



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO**

**TEMA:
ANÁLISIS DE SISTEMAS TRIFÁSICOS DE TRANSFORMADORES
CONEXIÓN Y - D**

**AUTORES:
PABLO ANDRÉS BARRIOS BAJAÑA
KAREN GABRIELA CAMACHO INSUASTE**

**TUTOR DE TESIS:
ING. FERNANDO BUSTAMENTE GRANDA Msc.**

ABRIL 2015

GUAYAQUIL – ECUADOR

CERTIFICACIÓN

Yo Ing. FERNANDO BUSTAMANTE GRANDA Msc., declaro que el presente proyecto de tesis, previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico, fue elaborado por los señores: PABLO ANDRES BARRIOS BAJANA y KAREN GABRIELA CAMACHO INSUASTE, bajo mi dirección y supervisión.

Ing. Fernando Bustamante G. Msc.

Docente: Ing. Eléctrica

UPS – SEDE GUAYAQUIL

RESPONSABILIDAD DE LOS HECHOS

“La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis corresponden exclusivamente a los Autores”.

PABLO ANDRES BARRIOS BAJANA

C.I. 0924705981

KAREN GABRIELA CAMACHO INSUASTE

CI. 0924285307

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, María Auxiliadora y a Don Bosco por la fortaleza, las ganas, la paciencia y el empeño que pusieron en mí para culminar esta etapa de mi vida. A mis padres Pablo y Azucena por su empuje así como sus valiosos consejos por los cuáles estoy donde estoy, de igual manera a mis queridas hermanas Mayra y Jackeline por su apoyo y tiempo. A mi querida y amada abuela Corina Palacios quién con sus palabras me brindaba confianza. A mi padrino José Saltos quien en momentos duros siempre estuvo ahí para brindarme su apoyo. A mis amigos porque de manera incondicional siempre estuvieron a mi lado.

A todos ustedes, quienes de manera directa e indirecta fueron parte de esta etapa, la cual antes de empezarla no tenía idea de que la culminaría tan pronto.

A todos ustedes realmente gracias por apoyarme.

PABLO BARRIOS BAJAÑA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Pablo y Azucena que desde niño me involucraron con este gran proyecto Salesiano.

De igual manera a mis hermanas por haberme apoyado día tras día a lo largo de mi carrera.

Pablo Barrios Bajaña

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, quien con su infinito poder me ha brindado la sabiduría y la salud necesaria, además de su amor para poder culminar el presente proyecto.

A mi padre Javier quien con su ejemplo de constancia y sabiduría que lo caracterizan, ha hecho de mí una mujer con carácter para enfrentar la vida con responsabilidad y forjarme con excelencia en mi vida profesional.

Al Ing. Carlos Chávez, por haberme guiado con sus conocimientos durante el proceso del presente proyecto.

A todas las personas que colaboraron de una u otra forma para que esto sea posible.

KAREN CAMACHO

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi abuelita Leticia que con su bendición me ha acompañado en este largo camino, a mis padres Javier y Mónica que me dieron su apoyo, esfuerzo y amor para que realice todo lo que me he propuesto, a Próspero quien con su compañía en cada momento de mi tesis ha sido un pilar fundamental para que culmine, a mis profesores quienes con su conocimiento impartido en las aulas hicieron que crezca como profesional, a todos en general quienes han compartido conmigo todo este trayecto en el cual tuve éxitos y fracasos.

Karen Camacho

RESUMEN

Tema: ANÁLISIS DE SISTEMAS TRIFÁSICOS DE TRANSFORMADORES
CONEXIÓN Y - D

Autores: Pablo A. Barrios B., Karen G. Camacho I.

Director de Tesis: Ing. Fernando Bustamante Msc.

Palabras Claves: Banco, Transformadores, Dispositivos Eléctricos, Diagramas Eléctricos, Conexiones Trifásicas, Circuitos Eléctricos.

El presente proyecto se basa en el análisis de sistemas trifásicos de transformadores conexión Estrella-Delta. Para lo cual se necesitó realizar el diseño y construcción de un banco de pruebas de transformadores en donde se analizó el comportamiento de los diferentes parámetros como voltaje, corriente, potencia, entre otros, los que varían en dependencia de la carga conectada.

Adicionalmente, se diseñó un manual de usuario donde se indica el correcto funcionamiento del banco de pruebas de transformadores, que incorpora doce prácticas didácticas, junto con los protocolos de seguridad.

ABSTRACT

Topic: ANALYSIS OF THREE PHASE SYSTEMS, Y - D TRANSFORMER CONNECTION

Authors: Pablo A. Barrios B., Karen G. Camacho I.

Thesis Director: E.E. Fernando Bustamante Msc.

Keywords: Bank, Transformers, Power Devices, Electrical Diagrams, Three Phase Electric Circuits.

This project is based on the analysis of three-phase transformer systems Wye - Delta Connection. For which it is needed to perform the design and construction of a testing transformers bench where the behavior of the different parameters such as voltage, current, power , etc. , which vary depending on the connected load was analyzed .

Additionally, a manual where the proper functioning of the testing transformer bench, which incorporates twelve teaching practices, along with security protocols indicated designed.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN.....	ii
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xvi
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xviii
1. CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1 Problema.....	2
1.2 Delimitación del Problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4. Justificación.....	3
1.5. Variables e Indicadores.	3
1.6 Metodología.....	4
1.6.1 Métodos	4
1.6.2 Técnicas	4
1.6.3 Instrumentación de Investigación	5
1.7 Población y Muestra.	5
1.8 Descripción de la Propuesta	5
1.9 Beneficios	6
1.10 Impacto	6

2. CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	7
2.1 Principio fundamental del transformador	7
2.2 Transformador ideal y transformador real	9
2.3 Partes de un transformador	10
2.4 Tipo de conexiones de transformadores	12
2.4.1 Conexión Estrella - Estrella (Y - Y)	13
2.4.1.1 Aplicaciones.	14
2.4.2 Conexión Delta - Delta (Δ - Δ)	14
2.4.2.1 Aplicaciones.....	15
2.4.3 Conexión Estrella - Delta (Y - Δ)	15
2.4.3.1 Aplicaciones	17
2.4.3.2 Conexión Estrella - Delta Abierto	18
2.4.4 Conexión Delta - Estrella (Δ - Y)	21
2.4.4.1 Aplicaciones	21
2.4.5 Conexión Estrella - Zigzag (Y - Z)	22
2.4.5.1 Aplicaciones	22
 3. CAPÍTULO III DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE PRUEBAS	 23
3.1 Descripción de los materiales y elementos.....	23
 4. CAPITULO IV PRUEBAS PRELIMINARES A LOS TRANSFORMADORES	 33
4.1. Prueba de Polaridad	33
4.1.1 Prueba de polaridad del Transformador 1	34
4.1.2 Prueba de polaridad del Transformador 2	34
4.1.3 Prueba de polaridad del Transformador 3	34
4.2 Prueba de Corto Circuito	35
4.2.1 Prueba de corto circuito del Transformador 1	36
4.2.2 Prueba de corto circuito del Transformador 2	36

4.2.3 Prueba de corto circuito del Transformador	36
4.3 Prueba de Circuito Abierto	36
4.3.1 Prueba de circuito abierto del Transformador 1	37
4.3.2 Prueba de corto circuito del Transformador 2	37
4.3.3 Prueba de corto circuito del Transformador 3	37
4.4 Modelo Real de los Transformadores	38
4.4.1 Modelo Real del Transformador 1	38
4.4.2 Modelo Real del Transformador 2	40
4.4.3 Modelo Real del Transformador 3	42
 5. CAPÍTULO V PRÁCTICAS Y RESULTADOS	45
 5.1 Tipo de Cargas Utilizadas	45
5.1.1 Carga Resistiva	45
5.1.2 Carga Capacitiva	46
5.1.3 Carga Inductiva	48
5.1.4 Carga No Lineal	49
5.2 Guía de Prácticas	51
5.2.1 Práctica 01: Medidas preventivas y correcto funcionamiento del tablero	51
5.2.2 Práctica 02: Comprobación del correcto funcionamiento de los equipos	60
5.2.3 Práctica 03: Carga Inductiva Balanceada (Motor 3 ϕ)	77
5.2.4 Práctica 04: Carga Resistiva Trifásica Variable	84
5.2.5 Práctica 05: Carga capacitiva Variable	91
5.2.6 Práctica 06: Carga Inductiva Variable	99
5.2.7 Práctica 07: Carga Resistiva - Inductiva - Capacitiva (Circuito R.L.C.)	116
5.2.8 Práctica 08: Carga Monofásica	124
5.2.9 Práctica 09: Demostración de los Desfasamientos entre los voltajes de línea - línea de la conexión estrella y la conexión delta	134
5.2.10 Práctica 10: Carga No Lineal	144
5.2.11 Práctica 11: Carga No Lineal	155
5.2.12 Práctica 12: Carga No Lineal	163

6. CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES171

6.1. Conclusiones.....171

6.2. Recomendaciones172

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Inventario del tablero31

Tabla 4.1 Resultados prueba de polaridad del transformador 134

Tabla 4.2 Resultados prueba de polaridad del transformador 234

Tabla 4.3 Resultados prueba de polaridad del transformador 334

Tabla 4.4 Resultados prueba de corto circuito del transformador 136

Tabla 4.5 Resultados prueba de corto circuito del transformador 236

Tabla 4.6 Resultados prueba de corto circuito del transformador 336

Tabla 4.7 Resultados prueba de circuito abierto del transformador 137

Tabla 4.8 Resultados prueba de circuito abierto del transformador 237

Tabla 4.9 Resultados prueba de circuito abierto del transformador 337

Tabla 5.1 Carga resistiva trifásica45

Tabla 5.2 Carga resistiva monofásica45

Tabla 5.3 Carga capacitiva trifásica.....47

Tabla 5.4 Carga capacitiva monofásica47

Tabla 5.5 Toma de valores Variac.....63

Tabla 5.6 Toma de valores analizador de redes 1.....64

Tabla 5.7 Toma de valores analizador de redes 2.....65

Tabla 5.8 Toma de valores borneras y conectores.....66

Tabla 5.9 Toma de valores cables de pruebas67

Tabla 5.10 Toma de valores estructura metálica68

Tabla 5.11 Toma de valores protecciones - fusibles de 2 Amp69

Tabla 5.12 Toma de valores protección - fusibles de 4 Amp.....70

Tabla 5.13 Toma de valores clavija71

Tabla 5.14 Toma de valores luz piloto R	72
Tabla 5.15 Toma de valores luz piloto S.....	73
Tabla 5.16 Toma de valores luz piloto T	74
Tabla 5.17 Toma de valores breaker 3p - 20 Amp	75
Tabla 5.18 Toma de valores motor 6 terminales	76
Tabla 5.19 Registro de Pruebas – Práctica 3	80
Tabla 5.20 Registro de Pruebas – Práctica 3	81
Tabla 5.21 Registro de Pruebas – Práctica 4	87
Tabla 5.22 Registro de Pruebas – Práctica 4	88
Tabla 5.23 Registro de Pruebas – Práctica 5	95
Tabla 5.24 Registro de Pruebas – Práctica 5	96
Tabla 5.25 Registro de Pruebas – Práctica 6	103
Tabla 5.26 Registro de Pruebas – Práctica 6	104
Tabla 5.27 Registro de Pruebas – Práctica 6	106
Tabla 5.28 Registro de Pruebas – Práctica 6	107
Tabla 5.29 Registro de Pruebas – Práctica 6	109
Tabla 5.30 Registro de Pruebas – Práctica 6	110
Tabla 5.31 Registro de Pruebas – Práctica 6	112
Tabla 5.32 Registro de Pruebas – Práctica 6	113
Tabla 5.33 Registro de Pruebas – Práctica 7	120
Tabla 5.34 Registro de Pruebas – Práctica 7	121
Tabla 5.35 Valores de voltaje respecto a tierra	125
Tabla 5.36 Registro de Pruebas – Práctica 8	129
Tabla 5.37 Registro de Pruebas – Práctica 8	130
Tabla 5.38 Registro de Pruebas – Práctica 8	131
Tabla 5.39 Registro de Pruebas – Práctica 10	148
Tabla 5.40 Registro de Pruebas – Práctica 10	149
Tabla 5.41 Registro de Pruebas – Práctica 11	158
Tabla 5.42 Registro de Pruebas – Práctica 11.....	159
Tabla 5.43 Registro de Pruebas – Práctica 12	166
Tabla 5.44 Registro de Pruebas – Práctica 12.....	167

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Principio de funcionamiento de un transformador con carga.....	7
Figura 2.2 Transformador: Principio de funcionamiento.....	8
Figura 2.3 Relación de transformación	9
Figura 2.4 Conexión Estrella - Estrella (Y - Y).....	14
Figura 2.5 Conexión Delta - Delta (Δ - Δ)	15
Figura 2.6 Conexión Estrella - Delta (Y - Δ)	17
Figura 2.7 Conexión Estrella - Delta con toma central.....	17
Figura 2.8 Conexión Estrella - Delta Abierto.....	19
Figura 2.9 Conexión Delta - Estrella	21
Figura 3.1 Diagrama del Tablero.....	32
Figura 4.1 Transformador: Prueba de Polaridad	33
Figura 4.2 Polaridad de los transformadores.....	35
Figura 4.3 Transformador: Prueba de Corto Circuito.....	35
Figura 4.4 Transformador: Prueba de Circuito Abierto.....	37
Figura 4.5 Modelo real baja tension transformador 1.....	39
Figura 4.6 Modelo real alta tension transformador 1.....	40
Figura 4.7 Modelo real baja tension transformador 2.....	41
Figura 4.8 Modelo real alta tension transformador 2.....	42
Figura 4.9 Modelo real baja tension transformador 3.....	43
Figura 4.10 Modelo real alta tension transformador 3.....	44
Figura 5.1 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ conectado a un Motor	83
Figura 5.2 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga Resistiva	90
Figura 5.3 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga Capacitiva	98
Figura 5.4 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga Inductiva	115
Figura 5.5 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga R.L.C.....	123
Figura 5.6 Diagrama de Conexión Trifásica Y- Δ con Toma Central	126
Figura 5.7 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga trifásica y monofásica	133
Figura 5.8 Diagrama de Conexión Trifásica Y- Δ con desfase a 30°	135
Figura 5.9 Diagrama Fasorial de Voltaje Línea – Línea Y- Δ	138
Figura 5.10 Diagrama de Conexión Trifásica Y- Δ con desfase a 210°	139
Figura 5.11 Diagrama Fasorial de Voltaje Línea – Línea Y- Δ	142

Figura 5.12 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga No Lineal	154
Figura 5.13 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga No Lineal y neutro aterrizado en el lado primario.....	162
Figura 5.14 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga No Lineal y neutro aterrizado en el secundario	170

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1 Núcleo Magnético.....	10
Ilustración 2.2 Tanque.....	10
Ilustración 2.3 Bobina	11
Ilustración 2.4 Aceite Dieléctrico	11
Ilustración 2.5 Aisladores	12
Ilustración 3.1 Plancha metálica perforada	23
Ilustración 3.2 Tubo cuadrante 1 (1/2 "x2"	24
Ilustración 3.3 Transformador monofásico 1KV	24
Ilustración 3.4 Variac 0-220v	25
Ilustración 3.5 Disyuntor 3p-20 Amp	25
Ilustración 3.6 Selectores dos vías.....	26
Ilustración 3.7 Luz piloto	26
Ilustración 3.8 Borneras tipo hembra....	26
Ilustración 3.9 Portafusibles 32 Amp....	27
Ilustración 3.10 Fusibles	27
Ilustración 3.11 Analizador de redes – marca Schneider ..	28
Ilustración 3.12 Motor trifásico Siemens	28
Ilustración 3.13 Transformador de corriente marca Volto ..	29
Ilustración 3.14 Clavija trifásica – 4 hilos	29
Ilustración 3.15 Tablero de pruebas completo	30
Ilustración 5.1 Carga resistiva variable.....	46
Ilustración 5.2 Carga Capacitiva Variable ...	48
Ilustración 5.3 Motor Trifásico.....	49
Ilustración 5.4 Carga Inductiva Variable	49
Ilustración 5.5 Disyuntor 3P-20Amp / Clavija trifásica ..	53

Ilustración 5.6 Analizador de redes	53
Ilustración 5.7 Alimentación desde la red principal	54
Ilustración 5.8 Vista frontal de Variac	54
Ilustración 5.9 Simulador de fallas B.T	55
Ilustración 5.10 Barra de alimentación principal / Vista posterior del analizador de redes	55
Ilustración 5.11 Analizador de redes	56
Ilustración 5.12 Simulador de fallas A.T	56
Ilustración 5.13 Barra de carga.....	57
Ilustración 5.14 Módulo de protecciones	57
Ilustración 5.15 Valores y Gráficos de la prueba con carga inductiva	82
Ilustración 5.16 Valores y Gráficos de la prueba con carga resistiva variable	89
Ilustración 5.17 Valores y Gráficos de la prueba con carga capacitiva variable.....	97
Ilustración 5.18 Valores y Gráficos de la prueba con carga inductiva sin falla en B.T.....	105
Ilustración 5.19 Valores y Gráficos de la prueba con carga inductiva con falla en B.T.....	108
Ilustración 5.20 Valores y Gráficos de la prueba con carga inductiva sin falla en A.T	111
Ilustración 5.21Valores y Gráficos de la prueba con carga inductiva con falla en A.T	114
Ilustración 5.22 Valores y Gráficos de la prueba con carga R.L.C.....	122
Ilustración 5.23 Valores y Gráficos de la prueba con carga inductiva trifásica y monofásica.....	132
Ilustración 5.24 Señal de voltaje desfase 30°	136
Ilustración 5.25 Señal de voltaje desfase 30°	137
Ilustración 5.26 Señal de voltaje desfase 210°	137
Ilustración 5.27 Señal de voltaje desfase 210°	140
Ilustración 5.28 Módulo de pruebas para focos.....	145
Ilustración 5.29 Valores y Gráficos de la prueba con carga No Lineal lado primario	150
Ilustración 5.30 Valores y Gráficos de corrientes con carga No Lineal lado primario	151

Ilustración 5.31 Valores y Gráficos de armónico con carga No Lineal lado secundario.....	152
Ilustración 5.32 Valores y gráficos de armónicos con carga No Lineal del sistema.....	153
Ilustración 5.33 Valores y gráficos de armónicos con carga No Lineal y neutro del primario aterrizado	160
Ilustración 5.34 Valores y gráficos de Armónicos con carga No Lineal y neutro del primario aterrizado	161
Ilustración 5.35 Valores y gráficos de armónicos con carga No Lineal y toma Central en el lado secundario.....	168
Ilustración 5.36 Valores y gráficos de armónicos con carga No Lineal y toma central en el lado secundario.....	169

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 2.1 Ley de Faraday	7
Ecuación 2.2 Relación Fundamental de Transformación	9
Ecuación 2.3 Relación entre los voltajes de línea y voltajes de fase	13
Ecuación 2.4 Relación entre los voltajes de línea y voltajes de fase	14
Ecuación 2.5 Relación entre los voltajes de línea y voltajes de fase	16
Ecuación 2.6 Voltaje que existe en la abertura dejada por el Transformador C.....	18
Ecuación 2.7 Potencia suministrada sin uno de los transformadores de fase	19
Ecuación 2.8 Potencia suministrada sin uno de los transformadores de fase	20
Ecuación 2.9 Potencia suministrada	20
Ecuación 2.10 Relación entre potencia de salida del banco en Delta Abierto y del banco en Delta Trifásico	20
Ecuación 2.11 Relación entre voltajes de línea y voltajes de fase	21
Ecuación 4.1 Relación Fundamental de Transformación	38
Ecuación 4.2 Cálculo de la admitancia del transformador..	38
Ecuación 4.3 Cálculo para la impedancia equivalente del transformador	39
Ecuación 4.4 Cálculo de la admitancia del transformador..	40
Ecuación 4.5 Cálculo para la impedancia equivalente del transformador	41
Ecuación 4.6 Cálculo de la admitancia del transformador..	42
Ecuación 4.7 Cálculo para la impedancia equivalente del transformado	43

Ecuación 5.1 Ley de Ohm.....	46
Ecuación 5.2 Reactancia Capacitiva	47
Ecuación 5.3 Cálculo de corriente por medio de voltaje y reactancia capacitiva	47
Ecuación 5.4 Reactancia Inductiva	48
Ecuación 5.5 Cálculo de corriente por medio de voltaje y reactancia capacitiva	48
Ecuación 5.6 Relación de Hercios a segundos	136
Ecuación 5.7 Cálculo del número de grados entre voltajes picos de ambas señales	138
Ecuación 5.8 Relación de Hercios a segundos.....	140
Ecuación 5.9 Cálculo del número de grados entre voltajes picos de ambas señales	141

INTRODUCCIÓN

Para que el nivel de voltaje que parte desde los centros de generación llegue con valores correctos a los centros de distribución se utilizan los transformadores de elevación, debido a que al pasar la energía por las redes de transmisión se irán perdiendo cierta cantidad de voltaje.

En el siguiente documento se elaborará un listado de las pruebas que se deben realizar, teniendo en cuenta los diversos tipos de carga; así como, el análisis en el comportamiento de los transformadores conectados en Estrella – Triángulo.

Todas estas pruebas formarán parte de la institución, de manera que al obtener este banco de pruebas de la conexión mencionada anteriormente permitirá a los estudiantes de todos los niveles poner en práctica los conocimientos adquiridos, además de la comprobación de los resultados, tomando de guía el documento a elaborarse.

A continuación se detallará el contenido de cada uno de los capítulos que conformarán este documento:

Capítulo 1.- En este capítulo haremos hincapié en lo referente al planteamiento del problema, así como los objetivos, justificación del proyecto, etc.

Capítulo 2.- Se hará énfasis en lo que respecta al fundamento teórico, principio de funcionamiento del transformador, sus partes y conexión.

Capítulo 3.- Se detallará el diseño del tablero así como también un detalle de cada una de las partes que lo conforman.

Capítulo 4.- Tendrá todo lo relacionado a las distintas pruebas preliminares que se realizaron a cada uno de los transformadores así como sus resultados.

Capítulo 5.- Se mostrarán los resultados obtenidos en cada una de las prácticas. Cada una de estas prácticas fue realizada con distintos tipos de cargas que también serán detalladas y analizadas.

CAPÍTULO I

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.PROBLEMA

Debido al gran número de estudiantes que se encuentran en la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, es necesario contar con los suficientes equipos pedagógicos que faciliten y optimicen la elaboración de prácticas técnicas de los diversos temas vistos en clase. Por este motivo se procede a realizar el diseño y construcción de un Tablero de Pruebas para Transformadores.

1.2.DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El principal obstáculo que podría presentarse a lo largo de la realización del Tablero de Pruebas es el factor económico, debido a que varios elementos que forman parte del tablero poseen un costo elevado. Adicional al costo también hay que considerar que algunos elementos deben de ser importados, y para ello existen distribuidores autorizados, calificados y específicos que realizan la importación directa para dicha adquisición debido a que estos elementos poseen su marca registrada.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1.OBJETIVO GENERAL.

Realizar el análisis de un sistema trifásico de transformadores; el mismo que está conectado en Estrella – Delta (Y - Δ), mediante la utilización de un banco de pruebas para transformadores.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diseñar y construir un Tablero de Pruebas.
- Dimensionar y seleccionar los equipos a utilizar en el Tablero.
- Proporcionar los valores de las pruebas, correspondiente a cada uno de los transformadores de manera individual (prueba de polaridad - prueba de cortocircuito – prueba de circuito abierto).
- Preparar 12 prácticas demostrativas para aplicar en el Tablero de Pruebas.

1.4. JUSTIFICACIÓN

Mediante la elaboración de este proyecto se busca que el estudiante capte de mejor manera la información adquirida en clase, y una vez ejecutado este proyecto las clases se realizarán en su mayoría de forma práctica, reforzando los conceptos de funcionamiento de protecciones eléctricas en cada uno de los equipos, con esto se realza la importancia de ampliación de tableros de pruebas en los laboratorios, siendo el Laboratorio de Transformadores el escogido en este caso.

Es importante indicar que se utilizarán tres transformadores monofásicos, cada uno con una capacidad de 1000 Voltios-Amperios. El uso de estos transformadores permitirá obtener un banco trifásico, el mismo que servirá para la realización de cada una de las distintas prácticas.

Es indispensable recordar los principios de funcionamiento y de fabricación de estos transformadores, así como diseñar y comparar los principales dispositivos que se utilizan.

1.5. VARIABLES E INDICADORES

Las variables con las que contamos en este proyecto son:

- ✓ Tipo de Tableros
- ✓ Aplicaciones en el mercado

En la actualidad existen una gran variedad de tableros, los mismos que poseen distintas aplicaciones ya sean para el control como para pruebas experimentales como es este caso.

Por otra parte, mediante la elaboración de este proyecto podemos determinar cómo indicadores los siguientes:

- ✓ Frecuencia de cambio
- ✓ Matriz de consumo de materiales
- ✓ Vida útil

Estos indicadores se encuentran relacionados tanto en el tiempo en que podrán funcionar correctamente cada uno de los elementos del tablero, así como, las mejoras

que podrá tener el mismo, es decir, un tablero no funcionará con los mismos elementos para siempre, además de que estará sujeto a cambios para su optimización.

1.6. METODOLOGÍA

En este punto se abarcará los distintos métodos y técnicas que fueron utilizadas en el desarrollo de este proyecto tomando como referencia las variables correspondientes a los distintos indicadores como frecuencia de cambio, matriz de consumo de materiales y de vida útil; y de los distintos instrumentos que se utilizaron a lo largo de la investigación.

1.6.1. MÉTODOS

Por medio de los métodos analítico e inductivo se realizará un análisis en los resultados de cada una de las 12 prácticas a realizar, con esto se pretende observar el comportamiento de los transformadores así como de los diversos parámetros eléctricos que posee la red (voltajes, corrientes, potencia, factor de potencia, etc.).

Gutiérrez - Sánchez (1990, p.133) define al Método Analítico como “aquel que distingue las partes de un todo y procede a la revisión ordenada de cada uno de los elementos por separado”.

Por otro lado el método inductivo es el razonamiento mediante el cual, a partir del análisis de hechos singulares, se pretende llegar a leyes. Es decir, se parte del análisis de ejemplos concretos que se descomponen en partes para posteriormente llegar a una conclusión.

1.6.2. TÉCNICAS

Como técnica de investigación fueron utilizadas las técnicas de campo como también la técnica documental.

La técnica documental permitió la recopilación de información respecto al comportamiento de los transformadores, para esto se utilizaron varios tipos de instrumentación como lo son:

- ✓ Multímetro
- ✓ Analizador de Redes
- ✓ Osciloscopio

Por otra parte la técnica de campo nos facilitó confrontar los valores teóricos con los prácticos con lo cual se determinó que el comportamiento de los transformadores así como del tablero eran correctos.

1.6.3. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

Se utilizaron dos tipos fuente para la recopilación de información, estos son:

- ✓ Libros
- ✓ Sitios Web

Estas fuentes deben tener relación directa con el tema a tratar, además de poseer información actualizada, relevante, pertinente para el desarrollo y que sea certificada.

1.7. POBLACIÓN Y MUESTRA

Debido a que el tablero de pruebas va dirigido a los estudiantes que cursan la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, el número total de la población será igual al número de estudiantes que es de 580 aproximadamente.

Como muestra se tomará al número de estudiantes que estén cursando la materia de Máquinas Eléctricas I que es de 35 estudiantes en total, repartidos en los horarios matutino y vespertino. Siendo estos los que utilizarán de forma directa el tablero de pruebas para la realización de distintas prácticas.

1.8. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

Lo que le proponemos a la Universidad Politécnica Salesiana es que aumente el número de tableros para pruebas experimentales, con el fin de que el estudiante no solo obtenga el conocimiento teórico sino que además adquiera destrezas prácticas, tomando en cuenta de que la carrera de Ingeniería Eléctrica es una carrera tanto teórica como práctica.

Finalmente, con la creación e implementación de estos tableros, el cual es una nueva propuesta para la realización de prácticas de nuestra carrera, permitirá que otras materias que tengan que utilizar los laboratorios ejecuten proyectos que admitan el desarrollo y crecimiento profesional e intelectual de cada estudiante, mediante las prácticas constantes que se realicen, con la utilización de equipos de última generación, garantizando la preparación y el conocimiento adquirido en las aulas.

1.9. BENEFICIOS

Con la elaboración de este tablero de pruebas los estudiantes de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil se verán beneficiados ya que podrán realizar sus prácticas correspondientes a la materia de Máquinas Eléctricas I de una forma confiable y segura. Cabe recalcar que el tablero de pruebas posee diversas protecciones que en caso de que ocurra alguna falla esta no afecte al estudiante ni al Laboratorio.

1.10. IMPACTO

El impacto que tendrá la construcción del tablero será positivo, ya que el mismo al ser construido con elementos de alta calidad se garantizó su longevidad, aunque esto no justifique que no se tenga que realizar los mantenimientos respectivos a los distintos elementos que lo conforman.

CAPÍTULO 2

2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 PRINCIPIO FUNDAMENTAL DEL TRANSFORMADOR

El principio fundamental de los transformadores se basa en la ley de Faraday. La misma que establece que “la f.e.m. inducida en un circuito es numéricamente igual a la derivada respecto al tiempo, cambiada de signo, del flujo que lo atraviesa”. De esta manera se puede concluir que la fuerza electromotriz (f.e.m.) se origina por medio de la inducción electromagnética.

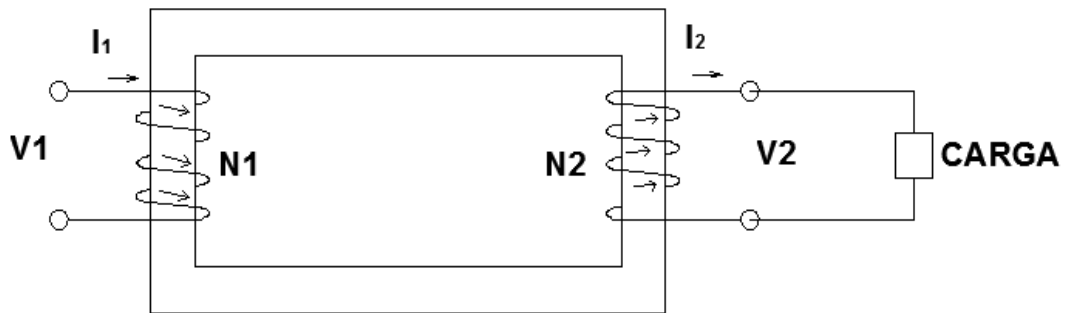
Ecuación 2.1 Ley de Faraday

$$\varepsilon = - \frac{d\phi}{dt}$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Esto sucede cuando un cuerpo se expone a algún campo magnético o su vez un cuerpo móvil es referido un campo magnético fijo.

Figura 2.1 Principio de Funcionamiento de un Transformador con Carga



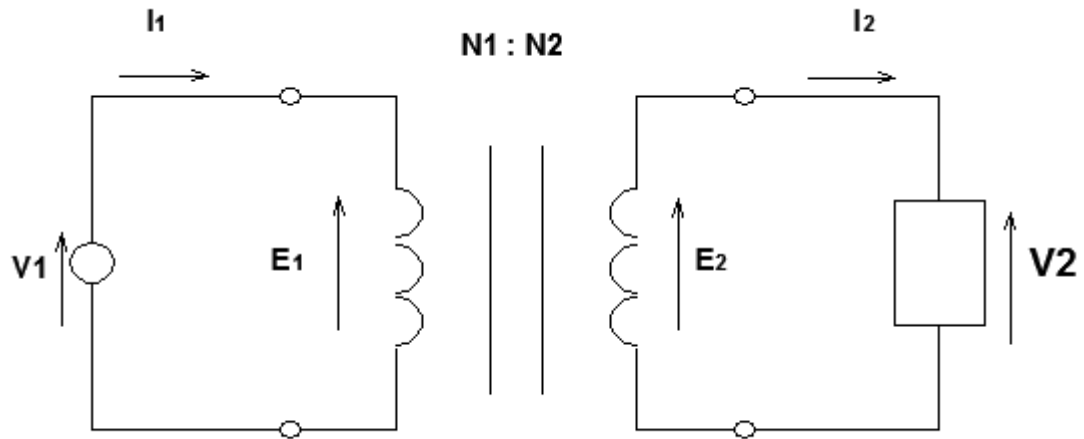
Fuente: Los autores

El transformador es una máquina eléctrica estática compuesta básicamente de bobinas; el mismo puede ser monofásico (porque posee una bobina) o trifásico (posee tres bobinas).

Estas bobinas se encuentran aisladas entre ellas y que por medio de la inducción electromagnética se pueden aumentar o disminuir los niveles de tensión, pero sin que la potencia sufra cambios.

Por último la relación de transformación, que es una relación entre el número de vueltas del devanado primario y el número de vueltas del devanado secundario, nos permitirá identificar el comportamiento del transformador; es decir, si el transformador es de elevación o de reducción.

Figura 2.2 Transformador: Principio de Funcionamiento



Donde:

V_1 = Voltaje suministrado en el lado primario del transformador

V_2 = Voltaje que recibe la carga en el lado secundario del transformador

E_1 = Voltaje inducido en el lado primario del transformador

E_2 = Voltaje inducido en lado secundario del transformador

Fuente: Los autores

El voltaje en un generador eléctrico se induce, ya sea cuando una bobina se mueve a través de un campo magnético o bien cuando el campo producido en los polos en movimiento cortan una bobina estacionaria.

En ambos casos, el flujo total es sustancialmente constante, pero hay un cambio en la cantidad de flujo que es la bobina a la bobina. Este mismo principio es válido para el transformador, solo que en este caso las bobinas y el circuito magnético son estacionarios (no tienen movimiento), en tanto que el flujo magnético cambia continuamente.

El cambio de flujo se puede obtener aplicando una corriente alterna en la bobina; la corriente, a través de la bobina, varía en magnitud con el tiempo, y por lo tanto, el flujo producido por esta corriente, varía también en magnitud con el tiempo.

El flujo cambiante con el tiempo que se aplica en uno de los devanados, induce un voltaje E_1 (en el primario). Si se desprecia por facilidad, la caída de voltaje por resistencia en el devanado primario, el valor de E_1 será igual y de sentido opuesto al voltaje aplicado V_1 .

De la ley de inducción electromagnética, se sabe que este voltaje inducido E_1 en el devanado primario y también al índice de cambio del flujo en la bobina. Se tiene dos relaciones importantes.

2.2 TRANSFORMADOR IDEAL Y TRANSFORMADOR REAL.

En un transformador ideal, la potencia que tenemos de entrada es igual a la potencia que tenemos de salida, esto quiere decir que:

Ecuación 2.2 Relación Fundamental de Transformación

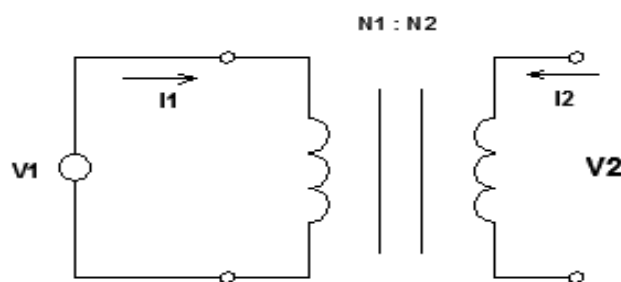
$$N_1 * I_1 = N_2 * I_2$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Pero en realidad, en los transformadores reales existen pequeñas pérdidas que se manifiestan en forma de calor. Estas pérdidas las causan los materiales que componen un transformador eléctrico.

En los conductores de los devanados existe una resistencia al paso de la corriente que tiene relación con la resistividad del material del cual están compuestos. Además, existen efectos por dispersión de flujo magnético en los devanados.

Figura 2.3 Relación de Transformación



Fuente: Los autores

2.3 PARTES DE UN TRANSFORMADOR

El transformador en si es una máquina construida a partir de varios elementos unos dependerán del fin con el que será construido el transformador, pero entre los elementos más relevantes para la construcción de transformador tenemos:

Núcleo: Conocido también como núcleo magnético, este núcleo hace a su vez un circuito magnético que permitirá transferir energía. Debido a que se encuentra elaborado de materiales permite que el transformador maximice el acoplamiento en los devanados así como disminuir la corriente de excitación.

Ilustración 2.1 Núcleo Magnético



Fuente: Los autores

Tanque: Elaborado en plancha de acero laminado en frío. Este elemento debe ser capaz de soportar altos niveles de presión debido al aumento de temperatura que presenten las bobinas.

Ilustración 2.2 Tanque



Fuente: Los autores

Bobina: Ubicados en el lado primario y secundario del transformador. Elaborados básicamente de algún tipo de conductor (usualmente cobre), pueden presentarse en forma de hilos o de platina, en forma tubular o plana y en bloques, esto depende mucho de su utilización (ya sea en alta o baja tensión).

Se encuentran aisladas mediante tubos de papel baquelizado o incluso separado entre sí por tiras de madera secados al vacío e impregnado en aceite.

Ilustración 2.3 Bobina



Fuente: Los autores

Aceite: Es utilizado en los transformadores de dos maneras, como aislante y como refrigerante. Se utiliza como refrigerante por el hecho de que absorbe el calor que existe dentro del transformador. Por otro lado el aceite es utilizado como aislante por su propiedad de ser un muy mal conductor, y esto se debe a que el aceite dieléctrico es un aceite altamente refinado (posee una gran ausencia de impurezas) por lo que el aceite posee una resistencia extraordinario al óxido y una gran estabilidad térmica.

Ilustración 2.4 Aceite Dieléctrico



Fuente: Los autores

Aisladores: Existen de varios materiales (porcelana, vidrio y resinas epóxicas). Los aisladores básicamente son utilizados para separar a los conductores, que por lo general se encuentran desnudos, de los soportes o en el caso de los transformadores separar los hilos energizados del tanque.

Ilustración 2.5 Aisladores



Fuente: Los autores

2.4 TIPOS DE CONEXIONES DE TRANSFORMADORES

Existen varias maneras de conectar los transformadores. Entre estas tenemos:

- Conexión en Delta
- Conexión en Estrella
- Conexión Abierta
- Conexión en Zig – Zag

Para poder identificar el tipo de conexión que se esté usando en el transformador se pueden utilizar letras, teniendo en cuenta que la letra mayúscula representa al lado primario y la letra minúscula al secundario. En el caso de una conexión en Delta se utiliza la letra “D”, por el otro lado en una conexión en Estrella se utilizará la letra “Y”, y cuándo se presente una conexión en Zig-Zag se utilizará la letra “Z”.

De entre todas estas conexiones las que más se utilizan son las conexiones en Estrella y en Delta, mientras que los transformadores cuya conexión sea “Abierta” son conocidos por ser transformadores suplementarios.

Cada uno de los esquemas de conexiones, posee propiedades particulares que van desde la corriente magnetizante, tensiones, aplicaciones de cada una de las conexiones, etc.

2.4.1 CONEXIÓN ESTRELLA – ESTRELLA (Y/Y)

Esta conexión es muy favorable en niveles de alta tensión debido a su bajo costo. Además de esto, esta conexión facilita el aislamiento y empleo de secciones amplias de cobre, las mismas que otorgan una mayor rigidez a las bobinas incluso protegiéndolas de mejor manera contra grandes esfuerzos mecánicos.

Ecuación 2.3 Relación entre los voltajes de línea y voltaje de fase

$$\frac{V_{L1}}{V_{L2}} = \frac{\sqrt{3} V_{\phi1}}{\sqrt{3} V_{\phi2}}$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Donde:

V_{L1} : Voltaje de línea en el lado primario

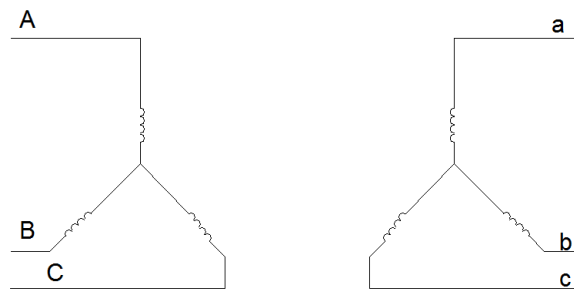
V_{L2} : Voltaje de línea en el lado secundario

$V_{\phi1}$: Voltaje de fase en el lado primario

$V_{\phi2}$: Voltaje de fase en el lado secundario

Otra característica muy importante de esta conexión es que permite tener un neutro en la salida, el mismo que se puede utilizar para la alimentación en redes de baja tensión, además de protección realizando una conexión de tierra en el lado de alta tensión.

Figura 2.4 Conexión Estrella - Estrella



Fuente: Los autores

2.4.1.1 APLICACIONES

Como una de las principales aplicaciones tenemos la de transmitir medianas potencias a elevadas tensiones, utilizando puesta a tierra en tan solo un punto de la red de alta tensión.

Otra aplicación es para alimentar pequeñas instalaciones que posean neutro aterrizado con cargas bajas.

2.4.2 CONEXIÓN DELTA – DELTA (Δ/Δ)

Dentro de esta conexión encontramos que cada uno de los devanados debe soportar el voltaje total de la línea y en caso de que la intensidad sea baja resultarán un número elevado de espiras de pequeña sección. Por otro lado si la capacidad es elevada pero su tensión es baja, la corriente por cada una de sus fases (siendo de inferior valor que el de la línea) permitirá disminuir la sección a igual densidad de corriente mediante la relación $\frac{1}{\sqrt{3}}$.

Ecuación 2.4 Relación entre los voltajes de línea y voltaje de fase

$$\frac{V_{L1}}{V_{L2}} = \frac{V_{\phi1}}{V_{\phi2}}$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Donde:

V_{L1} : Voltaje de línea en el lado primario

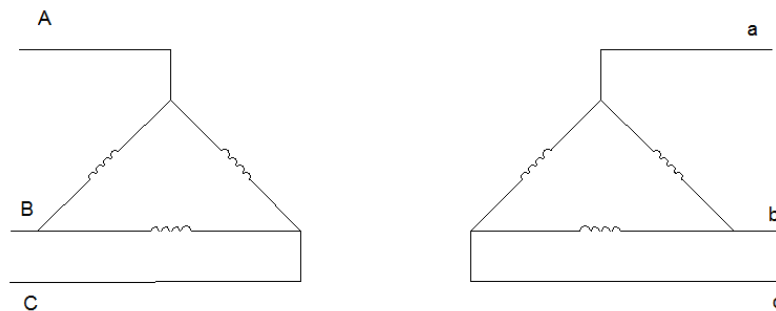
V_{L2} : Voltaje de línea en el lado secundario

$V_{\phi 1}$: Voltaje de fase en el lado primario

$V_{\phi 2}$: Voltaje de fase en el lado secundario

Este tipo de conexiones al no presentar un neutro en la salida no permite el uso de protección por medio del uso de puesta a tierra, ni alimentación mixta a cuatro hilos.

Figura 2.5 Conexión Delta - Delta



Fuente: Los autores

2.4.2.1 APLICACIONES

Debido a que en esta conexión se no posee una conexión al neutro de la red, tanto en el lado primario como en el secundario no es posible realizar una conexión de puesta a tierra de forma directa o incluso alimentación de un sistema de cuatro hilos; por lo que este tipo de conexión conviene más en la utilización de pequeñas potencias con valores elevados de corriente en las líneas pero que posean valores bajos de tensión.

2.4.3 CONEXIÓN ESTRELLA – DELTA (Y/ Δ)

Teniendo una conexión estrella en el lado de alta y una conexión triángulo en el lado de baja, los voltajes en cada uno de los devanados son más favorables, aunque si se

llegase a presentar alguna avería se vería comprometido el correcto funcionamiento del transformador.

Esta conexión no presenta problemas del tercer armónico en el lado del secundario debido a que la corriente circulante se encuentra encerrada en el Delta (Δ). Sin embargo el problema que posee esta conexión es debido al desfaseamiento de 30° que posee el lado secundario respecto al primario.

Ecuación 2.5 Relación entre los voltajes de línea y voltaje de fase

$$\frac{V_{L1}}{V_{L2}} = \frac{\sqrt{3} V_{\phi 1}}{V_{\phi 2}}$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Donde:

V_{L1} : Voltaje de línea en el lado primario

V_{L2} : Voltaje de línea en el lado secundario

$V_{\phi 1}$: Voltaje de fase en el lado primario

$V_{\phi 2}$: Voltaje de fase en el lado secundario

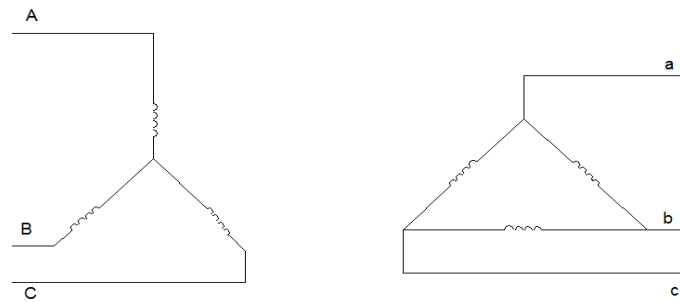
Si se quiere conectar en paralelo otro banco de transformadores hay que tener en cuenta el ángulo de desfaseamiento para de esta forma evitar cualquier problema.

Por otro lado la conexión en Delta (Δ) es considerada como una conexión robusta, debido a que por esta pueden circular cargas desbalanceadas ya que las corrientes de estas cargas se distribuirán uniformemente por cada uno de los devanados.

Existen cuatro posibles conexiones que pueden ser utilizadas:

- Desfase a 30° (Yd1)
- Desfase a 150° (Yd5)
- Desfase a -150° (Yd7)
- Desfase a -30° (Yd11)

Figura 2.6 Conexión Estrella – Delta



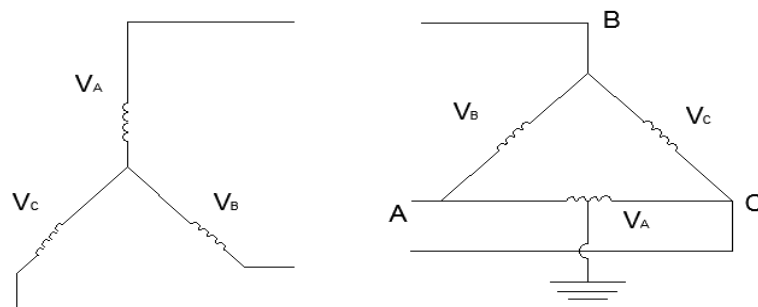
Fuente: Los autores

2.4.3.1 APLICACIONES

Esta conexión sirve perfectamente para reducción de voltajes en lo que respecta a centrales, transmisión y distribución de la energía siempre que estas no requieran neutro secundario.

Por otro lado uno de los devanados del lado secundario del transformador; conectado en Delta (Δ), puede ser conectado a tierra, con esto se obtendría un sistema que puede suministrar servicio eléctrico dual, es decir alimentar cargas trifásicas como monofásicas. Cabe mencionar que tan solo uno de los devanados debe estar conectados a tierra caso contrario pondría en corto al transformador.

Figura 2.7 Conexión Estrella – Delta con Toma Central



Fuente: Los autores

En la figura 2.7 el devanado del Transformador A está conectado a tierra por lo que la línea A y la línea C en relación a tierra poseen 120V, mientras que la línea B con respecto a tierra tendrá un valor de 208v.

Las cargas monofásicas conectadas al banco trifásico por medio de la toma a tierra ocasionarán que esas líneas posean un mayor valor en voltajes, corrientes y potencias que aquella línea en la que no existe una carga monofásica.

2.4.3.2 CONEXIÓN ESTRELLA – DELTA ABIERTO

En el caso de que uno de los transformadores esté averiado y deba ser extraído para su reparación, el sistema mantendrá el servicio trifásico aunque variando su rendimiento. Suponiendo que el transformador que se extraiga sea el Transformador C, el valor resultante entre los voltajes de los transformadores A y B será:

$$V_C = -V_A - V_B$$

Donde:

$$V_A = V \angle 0^\circ = \text{Voltaje en el transformador A}$$

$$V_B = V \angle -120^\circ = \text{Voltaje en el transformador B}$$

$$V_C = \text{Voltaje en el transformador C}$$

Entonces:

Ecuación 2.6 Voltaje que existe en la abertura dejada por el transformador C

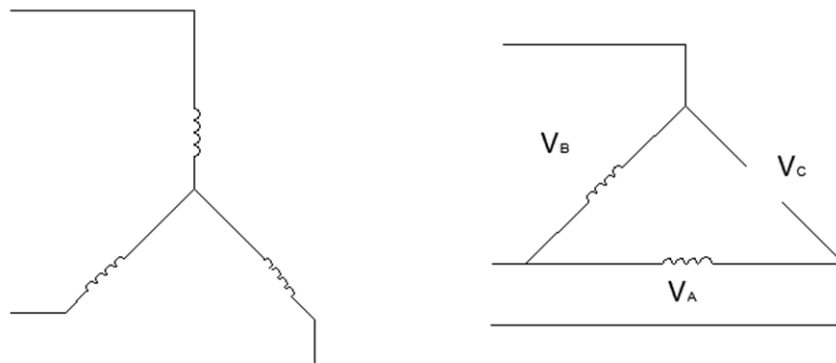
$$V_C = V \angle 0^\circ - V \angle -120^\circ$$

$$V_C = V \angle 120^\circ$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Dicho de otra manera aunque el transformador C no se encuentra conectado se sigue manteniendo una conexión trifásica por medio de los transformadores A y B ya que estos permiten que siga fluyendo potencia sin que exista una fase.

Figura 2.8 Conexión Estrella – Delta Abierto



Fuente: Los autores

Dado el hecho de que un transformador no está operativo las corrientes de línea serán iguales a las corrientes de fases en cada uno de los dos transformadores. Analizando de forma separada el transformador A del transformador B tenemos:

Transformador A:

El valor del ángulo en el voltaje será de 150° mientras que el ángulo de la corriente es de 120° esto debido a que se encuentran desfasadas una de la otra en 30° .

Ecuación 2.7 Potencia suministrada sin uno de los transformadores de fase

$$P_A = 3 V * I \cos (150 - 120)$$

$$= 3 V * I \cos (30)$$

$$= \frac{\sqrt{3}}{2} V * I$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Transformador B:

El ángulo en el voltaje es de 30° y el valor del ángulo en la corriente es de 60° . De la misma forma en como se realizó en el transformador A la Potencia en este transformador será:

Ecuación 2.8 Potencia suministrada sin uno de los transformadores de fase

$$\begin{aligned}P_B &= 3 V * I \cos (30 -60) \\&= 3 V * I \cos (-30) \\&= \frac{\sqrt{3}}{2} V * I\end{aligned}$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Una vez obtenida las potencias en cada uno de los transformadores la potencia total del banco es:

Ecuación 2.9 Potencia suministrada

$$P = \sqrt{3} V * I$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Teniendo en cuenta que la corriente nominal en cada transformador así como el voltaje es el mismo, la relación entre la potencia de salida del banco en conexión delta trifásica y la potencia de salida del banco en Delta Abierto es:

Ecuación 2.10 Relación entre potencia de salida del banco en Delta Abierto y del banco en Delta Trifásico

$$\frac{P_{\Delta-Abierto}}{P_{\Delta}} = \frac{\sqrt{3} V * I}{3 V * I} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0.577$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

De esta forma se comprueba que la potencia de salida con la que contará el Delta Abierto será de 57.7% en relación a la conexión Delta.

En lo que respecta a la Potencia Reactiva, un transformador consume la potencia reactiva que el otro produce, por lo que el límite de potencia de salida del banco es del 57.7% y no del 66.7% que representa los $\frac{2}{3}$ del banco.

2.4.4 CONEXIÓN DELTA – ESTRELLA (Δ/Y)

En relación a las otras conexiones, la conexión Triángulo – Estrella es la más práctica desde el punto de vista de que presenta una elevación de tensión en los devanados. En caso de que ocurra un fallo en tan solo uno de los devanados dejaría inutilizado al sistema completo.

Al presentarse el lado de baja tensión en conexión Estrella, la misma puede prestarse para la alimentación de redes de distribución a cuatro hilos.

Ecuación 2.11 Relación entre voltajes de línea y voltajes de fase

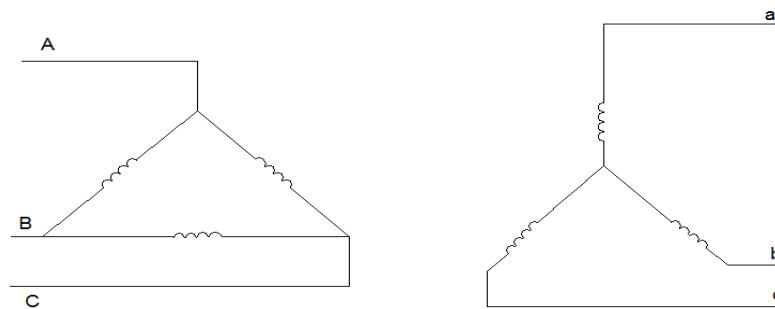
$$\frac{V_{L1}}{V_{L2}} = \frac{V_{\phi1}}{\sqrt{3} V_{\phi2}}$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Existen cuatro posibles conexiones que pueden ser utilizadas:

- Desfase de 30° (Dy1)
- Desfase de 150° (Dy5)
- Desfase de -30° (Dy11)
- Desfase de -150° (Dy7)

Figura 2.9 Conexión Delta - Estrella



Fuente: Los autores

2.4.4.1 APLICACIONES

Debido a su propiedad de elevación, son muy utilizadas en lo que respecta la transmisión y distribución de líneas a cuatro hilos.

2.4.5 CONEXIÓN ESTRELLA – ZIGZAG (Y/Z)

Esta conexión nos permite corregir el problema que posee la conexión Estrella – Estrella al momento de que ocurra un desequilibrio en el consumo (ocasionado por un exceso de carga en una fase).

Esta conexión consiste en que los valores de corrientes que pasa por cada uno de las fases en el lado de baja tensión afecten de la misma forma a dos fases del lado primario. Estos valores de corriente se compensarán mutuamente con las corrientes del lado secundario.

Existen cuatro formas de realizar esta conexión:

- Desfase de 30° (Yz1)
- Desfase de 150° (Yz5)
- Desfase de -30° (Yz11)
- Desfase de -150° (Yz7)

2.4.5.1 APLICACIONES

Esta conexión es mayormente utilizada para equipos reductores de distribución, generalmente con capacidad de hasta 400kva.

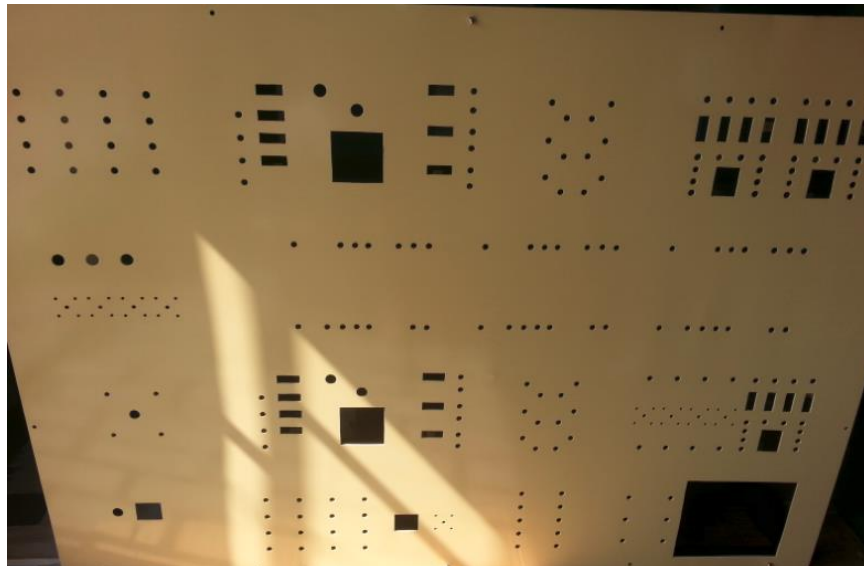
CAPÍTULO 3

3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE PRUEBAS

3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES Y ELEMENTOS UTILIZADOS

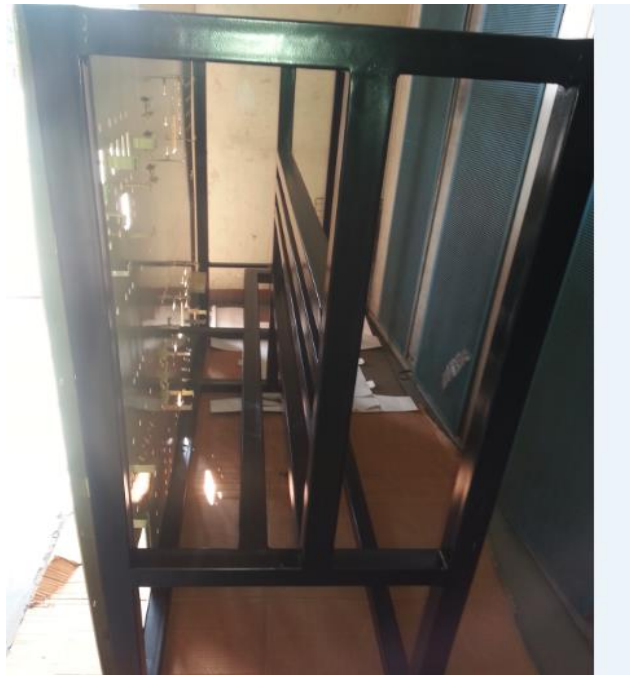
El tipo de lámina que se utilizó para la elaboración de la parte frontal del tablero fue una plancha metálica negra de 3mm de espesor. Para la elaboración de la estructura metálica que sirve de soporte se utilizó un tubo cuadrante $1\frac{1}{2}$ ” x 2”.

Ilustración 3.1 Plancha metálica perforada



Fuente: Los autores

Ilustración 3.2 Tubo cuadrante 1 $\frac{1}{2}$ " x 2".



Fuente: Los autores

Por otro lado, en la elaboración del tablero de pruebas se utilizaron un gran número de materiales; así como distintos equipos, los mismos que serán detallados a continuación:

Transformador: Equipo utilizado para elevar o disminuir los niveles de voltaje, pero sin que surja un cambio en la potencia.

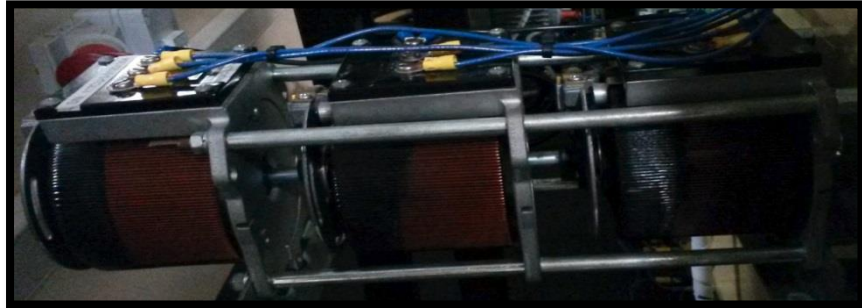
Ilustración 3.3 Transformador monofásico 1KVA



Fuente: Los autores

Variador de Voltaje: Llamado también Variac. Este equipo nos permitirá variar los niveles de voltaje desde cero voltios hasta un máximo de 220 voltios.

Ilustración 3.4 Variac 0 – 220 V



Fuente: Los Autores

Disyuntor: Este elemento servirá para interrumpir (abrir) el circuito en caso de que se presente un cortocircuito, debido a un excedente en la corriente que circule por la red.

Ilustración 3.5 Disyuntor 3p – 20A



Fuente: Los autores

Selectores: El selector, como bien lo dice su nombre nos permite seleccionar el estado de operación del tablero. Es decir seleccionar entre apagado o encendido, en el caso del tablero nos permite elegir que el circuito esté abierto o cerrado.

Ilustración 3.6 Selectores 2 vías



Fuente: Los autores

Luz piloto: La luz piloto solo nos indicará el estado de funcionamiento de cada una de las líneas, es decir, si la línea se encuentra energizada o no.

Ilustración 3.7 Luz piloto



Fuente: Los autores

Borneras: Sirve de punto de alimentación para algunos de los elementos que constan en el tablero (transformadores, analizador de redes, motor, etc.)

Ilustración 3.8 Borneras tipo hembra



Fuente: Los autores

Portafusibles: Elemento en el cual se realizará la conexión para la protección del circuito. Además es aquí en donde se alojarán los fusibles.

Ilustración 3.9 Portafusibles 32 A



Fuente: Los autores

Fusibles: Es un dispositivo que en su parte central posee algún tipo de soporte, el mismo que tiene un bajo punto de fusión; es decir este soporte pasará de sólido a líquido cuándo por el mismo fluya una nivel de corriente excedente (causado por sobrecarga o cortocircuito).

Ilustración 3.10 Fusibles



Fuente: Los autores

Analizador de Redes: El equipo utilizado es un Analizador de Redes marca Schneider Electric, modelo PM5100. Este equipo nos permitirá observar los distintos parámetros (tensión, intensidad, factor de potencia, etc.) que presente el tablero.

Ilustración 3.11 Analizador de redes marca Schneider



Fuente: Los autores

Motor: Máquina eléctrica que se encarga de convertir la energía eléctrica en energía mecánica. El motor funcionará como una carga inductiva dentro del tablero.

Ilustración 3.12 Motor Trifásico Siemens



Fuente: Los autores

Transformadores de Corriente: Permite transformar los niveles de corriente del circuito principal (disminuir los valores) para que estos puedan ser medibles.

Ilustración 3.13 Transformador de corriente marca Volto



Fuente: Los autores

Clavija: Este elemento nos permite realizar la alimentación para el tablero de pruebas desde la red principal.

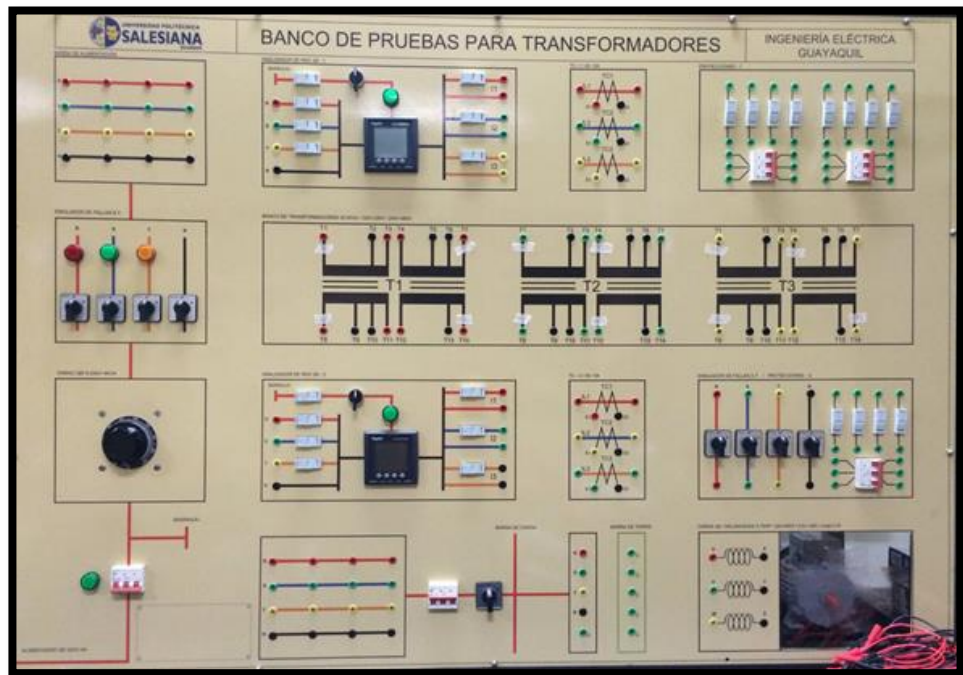
Ilustración 3.14 Clavija trifásica – 4 hilos



Fuente: Los autores

Una vez habiendo identificado cada elemento que conforman al tablero de pruebas, por medio de la siguiente tabla se detalla la cantidad utilizada de los mismos además de la ilustración final del tablero

Ilustración 3.15 Tablero de pruebas completo



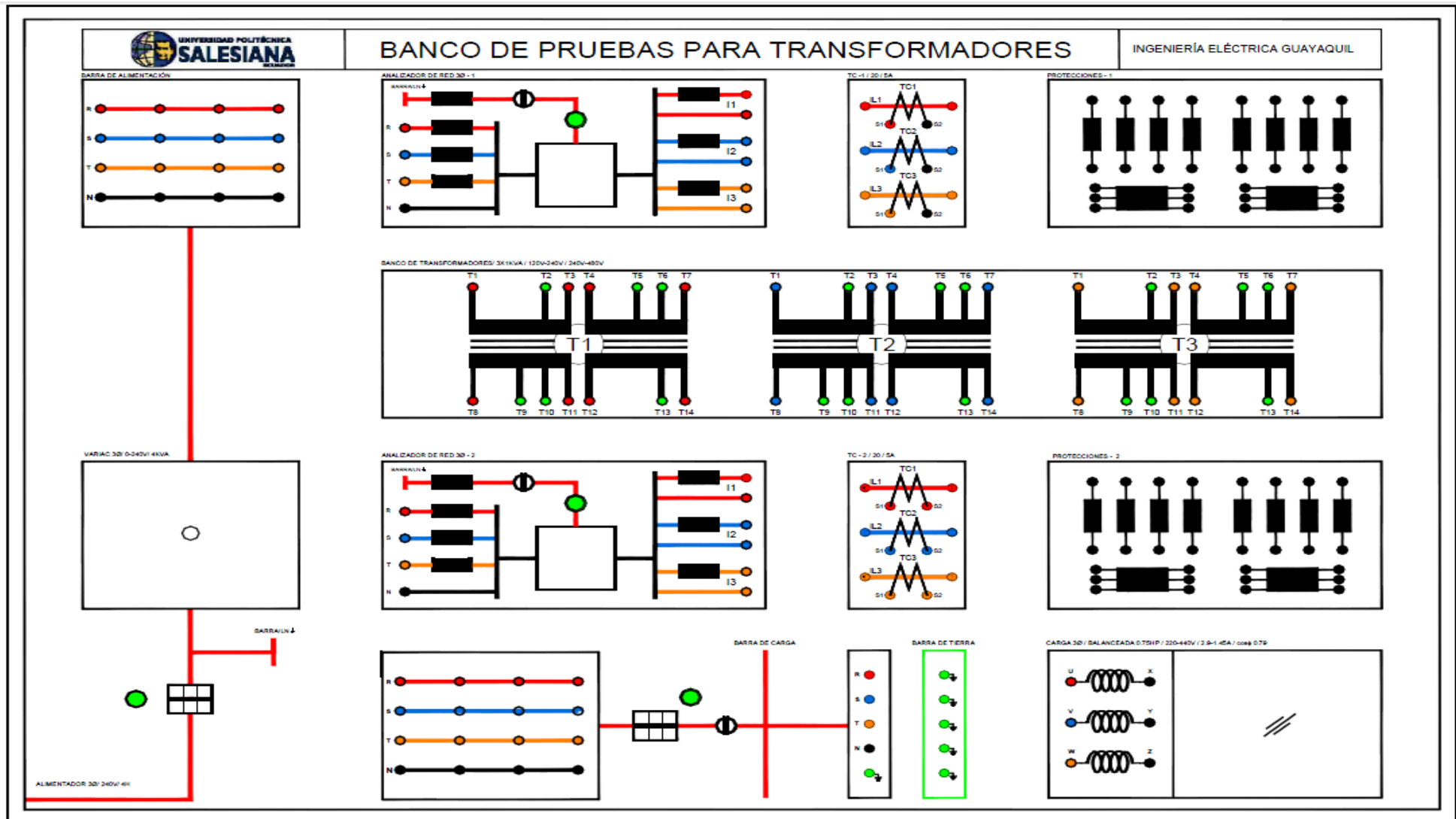
Fuente: Los autores

Tabla 3.1 Inventario del tablero

Item	Cantidad	Elemento	Descripción
1	1	Plancha Metálica	Plancha metálica negra de 3mm
2	1	Tubo Cuadrante	Es la estructura metálica utilizada en el tablero
3	3	Transformador de Voltaje	Permite disminuir o aumentar los niveles de tensión.
4	1	Variador de Voltaje	Permite variar el voltaje de alimentación entre 0 a 220v
5	5	Disyuntor	Abre o cierra el circuito
6	6	Selectores	Permite seleccionar el estado de operación del tablero.
7	6	Luces Pilotos	Indica el estado de funcionamiento
8	178	Borneras	Sirve de punto de alimentación
9	68	Portafusible	Sirve para almacenar los fusibles
10	68	Fusibles	Sirven para la protección del circuito
11	2	Analizador de Redes	Permite visualizar todos los parámetros que existen en el tablero
12	1	Motor	En el tablero servirá como carga
13	6	Transformador de Corriente	Permite transformar los niveles de corriente en el tablero
14	2	Clavija	Punto de alimentación para el tablero, desde la red

Fuente: Los autores

Figura 3.1 Diagrama del Tablero



Fuente: Los autores

CAPÍTULO 4

4 PRUEBAS PRELIMINARES A LOS TRANSFORMADORES

Como primer punto los transformadores que se utilizan en el tablero de pruebas poseen dos devanados cada uno. Por este motivo se optó por realizar las pruebas en cada uno de los devanados de tal modo que se utilice el 100% de capacidad en los transformadores. La capacidad total de los transformadores después de haberlos conectado en serie es de 1kva para cada uno de ellos.

4.1 PRUEBAS DE POLARIDAD

Para poder realizar la conexión en serie y posteriormente la conexión trifásica del banco, es necesario establecer una correcta polaridad de cada uno de los transformadores. Para que de esta manera no exista cortocircuitos o fallas. Cabe mencionar que no todos los transformadores poseen el mismo sentido en sus devanados por lo que es muy importante realizar la prueba de polaridad.

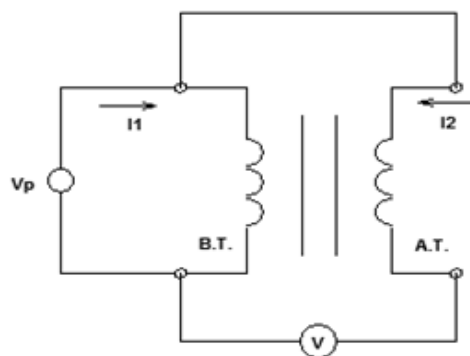
Para realizar una correcta prueba de polaridad se cortocircuita un terminal del lado de Baja Tensión con uno de Alta Tensión, y con la ayuda de un multímetro se procede a medir el nivel de tensión que existe entre Baja tensión y Alta tensión en los otros dos terminales.

El resultado mostrará que tipo de transformado se presenta.

Si $V < V_p \rightarrow$ Sustractivo $(X1 - X2) / (H1 - H2)$

Si $V > V_p \rightarrow$ Aditivo $(X1 - X2) / (H2 - H1)$

Figura 4.1 Transformador: Prueba de Polaridad



Fuente: Los autores

4.1.1 PRUEBA DE POLARIDAD EN TRANSFORMADOR 1

Tabla de Resultados 4.1

Bobina Izquierda		Bobina Derecha	
Vp	V	Vp	V
50v	51,4	50,08	50,4

Fuente: Los autores

Con esto resultados se determinó que ambos devanados de este transformador poseen polaridad sustractiva.

4.1.2 PRUEBA DE POLARIDAD EN TRANSFORMADOR 2

Tabla de Resultados 4.2

Bobina Izquierda		Bobina Derecha	
Vp	V	Vp	V
50v	150.01	50,08	150.04

Fuente: Los autores

Esta prueba determinó que ambos devanados del transformador dos tienen polaridad aditiva. Cabe recalcar que el devanado derecho de este transformador no posee el mismo sentido que el devanado del lado izquierdo, es decir, el devanado derecho posee una polaridad $(X2 - X1) / (H1 - H2)$.

4.1.3 PRUEBA DE POLARIDAD EN TRANSFORMADOR 3

Tabla de Resultados 4.3

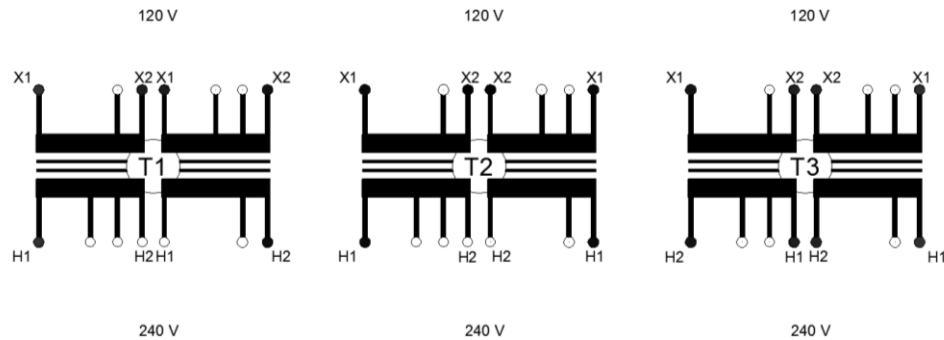
Bobina Izquierda		Bobina Derecha	
Vp	V	Vp	V
50v	151,4	50,08	49.1

Fuente: Los autores

Por último se puede observar que el devanado del lado izquierdo posee polaridad aditiva, mientras que el devanado del lado derecho posee una polaridad sustractiva.

Al igual que el devanado derecho del transformador 2, el devanado de la derecha en este transformador tiene un distinto sentido por lo que su polaridad queda de la siguiente manera $(X2 - X1) / (H2 - H1)$.

Figura 4.2 Polaridad de los transformadores



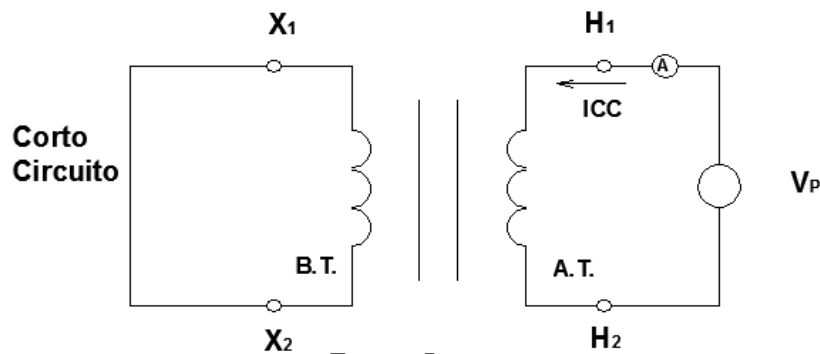
Fuente: Los autores

4.2 PRUEBAS DE CORTO CIRCUITO

Esta prueba nos permitirá obtener los valores Potencia, Corriente y Voltajes de corto circuito, los mismos que se utilizarán para obtener la impedancia equivalente para el modelo real de transformadores.

En esta prueba es necesario cortocircuitar los terminales de Baja tensión e inyectar voltaje por el lado de Alta tensión. La corriente de cortocircuito $(I_{CC}) = I_{BT}$ (nominal).

Figura 4.3 Transformador: Prueba de Corto Circuito



Fuente: Los autores

4.2.1 PRUEBA DE CORTO CIRCUITO EN TRANSFORMADOR 1

Tabla de Resultados 4.4

Transformador		
V _{cc}	I _{cc}	P _{cc}
8,2 v	8,23 A	66 w

Fuente: Los autores

4.2.2 PRUEBA DE CORTO CIRCUITO EN TRANSFORMADOR 2

Tabla de Resultados 4.5

Transformador		
V _{cc}	I _{cc}	P _{cc}
8,8 v	8,4 A	73 w

Fuente: Los autores

4.2.3 PRUEBA DE CORTO CIRCUITO EN TRANSFORMADOR 3

Tabla de Resultados 4.6

Transformador		
V _{cc}	I _{cc}	P _{cc}
9,2 v	8,13 A	73 w

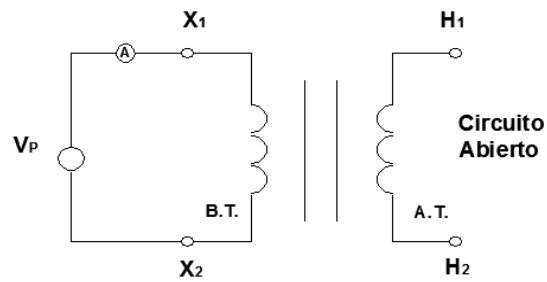
Fuente: Los autores

4.3 PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO

Es una prueba de cierta manera similar a la prueba de corto circuito, aunque con la prueba de Circuito abierto obtendremos valores de Potencia, Corriente y Voltaje que nos servirán para obtener la admitancia del núcleo.

En esta prueba el lado de alta tensión queda abierto y en el lado de Baja tensión se aplica un voltaje igual al nominal. $V_p = V_{BT \text{ nominal}}$

Figura 4.4 Transformador: Prueba de Circuito Abierto



Fuente: Los autores

4.3.1 PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO EN TRANSFORMADOR 1

Tabla de Resultados 4.7

Transformador		
Vca	Ica	Pca
120,3 v	1,46 A	47 w

Fuente: Los autores

4.3.2 PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO EN TRANSFORMADOR 2

Tabla de Resultados 4.8

Transformador		
Vca	Ica	Pca
120,6 v	1,28 A	42 w

Fuente: Los autores

4.3.3 PRUEBA DE CIRCUITO ABIERTO EN TRANSFORMADOR 3

Tabla de Resultados 4.9

Transformador		
Vca	Ica	Pca
120,3 v	1,18 A	43 w

Fuente: Los autores

4.4 MODELO REAL DE LOS TRANSFORMADORES

Una vez obtenidos los valores tanto de impedancia equivalente, como de admitancia del núcleo, se procede a realizar el modelo real tanto en Alta como en Baja tensión para cada uno de los transformadores.

Para esto se utiliza la relación de transformación (R.F.T.).

Donde:

Ecuación 4.1 Relación Fundamental de Transformación

$$\text{R.F.T.} = a = \frac{V_{BT}}{V_{AT}} = 0.5$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

$$\text{Si } a < 1 \rightarrow \begin{cases} A.T. \text{ será } a^2 \text{ veces } B.T. \\ B.T. \text{ será } 1/a^2 \text{ veces } A.T. \end{cases}$$

Hay que recordar que la corriente en el modelo de Alta tensión será menor a la corriente que exista en el modelo en Baja tensión, mientras que el voltaje en el modelo de Baja tensión será menor que en el modelo de Alta tensión.

4.4.1 MODELO REAL DEL TRANSFORMADOR 1

Admitancia del núcleo

Ecuación 4.2 Cálculo de la admitancia del transformador

$$P_{ca} \rightarrow Y_{ex} = \frac{I_{ca}}{V_{ca}} \angle -\arccos \left[\frac{P_{ca}}{I_{ca} \cdot V_{ca}} \right]$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

$$= \frac{1.46}{120.3} \angle -\arccos \left[\frac{47}{1.46 \cdot 120.3} \right]$$

$$= 0.0121 \angle -74.4^\circ \rightarrow 0.003237 - j 0.01165$$

$$R_{ex} = 1/0.003237 = 308.93 \, \Omega_{BT} \rightarrow 1235.72 \, \Omega_{AT}$$

$$X_{ex} = 1/0.01165 = 85.837 \, \Omega_{BT} \rightarrow 343.348 \, \Omega_{AT}$$

Impedancia equivalente

Ecuación 4.3 Cálculo para la impedancia equivalente del transformador

$$P_{cc} \rightarrow Z_{eq} = \frac{V_{cc}}{I_{cc}} \angle \arccos \left[\frac{P_{cc}}{I_{cc} * V_{cc}} \right]$$

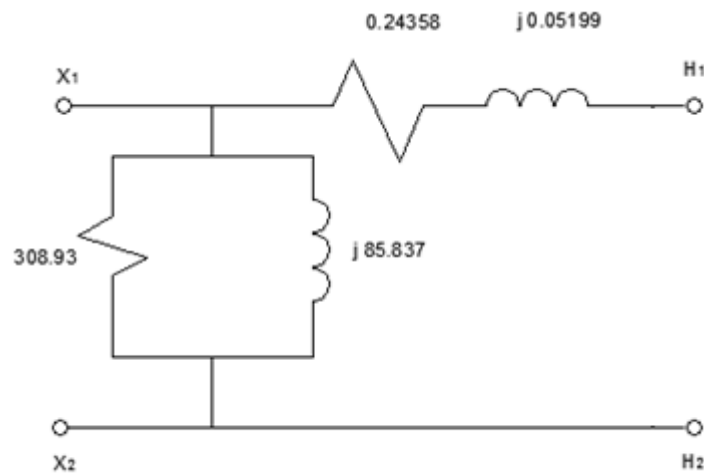
Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

$$= \frac{8.2}{8.23} \angle \arccos \left[\frac{66}{8.2 * 8.23} \right]$$

$$= 0.9963 \angle 12.05 \rightarrow 0.97434 + j0.20799 \, \Omega_{AT}$$

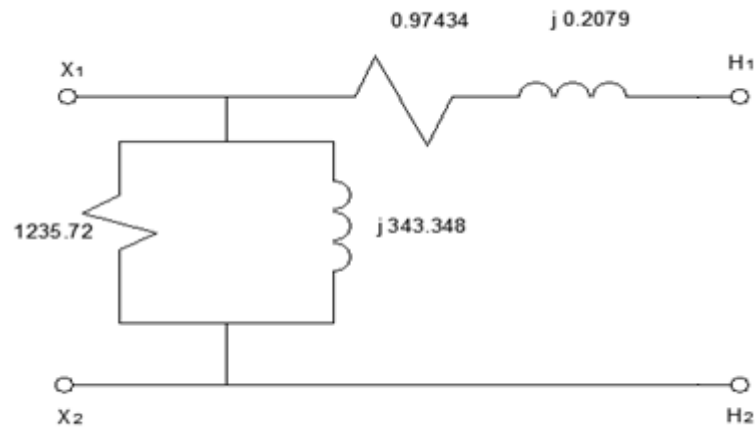
$$0.24358 + j0.05199 \, \Omega_{BT}$$

Figura 4.5 Modelo real baja tensión de transformador 1



Fuente: Los autores

Figura 4.6 Modelo real alta tensión de transformador 1



Fuente: Los autores

4.4.2 MODELO REAL DEL TRANSFORMADOR 2

Admitancia del núcleo

Ecuación 4.4 Cálculo de la admitancia del transformador

$$P_{ca} \rightarrow Y_{ex} = \frac{I_{ca}}{V_{ca}} \angle -\arccos \left[\frac{P_{ca}}{I_{ca} \cdot V_{ca}} \right]$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

$$= \frac{1.28}{120.6} \angle -\arccos \left[\frac{42}{1.28 \cdot 120.6} \right]$$

$$= 0.0106 \angle -74.21^\circ \rightarrow 0.002884 - j 0.0102$$

$$R_{ex} = 1/0.002884 = 346.74 \, \Omega/BT \rightarrow 1386.96 \, \Omega/AT$$

$$X_{ex} = 1/0.0102 = 98.039 \, \Omega/BT \rightarrow 392.16 \, \Omega/AT$$

Impedancia equivalente

Ecuación 4.5 Cálculo para la impedancia equivalente del transformador

$$P_{cc} \rightarrow Z_{eq} = \frac{V_{cc}}{I_{cc}} \angle \arccos \left[\frac{P_{cc}}{I_{cc} \cdot V_{cc}} \right]$$

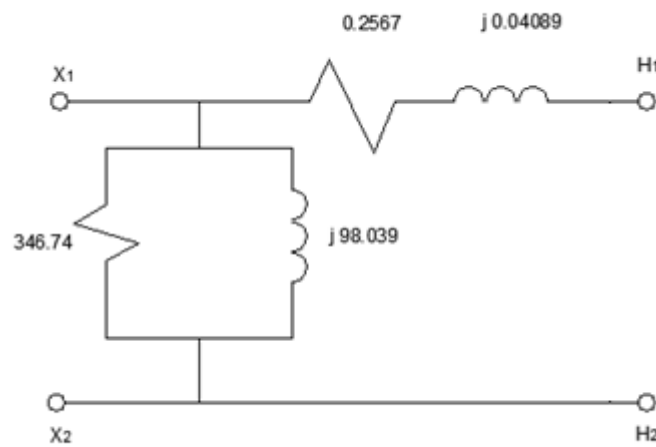
Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

$$= \frac{8.8}{8.4} \angle \arccos \left[\frac{73}{8.8 \cdot 8.4} \right]$$

$$= 1.04 \angle 9.049 \rightarrow 1.027 + j0.16357 \, \Omega /_{AT}$$

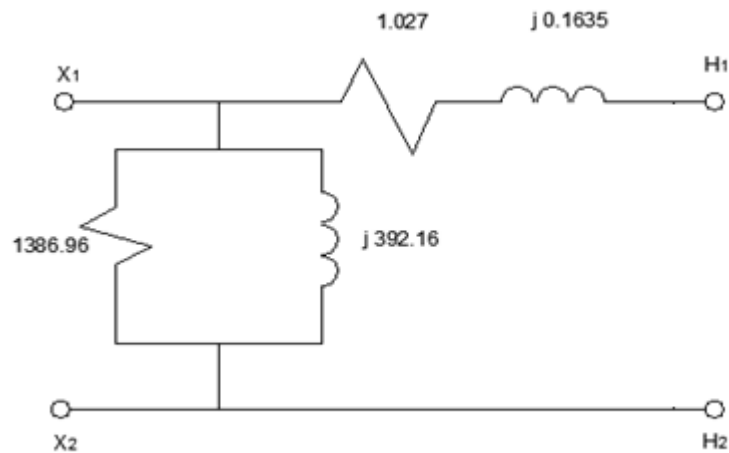
$$0.2567 + j0.04089 \, \Omega /_{BT}$$

Figura 4.7 Modelo real baja tensión de transformador 2



Fuente: Los autores

Figura 4.8 Modelo real alta tensión de transformador 2



Fuente: Los autores

4.4.3 MODELO REAL DEL TRANSFORMADOR 3

Admitancia del núcleo

Ecuación 4.6 Cálculo de la admitancia del transformador

$$P_{ca} \rightarrow Y_{ex} = \frac{I_{ca}}{V_{ca}} \angle -\arccos \left[\frac{P_{ca}}{I_{ca} \cdot V_{ca}} \right]$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

$$= \frac{1.18}{120.3} \angle -\arccos \left[\frac{43}{1.18 \cdot 120.3} \right]$$

$$= 0.009808 \angle -72.37 \rightarrow 0.00297 - j 0.009347$$

$$R_{ex} = 1/0.00297 = 336.7 \Omega_{BT} \rightarrow 1346.8 \Omega_{AT}$$

$$X_{ex} = 1/0.009347 = 106.98 \Omega_{BT} \rightarrow 427.92 \Omega_{AT}$$

Impedancia equivalente

Ecuación 4.7 Cálculo para la impedancia equivalente del transformador

$$P_{cc} \rightarrow Z_{eq} = \frac{V_{cc}}{I_{cc}} \angle \arccos \left[\frac{P_{cc}}{I_{cc} \cdot V_{cc}} \right]$$

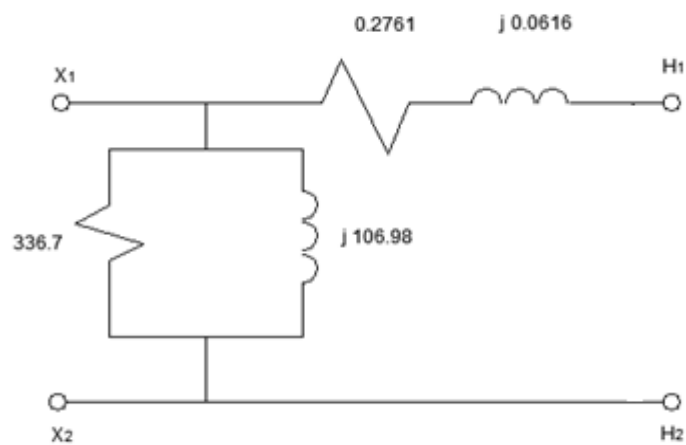
Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

$$= \frac{9.2}{8.13} \angle \arccos \left[\frac{73}{9.2 \cdot 8.13} \right]$$

$$= 1.1316 \angle 12.58 \rightarrow 1.1044 + j0.2464 \, \Omega / AT$$

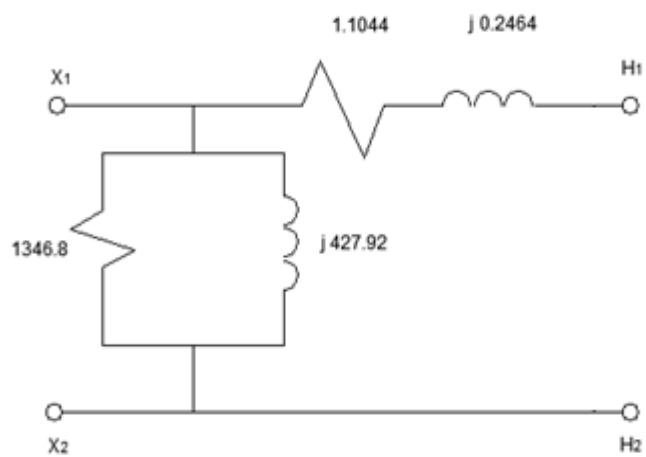
$$0.2761 + j0.0616 \, \Omega / BT$$

Figura 4.9 Modelo real baja tensión de transformador 3



Fuente: Los autores

Figura 4.10 Modelo real alta tensión de transformador 3



Fuente: Los autores

CAPÍTULO 5

5 PRÁCTICAS Y RESULTADOS

5.1 TIPOS DE CARGAS UTILIZADAS

En lo que respecta a la conexión Estrella – Triángulo (Y - Δ) se utilizaron distintos tipos de cargas, lo que nos permitirá conocer el comportamiento de los distintos parámetros que se presentan en el transformador, tales como: voltajes, corrientes, potencias, etc. Cada uno de estos parámetros fue tomado tanto a la entrada como a la salida del transformador.

5.1.1 CARGA RESISTIVA

El tipo de Carga Resistiva Lineal utilizada en el Tablero de Pruebas, es una carga resistiva variable marca Langloins. Este tipo de carga puede ser configurado para ser una carga trifásica o monofásica según se necesite. Este módulo resistivo posee varios selectores, los mismos que se encargan de aumentar o disminuir la cantidad de ohmios que presente el módulo según su posición.

Tabla 5.1 Carga resistiva trifásica

Carga Resistiva Ω						
2,50%	5%	10%	15%	20%	25%	25%
979	489	242	160	120	97	97

Fuente: Los autores

Tabla 5.2 Carga resistiva monofásica

Carga Resistiva Ω						
2,50%	5%	10%	15%	20%	25%	25%
489.6	244.5	121.5	80.6	60	49	49

Fuente: Los autores

Acorde con la tabla y conociendo que el voltaje que soporta el módulo en conexión trifásica es de 230 voltios línea - línea; aunque el voltaje de salida de nuestro tablero sea de 240 voltios, el porcentaje máximo de carga resistiva que podrán soportar los transformadores es del 20%.

Ecuación 5.1 Ley de Ohm

$$V = I * R \rightarrow I = V/R$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

$$I = 230/120 = 1.91 \text{ Amp}$$

Esto debido a que la corriente nominal que poseen los transformadores en el lado de Alta tensión es de 2 Amp.

$$I = 240/120 = 2 \text{ Amp}$$

Ilustración 5.1 Carga resistiva variable



Fuente: Los autores

5.1.2 CARGA CAPACITIVA

Al igual que la carga resistiva lineal, esta carga capacitiva lineal posee selectores que permitirán configurar el valor de capacitancia. Esta carga también puede ser configurada para que sea utilizada de manera monofásica o trifásica.

Tabla 5.3 Carga capacitiva trifásica

Carga Capacitiva μf					
5,00%	10%	15%	20%	25%	25%
10,9	17	23,4	30	33,5	36,1

Fuente: Los autores**Tabla 5.4 Carga capacitiva monofásica**

Carga Capacitiva μf					
5,00%	10%	15%	20%	25%	25%
22	35.7	48.5	61.6	69.3	73

Fuente: Los autores

Aunque el valor que nos otorga el módulo es de capacitancia, para poder determinar el valor máximo que puede soportar el transformador de manera trifásica, es necesario calcular la reactancia capacitiva máxima (x_c).

Ecuación 5.2 Reactancia Capacitiva

$$x_c = \frac{1}{2 * \pi * f * c}$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Donde:

C $\rightarrow$ capacitanciaf $\rightarrow$ frecuencia

Para el cálculo de la corriente tenemos que:

Ecuación 5.3 Cálculo de corriente por medio de voltaje y reactancia capacitiva

$$I = V/x_c$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Ilustración 5.2 Carga capacitiva variable



Fuente: Los autores

5.1.3 CARGA INDUCTIVA

Como cargas inductivas lineales, hemos utilizado 2 tipos. La primera es un motor trifásico de marca Siemens. Como segunda carga Inductiva hemos utilizado un módulo variable, el mismo que puede ser modificado para operar de manera trifásica como monofásica.

A diferencia de los otros dos módulos variables, el módulo inductivo no utiliza selectores, sino que utiliza una manivela para controlar el nivel de inductancia. La corriente de carga que se busca tener con este módulo es de 1 Amperio.

El cálculo de la corriente se realiza con la reactancia inductiva por lo que:

Ecuación 5.4 Reactancia Inductiva

$$x_L = 2 * \pi * f * L$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

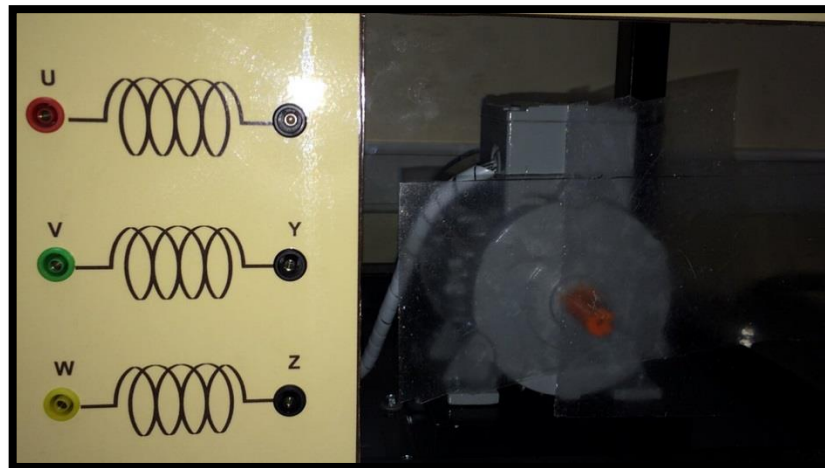
Siendo la corriente igual a:

Ecuación 5.5 Cálculo de corriente por medio de voltaje y reactancia capacitiva

$$I = V/x_L$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Ilustración 5.3 Motor Trifásico



Fuente: Los autores

Ilustración 5.4 Carga inductiva variable



Fuente: Los autores

5.1.4 CARGA NO LINEAL

“Al referirnos a cargas no lineales nos referimos a cargas que poseen gran distorsión que producen sobre la corriente que le demandan a la línea de alimentación alterna, debido a la generación inherente de armónicos. En este sentido, las cargas resistivas, inductivas y capacitivas se consideran cargas lineales, ya que demandan una corriente prácticamente sinusoidal” (prácticos, 2010).

“Un armónico, según la norma IEEE–519, está definido como el contenido de la señal, cuya frecuencia es un múltiplo entero de la frecuencia de repetición base o frecuencia fundamental (Hibbard, 1995). Su presencia puede ocasionar una gran variedad de problemas, tanto al suministro eléctrico como a los usuarios; por ejemplo: calentamiento excesivo de los transformadores y de cables conductores (principalmente del neutro), mal funcionamiento de las plantas eléctricas así como en sistemas circundantes a los que producen la contaminación armónica, resonancias, interferencia electromagnética con equipos de comunicación, etc. (Brugnoni, 2003; Jiménez *et al.*, 2005; Eguíluz *et al.*, 2001)”. (prácticos, 2010)

5.2 GUIA DE PRÁCTICAS

5.2.1 PRÁCTICA 01: Medidas Preventivas y Correcto Funcionamiento del Tablero.

DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Maquinas Eléctricas I

PRÁCTICA N° 1

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo

TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas

DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Normas de seguridad del Banco de Transformadores – Conexión Estrella - Delta.
- **OBJETIVO GENERAL**

Conocer las normas de seguridad que se deben tomar en cuenta para la manipulación de cada uno de los elementos que se encuentran instalados en el Banco de Transformadores – Conexión Estrella - Delta.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Implementar normas de seguridad para cada uno de los elementos que se encuentran instalados en el Banco.

Comprobar el buen funcionamiento de los elementos instalados en el Banco, por medio del manual de seguridad.

- **MARCO TEÓRICO**

Principio de funcionamiento de los elementos que se encuentran en el Banco, por medio del manual de seguridad.

- **MARCO PROCEDIMENTAL**

Revisar que todos los elementos se encuentren en el Banco de Transformadores.

Verificar el funcionamiento de los elementos del Banco por medio de los parámetros y normas de seguridad descritas en este capítulo.

Tomar las medidas de seguridad en caso que falle algún dispositivo.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Introducción al funcionamiento del banco.

Conocer todas las aplicaciones posibles para el banco.

Conocer las normas de seguridad para este banco.

Identificar los dispositivos a utilizar.

Reconocer los símbolos eléctricos y aplicar los conocimientos adquiridos en la materia.

- **RECURSOS UTILIZADOS**

Banco de Transformadores.

Instrumentación para: Tensión, Corriente, Potencia.

Formatos para registro de valores obtenidos.

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

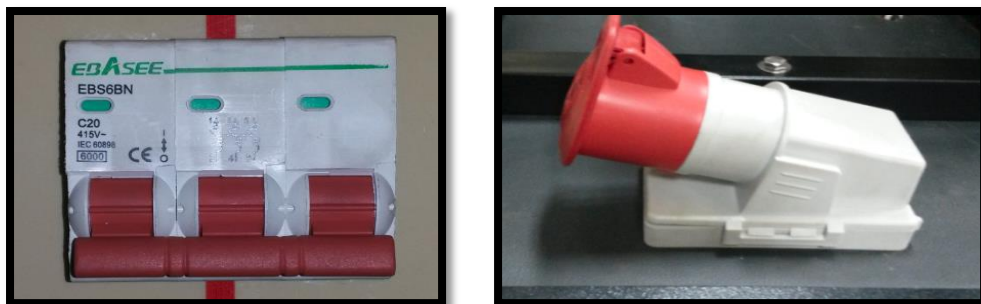
- **NORMAS DE SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS**

Nuestra primera práctica se centrará en las medidas preventivas y normas de seguridad que deberán ser tomadas en cuenta para que no exista ninguna clase de

problema que afecte a la o las personas que vayan a realizar alguna actividad en el tablero, así como del funcionamiento del mismo.

Como primer paso hay que tener presente que tanto el disyuntor de la red principal como el disyuntor principal del tablero deberán estar en posición de apagado, esto para garantizar que no exista voltajes ni corrientes que puedan afectar al usuario.

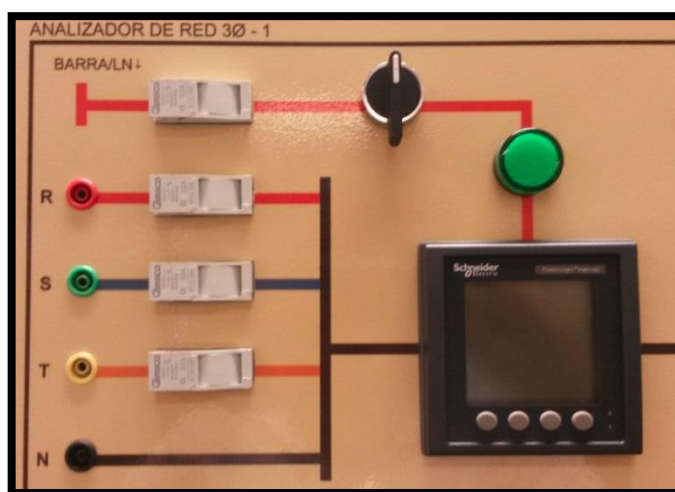
Ilustración 5.5 Disyuntor 3P – 20 Amp. Y Clavija trifásica



Fuente: Los autores

Chequear que los portafusibles contengan fusibles que sean acordes los niveles de corriente que vayan a circular por el conductor. Junto con esto los selectores de encendido de cada uno de los Analizadores de redes deberán estar en posición de apagado, esto para preservar su vida útil.

Ilustración 5.6 Analizador de redes



Fuente: Los autores

Una vez que se haya revisado esto, se procede a conectar la alimentación trifásica al tablero, para después activar los disyuntores. Primero el disyuntor de la red principal y a continuación el disyuntor principal del tablero.

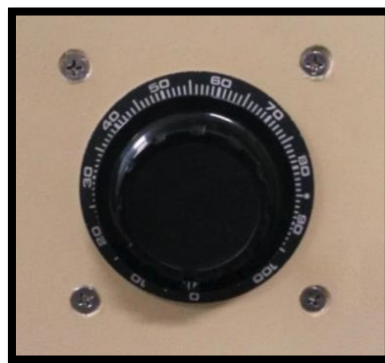
Ilustración 5.7 Alimentación desde la red principal



Fuente: Los autores

Una vez activa la alimentación del tablero, esta será controlado por el variador de voltaje, también conocido como Variac. El Variac por ser un elemento constituido por un grupo de bobinas no deberá ser manipulado mientras el mismo este siendo energizado.

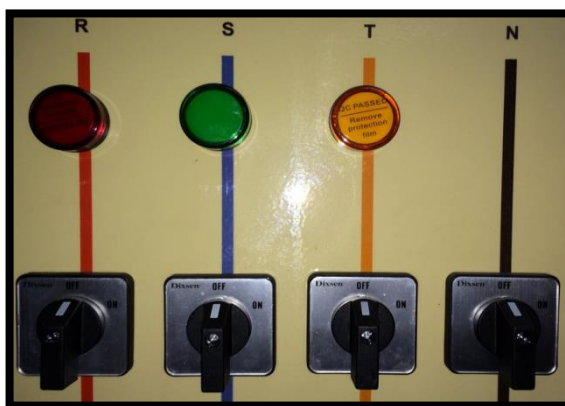
Ilustración 5.8 Vista frontal del Variac



Fuente: Los autores

Una manera para contralar cuál/cuáles redes entra o salen de servicio (simulador de fallas), se conectaron un grupo de 4 selectores que se encuentran entre el Variac y la barra principal de alimentación.

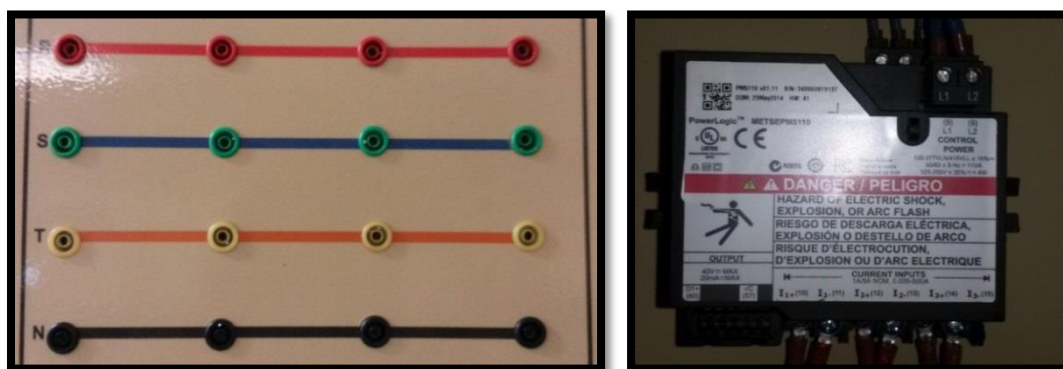
Ilustración 5.9 Simulador de fallas B.T.



Fuente: Los autores

Desde esta barra de alimentación se alimentarán a los transformadores, por obvias razones en la barra de alimentación no deben ser insertados objetos que vayan a ocasionar daños en la red. Cabe recalcar que los analizadores de redes tienen su alimentación en la parte trasera del tablero, por lo que solo dependen del fusible para su correcto funcionamiento.

Ilustración 5.10 Barra de alimentación principal y vista posterior del analizador de redes



Fuente: Los autores

Además se deben de configurar los analizadores de redes, ya que estos por valores de fábrica trabajan a una frecuencia de 50 Hz y una relación de corriente de 5:1.

Ilustración 5.11 Analizador de redes



Fuente: Los autores

Así como existe un simulador de fallas en el lado de baja tensión, también encontramos un simulador de fallas en el lado de alta tensión. Estos selectores controlarán los niveles de tensión que estén a la salida de los transformadores y que posteriormente serán conectados a las entradas del analizador de redes en el lado de alta tensión.

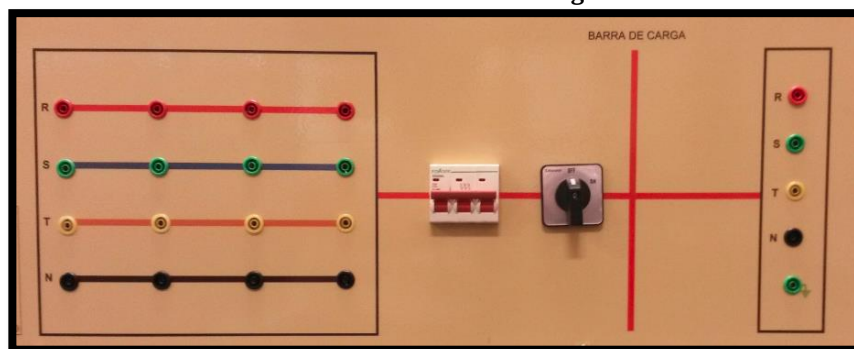
Ilustración 5.12 Simulador de Fallas A.T.



Fuente: Los autores

Una vez conectados los cables en el analizador de redes de alta tensión, estos serán conectados a una barra de carga. La barra carga controla el paso de corriente hacia la carga mediante el uso de un disyuntor y un selector.

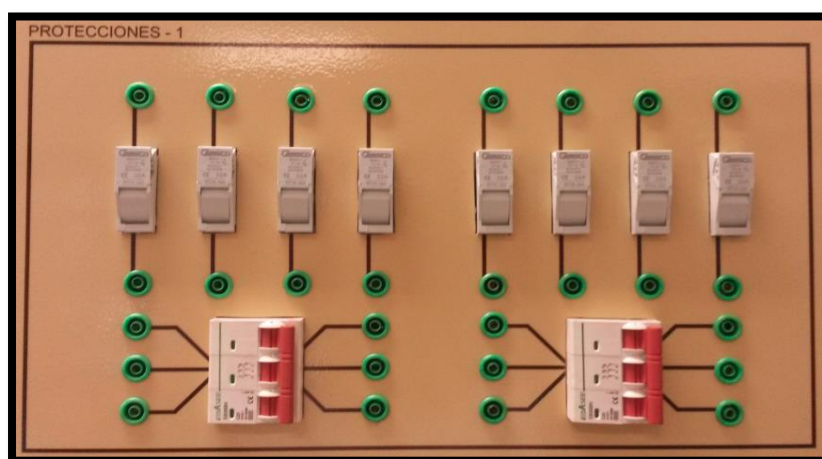
Ilustración 5.13 Barra de carga



Fuente: Los autores

Adicionalmente el tablero consta con una sección de protecciones que consta de disyuntores trifásicos y de 8 portafusibles para que en caso de ser necesario se conecten cualquier otro tipo de carga y en caso de existir algún fallo ni el tablero ni la carga se vean afectados.

Ilustración 5.14 Módulo de protecciones



Fuente: Los autores

- **NORMAS DE SEGURIDAD CON LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS**

No utilice cables de conexión en mal estado.

Si algún cable de los dispositivos esta suelto indique al docente.

Antes de energizar el banco de pruebas asegúrese que todo este correctamente conectado.

Nunca manipule ninguno de los elementos del banco con las manos mojadas o húmedas.

No utilice cables parchados o rotos, ya que podría haber accidentes durante las pruebas.

No tocar la parte posterior del Variac si esta energizado ya que podría sufrir una descarga.

Antes de comenzar a realizar prácticas en el banco revisar circuitos de control y fuerza.

Si va a realizar cambios a un circuito hágalo desenergizando el centro de carga.

Si ve que algún elemento comienza a salir humo baje los disyuntores inmediatamente e informar al docente.

En caso de falla, se accionan los disyuntores tanto el del banco de pruebas como el del panel de distribución.

Si no entiende la conexión de algún elemento pida ayuda al docente.

- **NORMAS DE SEGURIDAD DENTRO DEL LABORATORIO**

No ingresar alimentos al laboratorio.

No ingresar personas que no sean de la materia de instalaciones.

No manipular equipos dentro del laboratorio si el docente no le autoriza.

No desconectar ningún cable del banco de pruebas.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

VENTURA, I. I. (2008). *SISTEMAS DE CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES*. Obtenido de UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FRANCISCO MORAZÁN:
<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/sistemas%20de%20control%20de%20motores%20electricos%20industriales.pdf>

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Indique que seguridad debe tener con los elementos eléctricos?

¿Qué elementos eléctricos son más utilizados a nivel industrial y explique su funcionamiento?

¿Indique que se debe hacer si sale humo de alguno de los elementos?

¿Por qué no se debe usar cables rotos?

¿Cuáles son las normas básicas de seguridad industrial?

¿Qué es una descarga eléctrica y explique si esto se puede dar en el laboratorio?

- **OTROS**

Normas de seguridad:

Riesgos eléctricos.

Descargas eléctricas al cuerpo humano.

Protección de dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección de los dispositivos electromecánicos.

Diseño de circuitos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

5.2.2 PRÁCTICA 02: Comprobación del Correcto Funcionamiento de Equipos

DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Máquinas Eléctricas I

PRÁCTICA N° 2

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo

TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas

DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Comprobación de funcionamiento de elementos.
- **OBJETIVO GENERAL**

Conocer el funcionamiento del banco de pruebas utilizado para realizar las pruebas correspondientes.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Identificar los niveles de tensión que posee cada transformador y verificar si está dentro de los parámetros.

- **MARCO TEÓRICO**

Normas de seguridad de un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Verificar la operatividad de todos los dispositivos del banco de transformadores electromecánico, verificar continuidad en las bornas. En caso de encontrar alguna anomalía reportarla inmediatamente a la persona encargada o al docente.

- **RECURSOS**

Banco de Transformadores – Conexión (Y - Δ).

Instrumentación para: Tensión, Corriente, Potencia Activa, Potencia Reactiva.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Protocolo de operatividad de fuentes de alimentación.

Protocolo de operatividad de analizadores de red.

Protocolo de operatividad de bornas y conectores

Protocolo de operatividad de cables de pruebas.

Protocolo de operatividad de estructura metálica.

Protocolo de operatividad de fusibles.

Protocolo de operatividad de la clavija.

Protocolo de operatividad de protecciones.

Protocolo de operatividad del disyuntor.

Protocolo de operatividad del motor de 6 terminales.

- **ANEXOS**

Guía de prácticas.

Prácticas para el banco.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

VENTURA, I. I. (2008). *SISTEMAS DE CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES*. Obtenido de UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FRANCISCO MORAZÁN:
<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xxtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/sistemas%20de%20control%20de%20motores%20electricos%20industriales.pdf>

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Para qué sirven los transformadores?

¿Para qué sirve el variac?

¿Qué conexiones de motores son las más comunes?

¿Por qué es importante aprender las diversas conexiones de los transformadores?

Tabla 5.5 Toma de valores Variac

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / VARIAC / SERIE : 117 CU-3						FECHA :
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTÍMETRO FLUKE 115						
ITEM	VARIABLE	PATRÓN / FLUKE 117		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (V) IN	208.49	7%			
2	V S-T (V) IN	207.64	7%			
3	V T-R (V) IN	208.47	7%			
4	V R-S (V) OUT 100%	241.36	8%			
5	V S-T (V) OUT 100%	240.59	8%			
6	V T-R (V) OUT 100%	243.21	8%			
7	V R-S (V) OUT 50%	119.87	8%			
8	V S-T (V) OUT 50%	120.78	8%			
9	V T-R (V) OUT 50%	121.64	8%			
10	V R-S (V) OUT 0%	0	8%			
11	V S-T (V) OUT 0%	0	8%			
12	V T-R (V) OUT 0%	0	8%			
13	ESTRUCTURA METALICA	ACEPTABLE	7%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los autores

Tabla 5.6 Toma de valores Analizador de red 1

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
INSTRUMENTACIÓN / ANALIZADOR DE RED 1 / FLUKE 117 / SERIE: PM 5100					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR SIEMENS EN DELTA 6 TERMINALES						
ITEM	VARIABLE	PATRÓN / FLUKE 115		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (V)	207.4	7%			EL ANALIZADOR MIDE APARTIR DE LOS 25VAC
2	V S-T (V)	209.5	7%			
3	V T-R (V)	208.75	7%			
4	V R-N (V)	121.65	7%			
5	V S-N (V)	120.5	7%			
6	V T-N (V)	120.48	7%			
7	IR (A)	1.62	7%			
8	IS (A)	1.42	7%			
9	IT (A)	1.37	7%			
10	P 3Φ (W)	120	7%			
11	Q3Φ (VAR)	490	7%			
12	S3Φ (VA)	540	7%			
13	f _p 3Φ	0.27	7%			
14	OTROS	ACEPTABLE	9%			
RECOMENDACIONES		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR			APROBADO POR :	

Fuente: Los autores

Tabla 5.7 Toma de valores Analizador de red 2

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
INSTRUMENTACIÓN / ANALIZADOR DE RED 2 / FLUKE 115 / SERIE : pm 5100						FECHA :
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR SIEMENS EN DELTA 6 TERMINALES						
ITEM	VARIABLE	PATRÓN / FLUKE 117		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (V)	241.87	7%			
2	V S-T (V)	243.78	7%			
3	V T-R (V)	241.85	7%			
4	V R-N (V)	136	7%			
5	V S-N (V)	141.65	7%			
6	V T-N (V)	141.87	7%			
7	IR (mA)	275.65	7%			
8	IS (mA)	284.91	7%			
9	IT (mA)	283.4	7%			
10	P 3Φ (W)	30	7%			
11	Q3Φ (VAR)	114.0	7%			
12	S3Φ (VA)	119.60	7%			
13	fp3Φ	0.26	7%			
14	OTROS	ACEPTABLE	9%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :

Fuente: Los autores

Tabla 5.8 Toma de valores borneras y conectores

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
ELEMENTOS / BORNERAS Y CONECTORES / SERIE : AMERICANA						FECHA :
PRUEBA REALIZADA : CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y ESFUERZO MECANICO						
ITEM	VARIABLE	PATRÓN / FLUKE 117		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	SOPORTE	2 TUERCAS	20%			
2	AISLADOR EXTERNO DE BORNERA	FIJO	20%			
3	AISLADOR DE TERMINAL	FIJO	20%			
4	MACHINADO DE TERMINAL	ACEPTABLE	20%			
5	OTROS	ACEPTABLE	20%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los autores

Tabla 5.9 Toma de valores cables de prueba

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
ELEMENTOS / CABLES DE PRUEBA / SERIE : SC1					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y CONDICIÓN EXTERNA						
ITEM	VARIABLE	PATRÓN / FLUKE 117		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONDUCTIVIDAD (OHMS)	0	25%			
2	AISLAMIENTO DE PLUG	ACEPTABLE	25%			
3	AGARRE DEL CABLE	ACEPTABLE	25%			
4	OTROS	ACEPTABLE	25%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los autores

Tabla 5.10 Toma de valores estructura metálica

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / ESTRUCTURA METÁLICA						FECHA
PRUEBA REALIZADA : NIVELACIÓN CON NIVEL DE BURBUJA Y ACABADO ESTETICO						
ITEM	VARIABLE	PATRÓN / FLUKE 117		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	NIVEL HORIZONTAL	ACEPTABLE	15%			
2	NIVEL VERTICAL	ACEPTABLE	15%			
3	PERFIL DE PROTECCIÓN	ACEPTABLE	15%			
4	COBERTURA DE AMORTIGUACIÓN	ACEPTABLE	15%			
5	SOLDADURA	ACEPTABLE	15%			
6	PINTURA	ACEPTABLE	15%			
7	OTROS	ACEPTABLE	10%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA ESTRUCTURA:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los autores

Tabla 5.11 Toma de valores protecciones- fusibles 2 Amp

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
ELEMENTOS / PROTECCIONES / : FUSIBLES 2 AMP / SERIE: CAMSCO RT14-20					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	PATRÓN / FLUKE 117		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	LADO SECUNDARIO / TRANSFORMADORES	ACEPTABLE	33%			
2	ANALIZADOR 2	ACEPTABLE	33%			
3	OTROS	ACEPTABLE	33%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los autores

Tabla 5.12 Toma de valores protecciones – fusibles 4 Amp

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
ELEMENTOS / PROTECCIONES / : FUSIBLES 4 AMP / SERIE: CAMSCO RT14-20					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	PATRÓN / FLUKE 117		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	ANALIZADOR 1	ACEPTABLE	33%			
2	LADO PRIMARIO / TRANSFORMADORES	ACEPTABLE	33%			
3	OTROS	ACEPTABLE	33%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los autores

Tabla 5.13 Toma de valores clavija



						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPOS / CLAVIJA 1 / LEGRAND / SERIE : 555-77					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : VERIFICACION DE LINEAS DE VOLTAGE						
ITEM	VARIABLE	PATRÓN / FLUKE 117		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	TOMA FUENTE FIJA	ACEPTABLE	60%			
2	OTROS	ACEPTABLE	40%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los autores

Tabla 5.14 Toma de valores luz piloto R

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPOS / LUZ PILOTO R / VOLTO / SERIE : AD22-22D					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : ENCENDIDO Y APAGADO						
ITEM	VARIABLE	PATRÓN/FLUKE 117		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO X1	ACEPTABLE	33%			
2	CONTACTO X2	ACEPTABLE	33%			
3	OTROS	120-240V	33%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los autores

Tabla 5.15 Toma de valores luz piloto S

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPOS / LUZ PILOTO S / VOLTO / SERIE : AD22-22D						FECHA:
PRUEBA REALIZADA : ENCENDIDO Y APAGADO						
ITEM	VARIABLE	PATRÓN/FLUKE 117		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO X1	ACEPTABLE	8%			
2	CONTACTO X2	ACEPTABLE	8%			
3	OTROS	120-240V	8%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los autores

Tabla 5.16 Toma de valores luz piloto T

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPOS / LUZ PILOTO T / VOLTO / SERIE : AD22-22D					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : ENCENDIDO Y APAGADO						
ITEM	VARIABLE	PATRÓN/FLUKE 117		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO X1	ACEPTABLE	33%			
2	CONTACTO X2	ACEPTABLE	33%			
3	OTROS	120-240V	33%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los autores

Tabla 5.17 Toma de valores breaker 3p – 20 Amp

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : BREAKER 3Ø - 20AMP / SERIE: EBS6BN						FECHA :
PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA						
ITEM	VARIABLE	PATRÓN / FLUKE 117		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTOS 1,3,5	ACEPTABLE	33%			
2	CONTACTOS 2,4,6	ACEPTABLE	33%			
3	OTROS	ACEPTABLE	33%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los autores

Tabla 5.18 Toma de valores motor 6 terminales

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE TRANSFORMADORES						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / MOTOR 6 TERMINALES / SERIE : SIEMENS 1LA7						FECHA :
PRUEBA REALIZADA : MOTOR EN ESTRELLA, SIN CARGA 220VAC L-L						
ITEM	VARIABLE	PATRÓN / FLUKE 117		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	V U-V (V)	215	8%			
2	V V-W (V)	214	8%			
3	V W-U (V)	215	8%			
4	V X-Y (V)	0	8%			
5	V Y-Z (V)	0	8%			
6	V Z-X (V)	0	8%			
7	IU (A)	0.25	7%			
8	IV (A)	0.25	7%			
9	IW (A)	0.25	7%			
10	P 3Φ (W)	40	8%			
11	Q3Φ (VAR)	50	8%			
12	S3Φ (VA)	60	8%			
13	fp3Φ	0.62	7%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los autores

5.2.3 PRÁCTICA 03: Carga Inductiva Balanceada (Motor 3 ϕ)

DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Máquinas Eléctricas I

PRÁCTICA N° 3

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo

TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas

DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Conexión de Transformadores Estrella – Delta (Y - Δ) con carga inductiva balanceada.
- **OBJETIVO GENERAL**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos realizar la conexión de una carga inductiva (motor) a la salida del banco de transformadores.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Identificar los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar prácticamente el circuito con los esquemas diseñados y probar el funcionamiento del circuito.

Analizar los resultados obtenidos en la prueba.

.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Normas de seguridad y procedimientos de un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos,

Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Alimentar el banco de pruebas con una tensión trifásica de 220Vac y comprobar su funcionamiento.

La luz piloto de encendido se activa en el momento en que el tablero se encuentra energizado.

Utilizar los selectores en el lado de Baja tensión para controlar el paso de corriente y voltaje.

El Motor se desactiva utilizando el selector en el lado de Alta Tensión que se encuentra antes de la barra de carga.

- **RECURSOS**

Banco de transformadores monofásico a 1KVA.

Instrumentación para: Tensión, Corriente, Potencia.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.1 valores en el lado primario del banco de transformadores.

Tabla No.2 valores en el lado secundario del banco de transformadores.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

Protocolo de operatividad de protecciones.

- **ANEXOS**

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

MARTIN, J. C. (s.f.). *TEORIA, CALCULO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES*. BARCELONA-MADRID-BUENOS AIRES-BOGOTA-CARACAS-LISBOA-RIODEJANEIRO-MEXICO: CUARTA EDICION.

VENTURA, I. I. (2008). *SISTEMAS DE CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES*. Obtenido de UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FRANCISCO MORAZÁN:
<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xxtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/sistemas%20de%20control%20de%20motores%20electricos%20industriales.pdf>

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Cómo se llaman los esquemas que presentan los circuitos eléctricos?

¿Qué se entiende por alimentación trifásica de 4 hilos?

¿Qué finalidad tiene el disyuntor que se encuentra antes de la barra de carga?

¿Cuáles son las entradas del motor?

Conclusiones de esta práctica

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
PRIMARIO.**

**TABLA No. 1: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA INDUCTIVA
(MOTOR 3φ).**

Tabla 5.19 Registro de Pruebas – Práctica 3

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	119.98 V	
V_S	119.87 V	
V_T	120.93 V	
V_{R-S}	207.30 V	
V_{S-T}	209.34 V	
V_{T-R}	208.91 V	
I_1	1.63 A	
I_2	1.44 A	
I_3	1.30 A	
P_1	53 W	
P_2	34 W	
P_3	35 W	
P_{PROM}	120 W	
Q_1	180 VAR	
Q_2	160 VAR	
Q_3	150 VAR	
Q_{PROM}	500 VAR	
S_1	190 VA	
S_2	170 VA	
S_3	150 VA	
S_{PROM}	520 VA	
fp_1	0.26 ataso	
fp_2	0.20 atraso	
fp_3	0.22 atraso	
fp_{PROM}	0.23 atraso	

Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
SECUNDARIO.**

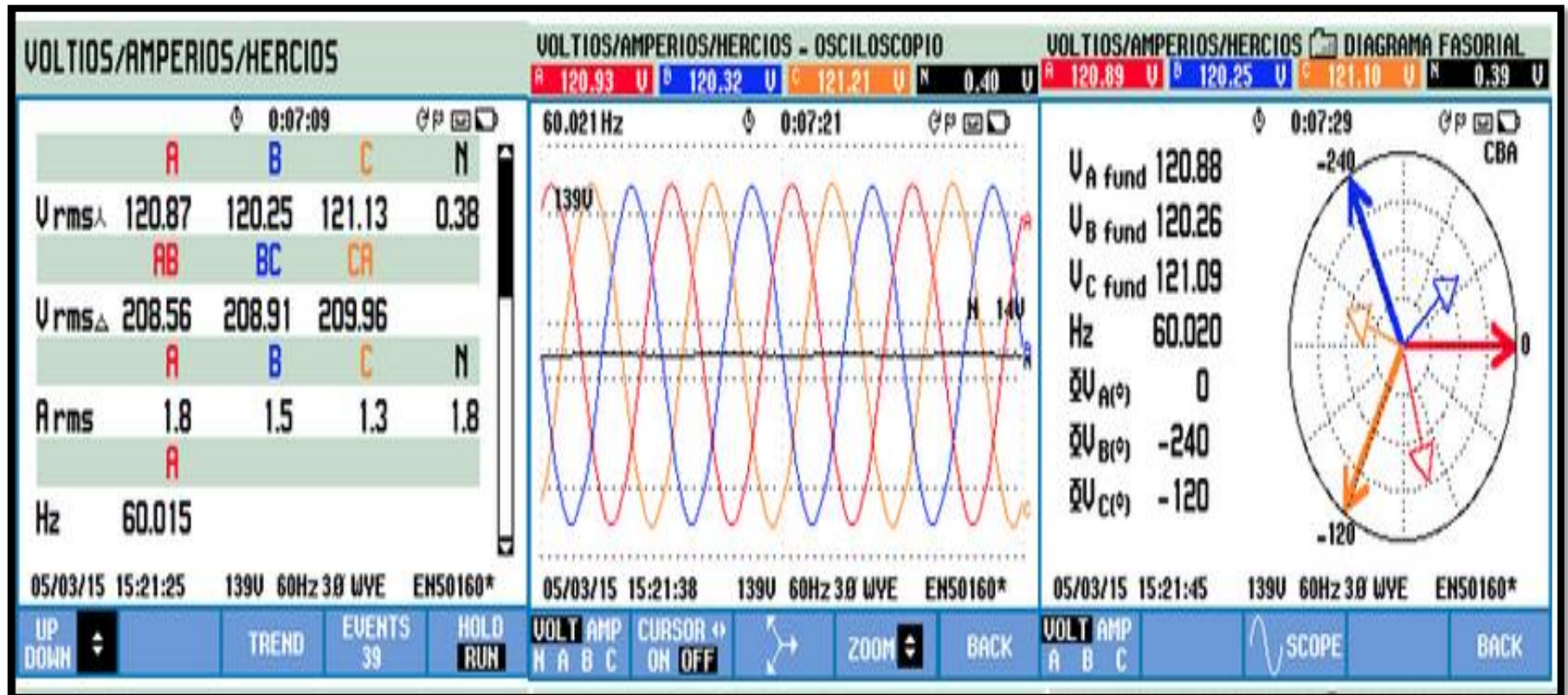
**TABLA No. 2: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA INDUCTIVA
(MOTOR 3φ).**

Tabla 5.20 Registro de Pruebas – Práctica 3

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	136.75 V	
V_S	142.36 V	
V_T	142.03 V	
V_{R-S}	241.56 V	
V_{S-T}	243.37 V	
V_{T-R}	242.50 V	
I_1	274.24 mA	
I_2	281.2 mA	
I_3	283.9 mA	
P_1	9 W	
P_2	8 W	
P_3	10 W	
P_{PROM}	28 W	
Q_1	36 VAR	
Q_2	39 VAR	
Q_3	38 VAR	
Q_{PROM}	114.3 VAR	
S_1	37 VA	
S_2	40 VA	
S_3	40 VA	
S_{PROM}	118 VA	
fp_1	0.24 atraso	
fp_2	0.21 atraso	
fp_3	0.27 atraso	
fp_{PROM}	0.24 atraso	

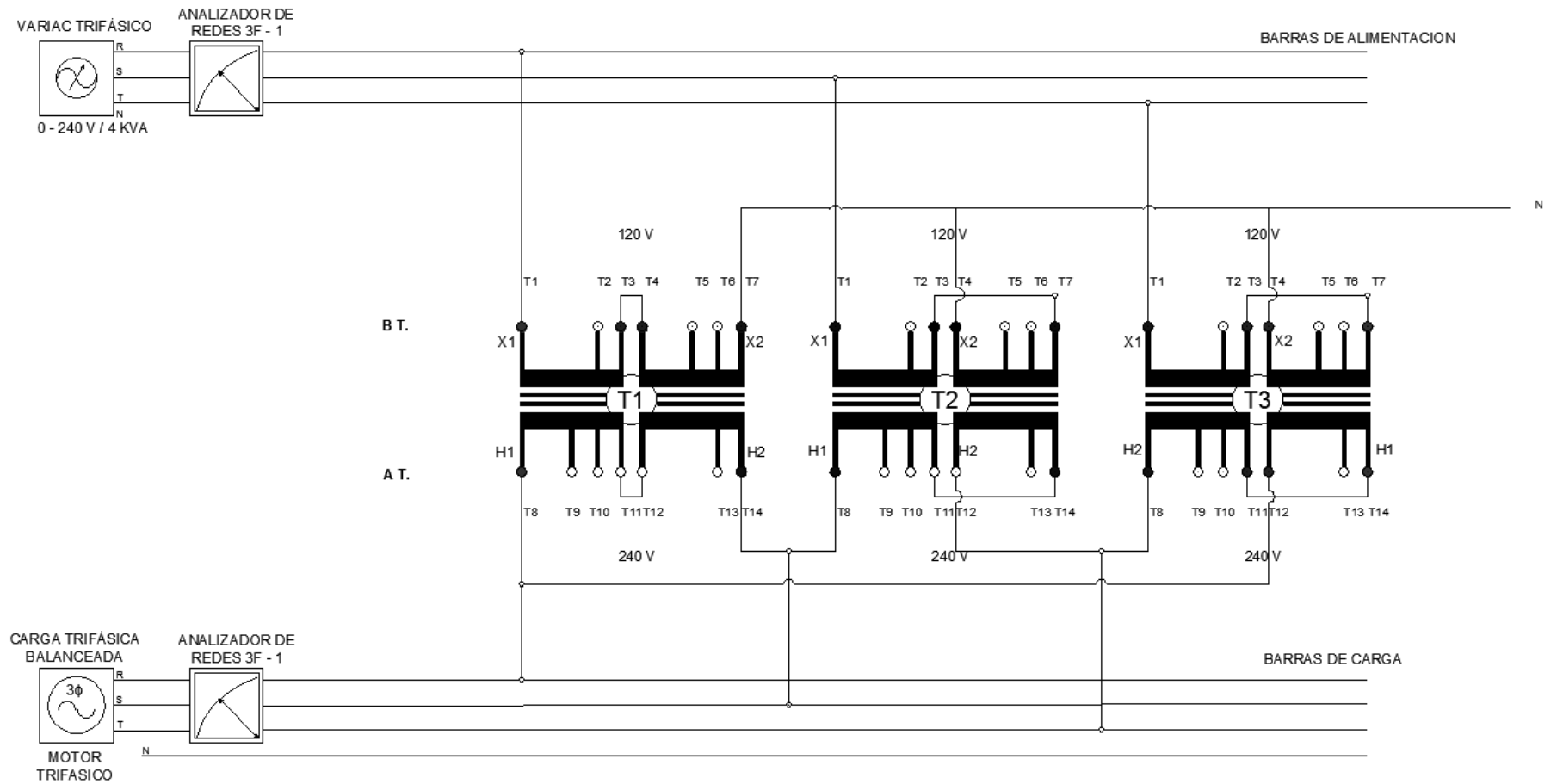
Fuente: Los autores

Ilustración 5.15 Valores y Gráficos de la prueba con carga inductiva



Fuente: Los autores

Figura 5.1 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ conectado a un Motor



Fuente: Los autores

5.2.4 PRÁCTICA 04: Carga Resistiva Trifásica Variable

DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Máquinas Eléctricas I

PRÁCTICA N° 4

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo

TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas

DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Conexión Estrella – Delta con carga resistiva trifásica variable.
- **OBJETIVO GENERAL**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos realizar la conexión del banco para una carga resistiva trifásica; en el que se pueda verificar los valores correspondientes a voltajes, corrientes y su factor de potencia.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar prácticamente el circuito con los esquemas diseñados y probar el funcionamiento del circuito.

Comprobar los valores del factor de potencia (próximos a 1).

Incrementar las habilidades en diseño de controles industriales.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento correcto de la resistencia variable.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar que la resistencia se encuentre configurada para presentar su mayor valor en ohmios (2.5%).

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.

Utilizar el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Realizar la conexión trifásica y posteriormente conectar la carga teniendo en cuenta las siguientes condiciones:

Tomando en cuenta de que al ser una carga resistiva variable, esta presenta distintos tipos de combinaciones que harán que aumente o disminuya su resistencia. Por tal motivo se optó por realizar la prueba con la mayor resistencia posible; de esta forma se buscó obtener la menor cantidad de corriente que circulara por la red del lado secundario, tal cual lo se lo explica en el punto 5.1.1.

De este modo la corriente que circulará será:

$$I = \frac{230}{979} \\ = 0.23 \text{ Amp}$$

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas de Transformadores.

Instrumentación para: Tensión, Corriente, Factor de Potencia.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Carga Trifásica.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.1 valores en el lado primario del banco de transformadores.

Tabla No.2 valores en el lado secundario del banco de transformadores.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

MARTIN, J. C. (s.f.). *TEORIA, CALCULO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES*. BARCELONA-MADRID-BUENOS AIRES-BOGOTA-CARACAS-LISBOA-RIODEJANEIRO-MEXICO: CUARTA EDICION.

CRONOGRAMA/CALENDARIO

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Hasta qué porcentaje de la carga puede tolerar el lado secundario del banco?

¿Qué maneras existen para proteger la carga de cualquier anomalía?

Conclusiones de esta práctica

- **OTROS**

Tipos de Cargas

Lineal, No lineal.

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
PRIMARIO.**

**TABLA No. 1: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA RESISTIVA
VARIABLE.**

Tabla 5.21 Registro de Pruebas – Práctica 4

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	114.03 V	
V_S	113.7 V	
V_T	114.1 V	
V_{R-S}	197.23 V	
V_{S-T}	197.44 V	
V_{T-R}	198.07 V	
I_1	1.34 A	
I_2	1.16 A	
I_3	0.76 A	
P_1	100 W	
P_2	40 W	
P_3	40 W	
P_{PROM}	180 W	
Q_1	110 VAR	
Q_2	120 VAR	
Q_3	60 VAR	
Q_{PROM}	300 VAR	
S_1	150 VA	
S_2	130 VA	
S_3	90 VA	
S_{PROM}	350 VA	
fp_1	0.65 atraso	
fp_2	0.35 atraso	
fp_3	0.55 atraso	
fp_{PROM}	0.52 atraso	

Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
SECUNDARIO.**

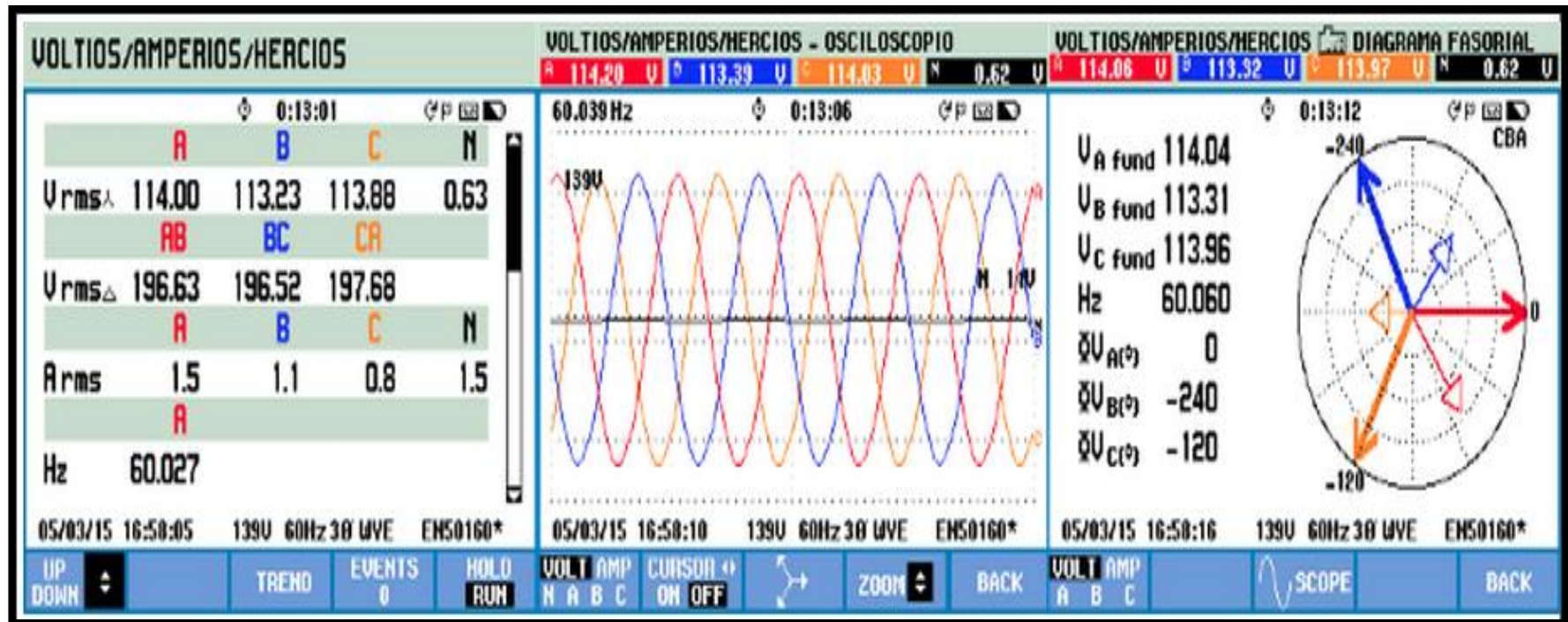
**TABLA No. 2: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA RESISTIVA
VARIABLE.**

Tabla 5.22 Registro de Pruebas – Práctica 4

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	129.6 V	
V_S	134.3 V	
V_T	133.3 V	
V_{R-S}	228.6 V	
V_{S-T}	229.4 V	
V_{T-R}	229.8 V	
I_1	267.06 mA	
I_2	267.71 mA	
I_3	267.71 mA	
P_1	30 W	
P_2	30 W	
P_3	30 W	
P_{PROM}	100 W	
Q_1	0.49 VAR	
Q_2	0.6 VAR	
Q_3	1 VAR	
Q_{PROM}	0.07 VAR	
S_1	34 VA	
S_2	36 VA	
S_3	35 VA	
S_{PROM}	100 VA	
fp_1	0.99 atraso	
fp_2	0.99 atraso	
fp_3	0.99 atraso	
fp_{PROM}	0.99 atraso	

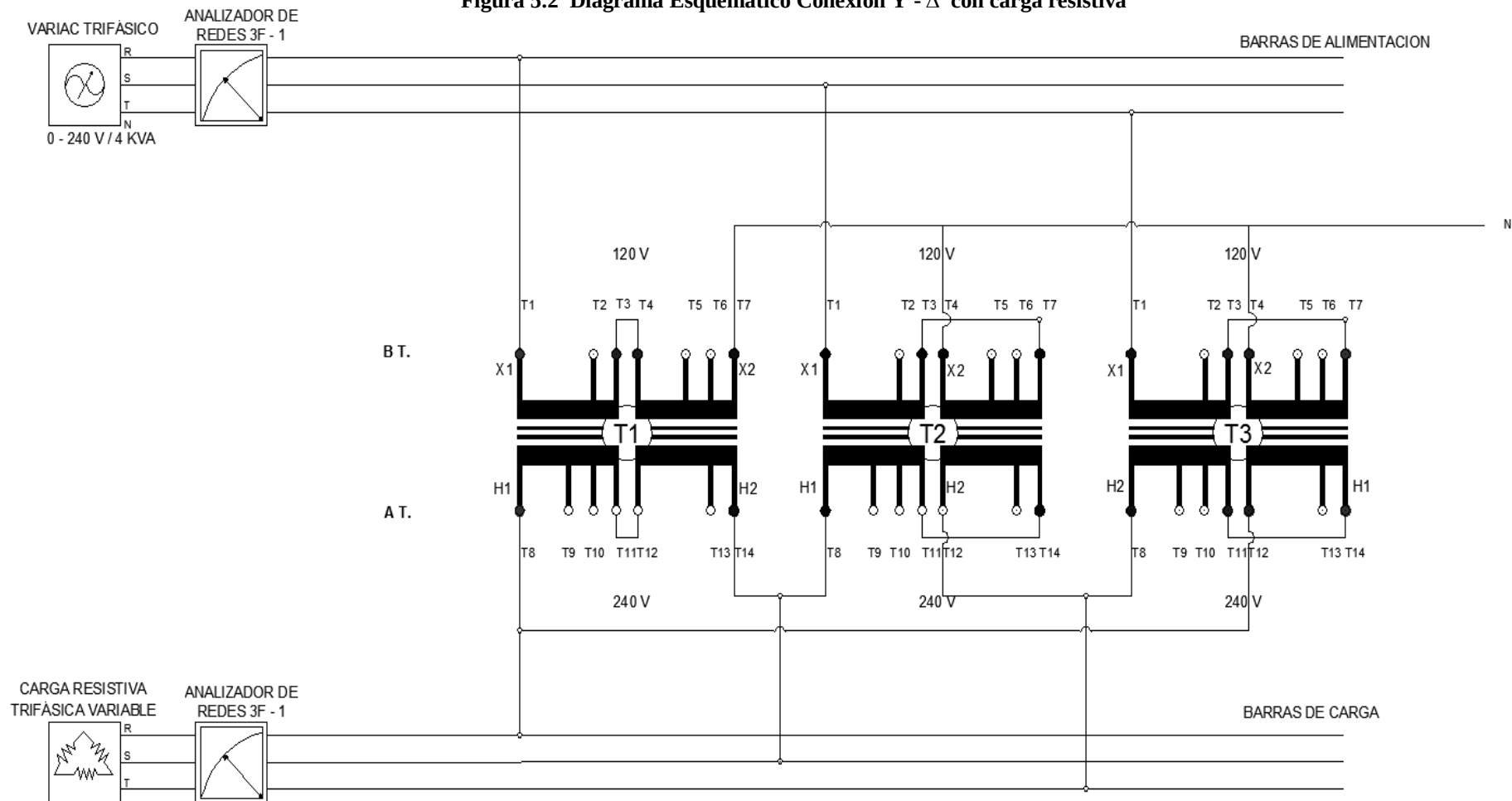
Fuente: Los autores

Ilustración 5.16 Valores y Gráficos de la prueba con carga resistiva variable



Fuente: Los autores

Figura 5.2 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga resistiva



Fuente: Los autores

5.2.5 PRÁCTICA 05: Carga Capacitiva Variable

DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Máquinas Eléctricas

PRÁCTICA N° 5

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo

TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas

DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Conexión Estrella – Delta con carga capacitiva variable
- **OBJETIVO GENERAL**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos realizar la conexión de una carga capacitiva en el lado secundario del banco de pruebas de transformadores.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Identificar los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar el circuito de forma correcta con los esquemas diseñados y probar su funcionamiento.

Analizar el comportamiento de la red (voltajes, corrientes, factor de potencia).

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Normas de seguridad y procedimiento de un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos,

Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Realizar la conexión trifásica y posteriormente conectar la carga tomando en cuenta las siguientes condiciones:

La carga capacitiva es variable y haciendo referencia al punto 5.1.2 el valor de capacitancia a tomar corresponde al del 10% de la carga.

Este valor de capacitancia deberá ser llevado a su equivalente reactancia capacitiva para de esta manera determinar la corriente que circulará por el devanado secundario.

Siendo este cálculo el siguiente:

$$C = 17 \mu f$$

Por lo que:

$$\begin{aligned}x_c &= \frac{1}{2 * \pi * 60 * 17 \mu f} \\&= 156.03 \Omega\end{aligned}$$

Finalmente la corriente será:

$$\begin{aligned}I &= 230/_{1.53} \\&= 1.53 \text{ Amp}\end{aligned}$$

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas de transformadores

Instrumentación para: Tensión, Corriente Factor de Potencia.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Carga Capacitiva

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.1 valores en el lado primario del banco de transformadores.

Tabla No.2 valores en el lado secundario del banco de transformadores.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

VENTURA, I. I. (2008). *SISTEMAS DE CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES*. Obtenido de UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FRANCISCO MORAZÁN:
<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xxtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/sistemas%20de%20control%20de%20motores%20electricos%20industriales.pdf>

MARTIN, J. C. (s.f.). *TEORIA, CALCULO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES*. BARCELONA-MADRID-BUENOS AIRES-BOGOTA-CARACAS-LISBOA-RIODEJANEIRO-MEXICO: CUARTA EDICION.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué tipo de factor de potencia deberá presentar esta carga?

¿Qué medidas se deben tomar para proteger la carga?

¿Cómo se realiza la configuración trifásica a esta carga?

Conclusiones de la práctica

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
PRIMARIO.**

**TABLA No. 1: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA CAPACITIVA
VARIABLE.**

Tabla 5.23 Registro de Pruebas – Práctica 5

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	113.80 V	
V_S	113.26 V	
V_T	114.14 V	
V_{R-S}	196.33 V	
V_{S-T}	196.70 V	
V_{T-R}	197.98 V	
I_1	410 mA	
I_2	365.13 mA	
I_3	156.48 mA	
P_1	42 W	
P_2	32 W	
P_3	7.9 W	
P_{PROM}	82 W	
Q_1	18 VAR	
Q_2	20 VAR	
Q_3	16 VAR	
Q_{PROM}	27 VAR	
S_1	40 VA	
S_2	40 VA	
S_3	17 VA	
S_{PROM}	100 VA	
fp_1	0.89 atraso	
fp_2	0.78 atraso	
fp_3	0.55 atraso	
fp_{PROM}	0.81 atraso	

Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
SECUNDARIO.**

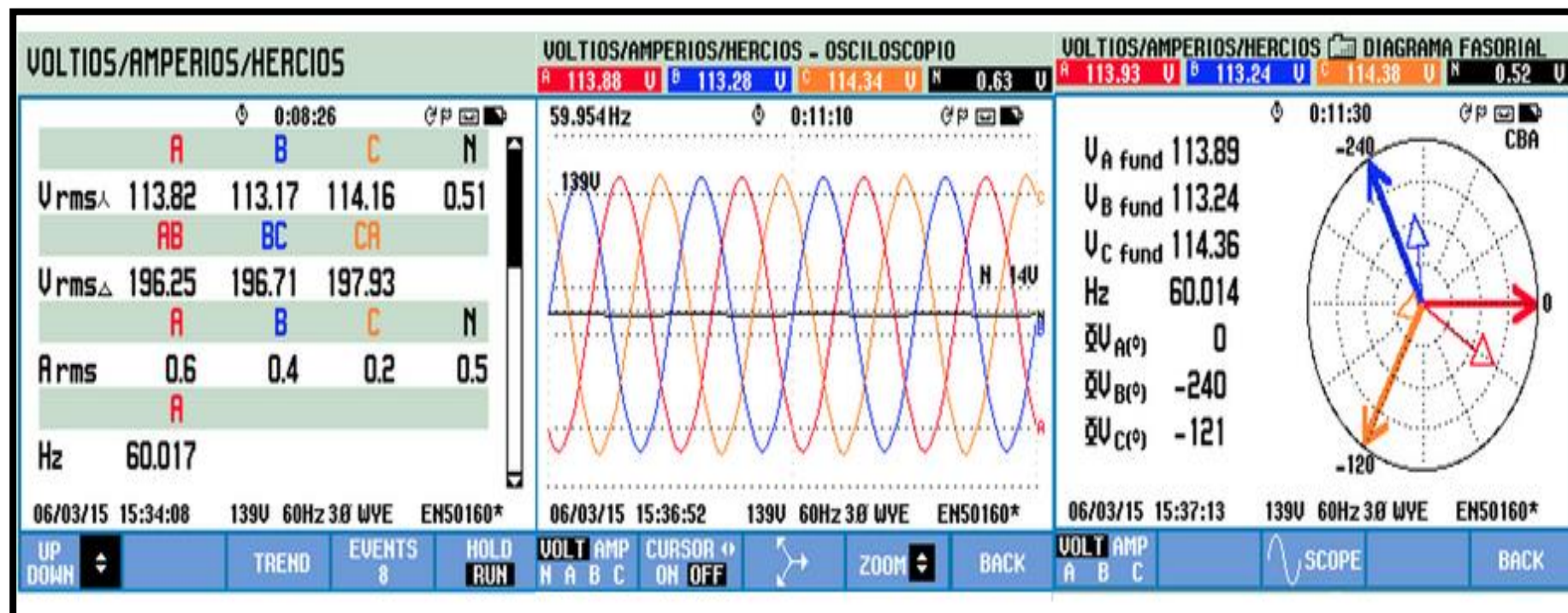
**TABLA No. 2: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA CAPACITIVA
VARIABLE.**

Tabla 5.24 Registro de Pruebas – Práctica 5

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	129.4 V	
V_S	134.5 V	
V_T	134.15 V	
V_{R-S}	228.4 V	
V_{S-T}	230.3 V	
V_{T-R}	230.5 V	
I_1	662 mA	
I_2	665.92 mA	
I_3	675.8 mA	
P_1	1.2 W	
P_2	2.4 W	
P_3	1.4 W	
P_{PROM}	2.2 W	
Q_1	86 VAR	
Q_2	89 VAR	
Q_3	90 VAR	
Q_{PROM}	260 VAR	
S_1	85 VA	
S_2	89 VA	
S_3	90 VA	
S_{PROM}	265 VA	
fp_1	0.014 adelanto	
fp_2	0.026 adelanto	
fp_3	0.0156 adelanto	
fp_{PROM}	0.0082 adelanto	

Fuente: Los autores

Ilustración 5.17 Valores y Gráficos de la prueba con carga capacitiva variable



Fuente: Los autores

98

5.2.6 PRÁCTICA 06: Carga Inductiva Variable

DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Máquinas Eléctricas

PRÁCTICA N°06

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo

TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas

DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Conexión Estrella – Delta con carga inductiva trifásica.
- **OBJETIVO GENERAL**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos realizar la conexión estrella – delta conectando una carga inductiva variable en el lado de alta tensión.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Identificar los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar el circuito de forma correcta con los esquemas diseñados y probar su funcionamiento.

Analizar el comportamiento de la red (voltajes, corrientes, factor de potencia).

Simular fallas en la red, tanto en el lado primario como en el lado secundario de los transformadores.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Normas de seguridad y procedimientos de un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos,

Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Realizar la conexión trifásica en los transformadores y posteriormente conectar la carga trifásica tomando en cuenta las siguientes condiciones:

La carga inductiva puede variar el valor de su reactancia inductiva mediante el uso de una manivela tal y como se lo menciona en el punto 5.1.3.

En esta prueba la manivela ha sido manipulada hasta que la corriente de carga tenga un valor aproximado de 1 amperio.

Conectar a la carga una toma de tierra para mayor seguridad.

Tener en cuenta los niveles de tensión y corrientes al momento en que se simulen las fallas, esto como medida de control y en caso de presentarse alguna anomalía desenergizar el tablero mediante el accionamiento del disyuntor principal.

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas de transformadores

Instrumentación para: Tensión, Corriente Factor de Potencia.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Carga Inductiva

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.1 valores en el lado primario del banco de transformadores sin fallas en Baja Tensión.

Tabla No.2 valores en el lado secundario del banco de transformadores sin fallas en baja tensión.

Tabla No.3 valores en el lado primario del banco de transformadores con fallas en Baja Tensión.

Tabla No.4 valores en el lado secundario del banco de transformadores con fallas en baja tensión.

Tabla No.5 valores en el lado primario del banco de transformadores sin fallas en Alta Tensión.

Tabla No.6 valores en el lado secundario del banco de transformadores sin fallas en Alta tensión.

Tabla No.7 valores en el lado primario del banco de transformadores con fallas en Alta Tensión.

Tabla No.8 valores en el lado secundario del banco de transformadores con fallas en Alta tensión.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

VENTURA, I. I. (2008). *SISTEMAS DE CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES*. Obtenido de UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FRANCISCO MORAZÁN:
<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xxtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/sistemas%20de%20control%20de%20motores%20electricos%20industriales.pdf>

MARTIN, J. C. (s.f.). *TEORIA, CALCULO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES*. BARCELONA-MADRID-BUENOS AIRES-

BOGOTA-CARACAS-LISBOA-RIODEJANEIRO-MEXICO: CUARTA EDICION.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué tipo de factor de potencia deberá presentar esta carga?

¿Qué medidas se deben tomar para proteger la carga?

¿Cómo se realiza la configuración trifásica a esta carga?

Conclusiones de esta práctica

- **OTROS**

Tipos de Cargas

Lineales y No lineales

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
PRIMARIO (SIN FALLAS EN BAJA TENSIÓN)**

**TABLA No. 1: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA INDUCTIVA
VARIABLE.**

Tabla 5.25 Registro de Pruebas – Práctica 6

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	114.04 V	
V_S	113.84 V	
V_T	114.12 V	
V_{R-S}	197.33 V	
V_{S-T}	197.23 V	
V_{T-R}	198.03 V	
I_1	2.178 A	
I_2	2.22 A	
I_3	1.81 A	
P_1	75 W	
P_2	48 W	
P_3	22 W	
P_{PROM}	146 W	
Q_1	235 VAR	
Q_2	248 VAR	
Q_3	207 VAR	
Q_{PROM}	689 VAR	
S_1	247 VA	
S_2	252 VA	
S_3	207 VA	
S_{PROM}	707 VA	
fp_1	0.306 atraso	
fp_2	0.197 atraso	
fp_3	0.103 atraso	
fp_{PROM}	0.206 atraso	

Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
SECUNDARIO (SIN FALLAS EN BAJA TENSION)**

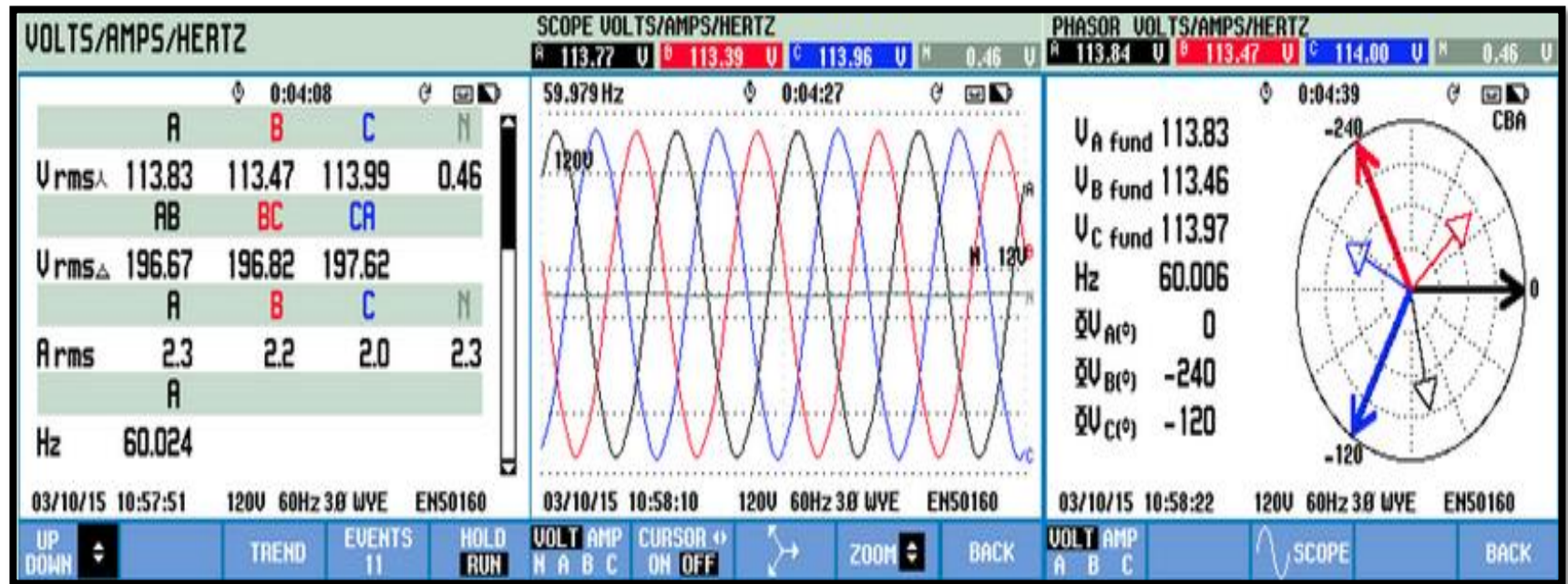
**TABLA No. 2: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA INDUCTIVA
VARIABLE.**

Tabla 5.26 Registro de Pruebas – Práctica 6

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	129.45 V	
V_S	134.52 V	
V_T	133.10 V	
V_{R-S}	228.45 V	
V_{S-T}	229.11 V	
V_{T-R}	229.86 V	
I_1	0.997 mA	
I_2	0.98 mA	
I_3	1.01 A	
P_1	20 W	
P_2	17 W	
P_3	22 W	
P_{PROM}	59 W	
Q_1	120 VAR	
Q_2	130 VAR	
Q_3	130 VAR	
Q_{PROM}	390 VAR	
S_1	120 VA	
S_2	130 VA	
S_3	130 VA	
S_{PROM}	390 VA	
fp_1	0.15 atraso	
fp_2	0.12 atraso	
fp_3	0.16 atraso	
fp_{PROM}	0.149 atraso	

Fuentes : Los autores

Ilustración 5.18 Valores y Gráficos de la prueba con carga inductiva sin falla en B.T.



Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 3: MEDICIÓN DE PARÁMETROS A
LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO PRIMARIO
(CON FALLAS EN LA LINEA T DE BAJA TENSION)**

**TABLA No. 3: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA INDUCTIVA
VARIABLE.**

Tabla 5.27 Registro de Pruebas – Práctica 6

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	112.35 V	
V_S	114.75 V	
V_T	111.88 V	
V_{R-S}	196.87 V	
V_{S-T}	198.61 V	
V_{T-R}	191.24 V	
I_1	3.44 A	
I_2	3.44 A	
I_3	-----	
P_1	250 W	
P_2	- 10 W	
P_3	-----	
P_{PROM}	150 W	
Q_1	290 VAR	
Q_2	380 VAR	
Q_3	-----	
Q_{PROM}	674 VAR	
S_1	386 VA	
S_2	395 VA	
S_3	-----	
S_{PROM}	783 VA	
fp_1	0.6605 Atraso	
fp_2	- 0264 atraso	
fp_3	-----	
fp_{PROM}	0.192 atraso	

Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 4: MEDICIÓN DE PARÁMETROS A
LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO SECUNDARIO
(CON FALLAS EN LA LINEA T DE BAJA TENSION)**

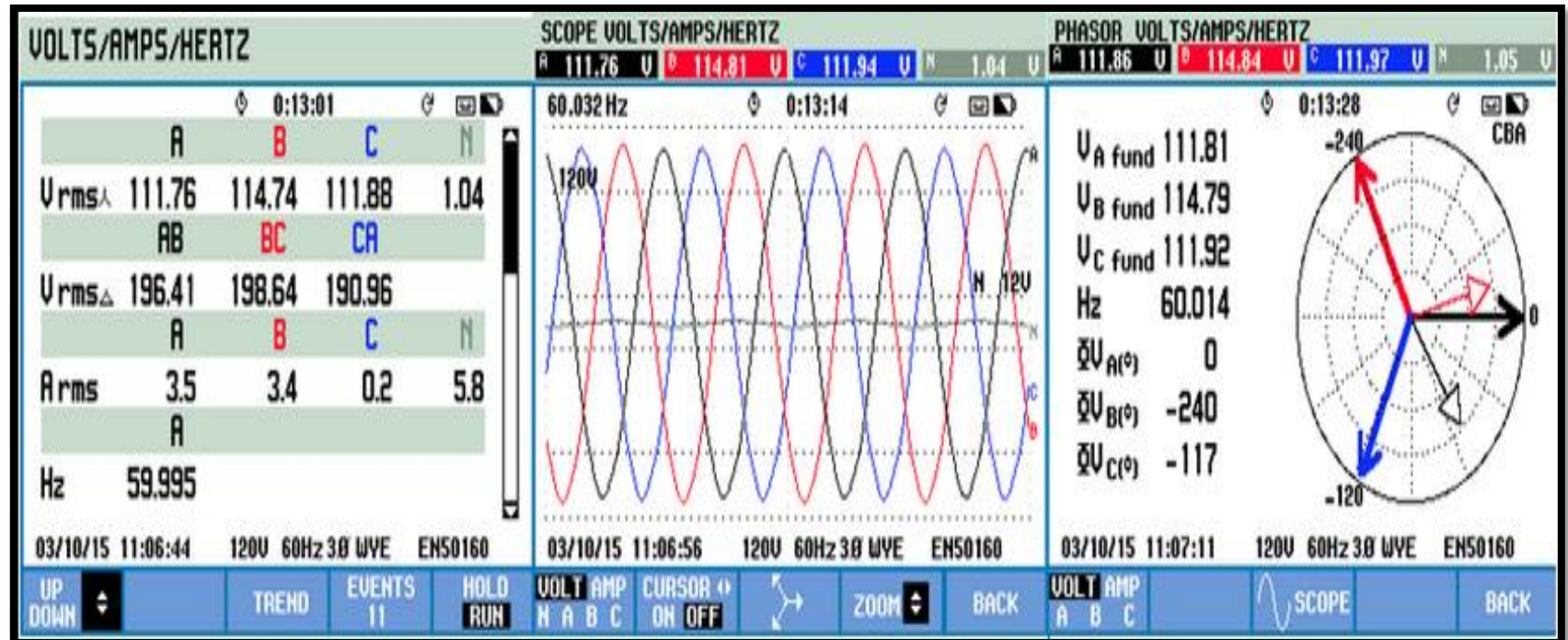
**TABLA No. 4: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA INDUCTIVA
VARIABLE.**

Tabla 5.28 Registro de Pruebas – Práctica 6

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	129.29 V	
V_S	136.07 V	
V_T	129.69 V	
V_{R-S}	232.54 V	
V_{S-T}	225.98 V	
V_{T-R}	223.86 V	
I_1	993.73 mA	
I_2	988.67 mA	
I_3	975.61 mA	
P_1	19 W	
P_2	17 W	
P_3	20 W	
P_{PROM}	58 W	
Q_1	126 VAR	
Q_2	133 VAR	
Q_3	124 VAR	
Q_{PROM}	384 VAR	
S_1	128.6 VA	
S_2	134.6 VA	
S_3	125 VA	
S_{PROM}	388 VA	
fp_1	0.155 atraso	
fp_2	0.129 atraso	
fp_3	0.165 atraso	
fp_{PROM}	0.149 atraso	

Fuente: Los autores

Ilustración 5.19 Valores y Gráficos de la prueba con carga inductiva con falla en B.T.



Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 5: MEDICIÓN DE PARÁMETROS A
LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO PRIMARIO
(SIN FALLAS EN ALTA TENSION)**

**TABLA No. 5: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA INDUCTIVA
VARIABLE.**

Tabla 5.29 Registro de Pruebas – Práctica 6

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	114.9 V	
V_S	114.7 V	
V_T	115.09 V	
V_{R-S}	198.8 V	
V_{S-T}	198.5 V	
V_{T-R}	199.5 V	
I_1	2.20 A	
I_2	2.16 A	
I_3	1.91 A	
P_1	60 W	
P_2	40 W	
P_3	20 W	
P_{PROM}	140 W	
Q_1	240 VAR	
Q_2	240 VAR	
Q_3	210 VAR	
Q_{PROM}	700 VAR	
S_1	250 VA	
S_2	250 VA	
S_3	210 VA	
S_{PROM}	720 VA	
fp_1	0.26 atraso	
fp_2	0.20 atraso	
fp_3	0.13 atraso	
fp_{PROM}	0.20 atraso	

Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 6: MEDICIÓN DE PARÁMETROS A
LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO SECUNDARIO
(SIN FALLAS EN ALTA TENSION)**

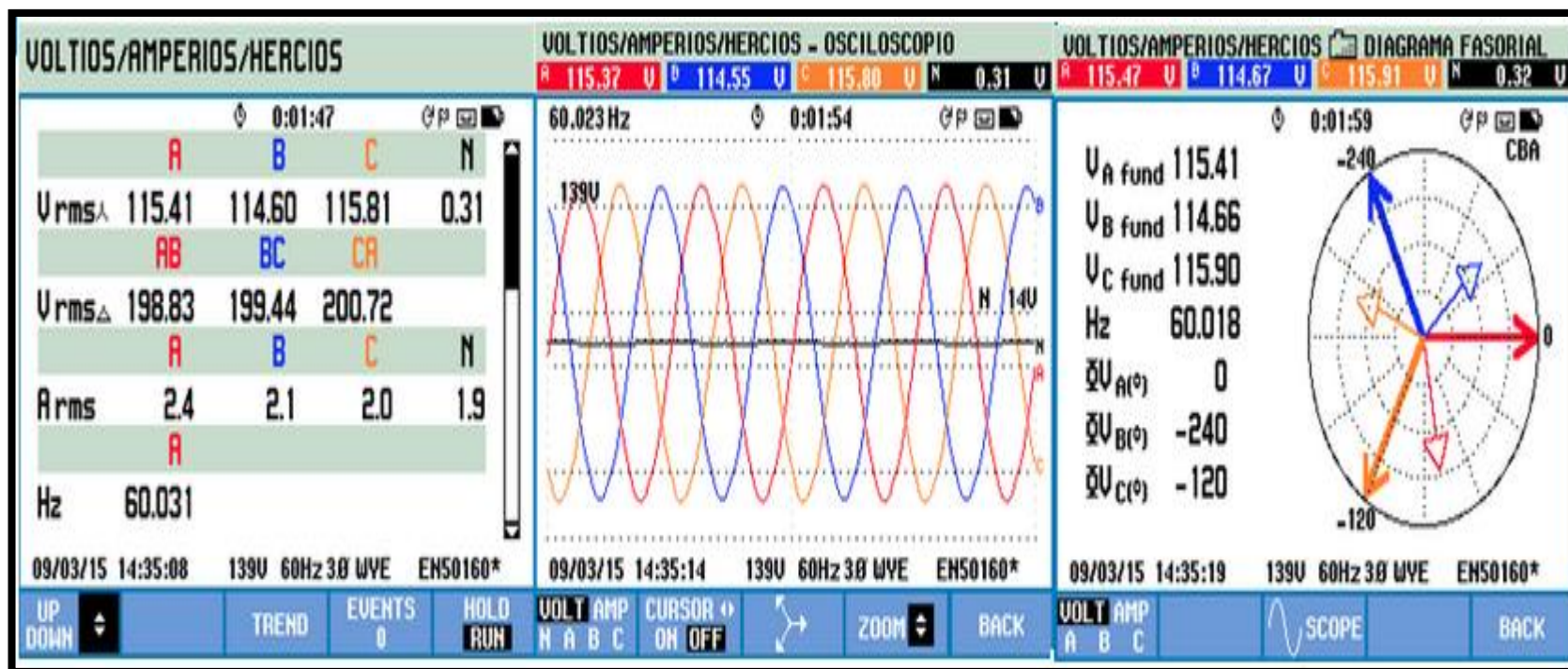
**TABLA No. 6: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA INDUCTIVA
VARIABLE.**

Tabla 5.30 Registro de Pruebas – Práctica 6

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	130.5 V	
V_S	135.9 V	
V_T	134.2 V	
V_{R-S}	230 V	
V_{S-T}	231.8 V	
V_{T-R}	231.6 V	
I_1	0.99 A	
I_2	0.97 A	
I_3	1.00 A	
P_1	20 W	
P_2	17 W	
P_3	22 W	
P_{PROM}	59 W	
Q_1	128 VAR	
Q_2	131 VAR	
Q_3	133 VAR	
Q_{PROM}	390 VAR	
S_1	129 VA	
S_2	132 VA	
S_3	135 VA	
S_{PROM}	398 VA	
fp_1	0.15 atraso	
fp_2	0.12 atraso	
fp_3	0.16 atraso	
fp_{PROM}	0.14 atraso	

Fuente: Los autores

Ilustración 5.20 Valores y Gráficos de la prueba con carga inductiva sin fallas en A.T.



Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 7: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
PRIMARIO (CON FALLAS EN LA LINEA T DE ALTA TENSION)**

**TABLA No. 7: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA INDUCTIVA
VARIABLE.**

Tabla 5.31 Registro de Pruebas – Práctica 6

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	114.95 V	
V_S	114.41 V	
V_T	114.81 V	
V_{R-S}	198.59 V	
V_{S-T}	198.11 V	
V_{T-R}	199.47 V	
I_1	1.336 A	
I_2	2.151 A	
I_3	1.157 A	
P_1	11 W	
P_2	54 W	
P_3	69 W	
P_{PROM}	150 W	
Q_1	240 VAR	
Q_2	240 VAR	
Q_3	110 VAR	
Q_{PROM}	500 VAR	
S_1	150 VA	
S_2	240 VA	
S_3	130 VA	
S_{PROM}	530 VA	
fp_1	0.07 adelanto	
fp_2	0.22 atraso	
fp_3	0.52 atraso	
fp_{PROM}	0.21 atraso	

Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 8: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
SECUNDARIO (CON FALLAS EN LA LINEA T DE ALTA
TENSION)**

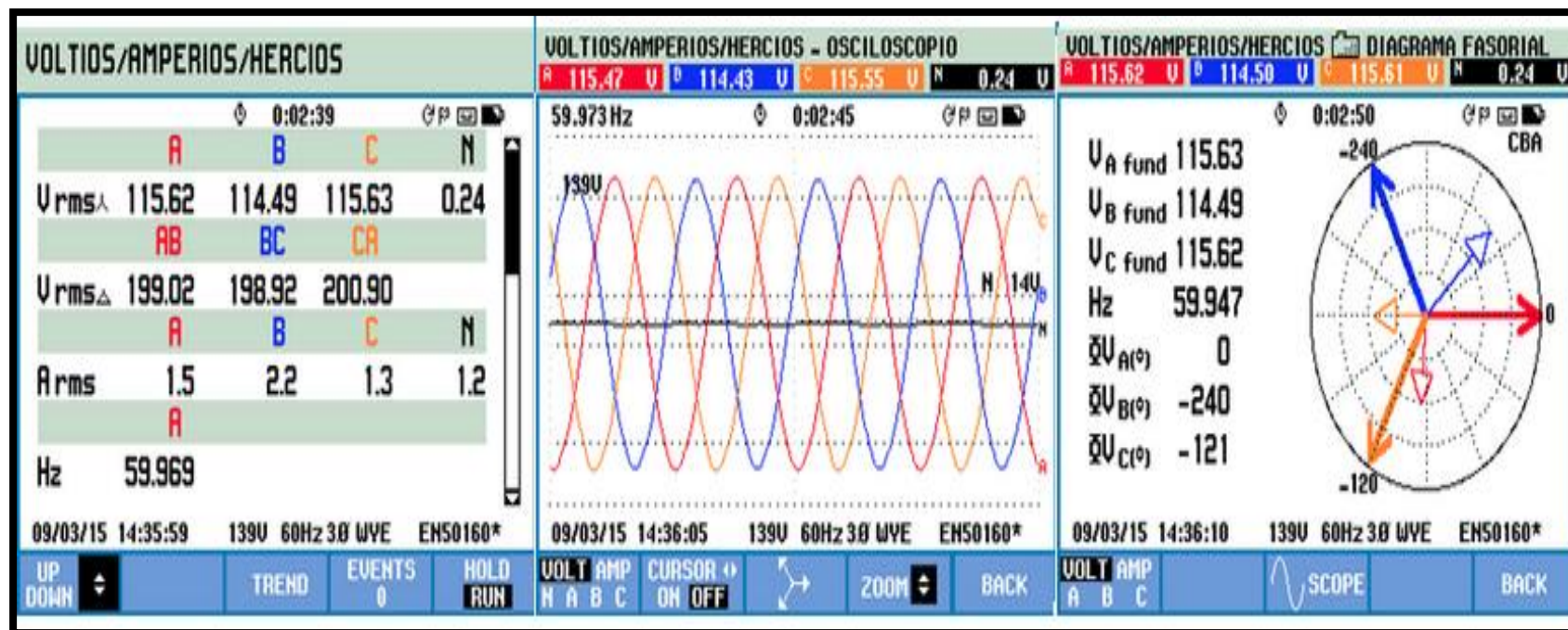
**TABLA No. 8: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA INDUCTIVA
VARIABLE.**

Tabla 5.32 Registro de Pruebas – Práctica 6

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	111.31 V	
V_S	118.80 V	
V_T	-----	
V_{R-S}	230.09 V	
V_{S-T}	116.35 V	
V_{T-R}	113.31 V	
I_1	853.97 mA	
I_2	853.992 mA	
I_3	-----	
P_1	14 W	
P_2	14.9 W	
P_3	-----	
P_{PROM}	29 W	
Q_1	90 VAR	
Q_2	100 VAR	
Q_3	-----	
Q_{PROM}	194 VAR	
S_1	95 VA	
S_2	103 VA	
S_3	-----	
S_{PROM}	196 VA	
fp_1	0.1553 atraso	
fp_2	0.1475 atraso	
fp_3	-----	
fp_{PROM}	0.1514 atraso	

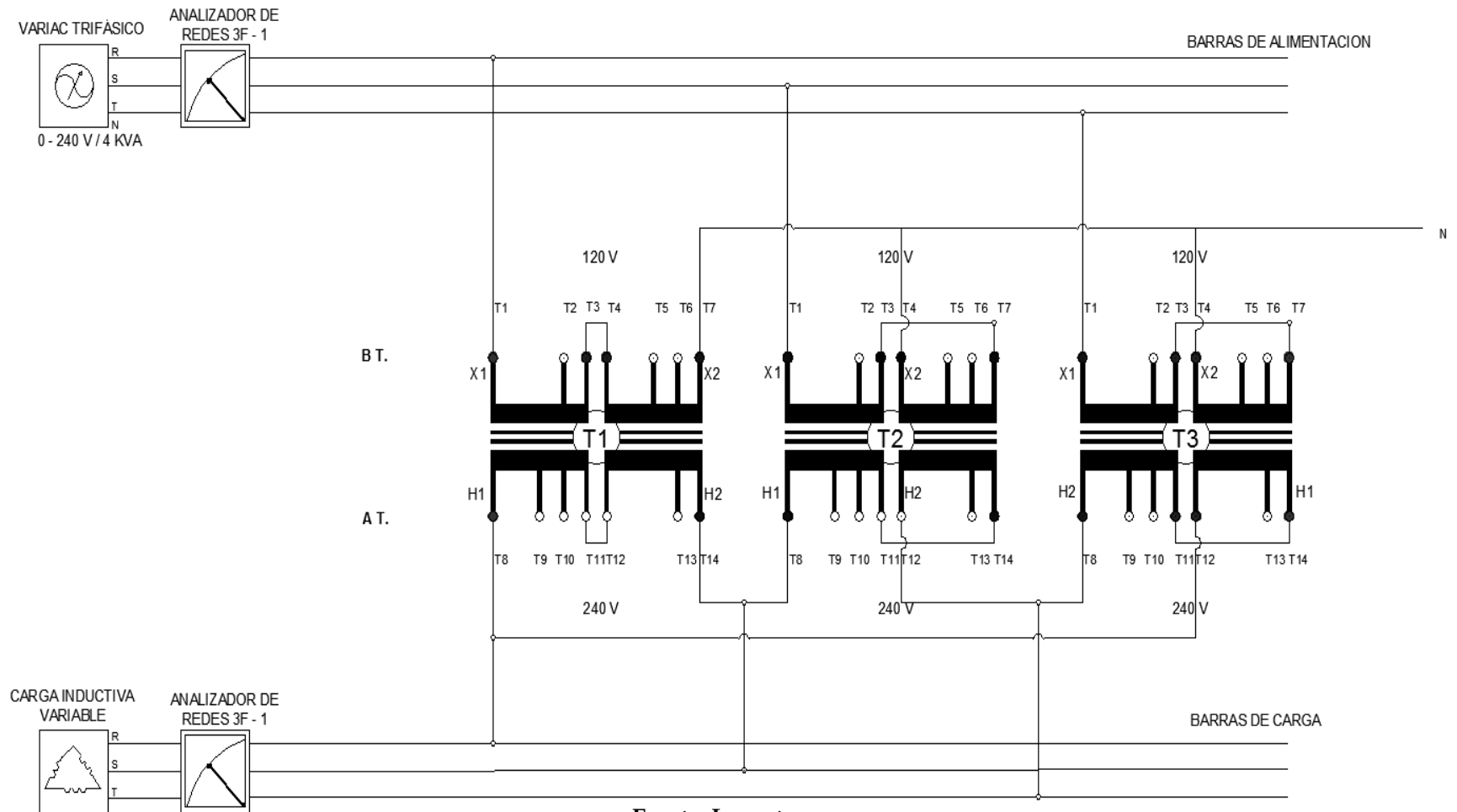
Fuente: Los autores

Ilustración 5.21 Valores y Gráficos de la prueba con carga inductiva con fallas en A.T.



Fuente: Los autores

Figura 5.4 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga inductiva



Fuente: Los autores

5.2.7 **PRÁCTICA 07:** Carga Resistiva – Inductiva – Capacitiva (Circuito R-L-C)

DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Máquinas Eléctricas

PRÁCTICA N° 7

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo

TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas

DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Conexión Estrella – Delta con cargas resistiva, capacitiva e inductiva variable (desbalanceada)
- **OBJETIVO GENERAL**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos realizar la conexión de una desbalanceada a la red.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Identificar los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar el circuito de forma correcta con los esquemas diseñados y probar su funcionamiento.

Analizar el comportamiento de la red (voltajes, corrientes, factor de potencia).

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Normas de seguridad y procedimiento de un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos,

Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

En primer lugar se deberán de configurar por separado cada una de las cargas, es decir conectar de forma correcta cada uno de los puentes para que la carga sea monofásica y ya no trifásica.

Una vez realizado esto, las cargas monofásicas serán conectadas entre obteniendo una carga trifásica desbalanceada en Delta.

Los porcentajes con los que se trabajará en cada una de las cargas están mencionados en los puntos 5.1.1 y 5.1.2., siendo de 489.6Ω el valor de la resistencia y $22\mu f$ el valor de la capacitancia. $R = 489.6 \Omega$

Tenemos:

$$I = V/R$$

$$= 0.469$$

$$C = 22 \mu f$$

Por lo que:

$$x_c = \frac{1}{2 * \pi * 60 * 22\mu f}$$

$$= 120.57 \Omega$$

Finalmente la corriente será:

$$I = 230 / 1.53$$
$$= 1.907 \text{ Amp}$$

El valor de la carga inductiva será el mismo con el que se trabajó en la práctica anterior, es decir que la corriente sea próxima a 1 Amperio.

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas de transformadores

Instrumentación para: Tensión, Corriente Factor de Potencia.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Cargas Resistiva, Capacitiva e Inductiva.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.1 valores en el lado primario del banco de transformadores.

Tabla No.2 valores en el lado secundario del banco de transformadores.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

VENTURA, I. I. (2008). *SISTEMAS DE CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES*. Obtenido de UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FRANCISCO MORAZÁN:
<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xxtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/sistemas%20de%20control%20de%20motores%20electricos%20industriales.pdf>

MARTIN, J. C. (s.f.). *TEORIA, CALCULO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES*. BARCELONA-MADRID-BUENOS AIRES-BOGOTA-CARACAS-LISBOA-RIODEJANEIRO-MEXICO: CUARTA EDICION.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué tipo de factor de potencia deberá presentar la carga?

¿Qué medidas se deben tomar para proteger la carga?

¿Cómo se realiza la configuración trifásica a esta carga?

- **OTROS**

Tipos de Cargas Desbalanceadas

Circuito R.L.C

Distintos valores de resistencia

Distintos valores de capacitancia

Distintos valores de inductancia

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
PRIMARIO**

**TABLA No. 1: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA R.L.C.**

Tabla 5.33 Registro de Pruebas – Práctica 7

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	114.80 V	
V_S	114.28 V	
V_T	114.42 V	
V_{R-S}	198.66 V	
V_{S-T}	197.54 V	
V_{T-R}	199.23 V	
I_1	1.10 A	
I_2	0.92 A	
I_3	1.38 A	
P_1	60 W	
P_2	- 20 W	
P_3	150 W	
P_{PROM}	190 W	
Q_1	- 110 VAR	
Q_2	100 VAR	
Q_3	46 VAR	
Q_{PROM}	39 VAR	
S_1	120 VA	
S_2	100 VA	
S_3	150 VA	
S_{PROM}	390 VA	
fp_1	0.50 adelanto	
fp_2	- 0.22 adelanto	
fp_3	0.95 atraso	
fp_{PROM}	0.49 atraso	

Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
SECUNDARIO**

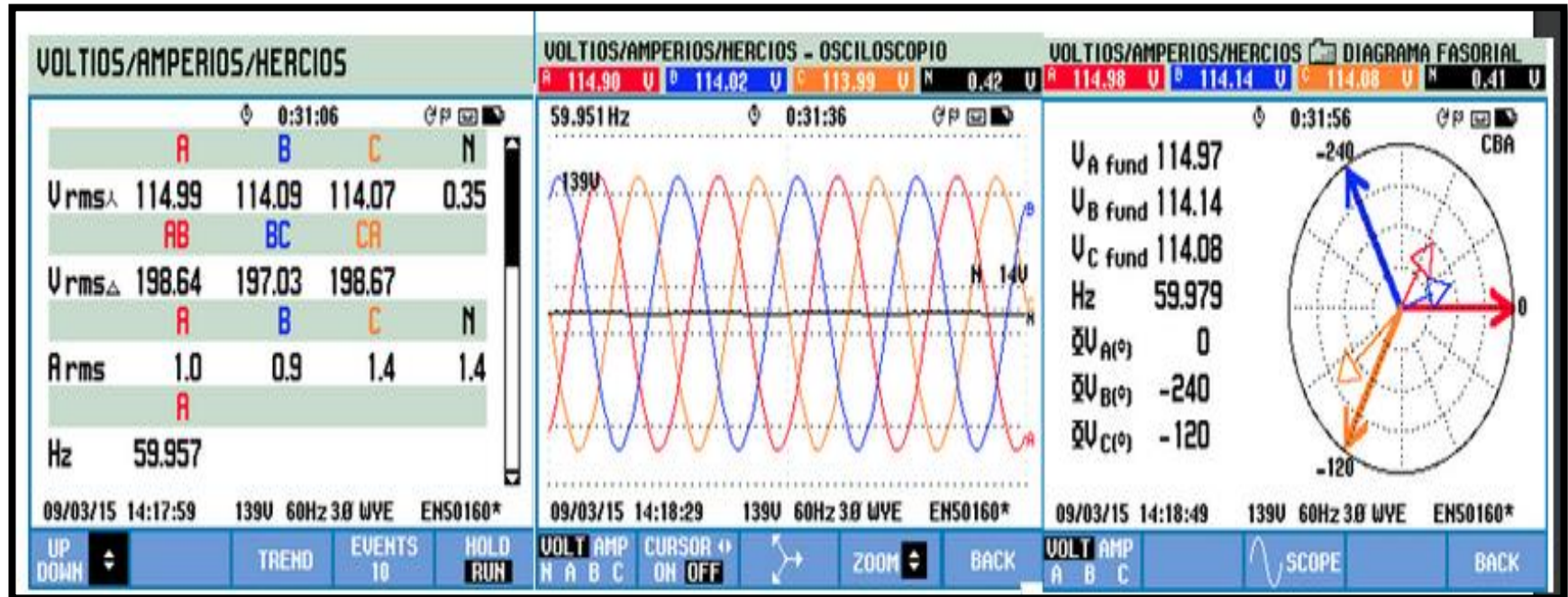
**TABLA No. 1: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA R.L.C.**

Tabla 5.34 Registro de Pruebas – Práctica 7

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	132.72 V	
V_S	134.54 V	
V_T	132.81 V	
V_{R-S}	231.25 V	
V_{S-T}	228.67 V	
V_{T-R}	228.67 V	
I_1	1.168 A	
I_2	0.46 A	
I_3	1.58 A	
P_1	- 72 W	
P_2	53 W	
P_3	123 W	
P_{PROM}	100 W	
Q_1	- 130 VAR	
Q_2	32 VAR	
Q_3	- 160 VAR	
Q_{PROM}	- 270 VAR	
S_1	150 VA	
S_2	62 VA	
S_3	210 VA	
S_{PROM}	420 VA	
fp_1	- 0.46 atraso	
fp_2	0.85 atraso	
fp_3	0.60 adelanto	
fp_{PROM}	0.25 adelanto	

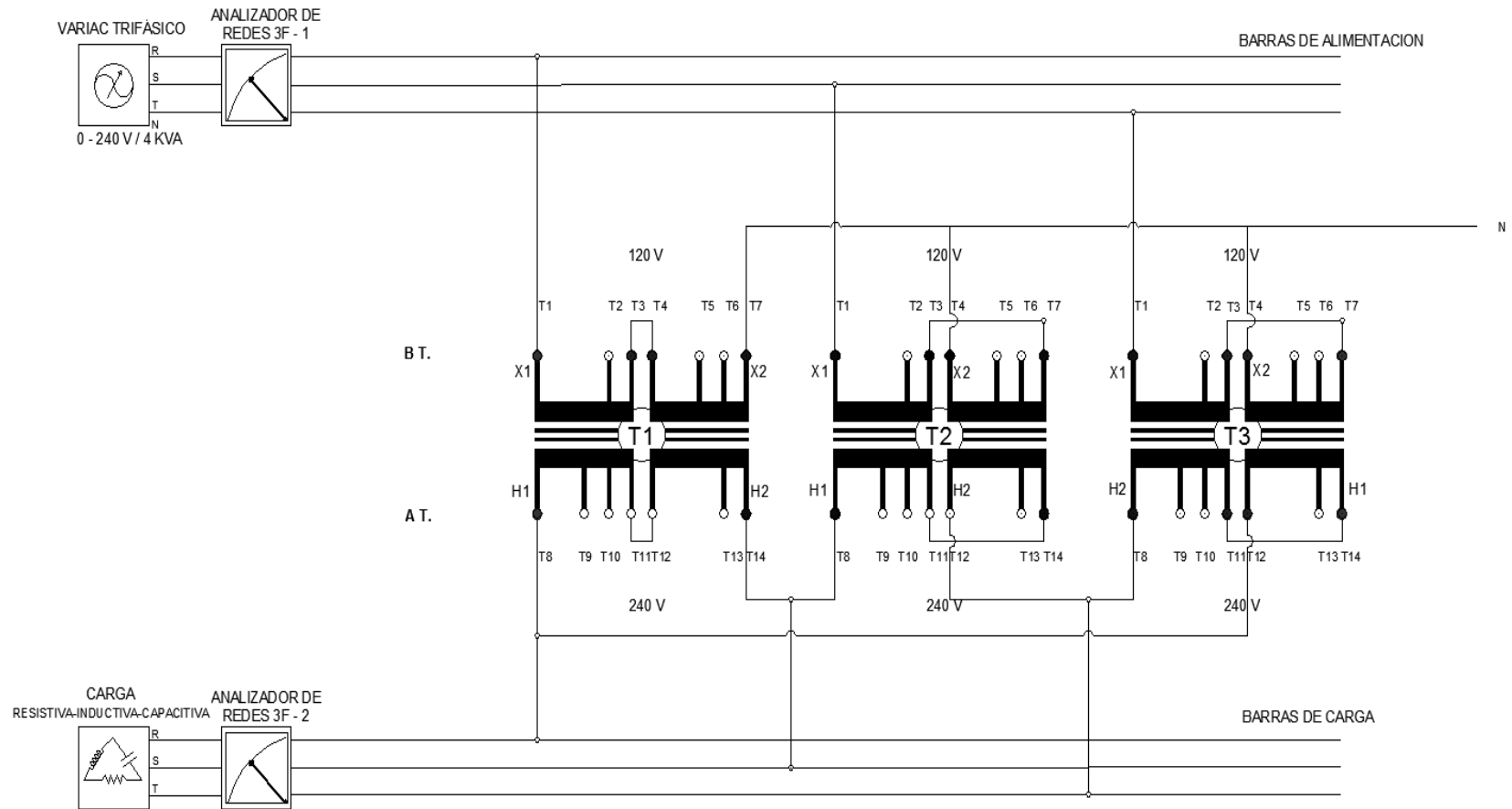
Fuente: Los autores

Ilustración 5.22 Valores y Gráficos de la prueba con carga R.L.C.



Fuente: Los autores

Figura 5.5 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga R.L.C.



Fuente: Los autores

5.2.8 PRÁCTICA 08: Carga Monofásica

DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Máquinas Eléctricas

PRÁCTICA N° 8

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo

TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas

DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Conexión Estrella – Delta con carga inductiva trifásica y toma central (carga monofásica)
- **OBJETIVO GENERAL**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos realizar la conexión de una carga monofásica mediante el uso de una toma central, además de una carga trifásica en el lado secundario del banco.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Identificar los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar el circuito de forma correcta con los esquemas diseñados y probar su funcionamiento.

Analizar el comportamiento de la red (voltajes, corrientes, factor de potencia) tanto para la carga trifásica como para la carga monofásica.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos,

Utilizando el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Realizar la conexión trifásica en el banco de transformadores y posteriormente conectar las cargas tomando en cuenta las siguientes condiciones:

La carga inductiva que se utilizará será un motor marca Siemens, el mismo que se encuentra conectado al tablero. La carga monofásica que se utilizó es un foco de 40w.

Teniendo en cuenta que la mayor de cantidad de cargas es del tipo residencial, es decir a 120v y el lado secundario de nuestro transformador se encuentra en Delta ($V_{L-L} = 240v$), es necesario realizar una conexión a tierra en cualquiera de los devanados obteniendo de esta manera un servicio eléctrico dual es decir que nos permita conectar cargas monofásica y trifásicas al mismo tiempo.

La siguiente tabla indica los niveles de tensión que tienen cada uno de las líneas respecto a la toma central.

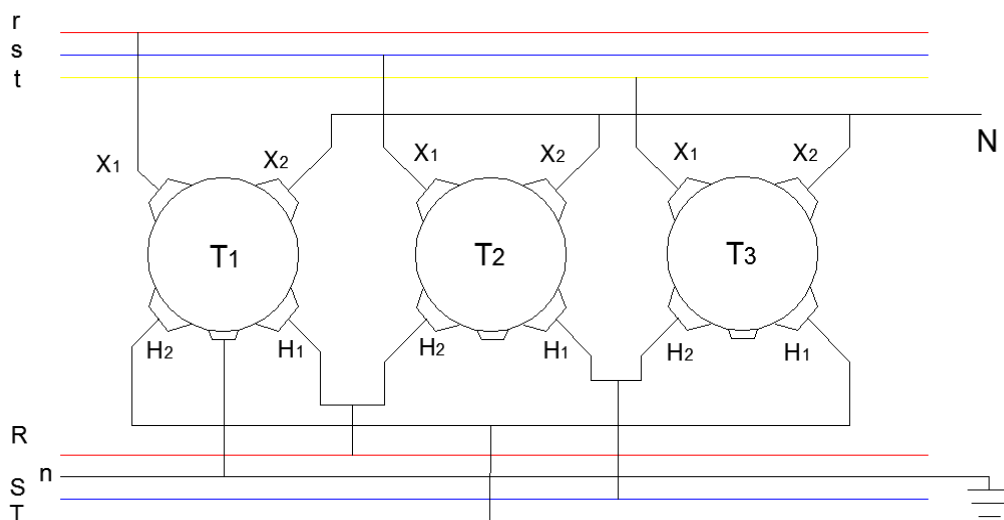
Tabla 5.35 Valores de voltajes respecto a tierra

Tap Central en T1		
R	S	T
121,9	210,7	122

Fuente: Los autores

Indicando que es la línea S una línea de fuerza, mientras que R y T son líneas que pueden ser utilizadas para cargas monofásicas.

Figura 5.6 Diagrama de Conexión Trifásica Y - Δ con Toma Central



Fuente: Los autores

• RECURSOS

Banco de Pruebas de transformadores

Instrumentación para: Tensión, Corriente Factor de Potencia.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Carga Inductiva

Carga Resistiva Monofásica

Cables de laboratorio.

• REGISTRO DE RESULTADOS

Tabla No.1 valores en el lado primario del banco de transformadores.

Tabla No.2 valores en el lado secundario del banco de transformadores.

Tabla No.3 valores en el lado secundario del banco de transformadores (carga monofásica)

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

VENTURA, I. I. (2008). *SISTEMAS DE CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES*. Obtenido de UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FRANCISCO MORAZÁN:
<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xttindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/sistemas%20de%20control%20de%20motores%20electricos%20industriales.pdf>

MARTIN, J. C. (s.f.). *TEORIA, CALCULO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES*. BARCELONA-MADRID-BUENOS AIRES-BOGOTA-CARACAS-LISBOA-RIODEJANEIRO-MEXICO: CUARTA EDICION.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué tipo de factor de potencia deberá presentar esta carga?

¿Qué medidas se deben tomar para proteger la carga?

¿Cómo se realiza la configuración trifásica a esta carga?

- **OTROS**

Tipos de Cargas monofásicas

Lineales y No lineales

Luminarias

Residenciales

Proveedores y fabricantes eléctricos

Marcas nacionales y extranjeras.

Empresas Locales

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
PRIMARIO**

**TABLA No. 1: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA MONOFÁSICA**

Tabla 5.36 Registro de Pruebas – Práctica 8

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	120.38 V	
V_S	119.61 V	
V_T	120.00 V	
V_{R-S}	207.59 V	
V_{S-T}	207.53 V	
V_{T-R}	208.41 V	
I_1	730.91 mA	
I_2	453.38 mA	
I_3	301.93 mA	
P_1	72 W	
P_2	7 W	
P_3	14 W	
P_{PROM}	93 W	
Q_1	52 VAR	
Q_2	54 VAR	
Q_3	31 VAR	
Q_{PROM}	138 VAR	
S_1	88 VA	
S_2	55 VA	
S_3	34 VA	
S_{PROM}	178.8 VA	
fp_1	0.80 atraso	
fp_2	0.14 atraso	
fp_3	0.40 atraso	
fp_{PROM}	0.51 atraso	

Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
SECUNDARIO**

**TABLA No. 2: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA MONOFÁSICA**

Tabla 5.37 Registro de Pruebas – Práctica 8

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	13.55 V	
V_S	144.50 V	
V_T	142.28 V	
V_{R-S}	240.61 V	
V_{S-T}	241.54 V	
V_{T-R}	241.22 V	
I_1	358.6 mA	
I_2	276.03 mA	
I_3	284.83 mA	
P_1	44 W	
P_2	7.5 W	
P_3	12.2 W	
P_{PROM}	63.8 W	
Q_1	15.01 VAR	
Q_2	39.01 VAR	
Q_3	38.2 VAR	
Q_{PROM}	92.3 VAR	
S_1	46 VA	
S_2	39 VA	
S_3	39 VA	
S_{PROM}	126 VA	
fp_1	0.944 atraso	
fp_2	0.189 atraso	
fp_3	0.295 atraso	
fp_{PROM}	0.501 atraso	

Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 3: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LA CARGA MONOFÁSICA CONECTADA EN
LA LINEA R**

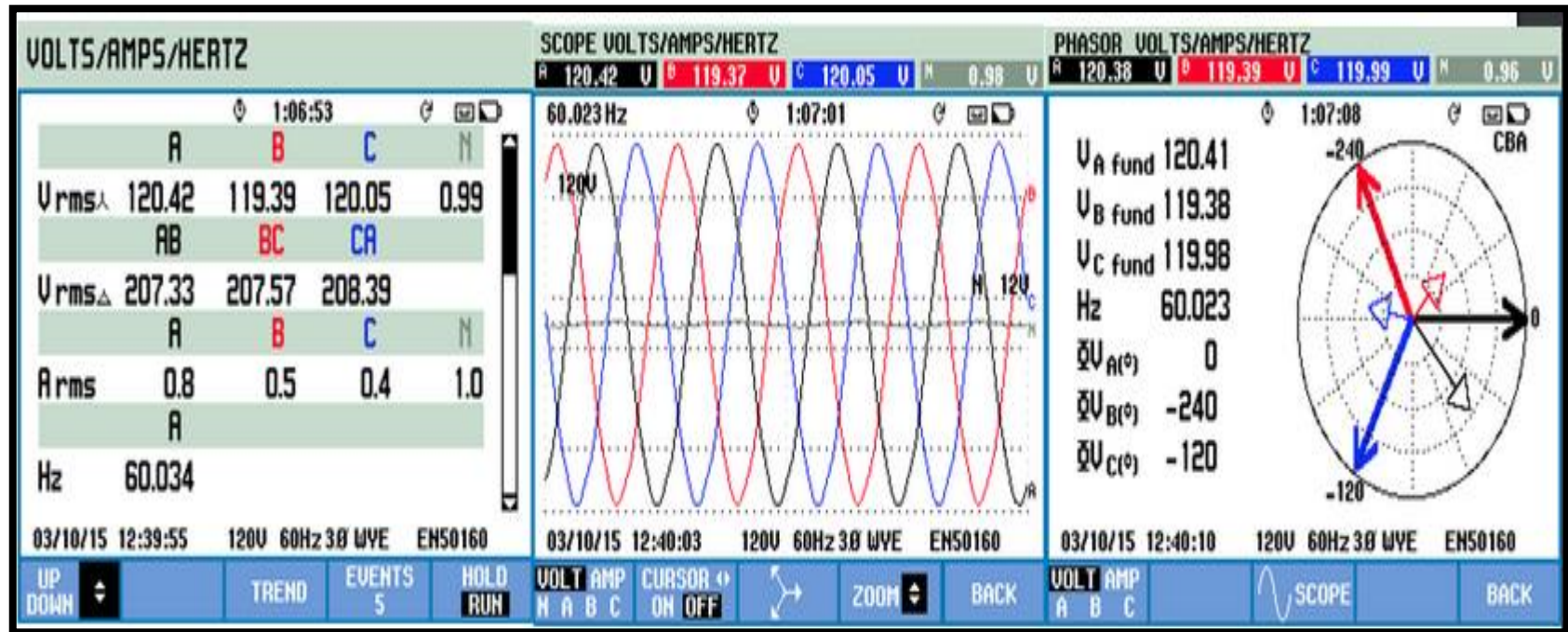
**TABLA No. 3: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA MONOFÁSICA**

Tabla 5.38 Registro de Pruebas – Práctica 8

CARGA MONOFÁSICA RESISTIVA (FOCO)		
V	I	KW
119,5	0,28	33,459

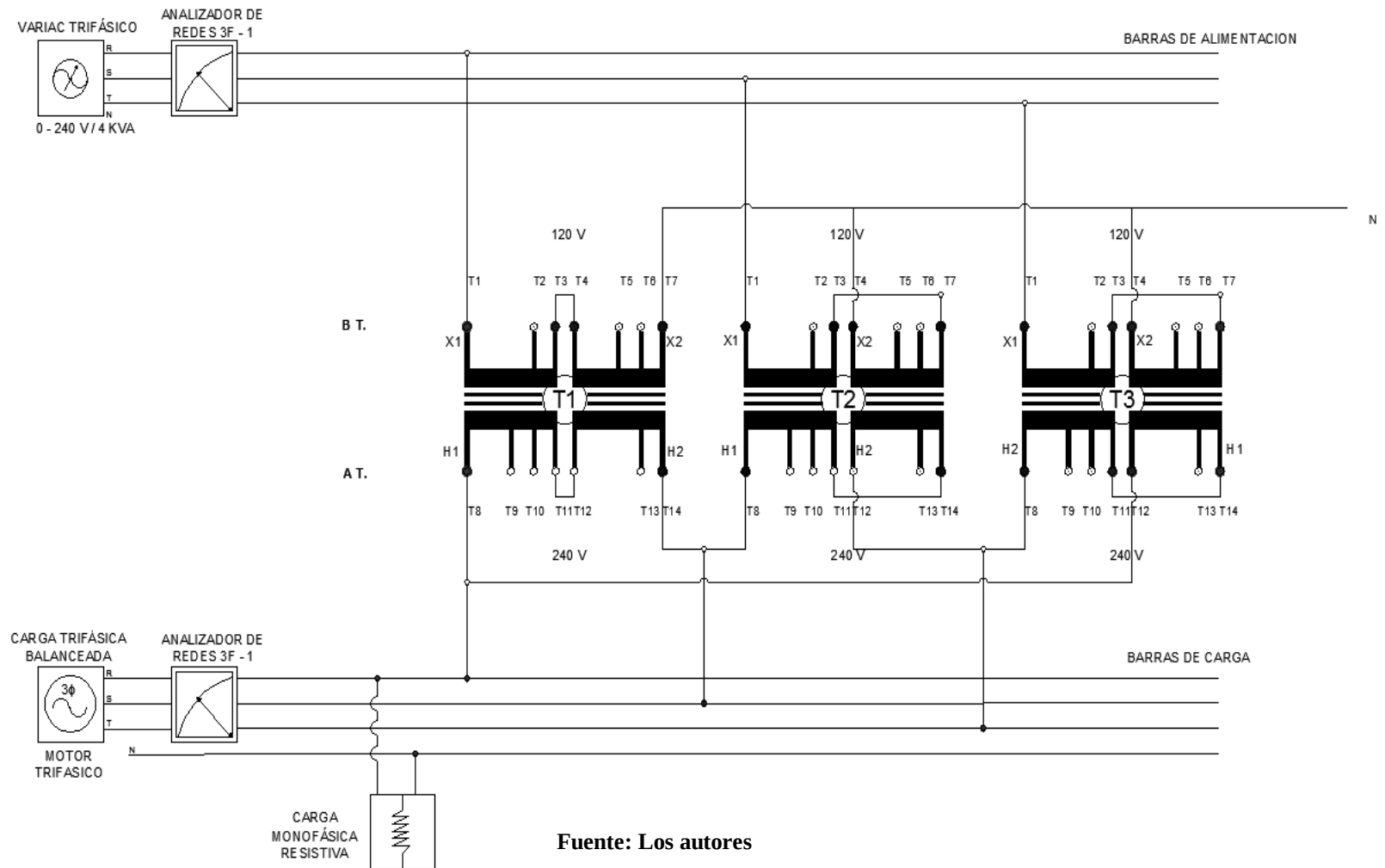
Fuente: Los autores

Ilustración 5.23 Valores y Gráficos de la prueba con cargas inductiva trifásica y monofásica



Fuente: Los autores

Figura 5.7 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga trifásica y monofásica



Fuente: Los autores

5.2.9 PRÁCTICA 09: Demostración de los Desfasamientos entre los Voltajes de Línea – Línea De la Conexión Estrella y Conexión Delta

DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Máquinas Eléctricas

PRÁCTICA N° 9

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo

TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas

DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Demostración mediante gráfico y cálculo del desfase que existe entre los Voltajes de línea – línea en los devanados primario y secundario de una Conexión Estrella – Delta.
- **OBJETIVO GENERAL**

Comprobar el desfase que existe entre los V_{L-L} en Estrella con el V_{L-L} en Delta.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Demostrar mediante cálculo y con el diagrama el desfase que existe entre ambos voltajes.

Especificar los valores de ángulos que posee cada uno de las cuadrículas que se encuentran en las imágenes.

Identificar de forma correcta los ángulos que poseen cada una de las líneas de tensión

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Normas de seguridad y procedimiento de un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

- **PROCEDIMIENTO**

Realizar la conexión del Tablero de transformadores a vacío.

Conectar las entradas de señal del osciloscopio en las líneas de tensión donde se realizará la comparación.

Configurar el osciloscopio para obtener una mejor precisión en la medición.

- **FUNCIONAMIENTO**

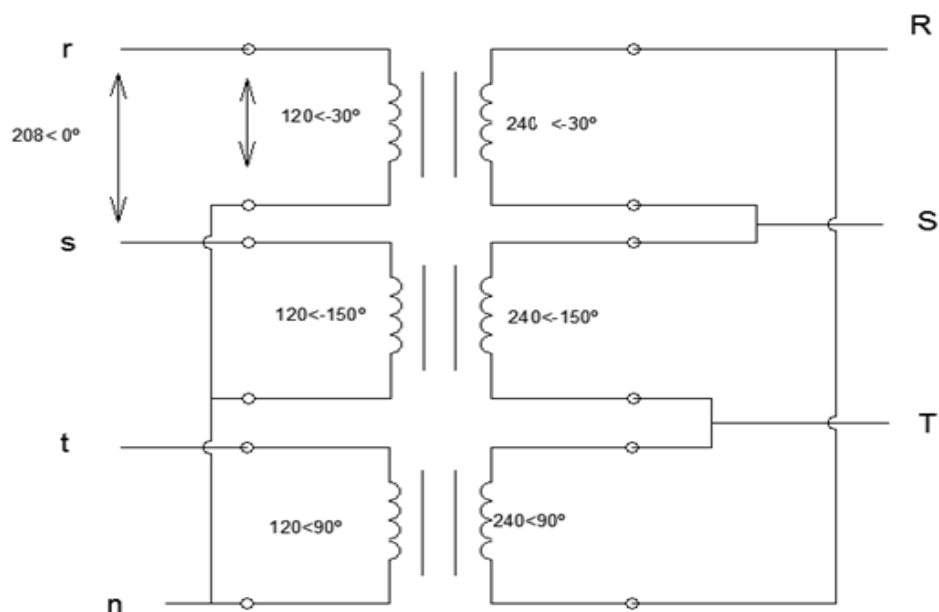
Mediante cálculo y diagramas se demostrarán los valores correspondientes a los desfases entre los Voltajes Línea – Línea De la Conexión Estrella y Conexión Delta.

Estas pruebas se realizaron tanto en desfaseamiento a 30° como a 210° .

Desfase a 30°

Empezando por el diagrama de la conexión de los transformadores, observamos los niveles de tensión que maneja cada uno, así como su ángulo.

Figura 5.8 Diagrama de Conexión Trifásica con desfaseamiento a 30°



Fuente: Los autores

$$Y \rightarrow V_{L-L} = 208$$

$$\Delta \rightarrow V_{L-L} = 240$$

Utilizando el mismo equipo que en el caso anterior, se busca en primer lugar la relación que existe entre las señales de voltaje del lado primario y lado secundario.

Ilustración 5.24 Señal de voltaje desfase 30°



Fuente: Los autores

De igual manera la frecuencia de la red sigue siendo igual a 60 Hz , por lo que el período también será el mismo:

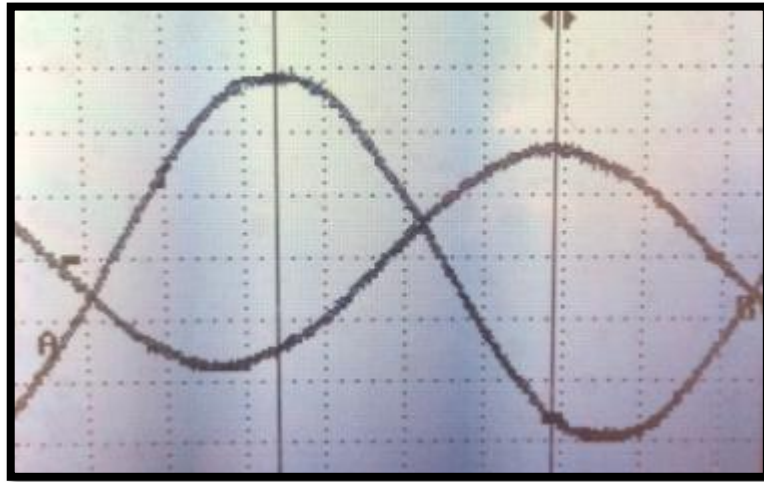
Ecuación 5.6 Relación de Hercios a segundos

$$1/60\text{Hz} = 16.66\text{ ms}$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Observando el voltaje pico que poseen cada una de las señales y por medio del número de cuadrículas que existen entre cada uno es como se realizará la comprobación respecto al desfase que existe.

Ilustración 5.25 Señal de voltaje desfase 30°



Fuente: Los autores

De la misma manera que en el caso anterior.

Tenemos que:

$$16.66\text{ms} \rightarrow 360^\circ$$

$$2\text{ ms} \rightarrow x$$

Entonces:

$$x = 43.21^\circ$$

Este valor en grados se divide por el número de cuadrícula que existen por sección (5), siendo esta una característica del osciloscopio.

$$= 43.21/5$$

$$= 8.6^\circ$$

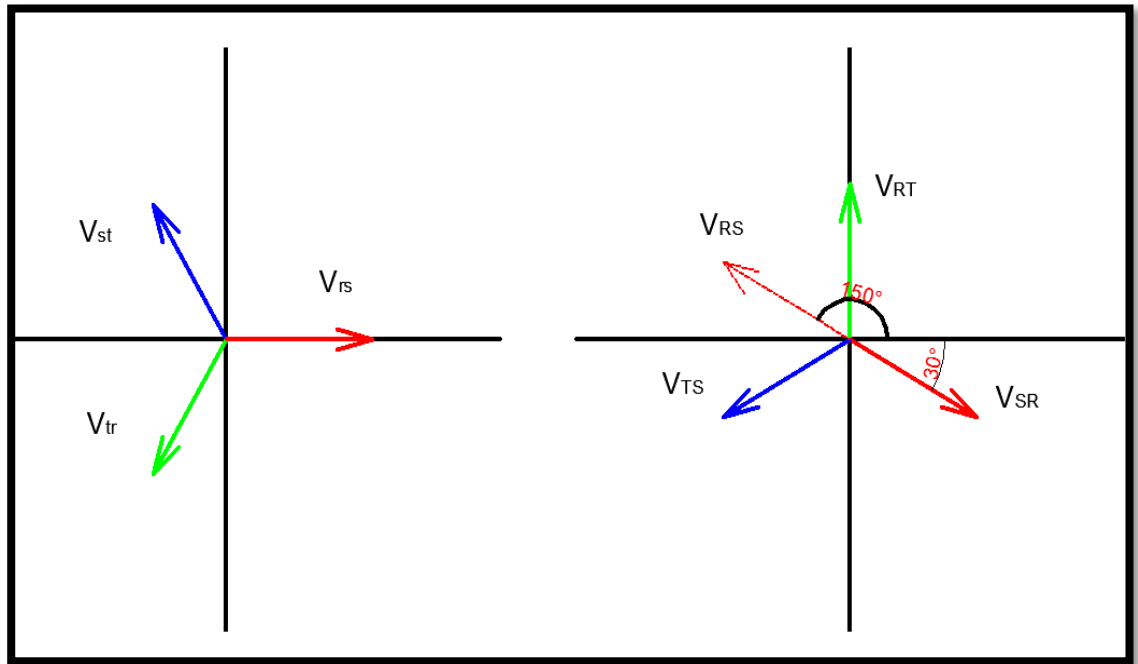
Siendo este valor en grados que posee cada uno de las cuadrículas a lo largo de la onda. La distancia que hay entre los valores pico de cada una de las señales es de:

Ecuación 5.7 Cálculo del número de grados entre voltajes picos de ambas señales

$$8.6^\circ * 17.5 = 150.5^\circ$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Figura 5.9 Diagrama Fasorial voltaje Línea – Línea Y - Δ



Fuente: Los autores

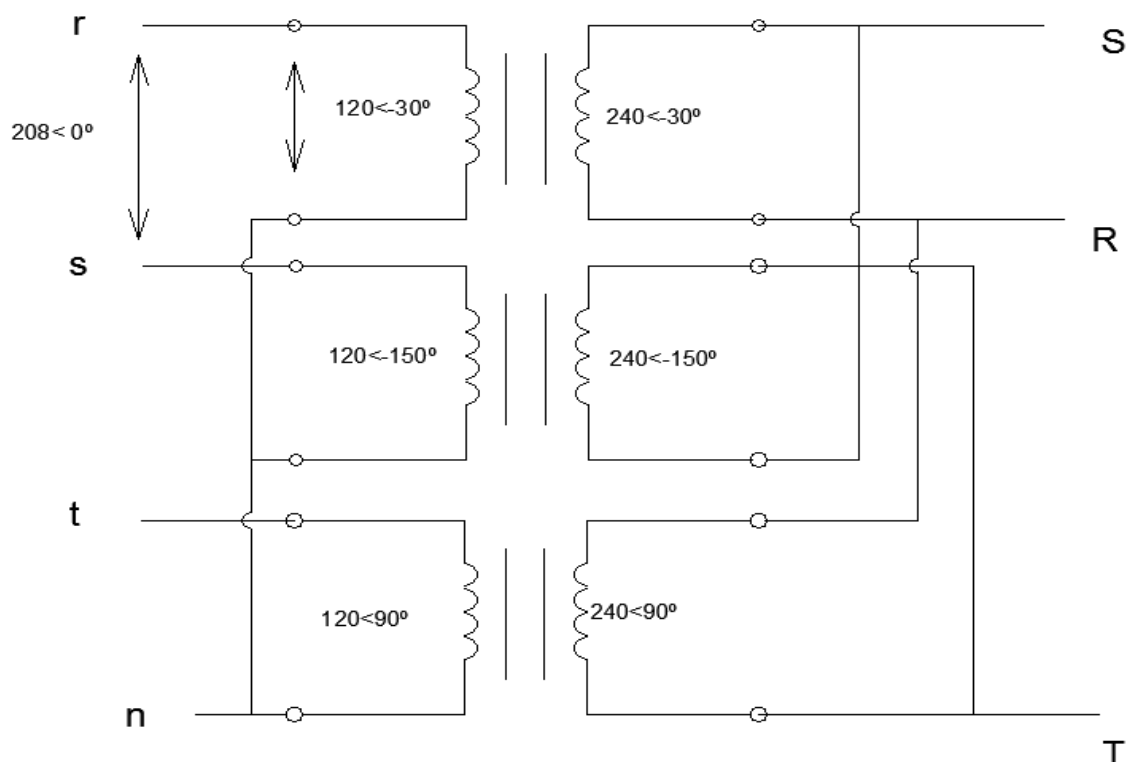
En el diagrama fasorial se muestran los valores de los ángulos de línea – línea de cada uno de los lados del transformador. Aunque en el lado secundario es necesario cambiar los ángulos mostrados por sus opuestos, ya que son estos los que poseen relación directa con los ángulos del lado primario.

De esta forma se muestra que el voltaje V_{rs} se atrasa en 150° en relación al voltaje V_{RS} . O a su vez que el voltaje V_{RS} se adelanta 210° al voltaje V_{rs} .

Desfase a 210°

En esta ocasión la conexión de los transformadores es distinta, ocasionando que el desfase sea de 210°. La relación respecto a sus ángulos y magnitudes en los voltajes se mantiene.

Figura 5.10 Diagrama de Conexión Trifásica con desfaseamiento a 210°



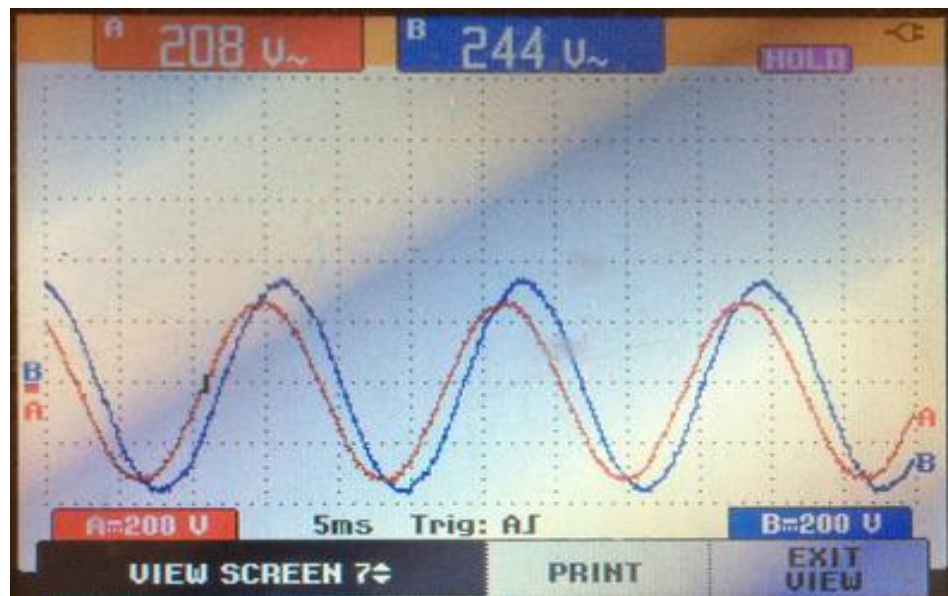
Fuente: Los autores

$$Y \rightarrow V_{L-L} = 208$$

$$\Delta \rightarrow V_{L-L} = 240$$

Utilizando un osciloscopio marca Fluke modelo 199C observaremos la forma sinusoidal que poseen los niveles de tensión de línea a línea tanto en el lado primario (Y) como del lado secundario (Δ).

Ilustración 5.26 Señal de voltaje desfase 210°



Fuente: Los autores

Siendo la frecuencia de la red igual a 60 Hz , obtenemos que el período en segundos será igual a:

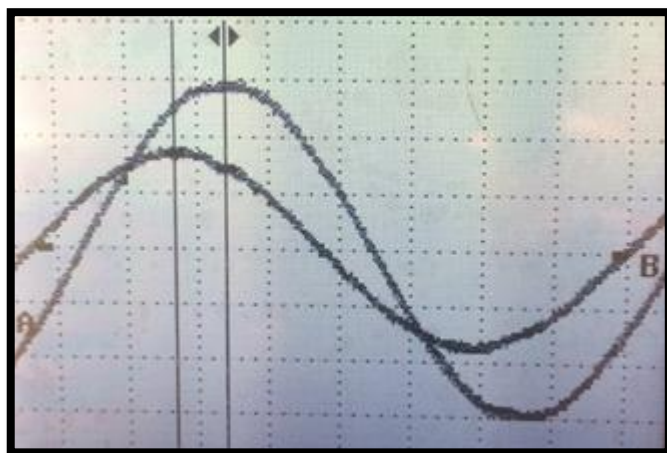
Ecuación 5.8 Relación de Hercios a segundos

$$1/60 = 16.66\text{ ms}$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Mediante el uso de otro osciloscopio, pero con una medida del tiempo base de 2ms, se puede calcular el valor en grados que existe en la gráfica:

Ilustración 5.27 Señal de voltaje desfase 210°



Fuente: Los autores

Por lo que:

$$16.66\text{ms} \rightarrow 360^\circ$$

$$2 \text{ ms} \rightarrow x$$

Entonces:

$$x = 43.21^\circ$$

Este valor en grados se divide por el número de cuadrículas que existen por sección (5)

$$= 43.21/5$$

$$= 8.6^\circ$$

Siendo este valor en grados que posee cada uno de las cuadrículas a lo largo de la onda. Ya que entre la señal de voltaje de línea - línea en Estrella y el voltaje de línea – línea en Delta existen aproximadamente 3.5 cuadrículas.

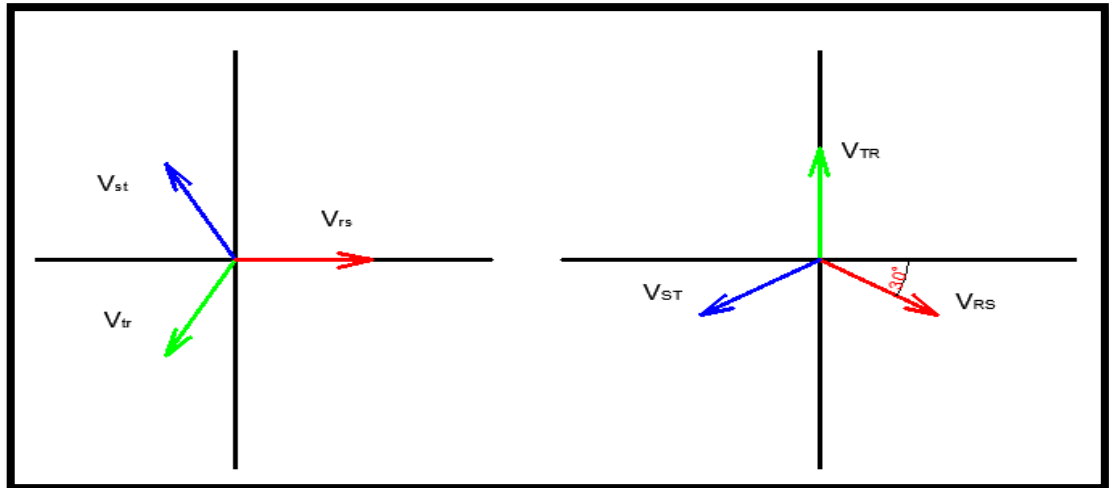
Tenemos que:

Ecuación 5.9 Cálculo del número de grados entre voltajes picos de ambas señales

$$8.6^\circ * 3.5 = 30.1^\circ$$

Fuente: (Chapman, Fundamentos de Máquinas Eléctricas, 2011)

Figura 5.11 Diagrama Fasorial voltaje Línea – Línea Y - Δ



Fuente: Los autores

En el diagrama fasorial claramente se muestra como la señal del voltaje V_{rs} se atrasa en 30° por el voltaje V_{rs} . O a su vez que la señal del voltaje V_{rs} adelanta 330° a la señal del voltaje V_{rs} .

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas de transformadores

Instrumentación para: Voltajes.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Osciloscopios

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

MARTIN, J. C. (s.f.). *TEORIA, CALCULO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES*. BARCELONA-MADRID-BUENOS AIRES-

BOGOTA-CARACAS-LISBOA-RIODEJANEIRO-MEXICO: CUARTA EDICION.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿El voltaje línea – línea en Estrella adelanta o atrasa al voltaje línea – línea en Delta?

¿El voltaje línea – línea en Delta adelanta o atrasa al voltaje línea – línea en Estrella?

¿Qué es el “Tiempo Base” en el osciloscopio?

Conclusiones de esta práctica

5.2.10 PRÁCTICA 10: Carga No Lineal

DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Máquinas Eléctricas I

PRÁCTICA N° 10

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo

TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas

DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Conexión Estrella – Delta con carga No Lineal.
- **OBJETIVO GENERAL**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos realizar la conexión del banco para una carga resistiva no lineal.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar prácticamente el circuito con los esquemas diseñados y probar el funcionamiento del circuito.

Verificar los valores en los diversos parámetros además de la presencia de armónicos en la red.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento correcto de la resistencia variable.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

- **PROCEDIMIENTO**

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.

Utilizar el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

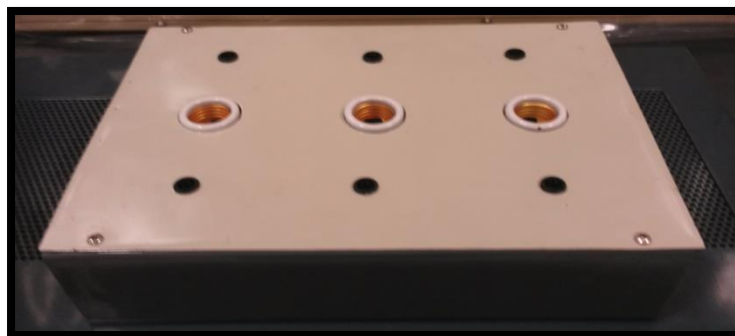
Al referirnos a cargas no lineales, nos referimos a cargas que por medio de la electrónica de potencia han aumentado la eficiencia de los distintos equipos eléctricos. Pero con esto, muchos de estos nuevos dispositivos pueden llegar a estropear la calidad de energía que suministra la red. Además pueden llegar a ocasionar gran distorsión sobre la corriente que necesita la red, esto debido a los armónicos.

Realizaremos la prueba de la misma manera en cómo se realizó al prueba número cuatro (Prueba con carga Resistiva), tan solo que esta vez la carga será una carga no lineal, por lo que utilizaremos focos ahorradores.

Para ello hemos de utilizar un módulo de pruebas que sea de uso exclusivo para focos.

La conexión que se realizará en el módulo de pruebas para los focos será en Delta debido a que estos focos soportan hasta una tensión de 220v.

Ilustración 5.28 Módulo de pruebas para focos



Fuente: Los autores

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas de Transformadores.

Instrumentación para: Tensión, Corriente, Factor de Potencia.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Carga No Lineal.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.1 valores en el lado primario del banco de transformadores.

Tabla No.2 valores en el lado secundario del banco de transformadores.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

VENTURA, I. I. (2008). *SISTEMAS DE CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES*. Obtenido de UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FRANCISCO MORAZÁN:
<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/sistemas%20de%20control%20de%20motores%20electricos%20industriales.pdf>

MARTIN, J. C. (s.f.). *TEORIA, CALCULO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES*. BARCELONA-MADRID-BUENOS AIRES-BOGOTA-CARACAS-LISBOA-RIODEJANEIRO-MEXICO: CUARTA EDICION.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué son los armónicos?

¿Cómo se pueden generar armónicos?

Conclusiones de esta práctica

- **OTROS**

Tipos de Cargas No Lineal

Focos Ahorradores

Variadores de Velocidad

Computadoras

Televisores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
PRIMARIO**

**TABLA No. 1: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA NO LINEAL**

Tabla 5.39 Registro de Pruebas – Práctica 10

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	108.465 V	
V_S	108.74 V	
V_T	108.23 V	
V_{R-S}	188 V	
V_{S-T}	188.04 V	
V_{T-R}	187.47 V	
I_1	1.31 A	
I_2	1.19 A	
I_3	0.024 A	
P_1	112.2 W	
P_2	2.2 W	
P_3	0.5 W	
P_{PROM}	115 W	
Q_1	88 VAR	
Q_2	129.9 VAR	
Q_3	2.58 VAR	
Q_{PROM}	221.17 VAR	
S_1	143.4 VA	
S_2	130.4 VA	
S_3	2.69 VA	
S_{PROM}	270 VA	
fp_1	0.62 atraso	
fp_2	0.222 atraso	
fp_3	0.453 atraso	
fp_{PROM}	0.445 atraso	

Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
SECUNDARIO**

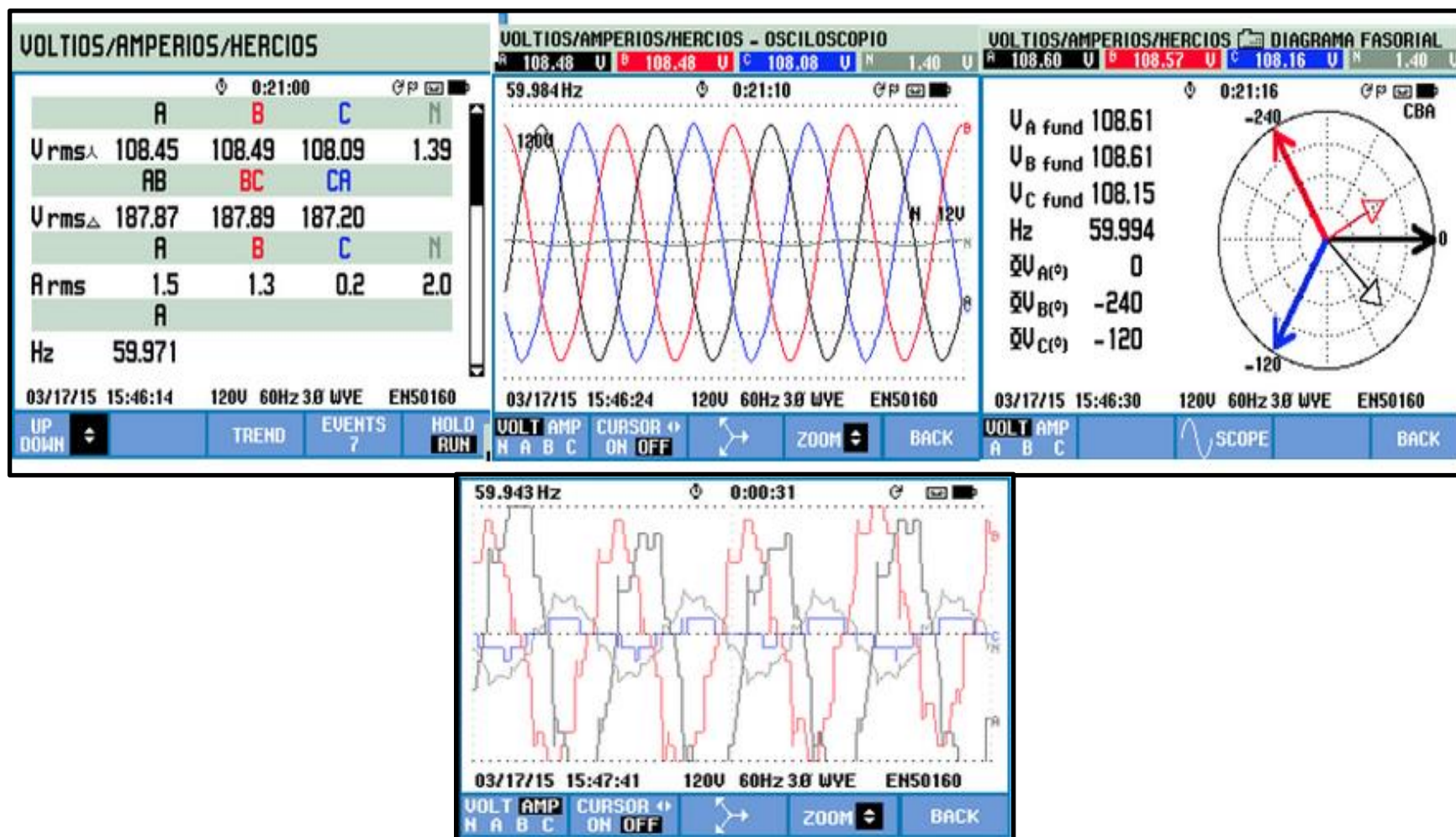
**TABLA No. 2: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA NO LINEAL.**

Tabla 5.40 Registro de Pruebas – Práctica 10

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	124.3 V	
V_S	128.72 V	
V_T	126.80 V	
V_{R-S}	219.72 V	
V_{S-T}	218.31 V	
V_{T-R}	219.41 V	
I_1	169.61 mA	
I_2	172.53 mA	
I_3	173.22 A	
P_1	13 W	
P_2	14 W	
P_3	14 W	
P_{PROM}	42 W	
Q_1	- 16 VAR	
Q_2	- 17 VAR	
Q_3	- 16 VAR	
Q_{PROM}	- 50 VAR	
S_1	21 VA	
S_2	22 VA	
S_3	21 VA	
S_{PROM}	64 VA	
fp_1	0.65 adelanto	
fp_2	0.64 adelanto	
fp_3	0.64 adelanto	
fp_{PROM}	0.64 adelanto	

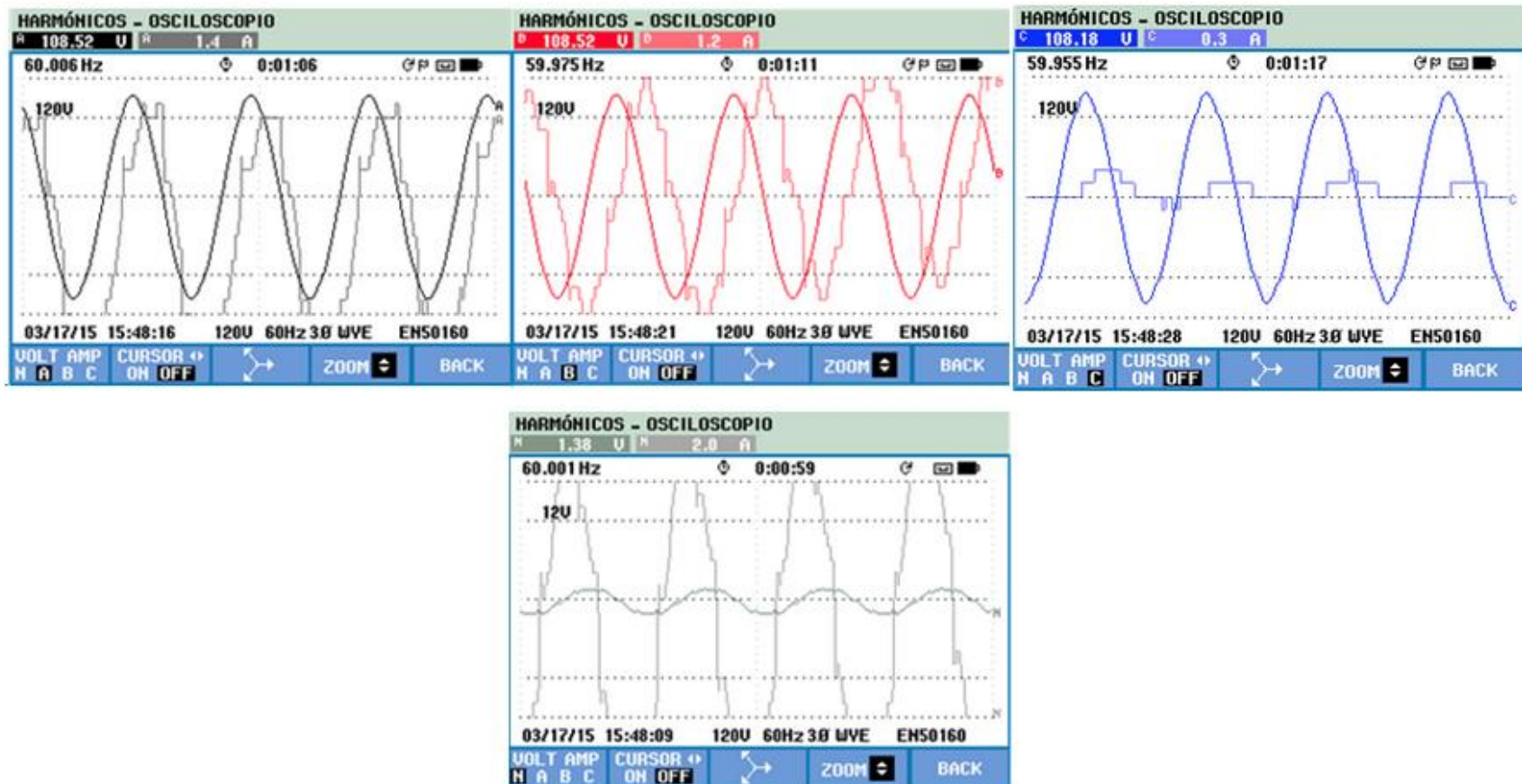
Fuente: Los autores

Ilustración 5.29 Valores y gráficos de la prueba con carga No Lineal – Lado primario



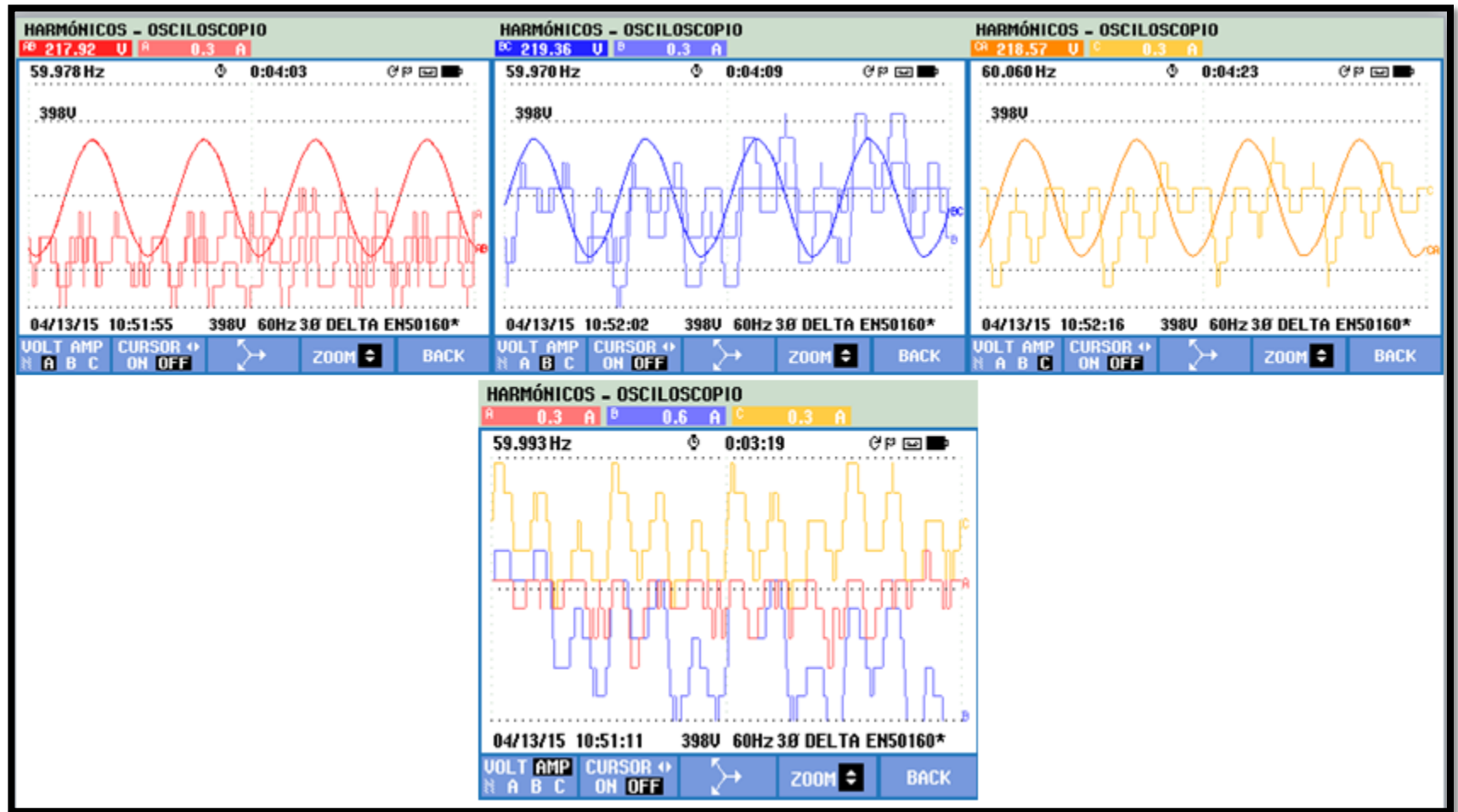
Fuente: Los autores

Ilustración 5.30 Valores y gráficos de Corrientes con carga No Lineal – Lado primario



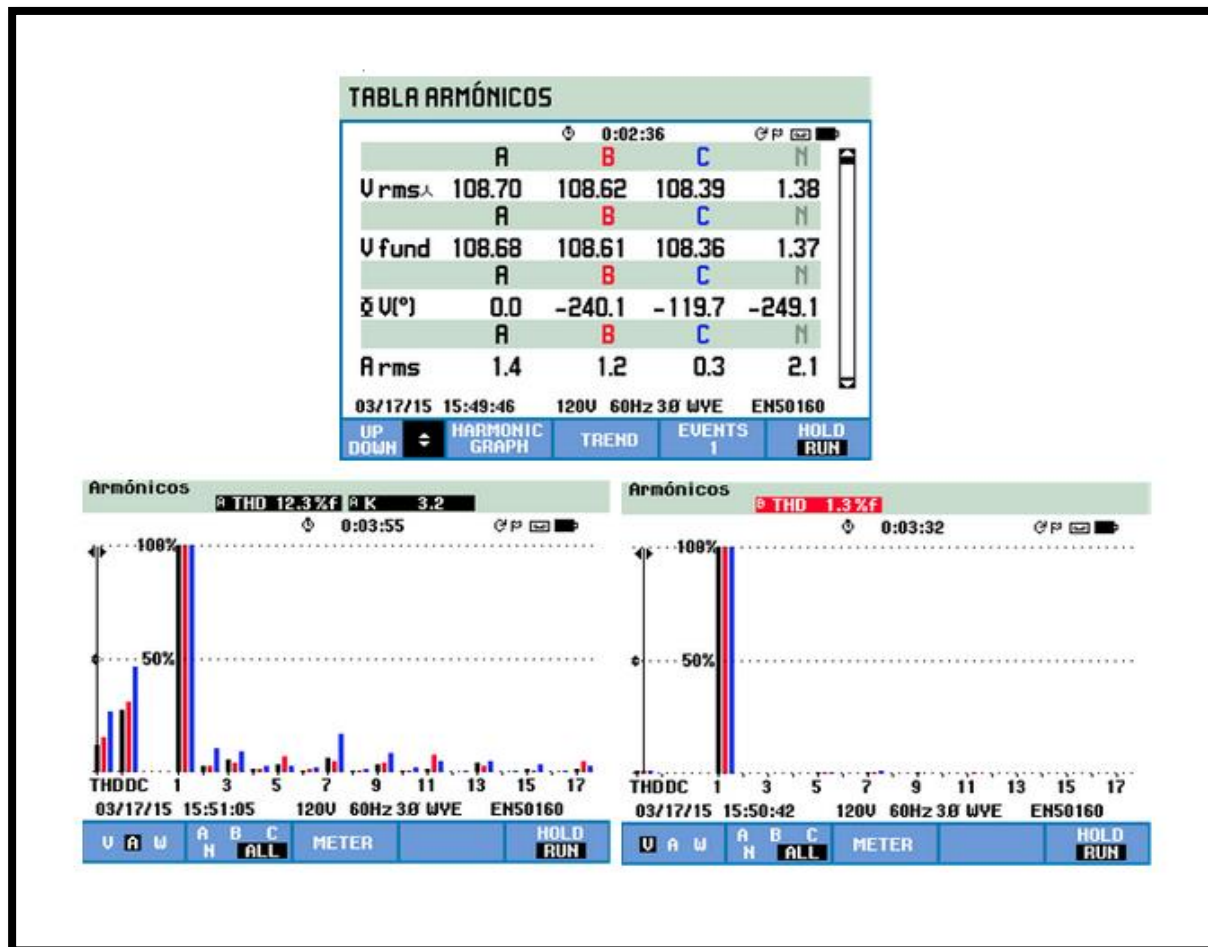
Fuente: Los autores

Ilustración 5.31 Valores y gráficos de Corrientes con carga No Lineal – Lado secundario



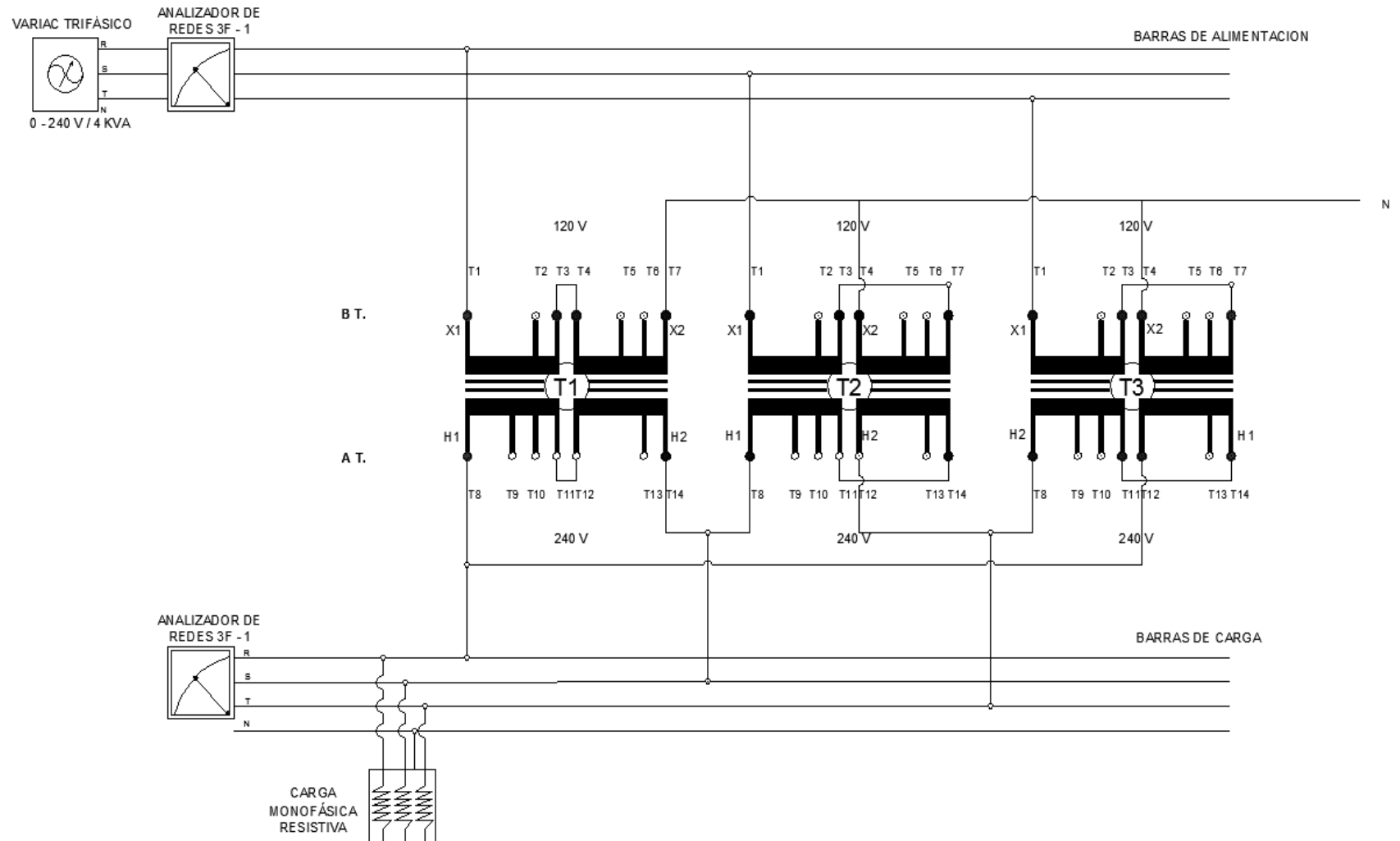
Fuente: Los autores

Ilustración 5.32 Valores y gráficos de armónicos con carga No Lineal del sistema



Fuente: Los autores

Figura 5.12 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga No Lineal



Fuente: Los autores

5.2.11 PRÁCTICA 11: Carga No Lineal

DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Máquinas Eléctricas I

PRÁCTICA N° 11

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo

TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas

DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Conexión Estrella – Delta con carga No Lineal y neutro aterrizado en la Estrella.
- **OBJETIVO GENERAL**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos realizar la conexión del banco para una carga resistiva no lineal.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar prácticamente el circuito con los esquemas diseñados y probar el funcionamiento del circuito.

Verificar los valores en los diversos parámetros además de la presencia de armónicos en la red.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento correcto de la resistencia variable.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.

Utilizar el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

La carga que utilizaremos en esta ocasión serán focos ahorradores pero que soporten un nivel de tensión de 120v. Por este motivo el lado primario solo será energizado con 60 voltios ya que los transformadores al ser de elevación obtendremos 120v en el lado secundario del banco. El neutro del lado primario del banco deberá estar correctamente aterrizado.

Una vez hecha la conexión se presentarán cada uno de los gráficos correspondientes al sistema.

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas de Transformadores.

Instrumentación para: Tensión, Corriente, Factor de Potencia.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Carga No Lineal.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.1 valores en el lado primario del banco de transformadores.

Tabla No.2 valores en el lado secundario del banco de transformadores.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

VENTURA, I. I. (2008). *SISTEMAS DE CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES*. Obtenido de UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FRANCISCO MORAZÁN:
<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xxtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/sistemas%20de%20control%20de%20motores%20electricos%20industriales.pdf>

MARTIN, J. C. (s.f.). *TEORIA, CALCULO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES*. BARCELONA-MADRID-BUENOS AIRES-BOGOTA-CARACAS-LISBOA-RIODEJANEIRO-MEXICO: CUARTA EDICION.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué son los armónicos?

¿Cómo se presentan los armónicos en el lado primario?

Conclusiones de esta práctica

- **OTROS**

Tipos de Cargas No Lineal

Focos Ahorradores

Variadores de Velocidad

Computadoras

Televisores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
PRIMARIO CON NEUTRO ATERRIZADO**

**TABLA No. 1: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA NO LINEAL**

Tabla 5.41 Registro de Pruebas – Práctica 11

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	55.296 V	
V_S	55.262 V	
V_T	55.958 V	
V_{R-S}	95.413 V	
V_{S-T}	96.252 V	
V_{T-R}	96.574 V	
I_1	487.85 mA	
I_2	481.73 mA	
I_3	427.06 mA	
P_1	21.7 W	
P_2	21.9 W	
P_3	19 W	
P_{PROM}	63.01 W	
Q_1	- 14.9 VAR	
Q_2	- 14.4 VAR	
Q_3	- 13.5 VAR	
Q_{PROM}	- 43 VAR	
S_1	26.56 VA	
S_2	26.07 VA	
S_3	23.49 VA	
S_{PROM}	75.98 VA	
fp_1	0.82 adelanto	
fp_2	0.83 adelanto	
fp_3	0.82 adelanto	
fp_{PROM}	0.82 adelanto	

Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
SECUNDARIO**

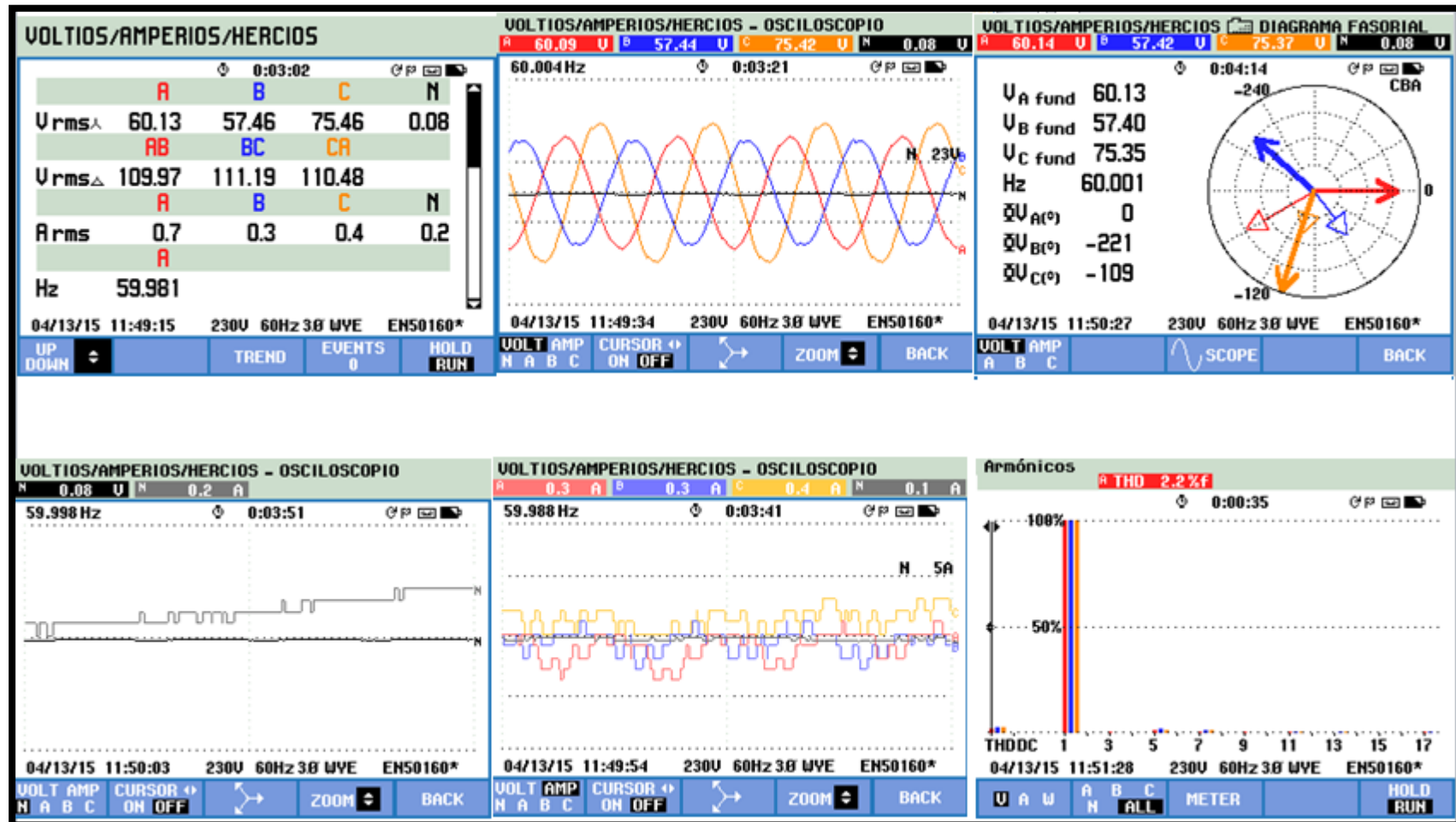
**TABLA No. 2: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA NO LINEAL.**

Tabla 5.42 Registro de Pruebas – Práctica 11

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	61.485 V	
V_S	66.412 V	
V_T	63.737 V	
V_{R-S}	110.04 V	
V_{S-T}	111.05 V	
V_{T-R}	110.69 V	
I_1	375.91 mA	
I_2	366.68 mA	
I_3	377.21 mA	
P_1	17.76 W	
P_2	18.84 W	
P_3	18.25 W	
P_{PROM}	54.81 W	
Q_1	- 14.7 VAR	
Q_2	- 15.5 VAR	
Q_3	- 15.5 VAR	
Q_{PROM}	- 45.8 VAR	
S_1	23.06 VA	
S_2	24.31 VA	
S_3	23.82 VA	
S_{PROM}	71.717 VA	
fp_1	0.77 l adelanto	
fp_2	0.77 adelanto	
fp_3	0.75 adelanto	
fp_{PROM}	0.76 adelanto	

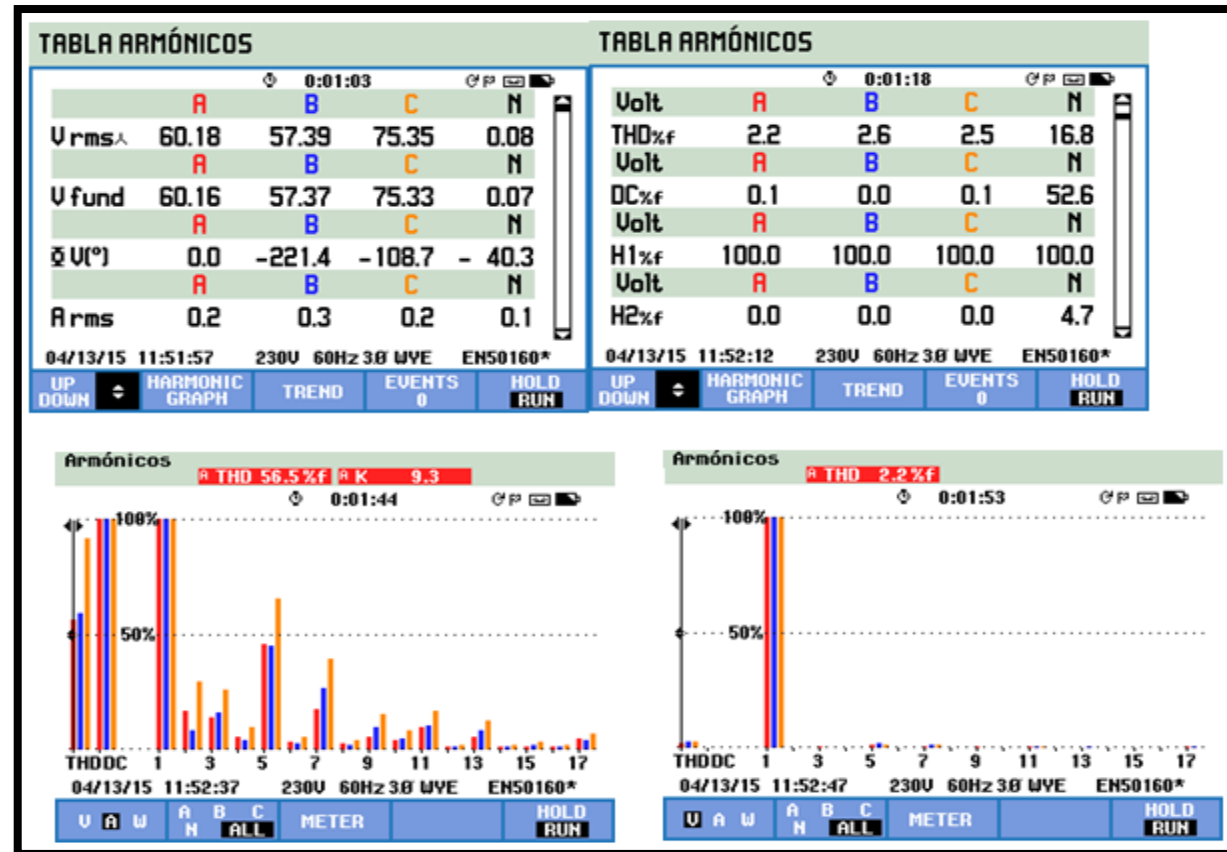
Fuente: Los autores

Ilustración 5.33 Valores y gráficos de armónicos con carga No Lineal y neutro del primario aterrizado



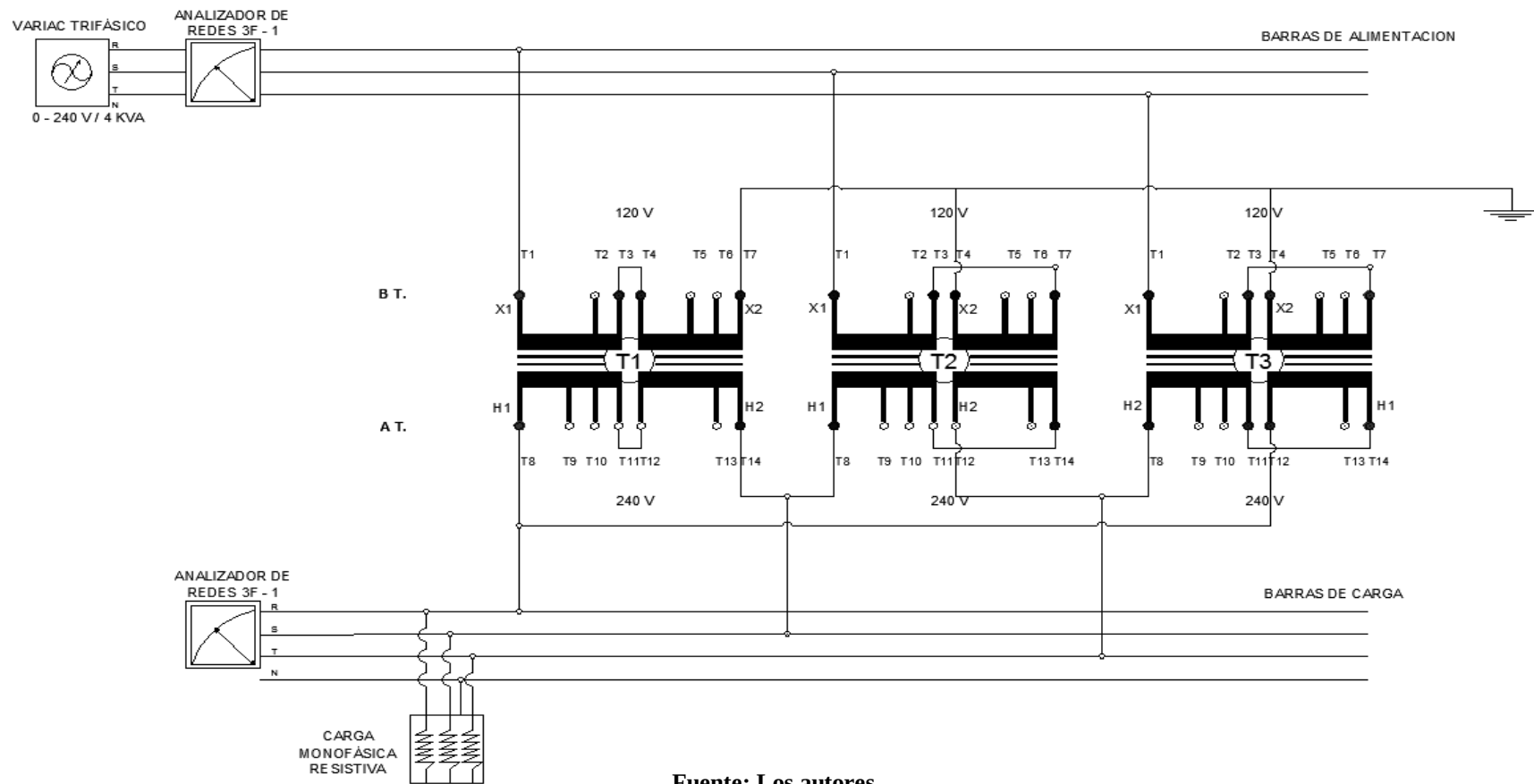
Fuente: Los autores

Ilustración 5.34 Valores y gráficos de armónicos con carga No Lineal y neutro del primario aterrizado



Fuente: Los autores

Figura 5.13 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga No Lineal Y neutro aterrizado en el lado primario



Fuente: Los autores

5.2.12 PRÁCTICA 12: Carga No Lineal

DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Máquinas Eléctricas I

PRÁCTICA N° 11

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing. Otto Astudillo

TIEMPO ESTIMADO: 2 Horas

DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Conexión Estrella – Delta con carga No Lineal y neutro aterrizado en el lado secundario.
- **OBJETIVO GENERAL**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos realizar la conexión del banco para una carga resistiva no lineal.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Los bloques de elementos que forman el banco de pruebas.

Ensamblar prácticamente el circuito con los esquemas diseñados y probar el funcionamiento del circuito.

Verificar los valores en los diversos parámetros además de la presencia de armónicos en la red.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento correcto de la resistencia variable.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.

Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.

Utilizar el correspondiente protocolo de pruebas.

Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

De la misma manera que en la práctica anterior, la carga no lineal que se utilizará serán focos ahorradores a 120 voltios.

Esta vez en una de las bobinas del lado secundario del banco trifásico se realizará una conexión a tierra (toma central), y de esta manera, por medio de gráficos, se observará el comportamiento de los armónicos en los voltajes y corrientes.

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas de Transformadores.

Instrumentación para: Tensión, Corriente, Factor de Potencia.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Carga No Lineal.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.1 valores en el lado primario del banco de transformadores.

Tabla No.2 valores en el lado secundario del banco de transformadores.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

VENTURA, I. I. (2008). *SISTEMAS DE CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES*. Obtenido de UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FRANCISCO MORAZÁN:
<http://www.upnfm.edu.hn/bibliod/images/stories/xxtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/sistemas%20de%20control%20de%20motores%20electricos%20industriales.pdf>

MARTIN, J. C. (s.f.). *TEORIA, CALCULO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES*. BARCELONA-MADRID-BUENOS AIRES-BOGOTA-CARACAS-LISBOA-RIODEJANEIRO-MEXICO: CUARTA EDICION.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué son los armónicos?

¿Cómo se presentan los armónicos en el lado primario?

Conclusiones de esta práctica

- **OTROS**

Tipos de Cargas No Lineal

Focos Ahorradores

Variadores de Velocidad

Computadoras

Televisores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 1: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
PRIMARIO**

**TABLA No. 1: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA NO LINEAL**

Tabla 5.43 Registro de Pruebas – Práctica 12

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	55.26 V	
V_S	55.199 V	
V_T	55.86 V	
V_{R-S}	95.30 V	
V_{S-T}	95.74 V	
V_{T-R}	96.30 V	
I_1	468.11 mA	
I_2	468.81 mA	
I_3	412.24 mA	
P_1	20 W	
P_2	21 W	
P_3	18 W	
P_{PROM}	60 W	
Q_1	- 15.1 VAR	
Q_2	- 14.4 VAR	
Q_3	- 13 VAR	
Q_{PROM}	- 42 VAR	
S_1	25 VA	
S_2	25 VA	
S_3	22 VA	
S_{PROM}	77 VA	
fp_1	0.808 adelanto	
fp_2	0.83 adelanto	
fp_3	0.81 adelanto	
fp_{PROM}	0.821 adelanto	

Fuente: Los autores

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: MEDICIÓN DE
PARÁMETROS A LOS TRANSFORMADORES EN EL LADO
SECUNDARIO CON NEUTRO EN UNA BOBINA**

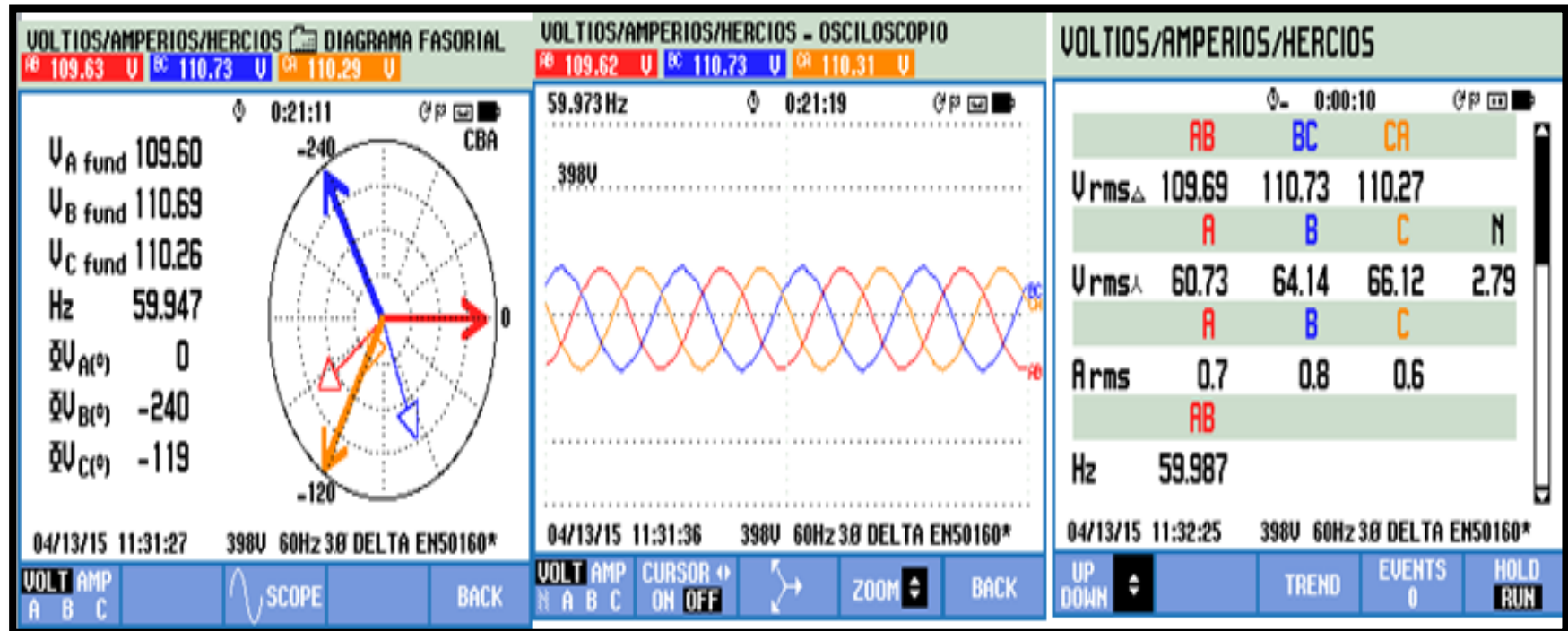
**TABLA No. 2: BANCO DE TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS
CONEXIÓN ESTRELLA –DELTA (Y- Δ) CON CARGA NO LINEAL.**

Tabla 5.44 Registro de Pruebas – Práctica 12

ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_R	58.74 V	
V_S	67.84 V	
V_T	65.613 V	
V_{R-S}	110.17 V	
V_{S-T}	111.32 V	
V_{T-R}	110.58 V	
I_1	365.64 mA	
I_2	359.99 mA	
I_3	365.83 mA	
P_1	16.44 W	
P_2	19.19 W	
P_3	17.76 W	
P_{PROM}	0.05331 W	
Q_1	- 13.8 VAR	
Q_2	- 15.2 VAR	
Q_3	- 16.2 VAR	
Q_{PROM}	- 45.1 VAR	
S_1	21.48 VA	
S_2	24.43 VA	
S_3	24.06 VA	
S_{PROM}	69.79 VA	
fp_1	0.76682 adelanto	
fp_2	0.78536 adelanto	
fp_3	0.74209 adelanto	
fp_{PROM}	0.76427 adelanto	

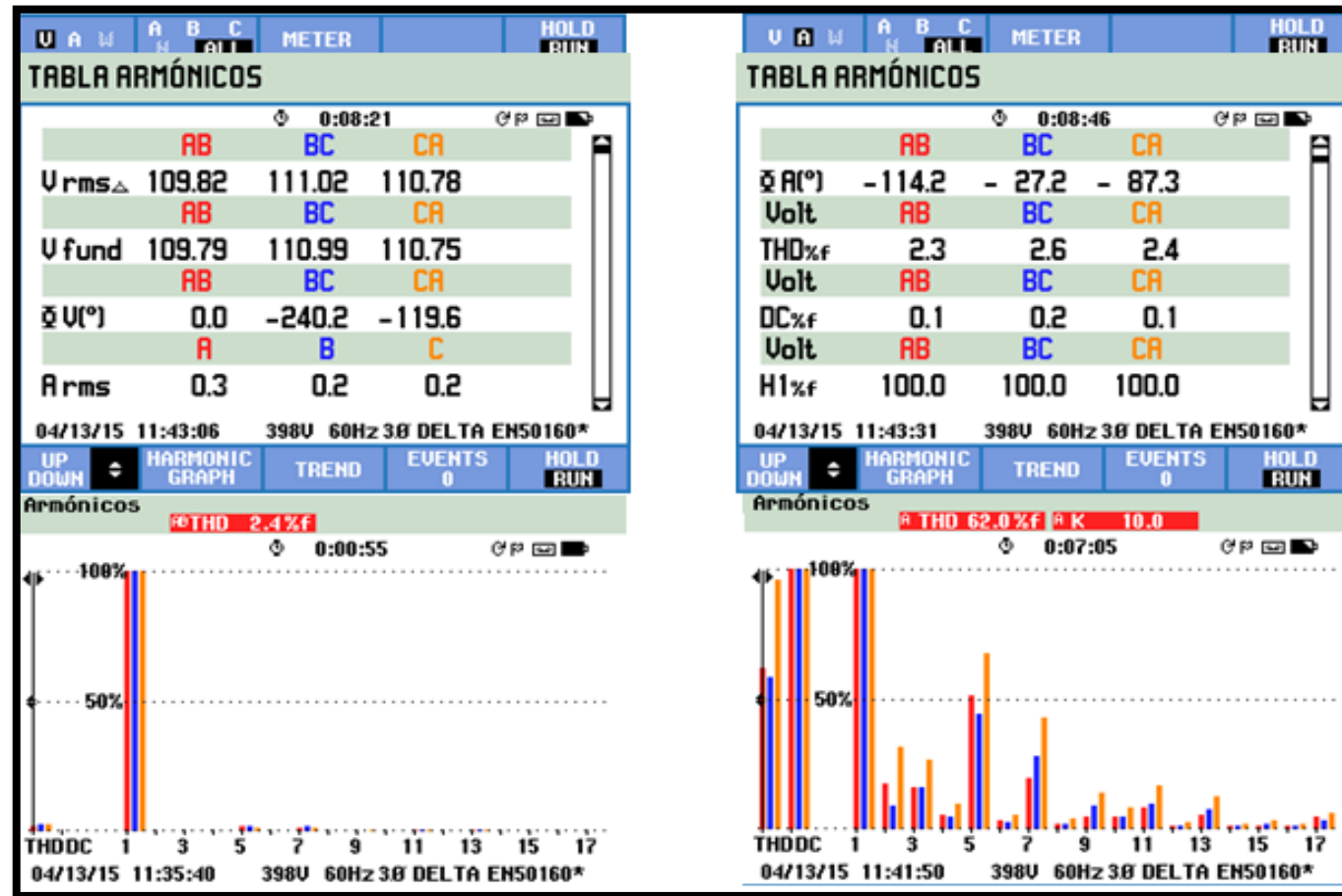
Fuente: Los autores

Ilustración 5.35 Valores y gráficos de armónicos con carga No Lineal y toma central en el lado secundario



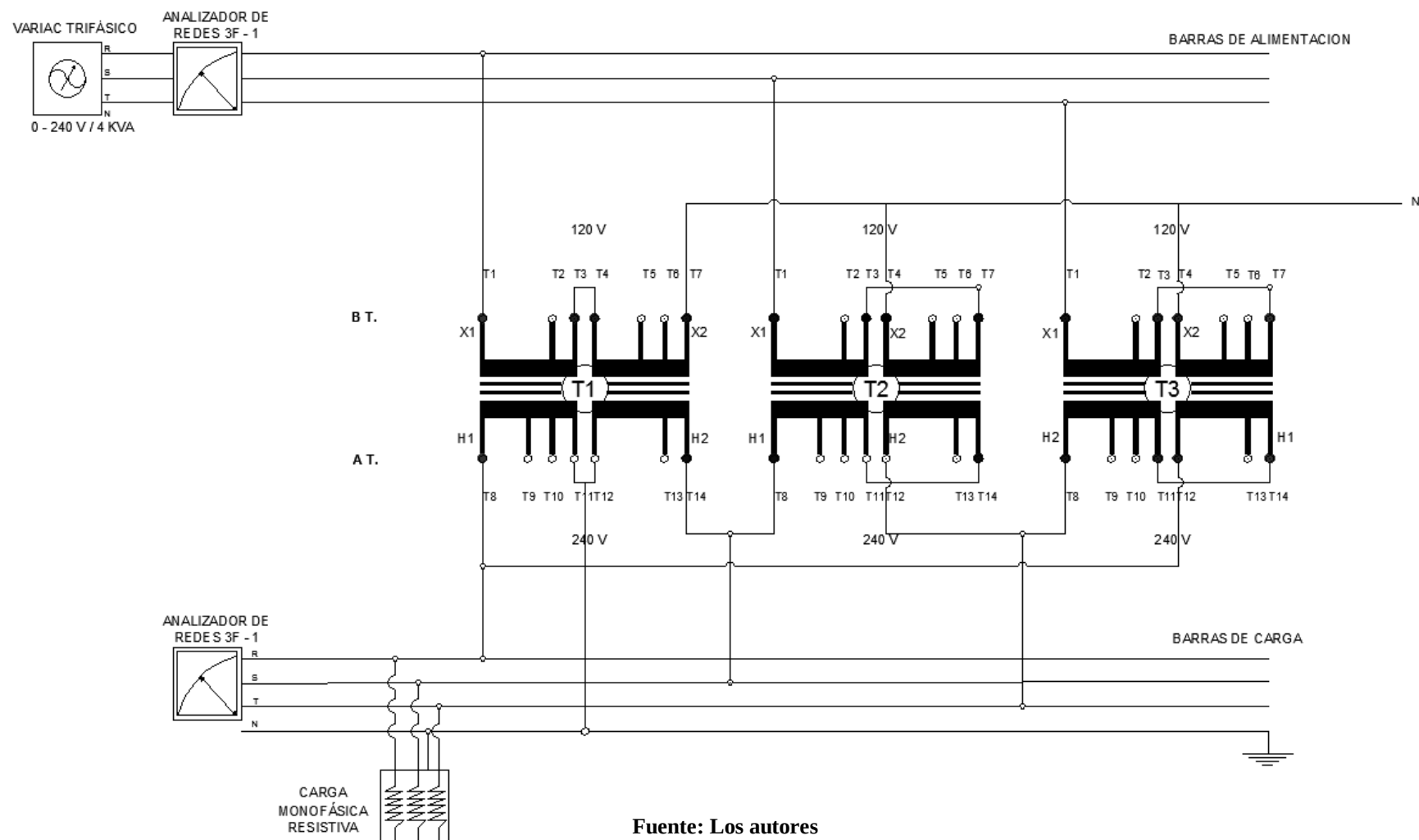
Fuente: Los autores

Ilustración 5.36 Valores y gráficos de armónicos con carga No Lineal y toma central en el lado secundario



Fuente: Los autores

Figura 5.14 Diagrama Esquemático Conexión Y - Δ con carga No Lineal y neutro aterrizado en el lado secundario



CAPÍTULO 6

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Mediante las pruebas realizadas en el banco de transformadores con conexión Estrella-Delta se pudo constatar el comportamiento de cada uno de los transformadores en lo que respecta a sus parámetros como son: niveles de corriente, tensión, potencia, entre otros en relación de dependencia a la carga conectada.

Asimismo se pudo verificar la forma en cómo opera el transformador con fallas en el lado primario y secundario, con cargas no lineales, también se comprobó el desfase entre los voltajes línea-línea del secundario con el voltaje de línea-neutro del primario en el sistema.

En conclusión el banco de pruebas es la herramienta fundamental que servirá para el desarrollo de las prácticas, con el que se podrá observar el estudio de sistemas trifásicos que se conecten en el mismo.

6.2 RECOMENDACIONES

Con la finalidad de alargar la vida útil del tablero de pruebas, así como de salvaguardar la integridad física de los estudiantes y docentes, es necesario evitar daños y el mal manejo de los equipos. Por lo que recomendamos:

- El manejo del tablero siempre se hará bajo supervisión de algún docente o de una persona que haya sido autorizada por el mismo.
- Se debería brindar al módulo el correspondiente mantenimiento periódico y programado.
- Antes y después de cada práctica verificar el buen funcionamiento de las protecciones como lo son: los fusibles y los disyuntores, esto para en caso de falla no averiar algún elemento del tablero.
- Antes de energizar el tablero es necesario cerciorarse de la correcta conexión de los cables y elementos a usar.
- Si no se tiene un conocimiento base para la manipulación de los equipos, se deberá pedir ayuda al docente de la materia.
- Si se requiere ver los datos técnicos de los equipos revisar las hojas técnicas.

Bibliografía

- Canabal, O. C.-E. (29 de OCTUBRE de 2013). *Los armónicos: causas, consecuencias y soluciones*. Recuperado el 2 de MARZO de 2015, de <http://blog.gesternova.com/los-armonicos-causas-consecuencias-y-soluciones/>
- Chapman, S. J. (2011). *Fundamentos de Máquinas Eléctricas*. McGRAW - HILL.
- Contreras, C. (s.f.). *Tipos Aplicaciones y Conexiones de Transformadores Trifásicos (página 2)*. Recuperado el 16 de febrero de 2015, de <http://www.monografias.com/trabajos78/tipos-aplicaciones-conexiones-transformadores-trifasicos/tipos-aplicaciones-conexiones-transformadores-trifasicos2.shtml>
- Dielectrico, A. O.-A. (s.f.). *American Oils - Aceite Dielectrico*. Recuperado el 20 de febrero de 2015, de <http://www.american oils.co/es/quienes-somos.html>
- ELECTRIC, S. (2014). ANALIZADOR DE REDES. ALEMANIA: SCHNEIDER ELECTRIC PLSED310051EN.indd.
- ELECTRICAS, A. E. (s.f.). *ARMONICOS EN LAS REDES ELECTRICAS*. Recuperado el 27 de febrero de 2015, de <http://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/145/3/CAPITULO%20II.pdf>
- ESPOL, J. N. (2004). *Guia para el mantenimiento de transformadores de potencia*. Recuperado el 14 de FEBRERO de 2015, de http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-32414.pdf
- FARADAY, L. D. (s.f.). *CAMPOS Y ONDAS*. Recuperado el 23 de FEBRERO de 2015, de <http://www.ing.unlp.edu.ar/camposyo/Faraday011.pdf>
- Ingeniería, i. y. (abril - junio de 2010). *Contaminación armónica producida por cargas no lineales de baja potencia: modelo matemático y casos prácticos*. Recuperado el 26 de febrero de 2015, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432010000200006&script=sci_arttext
- MARTIN, J. C. (s.f.). *TEORIA, CALCULO Y CONSTRUCCION DE TRANSFORMADORES*. BARCELONA-MADRID-BUENOS AIRES-BOGOTA-CARACAS-LISBOA-RIODEJANEIRO-MEXICO: CUARTA EDICION.
- MBA, I. O. (2009). *GUIA DE LABORATORIO Y 105 EJERCICIOS RESUELTOS*. GUAYAQUIL: UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.
- Nacional, I. P. (SEPTIEMBRE de 2004). *Vertedores tipo abanico y transversales*. Recuperado el 14 de FEBRERO de 2015, de

http://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/4895/426_VERTEDO RA%20TIPO%20ABANICO%20Y%20TRANSVERSALES.pdf?sequence=1

ORTEGA, E. A.-J. (2008). *PRUEBAS PRINCIPALES A UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN PARA SU PUESTA EN SERVICIO*. Recuperado el 1 de MARZO de 2015, de <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/2737/1/PRUEBASPRINCIPAL ESAUNTRANSFORAMADOR.pdf>

prácticos, C. a. (abril - junio de 2010). *Ing. invest. y tecnol. vol.11 no.2 México abr./jun. 2010 - Facultad de Ingeniería, UNAM*. Recuperado el 21 de 03 de 2015, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432010000200006&script=sci_arttext

RUEDA, R. C. (29 de JULIO de 2013). *Relación entre corrientes de fase y línea*. Recuperado el 2 de MARZO de 2015, de <http://es.slideshare.net/RubnAlexanderAcevedo/relacin-entre-corrientes-de-fase-y-lnea-24743237>

SALAZAR, T. -V. (ABRIL de 2010). *ELABORAR UN MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TRANSFORMADORES*. Recuperado el 27 de FEBRERO de 2015, de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2030/1/CD-2850.pdf>

SIEMENS. (1 de ENERO de 2013). *LISTA DE PRECIOS ECUADOR - PRODUCTOS ELECTRICOS INDUSTRIALES*. GUAYAQUIL, GUAYAS, ECUADOR: www.siemens.com.

SUR, U. D. (s.f.). *GUIA DE TRABAJOS PRACTICOS DE LABORATORIO*. Recuperado el 26 de FEBRERO de 2015, de <http://www.ingelec.uns.edu.ar/cee2553/docs/CEE-TPL3-Transformador%20Trifasico-V2.pdf>

TRANSFORMADORES, N. A.-P. (2010). *PARALELO de TRANSFORMADORES*. Recuperado el 5 de MARZO de 2015, de http://www4.frba.utn.edu.ar/html/Electrica/archivos/maq_elec1/paralelo.pdf

Trifásico, T. (2008). *Transformador Trifásico - Andrés Francisco Murillo Peñafiel*. Recuperado el 24 de febrero de 2015, de <http://www.monografias.com/trabajos90/transformador-trifasico-universidad-politecnica-salesiana-cuenca/transformador-trifasico-universidad-politecnica-salesiana-cuenca.shtml>

VENTURA, I. I. (2008). *SISTEMAS DE CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS INDUSTRIALES*. Obtenido de UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL FRANCISCO MORAZÁN:

<http://www.upnfm.edu.hk/bibliod/images/stories/xxtindustrial/libros%20de%20electricidad/Controles%20Electromecanicos/sistemas%20de%20control%20de%20motores%20electricos%20industriales.pdf>

Villoria, L. D.-I. (s.f.). *LEY DE FARADAY - FUERZA ELECTROMOTRIZ*.

Recuperado el 23 de febrero de 2015, de

http://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/basicas/fisica2/LEY_DE_FARADAY_-_F.E.M.pdf

ANEXOS

Ficha Técnica Analizador de Redes

Basic multi-function metering

PM5000 Series

Functions and characteristics



PowerLogic™ PM5000 Series meter

PowerLogic™ PM5100, PM5300 and PM5500 series

The PowerLogic™ PM5000 power meter is the ideal fit for cost management applications. It provides the measurement capabilities needed to allocate energy usage, perform tenant metering and sub-billing, pin-point energy savings, optimize equipment efficiency and utilization, and perform a high level assessment of the power quality of the electrical network.

In a single 96 x 96 mm unit, with a graphical display, all three phases, neutral and ground can be monitored simultaneously.

The bright, anti-glare display features large characters and powerful backlighting for easy reading even in extreme lighting conditions and viewing angles.

Easy to understand menus, text in 8 selectable languages, icons and graphics create a friendly environment to learn about your electrical network.

Highly accurate devices with global billing certifications.

Applications

Cost management: Cost saving opportunities becomes clear once you understand how and when your facility uses electricity. The PowerLogic™ PM5000 series meters are ideal for:

- **Sub billing / tenant metering:** allows a landlord, property management firm, condominium association, homeowners association, or other multi-tenant property to bill tenants for individual measured utility (electricity) usage. MID approved meters for billing applications across Europe.
- **Cost allocation:** allocate energy costs between different departments (HVAC, indoor and outdoor lighting, refrigeration, etc), different parts of an industrial process or different cost centres. Cost allocation systems can help you save money by making changes to your operation, better maintaining your equipment, taking advantage of pricing fluctuations, and managing your demand.

Network management: Improving reliability of the electrical network is key for success in any business. Monitoring values such as voltage levels, harmonic distortion and voltage unbalance will help you to ensure proper operation and maintenance of your electrical network and equipment. PowerLogic™ PM5000 series meters are the perfect tool for:

- **Basic Power Quality monitoring:** power quality phenomena can cause undesirable effects such as heating in transformers, capacitors, motors, generators and misoperation of electronic equipment and protection devices.
- **Min/ Max monitoring (with timestamp):** understanding when electrical parameters, such as voltage, current and power demand, reach maximum and minimum values will give you the insight to correctly maintain your electrical network and assure equipment will not be damaged.
- **Alarming:** alarms help you to be aware of any abnormal behavior on the electrical network in the moment it happens.
- **WAGES monitoring:** take advantage of the input metering on PM5000 meters to integrate measurements from 3rd party devices such as water, air, gas, electricity or steam, meters.

Main characteristics

Easy to install

Mounts using two clips, in standard cut out for DIN 96 x 96mm, no tools required. Compact meter with 72mm (77mm for PM5500) depth connectable up to 690 V_{L-L} without voltage transformers for installations compliant with category III.

Easy to operate

Intuitive navigation with self-guided, language selectable menus, six lines, four concurrent values. Two LEDs on the meter face help the user confirm normal operation with a green LED - heartbeat/communications indicator, and the amber LED - customizable either for alarms or energy pulse outputs.

Easy circuit breaker monitoring and control

The PM5300 provides two relay outputs (high performance Form A type) with capability to command most of the circuit breaker coils directly. For Digital Inputs, monitored switches can be wired directly to the meter without external power supply. PM5500 series have 4 status inputs (digital) and 2 digital output (solid state) to use for WAGES monitoring, control and alarm annunciation.

Commercial reference numbers	
PM5100	METSEPM5100
PM5110	METSEPM5110
PM5111	METSEPM5111
PM5310	METSEPM5310
PM5320	METSEPM5320
PM5330	METSEPM5330
PM5331	METSEPM5331
PM5340	METSEPM5340
PM5341	METSEPM5341
PM5560	METSEPM5560
PM5561	METSEPM5561
PM5563	METSEPM5563

Accurate energy measurement for precise cost allocation:

	PM5100	PM5300	PM5500
IEC 62053-22 (Active Energy)	Class 0.5S	Class 0.5S	Class 0.2S
IEC 62053-24 (Reactive Energy)	Class 2	Class 2	Class 1

Ficha Técnica Analizador de Redes

Basic multi-function metering

PM5000 Series

Functions and characteristics (cont.)



PowerLogic™ PM5500 meter



PowerLogic™ PM5300 meter



PowerLogic™ PM5100 meter



Certified according to MID Directive, Annex "B" + Annex "D" for legal metrology relevant to active electrical energy meters (see Annex MI-003 of MID). Can be used for fiscal (legal) metrology.

Direct metering of neutral current

The PM5500 has a fourth CT for measuring neutral current. In demanding IT applications, where loads are non-linear (i.e. switching power supplies on computers/servers), measuring neutral current is essential to avoid overload and resulting outage. In addition, the PM5500 provides a calculated ground current value, not available in meters with 3 CTs.

Power Quality analysis

The PM5000 offers Total Harmonic Distortion (THD/thd), Total Demand Distortion (TDD) measurements and individual harmonics (odd) magnitudes and angles for voltage and current.

	PM5100	PM5300	PM5500
Individual Harmonics	magnitudes up to 15th	magnitudes up to 31st	magnitudes & angles up to 63rd

These types of power quality parameters help to identify the source of harmonics that can harm transformers, capacitors, generators, motors and electronic equipment.

Load management

Peak demands with time stamping are provided. Predicted demand values can be used in combination with alarms for basic load shedding applications.

Alarming with time stamping

A different combination of set point driven alarms and digital alarms with 1s time stamping are available in the PM5000 family:

	PM5100	PM5300	PM5500
Set point driven alarms	29	29	29
Unary	4	4	4
Digital	—	2	4
Boolean / Logic	—	—	10
Custom defined	—	—	5

Alarms can be visualized as Active (the ones that have picked up and did not drop out yet) or Historical (the ones that happened in the past).

Alarms can be programmed and combined to trigger digital outputs and mechanical relays (PM5300).

The PM5000 series keeps an alarm log with the active and historical alarms with date and time stamping.

Load timer

A load timer can be set to count load running hours based on a minimum current withdraw, adjustable to monitor and advise maintenance requirements on the load.

High Performance and accuracy

IEC 61557-12 Performance measuring and monitoring devices (PMD) Defines the performance expectation based on classes. It defines the allowable error in the class for real and reactive power and energy, frequency, current, voltage, power factor, voltage unbalance, voltage and current harmonics (odds), voltage THD, current THD, as well as ratings for temperature, relative humidity, altitude, start-up current and safety. It makes compliant meters readings comparable - they will measure the same values when connected to the same load.

Meets IEC 61557-12* PMD/[SD]/SS/K70/0.5 for PM5100 and PM5300

Meets IEC 61557-12* PMD/[SD]/SS/K70/0.2 for PM5500

Legal billing compliance

MID compliance is compulsory for billing applications across Europe. In addition to billing applications, for facility managers responsible for energy cost MID means same level of quality as a billing meter.

MID ready compliance, EN50470-1/3 – Class C

*Pending approval.

Ficha Técnica Analizador de Redes

Basic multi-function metering

PM5000 Series

Functions and characteristics (cont.)

General		PM5100	PM5300	PM5500
Use on LV and MV systems			■	
Basic metering with THD and min/max readings			■	
Instantaneous rms values				
Current	per phase, neutral and ground (PM5500)		■	
Voltage	Total, per phase L-L and L-N		■	
Frequency			■	
Real, reactive, and apparent power	Total and per phase		Signed, Four Quadrant	
True Power Factor	Total and per phase		Signed, Four Quadrant	
Displacement PF	Total and per phase		Signed, Four Quadrant	
% Unbalanced I, VL-N, VL-L			■	
Direct monitoring of neutral current				■
Energy values*				
Accumulated Active, Reactive and Apparent Energy		Received/Delivered; Net and absolute; Time Counters		
Demand values*				
Current average		Present, Last, Predicted, Peak, and Peak Date Time		
Active power		Present, Last, Predicted, Peak, and Peak Date Time		
Reactive power		Present, Last, Predicted, Peak, and Peak Date Time		
Apparent power		Present, Last, Predicted, Peak, and Peak Date Time		
Peak demand with time stamping D/T for current and powers		■		
Demand calculation Sliding, fixed and rolling block, thermal methods		■		
Synchronization of the measurement window to input, communication command or internal clock		■		
Settable Demand intervals		■		
Demand calculation for Pulse input (WAGES)				■
Other measurements*				
I/O timer		■		
Operating timer		■		
Load timer		■		
Alarm counters and alarm logs		■		
Power quality measurements				
THD, thd (Total Harmonic Distortion) I, VLN, VLL per phase		I,VLN, VLL		
TDD (Total Demand Distortion)		■		
Individual harmonics (odds)		15th	31st	63rd
Neutral Current metering with ground current calculation				■
Data recording				
Min/max of instantaneous values, plus phase identification*		■		
Alarms with 1s timestamping*		■		
Data logging			2 fixed parameters kWh and kVAh with configurable interval and duration (e.g. 2 parameters for 60 days at 15 minutes interval)	Up to 14 selectable parameters with configurable interval and duration (e.g. 6 parameters for 90 days at 15 minutes interval)
Memory capacity			256 kB	1.1 MB
Min/max log		■	■	■
Maintenance, alarm and event logs			■	■
Customizable data logs				■
Inputs / Outputs / Mechanical Relays				
Digital inputs			2 (SI1, SI2)	4 (SI1, SI2, SI3, SI4) with WAGES support
Digital outputs		1 (kWh only)	2 (configurable)	
Form A Relay outputs			2	
Timestamp resolution in seconds			1	
Whetting voltage				

*Stored in non-volatile memory

Ficha Técnica Analizador de Redes

Basic multi-function metering

PM5000 Series

Functions and characteristics (cont.)

Electrical characteristics*		PM5100	PM5300	PM5500
Type of measurement: True rms on three-phase (3P, 3P + N), zero blind		64 samples per cycle		128 samples per cycle
Measurement accuracy	IEC 61557-12	PMD[SD][SS]K70/0.5		PMD[SD][SS]K70/0.2
	Active Energy	Class 0.5S as per IEC 62053-22		Class 0.2S as per IEC 62053-22
	Reactive Energy	Class 2S as per IEC 62053-24		Class 1S as per IEC 62053-24
	Active Energy	±0.5%		±0.2%
	Reactive Energy	±2%		±1%
	Active Power	Class 0.5 as per IEC 61557-12		Class 0.2 as per IEC 61557-12
	Apparent Power	Class 0.5 as per IEC 61557-12		
	Current, Phase	Class 0.5 as per IEC 61557-12		±0.15%
	Voltage, L-N	Class 0.5 as per IEC 61557-12		±0.1%
	Frequency	±0.05%		
MID Directive EN50470-1, EN50470-3		Annex B and Annex D (Optional model references) Class C		
Input-voltage (up to 1.0 MV AC max, with voltage transformer)	Nominal Measured Voltage range	20 V L-N / 35 V L-L to 400 V L-N / 690 V L-L absolute range 35 V L-L to 760 V L-L		20 V L-N / 20 V L-L to 400 V L-N / 690 V L-L absolute range 20 V L-L to 828 V L-L
	Impedance	5 M Ω		
	F nom	50 or 60 Hz ±5%		50 or 60 Hz ±10%
Input-current	I nom	1 A or 5 A		
	Measured Amps with over range and Crest Factor	Starting current: 5mA Operating range: 50mA to 8.5A		Starting current: 5mA Operating range: 50 mA to 10 A
	Withstand	Continuous 20A, 10s/hr 50A, 1s/hr 500A		
	Impedance	< 0.3 mΩ		
	F nom	50 or 60 Hz ±5%		50 or 60 Hz ±10%
	Burden	<0.026VA at 8.5A		
AC control power	Operating range	100 - 277 V AC L-N / 415 V L-L +/-10% CAT III 300V class per IEC 61010		100-480 V AC ±10% CAT III 600V class per IEC 61010
	Burden	<5W/11 VA at 415V L-L		<5W/16.0 VA at 480V AC
	Frequency	45 to 65 Hz		
	Ride-through time	80 mS typical at 120V AC and maximum burden. 100 mS typical at 230 V AC and maximum burden 100 mS typical at 415 V AC and maximum burden		35 ms typical at 120 V L-N and maximum burden 129 ms typical at 230 V L-N and maximum burden
DC control power	Operating range	125-250 V DC ±20%		
	Burden	<4 W at 250 V DC		typical 3.1W at 125 V DC, max. 5W
	Ride-through time	50 mS typical at 125 V DC and maximum burden		
Outputs	Relay	Max output frequency		0.5 Hz maximum (1 second ON / 1 second OFF - minimum times)
		Switching current		250 V AC at 8.0 Amps, 25 k cycles, resistive 30 V DC at 2.0 Amps, 75 k cycles, resistive 30 V DC at 5.0 Amps, 12.5 k cycles, resistive
		Isolation		2.5 kV rms
	Digital outputs	1		2
		Max load voltage		40 V DC
		Max load current		20 mA
		On Resistance		50 Ω max
		Meter constant		from 1 to 9,999,999 pulses per kWh
		Pulse width for Digital Output		50% duty cycle
		Pulse frequency for Digital Output		25 Hz max.
		Leakage current		0.03 micro Amps
		Isolation		5 kV rms
	Optical outputs			2.5 kV rms
		Pulse width (LED)		200 ms
		Pulse frequency		50 Hz, max.
		Meter constant		from 1 to 9,999,999 pulses per k_h

Ficha Técnica Analizador de Redes

Basic multi-function metering

PM5000 Series

Functions and characteristics (cont.)

Electrical characteristics* (cont'd)		PM5100	PM5300	PM5500
Status Inputs	ON Voltage		18.5 to 36 V DC	30 V AC / 60 V DC max
	OFF Voltage		0 to 4 V DC	
	Input Resistance		110 k Ω	100 k Ω
	Maximum Frequency		2 Hz (T ON min = T OFF min = 250 ms)	25 Hz (T ON min = T OFF min = 20 ms)
	Response Time		20 ms	10 ms
	Opto Isolation		5 kV rms	2.5 kV rms
	Whetting output		24 V DC/ 8mA max	
	Input Burden		2mA @24V DC	2 mA @ 24 V AC/DC
Mechanical characteristics				
Product weight		380 g	430 g	450 g
IP degree of protection (IEC 60529)		IP52 front display, IP30 meter body		
Dimensions W x H x D [protrusion from cabinet]		96 x 96 x 72mm (77mm for PM5500) (depth of meter from housing mounting flange) [13mm]		
Mounting position		Vertical		
Panel thickness		6 mm maximum		
Environmental characteristics				
Operating temperature	Meter	-25 °C to 70 °C		
	Display (Display functions to -25° with reduced performance)	-25 °C to +70 °C		
Storage temp.		-40 °C to +85 °C		
Humidity range		5 to 95 % RH at 50 °C (non-condensing)		
Pollution degree		2		
Altitude		2000 m CAT III / 3000 m CAT II		3000 m max. CAT III
Electromagnetic compatibility***				
Harmonic current emissions		IEC 61000-3-2		
Flicker emissions		IEC 61000-3-3		
Electrostatic discharge		IEC 61000-4-2		
Immunity to radiated fields		IEC 61000-4-3		
Immunity to fast transients		IEC 61000-4-4		
Immunity to surge		IEC 61000-4-5		
Conducted immunity 150kHz to 80MHz		IEC 61000-4-6		
Immunity to magnetic fields		IEC 61000-4-8		
Immunity to voltage dips		IEC 61000-4-11		
Radiated emissions		FCC part 15, EN 55022 Class B		
Conducted emissions		FCC part 15, EN 55022 Class B		

*Electrical Characteristics still under verification at time of printing of the catalogue, may be subject to change.

*** Tests are conducted as per IEC 61557-12 (IEC 61326-1), 62052-11 and EN50470

Ficha Técnica Analizador de Redes

Basic multi-function metering

PM5000 Series

Functions and characteristics (cont.)

Safety	PM5100	PM5300	PM5500
Europe	LVD compliance (EN61010-1:2010)		
U.S. and Canada	cULus as per UL61010-1 (3rd Edition)		
Measurement category (Voltage and Current inputs)	CAT III up to 400 V L-N / 690 V L-L		
Dielectric	As per IEC/UL 61010-1 Ed. 3		
Protective Class	II, Double insulated for user accessible parts		
Communication			
RS 485 port Modbus RTU, Modbus ASCII (7 or 8 bit), JBUS	2-Wire, 9600,19200 or 38400 baud, Parity - Even, Odd, None, 1 stop bit if parity Odd or Even, 2 stop bits if None; (Optional in PM51x and PM53x)		
Ethernet port: 10/100 Mbps; Modbus TCP/IP		1 Optional	2 (for daisy chain only, one IP address)
Firmware and language file update	Meter firmware update via the communication ports		
Isolation	2.5 kVrms, double insulated		
Human machine interface			
Display type	Monochrome Graphics LCD		
Resolution	128 x 128		
Backlight	White LED		
Viewable area (W x H)	67 x 62.5 mm		
Keypad	4-button		
Indicator Heartbeat / Comm activity	Green LED		
Energy pulse output/ Active alarm indication (configurable)	Optical, amber LED		
Wavelength	590 to 635 nm		
Maximum pulse rate	2.5 kHz		

Features and Options	PM5100		PM5300				PM5500	
	PM5100	PM5110	PM5310	PM5320	PM5330	PM5340	PM5560	PM5563
Installation								
Fast installation, panel mount with integrated display	■	■	■	■	■	■	■	■
Fast installation, DIN rail mountable	■	■	■	■	■	■	■	■
Accuracy								
	Cl 0.5S	Cl 0.5S	Cl 0.5S	Cl 0.5S	Cl 0.5S	Cl 0.5S	Cl 0.2S	Cl 0.2S
Display								
Backlit LCD, multilingual, bar graphs, 6 lines, 4 concurrent values	■	■	■	■	■	■	■	■
Power and energy metering								
3-phase voltage, current, power, demand, energy, frequency, power factor	■	■	■	■	■	■	■	■
Multi-tariff	■	■	4	4	4	4	8	8
Power quality analysis								
THD, thd, TDD	■	■	■	■	■	■	■	■
Harmonics, individual (odd) up to	15th	15th	31st	31st	31st	31st	63rd	63rd
I/Os and relays								
I/Os	1DO	1DO	2DI/2DO	2DI/2DO	2DI/2DO	2DI/2DO	4DI/2DO	4DI/2DO
Relays	0	0	0	0	2	2	0	0
Alarms and control								
Alarms	33	33	35	35	35	35	52	52
Set point response time, seconds	1	1	1	1	1	1	1	1
Single and multi-condition alarms	■	■	■	■	■	■	■	■
Boolean alarm logic	■	■	■	■	■	■	■	■
Communications								
Serial ports with modbus protocol	■	1	1	■	1	■	1	1
Ethernet port with Modbus TCP protocol	■	■	■	1	■	1	2**	2**
MID ready compliance, EN50470-1/3, Annex B and Annex D Class C								
		PM5111			PM5331	PM5341	PM5561	

** 2 Ethernet ports for daisy chain, one IP address.

(ELECTRIC, 2014)

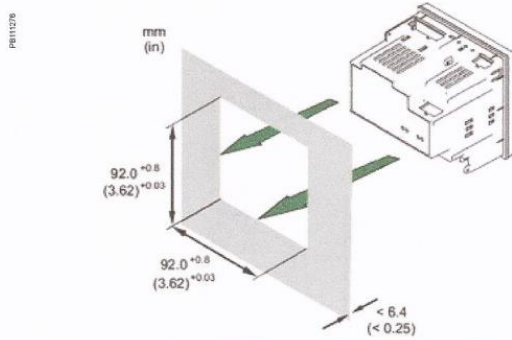
Ficha Técnica Analizador de Redes

Basic multi-function metering

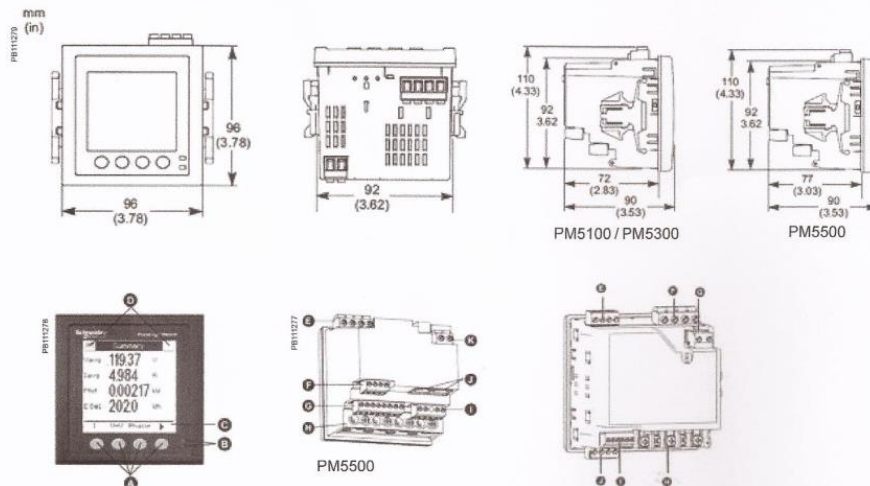
PM5000 Series

Dimensions and connection

PM5000 Series meter flush mounting



PM5000 Series meter dimensions



PM5000 meter parts

- A Menu selection buttons
- B LED indicators
- C Navigation or menu selections
- D Maintenance and alarm notification area

PM5500 meter parts

- E Voltage inputs
- F RS-485 comms
- G Digital inputs
- H Current inputs
- I Digital outputs
- J Ethernet ports
- K Control power

PM5100 / PM5300 meter parts

- E Relay output (PM5300 only)
- F Voltage inputs
- G Control power
- H Current inputs
- I Status inputs/digital outputs
- J Communications port: Ethernet (PM5300 only) or RS-485

Please see the *Installation Guide* for accurate and complete information on the installation of this product.

MOTOR SIEMENS 1LA7 070 – 4YA60

Motores trifásicos series 1LA5 / 1LA7 y 1LG4

Motores y Ventiladores



Descripción

Generalidades

Nuestro amplio conocimiento técnico, que tiene en el mundo más de 150 años de experiencia consolidada, dan como resultado un motor preparado para el futuro: diseño universal y ventajas técnicas. Nuestros motores cumplen con las exigentes demandas técnicas del mercado, demostrando, una vez más, nuestro liderazgo a nivel mundial.

Gracias a su carcasa en aluminio se asegura una excelente conductividad térmica y un bajo peso. Su diseño permite que operen a dos tensiones y que su arranque se realice ya sea directamente, en estrella triángulo (A partir del tamaño AH 132), con arrancador suave o con variador de velocidad lo cual posibilita su aplicación en la totalidad de condiciones disponibles. Con el fin de darle aún más tranquilidad a su usuario, toda la familia cuenta con 1 año de garantía y el respaldo de nuestra red de distribuidores y talleres autorizados.

Características Eléctricas:

- Eficiencia superior IE1 hasta tamaño constructivo 225.
- Tensiones conmutables 220 / 440 VAC a 60 Hz.
- Posibilidad de arranque directo en tamaños constructivos 71, 80, 90 y 112.
- Adicionalmente arranque Y - Δ a partir del tamaño 132.
- Clase térmica F.
- Tipo de servicio: S1.
- Factor de servicio (FS): entre 1.05 a 1.15.
- Temperatura de operación: -15/40°C.
- Aptos para ser accionados con variador de velocidad.
- Motores Tipo 1LG4 de procedencia Europea.



Características Mecánicas:

- Carcasa en aluminio que asegura su bajo peso y excelente conductividad térmica.
- Rodamientos tipo rígidos de bola, de doble sello y con juego interno C3. Totalmente cerrados y libres de mantenimiento, con una vida útil de hasta 20.000 horas de servicio continuo.
- Ejecución IMB3 / IMB35 / IMB5.
- Con retenedor CD ring en el platillo AS.
- Protección Mecánica IP55.
- Para la serie 1LA7 platillos en aluminio y 1LA5 con platillos en fundición de hierro.
- Pintura color RAL 7032.

Accesorios bajo pedido:

- Termistores.
- Bandas Calefactoras.
- Tensión de alimentación fuera del estándar.

Beneficios adicionales:

- Garantía extendida por la compra de un combo "Motor + Variador", 3 años de garantía sin costo adicional.
- Talleres técnicos autorizados en Guayaquil y Quito.
- Soporte técnico directo a través de HotLine Técnica gratuita 1800-101555.

MOTOR SIEMENS 1LA7 070 – 4YA60

Motores trifásicos series 1 LA5/1LA7 y 1LG4
Dimensiones (mm)

Descripción

Motor tamaño	Medidas comunes (IM B3, IM B5)										medidas de la forma constructiva IM B3										Medidas de la forma constructiva IM B5 / IM B35													
	l	d	t	u	g	g ₁	p/p ₂	k	a	b	h	w ₁	s	e	f	a1	b1	c1	e1	f1	s1	k												
071	30	14	16.1	5	148	—	178.5	240	90	112	71	45	7	107.5	132	160	110	5.5	130	3.5	10.5	231												
080	40	19	21.5	6	163	—	193.5	273.5	100	125	80	50	9.5	119.5	150	200	130	8	165	3.5	13	283												
090 S	50	24	26.9	8	181	—	211.5	331	100	140	90	56	10	114.5	165	200	130	7	165	3.5	13	324												
090 L	50	24	26.9	8	181	—	211.5	331	125	140	90	56	10	144.5	165	200	130	7	165	3.5	13	324												
112 M	60	28	31.0	8	227	—	260	393	140	190	112	70	12	176	226	250	180	11	215	4	14.5	388												
132 S	80	38	41.3	10	264.5	—	315	481	140	216	132	89	12	1218	256	300	230	14	265	4	15	481												
132 M	80	38	41	10	266	—	299	491	178	216	132	89	12	218	226	300	230	12	265	4	4.5	491												
160 M	110	42	45.0	12	320	—	365.5	629	254	254	160	109	15	300	300	350	250	20	300	5	18	628												
160 L	110	42	45.0	12	320	—	365.5	629	254	254	160	109	15	300	300	350	250	20	300	5	18	628												
180 M	110	48	51.5	14	357	499	410	653	241	279	180	121	16	301	339	350	250	13	300	5	18	653												
180 L	110	48	51.5	14	357	499	410	691	279	279	180	121	16	339	339	350	250	13	300	5	18	691												
200 L	110	55	59.0	16	403	534	460	743	305	318	200	133	20	385	398	400	300	15	350	5	18	743												
225 S	140	60	64	18	447	—	569	830	286	356	225	149	19	361	436	450	350	16	400	5	17.5	830												
225 M	140	60	64	18	447	—	569	830	311	356	225	149	19	361	436	450	350	16	400	5	17.5	830												
250 M	140	65	69	18	520	—	680	930	349	406	250	168	24	409	506	550	450	18	500	5	17.5	930												
280 S	140	75	79.5	20	575	—	735	1005	419	457	280	190	24	479	557	550	450	18	500	5	17.5	1005												
280 M	140	75	79.5	20	575	—	735	1005	419	457	280	190	24	479	557	550	450	18	500	5	17.5	1005												
315 S ¹⁾	140	85	85	22	—	—	1110	406	508	315	216	28	527	628	660	550	22	600	6	22	1110													
315 S ²⁾	170	85	85	22	—	—	1140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1140												
315 M ¹⁾	140	85	85	22	—	—	1110	406	508	315	216	28	527	628	660	550	22	600	6	22	1110													
315 M ²⁾	170	85	85	22	—	—	1140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1140												
315 L ¹⁾	140	85	85	22	—	—	1250	508	508	315	216	28	578	628	660	550	22	600	6	22	1250													
315 L ²⁾	170	85	85	22	—	—	1280	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1280												

1) Motores de 4 polos

2) Motores de 2 a 8 polos

*) Para motores de 4 polos cambiar las siguientes medidas:

- Tamaño constructivo 225 M: l=410; d=65; u=9; e=16 mm; k=4000

- Tamaño constructivo 280 M: l=457; a=69; b=16 mm; k=1200

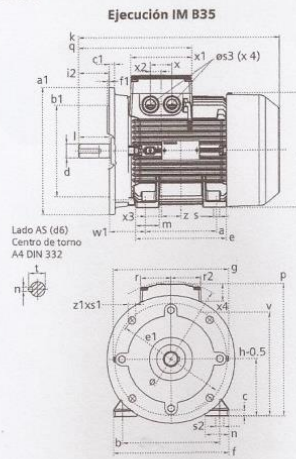
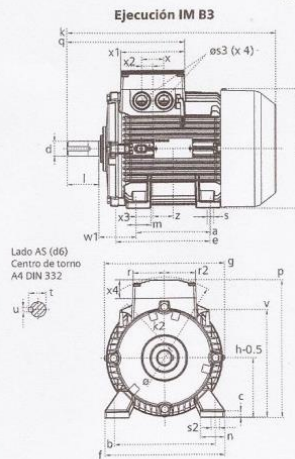
1) Motores de dos polos
2) Motores de 4 a 8 polos

* Para motores de dos polos cambian las siguientes medidas:
- Tamaño constructivo 250 M: d=60; t=64...

- Tamaño constructivo 225 M: t=110; d=55; t=59; u=16 mm; l=600...
- Tamaño constructivo 280 S: d=65; t=69; u=18 mm.

Tamaños constructivos 71 - 160

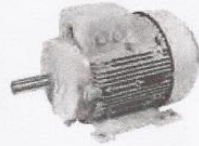
Tamaños 71 a 160



MOTOR SIEMENS 1LA7 070 – 4YA60

Motores trifásicos 4 polos (1.800 rpm), 60Hz e IP55

Motores y Ventiladores



Motor 4 polos Tipo 1LA7 160



Motor 4 polos Tipo 1LA5 180

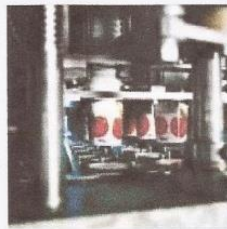


¡Su motor es muy valioso!

Protéjalo únicamente con productos Siemens:

SIRIUS
SINAMICS
MICROMASTER

Eficiencia IE1	Tipo	Tamaño Constructivo	HP	Potencia kW	Eficiencia %	F.Servicio FS	Corriente (A)		
							220 VAC	440 VAC	
VELOCIDAD 1.800 rpm (4 polos)									
100160473	1LA7070 - 4YA60	71	0.5	0.37	63.6	1.15	1.9	0.95	132,00
100160477	1LA7073 - 4YA60	71	0.75	0.56	64.0	1.15	2.9	1.45	139,00
100160482	1LA7080 - 4YA60	80	1.0	0.75	64.2	1.15	3.5	1.75	145,00
100160488	1LA7083 - 4YA60	80	1.5	1.12	65.9	1.15	5.0	2.5	187,00
100172346	1LA7096 - 4YB60	90	2.0	1.50	82.3	1.15	7.0	3.5	238,00
100172353	1LA7097 - 4YB60	90	3.0	2.20	83.0	1.15	9.6	4.8	279,00
100160505	1LA7112 - 4YB60	112	4.0	3.00	85.5	1.15	13.0	6.5	303,00
100160510	1LA7112 - 4YC60	112	5.0	3.73	85.3	1.15	15.8	7.9	346,00
100172355	1LA7115 - 4YB60	112	7.5	5.60	87.5	1.15	23.2	11.6	451,00
100172358	1LA7132 - 4YB70	132 S/M	10.0	7.5	88.3	1.15	28.8	14.4	632,00
100160530	1LA7135 - 4YB70	132 S/M	15.0	11.2	89.8	1.15	43.0	21.5	911,00
100172361	1LA7164 - 4YB70	160 M/L	20.0	14.9	90.9	1.15	56.8	28.4	1.025,00
100172363	1LA7167 - 4YB70	160 M/L	25.0	18.7	91.8	1.15	66.0	33.0	1.103,00
100160439	1LA5183 - 4YB80	180 M	30.0	22.4	91.8	1.05	78.0	39.0	1.919,00
100160447	1LA5187 - 4YB80	180 L	40.0	29.8	92.5	1.05	104.0	52.0	2.242,00
100160699	1LA5207 - 4YB80	200 L	50.0	37.3	92.5	1.15	126.0	63.0	3.154,00
100160701	1LA5220 - 4YB80	225 S	60.0	44.5	93.0	1.15	148.0	74.0	3.620,00
100160457	1LA5223 - 4YB80	225 M	75.0	56.0	93.3	1.15	188.0	94.0	4.300,00
	Tipo	Tamaño Constructivo	HP	Potencia kW	Eficiencia %	F.Servicio FS	Corriente (A)		
							460 VAC		
100161681	1LG4253 - 4AA60	250 M	85	63	94.3	1.1	96		4.536,00
100023118	1LG4280 - 4AA60	280 S	115	86	94.5	1.0	132		6.067,00
100023121	1LG4283 - 4AA60	280 M	140	104	94.5	1.0	158		7.138,00
100023124	1LG4310 - 4AA60	315 S	170	127	94.6	1.0	198		8.803,00
100023126	1LG4313 - 4AA60	315 M	200	152	94.6	1.0	235		9.157,00



Mayor Información:

Configurador de motores: www.siemens.com/sd-configurator
Catálogo: www.siemens.com/motors

Notas:

Dimensiones de los motores ver páginas 2/2 - 2/3
Motores Tipo 1LG4 de procedencia Europea

Visite nuestro video de la fábrica de motores en: [YouTube](#)

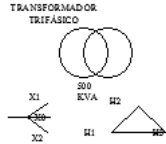
	1	2	3	4	5	6	7	8																																																
A									A																																															
B	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA CHAMBERS #227 Y 5 DE JUNIO PBX: (593) 4 2590 630 GUAYAQUIL - ECUADOR								B																																															
C	ESQUEMA DE DIAGRAMAS UNIFILARES UPS 2015								C																																															
D	DOCUMENTACIÓN CORRESPONDIENTE DIAGRAMAS UNIFILARES 2015 ESQUEMAS ADICIONALES N/A		INSTRUCCIONES REGLAMENTO: EN IEC 60204-1 EN ISO 13949-1 TEMPERATURA AMBIENTE: +5.. +40°C		TENSIÓN TENSIÓN PRINCIPAL: 3Ø 220V 60Hz CONTROL: N/A		CONEXIÓN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 		D																																															
E									E																																															
F	<table border="1"> <tr> <td></td><td>ENTREGA DE PLANOS</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Nº rev</td><td>Nota de revisión:</td><td>Fecha</td><td>Firma</td><td>Recibido y Aceptado</td></tr> <tr> <td>1</td><td></td><td>2</td><td></td><td></td></tr> </table>					ENTREGA DE PLANOS				Nº rev	Nota de revisión:	Fecha	Firma	Recibido y Aceptado	1		2			PROYECTO: BANCO DE PRUEBA PARA TRANSFORMADORES CONEXION ESTRELLA-DELTA		<table border="1"> <tr> <td>NOMBRE DE ARCHIVO:</td><td>Nº PLANO:</td><td>Nº GENERAL P.:</td></tr> <tr> <td></td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr> <td>PLANO:</td><td>ESCALA:</td><td>IMPRESIÓN:</td></tr> <tr> <td></td><td>S/E</td><td>A4</td></tr> <tr> <td>APROBADO:</td><td colspan="2">ING. FERNANDO BUSTAMANTE.</td></tr> <tr> <td>COMPROBADO:</td><td colspan="2">ING. FERNANDO BUSTAMANTE</td></tr> <tr> <td>DISEÑADO:</td><td colspan="2">PABLO BARRIOS / KAREN CAMACHO</td></tr> <tr> <td>HOJA:</td><td colspan="2">1</td></tr> </table>		NOMBRE DE ARCHIVO:	Nº PLANO:	Nº GENERAL P.:		1	1	PLANO:	ESCALA:	IMPRESIÓN:		S/E	A4	APROBADO:	ING. FERNANDO BUSTAMANTE.		COMPROBADO:	ING. FERNANDO BUSTAMANTE		DISEÑADO:	PABLO BARRIOS / KAREN CAMACHO		HOJA:	1		<table border="1"> <tr> <td>DESCRIPCION:</td></tr> <tr> <td>DOCUMENTACION</td></tr> <tr> <td>TITULO:</td></tr> <tr> <td>CARATULA</td></tr> <tr> <td>UBICACION FISICA:</td></tr> <tr> <td>N/A</td></tr> </table> 		DESCRIPCION:	DOCUMENTACION	TITULO:	CARATULA	UBICACION FISICA:	N/A	F
	ENTREGA DE PLANOS																																																							
Nº rev	Nota de revisión:	Fecha	Firma	Recibido y Aceptado																																																				
1		2																																																						
NOMBRE DE ARCHIVO:	Nº PLANO:	Nº GENERAL P.:																																																						
	1	1																																																						
PLANO:	ESCALA:	IMPRESIÓN:																																																						
	S/E	A4																																																						
APROBADO:	ING. FERNANDO BUSTAMANTE.																																																							
COMPROBADO:	ING. FERNANDO BUSTAMANTE																																																							
DISEÑADO:	PABLO BARRIOS / KAREN CAMACHO																																																							
HOJA:	1																																																							
DESCRIPCION:																																																								
DOCUMENTACION																																																								
TITULO:																																																								
CARATULA																																																								
UBICACION FISICA:																																																								
N/A																																																								
	1	2	3	4	5	6	7	8																																																

DIAGRAMA UNIFILAR

DIAGRAMA UNIFILAR – PARTE 1

BARRA DE ALIMENTACION

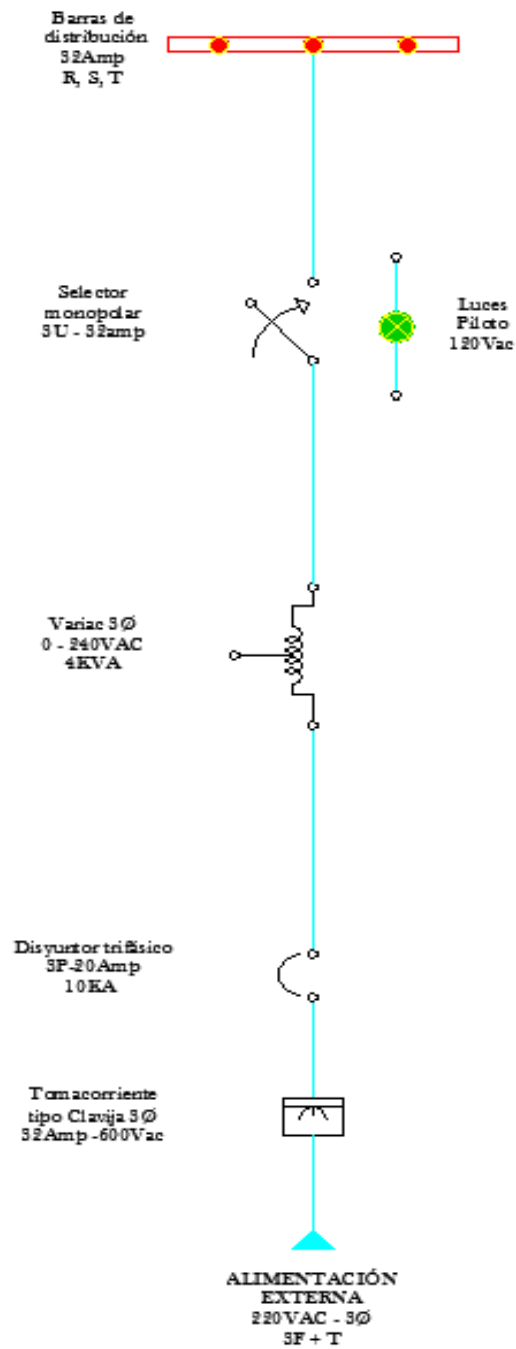
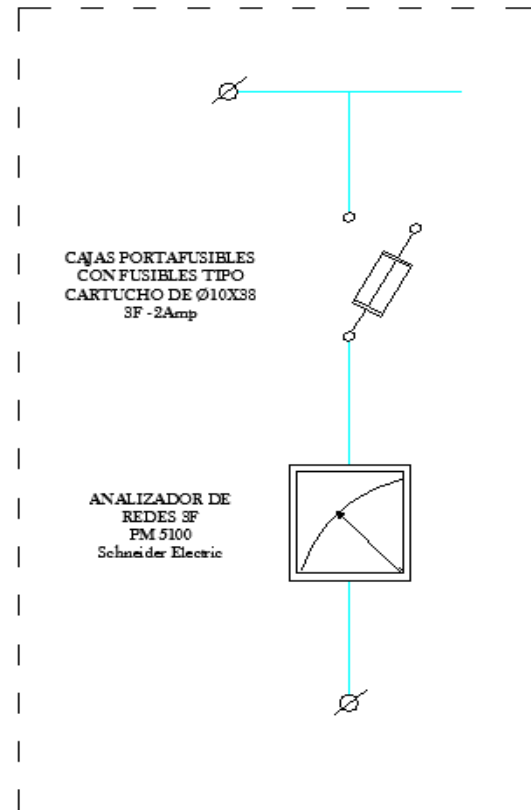


DIAGRAMA UNIFILAR – PARTE 2

ANALIZADOR DE RED 3 ϕ -1



TC- 1: 40/5 Amp

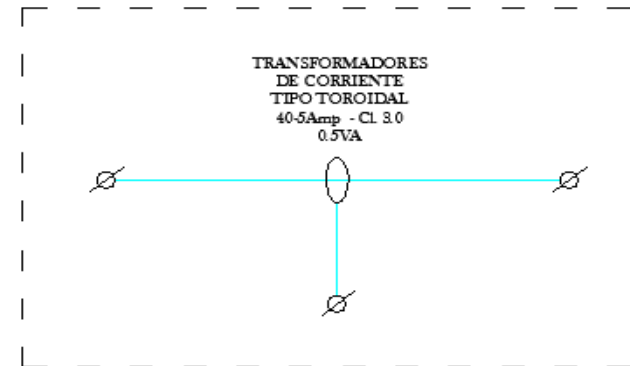


DIAGRAMA UNIFILAR – PARTE 3

PROTECCIONES - 1

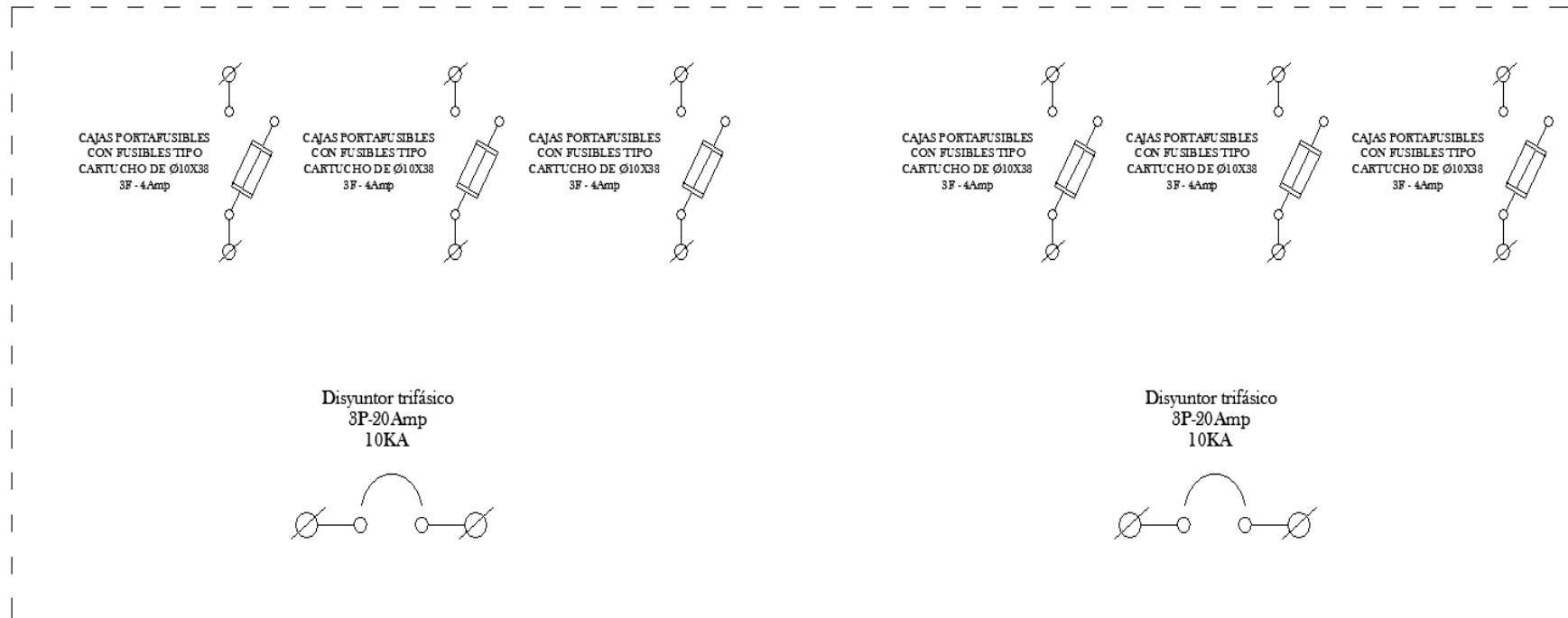


DIAGRAMA UNIFILAR – PARTE 4

BANCO DE TRANSFORMADORES 3X1KVA - 120/240V / 240/480V

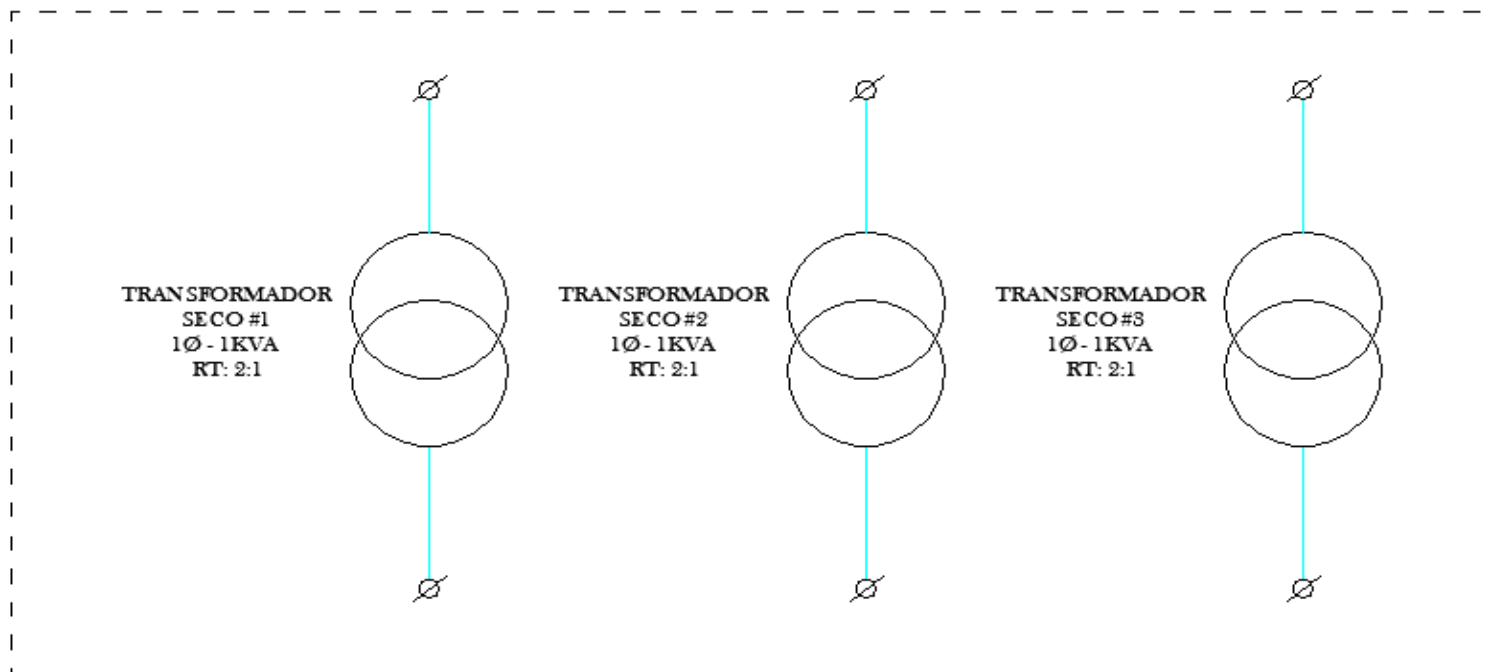
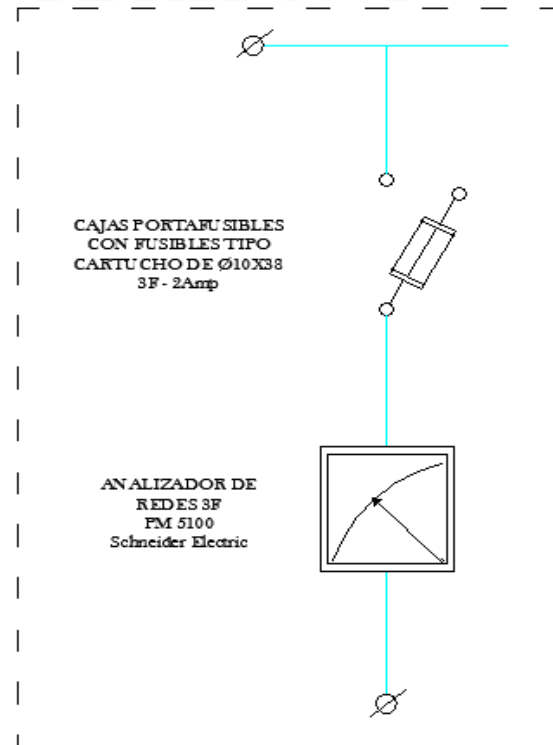


DIAGRAMA UNIFILAR – PARTE 5

ANALIZADOR DE RED 3 ϕ -2



TC- 2: 40/5 Amp

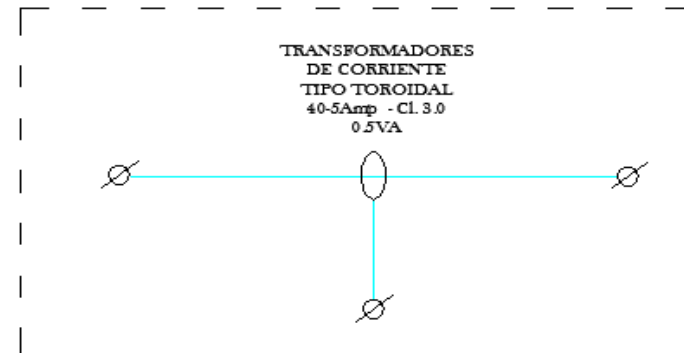


DIAGRAMA UNIFILAR – PARTE 6

SIMULADOR DE FALLAS / PROTECCIONES - 2

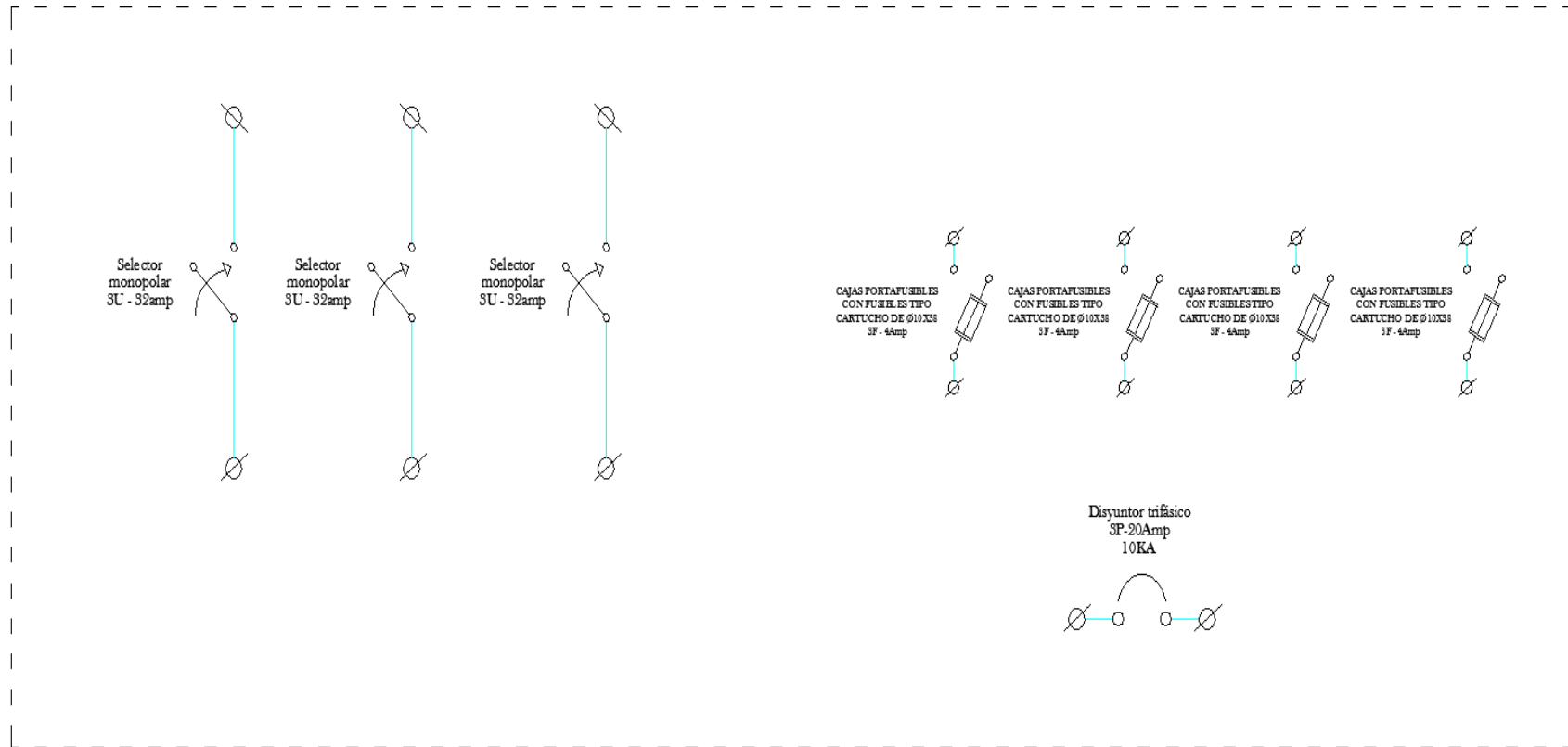
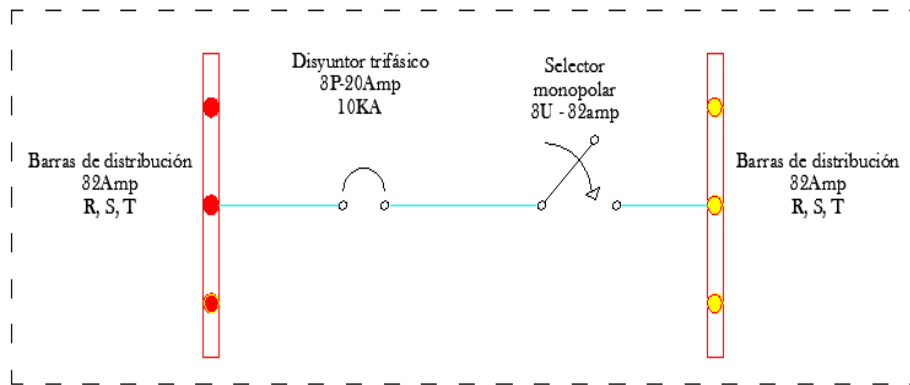


DIAGRAMA UNIFILAR – PARTE 7

BARRA DE CARGAS



CARGA 3 ϕ - BALANCEADA 0.75HP

