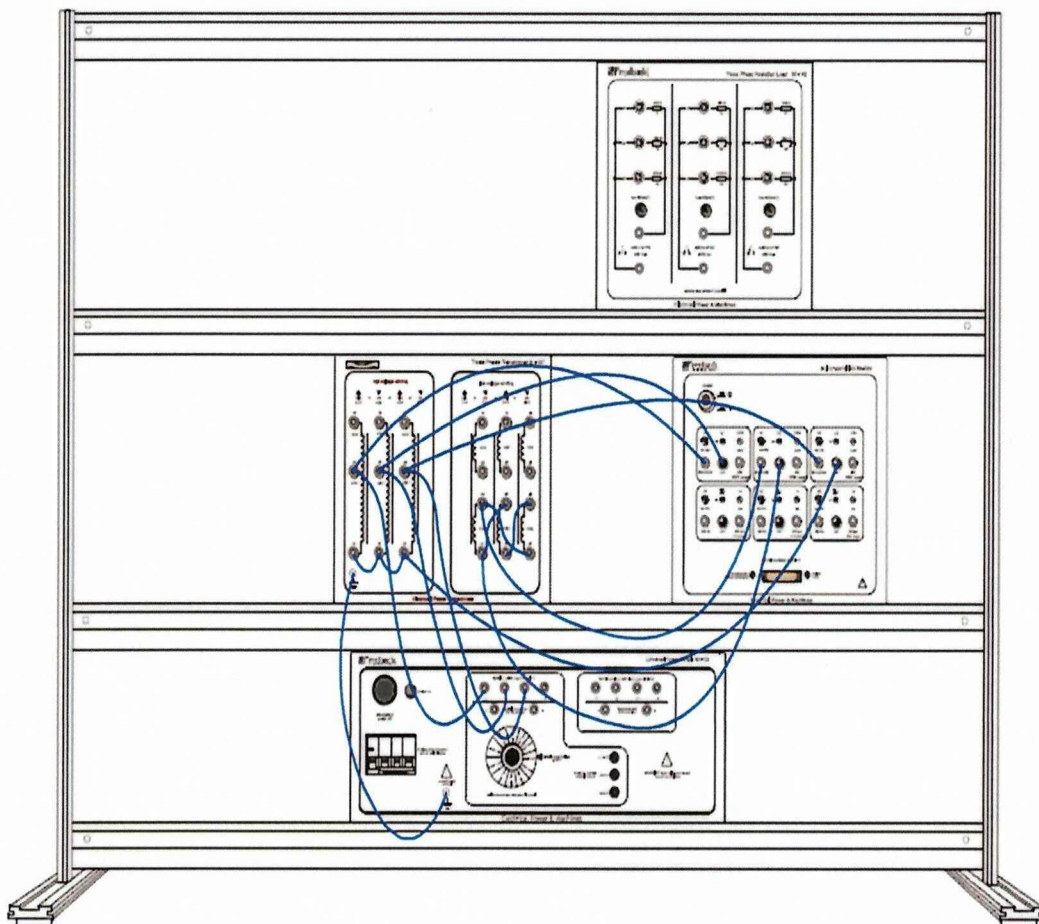
- Mida y registre el voltaje de línea de fase secundaria como se lee en la instrumentación virtual o convencional, en el lugar adecuado de la tabla de resultados 3.1.3.1.
- Gire el control de "voltaje de salida variable" a 0% en la fuente de suministro universal 60-105 y luego apagar el disyuntor trifásico del circuito.

FIGURA 3.1.3.2. (A): PRACTICA 3.1.3. DIAGRAMA DEL CIRCUITO



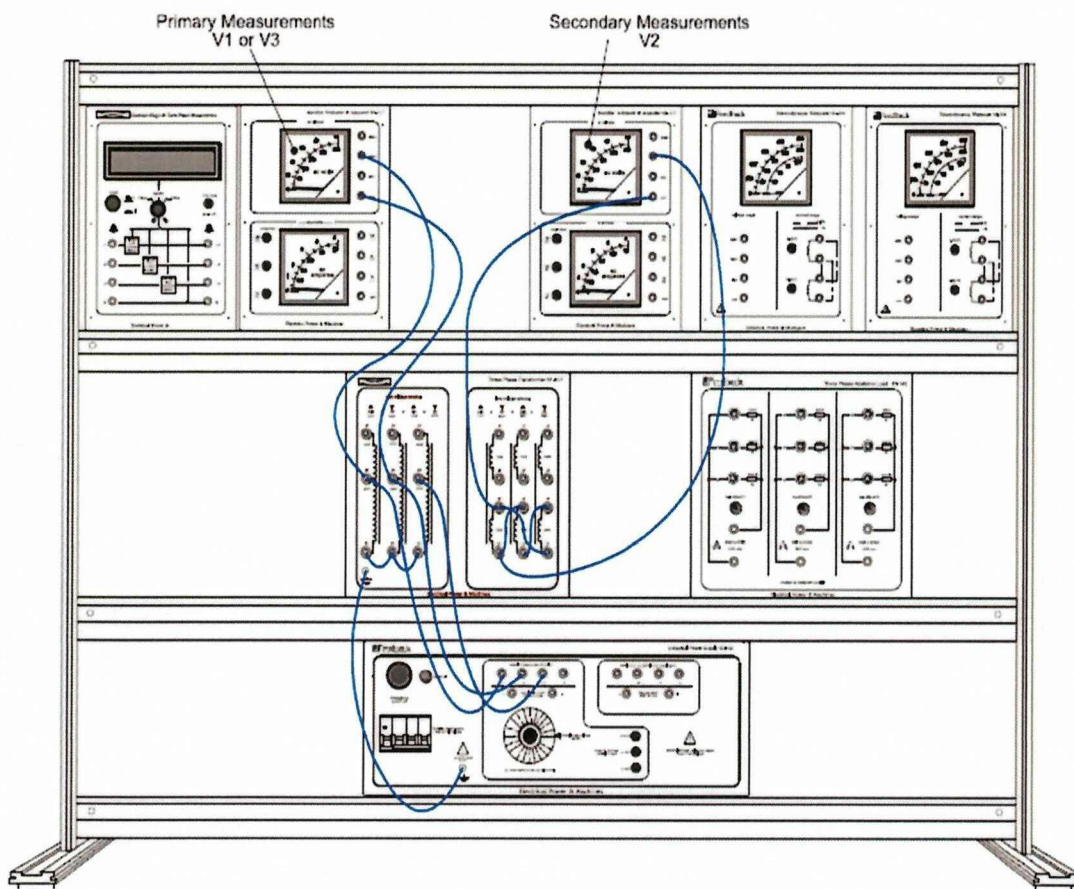
Fuente : Manual (60-070-VIP)

FIGURA 3.1.3.2. (B): PRACTICA 3.1.3. DIAGRAMA DE CABLEADO (INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL)



Fuente : Manual (60-070-VIP)

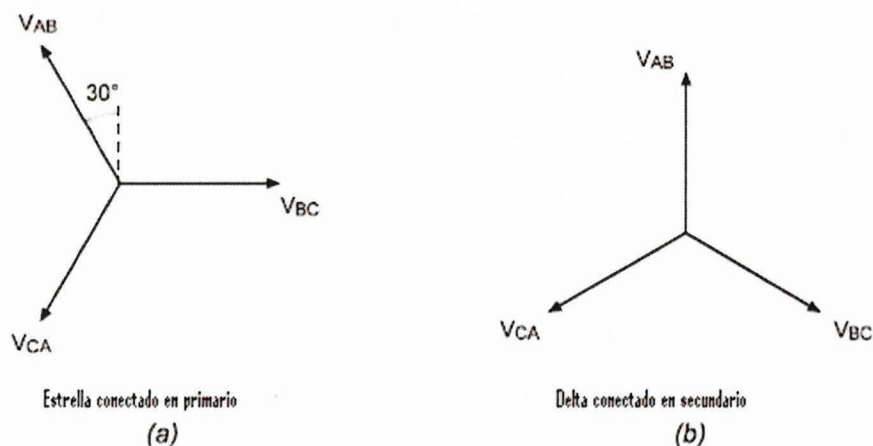
FIGURA 3.1.3.2. (C): PRACTICA 3.1.3. DIAGRAMA DE CABLEADO (CONVENCIONAL INSTRUMENTACIÓN)



Fuente : Manual (60-070-VIP)

RESUMEN:

La conexión en estrella-triángulo se utiliza a menudo para bajar las redes de suministro a trifásico de cargas equilibradas. Los devanados conectados en triángulo pueden llevar corrientes armónicas que proporcionan un flujo sinusoidal que ayuda a estabilizar el voltaje del punto de estrella.

FIGURA 3.1.3.4. VOLTAJES EN LÍNEA

Fuente : Manual (60-070-VIP)

La figura 3.1.3.4. Muestra los voltajes de línea para la conexión primaria en estrella y la conexión secundaria en triángulo como se explica en la sección de la teoría. La Figura 3.1.3.4. (b) muestra que el voltaje secundario para esta retraso de conexión del primero a través de 30° .

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

¿Qué relación existe entre los voltajes de línea con relación a los voltajes de fases en las conexiones estrella triángulo del transformador?

¿Qué relación existe entre las corrientes de línea con relación a las corrientes de fases en las conexiones estrella triángulo del transformador?

PRÁCTICA N° 3	TEMA: TRANSFORMADOR CONECTADO EN ESTRELLA (Y) / TRIÁNGULO (Δ)	7/7
----------------------	--	------------

¿Qué ventajas tenemos al conectar un transformador trifásico en estrella - triangulo?

¿Qué desventajas encontramos al conectar un transformador trifásico en estrella - triangulo?

CONCLUSIONES:

.....

RECOMENDACIONES:

.....

PRÁCTICA N° 4	TEMA: TRANSFORMADOR CONECTADO EN TRIÁNGULO (Δ)/ TRIÁNGULO (Δ)	2/7
----------------------	--	------------

3. Si se está utilizando la instrumentación virtual, establezca los interruptores en el rango de 250 V/500 V para el canal V1 a 500 V y para el canal V2 a 250V en la Unidad multicanal de E / S de 68-500. Esto permite que los voltajes adecuados para hacer un seguimiento durante las tomas de 500V/250V estén conectados.
4. En la Fuente de alimentación universal 60-105, asegúrese que el "voltaje variable de salida", el control se encuentre en 0%, a continuación establezca el disyuntor trifásico del circuito en la posición ON.
5. Gire el dial de la fuente de alimentación de manera que un voltaje de 400V y 208V como se indica en la instrumentación virtual o convencional primaria V1.
6. Mida y registre el voltaje de la línea principal, en una copia apropiada de la tabla 3.1.4.1. Tenga en cuenta que para la conexión delta los voltajes de fase y de línea son las mismas.

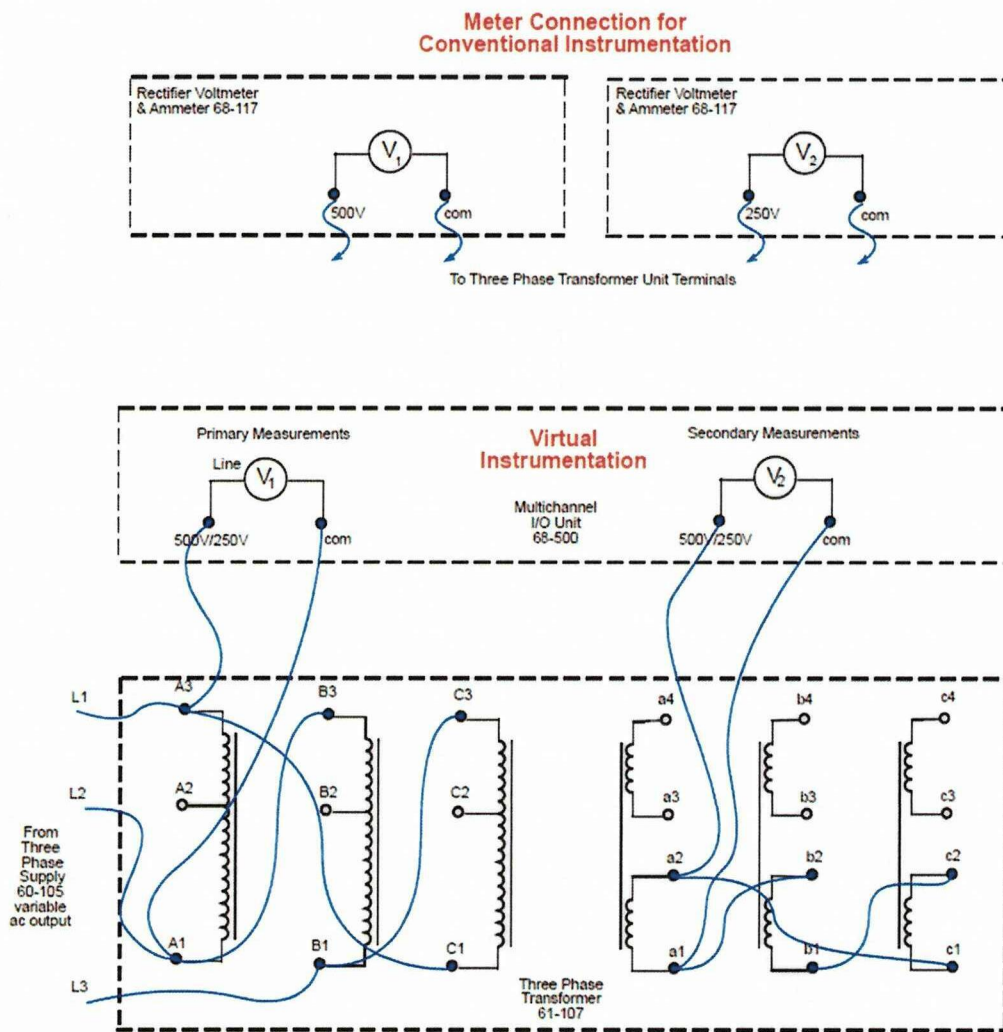
TABLA 3.1.4.1. PRÁCTICA 3.1.4. - MESAS RESULTADOS (230 V VERSIÓN DEL PRODUCTO)

Conexión en Delta Primaria	Conexión en Delta Secundario	
Voltaje de línea primaria (V)	Fase / línea Voltaje (V)	
	Va1a2	

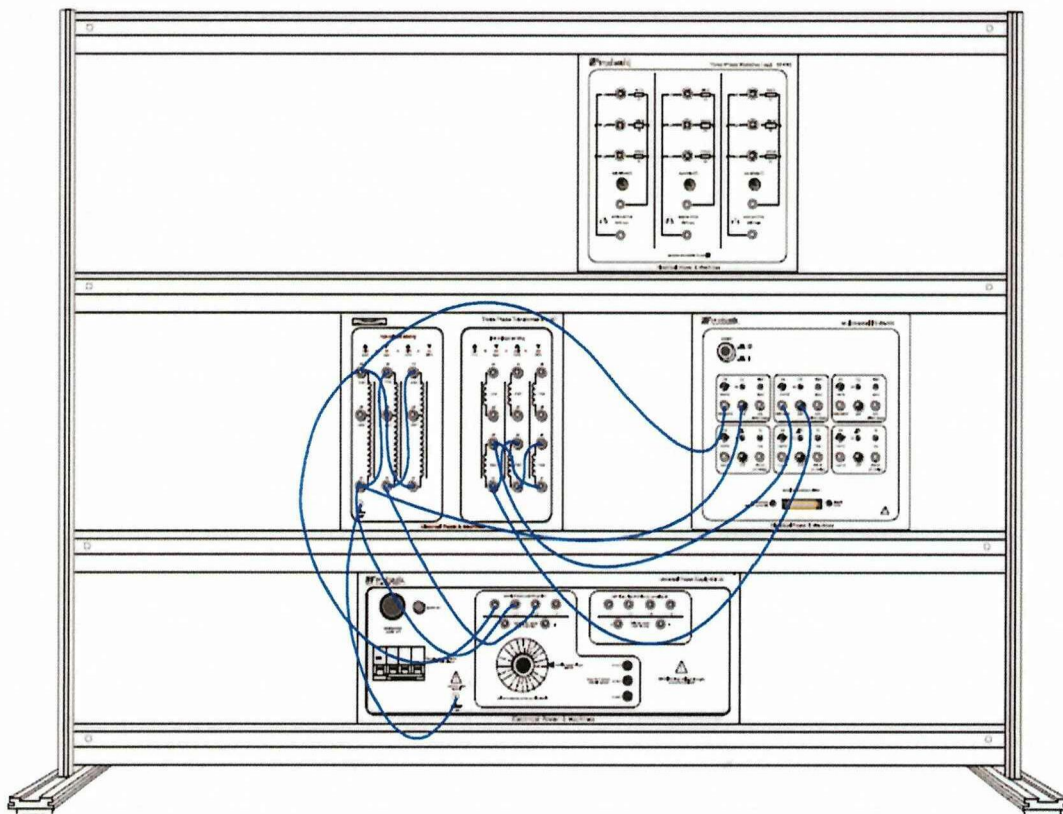
Fuente : Manual (60-070-VIP)

7. Registre el voltaje de la línea secundaria que se lee en la instrumentación virtual o convencional V2, en una copia correspondiente de la tabla de resultados 3.1.4.1.
8. Gire el control de "voltaje variable de salida" a 0% en la fuente de alimentación universal 60-105 y luego apagar el disyuntor trifásico del circuito.

FIGURA 3.1.4.2. (A): PRÁCTICA 3.1.4. DIAGRAMA DEL CIRCUITO

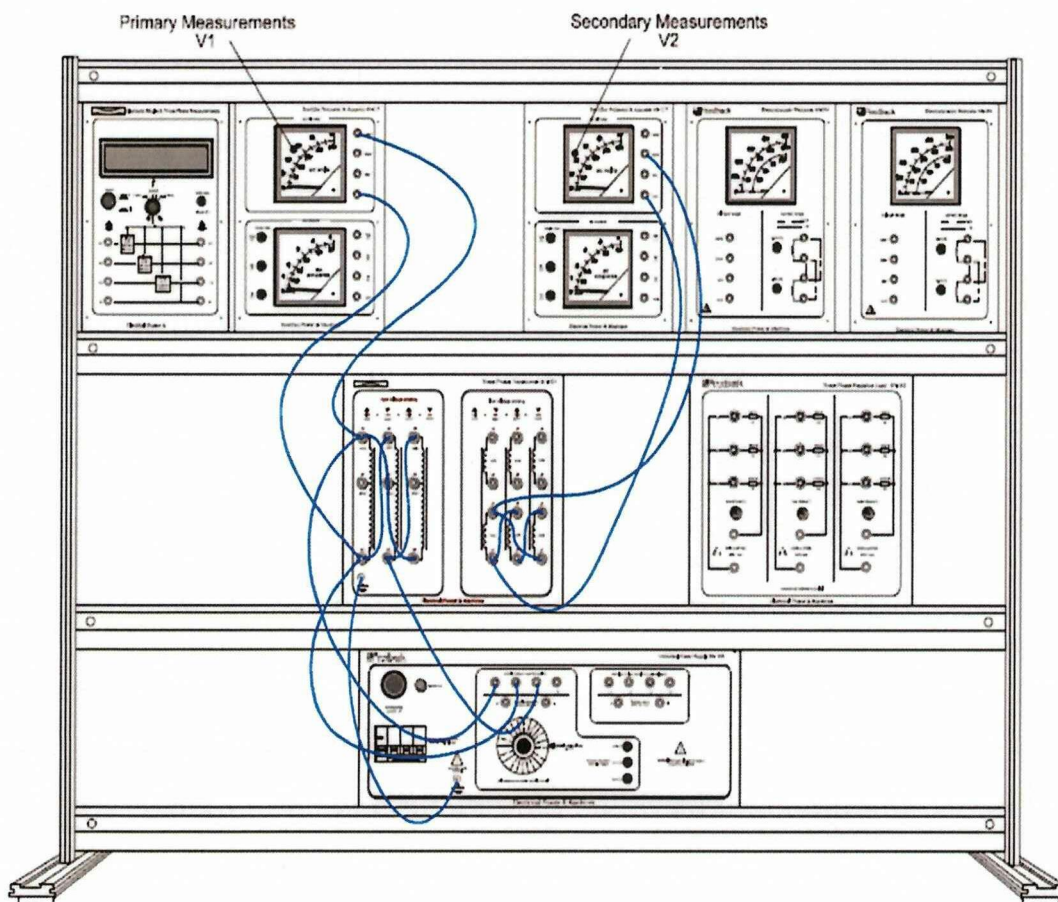


Fuente : Manual (60-070-VIP)

FIGURA 3.1.4.2. (B): PRÁCTICA 3.1.4. DIAGRAMA DE CABLEADO
(INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL)

Fuente : Manual (60-070-VIP)

FIGURA 3.1.4.2. (C): PRÁCTICA 3.1.4. DIAGRAMA DE CABLEADO (CONVENCIONAL INSTRUMENTACIÓN)

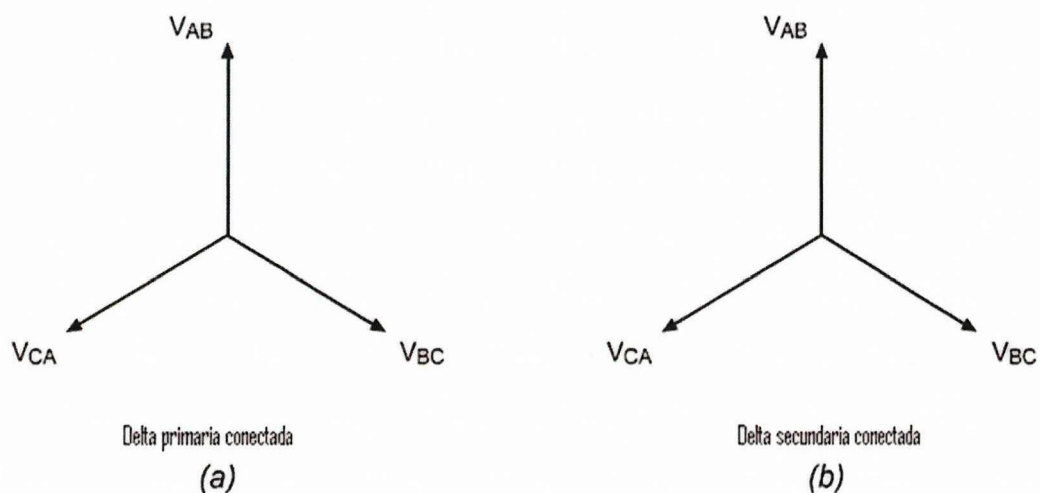


Fuente : Manual (60-070-VIP)

RESUMEN:

El transformador conectado triángulo / triángulo es más adecuado para grandes aplicaciones de bajo voltaje. Sin embargo, es más caro que su equivalente con devanados estrella debido al mayor número de vueltas y por lo tanto, los materiales necesarios de aislamiento.

La figura 4-11-15 muestra los voltajes de línea para el primario conectado en delta y el secundario conectado en delta como se explica en la sección Teoría. La figura muestra que los voltajes primarios y secundarios para esta conexión están en fase.

FIGURA 3.1.3.5. VOLTAJES EN LÍNEA

Fuente : Manual (60-070-VIP)

PRÁCTICA N° 4	TEMA: TRANSFORMADOR CONECTADO EN TRIÁNGULO (Δ)/ TRIÁNGULO (Δ)	7/7
----------------------	--	------------

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

¿Qué relación existe entre los voltajes de línea con relación a los voltajes de fases en las conexiones triángulo/ triángulo del transformador?

¿Qué relación existe entre las corrientes de línea con relación a las corrientes de fases en las conexiones triángulo/ triángulo del transformador?

¿Qué ventajas tenemos al conectar un transformador trifásico en triángulo - triángulo?

¿Qué desventajas encontramos al conectar un transformador trifásico en triángulo - triángulo?

CONCLUSIONES:

.....

RECOMENDACIONES:

.....

PRÁCTICA N° 5	TEMA: TRANSFORMACIÓN INTERCONECTADO ESTRELLA (ZIGZAG)	1/6
----------------------	--	------------

Las prácticas en esta asignación introducen otra conexión conocida como zigzag o estrella interconectada.

OBJETIVOS:

Cuando haya completado esta tarea usted debe:

- Ser capaz de derivar las relaciones de voltaje y fase de uso común de transformadores trifásicos.
- Conocer las conexiones y características de un transformador interconectado estrella (zigzag)

EQUIPO NECESARIO:

- Fuente de alimentación universal 60-105.
- Unidad de transformador trifásico 61-107
- Resistencias de carga trifásicas conmutables 67-142
- Montura del sistema 91-200
- Set estándar de Latiguillos 68-800
- O bien:

Instrumentación	• Unidad de Multicanales I / O	68 -500
------------------------	--------------------------------	---------

Virtual

(60-070-VIP)	• CD Paquete de Software	68-912-USB
---------------------	--------------------------	------------

Instrumentación convencional	• Rectificador voltímetro y amperímetro (dos apagado)	68-117
-------------------------------------	---	--------

(60-070-CI2)

- Equipo Auxiliar:
Multímetro digital

PROCEDIMIENTO:

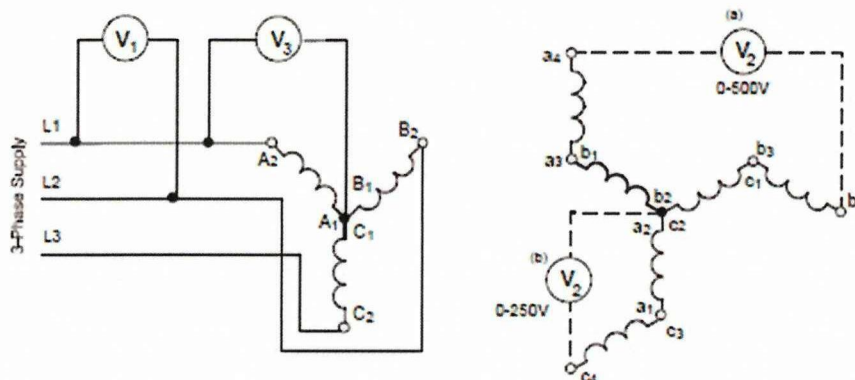
Para la puesta preliminar en marcha se debe seguir los siguientes pasos:

1. Desconecte toda la alimentación colocando el disyuntor trifásico en la fuente de

Alimentación Universal 60-105 a la posición de "apagado".

2. Para la Instrumentación Virtual, encender el PC e iniciar el software de instrumentación virtual 68-912-USB (consulte el manual 60-070-VIP).
3. Si usted tiene Instrumentación Virtual y el acceso a una hoja de cálculo Excel® puede utilizar la instalación en el software 68-912-USB para guardar y almacenar los resultados, importarlos directamente en Excel, calcular automáticamente los resultados y dibujar gráficos. (Consulte el manual- Paquete de Instrumentación Virtual 60-070-VIP, Apéndice A).
4. Realice las conexiones que se muestran en la figura 3.3.1.2. Un diagrama del circuito simplificado que se muestra en la figura 3.3.1.1.

FIGURA 3.3.1.1: DIAGRAMA DEL CIRCUITO SIMPLIFICADO



Fuente : Manual (60-070-VIP)

5. Si se está utilizando la instrumentación virtual, establezca los interruptores de rango a 250 V/500 V para los canales de V1, V2 y V3 a 500 V en la Unidad de multicanal de E /S 68-500. Esto permite voltajes de hasta 500 V que se deben vigilar cuando las tomas de 500 V/250 V están conectados.
6. En la Fuente de alimentación universal 60-105, asegúrese que el "voltaje variable de salida", el control se encuentre en 0%, a continuación establezca el disyuntor trifásico del circuito en la posición ON.

7. Gire el dial de la fuente de alimentación para ajustar el voltaje primario a 400V 216V.
8. Mida y registre el voltaje de línea primario V1, el voltaje de fase primario V3 y el voltaje de línea secundario V2 (a) y el voltaje de fase secundario V2 (b) como leído en la instrumentación virtual o convencional, en la tabla de resultados 3.3.1.1. Tenga en cuenta que V2 se utiliza tanto para la línea secundaria y mediciones de voltaje de fase.

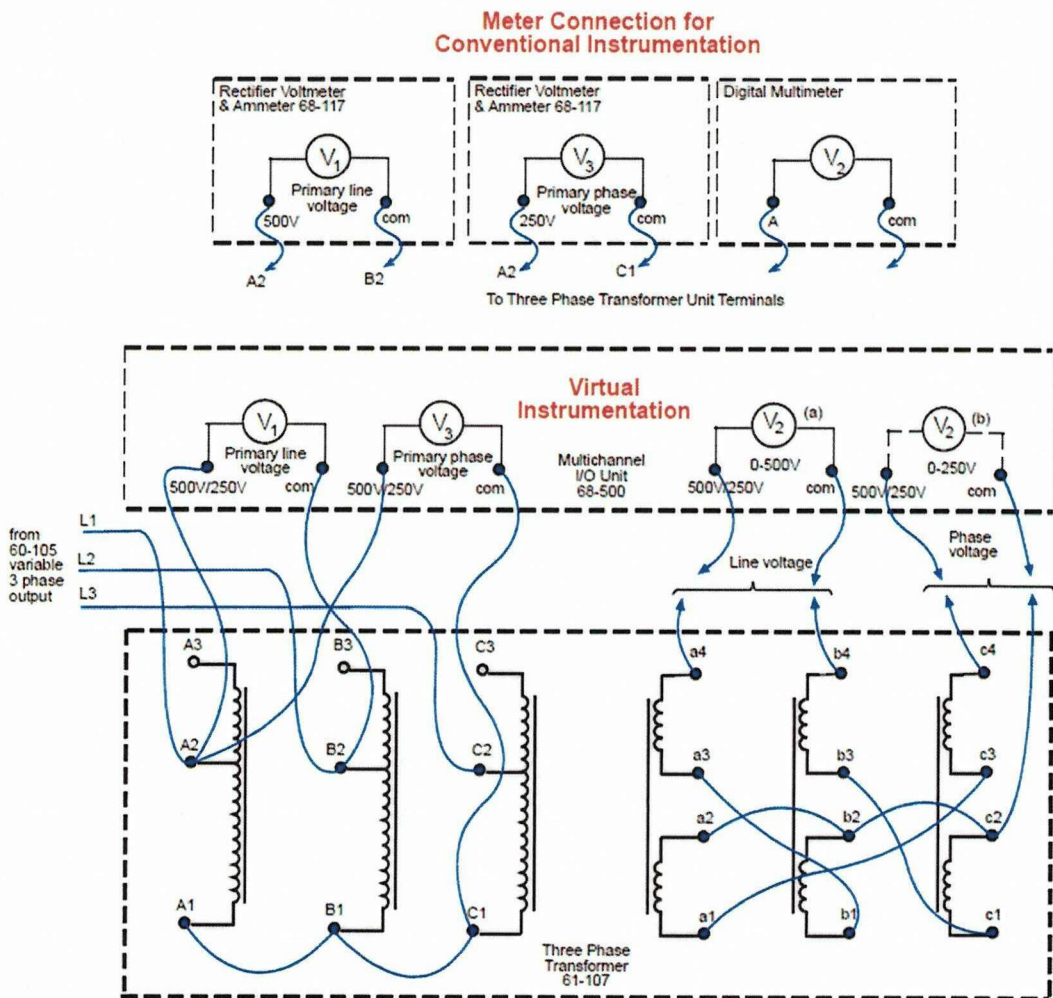
TABLA 3.3.1.1. PRÁCTICAS 3.3.1. TABLAS DE RESULTADOS (VERSIÓN DEL PRODUCTO 230V)

Primary Line Voltage (V)	Primary Phase Voltage (V)	Secondary Line Voltage (V)	Secondary Phase Voltage (V)

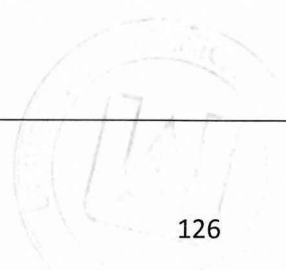
Fuente : Manual (60-070-VIP)

9. Gire el control de “voltaje variable de salida” a 0% en la fuente de alimentación universal 60-105 y luego apagar el disyuntor trifásico del circuito.

FIGURA 3.3.1.2. PRÁCTICA 3.3.1. DIAGRAMA DEL CIRCUITO

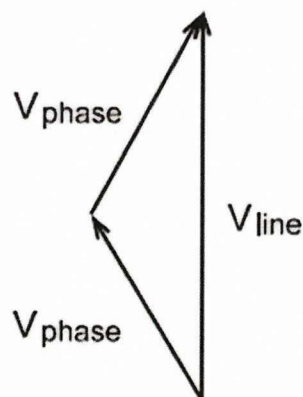


Fuente : Manual (60-070-VIP)



La figura 3.3.1.3 muestra una fase de la estrella interconectados.

FIGURA 3.3.1.3: FASE DE ESTRELLA INTERCONECTADOS



Fuente : Manual (60-070-VIP)

Se puede observar a partir de esto que $V_{\text{line}} = 2 \times V_{\text{phase}} \cos 30$

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

¿Qué relación existe entre los voltajes de línea con relación a los voltajes de fases en las conexiones interconectadas estrella (zigzag) del transformador?

¿Qué relación existe entre las corrientes de línea con relación a las corrientes de fases en las conexiones interconectadas estrella (zigzag) del transformador?

¿Qué ventajas tenemos al interconectar un transformador trifásico en estrella - zigzag?

¿Qué desventajas encontramos al interconectar un transformador trifásico en estrella - zigzag?

PRÁCTICA N° 5	TEMA: TRANSFORMACIÓN INTERCONECTADO ESTRELLA (ZIGZAG)	6/6
----------------------	--	------------

CONCLUSIONES:

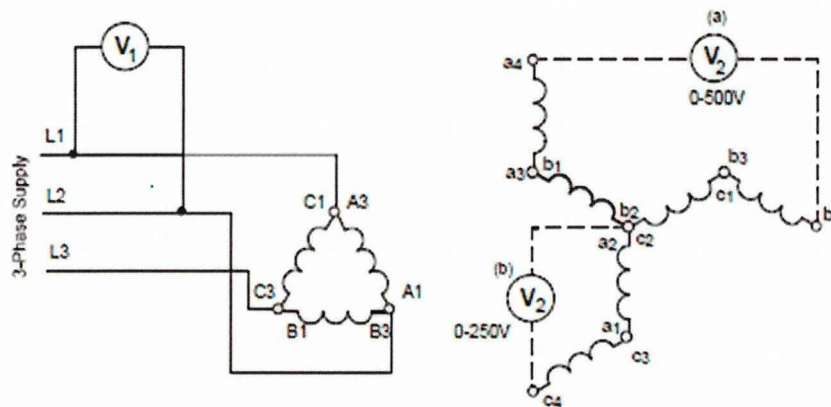
.....
.....
.....
.....

RECOMENDACIONES:

.....
.....
.....
.....

PRÁCTICA N° 6	TEMA: TRANSFORMACIÓN TRIANGULO-ESTRELLA ZIGZAG	1/5															
<p>OBJETIVOS:</p> <p>Cuando haya completado esta tarea usted debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser capaz de derivar las relaciones de voltaje y fase de uso común de transformadores trifásicos. • Conocer las conexiones y características de una transformación triángulo estrella (zigzag) <p>EQUIPO NECESARIO:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fuente de alimentación universal 60-105. • Unidad de transformador trifásico 61-107 • Resistencias de carga trifásicas conmutables 67-142 • Montura del sistema 91-200 • Set estándar de Latiguillos 68-800 • O bien: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;">Instrumentación</td> <td style="width: 60%;">• Unidad de Multicanales I / O</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">68 -500</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Virtual</td> </tr> <tr> <td>(60-070-VIP)</td> <td>• CD Paquete de Software</td> <td style="text-align: right;">68-912-USB</td> </tr> <tr> <td>Instrumentación convencional</td> <td>• Rectificador voltímetro y amperímetro (dos apagado)</td> <td style="text-align: right;">68-117</td> </tr> <tr> <td>(60-070-CI2)</td> <td colspan="2">• Equipo Auxiliar: Multímetro digital</td> </tr> </table> <p>PROCEDIMIENTO:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Realice las conexiones que se muestran en la figura 3.3.2.2. Un diagrama de circuito simplificado se muestra en la figura 3.3.2.1. 			Instrumentación	• Unidad de Multicanales I / O	68 -500	Virtual			(60-070-VIP)	• CD Paquete de Software	68-912-USB	Instrumentación convencional	• Rectificador voltímetro y amperímetro (dos apagado)	68-117	(60-070-CI2)	• Equipo Auxiliar: Multímetro digital	
Instrumentación	• Unidad de Multicanales I / O	68 -500															
Virtual																	
(60-070-VIP)	• CD Paquete de Software	68-912-USB															
Instrumentación convencional	• Rectificador voltímetro y amperímetro (dos apagado)	68-117															
(60-070-CI2)	• Equipo Auxiliar: Multímetro digital																

FIGURA 3.3.2.1: CIRCUITO SIMPLIFICADO



Fuente : Manual (60-070-VIP)

2. Si se está utilizando la instrumentación virtual, establezca los interruptores de rango a 250 V/500 V para los canales de V1, V2 y V3 a 500 V en la Unidad de multicanal de E /S 68-500. Esto permite voltajes de hasta 500 V que se deben vigilar cuando las tomas de "500 V/250 V" están conectados.
3. En la Fuente de alimentación universal 60-105, asegúrese que el "voltaje variable de salida", el control se encuentre en 0%, a continuación establezca el disyuntor trifásico del circuito en la posición ON (encendido).
4. Gire el dial de la fuente de alimentación para ajustar el voltaje primario a 400V 216V respectivamente para 230 V y 120 V.
5. Registre el voltaje V1 línea / fase primaria, el voltaje V2 línea secundaria (a) y el voltaje V2 de fase secundaria (b) leída en la instrumentación virtual o convencional, en una copia adecuada de la tabla de resultados 3.3.2.1.

PRÁCTICA N° 6	TEMA: TRANSFORMACIÓN TRIANGULO-ESTRELLA ZIGZAG	3/5
---------------	---	-----

TABLA 3.3.2.1. TABLA DE RESULTADOS (VERSIÓN DEL PRODUCTO 230 V)

Primary Line/Phase Voltage (V)	Secondary Line Voltage (V)	Secondary Phase Voltage (V)

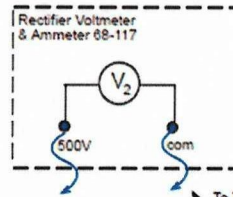
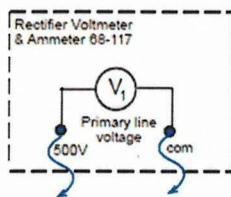
Fuente : Manual (60-070-VIP)

6. Gire el control de “voltaje variable de salida” a 0% en la fuente de alimentación universal 60-105 y luego apagar el disyuntor trifásico del circuito.

Los devanados zigzag se limitan a devanados comparativamente de baja tensión y como los voltajes de fase se componen de voltajes medio con un desplazamiento de 60° , se requieren 15% más vueltas es requerido para una determinado voltaje en los bornes de fase en comparación en comparación con una configuración normal de estrella.

Figura 3.3.2.2. Práctica 3.3.2. Diagrama de Circuito

Meter Connection for
Conventional Instrumentation

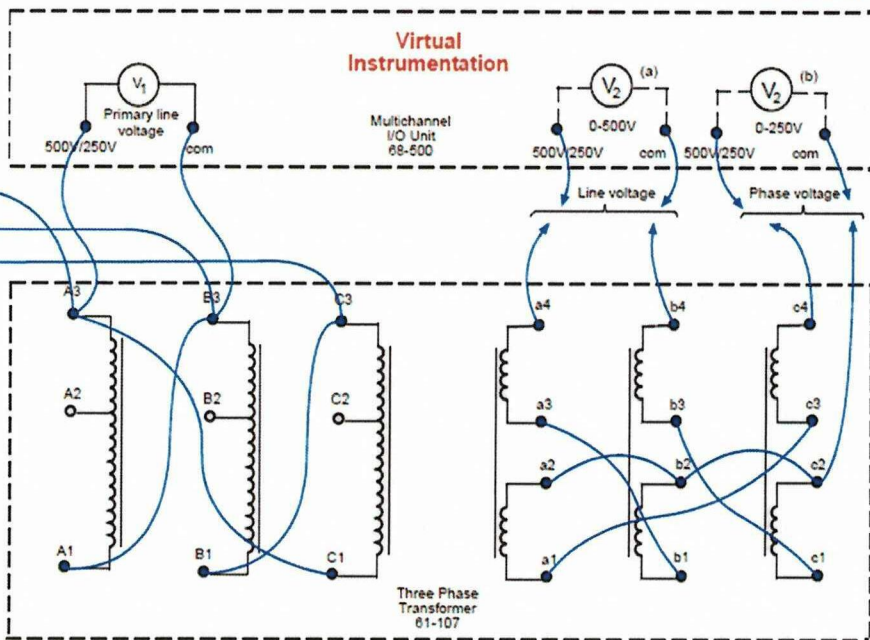


To Three Phase Transformer Unit Terminals

To Transformer Secondary
(Same connections as for
Virtual Instrumentation)

Virtual
Instrumentation

from
60-105
Variable
3 Phase
output



Fuente : Manual (60-070-VIP)

PRÁCTICA N° 6	TEMA: TRANSFORMACIÓN TRIANGULO -ESTRELLA ZIGZAG	5/5
----------------------	--	------------

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

¿Qué relación existe entre los voltajes de línea con relación a los voltajes de fases en la transformación triángulo estrella zigzag?

¿Qué relación existe entre las corrientes de línea con relación a las corrientes de fases en la transformación triángulo estrella zigzag?

¿Qué ventajas tenemos al conectar un transformador trifásico en triangulo – estrella (zigzag)?

¿Qué desventajas encontramos al conectar un transformador trifásico en triangulo – estrella (zigzag)?

CONCLUSIONES:

.....

RECOMENDACIONES:

.....

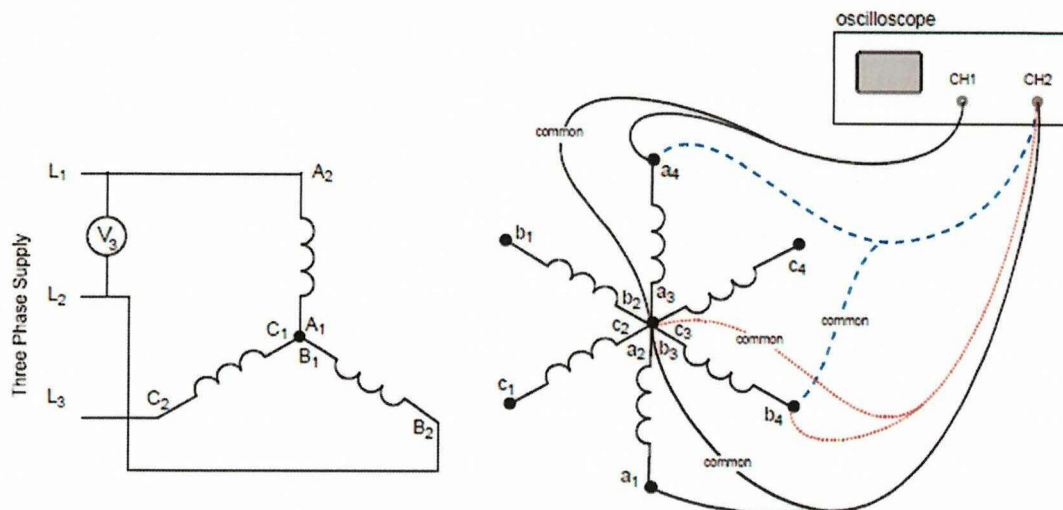
PRÁCTICA N° 7	TEMA: TRANSFORMADORES DE SEIS FASES, CONEXIÓN DE ESTRELLA A DOBLE ESTRELLA	1/6																											
<p>OBJETIVOS:</p> <p>Cuando haya completado esta tarea usted debe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ser capaz de derivar las relaciones de voltaje y fase de uso común de transformadores trifásicos. • Conocer las conexiones y características de una conexión de transformadores de estrella a doble estrella. <p>EQUIPO NECESARIO:</p> <p>Las prácticas en esta asignación examinan seis transformadores trifásicos. Para tal efecto es necesario:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fuente de alimentación universal 60-105. • Unidad de transformador trifásico 61-107 • Sistema de montura 91-200 • Set estándar de Latiguillos 68-800 • O bien: <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;">Instrumentación</td> <td style="width: 40%;">• Unidad de Multicanales I / O</td> <td style="width: 40%; text-align: right;">68 -500</td> </tr> <tr> <td>Virtual</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>(60-070-VIP)</td> <td>• CD Paquete de Software</td> <td style="text-align: right;">68-912-USB</td> </tr> <tr> <td>Instrumentación</td> <td>• Rectificador voltímetro y</td> <td style="text-align: right;">68-117</td> </tr> <tr> <td>Convencional</td> <td>amperímetro</td> <td></td> </tr> <tr> <td>(60-070-CI1)</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Equipo</td> <td>•Osciloscopio, 2 canales, 20MHZ</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>•Diferencial de sondas de tensión</td> <td style="text-align: right;">68-151</td> </tr> <tr> <td>(2 unidades)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			Instrumentación	• Unidad de Multicanales I / O	68 -500	Virtual			(60-070-VIP)	• CD Paquete de Software	68-912-USB	Instrumentación	• Rectificador voltímetro y	68-117	Convencional	amperímetro		(60-070-CI1)			Equipo	•Osciloscopio, 2 canales, 20MHZ			•Diferencial de sondas de tensión	68-151	(2 unidades)		
Instrumentación	• Unidad de Multicanales I / O	68 -500																											
Virtual																													
(60-070-VIP)	• CD Paquete de Software	68-912-USB																											
Instrumentación	• Rectificador voltímetro y	68-117																											
Convencional	amperímetro																												
(60-070-CI1)																													
Equipo	•Osciloscopio, 2 canales, 20MHZ																												
	•Diferencial de sondas de tensión	68-151																											
(2 unidades)																													

PROCEDIMIENTO:

La puesta en marcha preliminar podrá llevarse a cabo si se siguen los siguientes pasos:

- Desconecte toda la alimentación poniendo el disyuntor trifásico de la fuente de alimentación universal 60-105 a la posición de "apagado".
- Para la Instrumentación Virtual, encender el PC e iniciar el software de instrumentación virtual 68-912-USB (consulte el manual 60-070-VIP).
- Si usted tiene Instrumentación Virtual y el acceso a una hoja de cálculo Excel ® puede utilizar la instalación en el software de 68 a 912-USB para guardar y almacenar resultados, importarlos directamente en Excel, calcular automáticamente los resultados y dibujar gráficos. (Consulte el manual - Paquete de Instrumentación Virtual 60-070-VIP, Apéndice A).
- Realice las conexiones mostradas en la figura 3.6.1.2. Un diagrama del circuito simplificado se muestra en la figura 3.6.1.1.

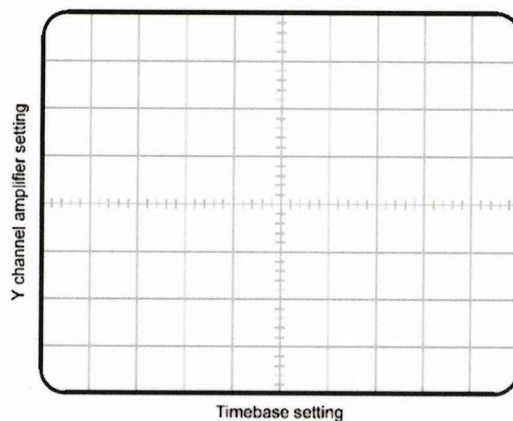
FIGURA 3.6.1.1: DIAGRAMA DEL CIRCUITO SIMPLIFICADO



Fuente : Manual (60-070-VIP)

- Si se está utilizando la instrumentación virtual, ajuste el interruptor de rango de 250 V/500 V para los canales V1, V2 y V3 a 500V en la Unidad de multicanal I/O 68-500. Esto permite voltajes de hasta 500V a ser monitoreadas cuando las tomas de “500 V/250 V” estén conectadas.
 - Encienda el osciloscopio, configure a la base de tiempo de 5 ms/div y el canal amplificador a 0,5 V/div.
7. En la Fuente de alimentación universal 60-105, asegúrese que el "voltaje variable de salida", el control se encuentre en 0%, a continuación establezca el disyuntor trifásico del circuito en la posición ON (encendido).
- Gire el dial de la fuente de alimentación para ajustar el voltaje V3 primario a 400V 216V.
 - Dibuje y etiquete las formas de onda de voltaje de fase de oposición (Ch1 Va4a3 y Ch2 Va1a2) que observó en una copia de la figura 3.6.1.3.

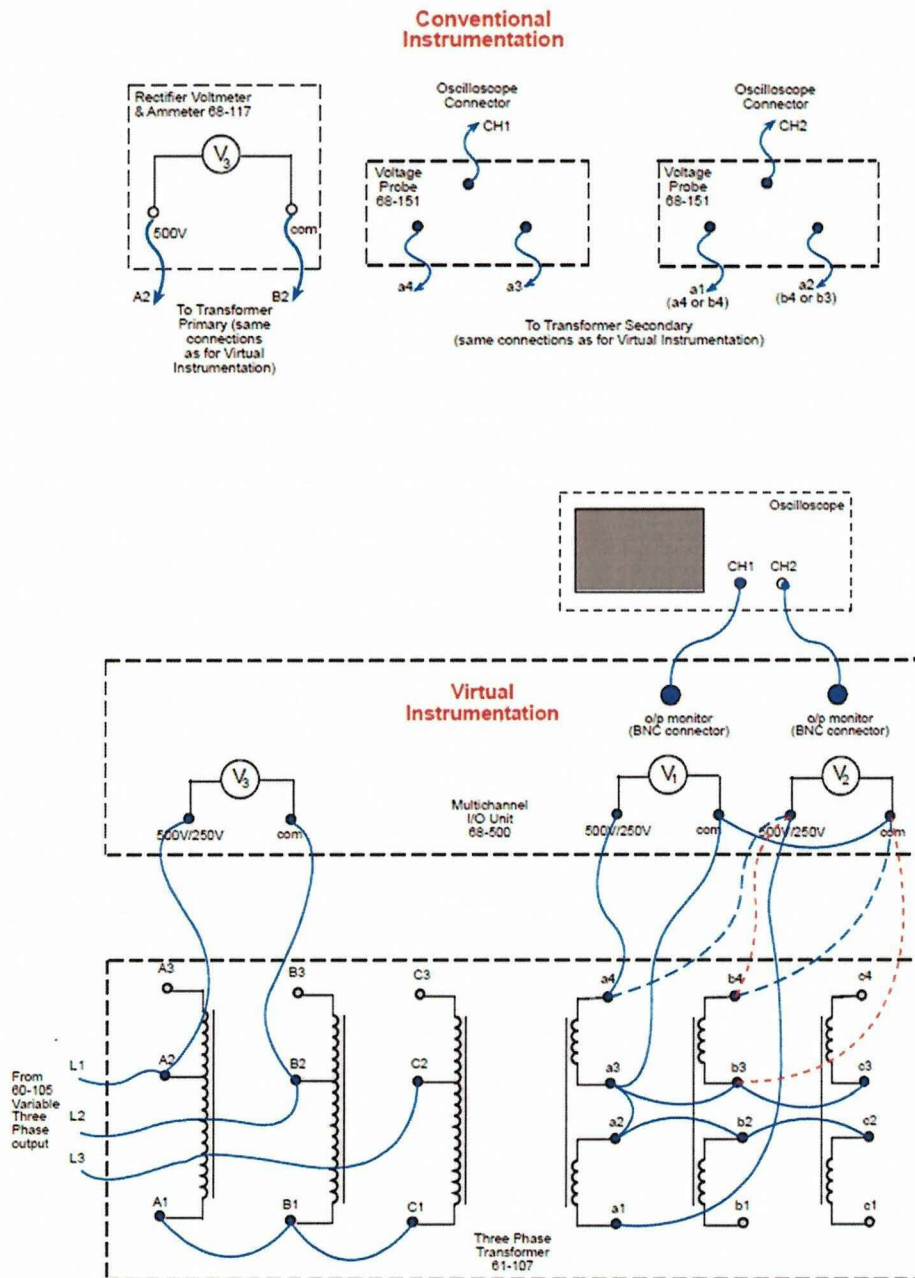
FIGURA 3.6.1.1. TRANSFORMACIÓN ESTRELLA A DOBLE ESTRELLA



Fuente : Manual (60-070-VIP)

- En la fuente de alimentación universal 60-105, apague el disyuntor trifásico del circuito.

FIGURA 3.6.1.3. PRÁCTICA 3.6.1. DIAGRAMA DEL CIRCUITO



Fuente : Manual (60-070-VIP)

PRÁCTICA N° 7	TEMA: TRANSFORMADORES DE SEIS FASES, CONEXIÓN DE ESTRELLA A DOBLE ESTRELLA	5/6
<ul style="list-style-type: none"> • En el osciloscopio, desconecte la conexión del Canal 2 y conectarse a terminales secundarios del transformador de a4 y b4 como se muestra en la figura 3.6.1.1.2 (a lo largo de las conexiones discontinuas). • En la fuente de alimentación universal 60-105, encender el disyuntor trifásico del circuito. • Añadir un gráfico de la forma de onda de voltaje de la línea observada en la copia de la figura 3.6.1.3. Y etiquetarlo Va4b4. • En la fuente de alimentación universal 60-105, apague el disyuntor trifásico de circuito. • En el osciloscopio, desconecte las conexiones del Canal 2 y conectar a los terminales secundarios del transformador b4 y b3 como se muestra en la figura 3.6.1.2 (puntos de conexión). • En la Fuente de alimentación universal 60-105, encender el disyuntor trifásico del circuito. • Añadir un gráfico de la forma de onda de voltaje de la línea observada en la copia de la figura 3.6.1.3. y etiquetarlo Vb4b3. • En la fuente de alimentación universal 60-105, apague el disyuntor trifásico del circuito. 		
<p>PRUEBA DE CONOCIMIENTO</p> <p>¿Qué relación existe entre los voltajes de línea con relación a los voltajes de fases en la conexión de estrella a doble estrella?</p> <p>¿Qué relación existe entre las corrientes de línea con relación a las corrientes de fases en la conexión de estrella a doble estrella?</p> <p>¿Qué relación de fase existe en la conexión de estrella a doble estrella?</p> <p>¿Qué ventajas tenemos al conectar un transformador trifásico en estrella – doble estrella?</p> <p>¿Qué desventajas encontramos al conectar un transformador trifásico en estrella – doble estrella?</p>		

PRÁCTICA N° 7	TEMA: TRANSFORMADORES DE SEIS FASES, CONEXIÓN DE ESTRELLA A DOBLE ESTRELLA	6/6
----------------------	---	------------

CONCLUSIONES:

.....
.....
.....
.....

RECOMENDACIONES:

.....
.....
.....
.....

PRÁCTICA N° 8	TEMA: TRANSFORMADORES DE SEIS FASES, CONEXIÓN DE TRIÁNGULO A DOBLE ESTRELLA	1/6
----------------------	--	------------

OBJETIVOS:

Cuando haya completado esta tarea usted debe:

- Ser capaz de derivar las relaciones de voltaje y fase de uso común de transformadores trifásicos.
- Conocer las conexiones y características de una conexión de transformadores de triángulo a doble estrella.

EQUIPO NECESARIO:

Las prácticas en esta asignación examinan seis transformadores trifásicos. Para tal efecto es necesario:

- Fuente de alimentación universal 60-105.
- Unidad de transformador trifásico 61-107
- Sistema de montura 91-200
- Set estándar de Latiguillos 68-800
- O bien:

Instrumentación Virtual • Unidad de Multicanales I / O 68 -500

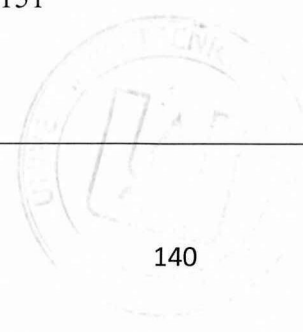
(60-070-VIP) • CD Paquete de Software 68-912-USB

Instrumentación Convencional • Rectificador voltímetro y 68-117

(60-070-CI1) amperímetro

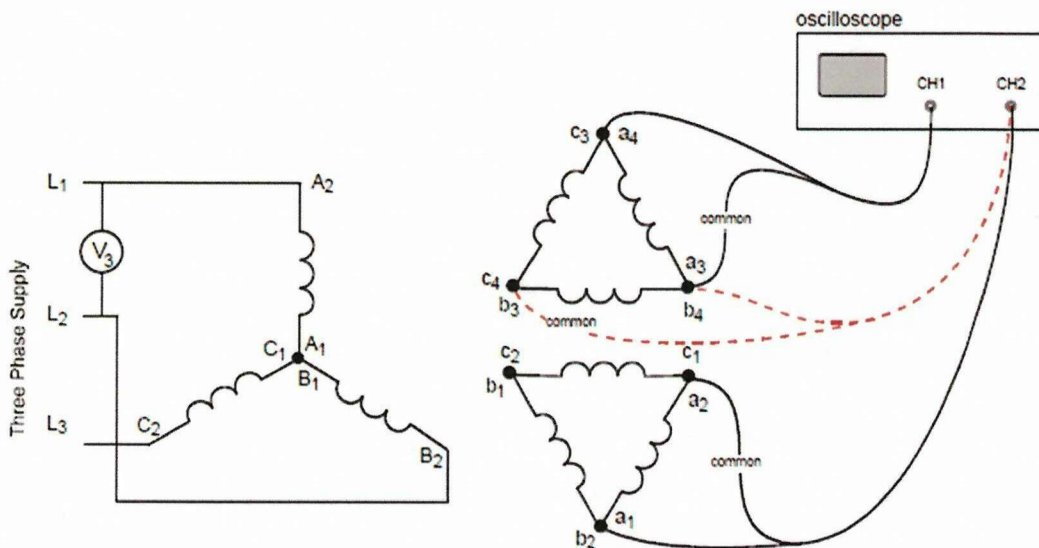
Equipo •Osciloscopio, 2 canales, 20MHZ

•Diferencial de sondas de tensión (2 unidades) 68-151



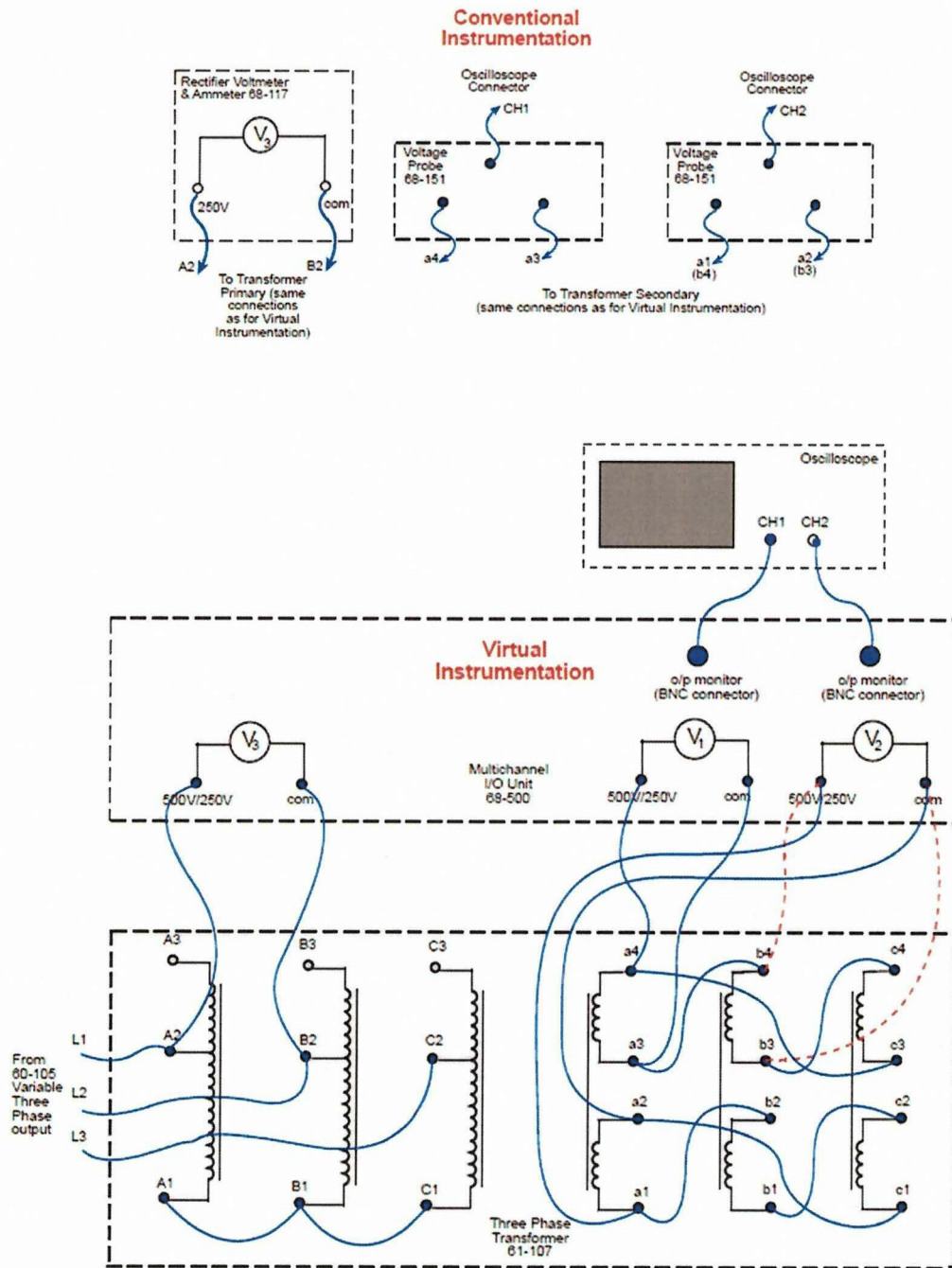
PROCEDIMIENTO:

1. Realizar las conexiones mostradas en la figura 3.6.2.2. Un diagrama del circuito simplificado se muestra en la figura 3.6.2.1.
- 2.

FIGURA 3.6.2.1: DIAGRAMA DEL CIRCUITO SIMPLIFICADO

Fuente : Manual (60-070-VIP)

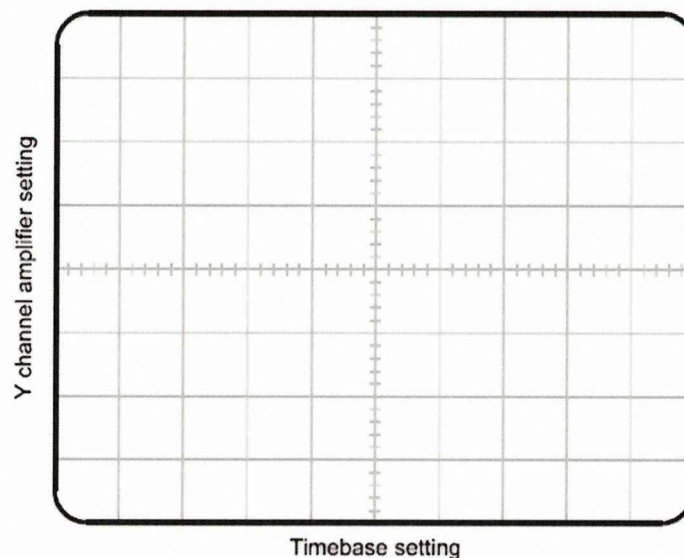
FIGURA 3.6.2.2. PRÁCTICA 3.6.2. DIAGRAMA DEL CIRCUITO



Fuente : Manual (60-070-VIP)

1. Si se está utilizando la instrumentación virtual, ajuste el interruptor de rango de 250 V/500 V para los canales V1, V2 y V3 a 500V en la Unidad de multicanal I/O 68-500. Esto permite voltajes de hasta 500V a ser monitoreadas cuando las tomas de 500 V/250 V estén conectadas.
2. Encienda el osciloscopio, configure la base de tiempo de 5ms/div y el canal amplificador a 0,5V/div.
3. En la Fuente de alimentación universal 60-105, asegúrese que el "voltaje variable de salida", el control se encuentre en 0%, a continuación establezca el disyuntor trifásico del circuito en la posición ON (encendido).
4. Gire el dial de la fuente de alimentación para ajustar la tensión V3 primaria a 400V 216V.
5. Dibuje y etiquete las formas de onda de oposición de voltaje de fase (Va4a3yVa1a2) observado en la cuadrícula de la figura 3.6.2.3.

FIGURA 3.6.2.3. TRANSFORMACIÓN TRIANGULO A DOBLE ESTRELLA



Fuente : Manual (60-070-VIP)

PRÁCTICA N° 8	TEMA: TRANSFORMADORES DE SEIS FASES, CONEXIÓN DE TRIÁNGULO A DOBLE ESTRELLA	5/6
----------------------	--	------------

1. En la fuente de alimentación universal 60-105, apague el disyuntor trifásico de circuito.
2. En el osciloscopio, desconecte el Canal 2 y conecte en los terminales secundarios del transformador b4b3 y como se muestra en la figura 3.6.2.1 (conexiones discontinuas) al Canal 2.
3. En la fuente de alimentación universal 60-105, encender el disyuntor trifásico del circuito.
4. Añadir un boceto de la forma de onda de voltaje de fase observada en la copia de la Figura 3.6.2.3. Y etiquetarlo Vb4b3.

En la fuente de alimentación universal 60-105, apague el disyuntor trifásico del circuito.

RESUMEN:

Como aspectos prácticos se puede señalar que en una conexión doble estrella, dos estrellas trifásicos tienen un neutro común, por lo que, en efecto, una estrella con seis brazos. En esta disposición, los voltajes se determinan por el transformador. El voltaje entre fases adyacentes es igual al voltaje simple.

En la conexión de doble delta, hay dos deltas separadas. Si bien estos pueden producir un conjunto de seis voltajes de fase equilibradas, la relación entre los potenciales en los dos deltas se ve afectada por el circuito externo.

PRUEBA DE CONOCIMIENTO

¿Qué relación existe entre los voltajes de línea con relación a los voltajes de fases en la conexión de triángulo a doble estrella?

¿Qué relación existe entre las corrientes de línea con relación a las corrientes de fases en la conexión de triángulo a doble estrella?

¿Qué ventajas tenemos al conectar un transformador trifásico en triangulo – doble estrella?

¿Qué desventajas encontramos al conectar un transformador trifásico en triangulo – doble estrella?

CONCLUSIONES:

.....
.....
.....
.....

RECOMENDACIONES:

.....
.....
.....
.....

CONCLUSIONES

El presente proyecto de tesis ha permitido a los postulantes llegar a una retroalimentación del porque es importante la implementación de un banco de transformadores trifásicos.

- Se determino la base teórica y conceptual que permitirá el manejo científico, tecnológico e investigativo del módulo de transformadores trifásicos en la práctica.
- Se implementó un módulo de transformadores trifásicos mediante el análisis estadístico en alumnos, profesores y autoridades de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi
- Se implementó un manual de guías didácticas y técnicas para la operación que servirá para manejar adecuadamente el módulo de transformadores trifásicos permitiendo de esta manera el desarrollo de conocimientos prácticos en los estudiantes de las carreras de Ingeniería Eléctrica y Electromecánica.
- El banco funciona con voltajes de 440 V un uso común en las industrias para que el alumno siga familiarizándose y tomando las debidas precauciones al manipular estos voltajes.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda dar el debido mantenimiento para garantizar que el modulo se encuentra operativo.
- De la misma manera se recomienda dar a conocer a profesores y alumnos la existencia y una inducción para el manejo de los módulos para que realicen prácticas en base a los cronogramas de actividades.
- Se recomienda complementar e implementar los módulos de acuerdo al avance de la tecnología.
- Se recomienda poner en práctica las protecciones de seguridad necesaria de los módulos para evitar incidentes y accidentes de riesgo eléctrico.
- Se recomienda la implementación de un sitio con todos los datos técnicos especificados para el buen funcionamiento del módulo.
- Se recomienda la implementación de una toma de 440V para sacar el mayor provecho al realizar las diferentes prácticas en estos módulos.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- CADENA QUIMBITA, H. M. (1998). Vademecum de Máquinas Eléctricas y Material Industrial.
- DUTÁN, Luis. (2010) Modelación de transformadores para estudios de energización usando ATP-EMTP. Escuela Politécnica Nacional.
- Facultad de Ingeniería Universidad de la República de Uruguay (2004). Introducción a la Electrotecnia. Montevideo
- FEEDBACK INSTRUMENTS LTD (2007). Power frames Transformers Student's Manual 60-070-TFM-S
- FITZGERALD, A. E.; Kingsley, Charles; Umans, Stephen (2003). Máquinas Eléctricas. Sexta Edición. México
- HURTADO, Oswaldo (2005). Sistema de Educación Superior del Ecuador. Quito
- KOSOW, Irving L. (1993). *Máquinas eléctricas y transformadores. México*
- LÓPEZ, Ricardo (2006). Desarrollo y Validación de Modelos de Transformadores Monofásicos y Trifásicos con Saturación, para el Análisis de Armónicos en Sistemas de Potencia. Catalunya
- NASAR, S. A., & Unnewehr, L. E. (1982). Electromecánica y máquinas eléctricas. Limusa.
- PONCE CRUZ, P., & Sampé López, J. (2008). Máquinas eléctricas y técnicas modernas de control. 3B.
- PÉREZ, Pedro (2008). Transformadores de Distribución. Reverté Ediciones. México
- SANZ FEITO, J. (2002). Máquinas eléctricas. Ed. Pearson Educación. Madrid.
- THALER, G. J., & Wilcox, M. L. (1969). Máquinas eléctricas: estado dinámico y permanente. Limusa-Wiley.
- VIDELA FLORES, Andrés (2000). *Manual de máquinas eléctricas. México*

SITIOS WEB CONSULTADOS

- Páginas especializadas
 - <http://www.tuveras.com/eltrafotrifasico/eltrafotrifasico.htm>
 - http://www.unidadesdepropiedad.com/index.php?option=com_content&view=article&id=148&Itemid=265
 - http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio//3000/3015/html/14_el_transformador_trifsico_y_su_conexionado.html
- www.monografias.com
 - <http://www.monografias.com/trabajos82/transformadores-trifasicos-corriente/transformadores-trifasicos-corriente.shtml>
 - <http://www.monografias.com/trabajos78/tipos-aplicaciones-conexiones-transformadores-trifasicos/tipos-aplicaciones-conexiones-transformadores-trifasicos2.shtml>
- SENESCYT
 - <http://www.educacionsuperior.gob.ec/>
- UNESCO
 - http://www.unesco.org.ve/index.php?option=com_content&view=article&id=1&Itemid=406&lang=es
 - <http://www.unesco.org/new/es/education/>
- www.wikipedia.com
 - <http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>



ANEXOS

ANEXO 1

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
CARRERAS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTROMECAÁNICA
ENCUESTA DIRIGIDA A LOS PROFESORES DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE COTOPAXI

OBJETIVO

Simular y aplicar prácticas de transformadores trifásicos en el laboratorio de ciencias eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi

INSTRUCCIONES

Lea detenidamente, marque con un círculo la respuesta correcta

Preguntas:

1.- ¿La tecnología de los equipos de Transformador Trifásico del laboratorio de máquinas eléctricas satisfacen las necesidades para las prácticas?

Regularmente

Totalmente

Satisfecho

Insatisfecho

2.- ¿Las autoridades conocen sobre las necesidades de actualizar los laboratorios de Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética?

Sí

No

3.- ¿Dentro del plan de estudios de la carrera de ingeniería eléctrica y electromecánica se tiene establecido como fortalezas el adiestramiento técnico-práctico en los conocimientos sobre Transformadores Trifásicos?

Sí

No

4.- ¿En lo concerniente a materias de máquinas eléctricas y teoría electromagnética, cree usted que se requiere un módulo para efectuar prácticas con Transformadores Trifásicos?

Sí

No

5.- ¿Indique Ud.Cuál de las siguientes opciones refuerzan lo aprendido en clases Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética?

Libros

Prácticas

Nada

6.- ¿Califique la tecnología de los equipos para la práctica de Transformadores Trifásicos para dictamen de las materias Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética?

Suficiente

Escaso

Nulo

7.- ¿Con qué frecuencia utilizan los docentes y estudiantes los laboratorios de las materias de Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética?

Suficiente

Escaso

Nulo

8.- ¿Cómo docentes cree usted que fortalecer los conocimientos en los estudiantes mediante el equipamiento de un módulo de Transformadores Trifásicos?

Sí

No

9.- ¿En referencia a la pregunta anterior es necesario la elaboración guías prácticas para la utilización del módulo de Transformadores Trifásicos?

Necesario

Innecesario

ANEXO 2

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
CARRERAS DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTROMECAÁNICA
ENCUESTA DIRIGIDA A LOS ESTUDIANTES DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE COTOPAXI

OBJETIVO

Simular y aplicar prácticas de Transformadores Trifásicos en el laboratorio de ciencias eléctricas de la Universidad Técnica de Cotopaxi

INSTRUCCIONES

Lea detenidamente y marque con un círculo la respuesta correcta

Preguntas

1.- ¿Cree necesario comprobar los conocimientos teóricos de Transformadores Trifásicos?

Sí

No

2.- ¿Cree que la realización de prácticas fortalecerían los conocimientos teóricos?

Sí

No

3.- ¿Se puede reforzar lo aprendido en las clases de Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética con prácticas en un módulo de Transformadores Trifásicos?

Si

No

4- ¿Los docentes de las materias Máquinas Eléctricas y Teoría Electromagnética fortalecerán los conocimientos mediante el uso de equipos de laboratorio?

Sí

No

5.- ¿Seleccione cómo califica la tecnología actual del equipamiento de los laboratorios con respecto a los Transformadores Trifásicos?

Tecnología actualizada

Tecnología desactualizada

6.- ¿Es necesaria la elaboración de guías prácticas del módulo de Transformadores Trifásicos?

Si

No