



CARRERA
INGENIERÍA ELÉCTRICA

TÉSIS

Previa a la obtención del Título de:
Ingeniero Eléctrico

TÍTULO

Análisis de un Sistema de Distribución Trifásico

AUTORES

Luis Salvador Cevallos Jácome
Rubén Andrés Medina González

DIRECTOR

Ing. Fernando Bustamante G. M.Sc

Guayaquil

Marzo 2015

AGRADECIMIENTOS

A Dios; por proporcionarme salud cada día y permitirme alcanzar mis metas personales y profesionales

A familia; en especial a mi madre Ada, mi tía Rosa y mis hermanos quienes supieron mostrarme su apoyo incondicional.

A mis profesores, de todas las unidades educativas a las que asistí.

Luis Salvador Cevallos Jácome

En primer lugar quiero darle gracias a Dios por guiarme en cada uno de mis días y brindarme esa fuerza y voluntad para cumplir mis objetivos.

A mis padres Jorge Medina y Alexandra González por todos sus apoyos, consejos y comprensión que han hecho de mí una persona capaz de salir adelante y afrontar todas las situaciones que se me puedan presentar en la vida, mis hermanos que estuvieron en todo momento sin importar la circunstancia, hora o lugar que me encuentre para hacerme saber que estaba y contaba con ellos siempre.

Rubén Andrés Medina González

DEDICATORIA

A Dios, quien supo proporcionar salud a toda mi familia y en especial a mí a lo largo de estos años y supo fortalecerme cada día para alcanzar todas mis metas.

A mis padres y a mi familia quienes supieron guiarme a lo largo de estos años y mostrarme y cariño y apoyo incondicional en todo momento.

A mis profesores quienes supieron inculcarme todos sus conocimientos y enseñanzas ayudando a formar mi carácter y personalidad en bien de la sociedad.

Luis Salvador Cevallos Jácome

Este logro va dedicado a mi familia, mis padres que son los pilares fundamentales en mi vida, que nunca me fallaron y estuvieron siempre apoyándome.

A mis hermanos para que sigan adelante en sus metas y esto sea una inspiración más para que puedan cumplir sus objetivos, como yo estoy cumpliendo el mío.

A mis tíos y primos, que aunque no hemos compartido el mayor tiempo juntos sé que esto es un orgullo para todos ellos.

Rubén Andrés Medina González

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El trabajo de tesis de grado titulada: **ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN TRIFÁSICO** ha sido desarrollado con base a una investigación profunda, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de los autores y el patrimonio intelectual de la misma, a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**.

Guayaquil, ---- Marzo de 2015

Presentado por:

(f)

Luis Salvador Cevallos Jácome

1723647762

(f)

Rubén Andrés Medina González

0930061114

(f)

Tutor. Ing. Fernando Bustamante G. M.Sc.

INFORME DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TESIS

En mi calidad de Director del Trabajo de Tesis presentado por los egresados, LUIS SALVADOR CEVALLOS JÁCOME Y RUBÉN ANDRÉS MEDINA GONZÁLEZ, para optar por el título de INGENIERO ELÉCTRICO, cuyo tema es: ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN TRIFÁSICO, considero que el presente trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Guayaquil, a los 30 días del mes de Marzo del 2015

Ing. Fernando Bustamante G. M.Sc.

C.I.

INDICE

PORTADA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA	iii
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.....	iv
INFORME DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TESIS	v
INDICE GENERAL	vii
INDICE DE TABLAS.....	xii
INDICE DE GRÁFICOS	xxi
INDICE DE FIGURAS.....	xxi
INDICE DE ANEXOS.....	xxviii
RESUMEN.....	xxix
ABSTRACT	xxx

INDICE GENERAL

INTRODUCCION

CAPÍTULO 1	2
1. Antecedentes y Planteamiento del Problema	2
1.1. Presentación	2
1.2. Antecedentes	2
1.3. Planteamiento del Problema	2
1.4. Objetivos	3
1.5. Justificación	3
CAPÍTULO 2	2
2. Marco Teórico	2
2.1. Preliminares	2
2.2. El Transformador	2
2.3. Funcionamiento del Transformador	6
2.4. Tipos de Transformadores	6
2.4.1. Transformador de Potencia	6
2.4.2. Transformador Monofásico	7
2.4.3. Transformador Trifásico	8
2.4.4. Transformador de Potencial (TP)	8
2.4.5. Transformador de Corriente (TC)	9
2.4.6. Transformador de frecuencia variable	9
2.4.7. Transformador de pulsos	10
2.4.8. Transformador electrónico	10
2.4.9. Transformador Toroidal	11
2.4.10. Autotransformador	11
2.4.11. Transformador de grano orientado	12
2.4.12. Transformador de núcleo envolvente	12
2.4.13. Transformador piezoeléctrico	13
2.4.14. Transformador de núcleo de aire	13
2.5. Pruebas para los transformadores de distribución	14
2.5.1. Introducción	14
2.5.2. Pruebas Eléctricas	14

2.5.2.1. Prueba de medición de resistencia	14
2.5.2.2. Prueba de resistencia de aislamiento	14
2.5.2.3. Prueba de corto circuito	14
2.5.2.4. Prueba de vacío	14
2.5.2.5. Prueba de relación de transformación	15
2.5.2.6. Prueba de polaridad	15
2.6. Conexiones usuales de los transformadores trifásicos.	15
2.6.1. Conexión delta-delta(Δ - Δ).....	15
2.6.2. Conexión delta-estrella (Δ -Y).....	16
2.6.3. Conexión estrella-estrella (Y-Y) sin neutro	16
2.6.4. Conexión estrella-estrella (Y-Y) con neutro	17
2.6.5. Conexión estrella-delta (Y- Δ)	17
2.6.6. Conexión delta abierta-delta abierta (V-v)	18
2.7. Cálculo del transformador.....	19
2.7.1. Introducción.....	19
2.7.2. Cálculo de las tensiones y corrientes en los devanados.	21
2.7.3. Cálculo del número de espiras, sección del conductor y sección del núcleo.....	22
2.7.4. Cálculos de los calibres del conductor	25
2.7.5. Cálculo de la sección transversal del núcleo y sus dimensiones geométricas	26
2.7.6. Cálculo de las dimensiones de la bobina, del ancho de la ventana y arcadas del núcleo	28
2.7.7. Bobina de alto voltaje (A.V.)	32
2.7.8. Cálculo de aislamiento menores para la bobina de A.V.	35
2.7.9. Diseño dieléctrico del transformador	41
2.7.9.1. Cálculo de aislamientos menores	41
2.7.9.2. Sección de aislamientos mayores	43
2.7.10. Pérdidas en el transformador y eficiencia.	43
2.7.10.1. Pérdidas en el hierro.....	43
2.7.10.2. Pérdidas en el conductor	44
2.7.11. Impedancia del transformador	47
2.7.11.1. Resistencia equivalente y % de resistencia	47
2.7.11.2. Porcentaje de la reactancia de dispersión	48

2.8.	Descripción de un sistema de distribución trifásico.....	49
2.8.1.	Valores de servicio	51
2.8.2.	Conexiones de los transformadores	51
2.8.3.	Conductores : Materiales y Secciones Normales	52
2.9.	Perturbaciones en las líneas de media y baja tensión.....	54
2.9.1.	Armónicos y su influencia en las redes de distribución de energía eléctrica.....	54
2.9.1.1.	Origen de los armónicos	54
2.9.1.2.	Principales problemas causados por armónicos de corriente y voltaje	55
2.9.2.	Factor de potencia en las redes de distribución.	56
CAPÍTULO 3.....		63
3.1.	Diseño y construcción del banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.....	63
3.2.	Elaboración de la lámina de principal del tablero.....	63
3.3.	Colocación e instalación de los equipos de medición y elementos en el tablero	63
3.4.	Conexión de los equipos y los distintos elementos eléctricos	66
3.5.	Inventario de equipos que forman parte del tablero	68
3.6.	Presupuesto utilizado para la construcción del banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos	68
CAPÍTULO 4.....		63
4.1.	Guía de prácticas para pruebas del banco.....	63
4.2.	PRÁCTICA NO. 1: Seguridad y mantenimiento del banco de pruebas...	72
4.2.1.	DATOS INFORMATIVOS.....	72
4.2.2.	DATOS DE LA PRÁCTICA	72
4.2.3.	NORMAS DE SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS.....	74
4.2.4.	NORMAS DE SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS.....	86
4.2.5.	NORMAS DE SEGURIDAD DENTRO DEL LABORATORIO	86
4.3.	PRÁCTICA NO. 2: Mantenimiento y seguridad del banco de pruebas...	89
4.3.1.	DATOS INFORMATIVOS.....	89
4.3.2.	DATOS DE LA PRÁCTICA	89

4.4. Práctica No. 3 Prueba a vacío a plena tensión comprobando los valores nominales de voltaje en el primario y secundario del transformador trifásico de distribución	131
4.4.1. DATOS INFORMATIVOS.....	131
4.2.2. DATOS DE LA PRÁCTICA	131
4.5. Práctica No.4: Funcionamiento del transformador trifásico de distribución con carga residencial (focos incandescentes)	140
4.5.1. DATOS INFORMATIVOS.....	140
4.5.2. DATOS DE LA PRÁCTICA	140
4.6. Práctica No.5 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).	152
4.6.1. DATOS INFORMATIVOS.....	152
4.6.2. DATOS DE LA PRÁCTICA	152
4.7. Práctica No.6: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.	164
4.7.1. DATOS INFORMATIVOS.....	164
4.7.2. DATOS DE LA PRÁCTICA	164
4.8. Práctica No.7: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) con carga industrial artesanal.....	175
4.8.1. DATOS INFORMATIVOS.....	175
4.8.2. DATOS DE LA PRÁCTICA	175
4.9. Práctica No. 8: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal.	188
4.9.1. DATOS INFORMATIVOS.....	188
4.9.2. DATOS DE LA PRÁCTICA	188
4.10. Práctica No. 9: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores e incandescentes) con carga industrial artesanal.	201
4.10.1. DATOS INFORMATIVOS.....	201
4.10.2. DATOS DE LA PRÁCTICA	201
4.11. Práctica No. 10: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.	214
4.11.1. DATOS INFORMATIVOS.....	214
4.11.2. DATOS DE LA PRÁCTICA	214

4.12.	Práctica No. 11: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.....	227
4.12.1.	DATOS INFORMATIVOS.....	227
4.12.2.	DATOS DE LA PRÁCTICA	227
4.13.	Práctica No. 12: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.....	240
4.13.1.	DATOS INFORMATIVOS.....	240
4.13.2.	DATOS DE LA PRÁCTICA	240
4.14.	Práctica No. 13: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.....	253
4.14.1.	DATOS INFORMATIVOS.....	253
4.14.2.	DATOS DE LA PRÁCTICA	253
4.15.	Práctica No. 14: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.	266
4.15.1.	DATOS INFORMATIVOS.....	266
4.15.2.	DATOS DE LA PRÁCTICA	266
4.16.	Práctica No. 15: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia (0.72-0.92).....	278
4.16.1.	DATOS INFORMATIVOS.....	278
4.16.2.	DATOS DE LA PRÁCTICA	278
CONCLUSIONES		292
RECOMENDACIONES.....		292
ANEXOS		294

INDICE DE TABLAS 1

CAPITULO 2

TABLA 2. 1 Voltajes nominales preferenciales.....	19
TABLA 2. 2 Eficiencias mínimas permitidas en los transformadores de distribución (en %).	20
TABLA 2. 3 Impedancias normalizadas	20
TABLA 2. 4 Regulaciones de voltaje (tap)	24
TABLA 2. 5 Lámina de aluminio lisa	30
TABLA 2. 6 Lámina de aluminio lisa	31
TABLA 2. 8 Pérdidas sin carga de los transformadores de distribución	43
TABLA 2. 9 Transformadores de distribución de la EEQ S.A.....	49
TABLA 2. 10 Transformadores de distribución monofásicos de la EEQ S.A.	50
TABLA 2. 11 Transformadores de distribución trifásicos de la EEQ S.A.....	50
TABLA 2. 12 Valores nominales de servicio de la EEQ S.A.....	51
TABLA 2. 13 Transformadores de distribución.	51
TABLA 2. 14 Materiales y Secciones Normales para instalaciones subterráneas. ...	52
TABLA 2. 15 Máximo y mínimo calibres de conductores de AAC o ACSR para instalación área.....	53

CAPITULO 4

TABLA 4. 1 Toma de valores transformador trifásico # 1	91
TABLA 4. 2 Toma de valores Transformador Trifásico #2 de 1.5 kva	93
TABLA 4. 3 Toma de Valores – Analizador de Red 1	96
TABLA 4. 4 Toma de Valores – Analizador de Red 2	98
TABLA 4. 5 Toma de Valores – Motor 6 Terminales	100
TABLA 4. 6 Toma de Valores –Contactor K1	101
TABLA 4. 7 Toma de Valores – Contactor K2	102

TABLA 4. 8 Toma de Valores – Contactor K3.....	103
TABLA 4. 9 Toma de Valores – Luz Piloto H1.....	104
TABLA 4. 10 Toma de Valores – Luz Piloto H2.....	105
TABLA 4. 11 Toma de Valores – Luz Piloto H3.....	106
TABLA 4. 12 Toma de Valores – Luz Piloto H4.....	107
TABLA 4. 13 Toma de Valores – Transformador de Corriente.....	108
TABLA 4. 14 Toma de Valores – Transformador de Corriente.....	109
TABLA 4. 15 Toma de Valores – Transformador de Corriente.....	110
TABLA 4. 16 Toma de Valores – Transformador de Corriente.....	111
TABLA 4. 17 Toma de Valores – Transformador de Corriente.....	112
TABLA 4. 18 Toma de Valores – Transformador de Corriente.....	113
TABLA 4. 19 Toma de Valores – Disyuntor 6A.....	114
TABLA 4. 20 Toma de Valores – Disyuntor 6A.....	115
TABLA 4. 21 Toma de Valores – Disyuntor 6A.....	116
TABLA 4. 22 Toma de Valores – Disyuntor 3A.....	117
TABLA 4. 23 Toma de Valores – Disyuntor 3A.....	118
TABLA 4. 24 Toma de Valores – Disyuntor 2A.....	119
TABLA 4. 25 Toma de Valores – Disyuntor 2 ^a	120
TABLA 4. 26 Toma de Valores – Disyuntor 2A.....	121
TABLA 4. 27 Toma de Valores – Selector Trifásico Disyuntor	122
TABLA 4. 28 Toma de Valores – Selector Trifásico.....	123
TABLA 4. 29 Toma de Valores – Selector monofásico	124
TABLA 4. 30 Toma de Valores – Selector monofásico	125
TABLA 4. 31 Toma de Valores – Fusible 2A.....	126
TABLA 4. 32 Toma de Valores – Fusible 4A.....	127

TABLA 4. 33 Toma de Valores - Borneras y Conectores	128
TABLA 4. 34 Toma de Valores –Cables de Prueba	129
TABLA 4. 35 Toma de Valores – Estructura Mecánica	130
TABLA 4. 36 Toma de valores del analizador #1, prueba a vacío a plena tensión comprobando los valores nominales de voltaje en el primario y secundario del transformador trifásico de distribución.....	135
TABLA 4. 37 Toma de valores del analizador #2, prueba a vacío a plena tensión comprobando los valores nominales de voltaje en el primario y secundario del transformador trifásico de distribución.....	136
TABLA 4. 38 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).....	145
TABLA 4. 39 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).....	146
TABLA 4. 40 Toma de valores carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).....	147
TABLA 4. 41 Toma de valores carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).....	147
TABLA 4. 42 Toma de valores carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).....	148
TABLA 4. 43 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).....	157
TABLA 4. 44 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).....	158
TABLA 4. 45 Toma de valores carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).....	159

TABLA 4. 46 Toma de valores carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).....	159
TABLA 4. 47 Toma de valores carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).....	160
TABLA 4. 48 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.	169
TABLA 4. 49 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.	170
TABLA 4. 50 Toma de valores de la carga industrial artesanal.	171
TABLA 4. 51 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.	181
TABLA 4. 52 Toma de valores del analizador #2 de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.	182
TABLA 4. 53 Toma de valores de la carga residencial #1 de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.	183
TABLA 4. 54 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.....	183
TABLA 4. 55 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.....	184
TABLA 4. 56 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.....	184
TABLA 4. 57 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.	194
TABLA 4. 58 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.	195

TABLA 4. 59 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.	196
TABLA 4. 60 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.	196
TABLA 4. 61 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.	197
TABLA 4. 62 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.	197
TABLA 4. 63 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.	207
TABLA 4. 64 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.	208
TABLA 4. 65 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.	209
TABLA 4. 66 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.	209
TABLA 4. 67 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.	210
TABLA 4. 68 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.	210
TABLA 4. 69 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.	220

TABLA 4. 70 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.	221
TABLA 4. 71 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.....	222
TABLA 4. 72 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.....	222
TABLA 4. 73 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.....	223
TABLA 4. 74 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.....	223
TABLA 4. 75 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.	233
TABLA 4. 76 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.	234
TABLA 4. 77 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.	235
TABLA 4. 78 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.....	235
TABLA 4. 79 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.....	236

TABLA 4. 80 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.	236
TABLA 4. 81 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.	246
TABLA 4. 82 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.	247
TABLA 4. 83 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.	248
TABLA 4. 84 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.	248
TABLA 4. 85 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.	249
TABLA 4. 86 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.	249
TABLA 4. 87 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación	259
TABLA 4. 88 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación.	260

TABLA 4. 89 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación.	261
TABLA 4. 90 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación.	261
TABLA 4. 91 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación.	262
TABLA 4. 92 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.	262
TABLA 4. 93 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.	272
TABLA 4. 94 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.	273
TABLA 4. 95 Toma de valores funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.	274
TABLA 4. 96 Toma de valores funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.	274

TABLA 4. 97 Toma de valores funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.	275
TABLA 4. 98 Toma de valores funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.	275
TABLA 4. 99 Toma de valores del analizador # 1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.	284
TABLA 4. 100 Toma de valores del analizador # 2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.	285
TABLA 4. 101 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.	286
TABLA 4. 102 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.	286
TABLA 4. 103 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.	287
TABLA 4. 104 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.	287

INDICE DE GRÁFICOS

CAPITULO 4

GRÁFICA 4. 1 Formas de Onda de corriente del sistema en bt.....	151
GRÁFICA 4. 2 Formas de Onda de corriente del sistema en bt.....	163
GRÁFICA 4. 3 Formas de Onda de corriente del sistema en bt.....	174
GRÁFICA 4. 4 Formas de Onda de corriente del sistema en bt.....	187
GRÁFICA 4. 5 Formas de Onda de corriente del sistema en bt.....	200
GRÁFICA 4. 6 Formas de Onda de las corriente del sistema en bt.	213
GRÁFICA 4. 7 Factores de tensión en la red de media tensión.	226
GRÁFICA 4. 8 Fasores de tensión en la red de baja tensión.	239
GRÁFICA 4. 9 Forma de onda de la red de baja tensión.....	252
GRÁFICA 4. 10 Promedio factor de potencia sin mejorar	290
GRÁFICA 4. 11 Promedio factor de potencia mejorado.	290

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 2

FIGURA 2. 1 Transformador sencillo	2
FIGURA 2. 2 Funcionamiento del transformador	6
FIGURA 2. 3 Transformador de potencia	7
FIGURA 2. 4 Transformador Monofásico	7
FIGURA 2. 5 Transformador Trifásico	8
FIGURA 2. 6 Transformador de Potencial.....	8
FIGURA 2. 7 Transformador de Corriente.....	9
FIGURA 2. 8 Transformador Frecuencia de variable.....	9
FIGURA 2. 9 Transformador de pulsos	10

FIGURA 2. 10 Transformador Electrónico	10
FIGURA 2. 11 Transformador Toroidal	11
FIGURA 2. 12 Autotransformador	11
FIGURA 2. 13 Transformador de grano orientado	12
FIGURA 2. 14 Transformador de núcleo envolvente	12
FIGURA 2. 15 Transformador piezoeléctrico	13
FIGURA 2. 16 Transformador de núcleo de aire.....	13
FIGURA 2. 17 Conexión delta-delta (Δ - Δ).	16
FIGURA 2. 18 Conexión delta-estrella (Δ -Y).	16
FIGURA 2. 19 Conexión estrella-estrella (Y-Y).	17
FIGURA 2. 20 Conexión estrella-estrella (Y-Y).	17
FIGURA 2. 21 Conexión estrella-estrella (Y-Y).	18
FIGURA 2. 22 Conexión estrella-estrella (V-v).	18
FIGURA 2. 23 Plano abierto de los devanados (AT,BT)	25
FIGURA 2. 24 Arcada del núcleo tipo acorazado.	27
FIGURA 2. 25 Corte sección transversal del núcleo.	27
FIGURA 2. 26 Corte sección transversal del núcleo	30
FIGURA 2. 27 Colocación de los collares en el lado de alta tensión.	33
FIGURA 2. 28 Distancias mínimas para aislamientos mayores.....	33
FIGURA 2. 29 Curvas de comportamiento.	36
FIGURA 2. 30 Diagrama en corte del conjunto núcleo y bobina.....	38
FIGURA 2. 31 Representación de las arcadas.....	39
FIGURA 2. 32 Corrientes armónicas inyectadas por las diferentes cargas.	55
FIGURA 2. 33 Efectos perjudiciales que ocasionan los armónicos sobre los equipos eléctricos	56
FIGURA 2. 34 Triangulo de potencias	57

CAPITULO 3

FIGURA 3. 1 Diseño del banco de pruebas en Autocad.	63
FIGURA 3. 2 Diseño del banco de pruebas en AutoCAD para ser impreso en vinil.	63
FIGURA 3. 3 Colocación de los equipos y elementos del banco de pruebas.	64
FIGURA 3. 4 Vista frontal del banco de pruebas.	64
FIGURA 3. 5 Vista posterior del banco de pruebas.	65
FIGURA 3. 6 Vista posterior del banco de pruebas.	65
FIGURA 3. 7 Vista posterior del banco de pruebas.	66
FIGURA 3. 8 Conexión de los transformadores de corriente.	66
FIGURA 3. 9 Conexión de los contactores.	67
FIGURA 3. 10 Modulo de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.	67
FIGURA 3. 11 Banco de pruebas para sistemas de distribución.	68

CAPITULO 4

FIGURA 4. 1 Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.	74
FIGURA 4. 2 Toma trifásico	74
FIGURA 4. 3 Disyuntor principal	75
FIGURA 4. 4 Alimentación carga residencial	75
FIGURA 4. 5 Alimentación carga residencial	76
FIGURA 4. 6 Analizador de red trifásico	76
FIGURA 4. 7 Transformadores de corriente.	77
FIGURA 4. 8 Transformador trifásico	78
FIGURA 4. 9 Barra de alimentación trifásica	78
FIGURA 4. 10 Porta fusibles	79
FIGURA 4. 11 Portafusibles	80
FIGURA 4. 12 Tap de derivación.	80

FIGURA 4. 13 Contactores.	81
FIGURA 4. 14 Disyuntor	81
FIGURA 4. 15 Selector.....	82
FIGURA 4. 16 Luz piloto.....	82
FIGURA 4. 17 Barra de carga	83
FIGURA 4. 18 Carga Residencial	84
FIGURA 4. 19 Carga Industrial.....	84
FIGURA 4. 20 Carga Industrial.....	85
FIGURA 4. 21 Carga Industrial.....	85
FIGURA 4. 22 Diagrama eléctrico prueba a vacío a plena tensión comprobando los valores nominales de voltaje en el primario y secundario del transformador trifásico de distribución.....	137
FIGURA 4. 23 Diagrama eléctrico prueba a vacío a plena tensión comprobando los valores nominales de voltaje en el primario y secundario del transformador trifásico de distribución.....	138
FIGURA 4. 24 Práctica prueba a vacío a plena tensión comprobando los valores nominales de voltaje en el primario y secundario del transformador trifásico de distribución.	139
FIGURA 4. 25 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).	149
FIGURA 4. 26 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes)	150
FIGURA 4. 27 Práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).	151
FIGURA 4. 28 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).	161
FIGURA 4. 29 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).	162
FIGURA 4. 30 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).	163

FIGURA 4. 31 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.....	172
FIGURA 4. 32 Diagrama de conexión funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.	173
FIGURA 4. 33 Diagrama de conexión funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.	174
FIGURA 4. 34 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.	185
FIGURA 4. 35 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.	186
FIGURA 4. 36 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.	187
FIGURA 4. 37 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.....	198
FIGURA 4. 38 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.	199
FIGURA 4. 39 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.....	200
FIGURA 4. 40 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.	211
FIGURA 4. 41 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.	212
FIGURA 4. 42 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.	213
FIGURA 4. 43 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.....	224

FIGURA 4. 44 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.	225
FIGURA 4. 45 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.	226
FIGURA 4. 46 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.	237
FIGURA 4. 47 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.	238
FIGURA 4. 48 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.	239
FIGURA 4. 49 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.	250
FIGURA 4. 50 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.	251
FIGURA 4. 51 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.	252
FIGURA 4. 52 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformado.	263

FIGURA 4. 53 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador.....	264
FIGURA 4. 54 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.	265
FIGURA 4. 55 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.	276
FIGURA 4. 56 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.	277
FIGURA 4. 57 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.	288
FIGURA 4. 58 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.	289
FIGURA 4. 59 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia. ...	291

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Hoja de especificaciones de medidor de energía 2.....	294
ANEXO 2 Hoja de especificaciones de medidor de energía 2.....	295
ANEXO 3 Hoja de especificaciones de medidor de energía 2.....	296
ANEXO 4 Hoja de especificaciones de medidor de energía 1.....	296
ANEXO 5 Hoja de especificaciones de medidor de energía 1.....	297
ANEXO 6 Hoja de especificaciones de medidor de energía 1.....	298



CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Análisis de un Sistema de Distribución Trifásico

Autores: Luis Salvador Cevallos Jácome lscevallosj@hotmail.com
Rubén Andrés Medina González rubenmedina_92@hotmail.com

Director: Ing. Fernando Bustamante G. M.Sc. ing.fbustag@hotmail.com

RESUMEN

Los sistemas trifásicos de distribución son la manera más eficiente que las empresas suministradoras de la energía eléctrica emplean para distribuir a los usuarios.

Los parámetros regulados son: el nivel de voltaje en las instalaciones de los usuarios, bajo factor de potencia, corrientes parásitas o armónicas, etc. El análisis de los sistemas de distribución nos permitirá establecer soluciones viables, efectivas y económicas para solucionar o regular estos parámetros dentro de los rangos establecidos por el CONELEC y nos permitirá conocer los principales problemas que se presenta en las líneas de media y baja tensión.

Gracias a la construcción del banco de pruebas para simular un sistema de distribución trifásico se encontró que la conexión de los transformadores del sistema influyen bastante en la calidad del servicio, principalmente vemos que la conexión delta-estrella es la más utilizada en las redes de distribución ya que al estar el primario del transformador en conexión delta ayuda a distribuir los desequilibrios parcialmente y a encasquillar o atrapar los armónicos generados por los usuarios.

Observamos como los focos ahorradores pueden inyectar armónicos hacia la red de baja tensión además de distorsionar la forma de onda.

Se diseñaron 15 prácticas en las cuales se analizaran los parámetros antes mencionados y además de las fallas más usuales que tienen las redes de distribución

PALABRAS CLAVE

Sistemas de distribución trifásicos, calidad de energía, conexiones de transformadores, armónicos, tensión

ABSTRACT

The three-phase distribution systems are the most efficient way that the suppliers of electricity used to distribute to users.

The regulated parameters are: the voltage level on the premises of users, low power factor, deadbeat currents or harmonic, etc. The analysis of distribution systems allow us to establish viable, effective and economical to fix or regulate these parameters within the ranges established by the CONELEC and offers insight into the main issues presented in the lines of medium and low voltage solutions.

Thanks to the construction of the test to simulate a three-phase distribution was found to connect the transformers of the system influence enough in the quality of service, primarily we see the connection delta-Star is most often used in distribution networks and that being the primary of the transformer delta connection helps distribute imbalances and caught partially or catch the harmonics generated by these users.

We note as saving bulbs can inject harmonics to the low voltage network while distorting the waveform.

Fifteen practices in which the above parameters are analyzed and in addition to the most common flaws that have distribution networks at both medium and low voltage were designed.

KEYWORDS

Phase distribution systems, power quality, connections transformers, harmonic, and tension.

CAPÍTULO 1

1. Antecedentes y Planteamiento del Problema

1.1. Presentación

Dentro del campo de la ingeniería eléctrica un sistema trifásico es un sistema de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica. Está constituido por tres corrientes alternas monofásicas de similar frecuencia y amplitud que están desfasadas entre sí 120 grados, las corrientes que forman el sistema se las denomina con el nombre de fase.

A un sistema trifásico se le denomina equilibrado cuando sus corrientes son similares y están desfasadas simétricamente. Cuando un sistema trifásico presenta corrientes diferentes que no están desfasadas simétricamente, se le denomina sistema trifásico desequilibrado o desbalanceado.

La primordial aplicación para los sistemas trifásicos se encuentra en la distribución de la energía eléctrica a los usuarios por parte de la empresa distribuidora.

Un sistema de distribución trifásico presenta un sin número de ventajas como por ejemplo líneas de transporte de energía con hilos más finos en comparación con una línea monofásica equivalente, esto ayuda a disminuir costos de operación y mantenimiento.

1.2. Antecedentes

A finales del siglo XIX el sistema de distribución de energía diseñado por Edison, que empleaba corriente directa o continua, era muy inadecuado para responder con las nuevas y crecientes demandas en el campo eléctrico.

El principal problema que representaba la distribución de grandes cantidades de corriente continua o directa a largas distancias eran costos muy elevados y enormes pérdidas por disipación en forma de calor.

Con el posicionamiento de la corriente alterna en los sistemas de distribución se redujeron las enormes pérdidas gracias a la utilización de los transformadores de

potencia cuya función es elevar el voltaje para ser transportado a largas distancias con pocas pérdidas por disipación en forma de calor para a su vez ser reducido por transformadores de distribución a niveles seguros y económicos antes de proveer de energía a los usuarios.

Los sistemas de distribución trifásicos se convirtieron en la forma más eficaz, eficiente y económica para la distribución de la energía eléctrica tanto zonas urbanas como rurales y en la actualidad es el sistema más utilizado en la distribución de energía eléctrica.

1.3. Planteamiento del Problema

Dentro de los sistemas de distribución la calidad de la energía eléctrica es un tema fundamental que ha sido objeto de investigación y avances durante las últimas décadas siendo este un tema de interés tanto para las empresas distribuidoras como para los abonados del servicio.

Los sistemas de distribución trifásicos transportan la energía eléctrica desde las subestaciones de distribución hasta los usuarios industriales y residenciales, tal distribución muchas veces se ve afectada por varios problemas que alteran la calidad del servicio y la continuidad del mismo como por ejemplo: el nivel de voltaje o tensión en las instalaciones de los usuarios, corrientes parásitas o armónicos en la red, interrupción del servicio debido a fallas monofásicas, bifásicas o trifásicas

Una problemática bastante común en los sistemas de distribución es la interrupción del servicio eléctrico debido a fallas provocadas por acercamiento de ramas u otros objetos a las líneas, estas interrupciones van desde pequeños intervalos de tiempo o hasta horas, esto representa pérdidas económicas a las empresas suministradoras del servicio y a los usuarios del mismo.

1.4. Objetivos

Objetivo general

Analizar el comportamiento de un sistema de distribución trifásico (3Ø) y la red de baja tensión.

Objetivos específicos

- ✓ Diseñar y construir un banco de pruebas para un sistema de distribución trifásico.
- ✓ Utilizar el modelo real de un transformador trifásico para analizar el funcionamiento de un sistema de distribución trifásico.
- ✓ Elaborar un manual de prácticas en el cual consten prácticas propuestas y desarrolladas.
- ✓ Conocer las aplicaciones de un transformador trifásico de distribución.

1.5. Justificación

El suministro continuo de energía eléctrica en la actualidad es un elemento indispensable en el desarrollo de un país, las industrias, hospitales y hogares necesitan del constante servicio durante los 365 días del año.

El consumo de energía eléctrica por cada habitante constituye el índice más fiable del desarrollo económico en una sociedad algo que está íntimamente relacionado con el bienestar de cada habitante.

El estudio de los sistemas de distribución trifásicos permite conocer los beneficios, las ventajas y los problemas que afrontan tanto las compañías distribuidoras como los usuarios del servicio eléctrico.

En la ciudad de Guayaquil eje económico del país los usuarios del servicio eléctrico afrontan diversos problemas en el suministro, el estudio de los sistemas de distribución trifásicos permite identificar los problemas y dar solución a los mismo evitando daños y pérdidas económicas tanto a los usuarios y a las empresas distribuidoras del servicio eléctrico.

El proyecto de tesis consiste en el diseño y construcción de un sistema de distribución trifásico, en el cual se analizarán los principales componentes del mismo como el transformador trifásico, el tipo de carga que abastece el transformador ya sea esta residencial (monofásica trifilar) o industrial artesanal (trifásica). Además de varios parámetros eléctricos como: voltaje, corriente, potencias, energía, factor de potencia, corrientes parásitas o armónicos, etc.

Parámetros que ayudaran a identificar diferentes problemas en las redes de distribución, en el transformador de distribución trifásico y en la red secundaria del mismo.

CAPÍTULO 2

2. Marco Teórico

2.1. Preliminares

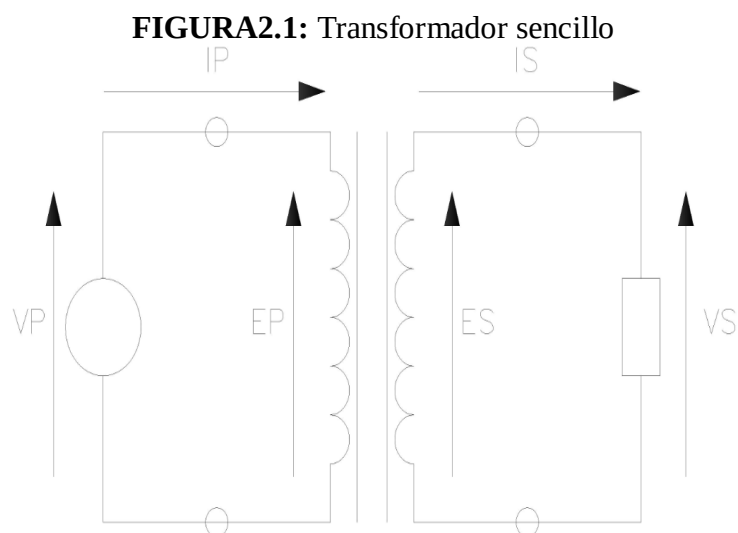
2.2. El Transformador

El Transformador es un dispositivo eléctrico estacionario, que transforma niveles de tensión de un nivel a otro sin alterar su naturaleza (sin alterar su frecuencia), a través de la inducción electromagnética. Está constituido por dos circuitos eléctricos o devanados aislados entre sí eléctricamente sobre un núcleo cerrado de material ferromagnético.

El transformador cambia las características de la energía eléctrica motivo por el cual se le denomina máquina. Máquina eléctrica estacionaria que presenta pequeñas pérdidas eléctricas y en el núcleo por tanto presenta un alto rendimiento.

Un transformador consta de dos bobinas o devanados que se les denomina primario y secundario aislados eléctricamente y unidos por un mismo núcleo ferromagnético.

En la figura 1.1 se puede observar la representación de un transformador de manera sencilla.

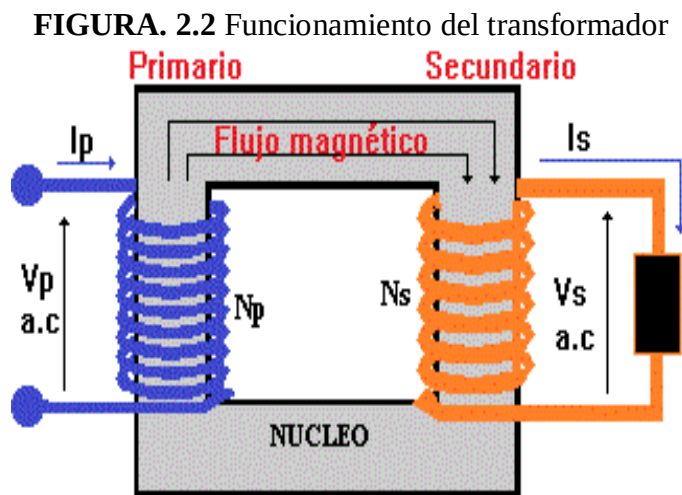


Fuente: Los Autores.

2.3. Funcionamiento del Transformador

La inducción electromagnética es el principio de funcionamiento del transformador, cuando conectamos una fuente de corriente alterna y sinusoidal a la bobina o devanado primario se genera un flujo que circula a través del núcleo hacia la bobina o devanado secundario induciendo un voltaje transformado. La frecuencia del devanado primario será igual a la del secundario.

Cuando conectamos una carga en el devanado secundario se genera una corriente circulatoria. Por tanto deducimos la transferencia de energía del devanado primario al secundario sin ningún contacto eléctrico solo a través del flujo electromagnético.



Fuente: <http://energicentro.blogspot.com/>

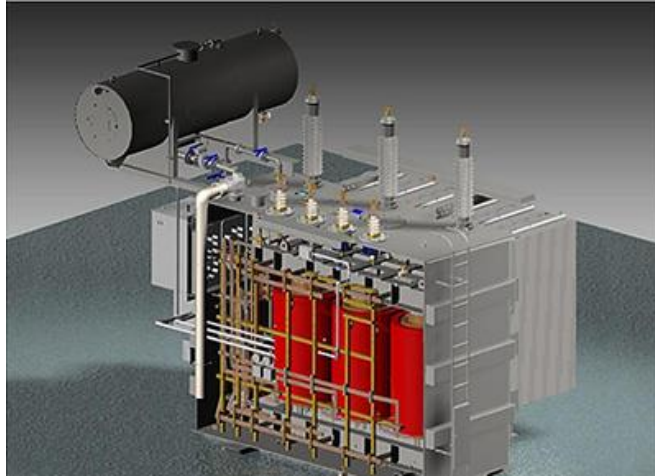
2.4. Tipos de Transformadores

Hoy en día existen varios tipos de transformadores debido al sin número de aplicaciones que se le han encontrado, principalmente las de transmisión y distribución de la energía eléctrica.

2.4.1. Transformador de Potencia.

Utilizado principalmente en las centrales de generación para elevar el voltaje y disminuir las pérdidas (efecto Joule) en las líneas de transmisión, en las subestaciones se los utiliza para reducir el nivel de tensión o voltaje para su distribución comercial a través de las líneas primarias.

FIGURA 2.3: Transformador de potencia



Fuente: <http://www.transformadoreselectricosweg.com/transformadores-de-potencia.html>

2.4.2. Transformador Monofásico.

Tiene una sola bobina o devanado en el primario y una sola bobina en el secundario, montadas en un núcleo ferromagnético, su principal aplicación está en las redes de distribución.

FIGURA 2.4: Transformador Monofásico



Fuente: http://www.enedivsa.com.mx/transformadores_voltaje.html

2.4.3. Transformador Trifásico.

Tiene tres bobinas o devanados en el primario y tres bobinas en el secundario montadas sobre un mismo núcleo ferromagnético, pueden adoptar varios tipos de conexiones entre las más importantes tenemos: Y-Y (Estrella-Estrella), Δ - Δ (Triángulo-triángulo), Δ -Y (Triángulo-Estrella) y Y- Δ (Estrella-Triángulo). Utilizado principalmente en la distribución de energía eléctrica.

FIGURA 2.5: Transformador Trifásico



Fuente: http://www.enedivsa.com.mx/transformadores_voltaje.html

2.4.4. Transformador de Potencial (TP).

Proporciona una conexión apropiada y segura en los circuitos de alta tensión para reducir el voltaje a niveles que se puedan medir a través de instrumentos de medición como medidores multifuncionales.

FIGURA 2.6: Transformador de Potencial



Fuente: <http://www.silvatech.com.ec/otros-productos.html>

2.4.5. Transformador de Corriente (TC).

Utilizados principalmente para medición y relés de protección, el transformador de corriente o TC mide la corriente que circula por un conductor a través del campo magnético natural del mismo, su rango de medición va desde los miliamperios hasta kiloamperios.

FIGURA 2.7: Transformador de Corriente



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/chauvin-arnoux/transformadores-corriente-7692-564526.html>

2.4.6. Transformador de frecuencia variable.

Utilizado principalmente en circuitos electrónicos de control, medida y comunicaciones como dispositivo de acoplamiento, utiliza la banda de audiofrecuencias para su funcionamiento.

FIGURA 2.8: Transformador Frecuencia de variable

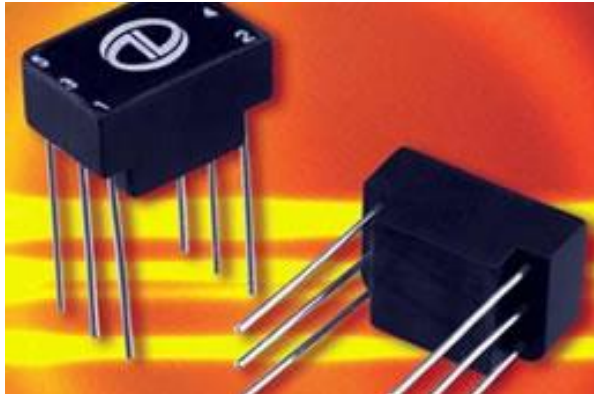


Fuente: http://www.co.all.biz/transformadores-frecuencia-variable-g15185#.VRbps_yG8w0

2.4.7. Transformador de pulsos.

Transformador caracterizado por la rapidez de su respuesta (baja autoinducción) que funciona bajo el régimen de pulsos, aplicado principalmente para dar pulsos sobre elementos de control como. SCR, triacs, etc.

FIGURA 2.9: Transformador de pulsos



Fuente: <http://www.electronicosonline.com/2005/06/13/Presentan-transformadores-de-pulso/?imprimir=true>

2.4.8. Transformador electrónico.

Transformador que tiene incorporado un circuito electrónico que eleva la frecuencia de la corriente eléctrica que alimenta al mismo, gracias a esto se reduce radicalmente su tamaño.

FIGURA 2. 10 Transformador Electrónico



Fuente: <http://www.edimport.net/TRANSFORMADOR-ELECTRNICO-12V-120V-50W-p-352.html>

2.4.9. Transformador Toroidal

Su núcleo tiene forma de anillo y es considerado el diseño ideal de un transformador, los flujos de dispersión que presenta el núcleo debido a su forma son muy reducidos por lo que presenta un alto rendimiento.

FIGURA 2.11: Transformador Toroidal



Fuente: <http://www.electromisiones.com.ar/18213/transformador-toroidal-p/dicroica-60w>

2.4.10. Autotransformador

Transformador que se caracteriza por tener en serie la bobina o devanado primario con el secundario formando un solo bobinado, es mas económico que un transformador y tiene aplicaciones similares, no presenta aislamiento galvánico entre el devanado primario con el secundario.

FIGURA 2. 12 Autotransformador



Fuente: <http://www.rayoingenieria.cl/productos.html>

2.4.11. Transformador de grano orientado

Transformador cuyo núcleo está formado por una chapa de hierro de grano orientado que esta enrollada sobre sí misma en el mismo sentido, contrariamente que los demás transformadores que presentan láminas o chapas de hierro dulce separadas, tiene un elevado costo y presenta pérdidas reducidas.

FIGURA 2. 13 Transformador de grano orientado



Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador#/media/File:Trafo.JPG>

2.4.12. Transformador de núcleo envolvente

Tiene núcleos de ferrita divididos en dos similar a una concha que encierran los bobinados para evitar los flujos de dispersión.

FIGURA 2. 14 Transformador de núcleo envolvente



Fuente: http://electricidad-alberto.blogspot.com/2009_12_01_archive.html

2.4.13. Transformador piezoeléctrico

Utiliza un cristal piezoeléctrico como núcleo al cual le aplican vibraciones mecánicas para transportar la energía del devanado primario hacia el secundario, funcionan bien con frecuencias altas y su estructura es muy plana, se utilizan para alimentar lámparas fluorescentes de las pantallas led.

FIGURA 2. 15 Transformador piezoeléctrico



Fuente: http://electricidad-alberto.blogspot.com/2009_12_01_archive.html

2.4.14. Transformador de núcleo de aire

Transformador que tiene devanados sobre un carrete sin núcleo, utilizado principalmente en aplicaciones de alta frecuencia.

FIGURA 2. 16 Transformador de núcleo de aire



Fuente: http://electricidad-alberto.blogspot.com/2009_12_01_archive.html

2.5. Pruebas para los transformadores de distribución

2.5.1. Introducción

Los transformadores de distribución son sometidos a varias pruebas para comprobar su correcto funcionamiento, estas pruebas están bajo las normas ANSI/IEEE.

2.5.2. Pruebas Eléctricas

2.5.2.1. Prueba de medición de resistencia

Utilizada principalmente para encontrar falsos contactos, espiras en corto circuito y para medir la resistencia óhmica de cada devanado o bobina. La medición de la resistencia en los transformadores trifásicos se la realiza de manera individual midiendo una fase con respecto al neutro.

Norma para el método de medición ANSI/IEEE C.57.12.90-2006.

2.5.2.2. Prueba de resistencia de aislamiento

Con esta prueba comprobamos el nivel de aislamiento del transformador, la resistencia mínima bajo funcionamiento a la que serán sometidos.

Norma para el método de medición ANSI/IEEE C.57.12.90-2006.

2.5.2.3. Prueba de corto circuito

El objetivo de la prueba de corto circuito es conocer las pérdidas del cobre en cada devanado o bobina. Aplicamos un voltaje cc(corriente continua) pequeño en cada devanado, medimos la corriente en el mismo y deducimos por medio de la ley de ohm la resistencia efectiva en cc.

Norma para el método de medición ANSI/IEEE C.57.12.90-2006.

2.5.2.4. Prueba de vacío

El objetivo de la prueba de vacío es conocer las pérdidas en el núcleo del transformador, las pérdidas pueden ser:

Perdidas por corrientes parásitas

Perdidas por histéresis

Norma para el método de medición ANSI/IEEE C.57.12.90-2006.

2.5.2.5. Prueba de relación de transformación

El objetivo de esta prueba es comprobar que la tensión de salida es la indicada en la placa, en muchos casos la tensión de salida difiere debido a devanados en corto circuito o espiras abiertas, además sirve para comprobar las relaciones de transformación para las diferentes posiciones del variador de tensión (Tap).

Comprueba la integridad de las bobinas o devanados en caso de que hayan sido reparados.

Norma para el método de medición ANSI/IEEE C.57.12.90-2006.

2.5.2.6. Prueba de polaridad

El objetivo de esta prueba es determinar el terminal por el cual ingresa la corriente desde la fuente y determinar el terminal por el cual sale la corriente hacia la carga.

Mediante esta prueba podemos determinar dos polaridades:

Polaridad aditiva. La polaridad aditiva se presenta cuando la bobina del secundario del transformador está arrollada en el mismo sentido que el bobinado del primario.

Polaridad Sustractiva. La polaridad sustractiva se presenta cuando la bobina del secundario del transformador está arrollada en sentido opuesto que el bobinado primario.

Norma para el método de medición ANSI/IEEE C.57.12.90-2006.

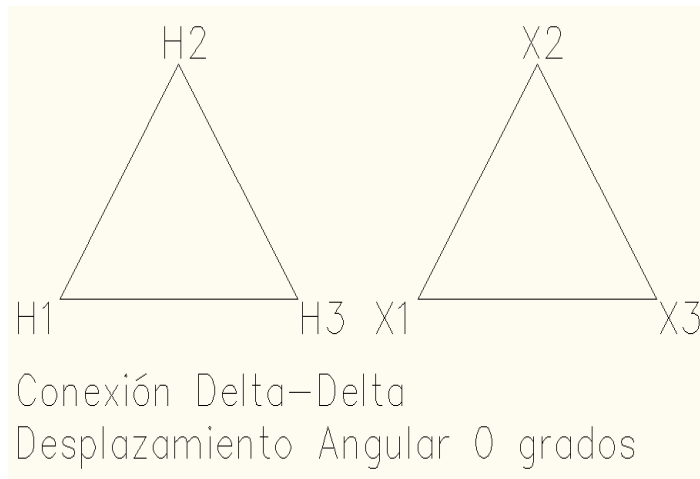
2.6. Conexiones usuales de los transformadores trifásicos.

Denominamos conexión cuando conectamos entre si bobinas o devanados de distintas fases, las conexiones de los transformadores trifásicos generalmente pueden ser en Δ (delta), Y (estrella) y V (delta abierta).

2.6.1. Conexión delta-delta(Δ - Δ)

Se caracteriza por no tener mayores problemas con las cargas desequilibradas, este tipo de conexión es usual en los transformadores de baja tensión, diagrama de conexión ver figura.

FIGURA 2. 17 Conexión delta-delta (Δ - Δ).

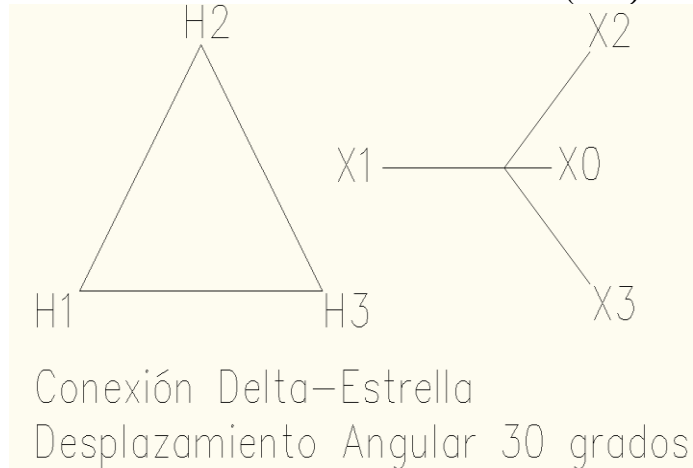


Fuente: Los Autores.

2.6.2. Conexión delta-estrella (Δ -Y)

Esta conexión es bastante común en los transformadores de potencia ubicados en las subestaciones reductoras y de los transformadores de distribución, con este tipo de conexión podemos conectar tanto cargas monofásicas como trifásicas.

FIGURA 2. 18 Conexión delta-estrella (Δ -Y).

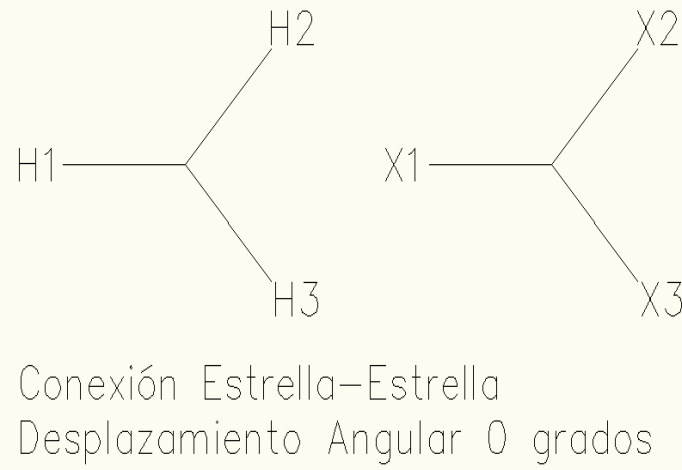


Fuente: Los Autores.

2.6.3. Conexión estrella-estrella (Y-Y) sin neutro

Conexión poco usada presenta problemas para suministrar energía a cargas desequilibradas y tiene muchos armónicos que afectan a la misma.

FIGURA 2. 19 Conexión estrella-estrella (Y-Y).

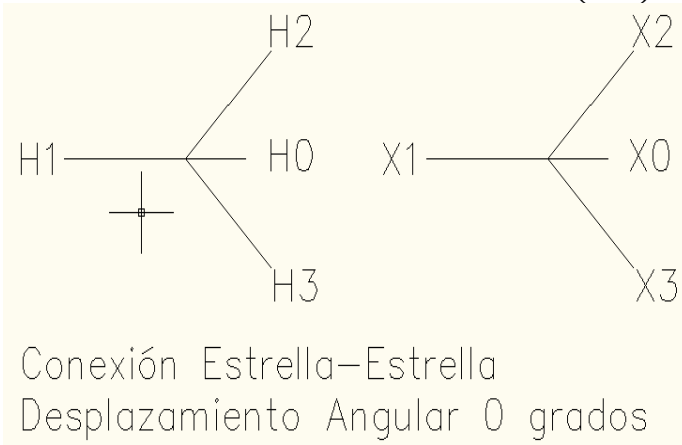


Fuente: Los Autores.

2.6.4. Conexión estrella-estrella (Y-Y) con neutro

Conexión que se caracteriza por suprimir los terceros armónicos cuando se aterriza el neutro pero permite que circulen armónicos en vacío, las cargas se equilibran y evitan el desplazamiento del neutro. En la práctica no es una conexión muy usada.

FIGURA 2. 20 Conexión estrella-estrella (Y-Y).



Fuente: Los Autores.

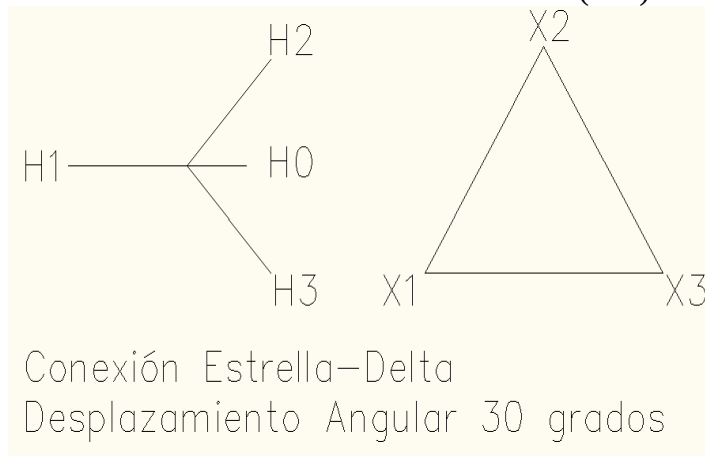
2.6.5. Conexión estrella-delta (Y-Δ)

Esta conexión ya no presenta armónicos ya que al estar el secundario en triángulo no se desequilibra con cargas desequilibradas, ya que una de las principales características del triángulo es distribuir los desequilibrios parcialmente.

Este tipo de conexiones causan inconvenientes al ponerlos en paralelo ya que el voltaje en el secundario de los dos transformadores está desfasado 30° con respecto al voltaje primario.

Este tipo de conexión se la utiliza principalmente en sistemas de alto voltaje específicamente en la etapa de generación para elevar el voltaje hacia la transmisión.

FIGURA 2. 21 Conexión estrella-delta (Y- Δ).

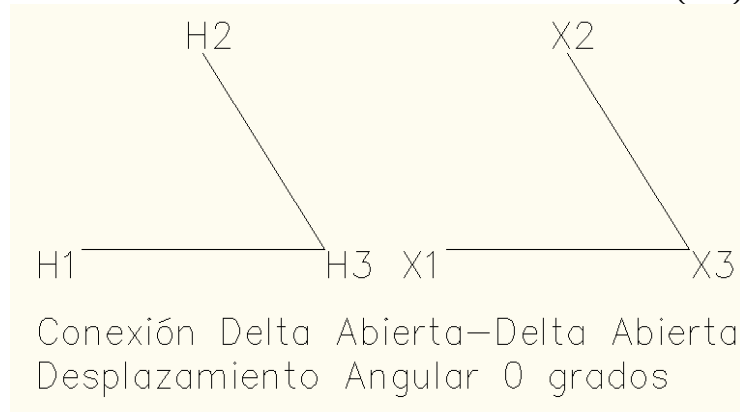


Fuente: Los Autores.

2.6.6. Conexión delta abierta-delta abierta (V-v)

Conexión utilizada principalmente en el sector industrial en banco de transformadores monofásicos, permite retirar un transformador para su mantenimiento y seguir funcionando con el 58% de la carga máxima.

FIGURA 2. 22 Conexión delta abierta-delta abierta (V-v).



Fuente: Los Autores.

2.7. Cálculo del transformador.

2.7.1. Introducción

Los cálculos del transformador son las especificaciones técnicas relacionadas con su construcción, los valores utilizados en estos cálculos varían de fabricante en fabricante pero el procedimiento y desarrollo que empleamos es el mismo.

Los datos que se van a utilizar para el cálculo del transformador deben de adaptarse al sistema de potencia de cada ciudad, valores como: voltaje tanto del devanado primario como del secundario, facto de potencia y capacidad en kva.

El diseño que realizaremos a continuación funciona para cualquier tipo de transformador sea este monofásico o trifásico ya que estos últimos están compuestos por tres monofásicos.

Diseñar un transformador tipo poste de 90KVA, 13200/220-127 voltios, 60Hz, 65°C, que tenga ± 2 derivaciones en alto voltaje del 25% cada una, conexión Δ -Y.

Como se dijo anteriormente el cálculo de un transformador trifásico son tres bobinas monofásicas con lo cual se tiene que:

$$KVA_{1\phi} = \frac{KVA_{3\phi}}{3} = \frac{90KVA}{3} = 30KVA \quad (1)$$

TABLA 2. 1 Voltajes nominales preferenciales

Clase de aislamiento (KV)	Voltajes (V)
1.2	120/240
	240/120
	220/127
	440/254
	480/277
5	4,160
8,7	8,760
15	13,200
	13,800
25	19,050
	20,000
	22,860
	23,000
34,5	33,000

	34,500
46	46,000
69	69,000

Fuente: Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores.

TABLA 2. 2 Eficiencias mínimas permitidas en los transformadores de distribución (en %).

Tipo de alimentación	Capacidad (KVA)	Clase de aislamiento		
		Hasta 15 KV	Hasta 25KV	Hasta 34,5KV
M	5	97,90	97,98	97,70
O	10	98,25	98,15	98,05
N	15	98,40	98,30	98,20
O	25	98,55	98,45	98,35
F	37,5	98,65	98,55	98,45
A	50	98,75	98,65	98,55
S	75	98,90	98,80	98,70
I	100	98,95	98,85	98,75
C	167	99,00	98,90	98,80
O				
T		97,95	97,85	97,75
R		98,25	98,15	98,05
I		98,35	98,25	98,15
F		98,50	98,40	98,30
A		98,60	98,50	98,40
S		98,70	98,60	98,50
I		98,75	98,65	98,55
C		98,80	98,70	98,60
O		98,90	98,80	98,70
S				

Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

TABLA 2. 3 Impedancias normalizadas

Fases	Voltajes AV	%Z
1Ø	13200	2 a 3
	13200YT/7620	
3Ø	13200	2 a 3
	23000	2 a 3,25
	33000	2 a 3,5

Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

De entrada se considera que el transformador a ser elaborado va a tener un arreglo de bobina (baja tensión – alta tensión), y que el devanado de baja tensión (B.T.) se lo hace con hoja de aluminio en vez de cobre, esto con la propósito de minimizar el

peso del transformador, al mismo tiempo de que reducimos también los efectos electromagnéticos ocasionados por las corrientes de cortocircuito.

Cabe tener en cuenta que al solicitar muchos transformadores en los sistemas de distribución en la actualidad se opta por diseñarlos con núcleos arrollados (tipo Wescor) en vez de usar núcleos apilados, debido que tiene la mejoría de la producción en serie y también son mucho más eficientes en funcionamiento.

2.7.2. Cálculo de las tensiones y corrientes en los devanados.

En el lado del bobinado primario por ser conexión delta, la tensión de línea va a ser igual a los voltios / bobina. Considerando las derivaciones extremas y la nominal, vamos a tener que:

Posición No.	1	2	3
Volts de línea	13860	13200	12540

- Corriente nominal en el primario

$$I_p = \frac{KVA}{V_p} = \frac{30KVA}{13,2KV} = 2,28A \quad (2)$$

- Corrientes en las posiciones 1 y 5

$$I_{p1} = \frac{KVA}{V_{p1}} = \frac{30KVA}{13,86KV} = 2,16A \quad (3)$$

$$I_{p5} = \frac{KVA}{V_{p5}} = \frac{30KVA}{12,54KV} = 2,39A \quad (4)$$

Para el secundario la tensión de fase es 127 voltios.

- Corriente de fase al secundario

$$I_{sf} = \frac{KVA}{KV} = \frac{30KVA}{0,127KV} = 236,22A \quad (5)$$

2.7.3. Cálculo del número de espiras, sección del conductor y sección del núcleo

2.7.3.1 Espiras y sección del conductor

- Determinación del número de espiras (espiras vuelta)

Se logra calcular el número inicial de espiras por medio de dos métodos que son los siguientes:

- A iniciar de un diseño similar a disposición.
- Por medio de la determinación experimental de la relación $V_t = \text{Volts} / \text{vuelta}$, en este caso utilizamos la siguiente ecuación.

$$V_t = 1.1 \sqrt{\frac{KVA_{1\emptyset}}{(Z/5)^{1/2}}} \quad (6)$$

Dónde:

$Z = \% \text{ de impedancia (3\%)}$

$KVA_{1\emptyset} = KVA \text{ monofásicos del transformador (30 KVA)}$

Por lo consiguiente:

$$N1 = \frac{V1}{V_t} \quad \text{y} \quad N1 = \frac{V2}{V_t} \quad (7)$$

Despejando valores obtenemos que:

$$V_t = 1.1 \sqrt{\frac{30 \ 1\emptyset}{(3/5)^{1/2}}}$$

$$V_t \approx 6,85$$

De igual forma utilizando la siguiente formula:

$$Vt = \frac{1}{c} \sqrt{(\text{rendimiento en voltio} - \text{amperios}) 30} \quad (8)$$

Dónde:

Rendimiento en voltio – amperio

C= toma de valores dependiendo el tipo de núcleo

Valores de c para los tipos de núcleo:

Tipo columna (core), $c = 40 - 70$

Tipo acorazado (Shell), $c = 25 - 40$

Para los diseños se requiere de números promedios, pues los valores mínimos pertenecen a voltajes bajos y frecuencias altas.

O solamente podemos usar los KVA monofásicos, con la siguiente fórmula:

$$Vt = c \sqrt{KVA} \quad (9)$$

Donde c toma los siguientes valores:

Tipo columna (core), $c = 0,6 - 0,9$.

Tipo acorazado (Shell), $c = 0,9 - 1,3$.

Volviendo al cálculo por beneficio del diseño, iniciamos calculando el número de espiras del devanado secundario.

$$N2 = \frac{V2}{Vt} = \frac{127 V}{6,85} = 18,54 \text{ espiras}$$

Por motivos de diseño se toman números enteros, en nuestro desarrollo el número entero que continúa es 19 espiras, con este valor se volverá a desarrollar los volts / vuelta, para tener las espiras en el lado del primario:

$$Vt = \frac{127}{19} = 6,68$$

Como resultado se tiene que:

$$N1 = \frac{V1}{Vt} = \frac{13200 V}{6,68} = 1976,05 \text{ espiras}$$

Para el valor real seria: N1=1976 espiras, recordemos que el requisito fue con el porcentaje de derivación arriba y abajo del valor nominal, con esto vamos a tener que emplear el mismo método de desarrollo, con la tensión de cada tabla ejemplo:

$$N1t1 = \frac{13860}{6,68} = 2074,85 \approx 2075 \text{ espiras}$$

Como segunda opción se puede calcular teniendo en cuenta un porcentaje del 5% arriba del valor nominal de la siguiente manera:

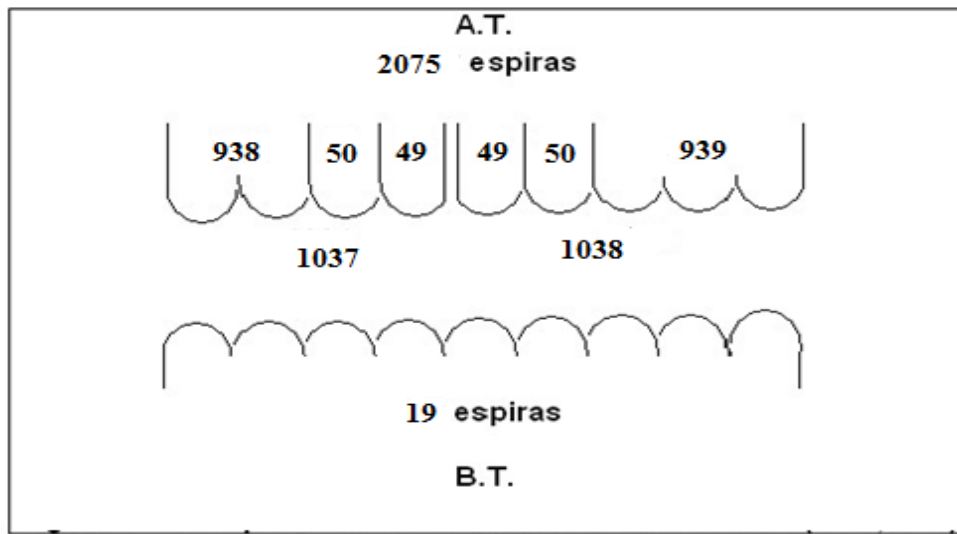
$$1976 \text{ espiras} \times 1,05 = 2074 \text{ espiras}$$

TABLA 2. 4 Regulaciones de voltaje (tap)

Posición	Voltios	Espiras
1	13860	2075
2	13530	2025
3	13200	1976
4	12870	1927
5	12540	1877

Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

FIGURA 2. 23 Plano abierto de los devanados (AT,BT)



Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

2.7.4. Cálculos de los calibres del conductor

Para el desarrollo de este cálculo es necesario escoger la densidad de corriente (δ), esta debe encontrarse dentro de los valores que están a continuación:

Transformadores sumergidos en aceite: $\delta = 2,5$ a $3,5$ amperios/ mm^2

Transformadores tipo seco: $\delta = 1,5$ a $2,5$ amperios/ mm^2 .

En el ejemplo a realizarse escogeremos una densidad de corriente de 3 amperios/ mm^2 , así vamos a tener los calibres.

Para el lado de mayor voltaje escogeremos la corriente de la 5 posición, está es levemente mayor a la corriente nominal así que tendremos:

$$A_{\text{conductor}} = \frac{I_{p5}}{\delta} = \frac{2,39 \text{ A}}{3 \text{ A/mm}^2} = 0,266 \text{ mm}^2 \quad (10)$$

Para el lado de menor voltaje se tiene que:

$$A_{\text{conductor}} = \frac{I_{p5}}{\delta} = \frac{236,22 \text{ A}}{3 \text{ A/mm}^2} = 78,74 \text{ mm}^2$$

2.7.5. Cálculo de la sección transversal del núcleo y sus dimensiones geométricas

Después de haber calculado las espiras en el lado de alta tensión y en el lado de baja tensión, estableciéndonos utilizar una densidad de flujo magnético (B^2) de 16000 gauss, de tal manera vamos a poder calcular la sección transversal del núcleo (A), utilizando la ecuación general del transformador.

$$A = \frac{V \times 10^8}{4,44 f N B} (cm^2) \quad (11)$$

$V=13200$ voltios

$f= 60$ Hz

$B= 160000$ gauss

$N=$ número de espiras

Sustituyendo valores a la expresión se va a tener lo siguiente:

$$A = \frac{13200 \times 10^8}{4,44(60)(1976)(16000)} (cm^2)$$

Si disponemos de acero eléctrico grado M – 4³ en la elaboración de núcleos arrollados, el factor de apilamiento (fe), lo vamos a encontrar entre los valores 0,93 a 0,95 para el análisis que se está desarrollando emplearemos un (fe) de 0,97, de tal manera tenemos que:

$$An = Af \times fe(12)$$

Dónde:

$An=$ área neta

$Af=$ área física

$Fe=$ factor de apilamiento, o de laminación, conocido también como factor de espacio.

Despejando Af de la ecuación anterior tenemos que:

$$Af = \frac{An}{fe} = \frac{156,72 \text{ cm}^2}{0,97} = 161,56 \text{ cm}^2$$

En los lados transversales rectangulares en el desarrollo realizado por nosotros tendremos lo siguiente:

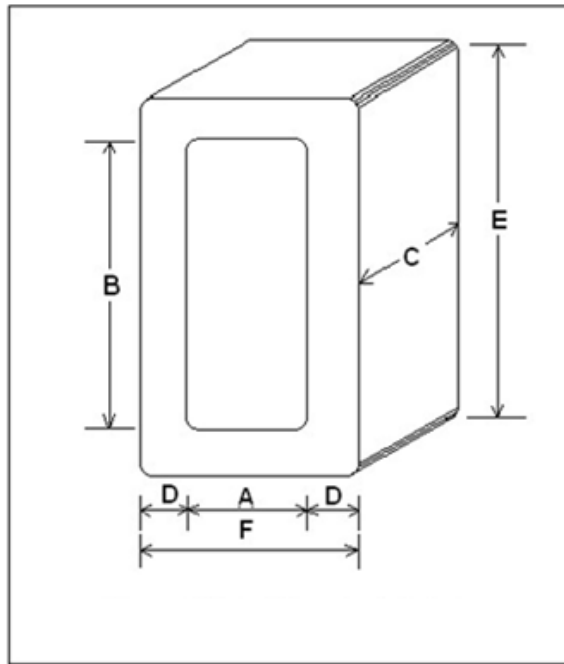
(C) ancho de lámina.

(D) espesor de lámina de la arcada.

$C = (2 \text{ a } 3) 2D$, para núcleo tipo acorazado.

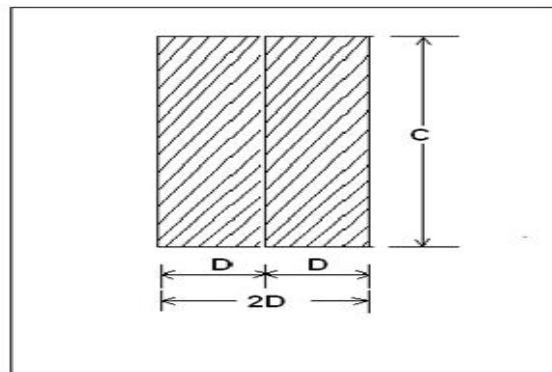
$C = (1,4 \text{ a } 2) D$, para núcleo tipo columna.

FIGURA 2. 24 Arcada del núcleo tipo acorazado.



Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

FIGURA 2. 25 Corte sección transversal del núcleo.



Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

Obteniendo el ancho de lámina (C) de 21,0 cm, tomando el diseño de un núcleo tipo acorazado, se puede encontrar su espesor (2D), en consideración de su área física (Af), así como se puede observar en el grafico 2.7.5.2, tenemos la siguiente expresión:

$$2D = \frac{Af}{C} = \frac{161,56 \text{ cm}^2}{21 \text{ cm}} = 7,69 \text{ cm} \quad (13)$$

$$2D = 76,9 \text{ mm}$$

Para calcular cuantas laminaciones se necesitan para formar un paquete o espesor (2D), se lo obtiene tomando en cuenta el espesor de la lámina, en nuestro desarrollo el espesor a utilizar es de 0,28 mm que es del acero eléctrico grado M4, por lo tanto necesitamos arrollar:

$$\text{No. Laminaciones} = \frac{2D}{0,28} = \frac{76,9 \text{ mm}}{0,28 \text{ mm}} = 275 \text{ vueltas} \quad (14)$$

Regularmente la altitud de la ventana, tiende a ser de 2,5 a 3,5 veces el espesor (2D), si utilizamos el valor de 3,25 vamos a tener lo siguiente:

$$B = 2D \times 3,25 \quad (15)$$

$$B = 76,9 \text{ mm} \times 3,25 = 249,92 \text{ mm}$$

$$B = 24,99 \text{ cm}$$

2.7.6. Cálculo de las dimensiones de la bobina, del ancho de la ventana y arcadas del núcleo

Con el desarrollo de los cálculos que hicimos al principio tenemos los siguientes resultados como datos principales que nos van a servir de mucha ayuda para la determinación de las bobinas del transformador y el ancho de la ventana de las arcadas del núcleo.

2.7.6.1 Dimensiones del bobinado de bajo voltaje (B.V.)

El conductor que se utilizara en el bobinado de bajo voltaje se lo realizara en hoja de aluminio (foil de aluminio), esto va a requerir cambios o ajustes en el valor de la sección del conductor. Para el cobre se tiene un área $A_{cond} = 65,61 \text{ mm}^2$, al ser

aluminio se va a tener que compensar el área en un 61%, para así tener una equivalencia de conductividad y de pérdidas de carga, por lo tanto se tiene que:

$$A_{cond}(Al) = A_{cond}(Cu) \times 1,61 \quad (16)$$

$$A_{cond}(Al) = 78,74 \text{ mm}^2 \times 1,61$$

$$A_{cond}(Al) = 126,77 \text{ mm}^2$$

O por medio también la siguiente formula

$$A_{cond}(Al) = \frac{Is}{\delta} = \frac{236,22 \text{ A}}{1,86 \text{ Al mm}^2} = 127 \text{ mm}^2 \quad (17)$$

Dónde:

δ = densidad del aluminio, este valor está considerado en proporción inversa a la conductividad del cobre.

$$hs = B - 2(d_a + r_c) \quad (18)$$

Dónde:

hs= altura efectiva del devanado

B= altura ventana núcleo

d_a = distancia de aislamiento axial (collar + aisl. Del yugo)

r_c =3,17 mm (radio de curvatura del núcleo)

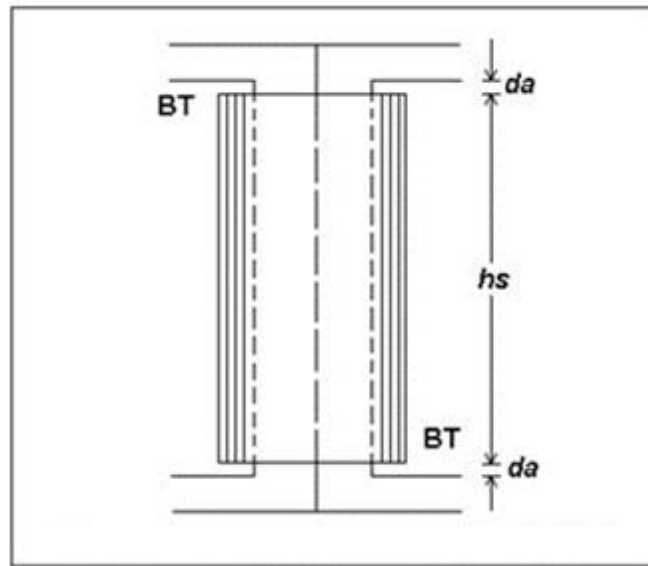
Sustituyendo los valores tenemos lo siguiente:

$$hs = 24,99 \text{ cm} - 2(0,8 \text{ cm} + 0,317 \text{ cm})$$

$$hs = 24,99 - 2,23$$

$$hs = 22,76 \text{ cm ó } 227,6 \text{ mm}$$

FIGURA 2. 26 Corte sección transversal del núcleo



Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

Tomando en cuenta los tipos de calibres BWG de láminas de aluminio, son dos calibres los que vamos a utilizar que son el más próximo para el área calculada, el calibre 30 y el 34 para el espesor de 0,484mm (BWG # 30 y 34 aleación 2S-H14, temple suave), por lo tanto el bobinado de baja tensión, constara de 20 vueltas, de una vuelta por capa, para un total de 20 capas.

El espesor o dimensión radial de la bobina de baja tensión, será de:

$$d_{BT} = 20(0,4834 \text{ mm} + 0,127 \text{ mm}) = 12,21 \text{ mm}$$

A esta dimensión le damos un 5% de tolerancia por motivos de su uso de cintas y amarres tenemos que:

$$d_{BT} = 12,21 \text{ mm} \times 1,05 = 12,81 \text{ mm}$$

TABLA 2. 5 Lámina de aluminio lisa

En rollo de 91,4 cm de ancho.

Aleaciones 2S-H14 temple medio, duro y suave					
Nº	Calibre B.W.G			Peso aproximado	
	Mm	pulgadas		Kg x metro	Kg x m ²

				lineal	
02	16	1,651	0,065	4,036	4,470
04	18	1,245	0,049	3,080	3,370
06	19	1,070	0,042	2,376	2,600
08	20	0,889	0,035	2,202	2,410
10	22	0,711	0,028	1,755	1,920
12	24	0,559	0,022	1,380	1,510
14	26	0,454	0,018	1,132	1,239
16	38	0,051	0,002	0,125	0,138

Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

TABLA 2. 6 Lámina de aluminio lisa

En rollo de 60,9 cm de ancho.

Aleaciones 2S-H14 temple medio, duro y suave					
	Calibre B.W.G			Peso aproximado	
	Nº	Mm	pulgadas	Kg x metro lineal	Kg x m ²
18	16	1,625	0,065	2,722	4,470
20	18	1,245	0,049	2,052	3,370
22	19	1,070	0,042	1,573	2,600
24	20	0,889	0,035	1,468	2,410
26	22	0,711	0,028	1,169	1,920
28	24	0,559	0,022	0,920	1,510
30	26	0,457	0,018	0,755	1,239
32	28	0,357	0,014	0,588	0,965
34	30	0,305	0,012	0,504	0,827
36	32	0,229	0,009	0,378	0,621
38	34	0,178	0,007	0,294	0,483
40	36	0,102	0,004	0,168	0,276
42	38	0,051	0,002	0,084	0,138

Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

La longitud de la vuelta media (L_{vms}) del devanado secundario, se la encuentra con la siguiente fórmula:

$$L_{vms} = 2(C + 2D) + \pi (2(d_{aisl}) + d_{BT}) \quad (19)$$

Dónde:

C: ancho de lámina

D: espesor de lámina

d_{aisl} : espesor de aislamiento tubo de devanado

d_{BT} : espesor del devanado de baja tensión

Dando los valores a la expresión anterior tenemos que:

$$L_{vms} = 2(21 \text{ cm} + 7,69 \text{ cm}) + \pi (2(0,317 \text{ cm}) + 1,28 \text{ cm})$$

$$L_{vms} = 57,38 \text{ cm} + 6,013 \text{ cm}$$

$$L_{vms} = 63,39 \text{ cm}$$

La longitud del conductor solicitado, será:

$$L_{tBT} = N_s \times L_{vms} \text{ (20)}$$

$$L_{tBT} = 19 \times 63,39 \text{ cm}$$

$$L_{tBT} = 1204,41 \text{ cm} (12,044 \text{ m})$$

A la longitud total del conductor de baja tensión se le tiene que sumar las distancias requeridas de las salidas de las boquillas, un 10%, así podemos observar:

$$L_{TBT} = L_{tBT} \times 1,10 \text{ (21)}$$

$$L_{TBT} = 12,044 \text{ m} \times 1,10$$

$$L_{TBT} = 13,248 \text{ m}$$

El peso del conductor (P_{AL}) por bobina será de:

$$P_{AL} = V_{AL} \times P_e \text{ (22)}$$

Dónde:

V_{AL} : Volumen del conductor (21,52 x 0,0483 x 1377,9)

P_e : Peso específico del aluminio (3,7 gr/cm³)

Poniendo valores obtenemos lo siguiente:

$$P_{AL} = (1432,21 \text{ cm}^3) \times 3,7 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

$$P_{AL} = 5299,18 \text{ gr}$$

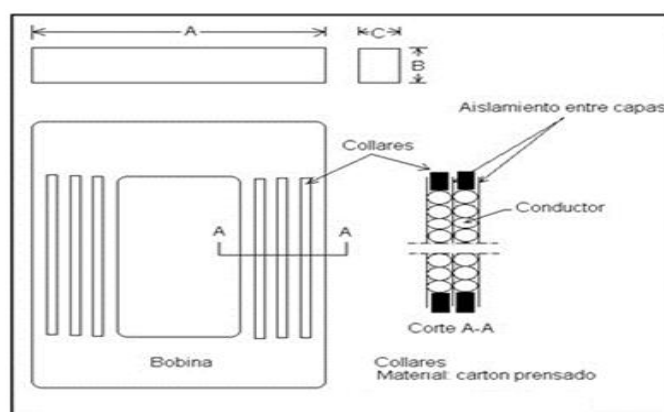
$$P_{AL} = 5,299 \text{ Kg}$$

2.7.7. Bobina de alto voltaje (A.V.)

El dimensionamiento de la bobina en el lado de alta tensión no es sencillo de calcular, tampoco es complicado si contamos con una excelente práctica en la

elaboración del diseño y si tenemos la información necesaria esta puede ser como como la información técnica extraídas de los fabricantes experimentados, mayormente debido al manejo de distancias dieléctricas que se toma en cuenta según los niveles a ponerse en funcionamiento, en la tabla 2.7.7, se puede tener algunos valores que regularmente se llaman “collares o collarines”.

FIGURA 2. 27 Colocación de los collares en el lado de alta tensión.



Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

FIGURA 2. 28 Distancias mínimas para aislamientos mayores

			Aislamiento entre bobinas A.V.-B.V. aislamiento radial A.V.- Núcleo							
	Pruebas dieléctricas									
Clase de e	Impulsos (NB I)	Potencial aplicado	Tubo de papel	Ducto de aceite	Envolvente	Total tolerancia	Collar	Aislamiento del yugo	Aislamiento entre fases	Clasificación de la bobina – tanque
KV			Milímetros							
1,2	30	10	1,5	-	-	1,7	6,5	1,5	1,7	15
5	60	19	-	3	1	4,5	6,5	2,0	4,7	20
8,7	75	26	0,4	3	1	4,9	10	2,0	5,0	25
15	95	34	0,9	3	1	5,5	13	2,0	6,0	28
15	110	34	1,4	3	1	6,0	20	3,0	8,0	30
25	150	50	2,5	3	1,8	8,3	32	4,5	10	40
34.5	200	70	4.8	3	1.8	10.8	51	4.5	13	50

Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

El cable que aplicaremos para devanar la bobina de alto voltaje, por lo desarrollado vamos a necesitar el N° 19 AWG, para la clase de aislamiento de 15KV, con lo cumplido que sea un conductor aislado con doble capa de barniz, el alambre con barniz doble forman el, vamos a empezar a calcular la altura efectiva del devanado de alto voltaje (h_p):

$$h_p = B - 2(d_a + r_c) \quad (23)$$

Dónde:

d_a : distancia de aislamiento axial (collares para tensión clase 15KV, ver tabla 3.6)

B : altura de la ventana del núcleo

r_c : radio de la curvatura del núcleo

Tomado los valores tenemos lo siguiente:

$$h_p = 24,99 \text{ cm} - 2(1,55 \text{ cm} + 0,137)$$

$$h_p = 24,99 \text{ cm} - 3,374 \text{ cm}$$

$$h_p = 21,616 \text{ cm} \quad (216,16 \text{ mm})$$

Teniendo la altura efectiva del devanado de alto voltaje, procedemos a encontrar el número de espiras por capa:

$$\text{espiras/capa} = \frac{h_p}{d_{\text{cond}}} \quad (24)$$

Dónde:

h_p : altura efectiva del devanado primario

d_{cond} : diámetro del conductor

Proporcionando los valores se tiene lo siguiente:

$$\text{espiras/capa} = \frac{216,16 \text{ mm}}{0,980 \text{ mm}}$$

$$\text{espiras/capa} = 221$$

Para adquirir el número de capas debido se tiene que proceder a dividir el número total de espiras entre las espiras por capa, de la siguiente forma:

$$capas = \frac{2075}{221} = 9,389 \text{ aprox} = 10$$

Para mayor comodidad, facilidad y desde el punto de vista dieléctrico acordamos el valor de espiras por capa a 200, por lo tanto:

$$capas = \frac{2075}{220} = 9.43 \text{ aprox} = 10$$

2.7.8. Cálculo de aislamiento menores para la bobina de A.V.

- Aislamiento entre vueltas (V_v) en voltios/vuelta

$$V_v = \frac{V}{N} F_{\xi} \quad (25)$$

Dónde:

F_{ξ} : 1,5

N : N^0 de vueltas por posición de mayor tensión

V : voltaje

Sustituyendo valores tenemos que:

(Para la prueba de voltaje inducido)

Y

$V_v = \frac{95000}{1877} \times 1,5 = 76$ (Para la prueba de impulso, N , para este caso en la posición de menor tensión).

Analizando las características eléctricas del conductor aislado, observamos que los valores calculados se encuentran por debajo de los mencionados por los fabricantes.

- Aislamiento entre capas (V_c), en voltio/capa

$$V_c = \frac{2V \times V_{pc}}{N} F_{\xi} \quad (26)$$

Dónde:

F_{ξ} : 1,8

V_{pc} : 200 vueltas por capa

Reemplazando los valores tenemos que:

$$V_c = \frac{2(27720) \times 200}{2075} \times 1,8 = 9618,5$$

$$V_c = 9,62 \text{ KV}$$

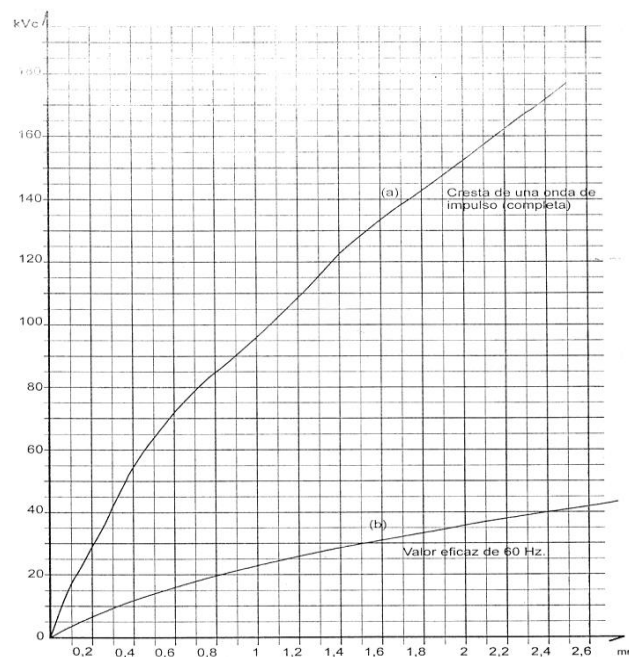
Y

$$V_c = \frac{2(95000) \times 200}{1877} \times 1,8 = 36441$$

$$V_c = 36,4 \text{ KV}$$

Tomando en cuenta estos valores al diseñar las curvas de comportamiento, vamos a tener un espesor de aislamiento de 0,254mm.

FIGURA 2. 29 Curvas de comportamiento.



Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

El espesor total de la bobina se lo calcula con respecto de todos los materiales que son utilizados para su elaboración.

Material	Espesor Radial (mm)	Total (mm)
Tubo de devanado a casquillo		
"Cartón prensado (presspan)"	3,175	3,175

Bobina de baja tensión BT “conductor más aislamiento”	12,81	12,81 a
Aislamiento BT – AT		
Papel Kraft tratado	0,25	6,85 b
Forma ductos de cartón prensado	6,35	
Papel Kraft tratado	0,25	
Bobina de alta tensión AT		
Once capas conductor cal. N° 19	10,78	14,084 c
Aislamiento entre capas “papel kraft tratado de 0,254mm”	2,794	
Sobre aislamiento en la última capa “ papel más cinta de algodón”	0,51	
	Total	36,919

La longitud de la vuelta media del devanado primario se la allá de la siguiente manera:

$$l_{vmp} = 2(C + 2D) + \pi(2(d_{casq} + d_{BT} + d_{ais AT-BT}) + d_{AT}) \quad (27)$$

Poniendo valores tenemos que:

$$l_{vmp} = 2(21 \text{ cm} + 7,69 \text{ cm}) + \pi(2(0,3175 \text{ cm} + 1,281 \text{ cm} + 0,685 \text{ cm}) + 1,408 \text{ cm})$$

$$l_{vmp} = 57,38 \text{ cm} + 18,771 \text{ cm}$$

$$l_{vmp} = 76,151 \text{ cm}$$

La longitud total del conductor a utilizarse será:

$$l_{LAT} = N_{pl} \times l_{vmp} \quad (28)$$

Habiendo (posición 1 del cambiador de derivaciones)

Sustituyendo valores tenemos

$$l_{LAT} = 2075 \times 76,151 \text{ cm}$$

$$l_{LAT} = 158013,32 \text{ cm} = 1580,13 \text{ m} = 1,580 \text{ Km}$$

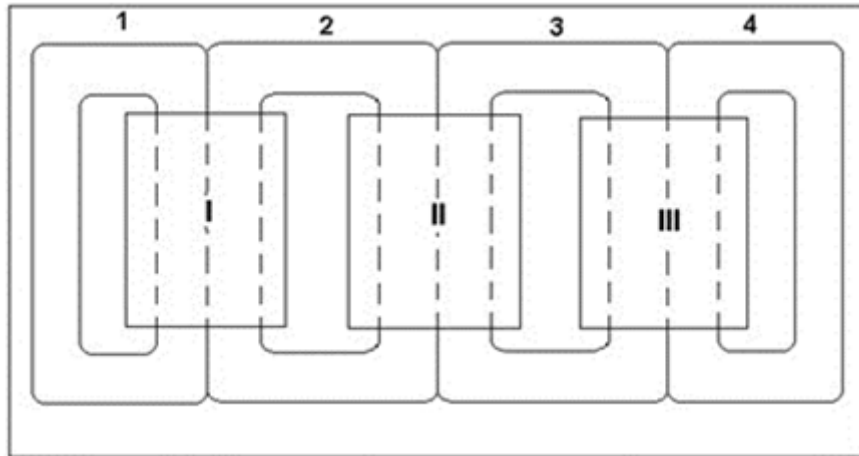
El peso del conductor por bobina debe ser de:

$$1,580 \text{ KM} \times 5,81 \text{ Kg/Km} = 9,179 \text{ Kg} \cong 9,200 \text{ Kg}$$

2.7.8.1 Determinación del ancho de la ventana del núcleo y el peso por arcada

Viendo la figura 2.7.8.1 concluimos que las arcadas 2 y 3 son iguales pero son diferentes de las arcadas 1 y 4 que también son iguales, en la gráfica núcleo bobina podemos observarlo de una mejor manera.

FIGURA 2. 30 Diagrama en corte del conjunto núcleo y bobina.



Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

En el grafico anteriormente mencionado se observa que las arcadas 1 y 4 constan de solo un espesor de bobina, por lo tanto lo mencionaremos como arcadas chicas, y para el otro caso que son la arcada 2 y 3 que contienen dos espesores de bobinas cada una a estas las vamos a mencionarlas arcadas grandes.

En la figura 2.7.8.2, se representa físicamente las arcadas de donde:

$C =$ ancho de la lámina, y

$A_1 = \text{espesor de la bobina} + \text{aislamiento al núcleo}$

$A_1 = 36,919 \text{ mm} + 2,5 \text{ mm}$

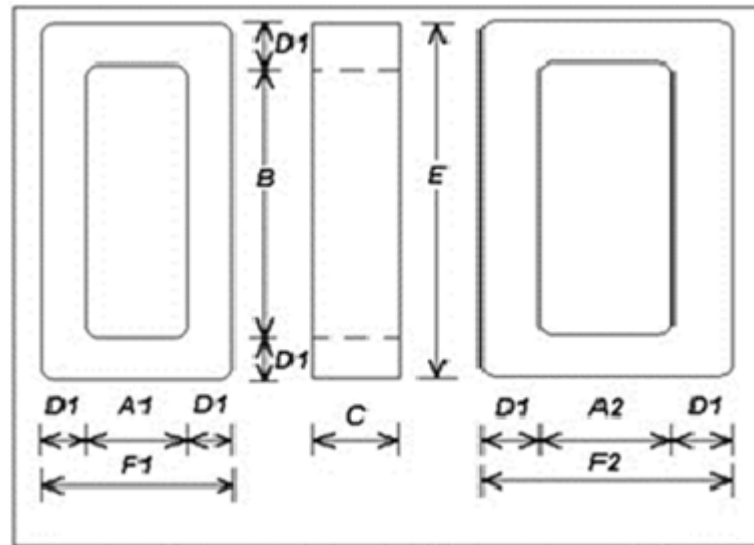
$A_1 = 39,419 \text{ mm} \cong 3,95 \text{ cm}$

$A_2 = \text{espesor de la bobina} + \text{aislamiento entre bobinas}$ “diferentes fases”

$A_2 = 2(36,919 \text{ mm}) + 6 \text{ mm}$

$A_2 = 79,838 \text{ mm} \cong 8 \text{ cm}$

FIGURA 2. 31 Representación de las arcadas.



Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

La longitud media de la arcada chica se calcula con la siguiente expresión:

$$l_{m1} = 2(A_1 + B) + \pi(D) \quad (29)$$

Conociendo que $2D = 7,69$ cm, donde $D = 3,845$ cm

Sustituyendo se tiene que:

$$l_{m1} = 2(3,95 + 24,99) + \pi(3,845)$$

$$l_{m1} = 67,96 \text{ cm}$$

El peso de la arcada se la encuentra con la formula anteriormente mencionada, por lo tanto:

$$P_1 = V_{F\epsilon 1} \times P_{\epsilon} \quad (30)$$

Dónde:

P_1 : peso del acero eléctrico

V_{Fe1} : peso específico del acero ($7,65\text{gr/cm}^3$)

P_e : volumen del acero eléctrico

Poniendo valores tenemos:

$$P_1 = (21 \times 3,845 \times 67,96) \times 7,65$$

$$P_1 = 41978,84 \text{ gramos} \cong 42 \text{ Kg}$$

La longitud media de la arcada grande será de:

$$l_{m2} = 2(A_2 + B) + \pi(D)$$

$$l_{m2} = 2(8 + 24,99) + \pi(3,845)$$

$$l_{m2} = 78,059 \text{ cm}$$

El peso de la arcada grande será:

$$P_2 = (21 \times 3,845 \times 78,059) \times 7,65$$

$$P_2 = 48216,98 \text{ gramos} \cong 48 \text{ Kg}$$

El peso total del núcleo trifásico es debido a la suma de cada una de las arcadas entonces vamos a tener:

$$P_t = P_1 + P_2 + P_3 + P_4(31)$$

Dónde: $P_1 = P_4$ y $P_2 = P_3$

Dando valores tenemos lo siguiente:

$$P_t = 2(42) + 2(48)$$

$$P_t = 180 \text{ Kg}$$

2.7.9. Diseño dieléctrico del transformador

El diseño dieléctrico del transformador y de cualquier máquina radica principalmente en calcular las características de dimensionamiento de todas sus partes de cada uno de los aislamientos, recurriendo a la constitución de los aislamientos se tiene:

- Aislamiento bajo bobina o tubo devanado (papel o cartón prensado)
- Aislamiento entre vueltas (barniz o esmalte)
- Aislamiento entre capas (papel kraft o insuldur)
- Aislamiento para collares (papel o cartón prensado)
- Aislamiento entre devanados de B.V. y A.V.
- Aislamiento para envoltorio de A.T. (papel kraft, insuldur o crepe)
- Aislamiento entre bobinas y yugo
- Aislamiento entre devanados exteriores y núcleo, tanques o herrajes
- Aislamiento entre bobinas de fases diferentes.

Los aislantes que forman parte en un transformador se identifican por acoger geometrías diversas y también de formas irregulares debido a que el comportamiento dieléctrico de los aislamientos resulta complicado.

2.7.9.1. Cálculo de aislamientos menores

Se le pone nombre de aislamientos menores a los aislamientos entre vueltas, capas y secciones de un devanado, su determinación es debido al tipo de elaboración de la bobina básicamente, teniendo como referencia ventajosa a continuación se va a mencionar una bobina tipo capas.

a) Aislamiento entre capas.

En los transformadores de distribución este aislamiento no tiene mayor complejidad debido a que el conductor consta de su aislamiento con doble o triple capa de barniz, esto puede comprobarse tanto a baja frecuencia como al impulso mencionando la siguiente expresión:

$$V_v = \frac{V}{N} F.s. \quad (32)$$

Teniendo:

V: Voltaje aplicado

N: Número de vueltas

F.s.: Factor de seguridad (puede usarse 1,8 en bajas frecuencias y 1,5 en impulso)

V_v : Esfuerzo dieléctrico entre vueltas (este valor debe ser menor que la ruptura de aislamiento empleado “barniz o papel”).

b) Aislamiento entre capas

Este aislamiento puede estimarse con la siguiente fórmula:

$$V_c = \frac{2V \times v_{pc}}{N} F.s. \quad (33)$$

Dónde:

V: Voltaje aplicado

v_{pc} : Vueltas por capa

N: Número de vueltas

F.s.: Factor de seguridad (1,8 para frecuencia baja, 1,8 para impulso en bobinas de 15Kv y menores, 2,5 para impulsos de bobinas de 25 y 34,5Kv.)

V_c : Esfuerzo dieléctrico entre capas

Los aislamientos que van a ser usados pueden calcularse por medio de la gráfica de las curvas anteriormente mencionadas, los voltajes de ruptura del aislamiento seleccionados tienden a exceder los valores encontrados para V_c .

c) Aislamiento en la zona de derivaciones

Este aislamiento se lo comprueba por el esfuerzo que realiza y ocasiona entre las capas en donde se produce una ruptura en el conductor para tener las derivaciones.

Esto se consigue al sustituir v_{pc} = número de vueltas fuera, teniendo frecuentemente a fortalecer las capas mencionadas con aislamiento adicional, por lo que se produce un punto de unión el cual debe poseer un aislamiento alto.

2.7.9.2. Sección de aislamientos mayores

Si se cuenta con una estructura aislante irregular, su campo eléctrico no será uniforme, esto produce que su análisis sea de mayor dificultad con lo que se requiere saber la rigidez dieléctrica de alguna estructura aislante es muy importante recurrir a la experimentación.

Para una selección práctica de aislamientos mayores tomamos en cuenta a la tabla 2.7.7 de distancias mínimas para aislamientos mayores.

2.7.10. Pérdidas en el transformador y eficiencia.

En los transformadores podemos tener dos tipos de pérdidas especialmente las que presentaremos a continuación.

2.7.10.1. Pérdidas en el hierro

Las pérdidas en el hierro normalmente son provocadas por histéresis y corrientes parásitas, estas pérdidas se las puede determinar con el ensayo del transformador en vacío. (Ver tabla 2.7.8)

TABLA 2. 7 Pérdidas sin carga de los transformadores de distribución

Tipo de alimentaci ón	Capacidad KVA	Clase de aislamiento					
		Hasta 15 KV		Hasta 25 KV		Hasta 34,5 KV	
		En vacío	Totales	En vacío	Totales	En vacío	Totales
Monofás icos	5	30	107	38	112	63	118
	10	47	178	57	188	83	199
	15	62	244	75	259	115	275
	20	86	368	100	394	145	419
	37,7	114	513	130	552	185	590
	50	138	633	160	684	210	736
	75	186	834	215	911	170	988
	100	235	1061	265	1163	320	1266
	167	365	1687	415	1857	425	2028
Trifásico s	15	88	314	110	330	135	345
	30	137	534	165	565	210	597
	45	180	755	215	802	265	848
	75	255	1142	305	1220	365	1297
	112,5	350	1597	405	1713	450	1829
	150	450	1976	500	2130	525	2284
	225	750	2844	820	3080	900	3310
	300	910	3644	1000	3951	1100	4260
	500	1330	5561	1475	6073	1540	6586

Fuente: Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Quito, Ecuador.

Con una inducción $B=16000$ gauss y de las curvas específicas del material a ser utilizado, acero al silicio de grano orientado M-4, se tiene:

Pérdidas en el núcleo: 1,32 W/Kg

Pérdidas aparentes en el núcleo: 1,98 VA /Kg

Si se considera un factor de distribución del 10%, entonces se tiene:

Perdidas en el núcleo (P_{Fe})

$$P_{Fe} = 1,32 \frac{w}{Kg} \times \frac{180}{3} Kg \times 1,1 \quad (34)$$

$$P_{Fe} = 87,12 w$$

Voltaje de excitación (VA)

$$VA = 1,98 \frac{VA}{Kg} \times \frac{180}{3} Kg \times 1,1 \quad (35)$$

$$VA = 130,68 VA$$

Corriente de excitación (I_0)

$$I_0 = \frac{130,68}{127} = 1,029 A \quad (36)$$

O bien

$$\%I_{exc} = \frac{130,68}{10 \times 30} = 0,4356 \text{ (de la } I_s) \quad (37)$$

2.7.10.2. Pérdidas en el conductor

Las pérdidas del conductor o las llamadas también del cobre se producen a que su mayor parte son elaboradas con este tipo de material, pero que tener presente que también el conductor se puede elaborar de aluminio. Las pérdidas en el conductor se dan por el llamado efecto Joule, estas se las determina mediante la prueba de cortocircuito.

- Para B.T. la resistencia se obtiene de la siguiente fórmula:

$$R = p_{AL} \frac{L}{A} \text{ ohms} \quad (38)$$

Donde:

$$p_{AL} = 0,0284 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \text{ (permeabilidad del aluminio)}$$

Entonces tenemos que:

$$R = 0,0284 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \times \frac{13,779 \text{ m}}{103,94 \text{ mm}^2}$$

$$R = 0,003764 \Omega$$

De lo cual las pérdidas por el efecto Joule estarían dadas de la siguiente manera:

$$P_{B.T} = R \times (I_s)^2 \quad (39)$$

$$P_{B.T} = 0,003764 \times (196,85)^2$$

$$P_{B.T} = 145,889 \text{ watts a } 20^\circ\text{C}$$

El cálculo a 85 °C, tendremos que:

$$R_c = R\{1 + \alpha(T2 - T1)\} \quad (40)$$

Dónde:

T2: es la temperatura elevada (85°C)

T1: es la temperatura ambiente (20°C)

α : es el coeficiente de temperatura del aluminio (0,0038)

Sustituyendo valores tenemos que:

$$R_c = 0,003764\{1 + 0,0038(85 - 20)\}$$

$$R_c = 0,004693 \Omega$$

Las pérdidas a 85°C, será de:

$$P_{B.T} = R_c \times (I_s)^2 \quad (41)$$

$$P_{B.T} = 0,004693 \times (236,22)^2$$

$$P_{B.T} = 261,86 \text{ watts a } 85^\circ\text{C}$$

- Para el conductor A.V. tenemos:

Su resistencia eléctrica:

$$R = l_{tAT} \times \frac{\Omega}{Km} ; \text{para el calibre 19 AWG es} = 26,4 \frac{\Omega}{Km}$$

$$R = 1,580 Km \times 26,4 \frac{\Omega}{Km}$$

$$R = 41,71 \Omega \text{ a } 20^{\circ}\text{C}$$

Las pérdidas serán de:

$$P_{AT} = R \times (I_p)^2 \quad (42)$$

$$P_{AT} = 41,71 \times (2,28)^2$$

$$P_{AT} = 216,82 \text{ watts}$$

A 85°C las pérdidas serán de:

$$R_c = R\{1 + \alpha(T_2 - T_1)\} \quad (43)$$

Dónde:

α : es el coeficiente de temperatura del cobre (0,00393)

Entonces tenemos que:

$$R_c = 41,71\{1 + 0,00393(85 - 20)\}$$

$$R_c = 52,36 \Omega$$

Las pérdidas serán de:

$$P_{AT} = R_c \times (I_p)^2$$

$$P_{AT} = 52,36 \times (2,28)^2$$

$$P_{AT} = 272,19 \text{ watts}$$

- La eficiencia del transformador

La eficiencia se calcula de la siguiente manera:

$$n = \frac{P_1}{P_2} = \frac{P_2}{P_2 + P_{Fe} + P_{Cu}} \quad (44)$$

Dónde:

P_1 : Potencia absorbida (primario), en VA

P_2 : Potencia cedida (secundario), en VA

P_{Fe} : Pérdidas en el hierro

P_{Cu} : Pérdidas por efecto Joule

La eficiencia con factor de potencia unitario ($\cos\phi = 1$)

$$\%n = \left\{ \frac{90000 \times 1}{90000 \times 1 + 3(80,63 + 376,73)} \right\} \times 100$$

$$\%n = 98,5\%$$

La eficiencia con factor de potencia 0,8 ($\cos\phi = 0,8$), tenemos lo siguiente:

$$\%n = \left\{ \frac{90000 \times 0,8}{90000 \times 0,8 + 3(80,63 + 376,73)} \right\} \times 100$$

$$\%n = 98,13\%$$

2.7.11. Impedancia del transformador

A la impedancia del transformador conocida como impedancia de dispersión o voltaje de dispersión se la adquiere por medio de la siguiente fórmula:

$$\%Z = \sqrt{(\%R)^2 + (\%X)^2} \quad (45)$$

En los transformadores de distribución la parte resistiva de la impedancia, posee una parte importante, por este motivo siempre debe especificarse la temperatura a la cual se ha procedido a determinar el porcentaje de impedancia ($\%Z$), comúnmente se calcula para 75 °C ó 85 °C para transformadores con elevación de temperatura de 75 °C ó 85 °C respectivamente.

2.7.11.1. Resistencia equivalente y % de resistencia

La resistencia equivalente vista del punto de A.T., si $P_{AT} = F \times R_e$, despejando R_e , tendremos lo siguiente:

(Valor ya calculado)

$$\%R = \frac{P_{AT}}{10 \text{ KVA}} = \frac{272,19}{10(30)} = 0,9073\%$$

2.7.11.2. Porcentaje de la reactancia de dispersión

Esta reactancia se la va a determinar de manera se la obtiene en forma experimental utilizando la siguiente fórmula:

$$\%X = \frac{\left(\frac{KVA}{f_{ase}}\right) \left(\frac{f}{60}\right) v_m \gamma}{22,14 \alpha N_{ab} V_t^2} \quad (46)$$

Dónde:

%X: Reactancia de dispersión

f: Frecuencia en Hertz

v_m : promedio de longitudes de las vueltas medias de AT y BT en milímetros

$$v_m = \frac{(l_{vmp} + l_{vms})}{2} = \frac{(761,51 + 633,90)}{2} = 697,70 \text{ mm}$$

γ : $(a + c/3) + b$

α : $(a + b + c)/3 + (h + l)/2$ (longitud de la trayectoria del flujo disperso)

A: espesor promedio de la bobina de BV, en mm

B: espesor promedio de la distancia entre AV y BV, en mm

C: espesor promedio de la bobina de AT, en mm

V_t : voltios por vuelta (E/N)

N_{ab} : Número de espacios alta - baja (=1 para dos devanados concéntricos, 2 para tres devanados concéntricos), y l, h= alturas de las bobinas de BV y AV respectivamente.

Calculando γ y α tenemos:

$$\gamma = \left(12,81 + \frac{14,084}{3}\right) + 6,85 = 24,35$$

$$\alpha = \frac{12,81 + 6,85 + 14,084}{3} + \frac{205,16 + 215,2}{2}$$

$$\alpha = 11,248 + 210,18$$

$$\alpha = 221,428$$

Conocidos los valores de Y y α , se puede calcular %X

$$\%X = \frac{30 \text{ KVA} \left(\frac{60}{60} \right) \times 697,70 \times 24,35}{22,14 \times 221,428 \times 1 \times (6,68)^2}$$

$$\%X = 2,329\%$$

Una vez conocidos los valores de %R y %X, podemos calcular el porcentaje de impedancia (%Z)

$$\%Z = \sqrt{(0,9073)^2 + (2,329)^2}$$

$$\%Z = \sqrt{0,823 + 5,424}$$

$$\%Z = 2,49\%$$

2.8. Descripción de un sistema de distribución trifásico.

El área de suministro eléctrico de la Empresa Eléctrica Quito S.A. comprende la provincia de Pichincha. Dentro de su área de concesión la Empresa Eléctrica Quito S.A. tiene alrededor de 33 subestaciones de distribución que brindan el servicio eléctrico a través de 154 alimentadores primarios.

La Empresa Eléctrica Quito S.A. cuenta en sus líneas de distribución con alrededor de 30.395 transformadores de distribución alcanzando una capacidad de 1.934,51 MVA que están repartidos como se muestra a continuación.

TABLA 2. 8 Transformadores de distribución de la EEQ S.A.

Tipo de Transformador	Potencia Total(MVA)	Cantidad de Transformadores
Monofásicos	471.8	17678
Trifásicos	1462.6	12717
Total	1934.5	30395

Fuente: Departamento de Calidad de Producto y Pérdidas Técnicas EEQ S.A.

A continuación se detalla las capacidades de los transformadores monofásicos y

trifásicos que emplea la Empresa Eléctrica Quito para suministrar el servicio eléctrico a los usuarios.

TABLA 2. 9 Transformadores de distribución monofásicos de la EEQ S.A.

TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS	
POTENCIA KVA	NÚMERO DE TRANSFORMADORES
≤ 5	614
10	2200
15	3430
25	5070
37.5	4112
45	4
50	2167
75	80
90	1
TOTAL	17678

Fuente: Departamento de Calidad de Producto y Perdidas Técnicas EEQ S.A.

TABLA 2. 10 Transformadores de distribución trifásicos de la EEQ S.A.

TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS	
POTENCIA KVA	NÚMERO DE TRANSFORMADORES
≤ 25	117
30	1210
35-45	1478
50-60	1900
75	2978
90-100	1297
110-125	1541
150-175	665
200-250	605
300-450	465
500-850	355
1000-2000	106

TOTAL	12717
--------------	--------------

Fuente: Departamento de Calidad de Producto y Perdas Técnicas EEQ S.A.

2.8.1. Valores de servicio

Los valores nominales de servicio que presta la Empresa Eléctrica de Quito S.A. en los diferentes componentes del sistema son los que se muestran a continuación:

TABLA 2. 11 Valores nominales de servicio de la EEQ S.A.

VOLTAJES NOMINALES DE SERVICIO	
COMPONENTE	VALOR NOMINAL DE TENSIÓN (KV)
Transmisión y subtransmisión	46-138
Alimentadoras y redes de distribución	6.3 22.8 GRDY/ 13.2 13.2 GRDY/ 7.6
Circuitos secundarios trifásicos	220/127, 210/121
Circuitos secundarios monofásicos	240/120

Fuente: Normas para Sistemas de Distribución. Parte A. Guía para Diseño.A-01.05
Valores de Servicio EEQ S.A.

2.8.2. Conexiones de los transformadores

Las conexiones necesarias de los transformadores que componen el sistema de distribución para cada uno de los niveles de media y baja tensión se describen a continuación:

TABLA 2. 12 Transformadores de distribución.

TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN		
TIPO DE TRANSFORMADOR	RELACIÓN DE TRANSFORMACION	CONEXIÓN DEL TRANSFORMADOR
Transformador trifásico tipo convencional	6000-220/127	Delta-Estrella, neutro secundario independiente
Transformador monofásico tipo convencional	6000-240/120	Delta-Estrella, neutro secundario independiente
Transformador trifásico tipo	13200-220/127	Delta-Estrella, neutro secundario continuo

convencional		
Transformador monofásico tipo convencional	13200 GRDY/7620-240/120	Delta-Estrella, neutro secundario independiente
Transformador trifásico tipo convencional	22860-220-127	Delta-Estrella, neutro secundario continuo
Transformador monofásico tipo convencional	22860 GRDY/13200-240/120	Neutro común con medio voltaje

Fuente: Normas para Sistemas de Distribución. Parte A. Guía para Diseño.A-01.07 Conexiones de los transformadores EEQ S.A.

En general, el área urbana de la ciudad de Quito esta abastecida con un nivel de tensión de 6.3KV

y el área periférica así como las zonas rurales de la ciudad están abastecidas a 22.8 GRDY/13.2KV o 13.2 GRDY/7.6 KV.

2.8.3. Conductores: Materiales y Secciones Normales

Los conductores aislados para las instalaciones subterráneas serán de cobre electrolítico o aluminio con los siguientes límites

TABLA 2. 13 Materiales y Secciones Normales para instalaciones subterráneas.

Máximos y mínimos calibres de conductores de Cu y Al para instalación subterránea			
Tipo de red	Condición	Cobre AWG o MCM	Aluminio AWG o MCM
Red Primaria Troncal a 6.3KV	Mínimos	1000(1) 750(2) 500(8)	No se debe usar No se debe usar 750
Red Primaria Troncal a 22.8KV	Mínimos	(4/0)	350
Derivación de red troncal primaria (anillo)	Mínimos	(1/0) (2/0)	(3/0) (4/0)

abierto o huso) a 6.3KV 22.86KV			
Red Secundari a	Máximo Mínimo	300 (1/0)	500 (3/0)
Alumbrad o Público	Máximo Mínimo	2 6	(1/0) 4
Acometid a	Mínimo	6	4

Fuente: Normas para Sistemas de Distribución. Parte A. Guía para Diseño.A-12.03
Conductores: Material y Secciones Normales EEQ S.A.

Los conductores desnudos para instalaciones aéreas serán preferentemente de aluminio AAC, pudiendo utilizarse de manera alterna ACSR en las redes primarias de MV con los siguientes límites.

TABLA 2. 14 Máximo y mínimo calibres de conductores de AAC o ACSR para instalación área.

Tipo de red	Condición	AAC mm	AWG o MCM	ACSR mm	AWG o MCM	Multicondu. AWG
22.8 y 13.2 KV	Máximo Mínimo	117.35 33.61	350 2	198.3 39.22	336.4 4	- -
6.3Kv	Máximo Mínimo	117.35 33.61	350 2	198.3 39.22	336.4 4	- -
Red Secundaria	Máximo Mínimo	107.22 53.49	(4/0) (1/0)	- -	- -	- -
Alumbrado Público	- -	21.16	4	-	-	-
Acometida	Mínimo	-	-	-	-	8

Fuente: Normas para Sistemas de Distribución. Parte A. Guía para Diseño.A-12.03
Conductores: Material y Secciones Normales EEQ S.A

2.9. Perturbaciones en las líneas de media y baja tensión

2.9.1. Armónicos y su influencia en las redes de distribución de energía eléctrica

En los sistemas de distribución los armónicos son frecuencias múltiples de la frecuencia fundamental de trabajo del sistema eléctrico cuya frecuencia decrece conforme aumenta su múltiplo.

Los armónicos se define habitualmente con sus componentes mas importantes que le caracterizan:

Orden: se refiere al valor de su frecuencia referido a la frecuencia fundamental (60Hz). Así, un armónico de orden 2 tiene una frecuencia dos veces superior a la fundamental, es decir $2 \times 60\text{Hz} = 120\text{Hz}$.

Amplitud: se refiere al valor de la tensión o intensidad del armónico.

En los sistemas alimentados por la red a 60 Hz pueden aparecer armónicos de 120Hz, 180Hz. 240Hz, etc.

2.9.1.1. Origen de los armónicos

Los armónicos son producidos principalmente por cargas no lineales, las cargas lineales presentan una impedancia que no es constante (está en función de la tensión). En general se considera que las cargas no lineales se comportan como fuentes de intensidad que inyectan armónicos en la red.

Los equipos más comunes que generan armónicos:

Convertidores de AC-DC.

Hornos de arco AC-DC.

Balastos de lámparas fluorescentes.

Convertidores multifase.

Variadores de velocidad de motores.

Motores eléctricos

Cuando se aplica una onda sinusoidal de una sola frecuencia, da como resultado una corriente que no es de una sola frecuencia. Equipos como transformadores, reguladores y otros equipos conectados al sistema pueden presentar un comportamiento similar al de una carga no lineal, bancos de transformadores

conectados en estrella-estrella pueden filtrar armónicos desde la red de baja tensión hacia la red media tensión

Los usuarios residenciales, comerciales e industriales, tienen una gran cantidad de equipos eléctricos que pueden generar grandes cantidades de armónicos, equipos como:

Hornos microondas

Computadoras

Televisión

DVD

Todos estos equipos eléctricos generan cantidades variables de armónicos. Aun simples equipos como ventiladores eléctricos, motores de inducción que trabajen de manera sobrecargada pueden contribuir en la generación de armónicos.

Los sistemas de iluminación tales como lámparas fluorescentes son generadores de armónicos de corriente lo que puede ocasionar problemas en las protecciones del circuito.

FIGURA 2. 32 Corrientes armónicas inyectadas por las diferentes cargas.

tipo de carga	armónicos generados	comentarios
transformador	orden par e impar	componente en CC
motor asíncrono	orden impar	inter y subarmónicos
lámpara descarga	3° + impares	puede llegar al 30 % de I1
soldadura arco	3°	
hornos arco CA	espectro variable inestable	no lineal-asimétrico
rectificadores con filtro inductivo	$h = K \times P \pm 1$ $I_h = I_1/h$	SAI-variadores V
rectificadores con filtro capacitivo	$h = K \times P \pm 1$ $I_h = I_1/h$	alimentación equipos electrónicos
cicloconvertidores	variables	variadores V
reguladores PWM	variables	SAI-conversor CC-CA

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

2.9.1.2. Principales problemas causados por armónicos de corriente y voltaje

Los efectos que pueden causar las corrientes armónicas depende del tipo de carga que va a estar conectada. Estos efectos pueden ser:

-Efectos instantáneos Los armónicos de voltaje pueden ocasionar problemas con los controles usados en los sistemas electrónicos. Pueden afectar las condiciones de funcionamiento.

En los sistemas de protección los armónicos son causantes de numerosos problemas entre los que se destacan la operación incorrecta de interruptores, fusibles, equipos y sistemas digitales de protección.

-Efectos a largo plazo. El principal efecto que se presenta a largo plazo en el calentamiento

En los transformadores existirán pérdidas provocadas por el incremento de la resistencia del conductor además de un incremento de las pérdidas por histéresis y en el circuito magnético debido al número de cargas no lineales que deben alimentar.

En los cables que conducen corrientes las pérdidas son incrementadas por los armónicos que circulan por los mismos.

Las corrientes excesivas en el neutro del sistema provocan caídas de voltaje mayores que las comunes entre el neutro y tierra del sistema, esto puede provocar problemas con los equipos que necesitan de una toma a tierra tales como computadoras.

FIGURA 2. 33 Efectos perjudiciales que ocasionan los armónicos sobre los equipos eléctricos

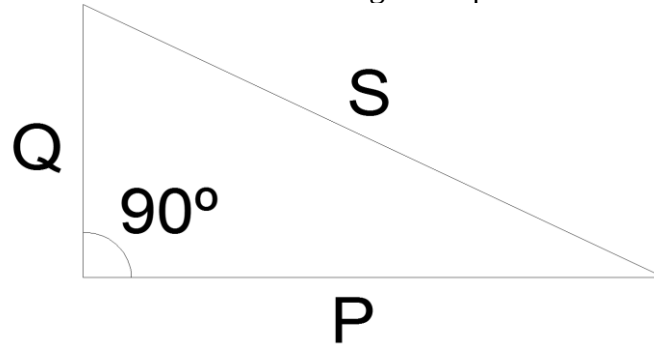
efectos de los armónicos	causa	consecuencia
sobre los conductores	■ las intensidades armónicas provocan el aumento de la IRMS, ■ el efecto pelicular (efecto "skin") reduce la sección efectiva de los conductores a medida que aumenta la frecuencia.	■ disparos intempestivos de las protecciones, ■ sobrecalentamiento de los conductores.
sobre el conductor de neutro	■ cuando existe una carga trifásica + neutro equilibrada que genera armónicos impares múltiplos de 3.	■ cierre de los armónicos homopolares sobre el neutro que provoca calentamientos y sobreintensidades.
sobre los transformadores	■ aumento de la IRMS, ■ las pérdidas por Foucault son proporcionales al cuadrado de la frecuencia, las pérdidas por histéresis son proporcionales a la frecuencia.	■ aumento de los calentamientos por efecto Joule en los devanados, ■ aumento de las pérdidas en el hierro.
sobre los motores	■ análogas a las de los transformadores y generación de un campo adicional al principal.	■ análogas a las de los transformadores más pérdidas de rendimiento.
sobre los condensadores	■ disminución de la impedancia del condensador con el aumento de la frecuencia.	■ envejecimiento prematuro, amplificación de los armónicos existentes.

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

2.9.2. Factor de potencia en las redes de distribución.

Denominamos factor de potencia a la relación entre la potencia activa y la potencia aparente. Es un indicador de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica de la capacidad que tiene una carga de absorber potencia activa.

FIGURA 2. 34 Triangulo de potencias



Fuente: Los Autores.

Es aconsejable que en las redes de distribución y las instalaciones eléctricas el factor de potencia sea mayor a 0.9, las cargas industriales generalmente presentan componentes reactivos a causa de la presencia de motores. Cuando el número de estos equipos es bastante considerable los requerimientos de potencia reactiva se hacen cada vez más significativos lo que provoca una disminución exagerada del factor de potencia lo cual es penalizado por la empresa distribuidora del servicio.

Los principales equipos que tienen un alto consumo de potencia reactiva son:

- Motores.
- Equipos de refrigeración.
- Aires acondicionados.
- Desgaste físico de la red eléctrica y de los equipos industriales.

Un bajo factor de potencia genera los siguientes problemas.

Al consumidor:

- i) Incremento de la intensidad de corriente.
- ii) Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de voltaje.
- iii) Aumento de potencia en los transformadores y reducción de su vida útil.
- iv) Reducción de la capacidad de conducción de los conductores.
- v) Disminución del nivel de aislamiento de los conductores provocado por altas temperaturas
- vi) Aumento en las facturas de electricidad

A la empresa distribuidora del servicio eléctrico:

- i) Mayor inversión en los equipos de distribución (transformadores), aumenta su capacidad en KVA para poder entregar la energía reactiva adicional.
- ii) Incremento de la capacidad en las líneas de distribución.
- iii) Mayores caídas de tensión y baja regulación de voltaje, lo que genera una desestabilidad en la red eléctrica.

La forma más eficiente que las empresas suministradoras del servicio eléctrico hace reflexionar a las industrias sobre los inconvenientes generados por un bajo factor de potencia y un consumo excesivo de energía reactiva es la penalización del bajo factor de potencia, y cobrando por capacidad suministrada en KVA.

El mejoramiento del factor de potencia resulta económico y muy práctico, se lo realiza a través de condensadores o capacitores estáticos.

En una industria el consumo de KW y KVAR (KVA), se mantienen inalterables antes y después de la compensación reactiva, la diferencia estriba en que antes de la utilización del banco de capacitores la empresa distribuidora debía de transportar y entregar los KVAR que requiere la planta lo cual provoca consecuencias negativas para la empresa.

Gracias al banco de capacitores esta potencia reactiva necesaria puede ser generada y entregada de forma económica para la industria que lo necesite.

Los capacitores son la manera más económica de mejorar el factor de potencia especialmente en instalaciones ya existentes. La inversión que representan los capacitores se la recupera rápidamente evitando penalizaciones o recargos por bajo factor de potencia por parte de la empresa distribuidora del servicio eléctrico.

Cabe resaltar que los capacitores se los debe de conectar lo mas cerca posible a la carga para obtener los mayores beneficios posibles. Cuando existan variaciones de carga bastante significativas es conveniente la utilización de banco de capacitores automáticos.

2.9.3. Fallas en los transformadores de distribución

Una falla es un evento no planificado puede ocurrir ya sea en los sistemas de distribución así como en los sistemas de potencia. Se considera imposible diseñar un sistema de distribución fuera de fallas, las causas de fallas pueden variar de sistema a sistema y entre los diferentes niveles de voltaje.

Las fallas en el sistema de distribución involucran a los equipos (transformadores, aisladores, líneas, etc.) que requieren su desconexión ya que funcionan en una condición anormal ya sea de sobrecorriente, sobre o bajo voltaje.

Los transformadores de distribución presentan generalmente estos tipos de fallas los cuales son:

2.9.3.1. Fallas térmicas

Se presenta cuando el transformador sobrepasa la temperatura de operación establecida por el fabricante, esto ocasiona un desgaste gradual del aceite dieléctrico del transformador y de sus bobinas lo que provoca el inevitable deterioro del equipo debido a la sobrecarga de operación.

2.9.3.2. Arco eléctrico

Se presenta cuando las protecciones del transformador de distribución sufren algún daño o deterioro lo que provoca corto circuitos externos que producen daños internos en el equipo, interrumpiendo de manera imprevista el servicio a los usuarios.

2.9.3.3. Defectos de fabricación

Las formas de construcción en las fábricas ya están establecidas pero no están libre de errores que pudieran presentarse en el periodo de operación del transformador de distribución.

2.9.3.4. Defectos de operación

Los operadores o trabajadores del sistema eléctrico a pesar de la constante preparación tienden a cometer errores en la operación y mantenimiento de los equipos.

2.9.4. Fallas en las líneas de media y baja tensión.

Las fallas en las líneas de media tensión son ocasionadas principalmente por factores externos ya sean estos ramas de árboles, aves o errores de operación por parte del personal de la empresa distribuidora.

Las fallas en las líneas de media tensión no son tan frecuentes y cuando suceden dejan fuera de servicio a los transformadores de distribución a los cuales abastecen sin lugar a que siga proporcionando servicio a la carga. En cambio las fallas en las líneas de baja tensión son más comunes siendo la principal causa de reclamo por parte de los usuarios hacia la empresa distribuidora del servicio eléctrico.

Los principales problemas que se presentan en la red secundaria o la red de baja tensión del transformador de distribución son los siguientes:

- (a) Ausencia de una línea.
- (b) Ausencia del neutro.
- (c) Bajo nivel de tensión.
- (d) Sobre voltaje.
- (e) Disparo del disyuntor del transformador de distribución.
- (f) Rotura de la acometida del usuario.

2.9.4.1. Ausencia de una línea.

La ausencia de una línea en la red secundaria del transformador de distribución es una de las fallas más comunes, generalmente ocasionada por errores humanos al momento manipular o proporcionar mantenimiento, en otros casos cuando el conductor está deteriorado por el uso y en pocos casos provocada por algún daño externo o interno del transformador de distribución.

2.9.4.2. Ausencia del neutro

La ausencia del neutro en la red secundaria del transformador de distribución es una de las fallas más perjudiciales que sufren los usuarios del servicio eléctrico, provoca una pronunciada variación de voltaje que muchas veces quema los electrodomésticos de los usuarios.

2.9.4.3. Bajo nivel de tensión

El bajo nivel de tensión en la red secundaria se debe principalmente a dos factores:

- (1) La extensión y el número de usuarios que presenta la red secundaria del transformador.
- (2) El tiempo de operación del transformador de distribución.

Un bajo nivel de tensión en la red secundaria impediría el funcionamiento normal de los equipos de los usuarios.

2.9.4.4. Bajo nivel de tensión

El sobrevoltaje en la red secundaria es ocasionado muchas veces por un sobrevoltaje en la red primaria del transformador, en muy pocos casos es provocada por el transformador de distribución, en la mayoría de los casos se puede regular el voltaje de salida del transformador a través del tap de derivación del mismo

El tap de derivación nos permite elevar o disminuir el voltaje de salida del transformador, su variación esta entre el $\pm 2.5\%$ al $\pm 5\%$.

2.9.4.5. Disparo del disyuntor del transformador de distribución

El disparo del disyuntor del transformador de distribución se da principalmente por tres causas:

- i) Por algún cortocircuito en la red secundaria.
- ii) Por la operación del transformador bajo sobrecarga.
- iii) Por algún problema interno del transformador de distribución.

2.9.4.6. Rotura de la acometida del usuario.

La rotura de la acometida del usuario se da principalmente cuando la acometida está por debajo del nivel normal de altura, lo que provoca que vehículos pesados puedan alcanzar la misma arrancándola de la red secundaria.

CAPÍTULO 3

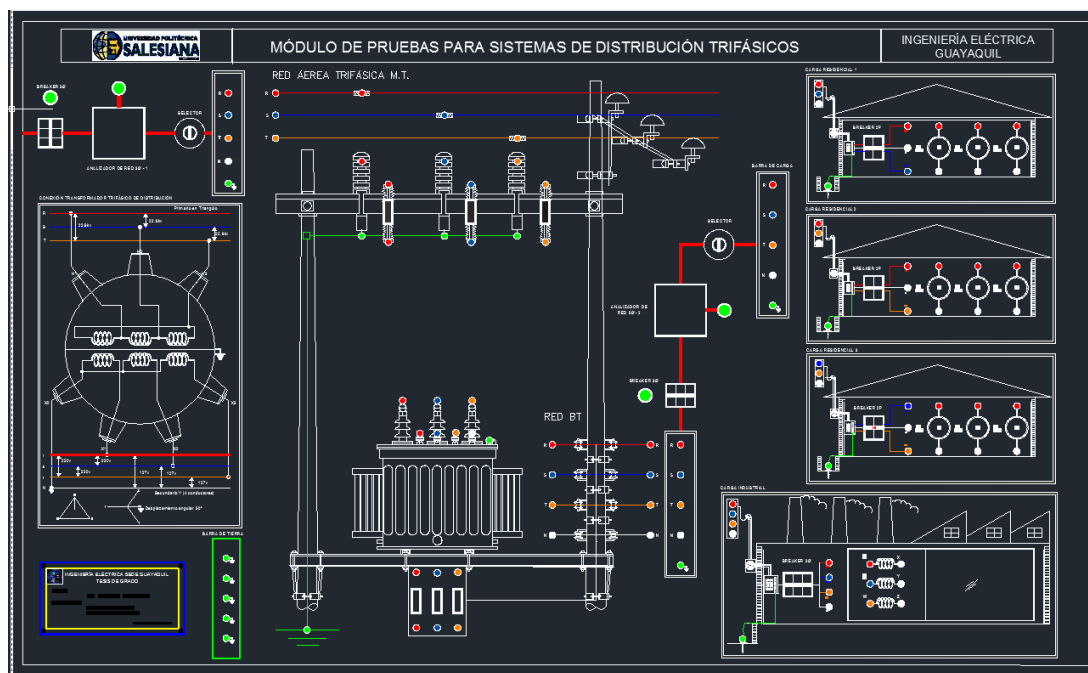
3.1. Diseño y construcción del banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos

A continuación se detalla de manera secuencial la construcción de cada una de las partes que componen el tablero especificando el material utilizado, las medidas de cada una de las partes y el costo de cada una de ellas

Todo el trabajo que se detalla se lo realizo en un taller ubicado en las calles 11 y calicuchima suroeste de la ciudad de Guayaquil en conjunto con los trabajadores del mismo.

Para la elaboración del tablero se utilizó el software de Autocad en el cual se diseñó la plancha metálica de MEDIDAS y los marcos o perfiles de color negro de MEDIDAS.

FIGURA 3. 1 Diseño del banco de pruebas en Autocad.



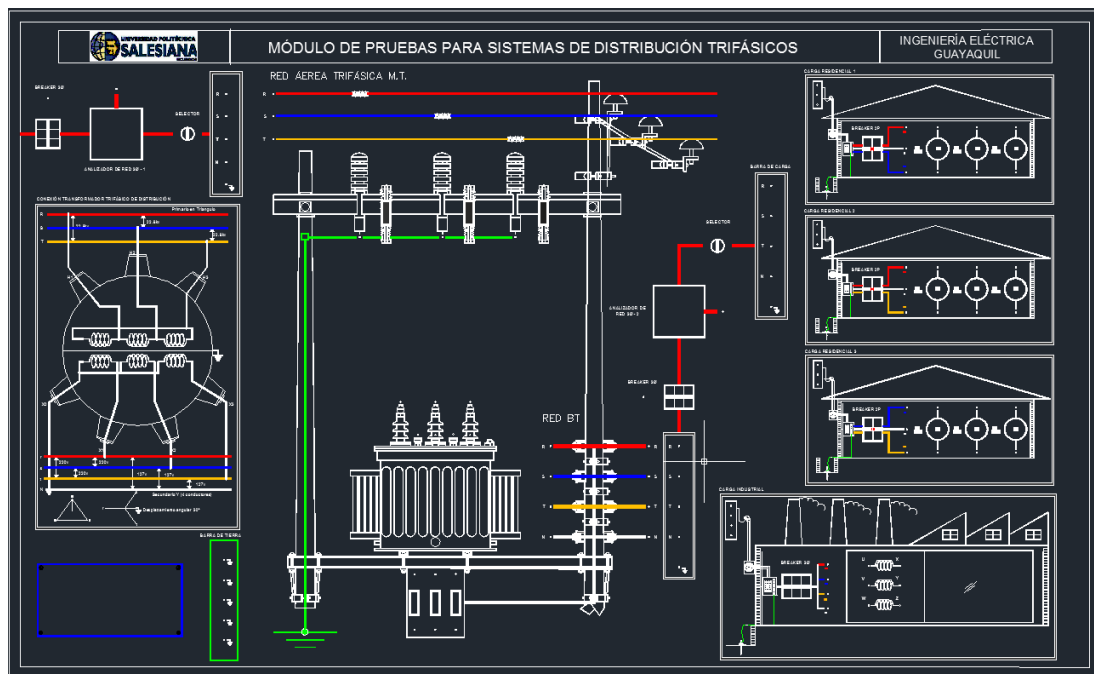
Fuente: Los Autores

3.2. Elaboración de la lámina de principal del tablero

Asimismo para la elaboración de la lámina principal se utilizó el software de Autocad en el cual se diseñó la lámina principal del tablero de MEDIDAS, los primeros bocetos fueron hechos en papel para finalmente al ser aprobado e imprimirlo en vinil para poder sobreponerlo en el tablero.

La lamina principal del tablero hecha en vinil y sobrepuesta en la plancha tuvo que ser perforada en los lugares indicados para la colocación de los equipos de protección, medición, borneras, boquillas, luces piloto, fusileras, etc.

FIGURA 3. 2 Diseño del banco de pruebas en AutoCAD para ser impreso en vinil.



Fuente: Los Autores.

3.3. Colocación e instalación de los equipos de medición y elementos en el tablero

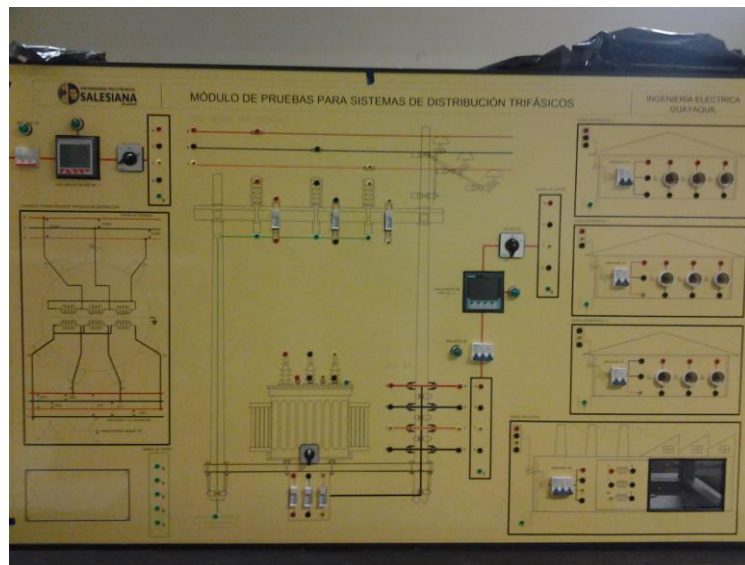
Una vez que se ha unido la estructura principal con la base se procede a instalar cada uno de los equipos de medición y elementos en los lugares indicados en la lámina de vinil.

FIGURA 3. 3 Colocación de los equipos y elementos del banco de pruebas.



Fuente: Los Autores.

FIGURA 3. 4 Vista frontal del banco de pruebas.



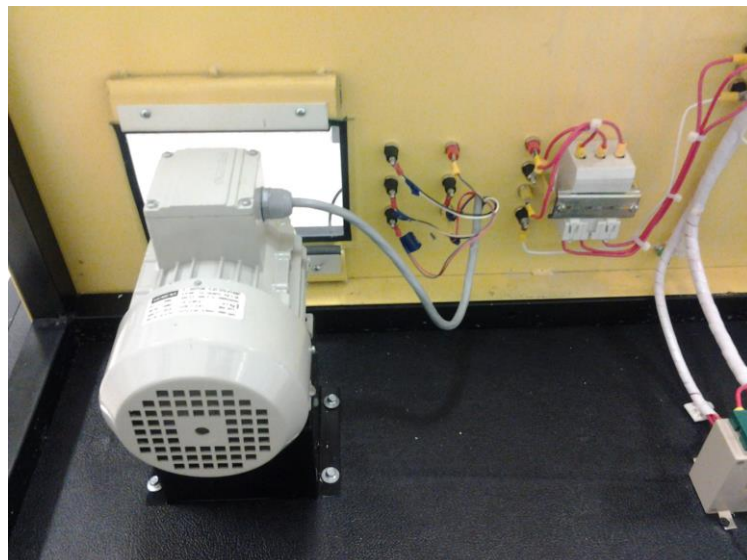
Fuente: Los Autores.

FIGURA 3. 5 Vista posterior del banco de pruebas.



Fuente: Los Autores.

FIGURA 3. 6 Vista posterior del banco de pruebas.

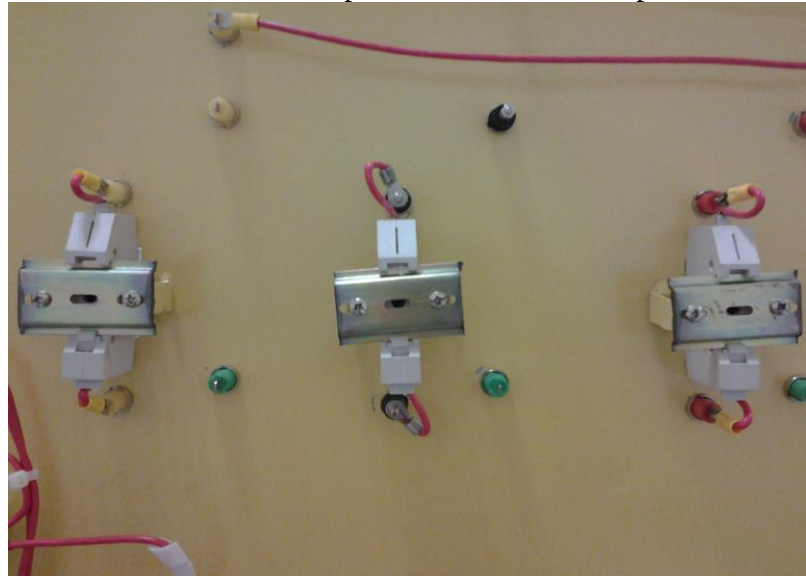


Fuente: Los Autores.

3.4. Conexión de los equipos y los distintos elementos eléctricos

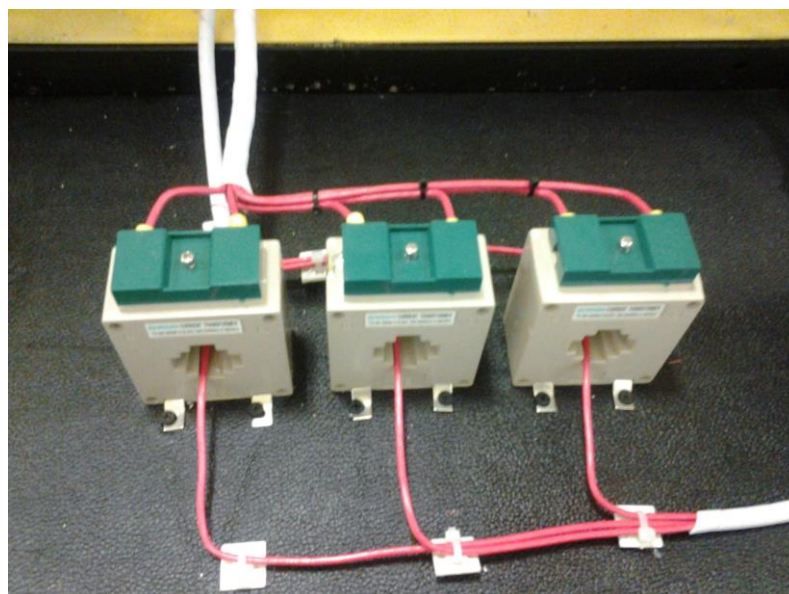
Cuando terminamos de instalar todos los equipos y elementos eléctricos procedemos a realizar las respectivas conexiones de acuerdo al diagrama del tablero.

FIGURA 3. 7 Vista posterior del banco de pruebas.



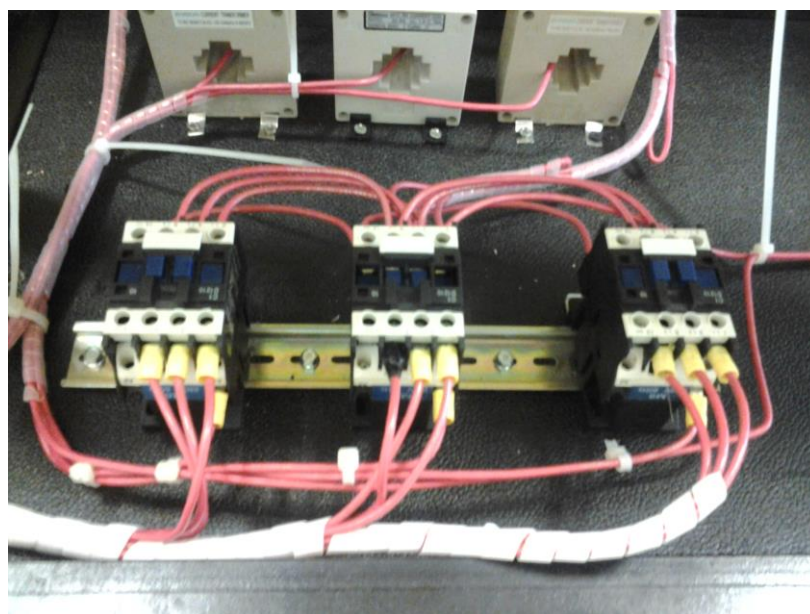
Fuente: Los Autores.

FIGURA 3. 8 Conexión de los transformadores de corriente.



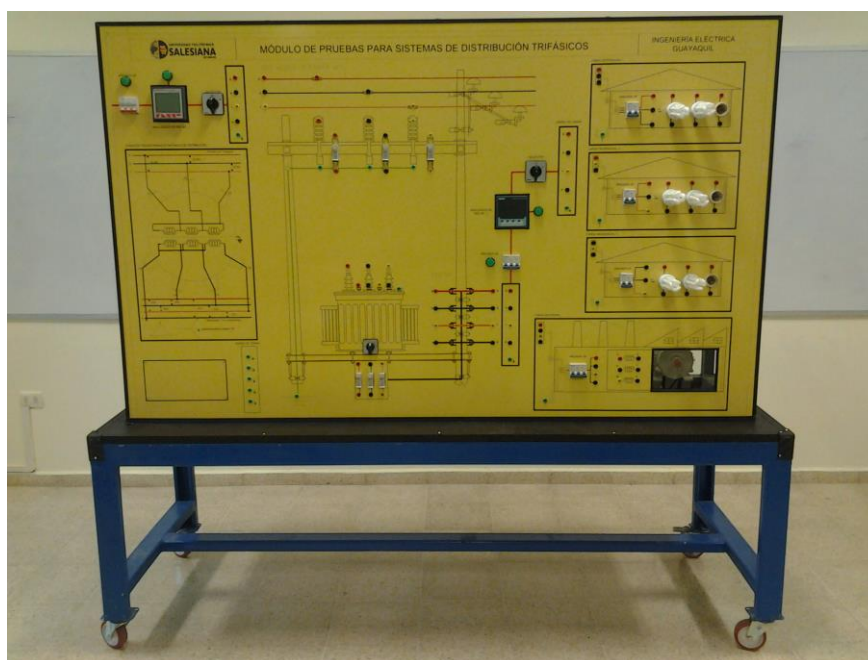
Fuente: Los Autores.

FIGURA 3. 9 Conexión de los contactores.



Fuente: Los Autores.

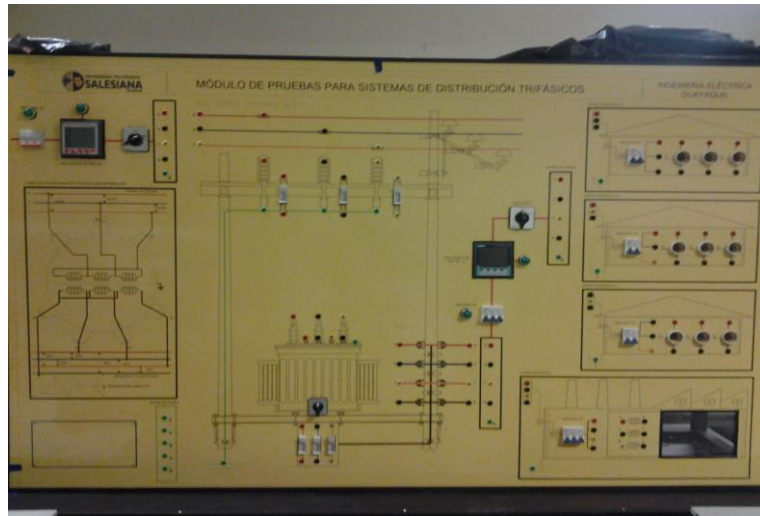
FIGURA 3. 10 Modulo de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.



Fuente: Los Autores.

3.5. Inventario de equipos que forman parte del tablero

FIGURA 3. 11 Banco de pruebas para sistemas de distribución



Fuente: Autores

A continuación se detalla cada uno de los equipos que forman parte del tablero y que se muestran en la figura 5.1

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1.- 3 contactores de 220 vac | 2.- 11 fusileras |
| 4.- 4 luces piloto de 220 vac. | 5.- 20 fusibles de 2A. |
| 6.- 2 selectores de 120 vac. | 7.- 20 fusibles de 4A. |
| 8.- 1 motor siemens de 0.50 hp. | 9.- 2 transformador trifásicos de 1.5kva. |
| 10.- 2 analizadores de red. | 11.- 7 disyuntores. |
| 12.- 9 focos ahorradores. | 13.- 6 transformadores de corriente. |
| 14.- 1 toma trifásico. | 15.- borneras. |

3.6. Presupuesto utilizado para la construcción del banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos

A continuación se detalla todos los equipos, elementos y materiales que se utilizaron en la construcción del banco detallando modelo, cantidad y costo.

MATERIALES	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Analizador de red #1	1	350.52	350.52
Analizador de red #2	1	352.65	352.65
Motor trifásico 0.75hp	1	145.00	145.00
Transformador trifásico de 1.5kva	2	560.00	1120.00
Contactores Trifásico 220v	3	19.47	58.41
Riel Din	2	7.50	15.00
Selector monofásico	2	13.88	27.76
Selector trifásico	2	16.55	33.10
Luz piloto verde	4	3.50	14.00
Disyuntor dos polos 2A	3	5.50	16.50
Disyuntor trifásico 6A	3	12.50	37.50
Disyuntor trifásico 3A	2	10.50	21.00
Toma trifásico	1	18.65	18,65
Boquillas eléctricas	9	2.25	20.25
Portafusibles	14	1.25	17.50
Fusibles 4A	20	4.00	4.00
Fusibles 2A	20	3.50	16,05
Plancha metálica	1	300	300
Mesa	1	150	150
TOTAL			2867.89

CAPÍTULO 4

4.1. Guía de prácticas para pruebas del banco

PRÁCTICA 1: Seguridad y mantenimiento del banco.

PRÁCTICA 2: Comprobación de funcionamiento de los equipos y elementos del banco.

PRÁCTICA 3: Prueba a vacío a plena tensión comprobando los valores de voltaje en el primario y secundario del transformador trifásico de distribución

PRÁCTICA 4: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).

PRÁCTICA 5: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).

PRÁCTICA 6: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.

PRÁCTICA 7: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.

PRÁCTICA 8: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.

.

PRÁCTICA 9: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes, focos ahorradores) y con carga industria artesanal.

PRÁCTICA 10: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión

PRÁCTICA 11: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.

PRÁCTICA 12: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.

PRÁCTICA 13: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando un sobrevoltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución

.

PRÁCTICA 14: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.

PRÁCTICA 15: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia (0.72-0.92).

4.2. PRÁCTICA NO. 1: Seguridad y mantenimiento del banco de pruebas

4.2.1. DATOS INFORMATIVOS

-MATERIA: Instalaciones civiles

-PRÁCTICA: N° 1

-NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

-NOMBRE DEL DOCENTE:

-TIEMPO ESTIMADO: 2 horas

4.2.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

TEMA: Normas de seguridad del banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

OBJETIVO GENERAL

Entender las normas básicas de seguridad que debemos emplear para manipular los elementos y equipos instalados en el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos

-OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Implementar normas de seguridad para cada uno de los equipos y elementos que se encuentran instalados en el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Verificar el correcto funcionamiento de los equipos y elementos instalados en el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos, por medio del manual de seguridad.

-MARCO TEÓRICO

Principio de funcionamiento de los elementos y equipos que están instalados en el banco de pruebas de sistemas de distribución trifásicos.

-MARCO PROCEDIMENTAL

Revisar la correcta instalación de todos los equipos y elementos instalados en el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Comprobar el correcto funcionamiento de todos los equipos y elementos instalados

Tomar las respectivas medidas de seguridad en caso de existir fallas en los equipos y elementos instalados en el banco de pruebas de sistemas de distribución trifásicos.

-CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.

Breve introducción al funcionamiento del banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Conocer el alcance y todas las posibles aplicaciones para el banco de pruebas de sistemas de distribución trifásicos.

Entender las normas de seguridad que se deben emplear.

Identificar todos los equipos, elementos y símbolos utilizados instalados en el tablero de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

-RECURSOS UTILIZADOS

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Instrumentos de medición para: Tensión y Corriente.

Formatos para toma de valores teóricos y experimentales.

Motor trifásico.

Cables de conexión

FIGURA 4. 1 Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.



Fuente: Autores

4.2.3. NORMAS DE SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS

La toma trifásica mostrada en la figura 6.2 es uno de los elementos mas importantes del banco ya que es el elemento que suministra la energía necesaria para la utilización de todos los equipos y elementos del tablero.

FIGURA 4. 2 Toma trifásico



Fuente: Los Autores

Para la utilización del toma trifásico se debe revisar que todo este desenergizado, verificando el estado del disyuntor principal el cual debe de estar en off como se muestra en la figura 6.3.

Cabe resaltar que no se debe de operar el toma trifásico o cualquier elemento del tablero con las manos mojadas ya que podríamos ser víctimas de una descarga.

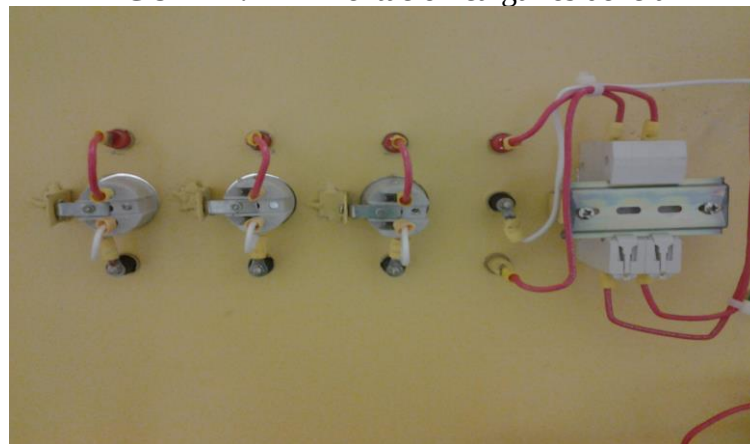
FIGURA 4. 3 Disyuntor principal



Fuente: Los Autores

Se debe revisar que no exista ningún cable suelto en la parte posterior del tablero como se muestra en la figura 6.4 para evitar posibles contactos indirectos o accidentes.

FIGURA 4. 4 Alimentación carga residencial



Fuente: Los Autores

FIGURA 4. 5 Alimentación carga residencial



Fuente: Los Autores

El analizador de red trifásico (ver figura 6.5) es un equipo que nos permite verificar los distintos parámetros eléctricos tales como: voltaje, corriente, energía, potencia activa, potencia reactiva, potencia aparente y factor de potencia.

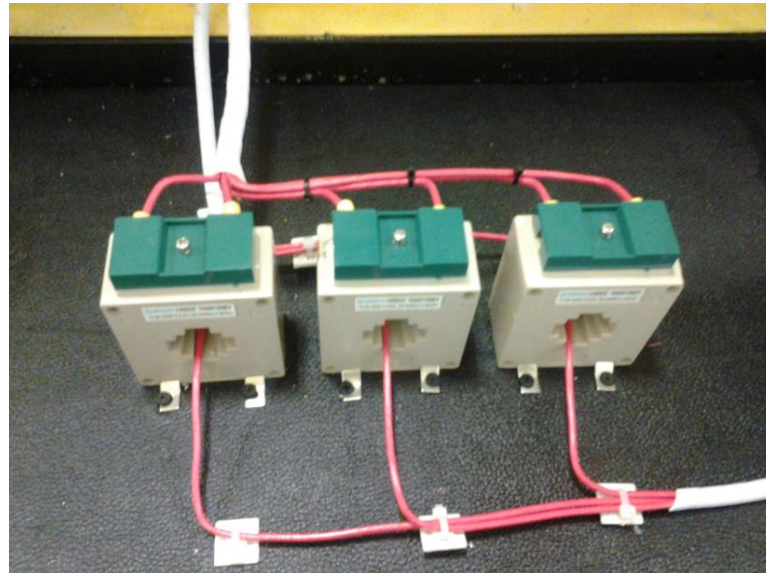
FIGURA 4. 6 Analizador de red trifásico



Fuente: Los Autores

Este equipo trabaja en conjunto con tres transformadores de corriente (ver figura 6.7) de 30/5A. La función de los transformadores de corriente es reducir proporcionalmente la corriente que circula a través del conductor para ser medida por el analizador.

FIGURA 4. 7 Transformadores de corriente.



Fuente: Los Autores.

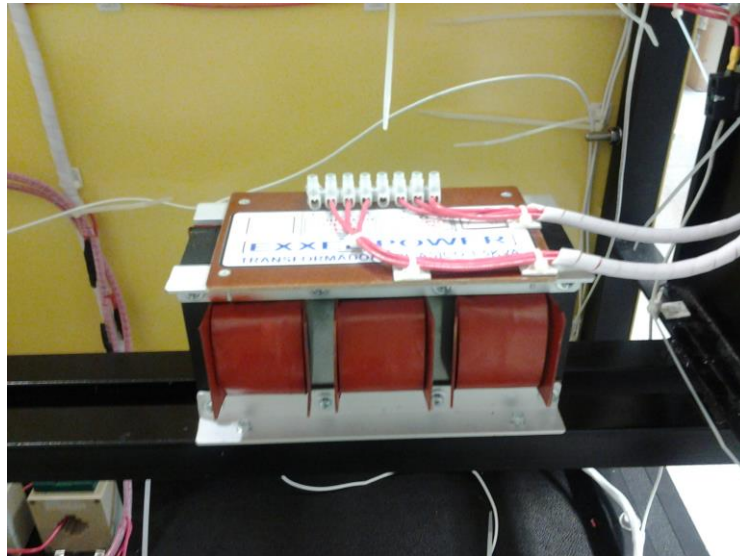
Además debemos de verificar que en la parte posterior del analizador todo este correctamente conectado y no exista ningún cable suelto.

Cabe destacar que el analizador de red funciona con un mínimo de 40vca esto por características del equipo, antes de cada practica se debe verificar que funcione perfectamente cada fusible de protección y no exista ningún cable suelto.

Los transformadores trifásicos están compuestos por grupos de bobinas en una determinada conexión trifásica, pueden elevar o disminuir niveles de tensión, la principal medida de seguridad de los transformadores trifásicos del tablero es no tocarlos mientras estén en funcionamiento especialmente el núcleo y los terminales de las bobinas ya que puede producir accidentes debido al nivel de tensión que manejan, el voltaje de funcionamiento del primer transformador es de 220 vac en el primario y su voltaje máximo es de 480 vac en el secundario mientras que en el segundo el voltaje máximo es de 480 vac en el primario y de 220/ 127 vac en el secundario, estos dos transformadores cuando funcionan a plena carga tienden a

emitir pequeños sonidos y vibraciones consideradas normales dentro de los parámetros de funcionamiento.

FIGURA 4. 8 Transformador trifásico



Fuente: Los Autores.

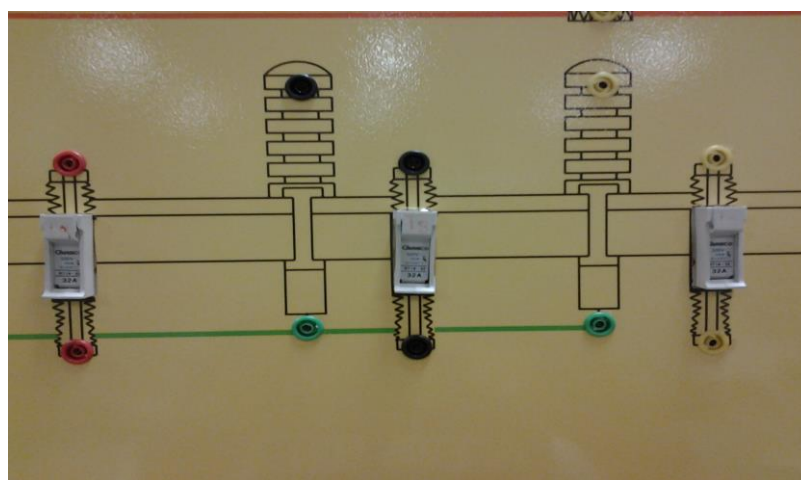
FIGURA 4. 9 Barra de alimentación trifásica



Fuente: Los Autores.

La barra de alimentación trifásica es la que alimenta o energiza todos los dispositivos del tablero a través de la red aérea de media tensión diseñada en el tablero, como norma de seguridad se recomienda utilizar los cables de conexión y no meter otros objetos que no sean estos para evitar cualquier tipo de accidente, cabe señalar que el tablero está diseñado para una conexión secuencial en la cual cada fase está identificada con su propio color y letra esto con el fin de evitar cualquier tipo de confusión que pueda provocar algún accidente. Todas las borneras tienen continuidad y están listas para ser usadas.

FIGURA 4. 10 Porta fusibles



Fuente: Los Autores.

Los portafusibles son dispositivos diseñados para almacenar al fusible y evitar cualquier tipo de contacto o manipulación directa, se debe de verificar visualmente que estén en buen estado y revisar que ningún cable este suelto en la parte posterior del tablero.

FIGURA 4. 11 Porta fusibles



Fuente: Los Autores.

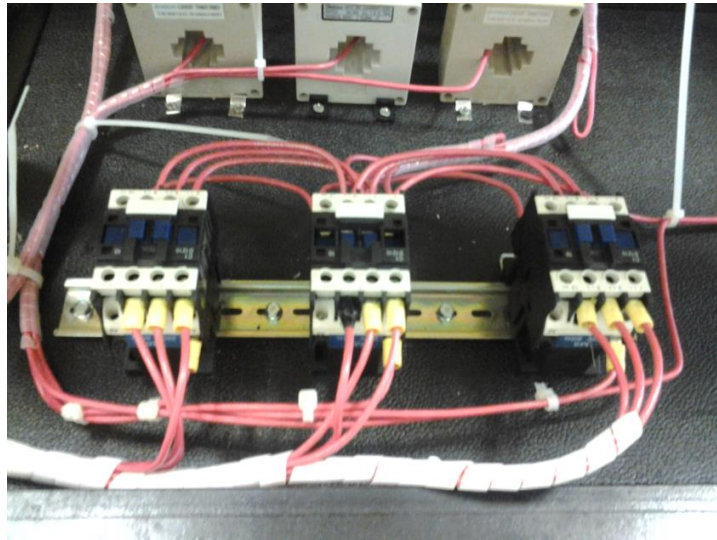
El contactor es un dispositivo electromecánico de control tiene por objeto establecer o interrumpir el paso de la corriente ya sea en el circuito de mando o de fuerza. Dentro del esquema de diseño del tablero se los utiliza para la variación de voltaje del $\pm 2.5\%$ producida por el tap del transformador, antes de cada práctica se debe verificar que no exista ningún cable suelto y bajo ningún concepto se los debe de manipular energizados.

FIGURA 4. 12 Tap de derivación.



Fuente: Los Autores.

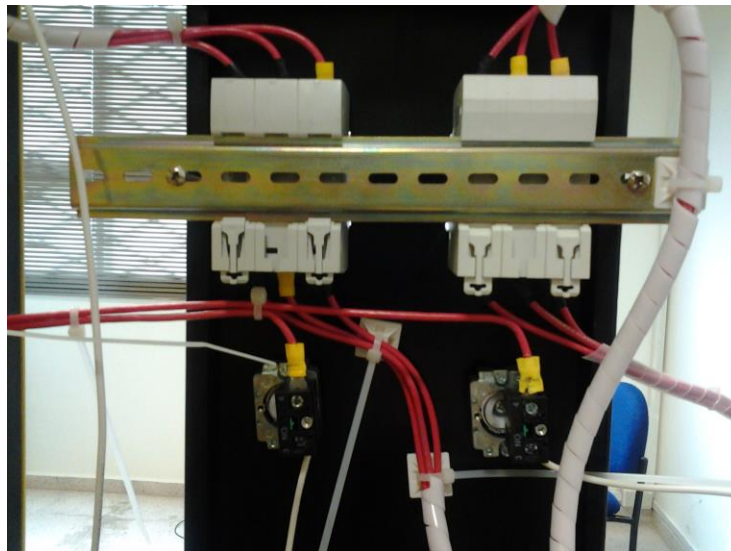
FIGURA 4. 13 Contactores.



Fuente: Los Autores.

Los disyuntor son dispositivos de protección capaces de interrumpir o abrir el circuito bajo carga o por falla con el objetivo de proteger los equipos eléctricos, antes de cada practica se debe verificar que estén en buen estado y revisar en la parte posterior que no exista ningún cable suelto que pueda ocasionar algún inconveniente.

FIGURA 4. 14 Disyuntor



Fuente: Los Autores.

El selector es un dispositivo eléctrico que se utiliza para interrumpir o desviar el curso de una corriente eléctrica, antes de realizar una práctica debemos verificar el

correcto funcionamiento del selector y verificar que no tenga ningún cable suelto en la parte posterior del tablero.

FIGURA 4. 15 Selector



Fuente: Los Autores.

Las luces piloto son elementos indicadores o de señalización, las luces instaladas en el tablero están diseñadas para funcionar a un nivel de voltaje de 220 vac, por norma de seguridad se debe de verificar que en la parte posterior del tablero no existan cables sueltos y que cada terminal de las luces piloto vaya con su respectiva bornera.

FIGURA 4. 16 Luz piloto



Fuente: Los Autores.

La barra de carga es el conjunto de borneras que sirve para distribuir de manera equilibrada cada una de las fases incluido el neutro que nosotros tenemos en el sistema, cabe resaltar que solo se la debe de utilizar con los cables de conexión

adecuados y por norma de seguridad se debe tratar de no acumular tantos terminales en una misma bornera.

FIGURA 4. 17 Barra de carga

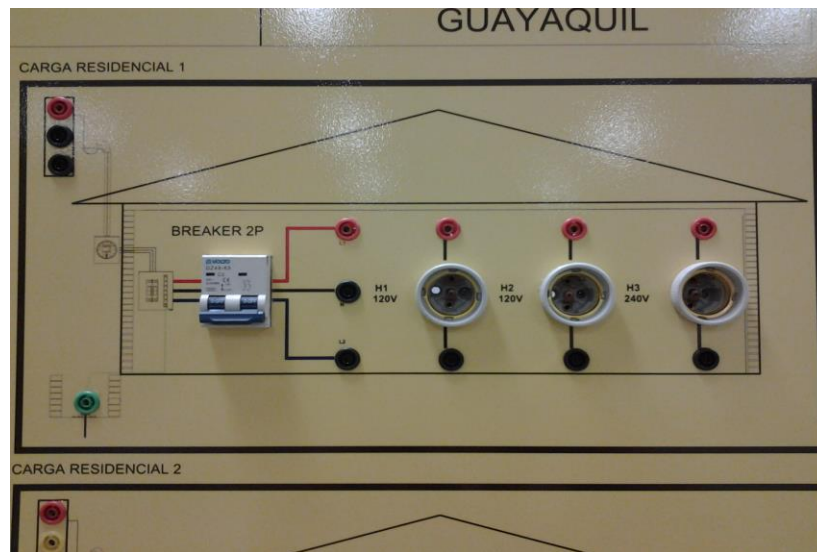


Fuente: Los Autores.

La carga residencial es el conjunto de tres boquillas eléctricas, las dos primeras funcionan a un nivel de tensión de 120 vac y la última a un nivel de tensión de 240 vac protegidas con un disyuntor de dos polos de 2A, La carga residencial simboliza la carga monofásica trifilar la cual debe de abastecer un transformador de distribución trifásico, esta carga en el tablero está diseñada con su acometida, su medidor, su puesta a tierra.

Antes de cada practica es conveniente revisar en la parte posterior del tablero que los cables de cada boquilla estén conectados con sus respectivas borneras y que el disyuntor de protección este operativo.

FIGURA 4. 18 Carga Residencial



Fuente: Los Autores.

La carga industrial está representada con un motor trifásico marca SIEMENS de 0.5 HP, que funciona a un nivel de tensión de 220 vac y está protegido con un disyuntor de tres polos de 6A. La carga industrial simboliza la carga trifásica artesanal que debe de abastecer un transformador de distribución trifásico, esta carga en el tablero está diseñada con su acometida, su medidor, su puesta a tierra.

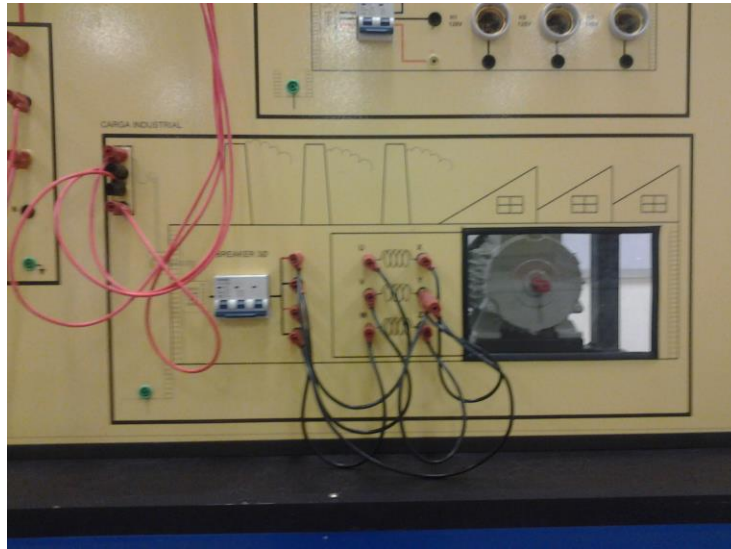
Antes de cada práctica es conveniente revisar las conexiones en la parte posterior del tablero y verificar el estado operativo del disyuntor trifásico de protección.

FIGURA 4. 19 Carga Industrial



Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 20 Carga Industrial



Fuente: Los Autores.

La conexión a tierra es uno de los elementos más importante del tablero ya que puede evitar cualquier descarga eléctrica producto de un fallo, en el tablero la conexión está representada por la barra de tierra, es importante que esta barra no se manipule bajo ningún concepto por la parte posterior cuando el tablero esté en funcionamiento.

FIGURA 4. 21 Carga Industrial.



Fuente: Los Autores.

Cabe resaltar que todas las cargas deben estar conectadas a tierra. Una de las principales razones de instalar una puesta a tierra es para evitar los posibles contactos indirectos.

4.2.4. NORMAS DE SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS

No utilice cables de conexión en mal estado.

No manipule los equipos que le indique el docente.

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 de sistemas de distribución trifásicos con las manos mojadas o húmedas.

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

Verifique que las bornas del banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos no estén golpeadas ni rotas.

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

Si ve que algún elemento comienza calentarse de manera abrupta y le comienza salir humo baje los disyuntor inmediatamente e informe al docente.

Si va a realizar cambios a un circuito hágalo con el banco desenergizado.

Antes de comenzar a realizar prácticas en el banco de pruebas primero revisar que todos los equipos y elementos estén en buen estado.

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

4.2.5. 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.

- **ANEXOS**

Diagrama del Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Catálogos del fabricante de los equipos en este banco de pruebas.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Sistemas Eléctricos de distribución ing. Juan Antonio Yebra Moron.

Control de motores eléctricos Gilberto Enríquez Harper.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Indique que normas de seguridad se debe tener con la toma trifásica?

¿Indique el funcionamiento de los analizadores de red?

¿Indique que se debe hacer si los elementos sufren de calentamientos abruptos y boten humo?

¿Por qué no se debe usar cables rotos?

¿Cuáles son las normas básicas de seguridad industrial?

¿Explique para qué sirve la puesta a tierra del tablero?

- **OTROS**

Sobre normas de seguridad:

Riesgos eléctricos.

Descargas eléctricas al cuerpo humano.

Sobre protección de dispositivos eléctricos:

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

Sobre diseño de circuitos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

Proyecto:

Evaluar y cotizar la instalación de los elementos utilizados en el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

4.3. PRÁCTICA NO. 2: Mantenimiento y seguridad del banco de pruebas

4.3.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA** Instalaciones civiles.
- **PRÁCTICA** N° 2
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.3.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

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

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

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

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

Probar cada uno de los elementos y verificar su correcto funcionamiento.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

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 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**

Verificar la operatividad de todos los dispositivos del banco de pruebas para sistemas de distribución trifásico, verificar continuidad en todas las borneras, verificar que no existan cables dañados y dispositivos en mal estado.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Instrumentos de medición para: Tensión, Corriente.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

TABLA 4. 1 Toma de valores transformador trifásico # 1



INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELECTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / TRANSFORMADOR TRIFASICO DE 1.5 KVA / MARCA: EXXEL POWER					FECHA : 07/03/15	
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTIMETRO FLUKE 322						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 322		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (V) IN 100%	220.6	5.88%			
2	V S-T (V) IN 100%	219.6	5.88%			
3	V T-R (V) IN 100%	219.7	5.88%			
4	V R-S (V) OUT 100%	486	5.88%			
5	V S-T (V) OUT 100%	483	5.88%			
6	V T-R (V) OUT 100%	476	5.88%			
7	V R-S (V) IN 50%	110.1	5.88%			
8	V S-T (V) IN 50%	110.2	5.88%			
9	V T-R (V) IN 50%	109.3	5.88%			
10	V R-S (V) OUT 50%	241.2	5.88%			
11	V S-T (V) OUT 50%	240.8	5.88%			
12	V T-R (V) OUT 50%	240.1	5.88%			
13	NIVEL DE RUIDO	ACEPTABLE	5.88%			
14	NIVEL DE VIBRACIONES	ACEPTABLE	5.88%			
15	ESTADO DE BORNERAS	ACEPTABLE	5.88%			
16	ESTADO DE ESTRUCTURA	ACEPTABLE	5.88%			

17	OTROS	ACEPTABLE	5.88%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 2 Toma de valores Transformador Trifásico #2 de 1.5 kva



INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 1.5 KVA / MARCA: EXXEL POWER					FECHA : 07/03/15	
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTÍMETRO FLUKE 322						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 322		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (V) IN 100%	473.1	1.88%			
2	V S-T (V) IN 100%	486	1.88%			
3	V T-R (V) IN 100%	478	1.88%			
4	V R-S (V) OUT 102.5%	219.6	1.88%			
5	V S-T (V) OUT 102.5%	226.8	1.88%			
6	V T-R (V) OUT 102.5%	227.7	1.88%			
7	V R-S (V) OUT 100%	213.9	1.88%			
8	V S-T (V) OUT 100%	221.4	1.88%			
9	V T-R (V) OUT 100%	221.9	1.88%			
10	V R-S (V) OUT 97.5%	208.6	1.88%			
11	V S-T (V) OUT 97.5%	215.8	1.88%			
12	V T-R (V) OUT 97.5%	216.4	1.88%			
13	V R-S (V) IN 50%	239.4	1.88%			
14	V S-T (V) IN 50%	239.8	1.88%			
15	V T-R (V) IN 50%	237.5	1.88%			
16	V R-S (V) OUT 52.5%	112.4	1.88%			
17	V S-T (V) OUT 52.5%	113.1	1.88%			
18	V T-R (V) OUT 52.5%	112.3	1.88%			

19	V R-S (V) OUT 50%	109.7	1.88%			
20	V S-T (V) OUT 50%	110.4	1.88%			
21	V T-R (V) OUT 50%	109.8	1.88%			
22	V R-S (V) OUT 47.5%	107.1	1.88%			
23	V S-T (V) OUT 47.5%	107.7	1.88%			
24	V T-R (V) OUT 47.5%	107.1	1.88%			
25	V R-S (V) IN 100%	473.1	1.88%			
26	V S-T (V) IN 100%	486	1.88%			
27	V T-R (V) IN 100%	478	1.88%			
28	V r-n (V) OUT 102.5%	126.8	1.88%			
29	V s-n (V) OUT 102.5%	128.3	1.88%			
30	V t-n (V) OUT 102.5%	133.5	1.88%			
31	V r-n (V) OUT 100%	123.5	1.88%			
32	V s-n (V) OUT 100%	125.1	1.88%			
33	V t-n (V) OUT 100%	130.3	1.88%			
34	V r-n (V) OUT 97.5%	120.5	1.88%			
35	V s-n (V) OUT 97.5%	122.0	1.88%			
36	V t-n (V) OUT 97.5%	126	1.88%			
37	V R-S (V) IN 50%	239.4	1.88%			
38	V S-T (V) IN 50%	239.8	1.88%			
39	V T-R (V) IN 50%	237.5	1.88%			
40	V r-n (V) OUT 52.5%	64.4	1.88%			
41	V s-n (V) OUT 52.5%	64.9	1.88%			
42	V t-n (V) OUT 52.5%	64.9	1.88%			
43	V r-n (V) OUT 50%	62.8	1.88%			
44	V s-n (V) OUT 50%	63.3	1.88%			
45	V t-n (V) OUT 50%	63.4	1.88%			
46	V r-n (V) OUT 47.5%	61.2	1.88%			

47	V s-n (V) OUT 47.5%	61.7	1.88%			
48	V t-n (V) OUT 47.5%	61.8	1.88%			
49	NIVEL DE RUIDO	ACEPTABLE	1.88%			
50	NIVEL DE VIBRACIONES	ACEPTABLE	1.88%			
51	ESTADO DE BORNERAS	ACEPTABLE	1.88%			
52	ESTADO DE ESTRUCTURA	ACEPTABLE	1.88%			
53	OTROS	ACEPTABLE	1.88%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 3 Toma de Valores – Analizador de Red 1



INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
INSTRUMENTACION / ANALIZADOR DE RED 1 / MARCA:DUCATI /					FECHA : 07/03/15	
MODELO: DUCA-LCD96						
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR SIEMENS DE 0.5 HP- 220VAC L-L						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 322		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (V)	475	4.76%			EL ANALIZADOR MIDE APARTIR DE LOS 30VAC
2	V S-T (V)	480	4.76%			
3	V T-R (V)	474	4.76%			
4	V R-N (V)	271	4.76%			
5	V S-N (V)	278	4.76%			
6	V T-N (V)	276	4.76%			
7	IR (A)	0.90	4.76%			
8	IS (A)	1.20	4.76%			
9	IT (A)	0.72	4.76%			
10	PL1 (W)	180	4.76%			
11	PL2 (W)	12	4.76%			
12	PL3 (W)	36	4.76%			
13	QL1 (VAR)	156	4.76%			
14	QL2 (VAR)	330	4.76%			
15	QL3 (VAR)	192	4.76%			
16	SL1 (VA)	240	4.76%			

17	SL2 (VA)	330	4.76%			
18	SL3 (VA)	198	4.76%			
19	fp3Φ	0.37	4.76%			
20	TC-30/5A	ACEPTABLE	4.76%			
21	OTROS	ACEPTABLE	4.76%			
RECOMENDACIONES			PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO		REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO			RECIBIDO POR		APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 4 Toma de Valores – Analizador de Red 2



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA
ECUADOR

INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

INSTRUMENTACIÓN / ANALIZADOR DE RED 2 / MARCA SIEMENS / MODELO : SENTRON PAC 3100

FECHA : 07/03/15

PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR SIEMENS DE 0.5HP EN DELTA 6 TERMINALES 220VAC L-L

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (V)	212	4.76%			
2	V S-T (V)	220	4.76%			
3	V T-R (V)	218	4.76%			
4	V R-N (V)	123	4.76%			
5	V S-N (V)	125	4.76%			
6	V T-N (V)	128	4.76%			
7	IR (A)	0.9	4.76%			
8	IS (A)	0.8	4.76%			
9	IT (A)	0.9	4.76%			
10	PL1 (W)	38	4.76%			
11	PL2 (W)	43	4.76%			
12	PL3 (W)	55	4.76%			
13	QL1 (VAR)	103	4.76%			
14	QL2 (VAR)	88	4.76%			
15	QL3 (VAR)	102	4.76%			
16	SL1 (VA)	112	4.76%			
17	SL2 (VA)	99	4.76%			

18	SL3 (VA)	117	4.76%			
19	$\text{fp}3\Phi$	0.42	4.76%			
20	TC-30/5A	ACEPTABLE	4.76%			
21	OTROS	ACEPTABLE	4.76%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 5 Toma de Valores – Motor 6 Terminales

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / MOTOR 6 TERMINALES / MARCA: SIEMENS /SERIE : SIMENS 1LA7-4YAG0					FECHA : 07/03/15	
PRUEBA REALIZADA : MOTOR EN ESTRELLA, SIN CARGA 220VAC L-L						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 322		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	V U-V (V)	212	7.69%			
2	V V-W (V)	220	7.69%			
3	V W-U (V)	218	7.69%			
4	V X-Y (V)	123	7.69%			
5	V Y-Z (V)	124	7.69%			
6	V Z-X (V)	128	7.69%			
7	IU (A)	0.2	7.69%			
8	IV (A)	0.2	7.69%			
9	IW (A)	0.3	7.69%			
10	P 3Φ (W)	60	7.69%			
11	Q3Φ (VAR)	78	7.69%			
12	S3Φ (VA)	90	7.69%			
13	fp3Φ	0.65	7.69%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 6 Toma de Valores –Contactor K1

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / CONTACTOR K1 /					FECHA : 07/03/15	
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE BOBINAS Y CONTACTOS (CONTINUIDAD)						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	BOBINAS DEL CONTACTOR	120-240V	20%			CORRIENTE A VACIO 0 AMP
2	CONTACTOS DE FUERZA	ACEPTABLE	20%			
3	CONTACTOS AUX NC	ACEPTABLE	20%			
4	CONTACTOS AUX NO	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 4. 7 Toma de Valores – Contactor K2

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / CONTACTOR K2 / SERIE :					FECHA : 07/03/15	
PRUEBA REALIZADA : PRUBA DE BOBINAS Y CONTACTOS (CONTINUIDAD)						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	BOBINAS DEL CONTACTOR	120-240V	20%			CORRIENTE A VACIO 0 AMP
2	CONTACTOS DE FUERZA	ACEPTABLE	20%			
3	CONTACTOS AUX NC	ACEPTABLE	20%			
4	CONTACTOS AUX NO	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 4. 8 Toma de Valores – Contactor K3

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / CONTACTOR K3 / SERIE :					FECHA : 07/03/15	
PRUEBA REALIZADA : PRUBA DE BOBINAS Y CONTACTOS (CONTINUIDAD)						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	BOBINAS DEL CONTACTOR	120-240V	20%			CORRIENTE A VACIO 0 AMP
2	CONTACTOS DE FUERZA	ACEPTABLE	20%			
3	CONTACTOS AUX NC	ACEPTABLE	20%			
4	CONTACTOS AUX NO	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 4. 9 Toma de Valores – Luz Piloto H1.

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPOS / LUZ PILOTO H1 / CAMSCO / SERIE :					FECHA : 07/03/15	
PRUEBA REALIZADA : ENCENDIDO Y APAGADO						
ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO X1	ACEPTABLE	33.3%			
2	CONTACTO X2	ACEPTABLE	33.3%			
3	OTROS	120-240V	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 10 Toma de Valores – Luz Piloto H2.



INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPOS / LUZ PILOTO H2 / CAMSCO / SERIE :					FECHA : 07/03/15	
PRUEBA REALIZADA : ENCENDIDO Y APAGADO						
ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO X1	ACEPTABLE	33.3%			
2	CONTACTO X2	ACEPTABLE	33.3%			
3	OTROS	120-240V	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 11 Toma de Valores – Luz Piloto H3

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPOS / LUZ PILOTO H3 / CAMSCO / SERIE :					FECHA : 07/03/15	
PRUEBA REALIZADA : ENCENDIDO Y APAGADO						
ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO X1	ACEPTABLE	33.3%			
2	CONTACTO X2	ACEPTABLE	33.3%			
3	OTROS	120-240V	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 12 Toma de Valores – Luz Piloto H4



INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPOS / LUZ PILOTO H4 / CAMSCO / SERIE :					FECHA : 07/03/15	
PRUEBA REALIZADA : ENCENDIDO Y APAGADO						
ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO X1	ACEPTABLE	33.3%			
2	CONTACTO X2	ACEPTABLE	33.3%			
3	OTROS	120-240V	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 13 Toma de Valores – Transformador de Corriente

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : TRANSFORMADOR DE CORRIENTE / MARCA: CAMSCO						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : TRANSFORMACION DE CORRIENTE						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	LINEA	ACCEPTABLE	25%			
2	S1-K	ACCEPTABLE	25%			
3	S2-I	ACCEPTABLE	25%			
4	OTROS	ACCEPTABLE	25%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 14 Toma de Valores – Transformador de Corriente

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : TRANSFORMADOR DE CORRIENTE / MARCA: VOLTO						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : TRANSFORMACION DE CORRIENTE						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	LINEA	ACEPTABLE	25%			
2	S1-K	ACEPTABLE	25%			
3	S2-I	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 4. 15 Toma de Valores – Transformador de Corriente

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : TRANSFORMADOR DE CORRIENTE / MARCA: VOLTO						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : TRANSFORMACION DE CORRIENTE						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	LINEA	ACEPTABLE	25%			
2	S1-K	ACEPTABLE	25%			
3	S2-I	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 4. 16 Toma de Valores – Transformador de Corriente

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : TRANSFORMADOR DE CORRIENTE / MARCA: VOLTO						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : TRANSFORMACION DE CORRIENTE						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	LINEA	ACEPTABLE	25%			
2	S1-K	ACEPTABLE	25%			
3	S2-I	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 4. 17 Toma de Valores – Transformador de Corriente

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : TRANSFORMADOR DE CORRIENTE / MARCA: VOLTO						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : TRANSFORMACION DE CORRIENTE						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	LINEA	ACEPTABLE	25%			
2	S1-K	ACEPTABLE	25%			
3	S2-I	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 4. 18 Toma de Valores – Transformador de Corriente

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : TRANSFORMADOR DE CORRIENTE / MARCA: VOLTO						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : TRANSFORMACION DE CORRIENTE						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	LINEA	ACEPTABLE	25%			
2	S1-K	ACEPTABLE	25%			
3	S2-I	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 4. 19 Toma de Valores – Disyuntor 6A



INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / PROTECCIONES / : DISYUNTOR 3Ø - 6AMP / MARCA : VOLTO /SERIE: DZ49-63 **FECHA : 07/03/15**

PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTOS 1,3,5	ACEPTABLE	33.3%			
2	CONTACTOS 2,4,6	ACEPTABLE	33.3%			
3	OTROS	ACEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 20 Toma de Valores – Disyuntor 6A

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : DISYUNTOR 3Ø - 6AMP / MARCA : VOLTO /SERIE: DZ49-63						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTOS 1,3,5	ACEPTABLE	33.3%			
2	CONTACTOS 2,4,6	ACEPTABLE	33.3%			
3	OTROS	ACEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 21 Toma de Valores – Disyuntor 6A



INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

EQUIPO / PROTECCIONES / : DISYUNTOR 3Ø - 6AMP / MARCA : VOLTO /SERIE: DZ49-63 **FECHA : 07/03/15**

PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA

ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTOS 1,3,5	ACEPTABLE	33.3%			
2	CONTACTOS 2,4,6	ACEPTABLE	33.3%			
3	OTROS	ACEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 22 Toma de Valores – Disyuntor 3A

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : DISYUNTOR 3Ø - 3AMP / MARCA : VOLTO /SERIE: DZ47-63					FECHA : 07/03/15	
PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTOS 1,3,5	ACEPTABLE	33.3%			
2	CONTACTOS 2,4,6	ACEPTABLE	33.3%			
3	OTROS	ACEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 23 Toma de Valores – Disyuntor 3A

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : DISYUNTOR 3Ø - 3AMP / MARCA : VOLTO /SERIE: DZ47-63						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTOS 1,3,5	ACEPTABLE	33.3%			
2	CONTACTOS 2,4,6	ACEPTABLE	33.3%			
3	OTROS	ACEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 24 Toma de Valores – Disyuntor 2A

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : DISYUNTOR 3Ø - 2AMP / MARCA : VOLTO /SERIE: DZ49-63						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTOS 1,3,	ACEPTABLE	33.3%			
2	CONTACTOS 2,4,	ACEPTABLE	33.3%			
3	OTROS	ACEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 25 Toma de Valores – Disyuntor 2ª

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : DISYUNTOR 3Ø - 2AMP / MARCA : VOLTO /SERIE: DZ49-63						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTOS 1,3,	ACEPTABLE	33.3%			
2	CONTACTOS 2,4,	ACEPTABLE	33.3%			
3	OTROS	ACEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 26 Toma de Valores – Disyuntor 2A

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : DISYUNTOR 3Ø - 2AMP / MARCA : VOLTO /SERIE: DZ49-63						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTOS 1,3,	ACEPTABLE	33.3%			
2	CONTACTOS 2,4,	ACEPTABLE	33.3%			
3	OTROS	ACEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 27 Toma de Valores – Selector Trifásico Disyuntor

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : SELECTOR TRIFÁSICO /MARCA:CAMSCO/ SERIE:						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	ENTRADA 1,3 - 5,7	ACEPTABLE	25%			
2	SALIDA 4,2 - 8,6	ACEPTABLE	25%			
3	INTERRUPTOR	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 4. 28 Toma de Valores – Selector Trifásico

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : SELECTOR TRIFÁSICO /MARCA:CAMSCO/ SERIE:						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	ENTRADA 1,3 - 5,7	ACEPTABLE	25%			
2	SALIDA 4,2 - 8,6	ACEPTABLE	25%			
3	INTERRUPTOR	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 4. 29 Toma de Valores – Selector monofásico

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : SELECTOR MONOFÁSICO /MARCA:CAMSCO/ SERIE:						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	ENTRADA 1	ACEPTABLE	25%			
2	SALIDA 2	ACEPTABLE	25%			
3	INTERRUPTOR	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 4. 30 Toma de Valores – Selector monofásico

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / PROTECCIONES / : SELECTOR MONOFÁSICO /MARCA:CAMSCO/ SERIE:						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	ENTRADA 1	ACEPTABLE	25%			
2	SALIDA 2	ACEPTABLE	25%			
3	INTERRUPTOR	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 4. 31 Toma de Valores – Fusible 2A

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
ELEMENTOS / PROTECCIONES / : FUSIBLES 2 AMP /MARCA: CAMSCO SERIE: RT14-20						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	L+ ANALIZADOR 1	ACCEPTABLE	33.3%			
2	L+ ANALIZADOR 2	ACCEPTABLE	33.3%			
3	OTROS	ACCEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 32 Toma de Valores – Fusible 4A

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
ELEMENTOS / PROTECCIONES / : FUSIBLES 4 AMP /MARCA: CAMSCO SERIE: RT14-20						FECHA : 07/03/15
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	L+ ANALIZADOR 1	ACEPTABLE	33.3%			
2	L+ ANALIZADOR 2	ACEPTABLE	33.3%			
3	OTROS	ACEPTABLE	33.3%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 33 Toma de Valores - Borneras y Conectores

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
ELEMENTOS / BORNERAS Y CONECTORES / SERIE : AMERICANA					FECHA : 07/08/14	
PRUEBA REALIZADA : CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y ESFUERZO MECANICO						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	SOPORTE	2 TUERCAS	20%			
2	AISSLADOR EXTERNO DE BORNERA	FIJO	20%			
3	AISSLADOR 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 4. 34 Toma de Valores –Cables de Prueba

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
ELEMENTOS / CABLES DE PRUEBA / SERIE : SC1						FECHA : 07/08/14
PRUEBA REALIZADA : CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y CONDICION EXTERNA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	CONDUCTIVIDAD (OHMS)	ACEPTABLE	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 4. 35 Toma de Valores – Estructura Mecánica

						
INGENIERÍA ELÉCTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
EQUIPO / ESTRUCTURA MECÁNICA						FECHA : 07/08/14
PRUEBA REALIZADA : NIVELACIÓN CON NIVEL DE BURBUJA Y ACABADO ESTETICO						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNÓSTICO		OBSERVACIONES
1	NIVEL HORIZONTAL	ACEPTABLE	14.28%			
2	NIVEL VERTICAL	ACEPTABLE	14.28%			
3	PERFIL DE PROTECCIÓN	ACEPTABLE	14.28%			
4	COBERTURA DE AMORTIGUACIÓN	ACEPTABLE	14.28%			
5	SOLDADURA	ACEPTABLE	14.28%			
6	PINTURA	ACEPTABLE	14.28%			
7	OTROS	ACEPTABLE	14.28%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA ESTRUCTURA:				REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNÓSTICO		RECIBIDO POR :				APROBADO POR :

Fuente: Los Autores

4.4. Práctica No. 3 Prueba a vacío a plena tensión comprobando los valores nominales de voltaje en el primario y secundario del transformador trifásico de distribución

4.4.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Instalaciones civiles
- **PRÁCTICA N° 3**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 1 Horas

4.2.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Prueba a vacío a plena tensión comprobando los valores nominales de voltaje en el primario y secundario del transformador trifásico de distribución.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizando los esquemas y conocimientos básicos de circuitos eléctricos realizar las mediciones básicas de tensión al transformador de corriente.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Identificar si los valores medidos en el transformador trifásico están dentro de los límites o rangos determinados por el CONELEC.

Aprender a utilizar los equipos de medición..

Comprender para qué sirve la prueba a vacío de un transformador trifásico de distribución..

Incrementar el conocimiento teórico y práctico del funcionamiento de los transformadores trifásicos de distribución..

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Esquema de conexión del banco de pruebas.

Esquema eléctrico de la práctica.

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 y analizar el correspondiente diagrama eléctrico y de conexión del banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

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**

Diseñar el respectivo esquema eléctrico y de conexiones del tablero para la prueba de vacío del transformador trifásico de distribución.

El circuito eléctrico y de conexión comprende de un toma trifásico ubicado en la parte posterior del tablero, un disyuntor trifásico de 6A a 220 vac, un transformador trifásico de 1.5 kva conexión delta-delta de 220 a 480 vac, un disyuntor trifásico de 3A a 220 vac, dos selectores, disyuntor trifásico 3A a 220 vac con su respectiva luz piloto ubicado en la parte frontal del tablero, analizador de red trifásico con su respectiva luz piloto, selector trifásico, 3 fusibles de 2A con sus respectivas fusileras, un transformador trifásico de 1.5 kva conexión delta-estrella de 480 a 220-127 vac, tres contactores trifásicos ubicados en la parte posterior del tablero y 3 fusibles de 4A con sus respectivas fusileras.

Una vez energizado el toma trifásico, procedemos a energizar los tres contactores que nos permitirán realizar la variación de voltaje del tap del transformador # 2, ya energizado lo anteriormente mencionado procedemos a encender el disyuntor de 6A que energizara el primario del transformador #1 y el disyuntor de 3A que protege al secundario del mismo, ambos disyuntores ubicados en la parte lateral del tablero, encendemos los dos selectores que energizarán los dos analizadores de red trifásicos con sus respectivas luces piloto.

Nos ubicamos en la parte frontal y procedemos a realizar las conexiones mostradas en el diagrama de conexiones del tablero.

Encendemos el disyuntor trifásico de 3A ubicado en la parte frontal del tablero con el que se encenderá la luz piloto ubicado arriba del mismo y el selector trifásico.

El analizador de red marca Ducati nos mostrará los parámetros eléctricos de la red de media tensión que estamos simulando y del transformador trifásico de distribución.

Procedemos a tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Instrumentación para: Tensión, Corriente.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.42 para la prueba prueba a vacío del transformador trifásico de distribución.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

Protocolo de operatividad de protecciones.

- **ANEXOS**

Diagrama eléctrico de la práctica.

Diagrama de conexiones del tablero.

Tablas para mediciones y resultados.

Foto de la práctica.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Sistemas Eléctricos de distribución ing. Juan Antonio Yebra Moron.

Control de motores eléctricos Gilberto Enríquez Harper.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Cómo se llama el esquema en el cuál se muestra como conectar cada práctica?

¿Qué se entiende por alimentación trifásica de 4 hilos?

¿Qué finalidad tiene el tap de un transformador trifásico de distribución?

¿Qué niveles de tensión tiene el transformador trifásico de distribución utilizado en el tablero?

¿Que tipo de conexión generalmente tienen los transformadores de distribución?

¿Por qué es importante el uso de disyuntores?

¿Conclusiones de esta práctica?

- **OTROS**

Sobre construcción de transformadores trifásicos de distribución:

Núcleo, características, procedencia, costos.

Tipos de conexión, características, costos.

Fabricante, características, costos.

Sobre protección de transformadores de distribución trifásicos y dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección en baja tensión y media tensión.

Sobre constructores de transformadores trifásicos de distribución y dispositivos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos

.

Proyecto:

Evaluar y cotizar la construcción de un transformador trifásico de distribución de 100 kva (lista de materiales y costos).

TABLA 4. 36 Toma de valores del analizador #1, prueba a vacío a plena tensión comprobando los valores nominales de voltaje en el primario y secundario del transformador trifásico de distribución.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-RS(V)	476	
V-ST(V)	481	
V-TR(V)	474	
I-R(A)	0.78	Corriente de magnetización
I-S(A)	1.14	Corriente de magnetización
I-T(A)	0.6	Corriente de magnetización
PL1(W)	162	
PL2(W)	6	
PL3(W)	12	
QL1(VAR)	132	
QL2(VAR)	318	
QL3(VAR)	102	
SL1(VA)	210	
SL2(VA)	318	
SL3(VA)	162	
FP	0.29	
HZ	60	

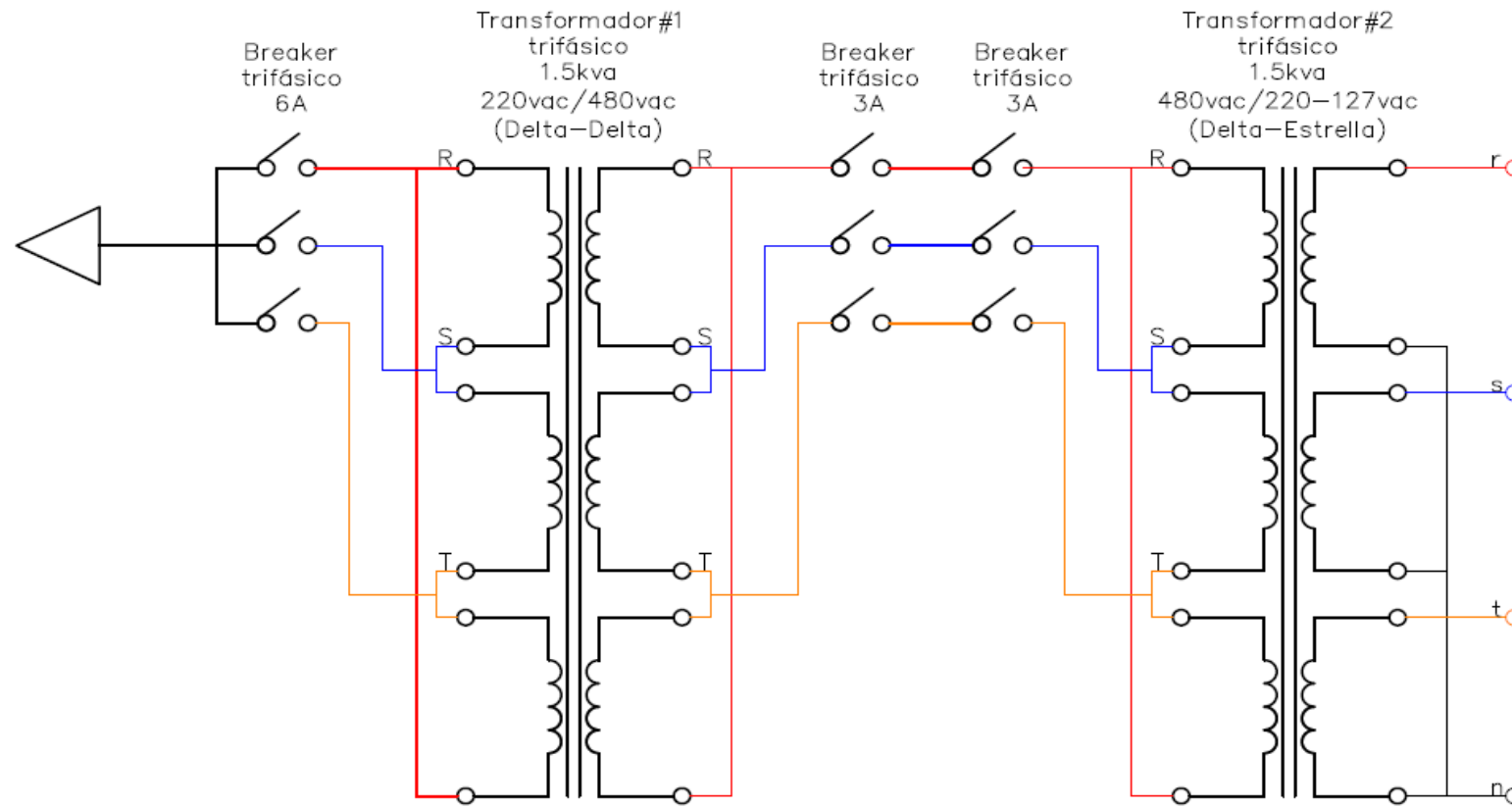
Fuente: Los Autores

TABLA 4. 37 Toma de valores del analizador #2, prueba a vacío a plena tensión comprobando los valores nominales de voltaje en el primario y secundario del transformador trifásico de distribución.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-rs(V)	217	
V-st(V)	219	
V-tr(V)	221	
V-rn(V)	125	
V-sn(V)	126	
V-tn(V)	125	
I-r(A)	0	No tiene conectada carga
I-s(A)	0	No tiene conectada carga
I-t(A)	0	No tiene conectada carga
I-n(A)	0	
PL1(W)	0	
PL2(W)	0	
PL3(W)	0	
QL1(VAR)	0	
QL2(VAR)	0	
QL3(VAR)	0	
SL1(VA)	0	
SL2(VA)	0	
SL3(VA)	0	
FP	0	
HZ	60	

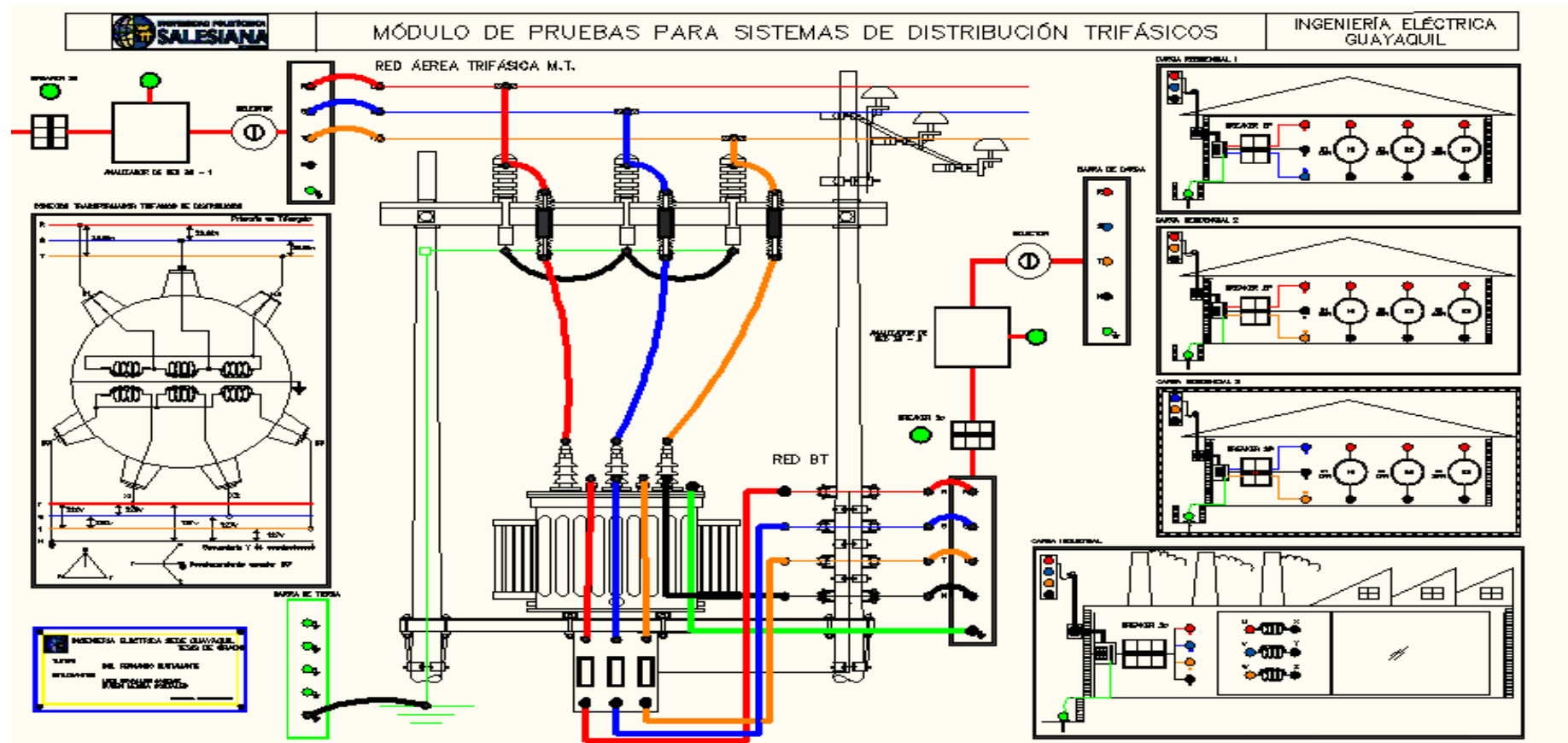
Fuente: Los Autores

FIGURA 4. 22 Diagrama eléctrico prueba a vacío a plena tensión comprobando los valores nominales de voltaje en el primario y secundario del transformador trifásico de distribución.



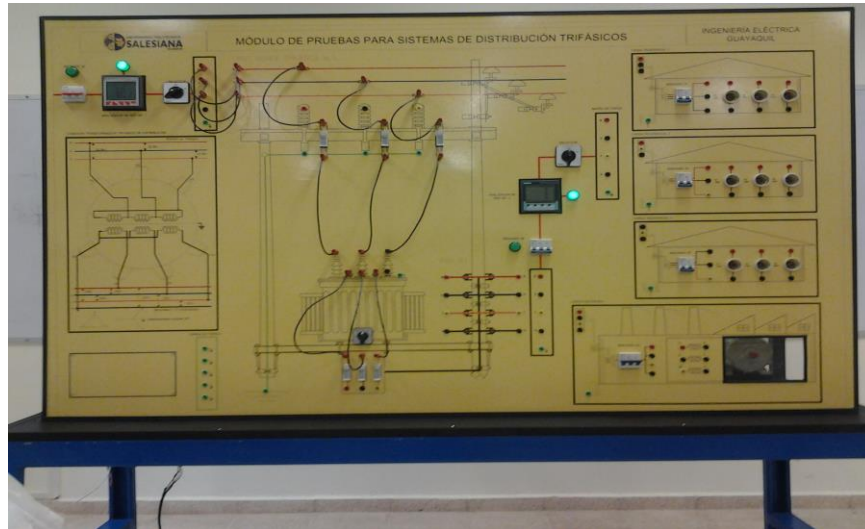
Fuente: Los Autores

FIGURA 4. 23 Diagrama eléctrico prueba a vacío a plena tensión comprobando los valores nominales de voltaje en el primario y secundario del transformador trifásico de distribución.



Fuente: Los Autores

FIGURA 4. 24 Práctica prueba a vacío a plena tensión comprobando los valores nominales de voltaje en el primario y secundario del transformador trifásico de distribución.



Fuente: Los Autores

4.5. Práctica No.4: Funcionamiento del transformador trifásico de distribución con carga residencial (focos incandescentes)

4.5.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Instalaciones Eléctricas
- **PRÁCTICA N° 4**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2:00 horas

4.5.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos analizar el funcionamiento del transformador trifásico de distribución; en el que se pueda analizar el impacto de los focos incandescentes sobre la red secundaria de baja tensión y sobre el transformador trifásico de distribución.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Comprender el funcionamiento de todos los elementos que forman parte del banco de pruebas.

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

Comprender el impacto de los focos incandescentes sobre la red secundaria y el transformador trifásico de distribución.

Incrementar las habilidades de diseño y análisis de una red en bt.

Aprender a utilizar todos los instrumentos de medición necesarios para el análisis.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un foco incandescente.

Esquema de conexión del transformador trifásico de distribución.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de seguridad del banco de pruebas.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama de conexión y diagrama eléctrico del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman parte del banco de pruebas y entender el funcionamiento de cada uno.

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**

Diseñar el respectivo esquema eléctrico y de conexión para con las siguientes condiciones:

El circuito que vamos analizar comprende de tres cargas residenciales cada carga residencial consta de 2 boquillas para focos de 120 vac y una boquilla para focos de 240 vac cada carga con su disyuntor de protección de 2A.

Los focos incandescentes que vamos utilizar en esta práctica son de 100w a 120v y 100w a 240v simulando una carga residencial balanceada.

Una vez realizada la conexión del transformador trifásico de distribución desde la red de media tensión hasta la red de baja tensión procedemos a distribuir las fases desde la barra de carga hacia cada una de las acometidas de las cargas residenciales del banco de pruebas tratando de equilibrar cada una de las fases con las cargas residenciales.

Una vez realizada la conexión desde la barra de carga hasta cada una de las acometidas de las cargas residenciales procedemos a realizar la conexión interna de cada carga procurando distribuir las dos fases entre las cargas.

Conectamos el analizador de red Fluke 435 en el secundario del transformador trifásico de distribución para poder realizar el análisis respectivo a la carga.

Una vez concluido con las conexiones procedemos a energizar el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos comprobando el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Focos incandescentes

Instrumentación para medición: Tensión, Corriente.

Analizador de red.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No. 44 toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).

Tabla No. 45 toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).

Tabla No. 46 toma de valores de carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).

Tabla No. 47 toma de valores de carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).

Tabla No. 48 toma de valores de carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito eléctrico.

Diagrama del circuito de conexiones.

Tablas para mediciones y resultados.

Grafica formas de Onda de corriente del sistema en bt.

Foto práctica

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Sistemas Eléctricos de distribución ing. Juan Antonio Yebra Moron.

Control de motores eléctricos Gilberto Enríquez Harper.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Por qué se debe distribuir la carga equilibradamente entre las fases del transformador?

¿Cómo funciona un foco incandescente?

¿Cuál es el impacto que sufre la red de baja tensión y el transformador trifásico de distribución con la utilización de focos incandescentes?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene un foco incandescente?

¿En la vida real existen cargas perfectamente balanceadas?

¿Conclusiones de esta práctica?

Sobre construcción de transformadores trifásicos de distribución y dispositivos eléctricos:

Núcleo, características, procedencia, costos.

Tipos de conexión, características, costos.

Fabricante, características, costos.

Sobre protección de transformadores trifásicos de distribución y dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección del motor en arranque estrella-delta.

Sobre constructores locales e internacionales de transformadores de distribución trifásicos y dispositivos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

Proyecto:

Evaluar y cotizar las partes que componen un transformador trifásico de distribución.

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 2: FUNCIONAMIENTO DE LA RED
TRIFÁSICA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN CON CARGA RESIDENCIAL
(FOCOS INCANDESCENTES).**

TABLA 4. 38 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).

ANALIZADOR TRIFÁSICO #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-RS(V)	462	
V-ST(V)	463	
V-TR(V)	462	
I-R(A)	1.32	
I-S(A)	1.2	
I-T(A)	1.02	
PL1(W)	348	
PL2(W)	252	
PL3(W)	252	
QL1(VAR)	0	
QL2(VAR)	186	
QL3(VAR)	96	
SL1(VA)	348	
SL2(VA)	270	
SL3(VA)	270	
FP	0.91	
HZ	60	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 39 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).

ANALIZADOR TRIFÁSICO #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-rs(V)	201	
V-st(V)	206	
V-tr(V)	207	
V-rn(V)	117	
V-sn(V)	116	
V-tn(V)	120	
I-r(A)	2.2	
I-s(A)	2.6	
I-t(A)	2.2	
I-n(A)	0.4	
PL1(W)	258	
PL2(W)	299	
PL3(W)	266	
QL1(VAR)	50	
QL2(VAR)	55	
QL3(VAR)	48	
SL1(VA)	262	
SL2(VA)	304	
SL3(VA)	270	
FP	0.98	
HZ	60	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 40 Toma de valores carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).

CARGA RESIDENCIAL #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L2} (V)	200	
V_{L1-N} (V)	116.5	
V_{L2-N} (V)	115.4	
$V-H1$ (V)	116.8	
$V-H2$ (V)	115.4	
$V-H3$ (V)	200.3	
$I-H1$ (A)	0.6	
$I-H2$ (A)	0.6	
$I-H3$ (A)	0.2	
$I-N$ (A)	0.7	
$I-L1$ (A)	1.1	
$I-L2$ (A)	1.1	
$I-N$ (A)	0.7	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 41 Toma de valores carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).

CARGA RESIDENCIAL #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L3} (V)	206.8	
V_{L1-N} (V)	117	
V_{L3-N} (V)	120.3	
$V-H1$ (V)	117.1	
$V-H2$ (V)	120.1	
$V-H3$ (V)	206.7	
$I-H1$ (A)	0.4	
$I-H2$ (A)	0.4	
$I-H3$ (A)	0.2	
$I-N$ (A)	0.4	
$I-L1$ (A)	0.8	
$I-L3$ (A)	0.8	
$I-N$ (A)	0.4	

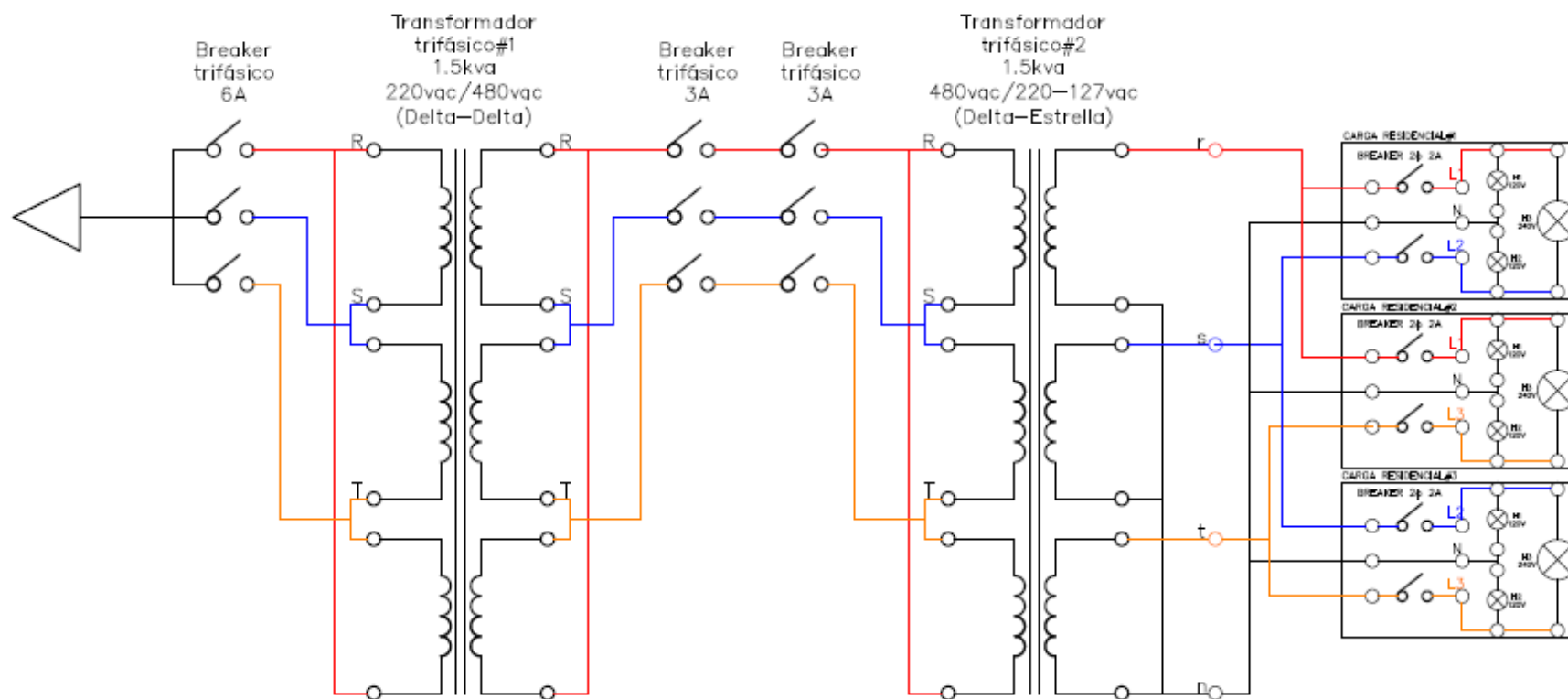
Fuente: Los Autores

TABLA 4. 42 Toma de valores carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).

CARGA RESIDENCIAL #3		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L2-L3} (V)	205.3	
V_{L2-N} (V)	115.4	
V_{L3-N} (V)	120.1	
$V-H1$ (V)	115.4	
$V-H2$ (V)	120.2	
$V-H3$ (V)	204.7	
$I-H1$ (A)	0.6	
$I-H2$ (A)	0.6	
$I-H3$ (A)	0.2	
$I-N$ (A)	0.7	
$I-L2$ (A)	1.1	
$I-L3$ (A)	1.1	
I_N (A)	0.7	

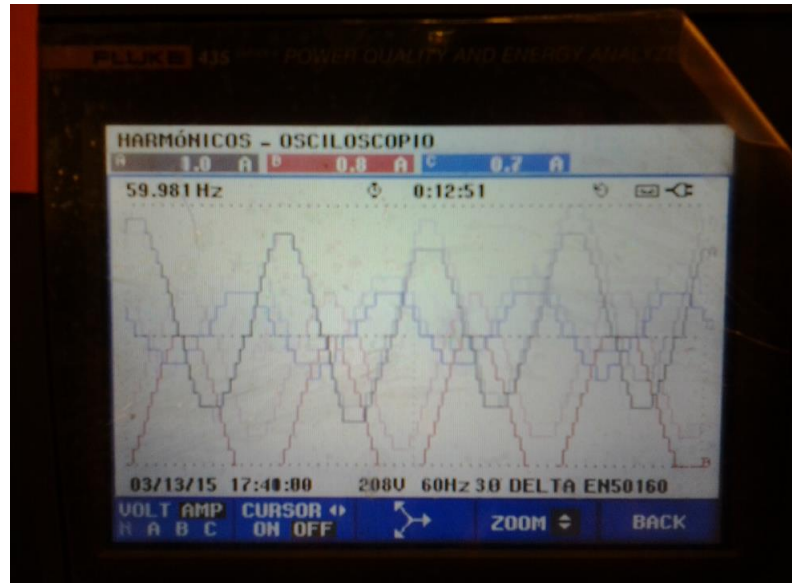
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 25 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).



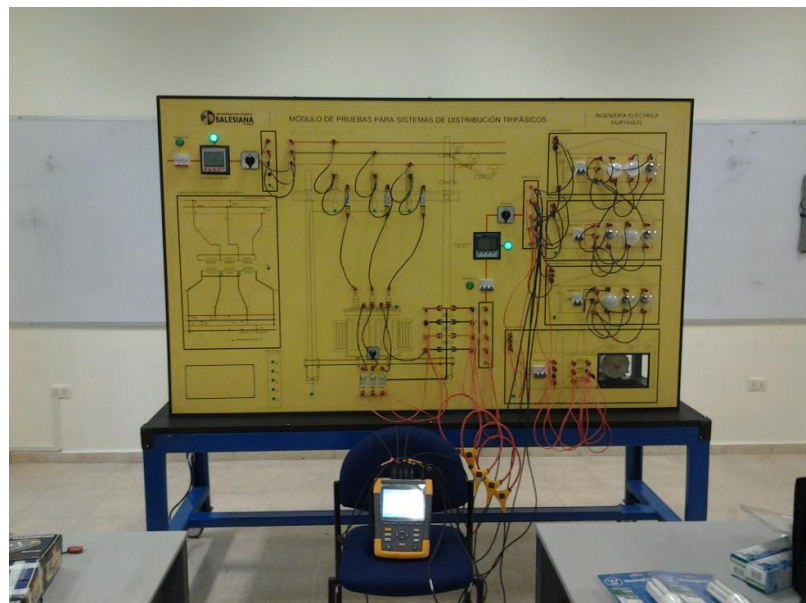
Fuente: Los Autores

GRÁFICA 4. 1 Formas de Onda de corriente del sistema en bt.



Fuente: Los Autores

FIGURA 4. 27 Práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes).



Fuente: Los Autores

4.6. Práctica No.5 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).

4.6.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Instalaciones Eléctricas
- **PRÁCTICA N° 5**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2:00 horas

4.6.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos analizar el funcionamiento del transformador trifásico de distribución; en el que se pueda analizar el impacto de los focos ahorradores sobre la red secundaria de baja tensión y sobre el transformador trifásico de distribución.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Comprender el funcionamiento de todos los elementos que forman parte del banco de pruebas.

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

Comprender el impacto de los focos ahorradores sobre la red secundaria y el transformador trifásico de distribución.

Incrementar las habilidades de diseño y análisis de una red en bt.

Aprender a utilizar todos los instrumentos de medición necesarios para el análisis.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un foco ahorrador.

Esquema de conexión del transformador trifásico de distribución.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de seguridad del banco de pruebas.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama de conexión y diagrama eléctrico del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman parte del banco de pruebas y entender el funcionamiento de cada uno.

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**

Diseñar el respectivo esquema eléctrico y de conexión para con las siguientes condiciones:

El circuito que vamos analizar comprende de tres cargas residenciales cada carga residencial consta de 2 boquillas para focos de 120 vac y una boquilla para focos de 240 vac cada carga con su disyuntor de protección de 2A.

Los focos ahorradores que vamos utilizar en esta práctica son de 20w a 120v y 15w a 240v simulando una carga residencial.

Una vez realizada la conexión del transformador trifásico de distribución desde la red de media tensión hasta la red de baja tensión procedemos a distribuir las fases desde la barra de carga hacia cada una de las acometidas de las cargas residenciales del banco de pruebas tratando de equilibrar cada una de las fases con las cargas residenciales.

Una vez realizada la conexión desde la barra de carga hasta cada una de las acometidas de las cargas residenciales procedemos a realizar la conexión interna de cada carga procurando distribuir las dos fases entre las cargas.

Conectamos el analizador de red Fluke 435 en el secundario del transformador trifásico de distribución para poder realizar el análisis respectivo a la carga.

Una vez concluido con las conexiones procedemos a energizar el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos comprobando el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Focos ahorradores.

Instrumentación para medición: Tensión, Corriente.

Analizador de red.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No. 49 para la toma de valores del analizador #1 funcionamiento del transformador trifásico de distribución con carga residencial (focos ahorradores).

Tabla No. 50 para la toma de valores del analizador #2 funcionamiento del transformador trifásico de distribución con carga residencial (focos ahorradores).

Tabla No. 51 para la toma de valores de carga residencial #1 funcionamiento del transformador trifásico de distribución con carga residencial (focos ahorradores).

Tabla No. 52 para la toma de valores de carga residencial #2 funcionamiento del transformador trifásico de distribución con carga residencial (focos ahorradores).

Tabla No. 53 para la toma de valores de carga residencial #3 funcionamiento del transformador trifásico de distribución con carga residencial (focos ahorradores).

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito eléctrico.

Diagrama del circuito de conexiones.

Tablas para mediciones y resultados.

Grafica formas de Onda de corriente del sistema en bt.

Foto práctica

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Sistemas Eléctricos de distribución ing. Juan Antonio Yebra Moron.

Control de motores eléctricos Gilberto Enríquez Harper.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Por qué se debe distribuir la carga equilibradamente entre las fases del transformador?

¿Cómo funciona un foco ahorrador?

¿Cuál es el impacto que sufre la red de baja tensión y el transformador trifásico de distribución con la utilización de focos ahorradores?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene un foco ahorrador?

¿En la vida real existen cargas perfectamente balanceadas?

¿Conclusiones de esta práctica?

Sobre construcción de transformadores trifásicos de distribución y dispositivos eléctricos:

Núcleo, características, procedencia, costos.

Tipos de conexión, características, costos.

Fabricante, características, costos.

Sobre protección de transformadores trifásicos de distribución y dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección del motor en arranque estrella-delta.

Sobre constructores locales e internacionales de transformadores de distribución trifásicos y dispositivos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

Proyecto:

Evaluar y cotizar las partes que componen una red de media tensión.

REGISTRO DE LA PRUEBA No. 3 FUNCIONAMIENTO DE LA RED TRIFÁSICA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN CON CARGA RESIDENCIAL (FOCOS AHORRADORES).

TABLA 4. 43 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).

ANALIZADOR TRIFÁSICO #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-RS(V)	475	
V-ST(V)	478	
V-TR(V)	471	
I-R(A)	0.78	
I-S(A)	0.96	
I-T(A)	0.84	
PL1(W)	186	
PL2(W)	54	
PL3(W)	60	
QL1(VAR)	84	
QL2(VAR)	258	
QL3(VAR)	32	
SL1(VA)	216	
SL2(VA)	264	
SL3(VA)	144	
FP	0.47	
HZ	60	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 44 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).

ANALIZADOR TRIFÁSICO #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-rs(V)	212	
V-st(V)	219	
V-tr(V)	217	
V-rn(V)	123	
V-sn(V)	124	
V-tn(V)	127	
I-r(A)	0.7	
I-s(A)	0.7	
I-t(A)	0.7	
I-n(A)	1.1	
PL1(W)	38	
PL2(W)	45	
PL3(W)	47	
QL1(VAR)	31	
QL2(VAR)	40	
QL3(VAR)	34	
SL1(VA)	86	
SL2(VA)	89	
SL3(VA)	84	
FP	0.54	
HZ	60	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 45 Toma de valores carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).

CARGA RESIDENCIAL #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V _{L1-L2} (V)	211.7	
V _{L1-N} (V)	123.1	
V _{L2-N} (V)	124.1	
V-H1 (V)	122.9	
V-H2 (V)	124.3	
V-H3 (V)	211.9	
I-H1 (A)	0.3	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja en mA
I-N (A)	0.3	
I-L1 (A)	0.2	
I-L2 (A)	0.2	
IN (A)	0.3	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 46 Toma de valores carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).

CARGA RESIDENCIAL #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V _{L1-L3} (V)	217.2	
V _{L1-N} (V)	122.9	
V _{L3-N} (V)	127.3	
V-H1 (V)	122.9	
V-H2 (V)	127.2	
V-H3 (V)	217.2	
I-H1 (A)	0.2	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja en mA
I-N (A)	0.3	
I-L1 (A)	0.2	
I-L3 (A)	0.2	
IN (A)	0.3	

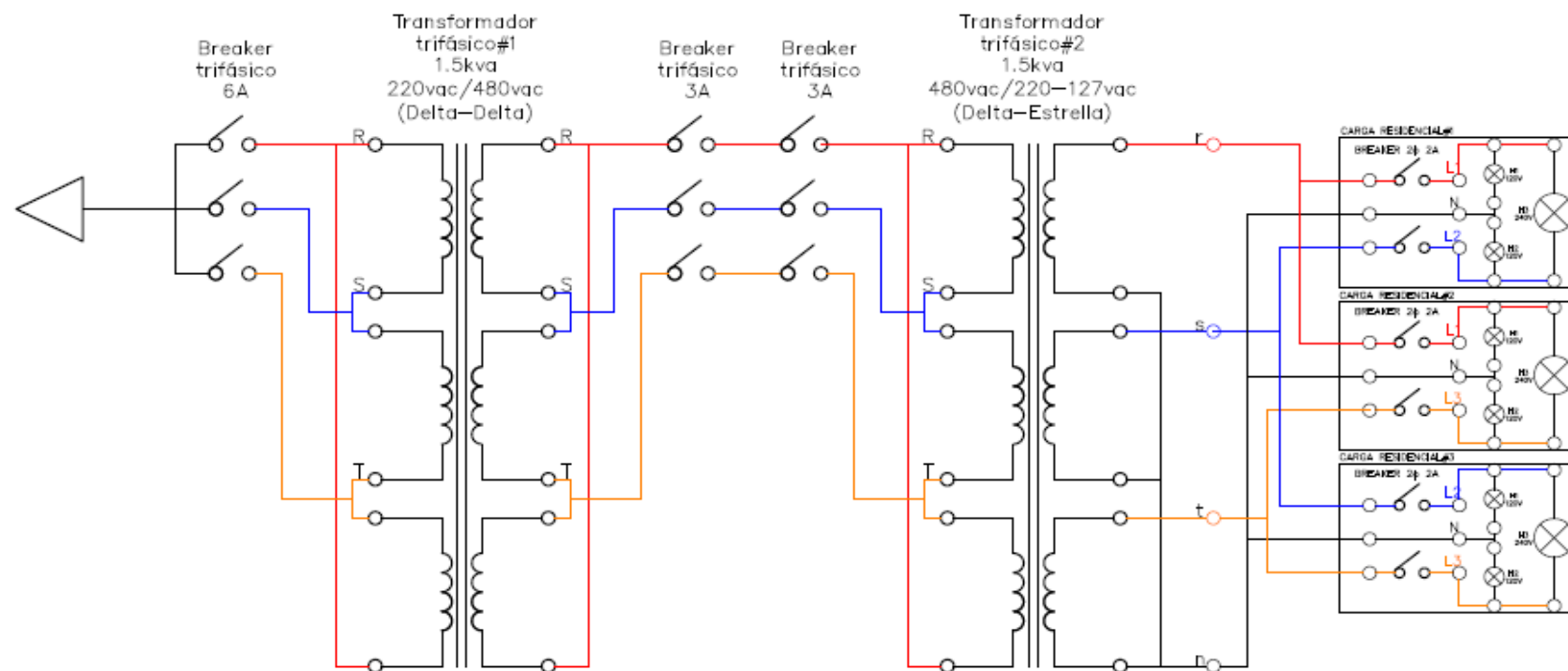
Fuente: Los Autores

TABLA 4. 47 Toma de valores carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).

CARGA RESIDENCIAL #3		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L2-L3} (V)	219.3	
V_{L2-N} (V)	124.2	
V_{L3-N} (V)	127.5	
$V-H1$ (V)	124.1	
$V-H2$ (V)	127.5	
$V-H3$ (V)	219.2	
$I-H1$ (A)	0.2	
$I-H2$ (A)	0.2	
$I-H3$ (A)	0	Corriente muy baja en mA
$I-N$ (A)	0.2	
$I-L2$ (A)	0.2	
$I-L3$ (A)	0.2	
I_N (A)	0.3	

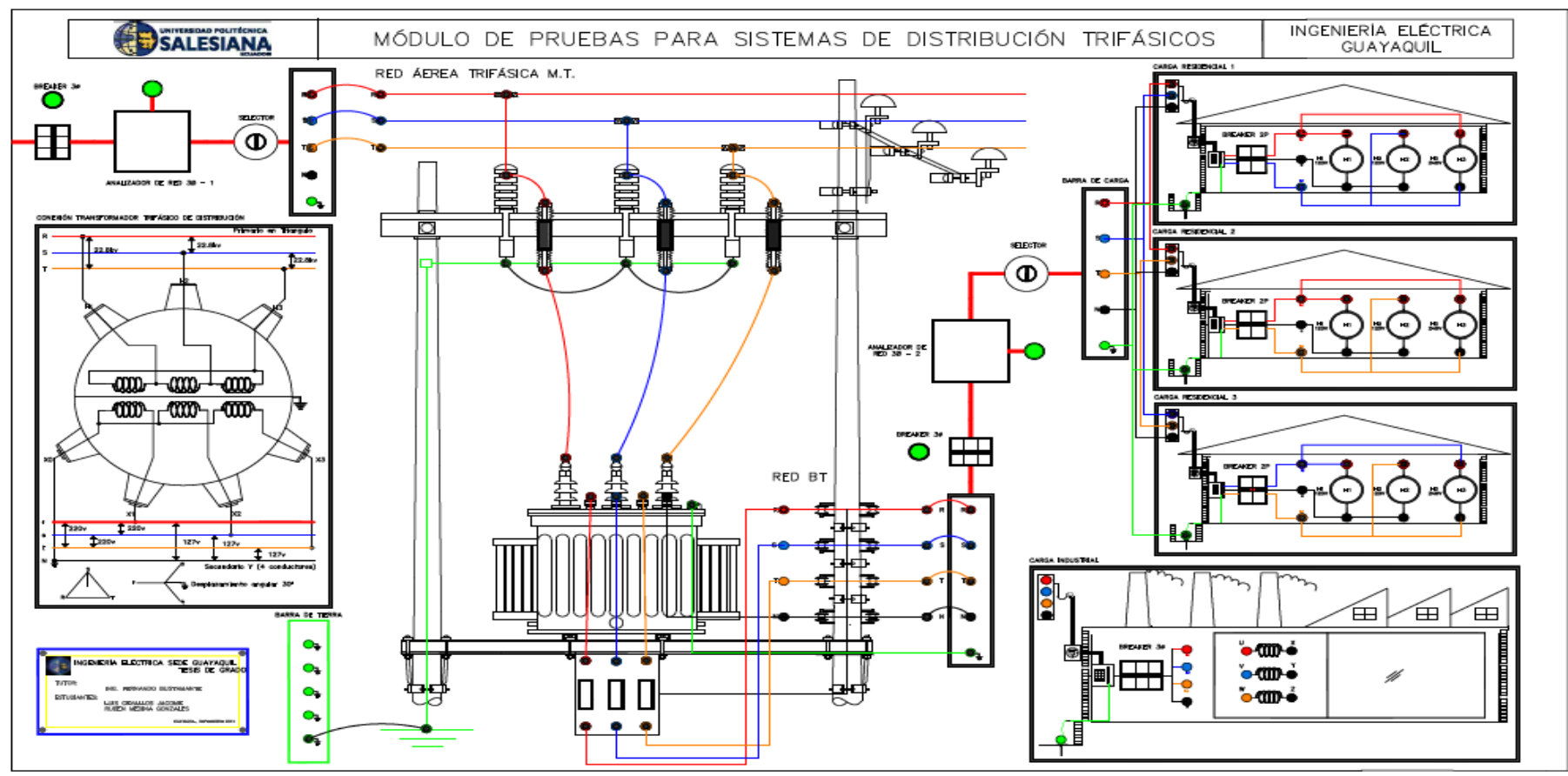
Fuente: Los Autores

FIGURA 4. 28 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).



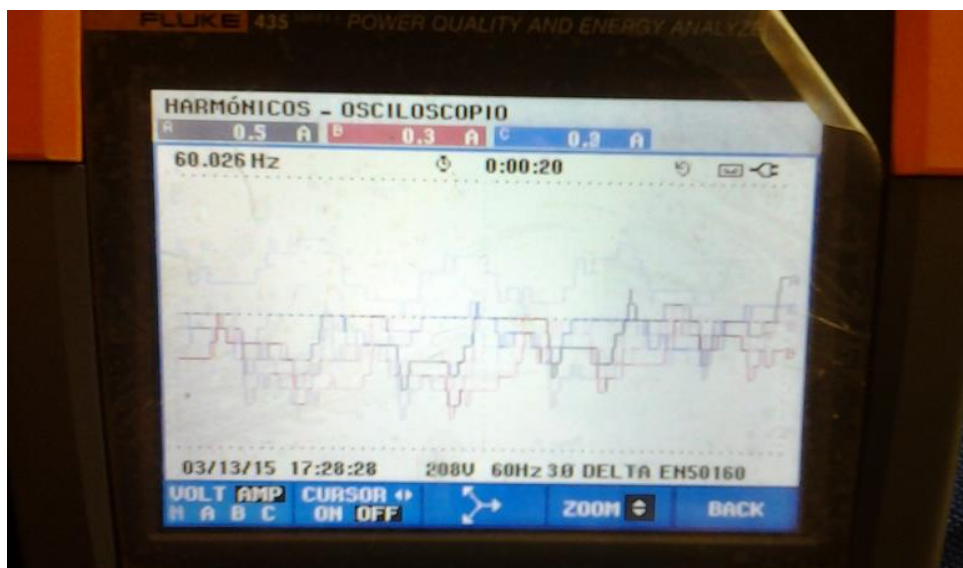
Fuente: Los Autores

FIGURA 4. 29 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).



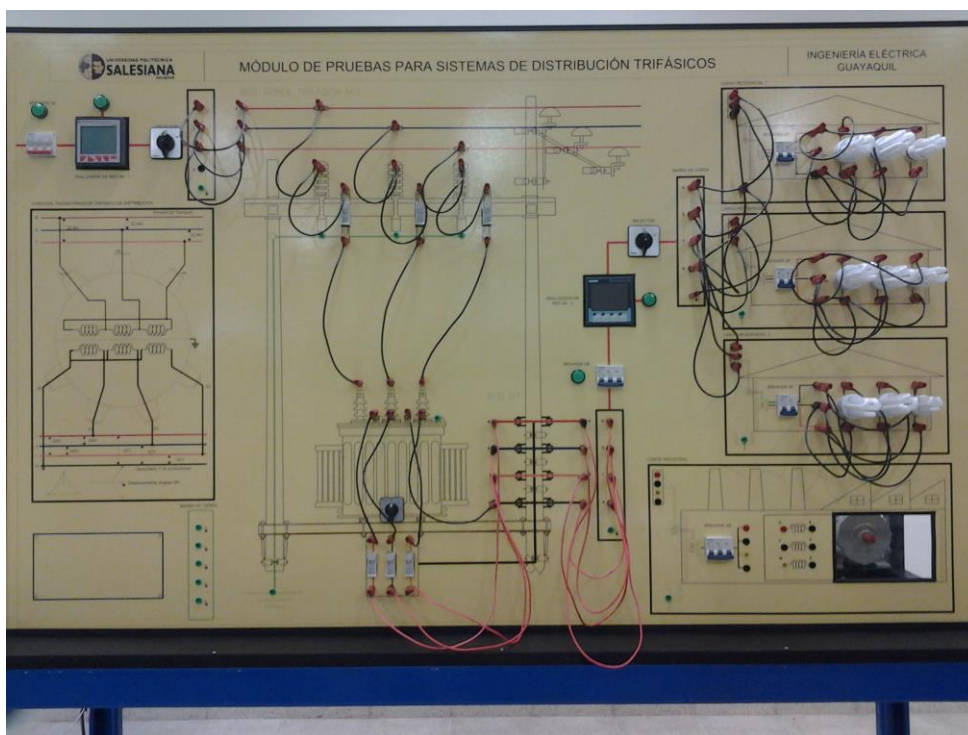
Fuente: Los Autores

GRÁFICA 4. 2 Formas de Onda de corriente del sistema en bt.



Fuente: Los Autores

FIGURA 4. 30 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores).



Fuente: Los Autores

4.7. Práctica No.6: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.

4.7.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Instalaciones Eléctricas
- **PRÁCTICA N° 6**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2:00 horas

4.7.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos analizar el funcionamiento del transformador trifásico de distribución; en el que se pueda analizar el impacto de la carga industrial artesanal sobre la red secundaria de baja tensión y sobre el transformador trifásico de distribución.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Comprender el funcionamiento de todos los elementos que forman parte del banco de pruebas.

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

Comprender el impacto de la carga industrial artesanal sobre la red secundaria y el transformador trifásico de distribución.

Incrementar las habilidades de diseño y análisis de una red en bt.

Aprender a utilizar todos los instrumentos de medición necesarios para el análisis.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un motor trifásico.

Esquema de conexión del transformador trifásico de distribución.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de seguridad del banco de pruebas.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama de conexión y diagrama eléctrico del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman parte del banco de pruebas y entender el funcionamiento de cada uno.

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**

Diseñar el respectivo esquema eléctrico y de conexión para con las siguientes condiciones:

El circuito que vamos analizar comprende de una carga industrial artesanal simulada con un motor trifásico de 0.5hp 220v con su disyuntor trifásico de protección de 6A.

Una vez realizada la conexión del transformador trifásico de distribución desde la red de media tensión hasta la red de baja tensión procedemos a distribuir las fases desde la barra de carga hacia la acometida de la carga industrial artesanal.

Una vez realizada la conexión desde la barra de carga hasta la acometida de la carga industrial artesanal procedemos a realizar la conexión interna de la carga industrial artesanal sea esta en conexión estrella o conexión delta.

Conectamos el analizador de red fluke 435 en el secundario del transformador trifásico de distribución para poder realizar el análisis respectivo a la carga.

Una vez concluido con las conexiones procedemos a energizar el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos comprobando el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Instrumentación para medición: Tensión, Corriente.

Analizador de red.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No. 54 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.

Tabla No. 55 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.

Tabla No. 55 Toma de valores de la carga industrial artesanal.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito eléctrico.

Diagrama del circuito de conexiones.

Grafica formas de Onda de corriente del sistema en bt.

Foto práctica

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Sistemas Eléctricos de distribución ing. Juan Antonio Yebra Moron.

Control de motores eléctricos Gilberto Enríquez Harper.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿La red de baja tensión de la ciudad de Guayaquil es capaz de abastecer una carga trifásica?

¿Cómo funciona un motor trifásico?

¿Cuál es el impacto que sufre la red de baja tensión y el transformador trifásico de distribución con la utilización de motores trifásicos?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene un motor trifásico?

¿En la vida real existe cargas trifásicas perfectamente balanceadas?

¿Conclusiones de esta práctica?

Sobre construcción de transformadores trifásicos de distribución y dispositivos eléctricos:

Núcleo, características, procedencia, costos.

Tipos de conexión, características, costos.

Fabricante, características, costos.

Sobre protección de transformadores trifásicos de distribución y dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección del motor en arranque estrella-delta.

Sobre constructores locales e internacionales de transformadores de distribución trifásicos y dispositivos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

Proyecto:

Evaluar y cotizar las partes que componen una red baja tensión.

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 4: FUNCIONAMIENTO DE LA RED
TRIFÁSICA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN CON CARGA INDUSTRIAL
ARTESANAL.**

TABLA 4. 48 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-RS(V)	474	
V-ST(V)	477	
V-TR(V)	471	
I-R(A)	1.14	
I-S(A)	1.32	
I-T(A)	0.9	
PL1(W)	204	
PL2(W)	36	
PL3(W)	66	
QL1(VAR)	228	
QL2(VAR)	360	
QL3(VAR)	234	
SL1(VA)	306	
SL2(VA)	360	
SL3(VA)	240	
FP	0.35	
HZ	60	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 49 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-rs(V)	212	
V-st(V)	220	
V-tr(V)	218	
V-rn(V)	123	
V-sn(V)	125	
V-tn(V)	128	
I-r(A)	0.9	
I-s(A)	0.8	
I-t(A)	0.9	
I-n(A)	0	
PL1(W)	38	
PL2(W)	43	
PL3(W)	55	
QL1(VAR)	103	
QL2(VAR)	88	
QL3(VAR)	102	
SL1(VA)	112	
SL2(VA)	99	
SL3(VA)	117	
FP	0.42	
HZ	60	

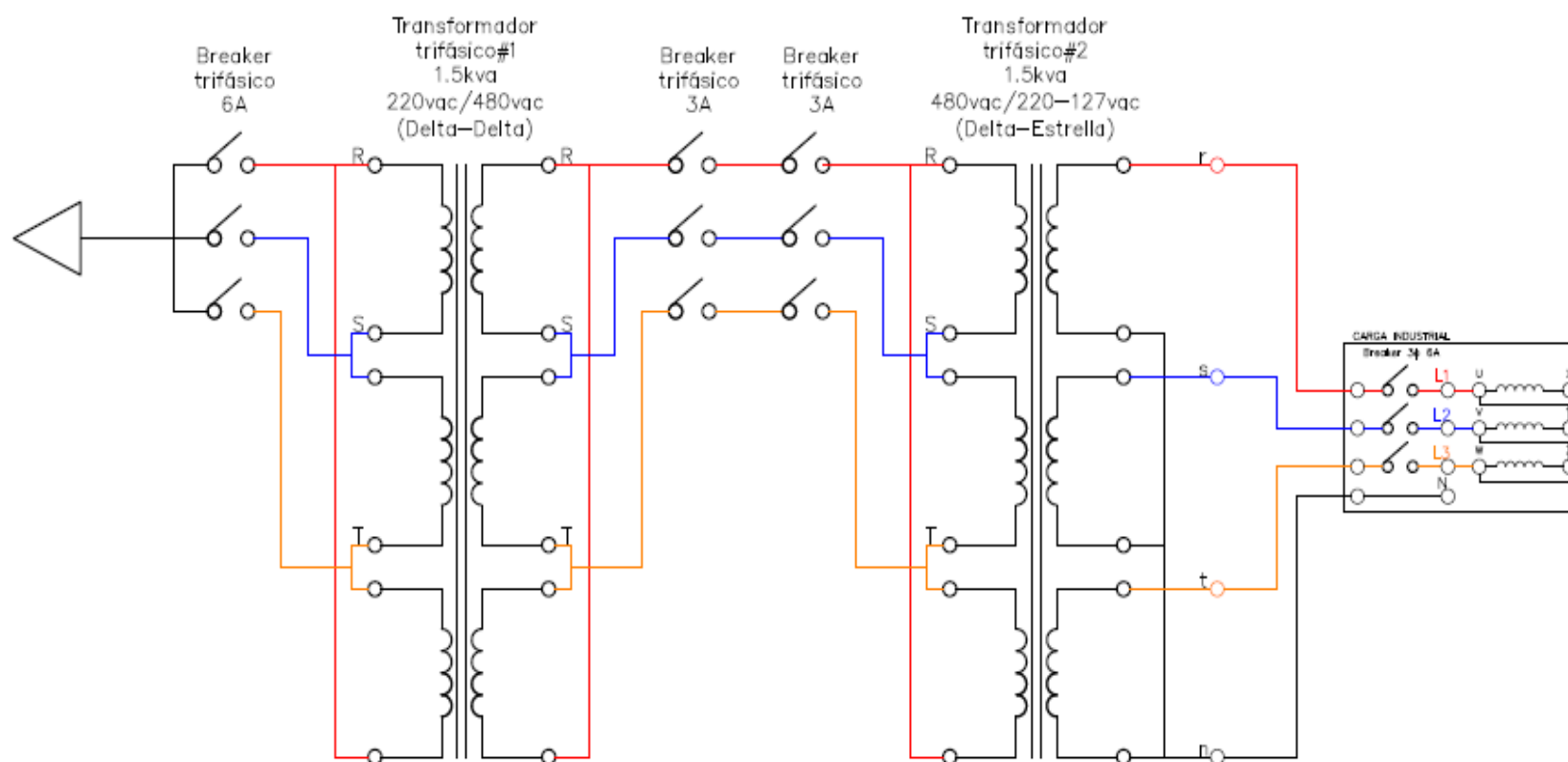
Fuente: Los Autores

.TABLA 4. 50 Toma de valores de la carga industrial artesanal.

CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-UV(V)	213.6	
V-VW(V)	217.6	
V-WU(V)	219.6	
V-UX(V)	218.9	
V-VY(V)	213.6	
V-WZ(V)	217.6	
I-U(A)	0.7	
I-V(A)	0.6	
I-W(A)	0.8	
IL1(A)	0.7	
IL2(A)	0.6	
IL3(A)	0.7	
P(W)	140	
Q(VAR)	290	
S(VA)	330	
FP	0.41	

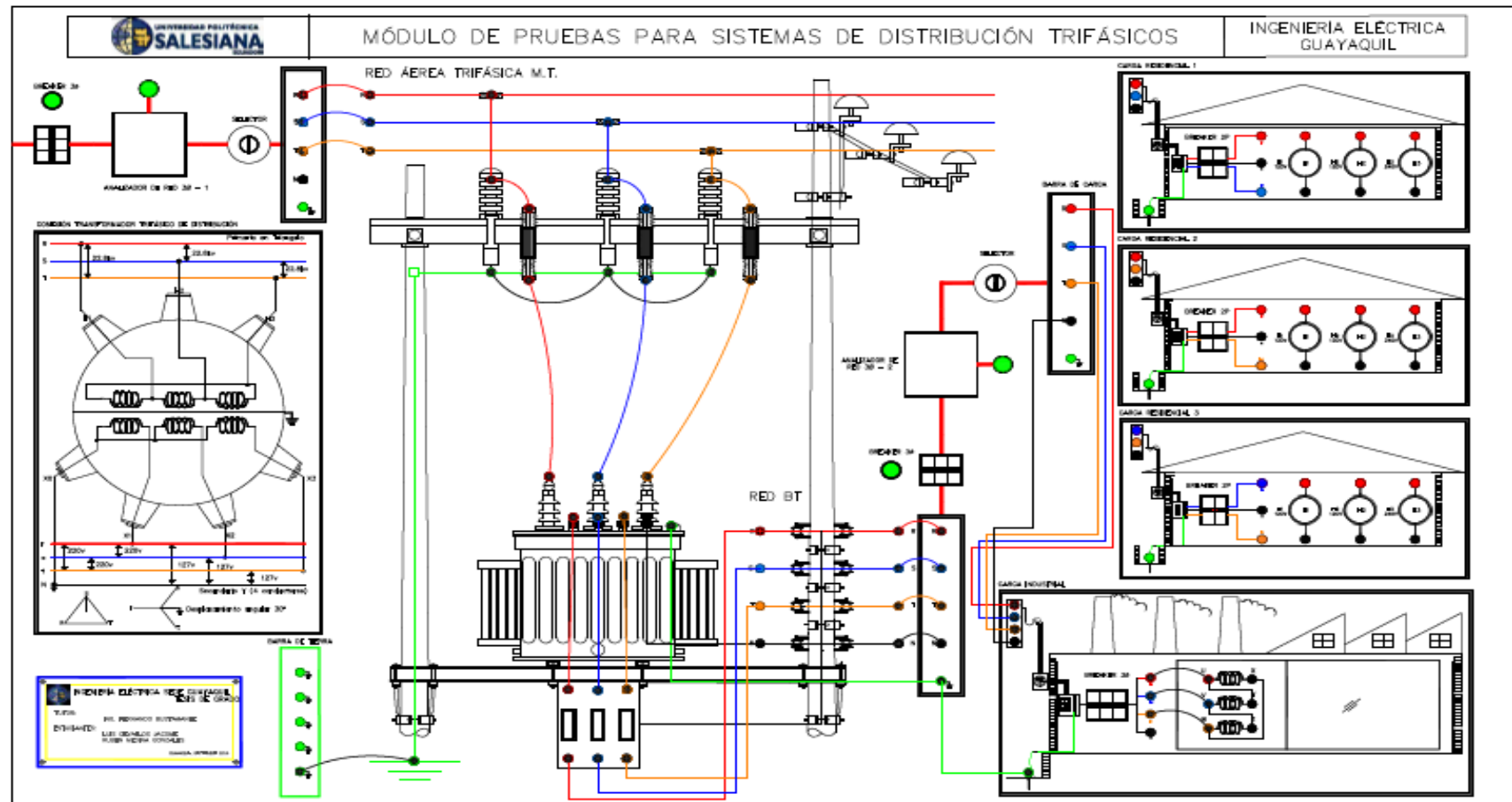
Fuente: Los Autores

FIGURA 4. 31 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.



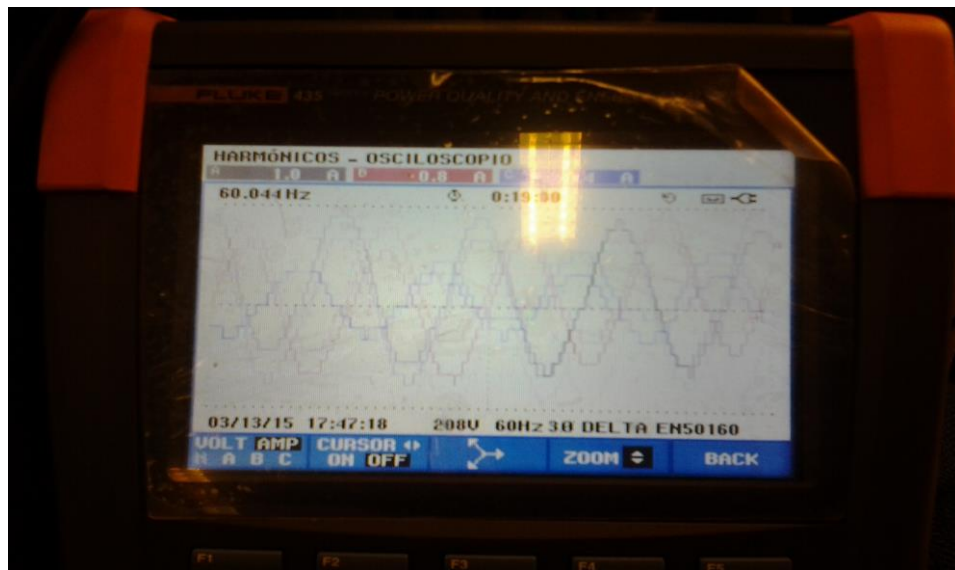
Fuente: Los Autores

FIGURA 4. 32 Diagrama de conexión funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.



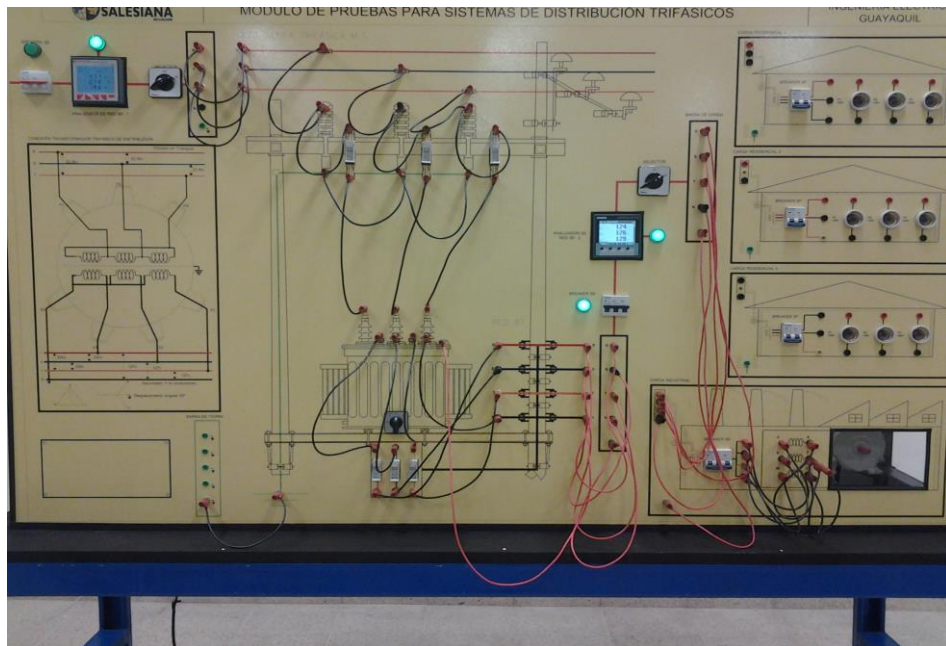
Fuente: Los Autores

GRÁFICA 4. 3 Formas de Onda de corriente del sistema en bt.



Fuente: Los Autores

FIGURA 4. 33 Diagrama de conexión funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga industrial artesanal.



Fuente: Los Autores

4.8. Práctica No.7: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) con carga industrial artesanal.

4.8.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Instalaciones Eléctricas
- **PRÁCTICA** N° 7
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2:00 horas

4.8.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos analizar el funcionamiento del transformador trifásico de distribución en el que se pueda analizar el impacto de la carga residencial (focos incandescentes) en conjunto con la carga industrial artesanal sobre la red secundaria de baja tensión y sobre el transformador trifásico de distribución.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Comprender el funcionamiento de todos los elementos que forman parte del banco de pruebas.

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

Comprender el impacto de la carga residencial (focos incandescentes) en conjunto con la carga industrial artesanal sobre la red secundaria y el transformador trifásico de distribución.

Incrementar las habilidades de diseño y análisis de una red en bt.

Aprender a utilizar todos los instrumentos de medición necesarios para el análisis.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un motor trifásico.

Funcionamiento de un foco incandescente.

Esquema de conexión del transformador trifásico de distribución.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de seguridad del banco de pruebas.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama de conexión y diagrama eléctrico del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman parte del banco de pruebas y entender el funcionamiento de cada uno.

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**

Diseñar el respectivo esquema eléctrico y de conexión para con las siguientes condiciones:

El circuito que vamos analizar comprende de tres cargas residenciales cada carga residencial consta de 2 boquillas para focos de 120 vac y una boquilla para focos de 240 vac cada carga con su disyuntor de protección de 2A. Los focos incandescentes que vamos utilizar en esta práctica son de 100w a 120v y 100w a 240v simulando una carga residencial balanceada. y una carga industrial artesanal simulada con un motor trifásico de 0.5hp 220v con su disyuntor trifásico de protección de 6A.

Una vez realizada la conexión del transformador trifásico de distribución desde la red de media tensión hasta la red de baja tensión procedemos a distribuir las fases desde la barra de carga hacia la acometida de cada una de las cargas residenciales y hacia la acometida de la carga industrial artesanal.

Una vez realizada la conexión desde la barra de carga hasta la acometida de las cargas residenciales y la carga industrial artesanal procedemos a realizar la conexión interna de cada una de las cargas residenciales procurando la distribución de la carga entre las dos líneas y la conexión interna de la carga industrial artesanal sea esta en conexión estrella o conexión delta.

Conectamos el analizador de red Fluke 435 en el secundario del transformador trifásico de distribución para poder realizar el análisis respectivo a la carga.

Una vez concluido con las conexiones procedemos a energizar el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos comprobando el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Instrumentación para medición: Tensión, Corriente.

Analizador de red.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Focos incandescentes

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No. 57 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial(focos incandescentes) y con carga industrial artesanal..

Tabla No. 58 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.

Tabla No. 59 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.

Tabla No. 60 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.

Tabla No. 61 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.

Tabla No. 62 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial(focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito eléctrico.

Diagrama del circuito de conexiones.

Tablas para mediciones y resultados.

Grafica formas de Onda de corriente del sistema en bt.

Foto práctica

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Sistemas Eléctricos de distribución ing. Juan Antonio Yebra Moron.

Control de motores eléctricos Gilberto Enríquez Harper.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿La red de baja tensión de la ciudad de Guayaquil es capaz de abastecer la mismo tiempo una carga monofásica trifilar y una carga trifásica?

¿Cómo funciona un motor trifásico?

¿Cómo funciona un foco incandescente?

¿Cuál es el impacto que sufre la red de baja tensión y el transformador trifásico de distribución con la utilización de focos incandescentes y de motores trifásicos?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene un motor trifásico?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene un foco incandescente?

¿En la vida real existen cargas monofásicas y trifásicas perfectamente balanceadas?

¿Conclusiones de esta práctica?

Sobre construcción de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Núcleo, características, procedencia, costos.

Tipos de conexión, características, costos.

Fabricante, características, costos.

Sobre protección de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección del motor en arranque estrella-delta.

Sobre constructores locales e internacionales de transformadores de distribución trifásicos, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

Proyecto:

Evaluar y cotizar la construcción de un transformador trifásico de distribución de 1.5 kva.

REGISTRO DE LA PRUEBA No. 5: FUNCIONAMIENTO DE LA RED TRIFÁSICA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN CON CARGA RESIDENCIAL (FOCOS INCANDESCENTES) Y CON CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL.

TABLA 4. 51 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-RS(V)	467	
V-ST(V)	470	
V-TR(V)	462	
I-R(A)	1.05	
I-S(A)	1.32	
I-T(A)	1.26	
PL1(W)	372	
PL2(W)	240	
PL3(W)	300	
QL1(VAR)	150	
QL2(VAR)	258	
QL3(VAR)	162	
SL1(VA)	396	
SL2(VA)	354	
SL3(VA)	336	
FP	0.83	
HZ	60	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 52 Toma de valores del analizador #2 de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-rs(V)	204	
V-st(V)	207	
V-tr(V)	209	
V-rn(V)	118	
V-sn(V)	117	
V-tn(V)	127	
I-r(A)	2.5	
I-s(A)	2	
I-t(A)	2.6	
I-n(A)	0.5	
PL1(W)	291	
PL2(W)	238	
PL3(W)	314	
QL1(VAR)	45	
QL2(VAR)	52	
QL3(VAR)	50	
SL1(VA)	294	
SL2(VA)	242	
SL3(VA)	317	
FP	0.98	
HZ	60	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 53 Toma de valores de la carga residencial #1 de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.

CARGA RESIDENCIAL #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L2} (V)	208.6	
V_{L1-N} (V)	117.7	
V_{L2-N} (V)	118.7	
V-H1 (V)	117.7	
V-H2 (V)	118.6	
V-H3 (V)	202.4	
I-H1 (A)	0.7	
I-H2 (A)	0.7	
I-H3 (A)	0.3	
I-N (A)	0.7	
I-L1 (A)	1.2	
I-L2 (A)	1.2	
IN (A)	0.7	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 54 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.

CARGA RESIDENCIAL #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L3} (V)	208.5	
V_{L1-N} (V)	118.5	
V_{L3-N} (V)	121.6	
V-H1 (V)	117.6	
V-H2 (V)	120.3	
V-H3 (V)	207.1	
I-H1 (A)	0.4	
I-H2 (A)	0.4	
I-H3 (A)	0.2	
I-N (A)	0.6	
I-L1 (A)	0.8	
I-L3 (A)	0.8	
IN (A)	0.4	

Fuente: Los Autores

TABLA 4. 55 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.

CARGA RESIDENCIAL #3		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L2-L3} (V)	208.1	
V_{L2-N} (V)	118.9	
V_{L3-N} (V)	120.6	
V-H1 (V)	118.6	
V-H2 (V)	120.1	
V-H3 (V)	207.4	
I-H1 (A)	0.7	
I-H2 (A)	0.7	
I-H3 (A)	0.3	
I-N (A)	0.6	
I-L2 (A)	1.1	
I-L3 (A)	0.6	
IN (A)	0.6	

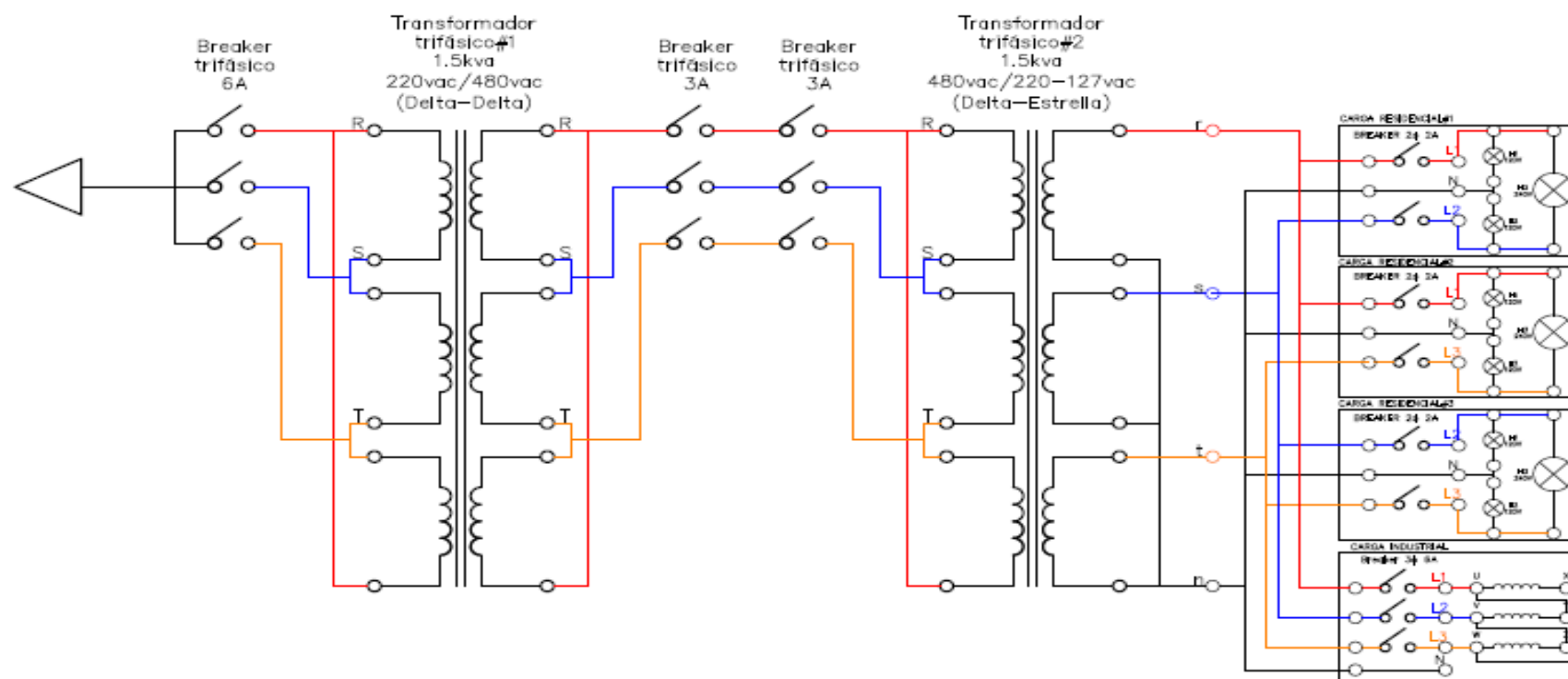
Fuente: Los Autores

TABLA 4. 56 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.

CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-UV(v)	213.2	
V-VW(v)	207.7	
V-WU(v)	207.4	
V-UX(v)	207.3	
V-VY(v)	203.2	
V-WZ(v)	207.6	
I-U(A)	0.6	
I-V(A)	0.6	
I-W(A)	0.7	
P(W)	840	
Q(VAR)	140	
S(VA)	850	
FP	0.89	

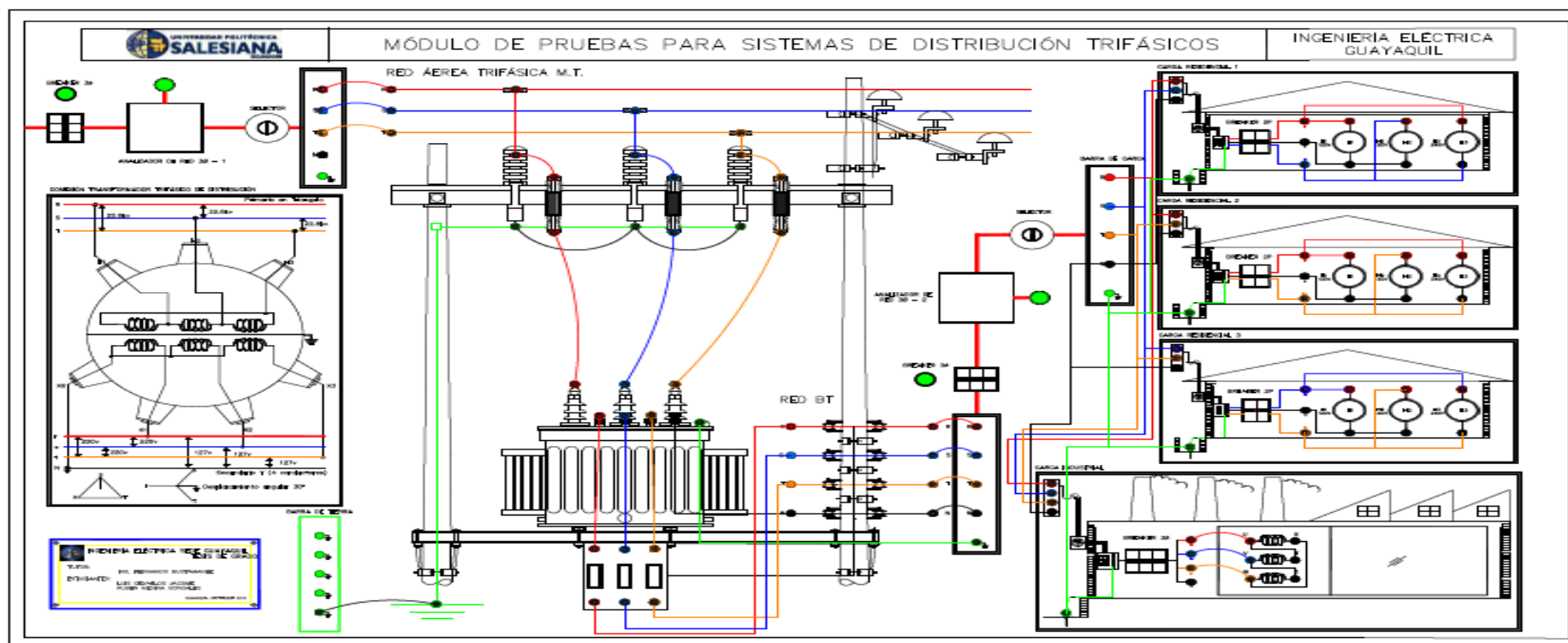
Fuente: Los Autores

FIGURA 4. 34 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.



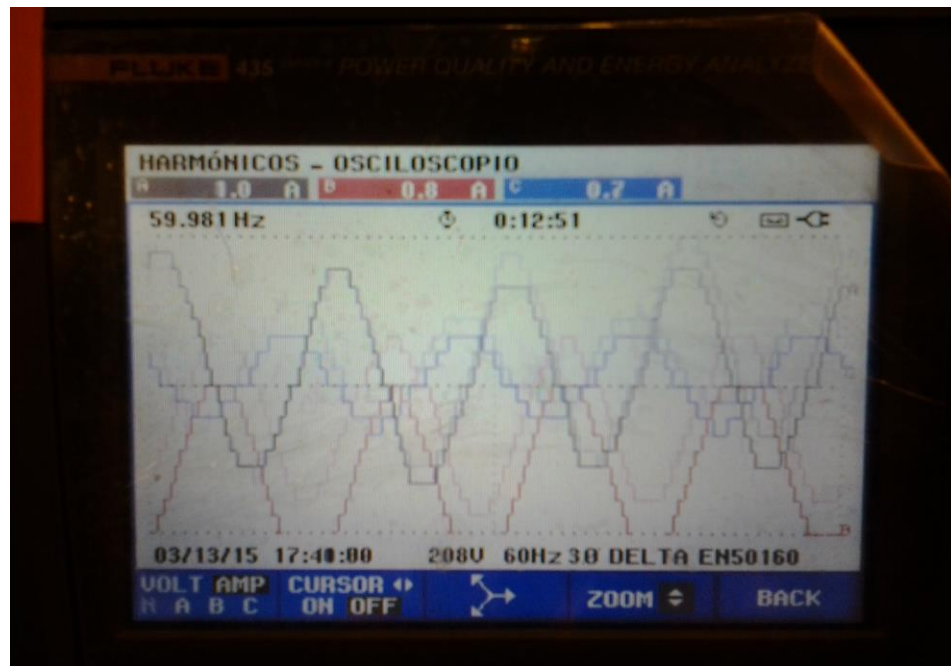
Fuente: Los Autores

FIGURA 4. 35 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.



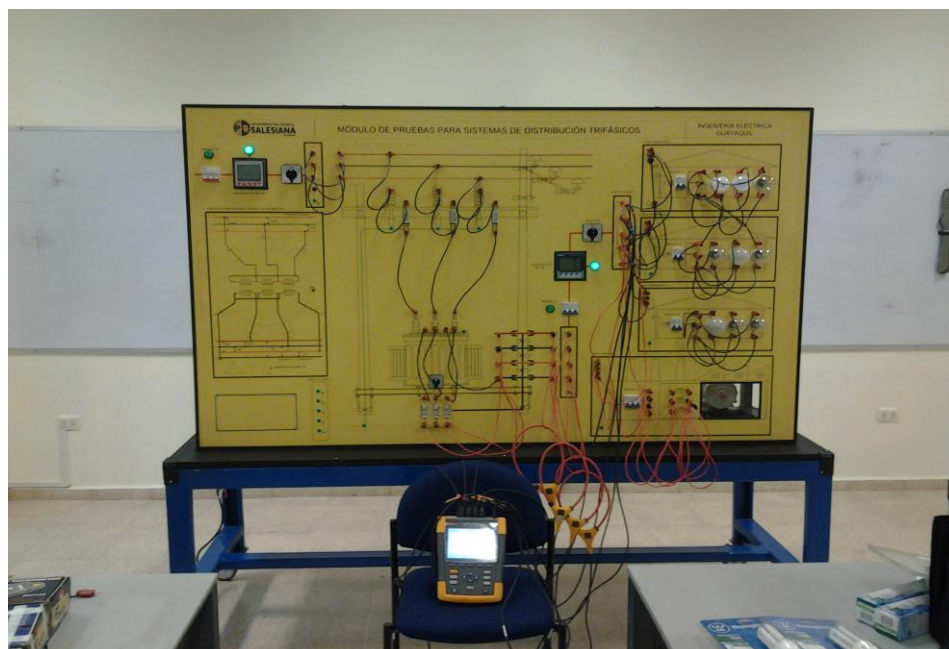
Fuente: Los Autores

GRÁFICA 4. 4 Formas de Onda de corriente del sistema en bt.



Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 36 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos incandescentes) y con carga industrial artesanal.



Fuente: Los Autores.

4.9. Práctica No. 8: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal.

4.9.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Instalaciones Eléctricas
- **PRÁCTICA N° 8**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2:00 horas

4.9.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos analizar el funcionamiento del transformador trifásico de distribución en el que se pueda analizar el impacto de la carga residencial (focos ahorradores) en conjunto con la carga industrial artesanal sobre la red secundaria de baja tensión y sobre el transformador trifásico de distribución.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Comprender el funcionamiento de todos los elementos que forman parte del banco de pruebas.

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

Comprender el impacto de la carga residencial (focos ahorradores) en conjunto con la carga industrial artesanal sobre la red secundaria y el transformador trifásico de distribución.

Incrementar las habilidades de diseño y análisis de una red en bt.

Aprender a utilizar todos los instrumentos de medición necesarios para el análisis.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un motor trifásico.

Funcionamiento de un foco ahorrador.

Esquema de conexión del transformador trifásico de distribución.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de seguridad del banco de pruebas.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama de conexión y diagrama eléctrico del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman parte del banco de pruebas y entender el funcionamiento de cada uno.

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**

Diseñar el respectivo esquema eléctrico y de conexión para la práctica con las siguientes condiciones:

El circuito que vamos analizar comprende de tres cargas residenciales cada carga residencial consta de 2 boquillas para focos de 120 vac y una boquilla para focos de 240 vac cada carga con su disyuntor de protección de 2A. Los focos ahorradores que vamos utilizar en esta práctica son de 20w a 120v y 15w a 240v simulando una carga residencial balanceada. y una carga industrial artesanal simulada con un motor trifásico de 0.5hp 220v con su disyuntor trifásico de protección de 6A.

Una vez realizada la conexión del transformador trifásico de distribución desde la red de media tensión hasta la red de baja tensión procedemos a distribuir las fases desde la barra de carga hacia la acometida de cada una de las cargas residenciales y hacia la acometida de la carga industrial artesanal.

Una vez realizada la conexión desde la barra de carga hasta la acometida de las cargas residenciales y la carga industrial artesanal procedemos a realizar la conexión interna de cada una de las cargas residenciales procurando la distribución de la carga entre las dos líneas y la conexión interna de la carga industrial artesanal sea esta en conexión estrella o conexión delta.

Conectamos el analizador de red Fluke 435 en el secundario del transformador trifásico de distribución para poder realizar el análisis respectivo a la carga.

Una vez concluido con las conexiones procedemos a energizar el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos comprobando el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen.

• RECURSOS

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Instrumentación para medición: Tensión, Corriente.

Analizador de red.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Focos ahorradores

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No. 63 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.

Tabla No. 64 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.

Tabla No. 65 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.

Tabla No. 66 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.

Tabla No. 67 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.

Tabla No. 68 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito eléctrico.

Diagrama del circuito de conexiones.

Tablas para mediciones y resultados.

Grafica formas de Onda de corriente del sistema en bt.

Foto práctica

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Sistemas Eléctricos de distribución ing. Juan Antonio Yebra Moron.

Control de motores eléctricos Gilberto Enríquez Harper.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿La red de baja tensión de la ciudad de Guayaquil es capaz de abastecer la mismo tiempo una carga monofásica trifilar y una carga trifásica?

¿Cómo funciona un motor trifásico?

¿Cómo funciona un foco ahorrador?

¿Cuál es el impacto que sufre la red de baja tensión y el transformador trifásico de distribución con la utilización de focos ahorradores y de motores trifásicos?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene un motor trifásico?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene un foco ahorrador?

¿En la vida real existe cargas monofásicas y trifásicas perfectamente balanceadas?

¿Conclusiones de esta práctica?

Sobre construcción de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Núcleo, características, procedencia, costos.

Tipos de conexión, características, costos.

Fabricante, características, costos.

Sobre protección de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección del motor en arranque estrella-delta.

Sobre constructores locales e internacionales de transformadores de distribución trifásicos, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

Proyecto:

Investigar las ventajas y desventajas de la utilización de los focos ahorradores para las redes de baja y media tensión.

REGISTRO DE LA PRUEBA No. 6: FUNCIONAMIENTO DE LA RED TRIFÁSICA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN CON CARGA RESIDENCIAL (FOCOS AHORRADORES) Y CON CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL.

TABLA 4. 57 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-RS(V)	469	
V-ST(V)	473	
V-TR(V)	469	
I-R(A)	1.08	
I-S(A)	1.2	
I-T(A)	0.84	
PL1(W)	222	
PL2(W)	84	
PL3(W)	102	
QL1(VAR)	186	
QL2(VAR)	312	
QL3(VAR)	204	
SL1(VA)	288	
SL2(VA)	324	
SL3(VA)	228	
FP	0.49	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 58 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-rs(V)	210	
V-st(V)	215	
V-tr(V)	215	
V-rn(V)	123	
V-sn(V)	122	
V-tn(V)	124	
I-r(A)	0.9	
I-s(A)	0.9	
I-t(A)	1	
I-n(A)	1.1	
PL1(W)	73	
PL2(W)	84	
PL3(W)	96	
QL1(VAR)	70	
QL2(VAR)	48	
QL3(VAR)	67	
SL1(VA)	116	
SL2(VA)	111	
SL3(VA)	120	
FP	0.71	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 59 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.

CARGA RESIDENCIAL #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L2} (V)	212.5	
V_{L1-N} (V)	123.4	
V_{L2-N} (V)	124.3	
V-H1 (V)	122.6	
V-H2 (V)	122.1	
V-H3 (V)	210.2	
I-H1 (A)	0.6	
I-H2 (A)	0.6	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja mA
I-N (A)	0.3	
I-L1 (A)	0.2	
I-L2 (A)	0.2	
IN (A)	0.2	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 60 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.

CARGA RESIDENCIAL #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L3} (V)	215.2	
V_{L1-N} (V)	122.5	
V_{L3-N} (V)	124.9	
V-H1 (V)	122.5	
V-H2 (V)	124.7	
V-H3 (V)	215.2	
I-H1 (A)	0.2	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja mA
I-N (A)	0.3	
I-L1 (A)	0.2	
I-L3 (A)	0.2	
IN (A)	0.2	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 61 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.

CARGA RESIDENCIAL #3		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L2-L3} (V)	214.1	
V_{L2-N} (V)	122	
V_{L3-N} (V)	124.9	
V-H1 (V)	122	
V-H2 (V)	124.9	
V-H3 (V)	214.1	
I-H1 (A)	0.2	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja mA
I-N (A)	0.7	
I-L2 (A)	1.1	
I-L3 (A)	1.1	
IN (A)	0.7	

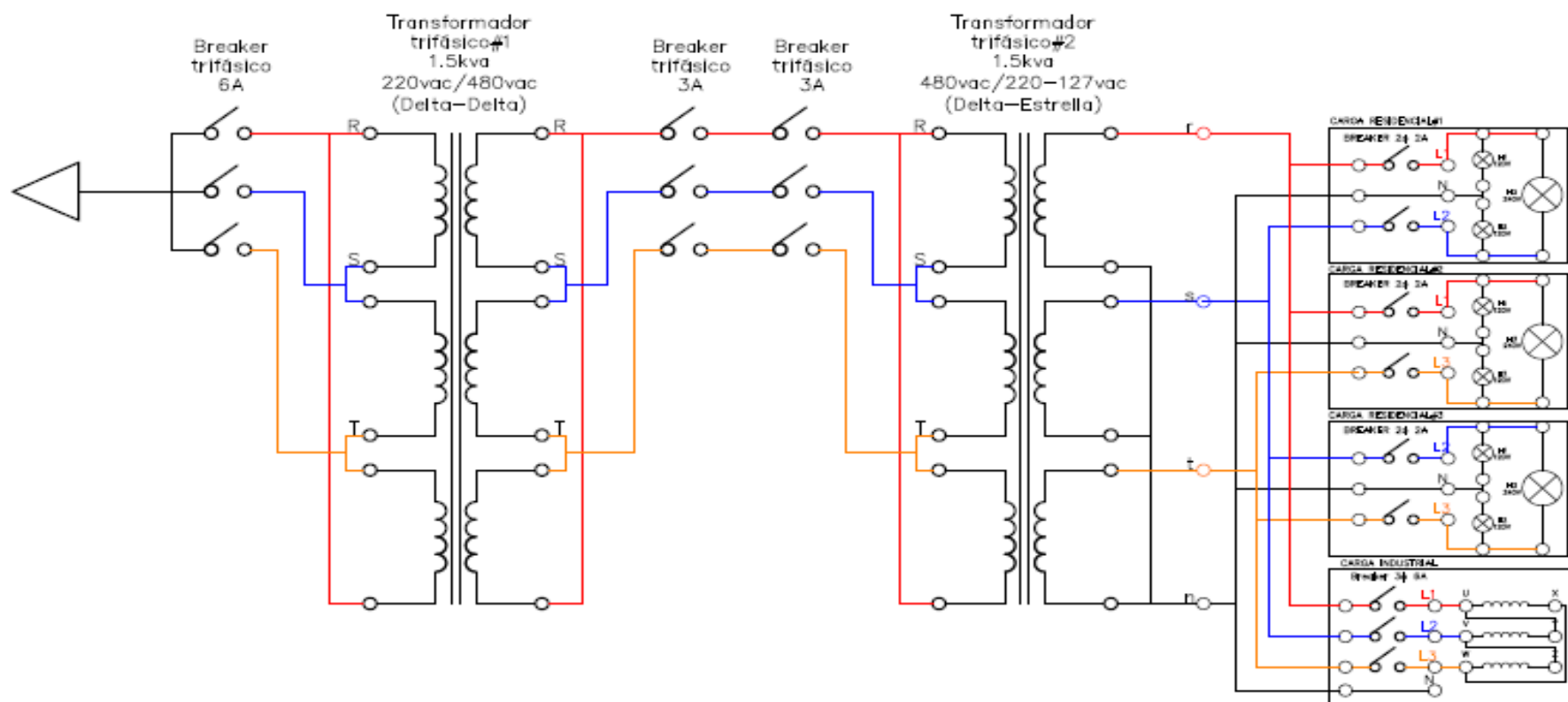
Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 62 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.

CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-UV(V)	210.3	
V-VW(V)	214.4	
V-WU(V)	215.4	
V-XY(V)	215.5	
V-YZ(V)	210.5	
V-ZX(V)	214.3	
I-U(A)	0.7	
I-V(A)	0.6	
I-W(A)	0.8	

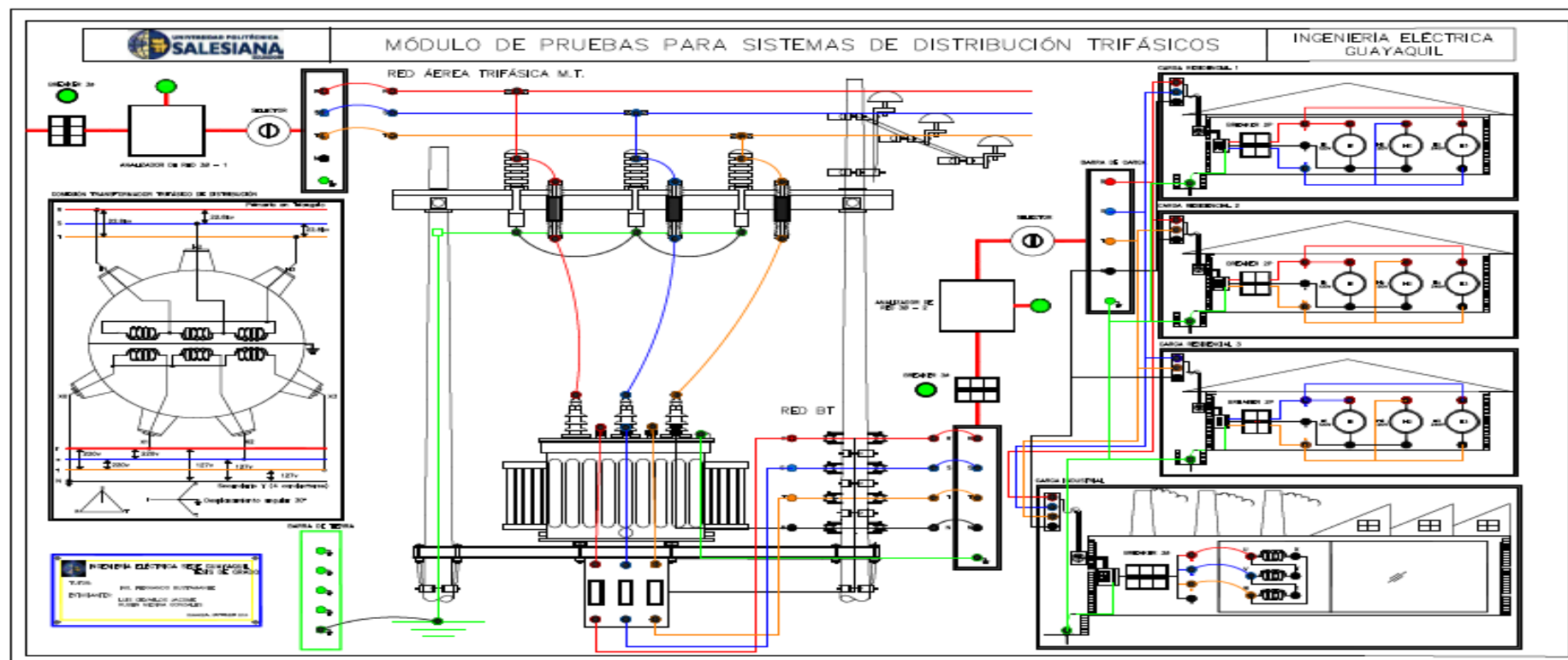
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 37 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.



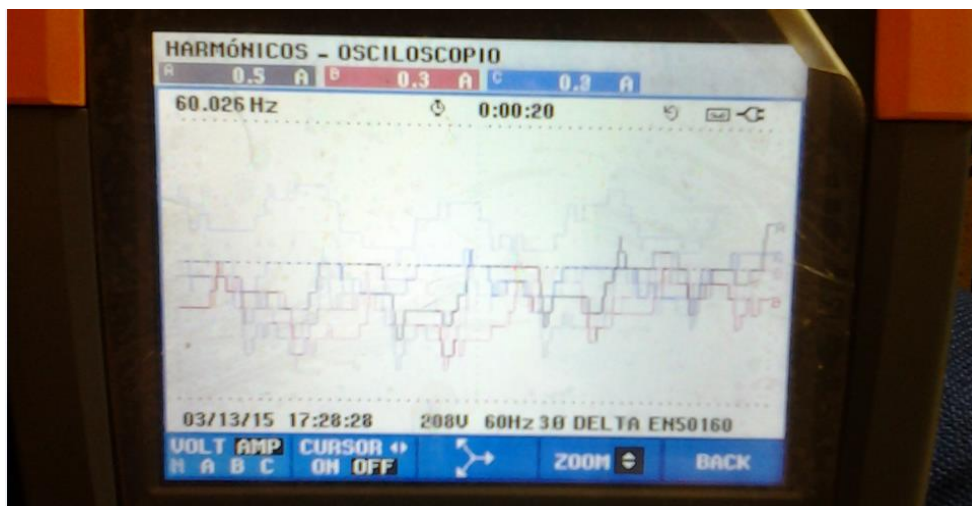
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 38 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.



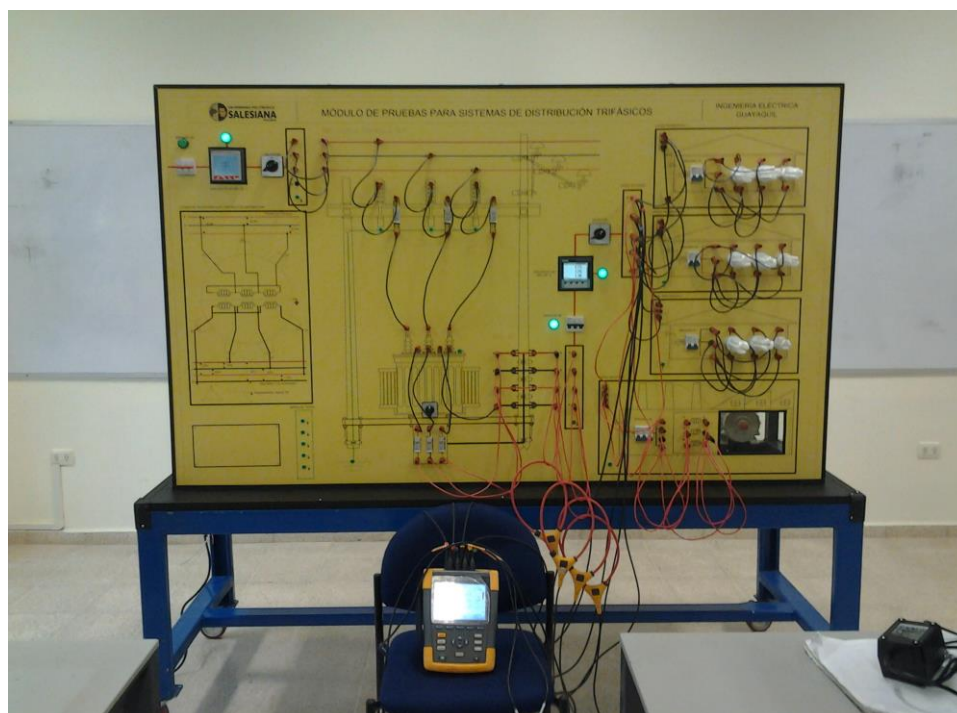
Fuente: Los Autores

GRÁFICA 4. 5 Formas de Onda de corriente del sistema en bt.



Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 39 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal.



Fuente: Los Autores.

4.10. Práctica No. 9: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores e incandescentes) con carga industrial artesanal.

4.10.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Instalaciones Eléctricas
- **PRÁCTICA N° 9**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2:00 horas

4.10.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos analizar el funcionamiento del transformador trifásico de distribución en el que se pueda analizar el impacto de la carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) en conjunto con la carga industrial artesanal sobre la red secundaria de baja tensión y sobre el transformador trifásico de distribución.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Comprender el funcionamiento de todos los elementos que forman parte del banco de pruebas.

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

Comprender el impacto de la carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) en conjunto con la carga industrial artesanal sobre la red secundaria y el transformador trifásico de distribución.

Incrementar las habilidades de diseño y análisis de una red en bt.

Aprender a utilizar todos los instrumentos de medición necesarios para el análisis.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un motor trifásico.

Funcionamiento de un foco ahorrador.

Funcionamiento de un foco incandescente.

Esquema de conexión del transformador trifásico de distribución.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de seguridad del banco de pruebas.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama de conexión y diagrama eléctrico del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman parte del banco de pruebas y entender el funcionamiento de cada uno.

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**

Diseñar el respectivo esquema eléctrico y de conexión para la práctica con las siguientes condiciones:

El circuito que vamos analizar comprende de tres cargas residenciales cada carga residencial consta de 2 boquillas para focos de 120 vac y una boquilla para focos de 240 vac cada carga con su disyuntor de protección de 2A. Los focos ahorradores que vamos utilizar en esta práctica son de 20w a 120v y 15w a 240v, los focos incandescentes que vamos a utilizar en esta práctica son de 100w y 60w a 120v y 100w a 240v simulando una carga residencial desbalanceada. y una carga industrial artesanal simulada con un motor trifásico de 0.5hp 220v con su disyuntor trifásico de protección de 6A.

Una vez realizada la conexión del transformador trifásico de distribución desde la red de media tensión hasta la red de baja tensión procedemos a distribuir las fases desde la barra de carga hacia la acometida de cada una de las cargas residenciales y hacia la acometida de la carga industrial artesanal.

Una vez realizada la conexión desde la barra de carga hasta la acometida de las cargas residenciales y la carga industrial artesanal procedemos a realizar la conexión interna de cada una de las cargas residenciales procurando la distribución de la carga entre las dos líneas y la conexión interna de la carga industrial artesanal sea esta en conexión estrella o conexión delta.

Conectamos el analizador de red Fluke 435 en el secundario del transformador trifásico de distribución para poder realizar el análisis respectivo a la carga.

Una vez concluido con las conexiones procedemos a energizar el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos comprobando el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Instrumentación para medición: Tensión, Corriente.

Analizador de red.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Focos ahorradores
Focos incandescentes
Motor trifásico.
Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No. 69 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.

Tabla No. 70 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial(focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal..

Tabla No. 71 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.

Tabla No. 72 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.

Tabla No. 73 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.

Tabla No. 74 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial(focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal..

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito eléctrico.

Diagrama del circuito de conexiones.

Tablas para mediciones y resultados.

Grafica formas de Onda de corriente del sistema en bt.

Foto práctica

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Sistemas Eléctricos de distribución ing. Juan Antonio Yebra Moron.

Control de motores eléctricos Gilberto Enríquez Harper.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿La red de baja tensión de la ciudad de Guayaquil es capaz de abastecer la mismo tiempo una carga monofásica trifilar y una carga trifásica?

¿Cómo funciona un motor trifásico?

¿Cómo funciona un foco ahorrador?

¿Cómo funciona un foco incandescente?

¿Cuál es el impacto que sufre la red de baja tensión y el transformador trifásico de distribución con la utilización de focos ahorradores, focos incandescentes y de motores trifásicos?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene un motor trifásico?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene un foco ahorrador?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene un foco incandescente?

¿En la vida real existen cargas monofásicas y trifásicas perfectamente balanceadas?

¿Conclusiones de esta práctica?

Sobre construcción de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Núcleo, características, procedencia, costos.

Tipos de conexión, características, costos.

Fabricante, características, costos.

Sobre protección de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección del motor en arranque estrella-delta.

Sobre constructores locales e internacionales de transformadores de distribución trifásicos, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

Proyecto:

Investigar las ventajas y desventajas de la utilización de los focos ahorradores frente a los focos incandescentes para las redes de baja y media tensión.

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 7: FUNCIONAMIENTO DE LA RED
TRIFÁSICA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN CON CARGA RESIDENCIAL
(FOCOS AHORRADORES E INCANDESCENTES) Y CON CARGA
INDUSTRIAL ARTESANAL.**

TABLA 4. 63 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-RS(V)	468	
V-ST(V)	474	
V-TR(V)	470	
I-R(A)	1.09	
I-S(A)	1.23	
I-T(A)	0.9	
PL1(W)	222	
PL2(W)	84	
PL3(W)	102	
QL1(VAR)	186	
QL2(VAR)	312	
QL3(VAR)	204	
SL1(VA)	280	
SL2(VA)	324	
SL3(VA)	228	
FP	0.49	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 64 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-rs(V)	212	
V-st(V)	214	
V-tr(V)	215	
V-rn(V)	123	
V-sn(V)	122	
V-tn(V)	125	
I-r(A)	0.9	
I-s(A)	1.2	
I-t(A)	0.8	
I-n(A)	1	
PL1(W)	75	
PL2(W)	89	
PL3(W)	100	
QL1(VAR)	75	
QL2(VAR)	50	
QL3(VAR)	68	
SL1(VA)	120	
SL2(VA)	114	
SL3(VA)	120	
FP	0.71	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 65 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.

CARGA RESIDENCIAL #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L2} (V)	214.5	
V_{L1-N} (V)	216	
V_{L2-N} (V)	218	
V-H1 (V)	122.3	
V-H2 (V)	119.5	
V-H3 (V)	220.1	
I-H1 (A)	0.7	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0.2	
I-N (A)	1.1	
I-L1 (A)	0.7	
I-L2 (A)	0.2	
IN (A)	0.7	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 66 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.

CARGA RESIDENCIAL #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L3} (V)	216.3	
V_{L1-N} (V)	123.4	
V_{L3-N} (V)	124.5	
V-H1 (V)	122.5	
V-H2 (V)	121.2	
V-H3 (V)	216.3	
I-H1 (A)	0.7	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	
I-N (A)	0.9	
I-L1 (A)	0.7	
I-L3 (A)	1.1	
IN (A)	0.7	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 67 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.

CARGA RESIDENCIAL #3		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L2-L3} (V)	215.6	
V_{L2-N} (V)	121.5	
V_{L3-N} (V)	122.3	
V-H1 (V)	121.2	
V-H2 (V)	118.6	
V-H3 (V)	217.3	
I-H1 (A)	0.2	
I-H2 (A)	0.6	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja en mA
I-N (A)	0.7	
I-L2 (A)	0.9	
I-L3 (A)	0.7	
IN (A)	0.5	

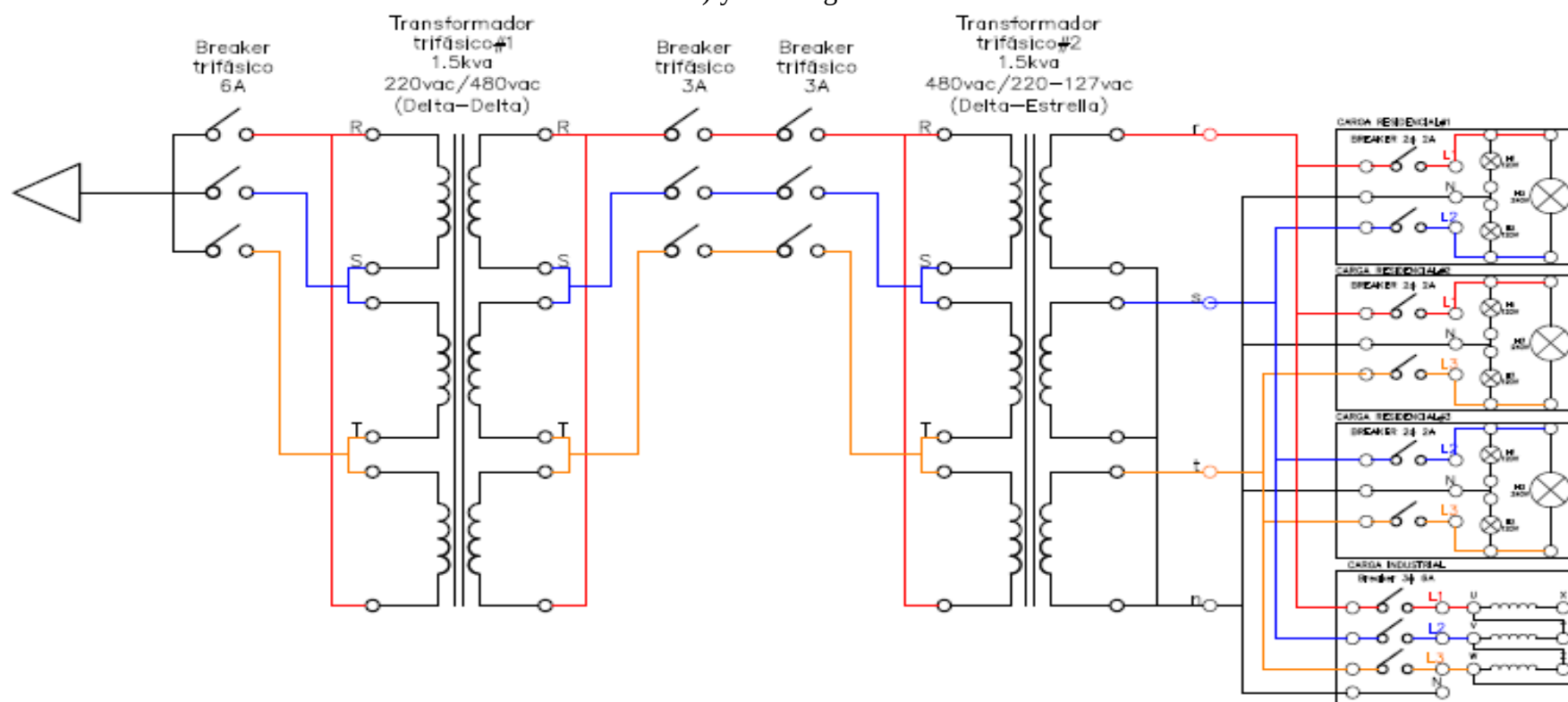
Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 68 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.

CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-UV(V)	215.3	
V-VW(V)	214.2	
V-WU(V)	213.2	
V-UX(V)	214.5	
V-VY(V)	213.2	
V-WZ(V)	212.3	
I-U(A)	0.7	
I-V(A)	0.6	
I-W(A)	0.8	

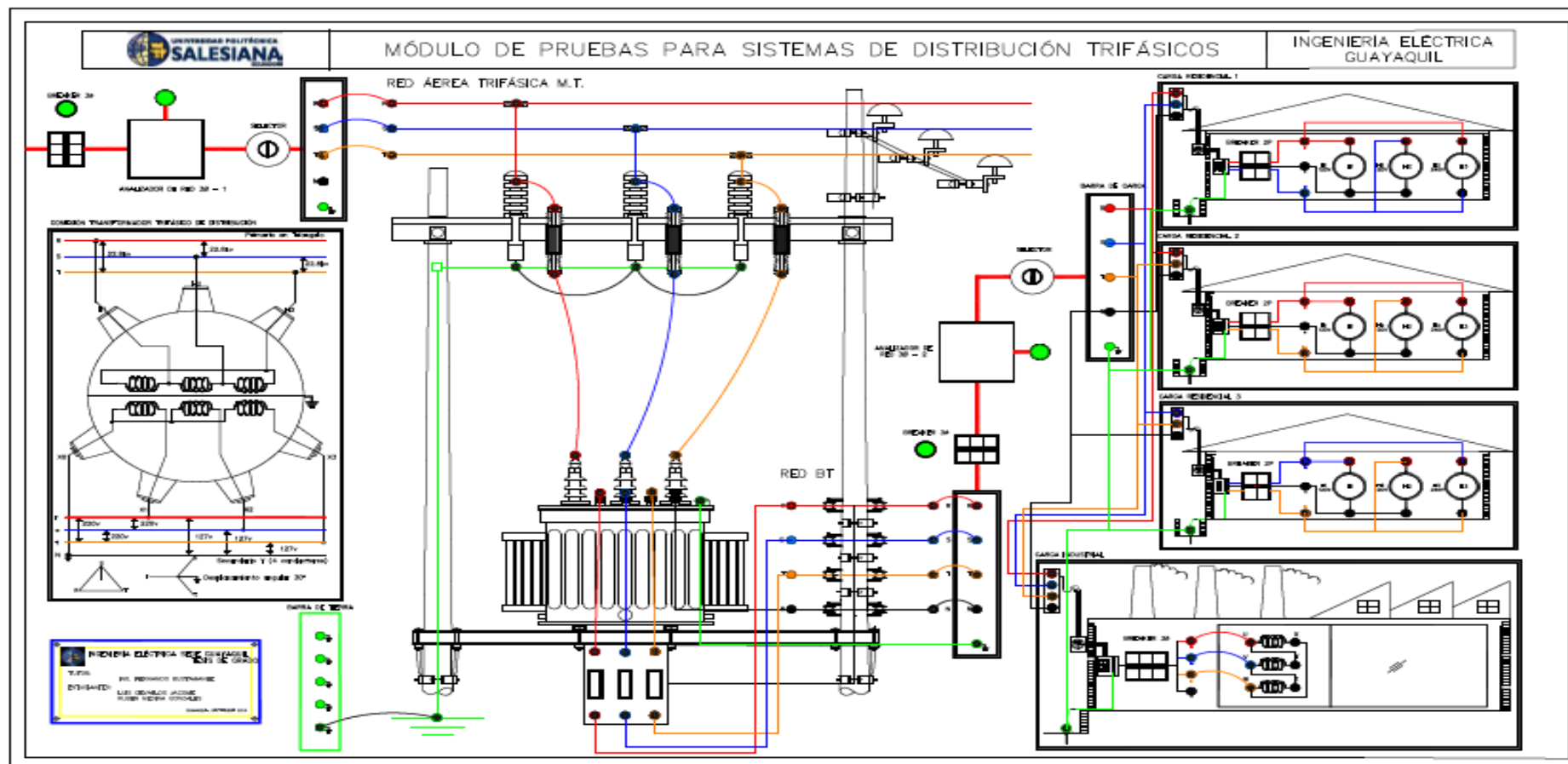
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 40 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.



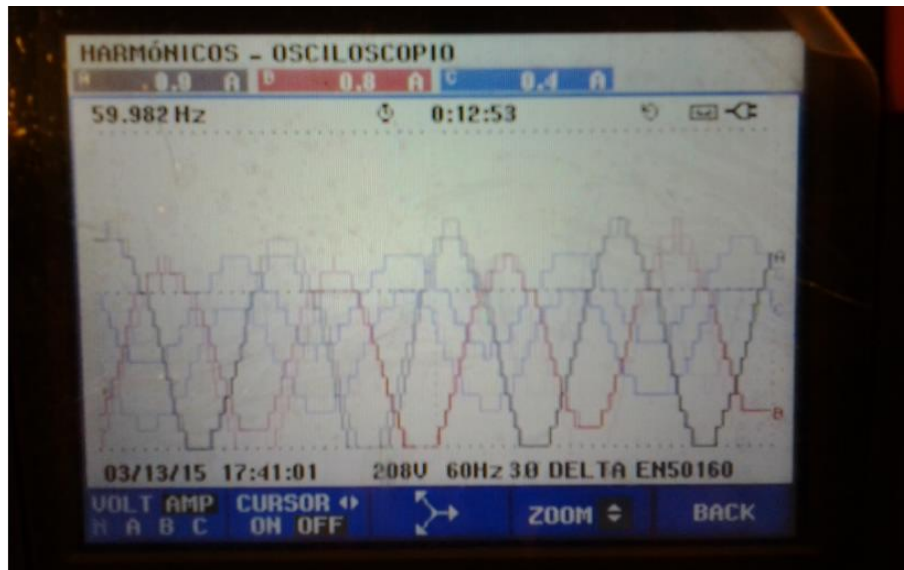
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 41 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.



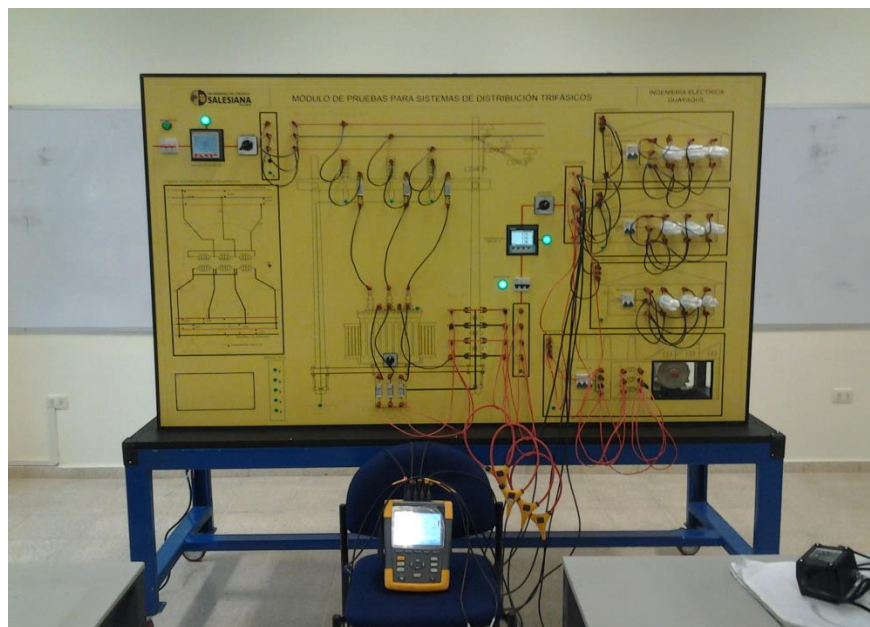
Fuente: Los Autores

GRÁFICA 4. 6 Formas de Onda de la corriente del sistema en bt.



Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 42 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores e incandescentes) y con carga industrial artesanal.



Fuente: Los Autores.

4.11. Práctica No. 10: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.

4.11.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Instalaciones Eléctricas
- **PRÁCTICA N° 10**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2:00 horas

4.11.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos analizar el comportamiento del transformador trifásico de distribución las cargas residenciales y la carga industrial bajo falla en la red de media tensión.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Comprender el funcionamiento de todos los elementos que forman parte del banco de pruebas.

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

Comprender el impacto de la carga residencial (focos ahorradores) en conjunto con la carga industrial artesanal sobre la red secundaria y el transformador trifásico de distribución.

Comprender el impacto de una falla en una línea de media tensión sobre el transformador y sobre la red secundaria.

Incrementar las habilidades de diseño y análisis de una red en bt.

Aprender a utilizar todos los instrumentos de medición necesarios para el análisis.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un motor trifásico.

Funcionamiento de un foco ahorrador.

Esquema de conexión del transformador trifásico de distribución.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de seguridad del banco de pruebas.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama de conexión y diagrama eléctrico del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman parte del banco de pruebas y entender el funcionamiento de cada uno.

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**

Diseñar el respectivo esquema eléctrico y de conexión para la práctica con las siguientes condiciones:

El circuito que vamos analizar comprende de tres cargas residenciales cada carga residencial consta de 2 boquillas para focos de 120 vac y una boquilla para focos de 240 vac cada carga con su disyuntor de protección de 2A. Los focos ahorradores que vamos utilizar en esta práctica son de 20w a 120v y 15w a 240v y una carga industrial artesanal simulada con un motor trifásico de 0.5hp 220v con su disyuntor trifásico de protección de 6A.

Una vez realizada la conexión del transformador trifásico de distribución desde la red de media tensión hasta la red de baja tensión procedemos a distribuir las fases desde la barra de carga hacia la acometida de cada una de las cargas residenciales y hacia la acometida de la carga industrial artesanal.

Una vez realizada la conexión desde la barra de carga hasta la acometida de las cargas residenciales y la carga industrial artesanal procedemos a realizar la conexión interna de cada una de las cargas residenciales procurando la distribución de la carga entre las dos líneas y la conexión interna de la carga industrial artesanal sea esta en conexión estrella o conexión delta.

Conectamos el analizador de red Fluke 435 en el secundario del transformador trifásico de distribución para poder realizar el análisis respectivo a la carga.

Una vez concluido con las conexiones procedemos a energizar el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos comprobando el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen.

Cuando ya esté en funcionamiento el banco procedemos a retirar el cable de conexión que va desde la línea de media tensión hacia el pararrayos.

Una vez realizada esta desconexión procedemos a analizar la red de baja tensión, el transformador trifásico de distribución y la red de media tensión.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Instrumentación para medición: Tensión, Corriente.

Analizador de red.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Focos ahorradores.

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No. 75 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.

Tabla No. 76 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.

Tabla No. 77 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.

Tabla No. 78 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.

Tabla No. 79 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.

Table No. 80 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito eléctrico.

Diagrama del circuito de conexiones.

Tablas para mediciones y resultados.

Grafica fasores de tensión en la red de baja tensión.

Foto práctica

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Sistemas Eléctricos de distribución ing. Juan Antonio Yebra Moron.

Control de motores eléctricos Gilberto Enríquez Harper.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿En una conexión delta abierta cuál es el porcentaje de eficiencia de un transformador trifásico?

¿Cómo funciona un motor trifásico?

¿Cómo funciona un transformador trifásico?

¿Cómo funciona un foco ahorrador?

¿Cuál es el impacto que sufre el transformador trifásico de distribución, la red de baja tensión y los diferentes tipos de cargas a ser desconectada una línea en media tensión?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene un motor trifásico?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene un foco ahorrador?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene la conexión delta abierta?

Sobre construcción de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Núcleo, características, procedencia, costos.

Tipos de conexión, características, costos.

Fabricante, características, costos.

Sobre protección de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección del motor en arranque estrella-delta.

Sobre constructores locales e internacionales de transformadores de distribución trifásica, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

Proyecto:

Que tipos de fallas son más frecuentes en las líneas de media tensión y en las líneas de baja tensión.

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 8: FUNCIONAMIENTO DE LA RED
TRIFÁSICA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN CON CARGA
RESIDENCIAL(FOCOS AHORRADORES) Y CON CARGA INDUSTRIAL
ARTESANAL SIMULANDO UNA FALLA EN LA LÍNEA R DE MEDIA
TENSIÓN.**

TABLA 4. 69 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-RS(V)	475	
V-ST(V)	474	
V-TR(V)	480	
I-R(A)	0	
I-S(A)	0.84	
I-T(A)	0.9	
PL1(W)	0	
PL2(W)	210	
PL3(W)	102	
QL1(VAR)	0	
QL2(VAR)	72	
QL3(VAR)	222	
SL1(VA)	0	
SL2(VA)	222	
SL3(VA)	246	
FP	0.67	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 70 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-rs(V)	114	
V-st(V)	180	
V-tr(V)	198	
V-rn(V)	89	
V-sn(V)	75	
V-tn(V)	120	
I-r(A)	1.2	
I-s(A)	1.2	
I-t(A)	1	
I-n(A)	0.8	
PL1(W)	28	
PL2(W)	66	
PL3(W)	205	
QL1(VAR)	99	
QL2(VAR)	50	
QL3(VAR)	89	
SL1(VA)	106	
SL2(VA)	87	
SL3(VA)	234	
FP	0.7	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 71 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.

CARGA RESIDENCIAL #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L2} (V)	112.4	
V_{L1-N} (V)	88.4	
V_{L2-N} (V)	74.8	
V-H1 (V)	88.3	
V-H2 (V)	74.8	
V-H3 (V)	112	
I-H1 (A)	0.2	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja mA
I-N (A)	0.3	
I-L1 (A)	0.3	
I-L2 (A)	0.2	
IN (A)	0.3	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 72 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.

CARGA RESIDENCIAL #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L3} (V)	197.1	
V_{L1-N} (V)	88.1	
V_{L3-N} (V)	120.5	
V-H1 (V)	88.1	
V-H2 (V)	120.4	
V-H3 (V)	196.8	
I-H1 (A)	0.2	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja mA
I-N (A)	0.1	
I-L1 (A)	40	
I-L3 (A)	40	
IN (A)	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 73 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.

CARGA RESIDENCIAL #3		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L2-L3} (V)	180.1	
V_{L2-N} (V)	75	
V_{L3-N} (V)	122	
V-H1 (V)	74.9	
V-H2 (V)	120.1	
V-H3 (V)	179.7	
I-H1 (A)	0.2	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja mA
I-N (A)	0.2	
I-L2 (A)	0.2	
I-L3 (A)	0.2	
IN (A)	0.2	

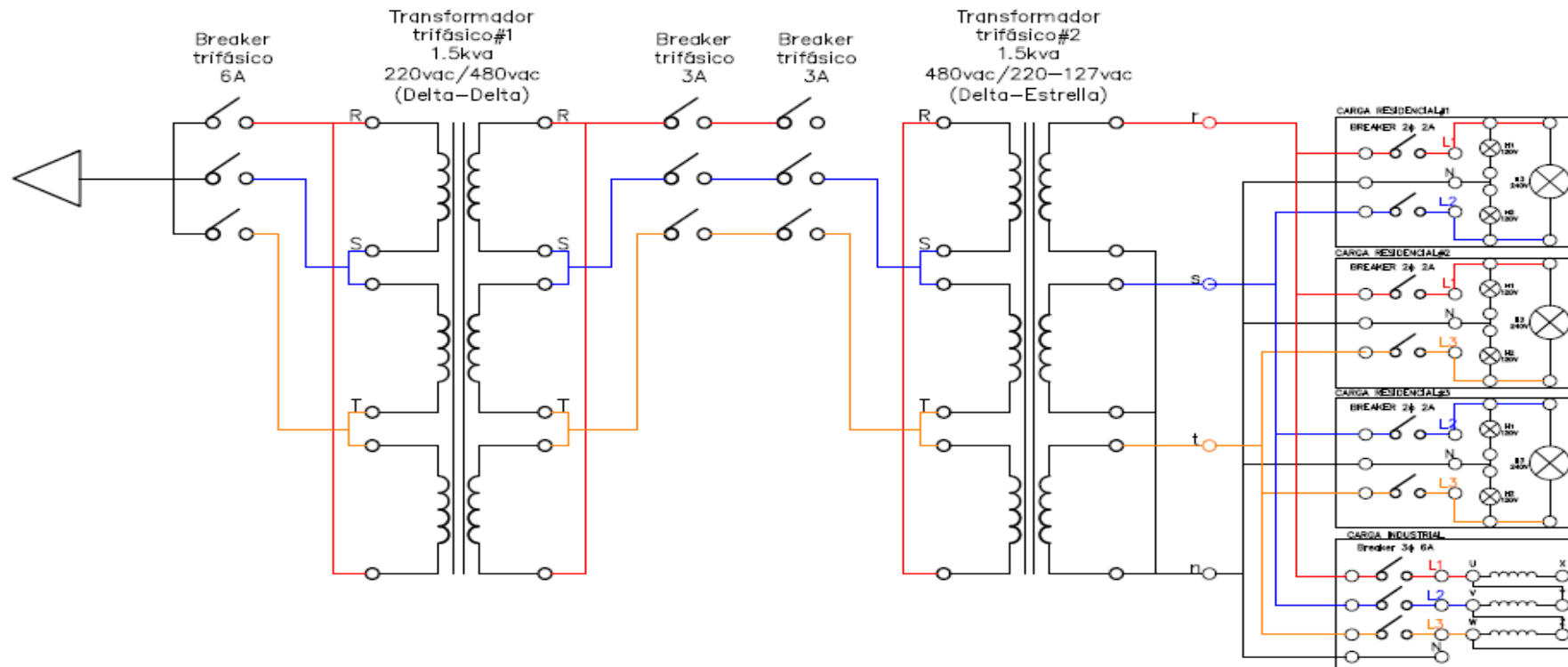
Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 74 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.

CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-UV(v)	111.3	
V-VW(v)	179.6	
V-WU(v)	196.4	
V-UX(v)	196.3	
V-VY(v)	111.3	
V-WZ(v)	179.7	
I-U(A)	1.1	
I-V(A)	0.6	
I-W(A)	1.5	

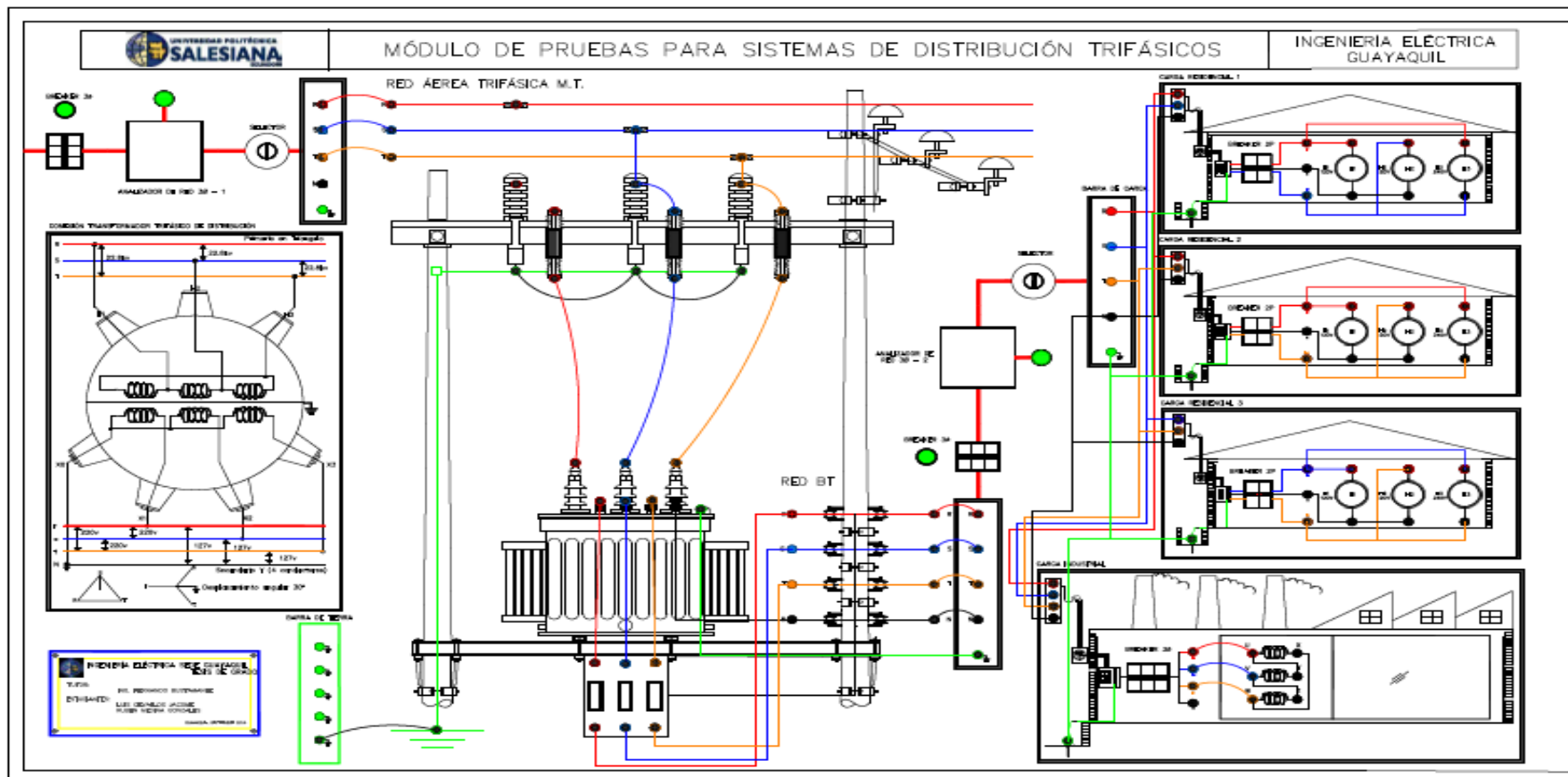
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 43 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.



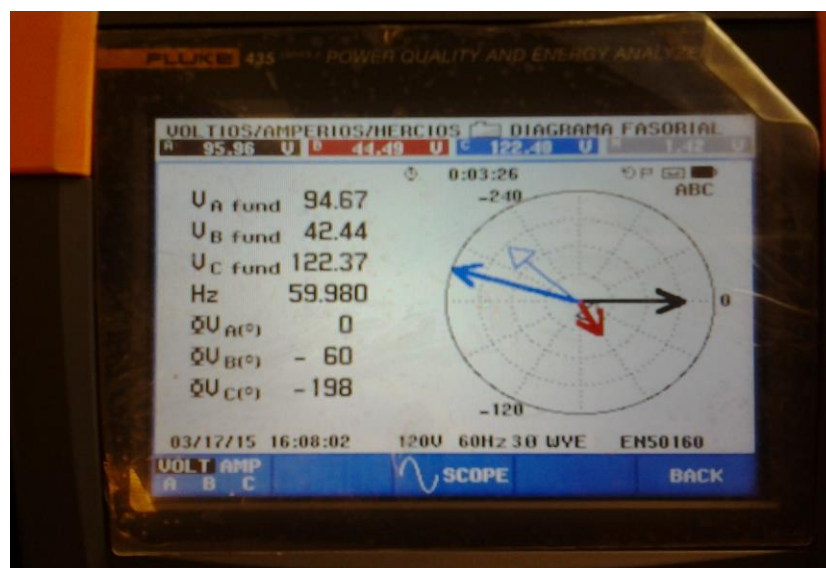
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 44 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.



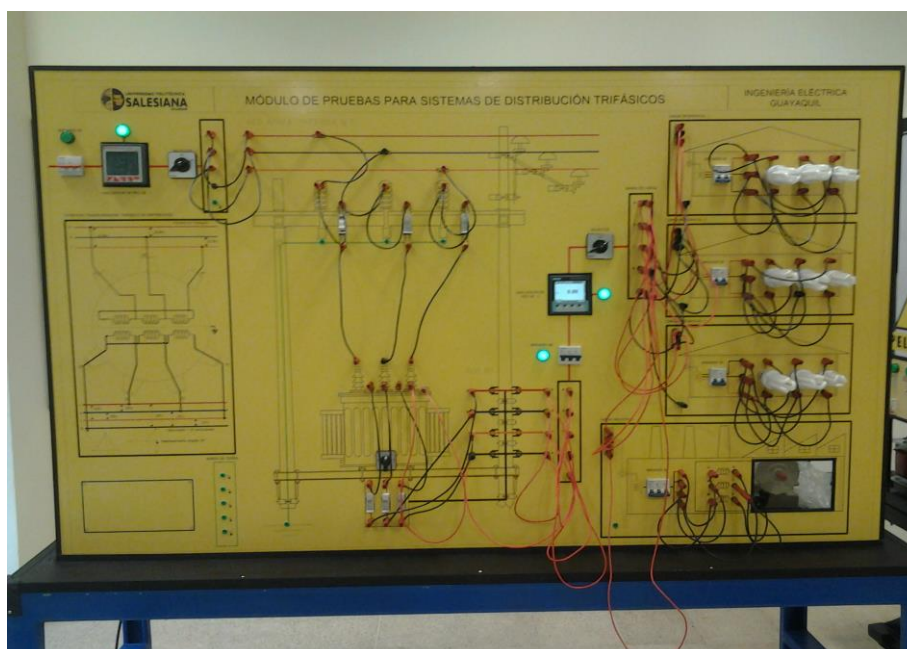
Fuente: Los Autores

GRÁFICA 4. 7 Factores de tensión en la red de media tensión.



Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 45 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea R de media tensión.



Fuente: Los Autores.

4.12. Práctica No. 11: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.

4.12.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Instalaciones Eléctricas
- **PRÁCTICA N° 11**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2:00 horas

4.12.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial(focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión..
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos analizar el comportamiento del transformador trifásico de distribución las cargas residenciales y la carga industrial bajo falla en la red de baja tensión.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Comprender el funcionamiento de todos los elementos que forman parte del banco de pruebas.

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

Comprender el impacto de la carga residencial (focos ahorradores) en conjunto con la carga industrial artesanal sobre la red secundaria y el transformador trifásico de distribución.

Comprender el impacto de una falla en una línea de baja tensión sobre el transformador y sobre la red media tensión.

Incrementar las habilidades de diseño y análisis de una red en bt.

Aprender a utilizar todos los instrumentos de medición necesarios para el análisis.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un motor trifásico.

Funcionamiento de un foco ahorrador.

Esquema de conexión del transformador trifásico de distribución.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de seguridad del banco de pruebas.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama de conexión y diagrama eléctrico del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman parte del banco de pruebas y entender el funcionamiento de cada uno.

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**

Diseñar el respectivo esquema eléctrico y de conexión para la práctica con las siguientes condiciones:

El circuito que vamos analizar comprende de tres cargas residenciales cada carga residencial consta de 2 boquillas para focos de 120 vac y una boquilla para focos de 240 vac cada carga con su disyuntor de protección de 2A. Los focos ahorradores que vamos utilizar en esta práctica son de 20w a 120v y 15w a 240v y una carga industrial artesanal simulada con un motor trifásico de 0.5hp 220v con su disyuntor trifásico de protección de 6A.

Una vez realizada la conexión del transformador trifásico de distribución desde la red de media tensión hasta la red de baja tensión procedemos a distribuir las fases desde la barra de carga hacia la acometida de cada una de las cargas residenciales y hacia la acometida de la carga industrial artesanal.

Una vez realizada la conexión desde la barra de carga hasta la acometida de las cargas residenciales y la carga industrial artesanal procedemos a realizar la conexión interna de cada una de las cargas residenciales procurando la distribución de la carga entre las dos líneas y la conexión interna de la carga industrial artesanal sea esta en conexión estrella o conexión delta.

Conectamos el analizador de red Fluke 435 en el secundario del transformador trifásico de distribución para poder realizar el análisis respectivo a la carga.

Una vez concluido con las conexiones procedemos a energizar el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos comprobando el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen.

Cuando ya este en funcionamiento el banco procedemos a retirar el cable de conexión de la línea r que va desde la caja de fusibles de baja tensión hacia la barra de carga.

Una vez realizada esta desconexión procedemos a analizar la red de baja tensión, el transformador trifásico de distribución y la red de media tensión.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Instrumentación para medición: Tensión, Corriente.

Analizador de red.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Focos ahorradores.

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No. 81 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.

Tabla No. 82 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.

Tabla No. 83 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.

Tabla No. 84 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.

Tabla No. 85 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.

Tabla No. 86 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito eléctrico.

Diagrama del circuito de conexiones.

Tablas para mediciones y resultados.

Grafica fasores de tensión en la red de baja tensión.

Foto práctica

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Sistemas Eléctricos de distribución ing. Juan Antonio Yebra Moron.

Control de motores eléctricos Gilberto Enríquez Harper.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Una red de baja tensión puede funcionar sin una fase ?

¿Cómo funciona un motor trifásico?

¿Cómo funciona un transformador trifásico?

¿Cómo funciona un foco ahorrador?

¿Cuál es el impacto que sufre el transformador trifásico de distribución, la red de baja tensión y los diferentes tipos de cargas a ser desconectada una línea en baja tensión?

¿Puede funcionar un motor trifásico sin una fase?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene un foco ahorrador?

¿Qué fenómeno podemos observar cuando un motor trifásico se queda sin una fase?

Sobre construcción de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Núcleo, características, procedencia, costos.

Tipos de conexión, características, costos.

Fabricante, características, costos.

Sobre protección de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección del motor en arranque estrella-delta.

Sobre constructores locales e internacionales de transformadores de distribución trifásicos, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

Proyecto:

Principales fallas que sufren los motores trifásicos.

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 9: FUNCIONAMIENTO DE LA RED
TRIFÁSICA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN CON CARGA
RESIDENCIAL(FOCOS AHORRADORES) Y CON CARGA INDUSTRIAL
ARTESANAL SIMULANDO UNA FALLA EN LA LÍNEA R DE BAJA
TENSIÓN .**

TABLA 4. 75 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-RS(V)	469	
V-ST(V)	475	
V-TR(V)	475	
I-R(A)	0.84	
I-S(A)	1.32	
I-T(A)	0.84	
PL1(W)	198	
PL2(W)	150	
PL3(W)	136	
QL1(VAR)	102	
QL2(VAR)	318	
QL3(VAR)	228	
SL1(VA)	222	
SL2(VA)	354	
SL3(VA)	228	
FP	0.48	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 76 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-rs(V)	150	
V-st(V)	210	
V-tr(V)	164	
V-rn(V)	54	
V-sn(V)	120	
V-tn(V)	125	
I-r(A)	0	
I-s(A)	1.5	
I-t(A)	1.4	
I-n(A)	0.9	
PL1(W)	0	
PL2(W)	164	
PL3(W)	183	
QL1(VAR)	0	
QL2(VAR)	22	
QL3(VAR)	138	
SL1(VA)	0	
SL2(VA)	176	
SL3(VA)	176	
FP	0.7	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 77 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.

CARGA RESIDENCIAL #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L2} (V)	150.6	
V_{L1-N} (V)	54.4	
V_{L2-N} (V)	119.8	
V-H1 (V)	54.3	
V-H2 (V)	119.4	
V-H3 (V)	150.3	
I-H1 (A)	0	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	
I-N (A)	0.2	
I-L1 (A)	0	
I-L2 (A)	0.2	
IN (A)	0.2	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 78 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.

CARGA RESIDENCIAL #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L3} (V)	162	
V_{L1-N} (V)	54.2	
V_{L3-N} (V)	125,5	
V-H1 (V)	54.3	
V-H2 (V)	125.4	
V-H3 (V)	161.8	
I-H1 (A)	0.1	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	
I-N (A)	0.2	
I-L1 (A)	0.2	
I-L3 (A)	0.2	
IN (A)	0.2	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 79 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.

CARGA RESIDENCIAL #3		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L2-L3} (V)	209.9	
V_{L2-N} (V)	119.4	
V_{L3-N} (V)	125.6	
V-H1 (V)	119.3	
V-H2 (V)	125.4	
V-H3 (V)	209.9	
I-H1 (A)	0.3	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja mA
I-N (A)	0.2	
I-L2 (A)	0.2	
I-L3 (A)	0.2	
IN (A)	0.3	

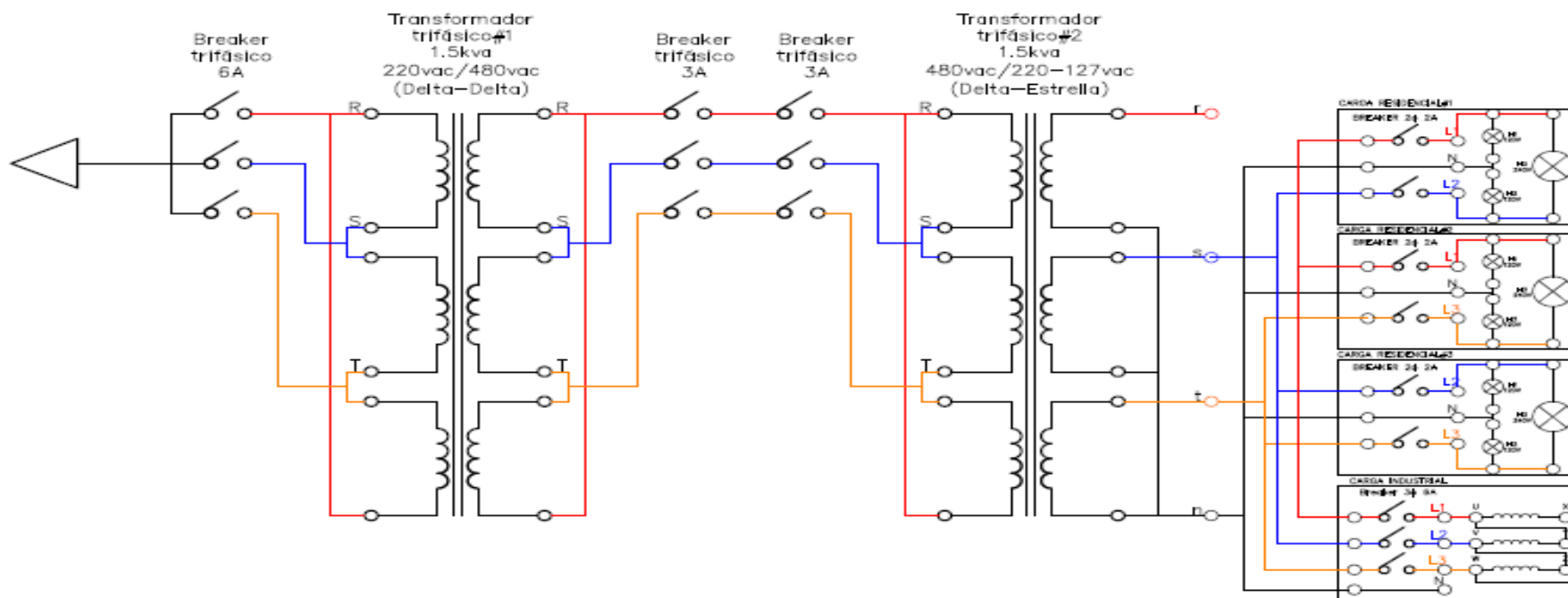
Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 80 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.

CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-UV(v)	151	
V-VW(v)	210	
V-WU(v)	161.9	
V-UX(v)	161.9	
V-VY(v)	151	
V-WZ(v)	210	
I-U(A)	0.4	
I-V(A)	0.9	
I-W(A)	1.2	

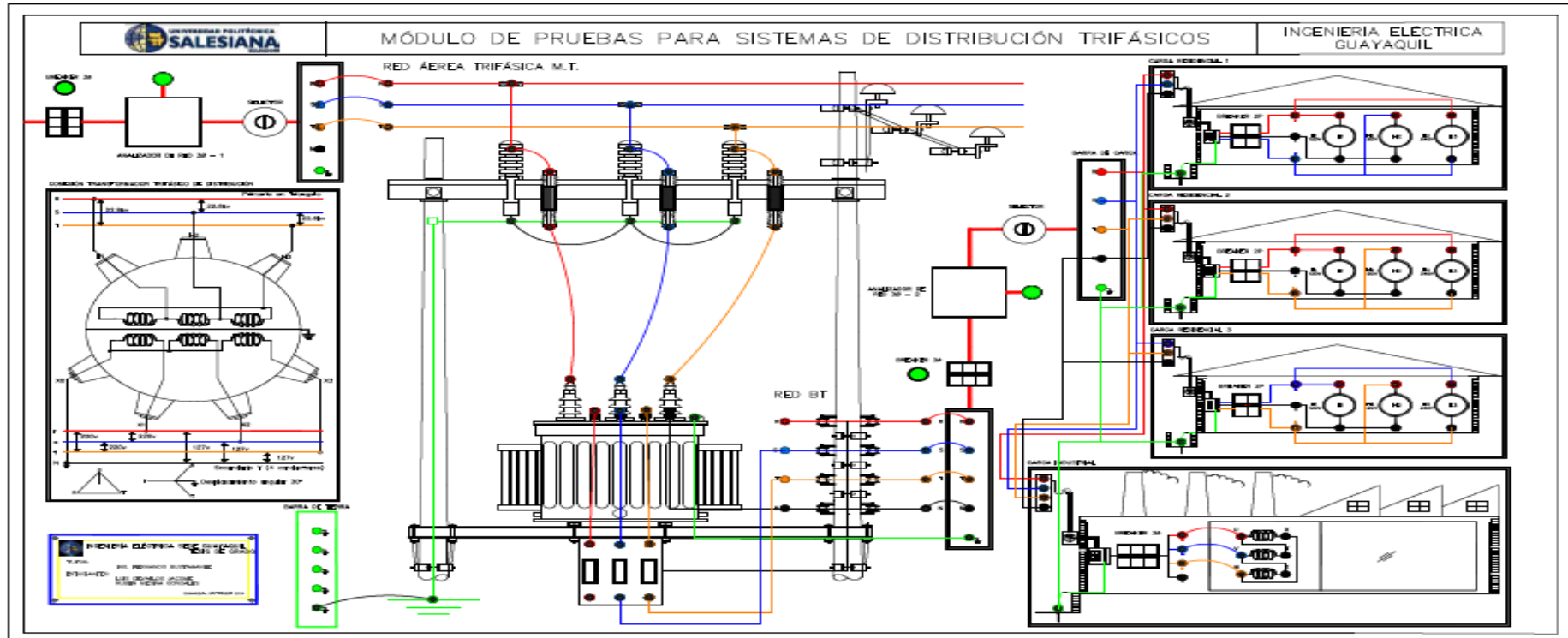
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 46 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.



Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 47 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.



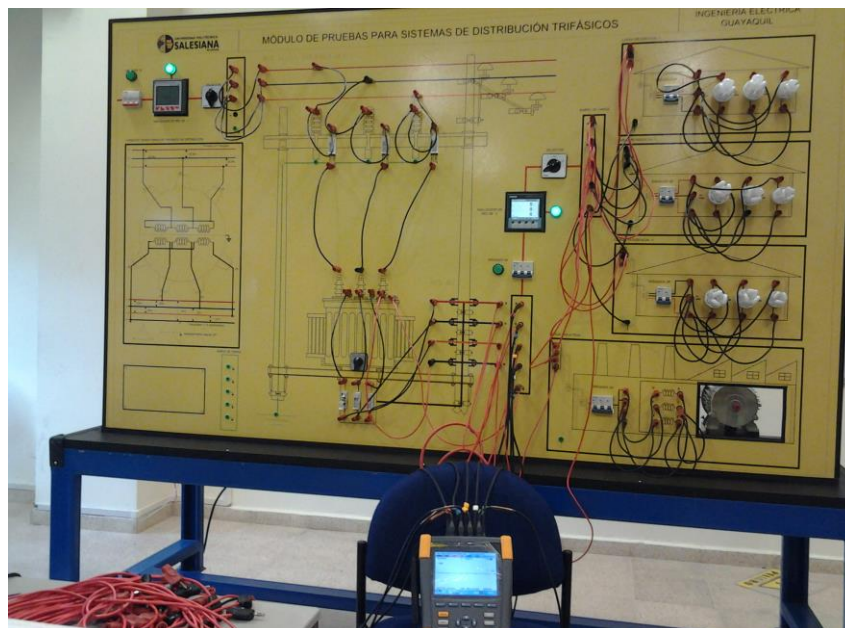
Fuente: Los Autores.

GRÁFICA 4. 8 Fasores de tensión en la red de baja tensión.



Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 48 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en la línea r de baja tensión.



Fuente: Los Autores.

4.13. Práctica No. 12: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.

4.13.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Instalaciones Eléctricas
- **PRÁCTICA N° 12**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2:00 horas

4.13.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial(focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos analizar el comportamiento del transformador trifásico de distribución las cargas residenciales y la carga industrial bajo falla en la red de baja tensión.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Comprender el funcionamiento de todos los elementos que forman parte del banco de pruebas.

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

Comprender el impacto de la carga residencial (focos ahorradores) en conjunto con la carga industrial artesanal sobre la red secundaria y el transformador trifásico de distribución.

Comprender el impacto de una falla en el neutro baja tensión sobre el transformador y sobre la red media tensión.

Incrementar las habilidades de diseño y análisis de una red en bt.

Aprender a utilizar todos los instrumentos de medición necesarios para el análisis.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un motor trifásico.

Funcionamiento de un foco ahorradores.

Esquema de conexión del transformador trifásico de distribución.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de seguridad del banco de pruebas.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama de conexión y diagrama eléctrico del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman parte del banco de pruebas y entender el funcionamiento de cada uno.

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**

Diseñar el respectivo esquema eléctrico y de conexión para la práctica con las siguientes condiciones:

El circuito que vamos analizar comprende de tres cargas residenciales cada carga residencial consta de 2 boquillas para focos de 120 vac y una boquilla para focos de 240 vac cada carga con su disyuntor de protección de 2A. Los focos ahorradores que vamos utilizar en esta práctica son de 20w a 120v y 15w a 240v y una carga industrial artesanal simulada con un motor trifásico de 0.5hp 220v con su disyuntor trifásico de protección de 6A.

Una vez realizada la conexión del transformador trifásico de distribución desde la red de media tensión hasta la red de baja tensión procedemos a distribuir las fases desde la barra de carga hacia la acometida de cada una de las cargas residenciales y hacia la acometida de la carga industrial artesanal.

Una vez realizada la conexión desde la barra de carga hasta la acometida de las cargas residenciales y la carga industrial artesanal procedemos a realizar la conexión interna de cada una de las cargas residenciales procurando la distribución de la carga entre las dos líneas y la conexión interna de la carga industrial artesanal sea esta en conexión estrella o conexión delta.

Conectamos el analizador de red Fluke 435 en el secundario del transformador trifásico de distribución para poder realizar el análisis respectivo a la carga.

Una vez concluido con las conexiones procedemos a energizar el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos comprobando el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen.

Cuando ya este en funcionamiento el banco procedemos a retirar el cable de conexión del neutro que va desde el transformador trifásico de distribución hacia la red de baja tensión.

Una vez realizada esta desconexión procedemos a analizar la red de baja tensión, el transformador trifásico de distribución y la red de media tensión.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Instrumentación para medición: Tensión, Corriente.

Analizador de red.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Focos ahorradores.

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

• REGISTRO DE RESULTADOS

Tabla No. 87 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.

Tabla No. 88 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.

Tabla No. 89 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.

Tabla No. 90 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.

Tabla No. 91 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.

Table No. 92 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito eléctrico.

Diagrama del circuito de conexiones.

Tablas para mediciones y resultados.

Grafica forma de onda de la red de baja tensión.

Foto práctica

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Sistemas Eléctricos de distribución ing. Juan Antonio Yebra Moron.

Control de motores eléctricos Gilberto Enríquez Harper.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Una red de baja tensión puede funcionar sin el neutro ?

¿Cómo funciona un motor trifásico?

¿Cómo funciona un transformador trifásico?

¿Cómo funciona un foco ahorrador?

¿Cuál es el impacto que sufre el transformador trifásico de distribución, la red de baja tensión y los diferentes tipos de cargas a ser desconectado el neutro de baja tensión?

¿Puede funcionar un motor trifásico sin el neutro?

¿Qué porcentaje de eficiencia tiene un foco ahorrador?

¿Qué fenómeno podemos observar en las cargas residenciales cuando se quedan sin neutro?

Sobre construcción de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Núcleo, características, procedencia, costos.

Tipos de conexión, características, costos.

Fabricante, características, costos.

Sobre protección de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección del motor en arranque estrella-delta.

Sobre constructores locales e internacionales de transformadores de distribución trifásicos, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

Proyecto:

Investigar cómo afecta la ausencia del neutro a las cargas monofásicas y a las cargas trifásicas.

**REGISTRO DE LA PRUEBA No. 10: FUNCIONAMIENTO DE LA RED
TRIFÁSICA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN CON CARGA
RESIDENCIAL(FOCOS AHORRADORES) Y CON CARGA INDUSTRIAL
ARTESANAL SIMULANDO UNA FALLA EN EL NEUTRO DE BAJA
TENSIÓN.**

TABLA 4. 81 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-RS(V)	473	
V-ST(V)	476	
V-TR(V)	473	
I-R(A)	1.08	
I-S(A)	1.08	
I-T(A)	0.82	
PL1(W)	222	
PL2(W)	84	
PL3(W)	108	
QL1(VAR)	186	
QL2(VAR)	264	
QL3(VAR)	198	
SL1(VA)	288	
SL2(VA)	294	
SL3(VA)	228	
FP	0.51	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 82 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-rs(V)	212	
V-st(V)	216	
V-tr(V)	217	
V-rn(V)	123	
V-sn(V)	123	
V-tn(V)	126	
I-r(A)	0.9	
I-s(A)	0.9	
I-t(A)	1.1	
I-n(A)	0	
PL1(W)	80	
PL2(W)	78	
PL3(W)	90	
QL1(VAR)	70	
QL2(VAR)	62	
QL3(VAR)	68	
SL1(VA)	112	
SL2(VA)	105	
SL3(VA)	119	
FP	0.7	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 83 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.

CARGA RESIDENCIAL #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L2} (V)	211.7	
V_{L1-N} (V)	178.5	
V_{L2-N} (V)	30	
V-H1 (V)	174	
V-H2 (V)	30	
V-H3 (V)	210.9	
I-H1 (A)	0.2	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja en mA
I-N (A)	0	
I-L1 (A)	0.2	
I-L2 (A)	0.3	
IN (A)	0	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 84 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.

CARGA RESIDENCIAL #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L3} (V)	217.2	
V_{L1-N} (V)	180.9	
V_{L3-N} (V)	29.2	
V-H1 (V)	181.5	
V-H2 (V)	29.6	
V-H3 (V)	217.1	
I-H1 (A)	0.2	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja en mA
I-N (A)	0	
I-L1 (A)	0.2	
I-L3 (A)	0.2	
IN (A)	0	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 85 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.

CARGA RESIDENCIAL #3		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L2-L3} (V)	215.5	
V_{L2-N} (V)	29.4	
V_{L3-N} (V)	185.6	
V-H1 (V)	25.4	
V-H2 (V)	185.6	
V-H3 (V)	215.5	
I-H1 (A)	0.3	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja en mA
I-N (A)	0	
I-L2 (A)	0.2	
I-L3 (A)	0.2	
IN (A)	0	

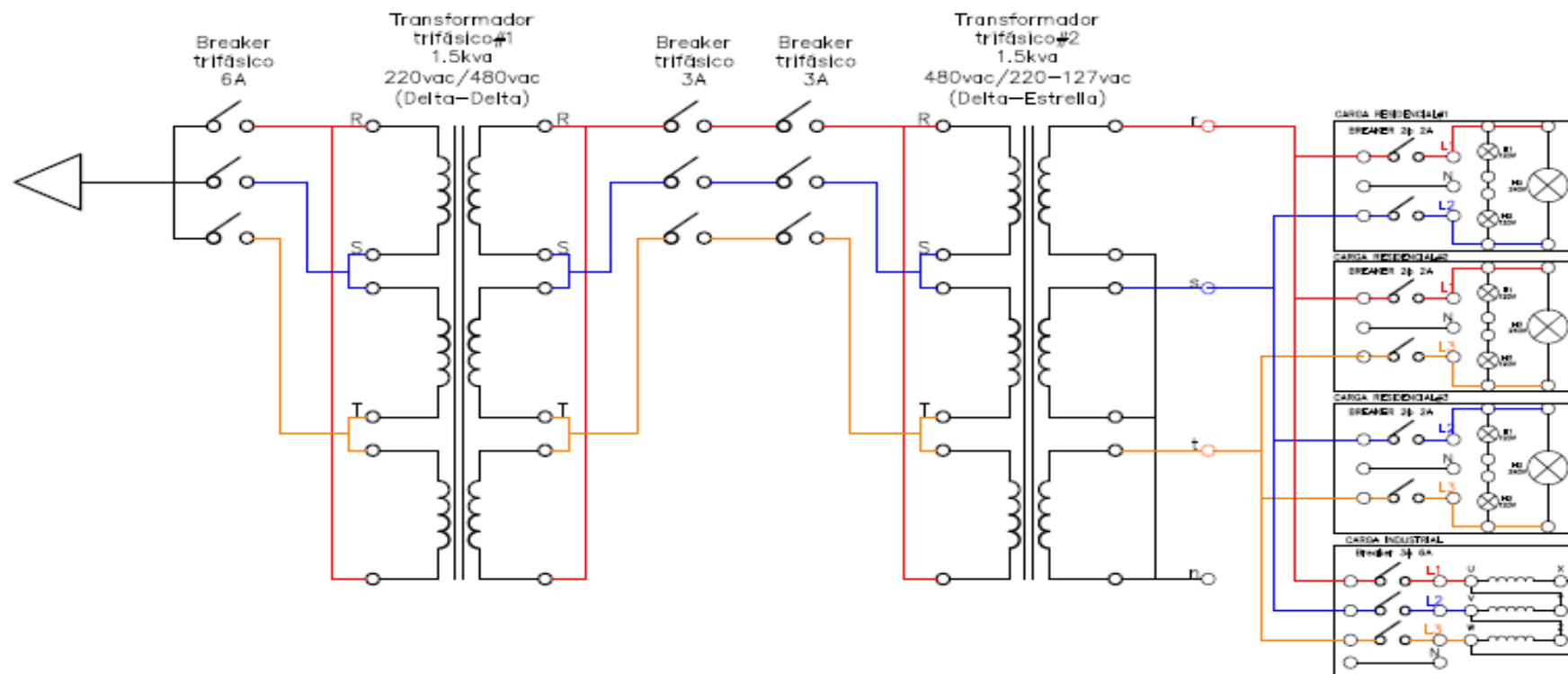
Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 86 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.

CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-UV(V)	210.8	
V-VW(V)	215.4	
V-WU(V)	217.1	
V-UX(V)	217.4	
V-VY(V)	210.8	
VW-Z(V)	215.4	
I-U(A)	0.7	
I-V(A)	0.6	
I-W(A)	0.8	

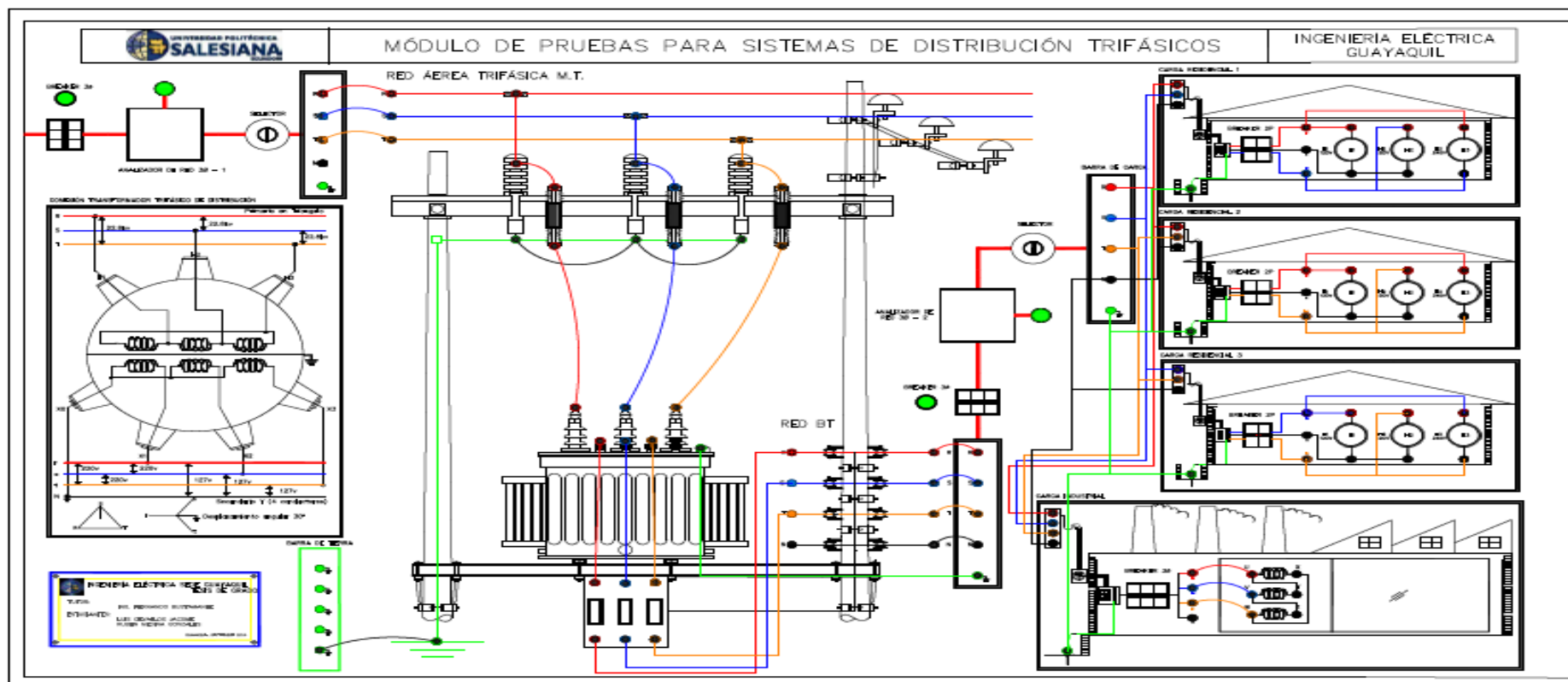
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 49 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.



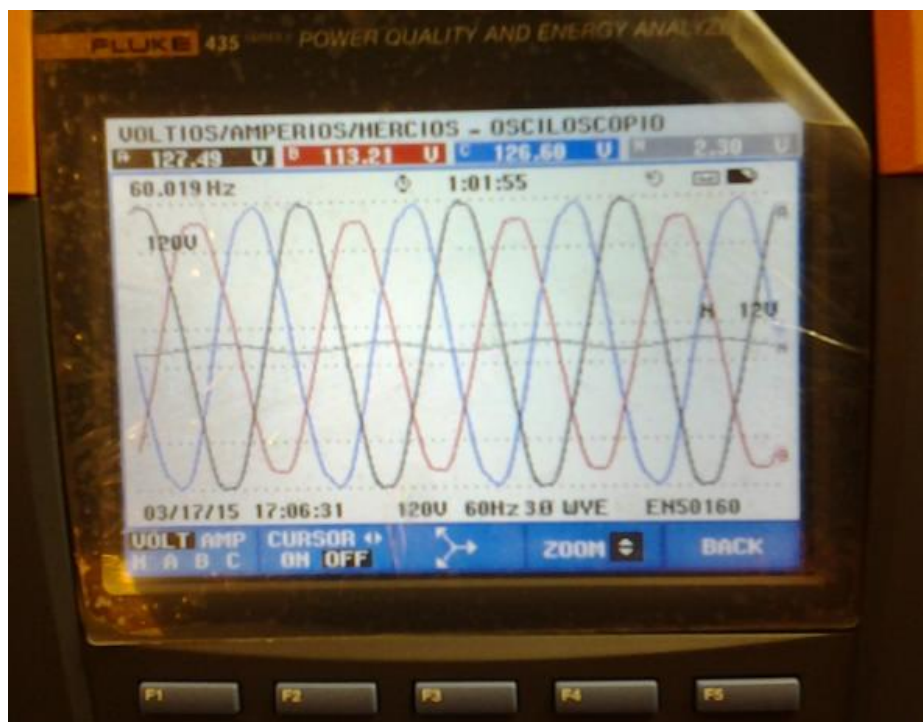
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 50 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.



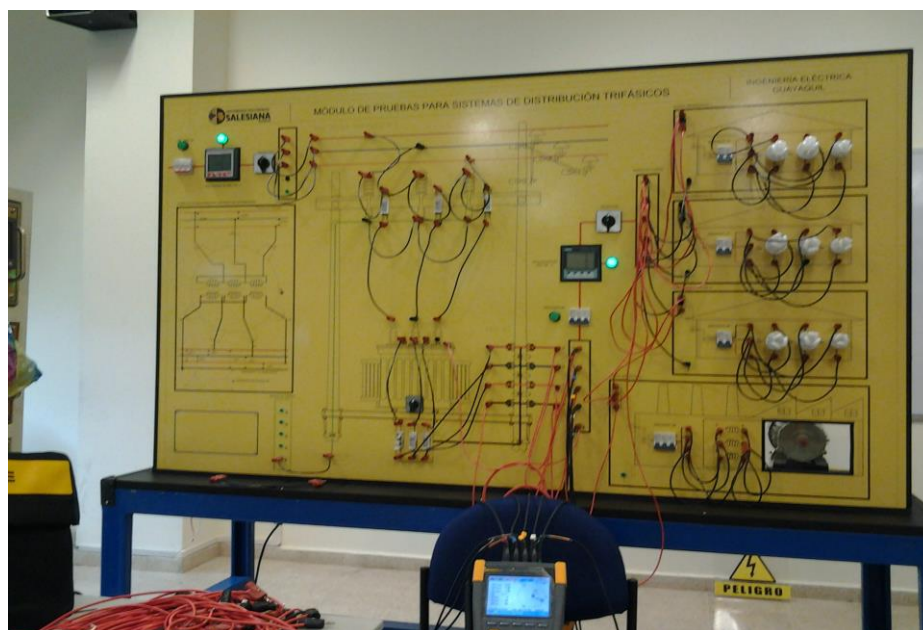
Fuente: Los Autores.

GRÁFICA 4. 9 Forma de onda de la red de baja tensión.



Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 51 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando una falla en el neutro de baja tensión.



Fuente: Los Autores.

4.14. Práctica No. 13: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.

4.14.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Instalaciones Eléctricas
- **PRÁCTICA** N° 13
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2:00 horas

4.14.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial(focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución..
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos analizar el comportamiento del transformador trifásico de distribución las cargas residenciales y la carga industrial con un sobre voltaje en la red de media tensión.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Comprender el funcionamiento de todos los elementos que forman parte del banco de pruebas.

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

Comprender el impacto de la carga residencial (focos ahorradores) en conjunto con la carga industrial artesanal sobre la red secundaria y el transformador trifásico de distribución.

Comprender el impacto de un sobre voltaje en la red primaria o red de media tensión.

Incrementar las habilidades de diseño y análisis de una red en bt.

Aprender a utilizar todos los instrumentos de medición necesarios para el análisis.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un motor trifásico.

Funcionamiento de un foco ahorradores.

Funcionamiento de un variador trifásico de voltaje

Funcionamiento del tap de derivación

Esquema de conexión del transformador trifásico de distribución.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de seguridad del banco de pruebas.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama de conexión y diagrama eléctrico del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman parte del banco de pruebas y entender el funcionamiento de cada uno.

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**

Diseñar el respectivo esquema eléctrico y de conexión para la práctica con las siguientes condiciones:

El circuito que vamos analizar comprende de tres cargas residenciales cada carga residencial consta de 2 boquillas para focos de 120 vac y una boquilla para focos de 240 vac cada carga con su disyuntor de protección de 2A. Los focos ahorradores que vamos utilizar en esta práctica son de 20w a 120v y 15w a 240v y una carga industrial artesanal simulada con un motor trifásico de 0.5hp 220v con su disyuntor trifásico de protección de 6A.

Una vez realizada la conexión del transformador trifásico de distribución desde la red de media tensión hasta la red de baja tensión procedemos a distribuir las fases desde la barra de carga hacia la acometida de cada una de las cargas residenciales y hacia la acometida de la carga industrial artesanal.

Una vez realizada la conexión desde la barra de carga hasta la acometida de las cargas residenciales y la carga industrial artesanal procedemos a realizar la conexión interna de cada una de las cargas residenciales procurando la distribución de la carga entre las dos líneas y la conexión interna de la carga industrial artesanal sea esta en conexión estrella o conexión delta.

Conectamos el analizador de red Fuke 435 en el secundario del transformador trifásico de distribución para poder realizar el análisis respectivo a la carga.

Una vez concluido con las conexiones procedemos a energizar el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos comprobando el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen.

Cuando ya esté en funcionamiento el banco procedemos a elevar el voltaje de entrada desde el variador de voltaje trifásico ubicado en el módulo de pruebas y regulamos el voltaje del secundario del transformador a través del tap de derivación.

Una vez realizada esta elevación de voltaje procedemos a analizar la red de baja tensión, el transformador trifásico de distribución y la red de media tensión.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Instrumentación para medición: Tensión, Corriente.

Variador trifásico de voltaje

Tap de derivación

Analizador de red.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Focos ahorradores.

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No. 93 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución..

Tabla No. 94 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución..

Tabla No. 95 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución..

Tabla No. 96 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución..

Tabla No. 97 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución..

Tabla No. 98 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución...

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito eléctrico.

Diagrama del circuito de conexiones.

Tablas para mediciones y resultados.

Foto de la práctica.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Sistemas Eléctricos de distribución ing. Juan Antonio Yebra Moron.

Control de motores eléctricos Gilberto Enríquez Harper.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Una red de baja tensión puede funcionar con sobrevoltaje?

¿Cómo funciona un motor trifásico?

¿Cómo funciona un transformador trifásico?

¿Cómo funciona un foco ahorrador?

¿Cómo funciona un variador trifásico de voltaje?

¿Cómo funciona el tap de derivación del transformador trifásico?

¿Cuál es el impacto que sufre el transformador trifásico de distribución, la red de baja tensión y los diferentes tipos de cargas al ser elevado el voltaje en la red de media tensión y ser regulado a través del tap de derivación?

¿Puede funcionar un motor trifásico con sobre voltaje?

¿Puede funcionar una carga residencial con sobre voltaje?

¿Qué fenómeno podemos observar en las cargas residenciales cuando simulamos un sobre voltaje en la red primaria?

¿Qué porcentaje de variación de voltaje en el servicio residencial contempla el CONELEC?

Sobre construcción de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Núcleo, características, procedencia, costos.

Tipos de conexión, características, costos.

Fabricante, características, costos.

Sobre protección de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección del motor en arranque estrella-delta.

Sobre constructores locales e internacionales de transformadores de distribución trifásicos, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

Proyecto:

Investigar y cotizar la construcción de un transformador trifásico de distribución 100 kva con un tap de derivación.

REGISTRO DE LA PRUEBA No. 11: FUNCIONAMIENTO DE LA RED TRIFÁSICA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN CON CARGA RESIDENCIAL(FOCOS AHORRADORES) Y CON CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL SIMULANDO UN SOBRE VOLTAJE EN LA RED DE MEDIA TENSIÓN Y REGULADO DESDE EL TAP DE DERIVACIÓN DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE DISTRIBUCIÓN.

TABLA 4. 87 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-RS(V)	486	
V-ST(V)	488	
V-TR(V)	487	
I-R(A)	1.14	
I-S(A)	1.20	
I-T(A)	0.84	
PL1(W)	240	
PL2(W)	718	
PL3(W)	108	
QL1(VAR)	192	
QL2(VAR)	318	
QL3(VAR)	198	
SL1(VA)	306	
SL2(VA)	332	
SL3(VA)	228	
FP	0.49	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 88 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-rs(V)	207	
V-st(V)	214	
V-tr(V)	213	
V-rn(V)	121	
V-sn(V)	121	
V-tn(V)	126	
I-r(A)	1.0	
I-s(A)	0.8	
I-t(A)	1.0	
I-n(A)	1.1	
PL1(W)	80	
PL2(W)	78	
PL3(W)	92	
QL1(VAR)	64	
QL2(VAR)	47	
QL3(VAR)	54	
SL1(VA)	116	
SL2(VA)	117	
SL3(VA)	124	
FP	0.72	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 89 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación.

CARGA RESIDENCIAL #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L2} (V)	207.8	
V_{L1-N} (V)	121.4	
V_{L2-N} (V)	120.7	
V-H1 (V)	121.1	
V-H2 (V)	120.3	
V-H3 (V)	207.4	
I-H1 (A)	0.3	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja mA
I-N (A)	0.3	
I-L1 (A)	0.2	
I-L2 (A)	0.3	
IN (A)	0.3	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 90 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación.

CARGA RESIDENCIAL #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L3} (V)	213.9	
V_{L1-N} (V)	121.3	
V_{L3-N} (V)	124.0	
V-H1 (V)	121.2	
V-H2 (V)	123.9	
V-H3 (V)	213.3	
I-H1 (A)	0.2	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja mA
I-N (A)	0.3	
I-L1 (A)	0.2	
I-L3 (A)	0.2	
IN (A)	0.3	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 91 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación.

CARGA RESIDENCIAL #3		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L2-L3} (V)	212.5	
V_{L2-N} (V)	120.3	
V_{L3-N} (V)	124	
V-H1 (V)	120.3	
V-H2 (V)	124.1	
V-H3 (V)	212.3	
I-H1 (A)	0.2	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja mA
I-N (A)	0.3	
I-L2 (A)	0.2	
I-L3 (A)	0.2	
IN (A)	0.3	

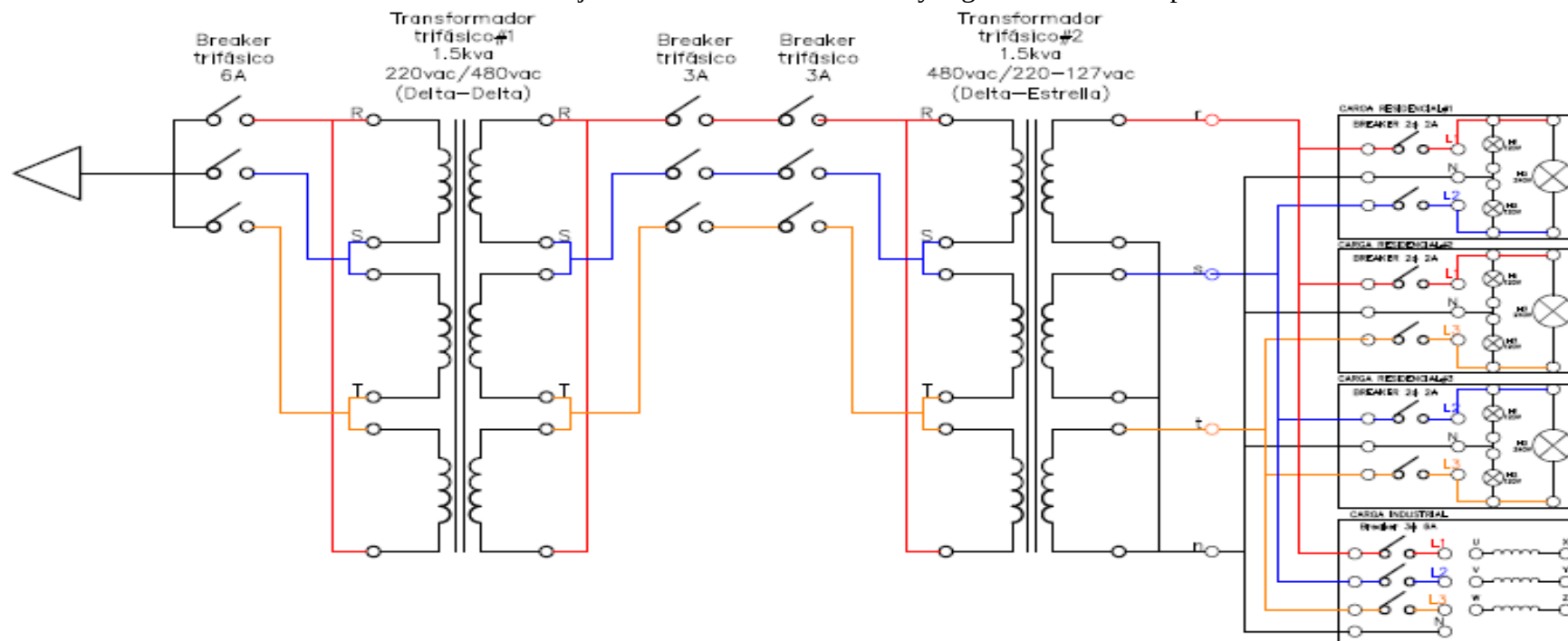
Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 92 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.

CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-UV(v)	207.3	
V-VW(v)	212.5	
V-WU(v)	213.7	
V-UX(v)	213.8	
V-VY(v)	207.8	
V-WZ(v)	212.3	
I-U(A)	0.7	
I-V(A)	0.6	
I-W(A)	0.6	

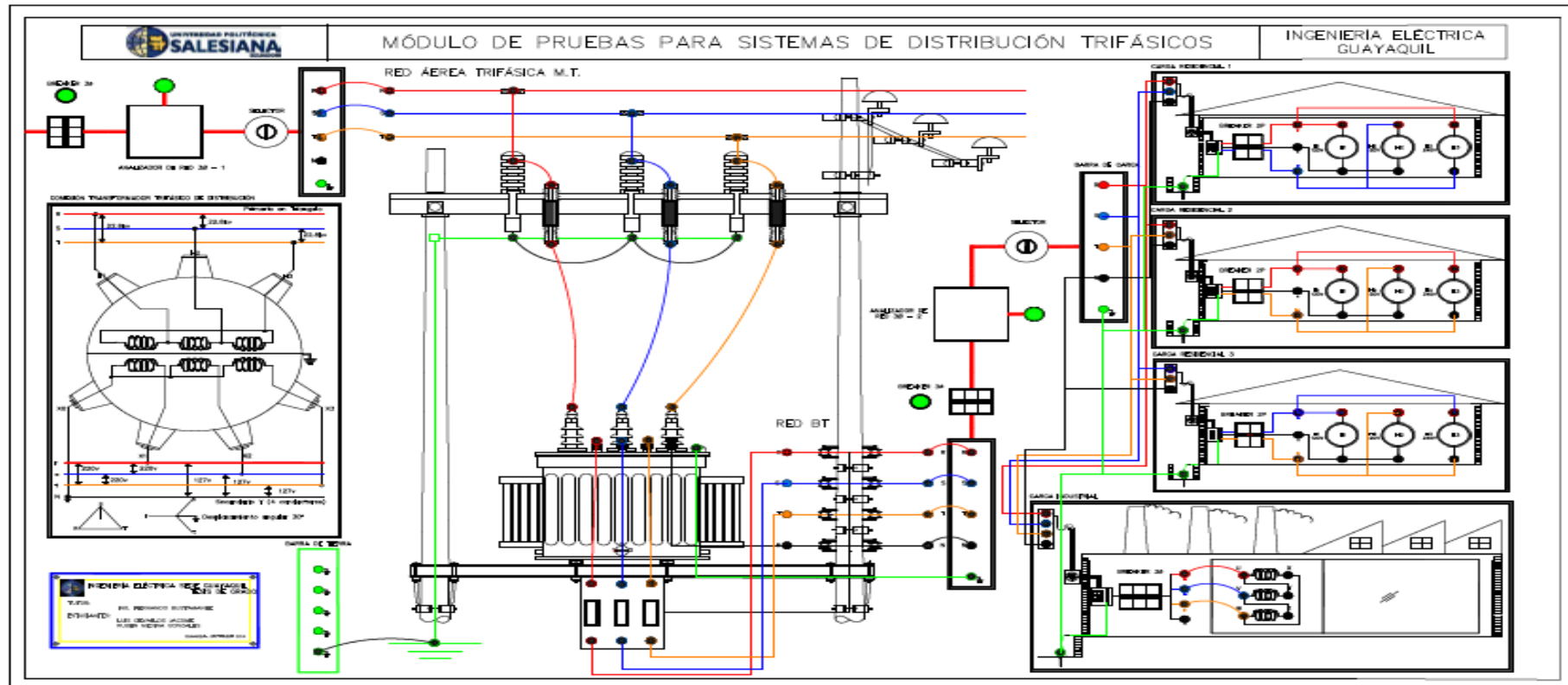
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 52 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformado.



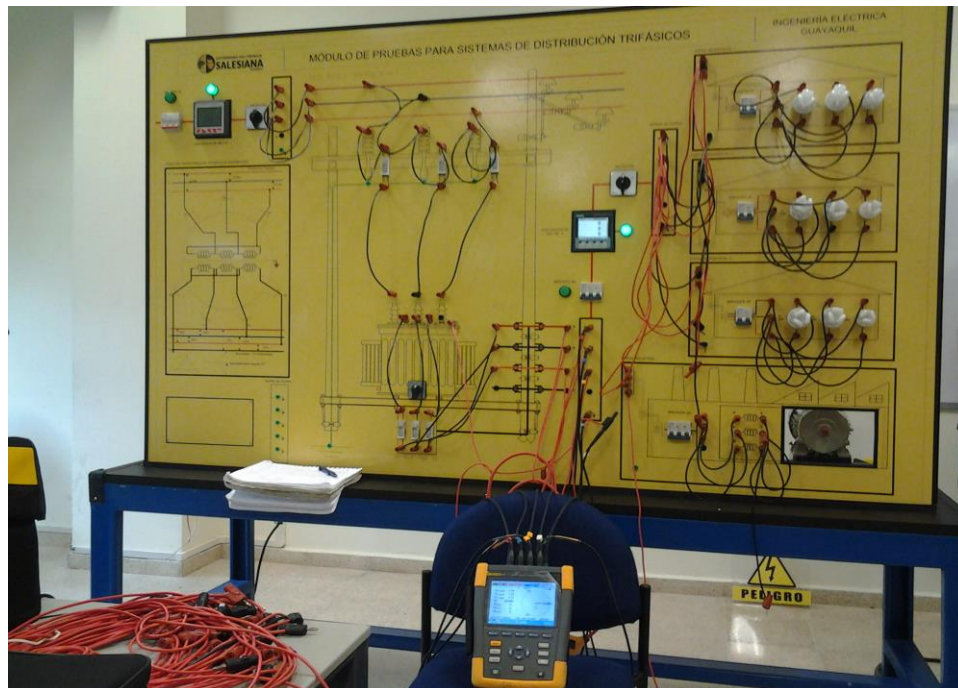
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 53 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador.



Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 54 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con residencial (focos ahorradores) con carga industrial artesanal simulando un sobre voltaje en la red de media tensión y regulado desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.



Fuente: Los Autores.

4.15. Práctica No. 14: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.

4.15.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Instalaciones Eléctricas
- **PRÁCTICA** N° 14
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2:00 horas

4.15.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos analizar el comportamiento del transformador trifásico de distribución las cargas residenciales y la carga industrial con un bajo voltaje en la red de media tensión.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Comprender el funcionamiento de todos los elementos que forman parte del banco de pruebas.

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

Comprender el impacto de la carga residencial (focos ahorradores) en conjunto con la carga industrial artesanal sobre la red secundaria y el transformador trifásico de distribución.

Comprender el impacto de un sobre voltaje en la red primaria o red de media tensión.

Incrementar las habilidades de diseño y análisis de una red en bt.

Aprender a utilizar todos los instrumentos de medición necesarios para el análisis.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un motor trifásico.

Funcionamiento de un foco ahorrador.

Funcionamiento de un variador trifásico de voltaje

Funcionamiento del tap de derivación

Esquema de conexión del transformador trifásico de distribución.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de seguridad del banco de pruebas.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama de conexión y diagrama eléctrico del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman parte del banco de pruebas y entender el funcionamiento de cada uno.

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**

Diseñar el respectivo esquema eléctrico y de conexión para la práctica con las siguientes condiciones:

El circuito que vamos analizar comprende de tres cargas residenciales cada carga residencial consta de 2 boquillas para focos de 120 vac y una boquilla para focos de 240 vac cada carga con su disyuntor de protección de 2A. Los focos ahorradores que vamos utilizar en esta práctica son de 20w a 120v y 15w a 240v y una carga industrial artesanal simulada con un motor trifásico de 0.5hp 220v con su disyuntor trifásico de protección de 6A.

Una vez realizada la conexión del transformador trifásico de distribución desde la red de media tensión hasta la red de baja tensión procedemos a distribuir las fases desde la barra de carga hacia la acometida de cada una de las cargas residenciales y hacia la acometida de la carga industrial artesanal.

Una vez realizada la conexión desde la barra de carga hasta la acometida de las cargas residenciales y la carga industrial artesanal procedemos a realizar la conexión interna de cada una de las cargas residenciales procurando la distribución de la carga entre las dos líneas y la conexión interna de la carga industrial artesanal sea esta en conexión estrella o conexión delta.

Conectamos el analizador de red Fluke 435 en el secundario del transformador trifásico de distribución para poder realizar el análisis respectivo a la carga.

Una vez concluido con las conexiones procedemos a energizar el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos comprobando el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen.

Cuando ya este en funcionamiento el banco procedemos a bajar el voltaje de entrada desde el variador de voltaje trifásico ubicado en el módulo de pruebas #1 y regulamos el voltaje del secundario del transformador a través del tap de derivación.

Una vez realizada esta disminución de voltaje procedemos a analizar la red de baja tensión, del transformador trifásico de distribución y la red de media tensión.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Instrumentación para medición: Tensión, Corriente.

Variador trifásico de voltaje

Tap de derivación

Analizador de red.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Focos ahorradores.

Motor trifásico.

Cables de laboratorio.

• REGISTRO DE RESULTADOS

Tabla No. 99 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución..

Tabla No. 100 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución..

Tabla No. 101 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.

Tabla No. 102 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.

Tabla No. 103 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.

Tabla No. 104 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con

carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito eléctrico.

Diagrama del circuito de conexiones.

Tablas para mediciones y resultados.

Foto de la práctica.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Sistemas Eléctricos de distribución ing. Juan Antonio Yebra Moron.

Control de motores eléctricos Gilberto Enríquez Harper.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Una red de baja tensión puede funcionar con bajo voltaje?

¿Cómo funciona un motor trifásico?

¿Cómo funciona un transformador trifásico de distribución?

¿Cómo funciona un foco ahorrador?

¿Cómo funciona un variador trifásico de voltaje?

¿Cómo funciona el tap de derivación del transformador trifásico?

¿Cuál es el impacto que sufre el transformador trifásico de distribución, la red de baja tensión y los diferentes tipos de cargas al ser disminuido el voltaje en la red de media tensión y ser regulado a través del tap de derivación?

¿Puede funcionar un motor trifásico con bajo voltaje?

¿Puede funcionar una carga residencial con bajo voltaje?

¿Qué fenómeno podemos observar en las cargas residenciales cuando simulamos un bajo voltaje en la red primaria?

Sobre construcción de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Núcleo, características, procedencia, costos.

Tipos de conexión, características, costos.

Fabricante, características, costos.

Sobre protección de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección del motor en arranque estrella-delta.

Sobre constructores locales e internacionales de transformadores de distribución trifásicos, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

Proyecto:

Investigar qué tipos de sistemas de enfriamiento tienen los transformadores trifásicos.

REGISTRO DE LA PRUEBA No. 12: FUNCIONAMIENTO DE LA RED TRIFÁSICA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN CON CARGA RESIDENCIAL (FOCOS AHORRADORES) Y CON CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL SIMULANDO UN BAJO VOLTAJE EN LA RED DE MEDIA TENSIÓN Y REGULANDO DESDE EL TAP DE DERIVACIÓN DEL TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE DISTRIBUCIÓN.

TABLA 4. 93 Toma de valores del analizador #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-RS(V)	444	
V-ST(V)	448	
V-TR(V)	445	
I-R(A)	0.84	
I-S(A)	0.84	
I-T(A)	0.66	
PL1(W)	168	
PL2(W)	72	
PL3(W)	96	
QL1(VAR)	126	
QL2(VAR)	204	
QL3(VAR)	138	
SL1(VA)	210	
SL2(VA)	216	
SL3(VA)	168	
FP	0.56	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 94 Toma de valores del analizador #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-rs(V)	204	
V-st(V)	208	
V-tr(V)	209	
V-rn(V)	119	
V-sn(V)	118	
V-tn(V)	121	
I-r(A)	0.9	
I-s(A)	0.9	
I-t(A)	1.0	
I-n(A)	1.1	
PL1(W)	79	
PL2(W)	75	
PL3(W)	87	
QL1(VAR)	58	
QL2(VAR)	48	
QL3(VAR)	48	
SL1(VA)	113	
SL2(VA)	103	
SL3(VA)	117	
FP	0.72	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 95 Toma de valores funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.

CARGA RESIDENCIAL #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L2} (V)	204	
V_{L1-N} (V)	119.1	
V_{L2-N} (V)	118.1	
V-H1 (V)	119	
V-H2 (V)	118	
V-H3 (V)	203.7	
I-H1 (A)	0.3	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja en mA
I-N (A)	0.2	
I-L1 (A)	0.3	
I-L2 (A)	0.2	
IN (A)	0.3	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 96 Toma de valores funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.

CARGA RESIDENCIAL #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L3} (V)	208.7	
V_{L1-N} (V)	119.2	
V_{L3-N} (V)	121	
V-H1 (V)	119.1	
V-H2 (V)	120.8	
V-H3 (V)	208.8	
I-H1 (A)	0.3	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja en mA
I-N (A)	0.2	
I-L1 (A)	0.3	
I-L3 (A)	0.3	
IN (A)	0.3	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 97 Toma de valores funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.

CARGA RESIDENCIAL #3		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L2-L3} (V)	207.6	
V_{L2-N} (V)	118.9	
V_{L3-N} (V)	121.2	
V-H1 (V)	118.1	
V-H2 (V)	121	
V-H3 (V)	207.5	
I-H1 (A)	0.3	
I-H2 (A)	0.2	
I-H3 (A)	0	Corriente muy baja en mA
I-N (A)	0.3	
I-L2 (A)	0.2	
I-L3 (A)	0.2	
IN (A)	0.3	

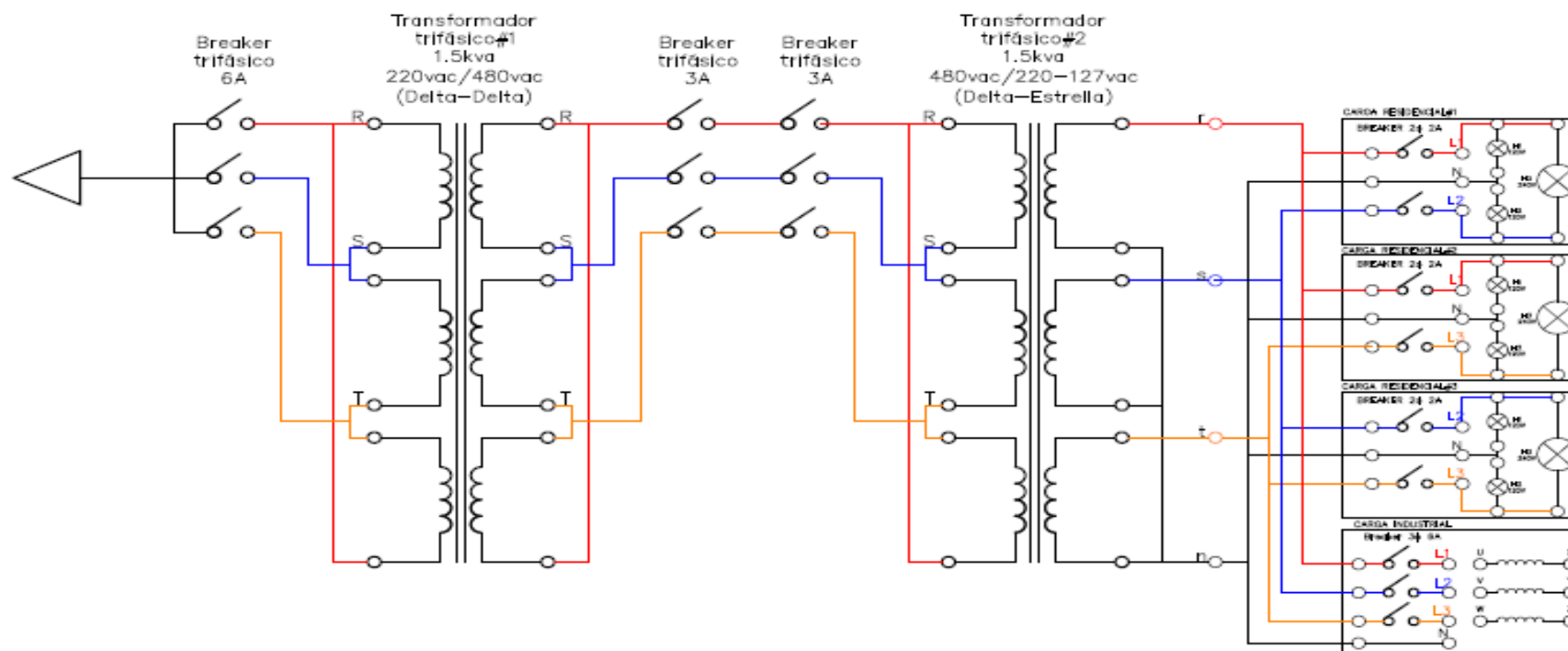
Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 98 Toma de valores funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.

CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-UV(v)	203.9	
V-VW(v)	207.3	
V-WU(v)	208.8	
V-UX(v)	208.8	
V-VY(v)	204.2	
V-WZ(v)	207.6	
I-U(A)	0.7	
I-V(A)	0.6	
I-W(A)	0.6	

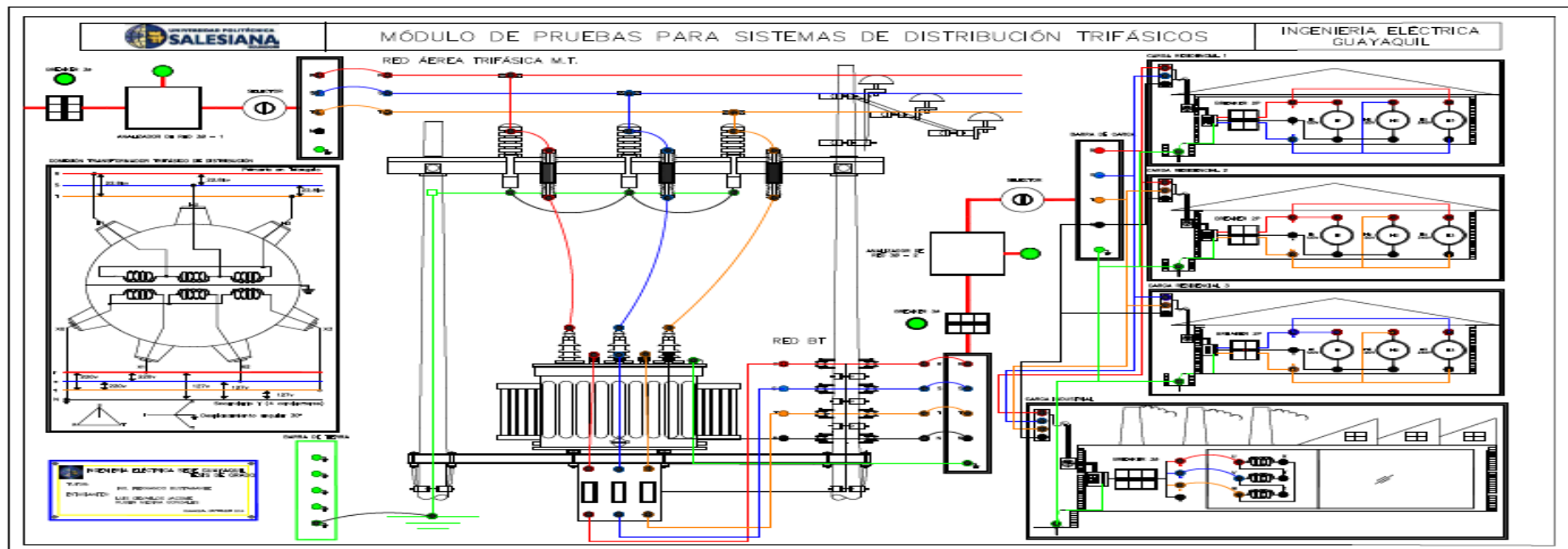
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 55 Diagrama eléctrico funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores)y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.



Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 56 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal simulando un bajo voltaje en la red de media tensión y regulando desde el tap de derivación del transformador trifásico de distribución.



Fuente: Los Autores.

4.16. Práctica No. 15: Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia (0.72-0.92).

4.16.1. DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Instalaciones Eléctricas
- **PRÁCTICA** N° 15
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2:00 horas

4.16.2. DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia (0.72-0.92).
- **OBJETIVO GENERAL:**

Utilizando los esquemas básicos para circuitos eléctricos analizar el comportamiento del transformador trifásico de distribución las cargas residenciales y la carga industrial con un bajo factor de potencia (0.72-0.92).

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Comprender el funcionamiento de todos los elementos que forman parte del banco de pruebas.

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

Comprender el impacto de la carga residencial (focos ahorradores) en conjunto con la carga industrial artesanal sobre la red secundaria y el transformador trifásico de distribución.

Comprender el impacto de un sobre voltaje en la red primaria o red de media tensión.

Incrementar las habilidades de diseño y análisis de una red en bt.

Aprender a utilizar todos los instrumentos de medición necesarios para el análisis.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Funcionamiento de un motor trifásico.

Funcionamiento de un foco ahorrador.

Funcionamiento de un variador trifásico de voltaje

Funcionamiento del tap de derivación

Funcionamiento de un capacitor

Funcionamiento de un inductor

Esquema de conexión del transformador trifásico de distribución.

Normas de seguridad de un laboratorio.

Normas de seguridad del banco de pruebas.

Normas de procedimientos para un laboratorio.

Formatos para registro de valores experimentales.

Formatos para elaborar y presentar informes de laboratorio.

- **PROCEDIMIENTO**

Revisar y analizar el correspondiente diagrama de conexión y diagrama eléctrico del banco de pruebas.

Identificar cada uno de los elementos que forman parte del banco de pruebas y entender el funcionamiento de cada uno.

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**

Diseñar el respectivo esquema eléctrico y de conexión para la práctica con las siguientes condiciones:

El circuito que vamos analizar comprende de tres cargas residenciales cada carga residencial consta de 2 boquillas para focos de 120 vac y una boquilla para focos de 240 vac cada carga con su disyuntor de protección de 2A. Los focos ahorradores que vamos utilizar en esta práctica son de 20w a 120v y 15w a 240v y una carga industrial artesanal simulada con un motor trifásico de 0.5hp 220v con su disyuntor trifásico de protección de 6A.

Una vez realizada la conexión del transformador trifásico de distribución desde la red de media tensión hasta la red de baja tensión procedemos a distribuir las fases desde la barra de carga hacia la acometida de cada una de las cargas residenciales y hacia la acometida de la carga industrial artesanal.

Una vez realizada la conexión desde la barra de carga hasta la acometida de las cargas residenciales y la carga industrial artesanal procedemos a realizar la conexión interna de cada una de las cargas residenciales procurando la distribución de la carga entre las dos líneas y la conexión interna de la carga industrial artesanal sea esta en conexión estrella o conexión delta.

Conectamos el analizador de red Fluke 435 en el secundario del transformador trifásico de distribución para poder realizar el análisis respectivo a la carga y poder ver el factor de potencia.

Una vez concluido con las conexiones procedemos a energizar el banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos comprobando el funcionamiento de cada uno de los elementos que lo componen.

Cuando ya esté en funcionamiento el banco procedemos a verificar con el analizador el bajo factor de potencia, una vez hecho esto desenergizamos el banco y procedemos a conectar en paralelo a cada una de las líneas el banco de capacitores una vez energizado el banco observamos el comportamiento del factor de potencia.

Una vez realizada esta corrección observamos los efectos con y sin capacitores sobre la red de baja tensión, del transformador trifásico de distribución y la red de media tensión.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para sistemas de distribución trifásicos.

Instrumentación para medición: Tensión, Corriente.

Variador trifásico de voltaje

Banco de capacitores

Banco de carga inductiva

Tap de derivación

Analizador de red.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Focos ahorradores.

Cables de laboratorio.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No. 105 Toma de valores del analizador # 1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.

Tabla No. 106 Toma de valores del analizador # 2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia..

Tabla No. 107 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.

Tabla No. 108 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.

Tabla No. 109 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.

Tabla No. 110 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama del circuito eléctrico.

Diagrama del circuito de conexiones.

Tablas para mediciones y resultados.

Gráfica promedio del factor de potencia

Foto de la práctica.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Sistemas Eléctricos de distribución ing. Juan Antonio Yebra Moron.

Control de motores eléctricos Gilberto Enríquez Harper.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Una red de baja tensión puede funcionar con bajo factor de potencia?

¿Cómo funciona un motor trifásico?

¿Cómo funciona un transformador trifásico de distribución?

¿Cómo funciona un foco ahorrador?

¿Cómo funciona un variador trifásico de voltaje?

¿Cómo funciona el tap de derivación del transformador trifásico?

¿Cómo funciona un capacitor?

¿Cuál es el impacto que sufre el transformador trifásico de distribución, la red de baja tensión y los diferentes tipos de cargas con un bajo factor de potencia?

¿Qué factor de potencia exige la empresa eléctrica?

¿Qué usuarios son penalizados por un bajo factor de potencia?

¿Puede funcionar un motor trifásico con bajo factor de potencia?

¿Puede funcionar una carga residencial con bajo factor de potencia?

¿Puede funcionar un transformador trifásico de distribución con bajo factor de potencia?

Sobre construcción de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Núcleo, características, procedencia, costos.

Tipos de conexión, características, costos.

Fabricante, características, costos.

Sobre protección de transformadores trifásicos de distribución, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Tipos, características, procedencia y costos para protección del motor en arranque estrella-delta.

Sobre constructores locales e internacionales de transformadores de distribución trifásicos, motores eléctricos y dispositivos eléctricos:

Marcas nacionales y extranjeras.

Características técnicas y costos.

Proyecto:

Investigar como diseñar un banco de capacitores para una red de media tensión.

REGISTRO DE LA PRUEBA No. 13: FUNCIONAMIENTO DE LA RED TRIFÁSICA EN MEDIA Y BAJA TENSIÓN CON CARGA RESIDENCIAL (FOCOS AHORRADORES) Y CON CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL CON CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.

TABLA 4. 99 Toma de valores del analizador # 1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-RS(V)	466	
V-ST(V)	471	
V-TR(V)	468	
I-R(A)	1.26	
I-S(A)	1.32	
I-T(A)	1.44	
PL1(W)	300	
PL2(W)	300	
PL3(W)	342	
QL1(VAR)	138	
QL2(VAR)	162	
QL3(VAR)	144	
SL1(VA)	333	
SL2(VA)	342	
SL3(VA)	372	
FP	0.92	
HZ	60	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 100 Toma de valores del analizador # 2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.

ANALIZADOR TRIFÁSICO #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-rs(V)	212.5	
V-st(V)	213.1	
V-tr(V)	214.2	
V-rn(V)	115	
V-sn(V)	115	
V-tn(V)	110	
I-r(A)	2.9	
I-s(A)	2.7	
I-t(A)	2.6	
I-n(A)	0.3	
PL1(W)	334	
PL2(W)	304	
PL3(W)	293	
QL1(VAR)	37	
QL2(VAR)	53	
QL3(VAR)	52	
SL1(VA)	336	
SL2(VA)	309	
SL3(VA)	300	
FP	0.92	
HZ		

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 101 Toma de valores de la carga residencial #1 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.

CARGA RESIDENCIAL #1		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L2} (V)	211	
V_{L1-N} (V)	115.2	
V_{L2-N} (V)	114.7	
V-H1 (V)	114.8	
V-H2 (V)	114.8	
V-H3 (V)	212.5	
I-H1 (A)	0.8	
I-H2 (A)	0.8	
I-H3 (A)	0.4	
I-N (A)	0.7	
I-L1 (A)	1.1	
I-L2 (A)	1.1	
IN (A)	0.7	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 102 Toma de valores de la carga residencial #2 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.

CARGA RESIDENCIAL #2		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L1-L3} (V)	212.5	
V_{L1-N} (V)	116.3	
V_{L3-N} (V)	117.2	
V-H1 (V)	115.4	
V-H2 (V)	116.2	
V-H3 (V)	212.3	
I-H1 (A)	0.7	
I-H2 (A)	0.7	
I-H3 (A)	0.3	
I-N (A)	0.8	
I-L1 (A)	1.1	
I-L3 (A)	1.1	
IN (A)	0.7	

Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 103 Toma de valores de la carga residencial #3 funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.

CARGA RESIDENCIAL #3		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V_{L2-L3} (V)	210.5	
V_{L2-N} (V)	117.2	
V_{L3-N} (V)	118.3	
V-H1 (V)	117.2	
V-H2 (V)	118.5	
V-H3 (V)	211.2	
I-H1 (A)	0.5	
I-H2 (A)	0.4	
I-H3 (A)	0.3	
I-N (A)	0.5	
I-L2 (A)	0.8	
I-L3 (A)	0.8	
IN (A)	0.5	

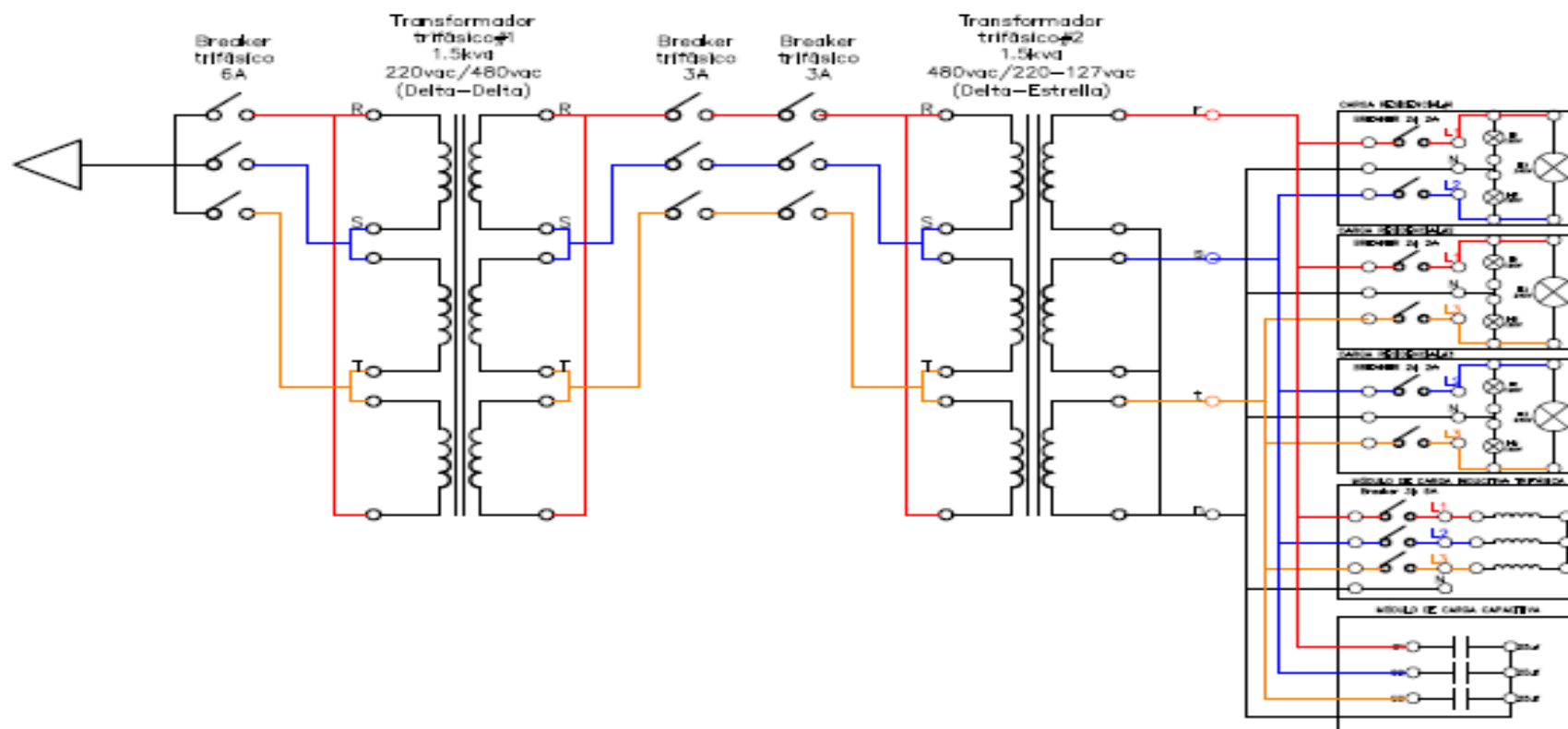
Fuente: Los Autores.

TABLA 4. 104 Toma de valores de la carga industrial artesanal funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.

CARGA INDUSTRIAL ARTESANAL		
ITEM	VALORES MEDIDOS	OBSERVACIONES
V-UV(V)	215.2	
V-VW(V)	212.3	
V-WU(V)	211.3	
V-UX(V)	214.3	
V-VY(V)	212.5	
V-WZ(V)	212.4	
I-U(A)	1.8	
I-V(A)	1.9	
I-W(A)	1.8	

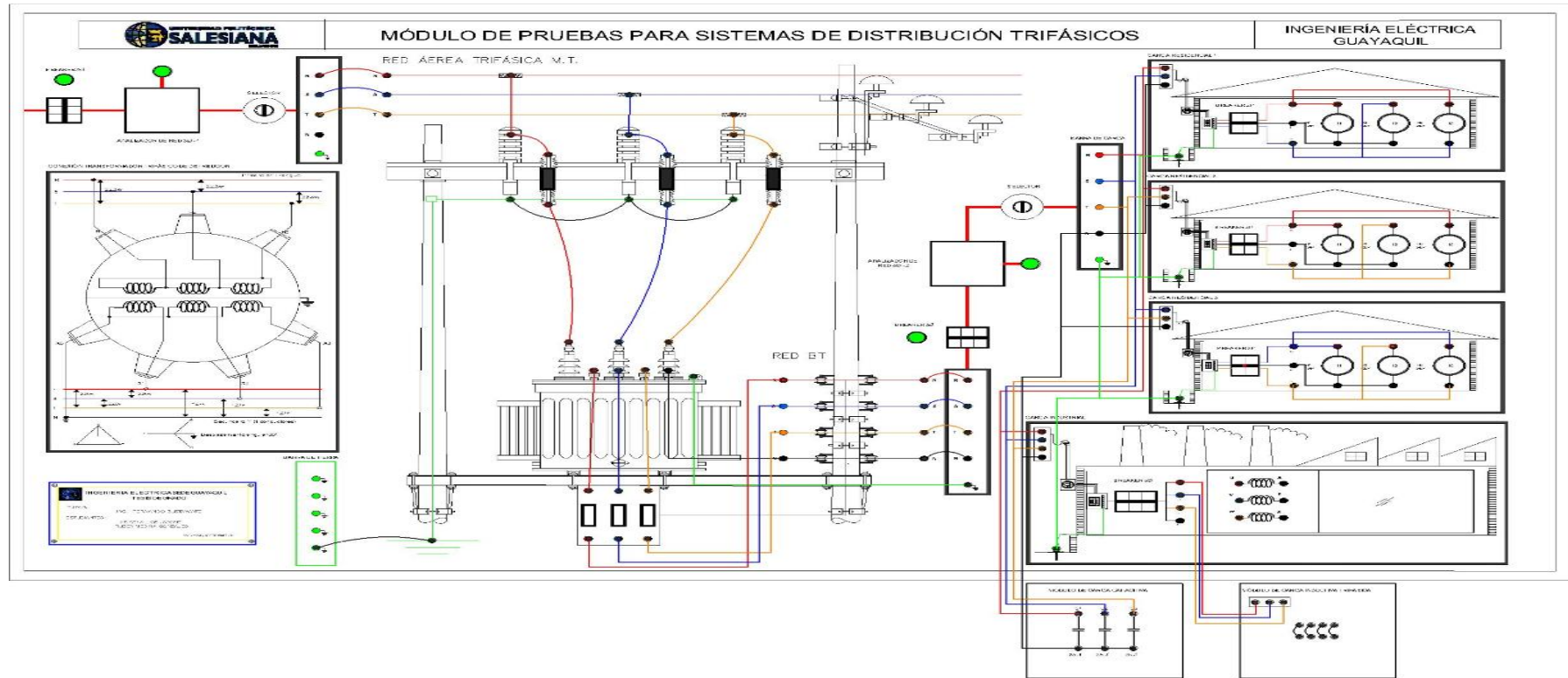
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 57 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.



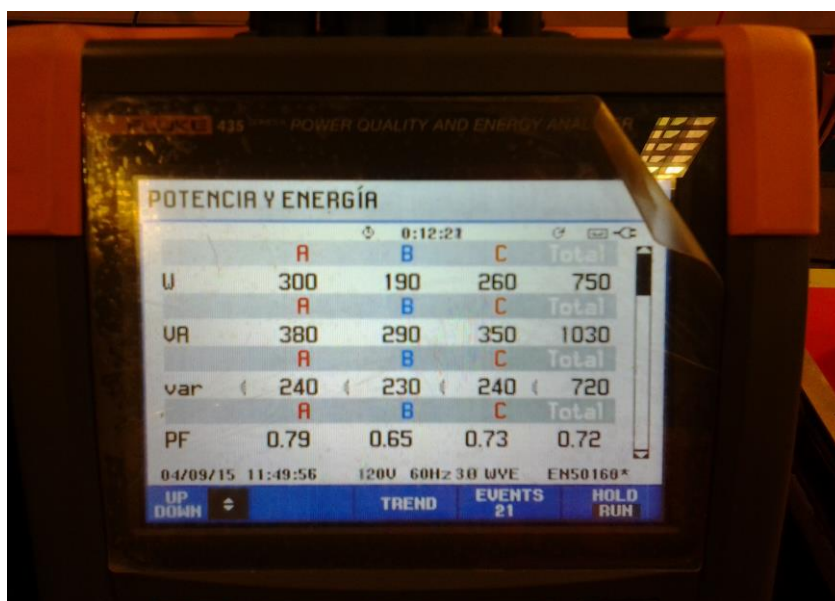
Fuente: Los Autores.

FIGURA 4. 58 Diagrama de conexiones funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.



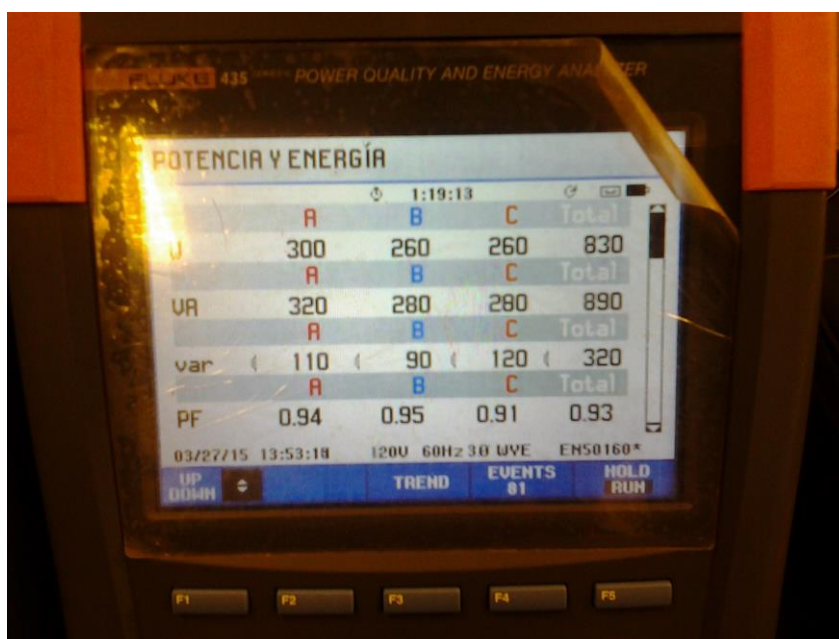
Fuente: Los Autores

GRÁFICA 4. 10 Promedio factor de potencia sin mejorar



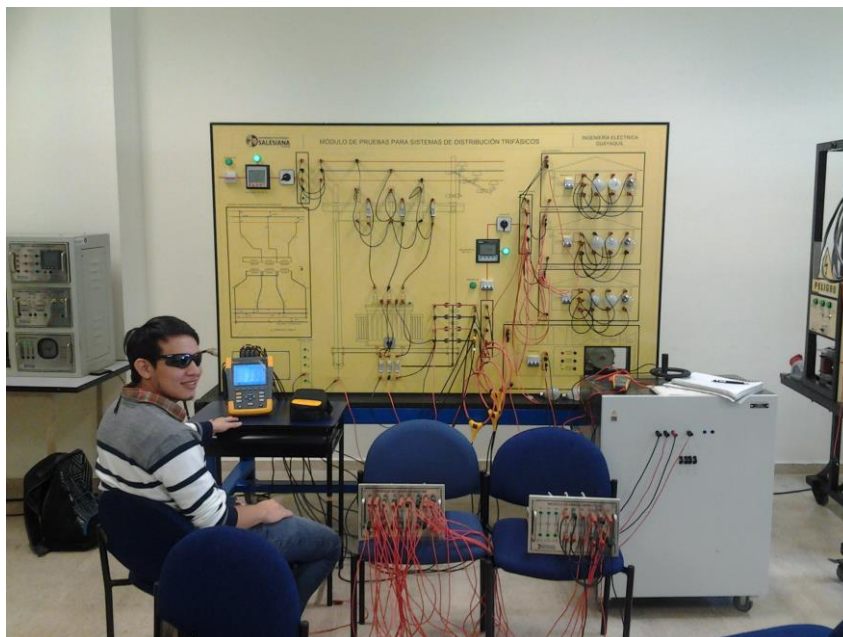
Fuente: Los Autores

GRÁFICA 4. 11 Promedio factor de potencia mejorado.



Fuente: Los Autores

FIGURA 4. 59 Foto de la práctica funcionamiento de la red trifásica en media y baja tensión con carga residencial (focos ahorradores) y con carga industrial artesanal con corrección del factor de potencia.



Fuente: Los Autores

CONCLUSIONES

Con la elaboración del banco de pruebas se logró conseguir un mejor conocimiento sobre los sistemas de distribución trifásicos, sus redes de baja tensión, las posibles fallas a las que están expuestos y todos los parámetros en la calidad de servicio eléctrico.

Gracias al banco de pruebas pude observar la utilidad de la conexión delta-estrella de los transformadores trifásicos de distribución al momento de filtrar o impedir la propagación de armónicos eléctricos desde las redes de baja tensión hacia las redes de media tensión.

Observe como la utilización de focos ahorradores en las cargas residenciales inyectan armónicos hacia la red de baja tensión y provocan la caída del factor de potencia de la red generando un problema para las empresas distribuidoras del servicio eléctrico

Aprendí que el servicio eléctrico suministrado por las empresas distribuidoras debe de cumplir con varios parámetros definidos por el CONELEC en lo referente a calidad del servicio eléctrico.

Comprendí el fenómeno que provoca la ausencia del neutro en las redes de baja tensión, fenómeno que perjudica seriamente a los electrodomésticos con la posibilidad de un daño irreparable.

Constante la importancia de la puesta a tierra que deben de tener tanto usuarios residenciales como usuarios industriales artesanales para evitar posibles contactos indirectos.

RECOMENDACIONES

Con la finalidad de alargar la vida útil del banco de pruebas es indispensable evitar daños en los equipos instalados y lo más importante preservar la integridad de las personas que lo van utilizar por eso es recomendable:

La utilización del banco de pruebas debe ser supervisada por personal que este capacitado para utilizar los equipos y tenga nociones básicas en riesgos eléctricos y seguridad industrial.

Las practicas deben de realizar los estudiantes deben de ser supervisadas por el docente a cargo de la materia.

El respectivo mantenimiento preventivo se deberá de aplicar al banco de pruebas de manera periódica y programada.

Antes de cada práctica se deberá de revisar todos los equipos instalados en el banco de pruebas con la finalidad de evitar cualquier daño en ellos.

Se recomienda realizar cada conexión del banco con la participación activa de los estudiantes con la finalidad que comprenda el funcionamiento de todos los equipos

instalados en él y adquieran mayor conocimiento en de los sistemas de distribución y las redes de baja tensión.

Se recomienda la utilización de equipo de protección tales como: gafas y guantes para quienes manipulen los focos incandescentes o ahorradores.

Se recomienda elaborar un programa en coordinación con la universidad para el uso del laboratorio para así evitar contratiempos o cualquier clase de problema que pueda retrasar el desarrollo de las prácticas.

ANEXOS

ANEXO 1 Hoja de especificaciones de medidor de energía 2

Reliable and precise monitoring of electrical power systems



Fuente: <https://w3.usa.siemens.com/us/internetdms/btlv/ACCESS/ACCESS/Docs/PAC3100%20V7A.pdf>

ANEXO 2 Hoja de especificaciones de medidor de energía 2

Functional Features

Instantaneous Values		
Voltage	Phase-phase / phase-neutral	✓
Currents	Per phase and neutral current total	✓
Apparent, active and reactive power (kW, kVAR, kVA)	Per phase and total	✓
Power Factor	Total	✓
Frequency	45...64 Hz	✓
Min. / max. values	Voltage – phase-phase, phase-neutral Current / Power / Power factor Frequency Three phase average voltage and current	✓
Average values	Voltage – phase-phase, phase-neutral Voltage min. / max. for phase-phase, phase-neutral Current Current min. / max.	✓
Energy Measurement		
Real (Active) energy (kWh)	Import / export	✓ / ✓
Reactive energy (kVARh)	Positive / negative; high / low tariff	✓ / ✓
Energy demand per measuring period	Three phase average rating for active and reactive power	1 to 60 min.
Min. / max. rating values within the measuring period		✓
Measurement Accuracy		
Voltages		±1%
Currents		±1%
Power		±1%
Active energy		Class 1 S in acc. with IEC62053-22 / ANSI 12.16 Class 1
Reactive energy		Class 3 in acc. with IEC 62053-23
Communication		
Modbus RTU	Standard • Parameterization via device front or with SENTRON powerconfig software • Transition of data via MODBUS register based points	• Support of all baud rates of 4800, 9600, 19.2K and 38.4K BPS (4.8 / 9.6 / 19.2 and 38.4 kB/sec)
Standard Inputs / Outputs		
Digital input	24 Vdc / 10-27 mA	2
Digital Output	Self wetting contacts; 0...30 VDC external (optional)	2
General		
Password protection		✓

Fuente: <https://w3.usa.siemens.com/us/internetdms/btlv/ACCESS/ACCESS/Docs/PAC3100%20V7A.pdf>

ANEXO 3 Hoja de especificaciones de medidor de energía 2

Functional Features (continued)

Technical Data		
Two-quadrant (import) / four-quadrant (import and export) measuring		4Q
Measurement types		1 ph, 2 ph or 3 ph
Applicable for network type		TN, TT, IT
Sampling rate	64 samples/cycle, all channels measured simultaneously	
Measured voltage	Direct connection up to max. delta/wye without transformer	480V/ 400V (Cat III)
Current inputs	Settable on device	1A or 5A nominal
Power supply	AC/DC	100...240V AC (±10%) / 110...250V DC (±10%)
Dimensions	L x W in mm	96 x 96
	Installation depth (mm)	55 mm / 2.0 in.
Degree of protection	Front	IP65 - NEMA 12
	Rear	IP20 - NEMA 1
Operating temperature	°C / °F	-5...+55 / +23...+131
Display	Type	Background-illuminated graphic LCD
	Resolution (pixels)	128 x 96
Text displays		Multilingual

Fuente:<https://w3.usa.siemens.com/us/internetdms/btlv/ACCESS/ACCESS/Docs/PAC3100%20V7A.pdf>

ANEXO 4 Hoja de especificaciones de medidor de energía 1



Fuente:<https://w3.usa.siemens.com/us/internetdms/btlv/ACCESS/ACCESS/Docs/PAC3100%20V7A.pdf>

ANEXO 5 Hoja de especificaciones de medidor de energía 1

DUCA-LCD96 – Technical characteristics

(page 1)

POWER SUPPLY			
Voltage	Frequency	Power consumption	Fuse
24÷240VAC/DC (-5%+10%)	45 ÷ 65Hz	< 7VA	Fit external fuse: T 0.5A from 24V to 100V T 0.25A from 100V to 240V
48÷240VAC/DC (-5%+10%) – only for models: DUCA-LCD96 IO, DUCA-LCD96 PROFI and DUCA-LCD96 ETH			
MEASUREMENTS AVAILABLE ON THE DISPLAY			
Measurements		Notes	
Frequency			
Phase-to-Neutral Voltage [V _{L1-N} , V _{L2-N} , V _{L3-N}]		True RMS	
Phase-to-Phase Voltage [V _{L1-L2} , V _{L2-L3} , V _{L3-L1}] and Three-Phase Voltage		True RMS	
Line and Three-Phase Current		True RMS	
Line and Three-Phase Active, Reactive and Apparent Power		With inductive and capacitive symbols for reactive power and sign for active power	
Single-Phase and Three-Phase Power Factor (PF)		With inductive and capacitive symbols	
Line and Three-Phase Active, Reactive and Apparent Energy		All energies are measured both in absorption and generation	
Voltage and current Single-Phase Total Harmonic Distortion Factor			
MAX, MIN AND AVERAGE (15 MINUTES CALCULATION PERIOD) VALUES			
Max values	Min values	Average values	Max – Demand
Phase-to-Neutral Voltage [V _{L1-N} , V _{L2-N} , V _{L3-N}]	Phase-to-Neutral Voltage [V _{L1-N} , V _{L2-N} , V _{L3-N}]	Line and Three-Phase Active Power	Line and Three-Phase Active Power
Linked Voltage [V _{L1-L2} , V _{L2-L3} , V _{L3-L1}] and Three-Phase voltage	Linked Voltage [V _{L1-L2} , V _{L2-L3} , V _{L3-L1}] and Three-Phase voltage	Line and Three-Phase Reactive Power	Line and Three-Phase Apparent Power
Line Current	Line Current	Line and Three-Phase Apparent Power	
Line and Three-Phase Active, Reactive and Apparent Power	Line and Three-Phase Active, Reactive and Apparent Power		
QUANTITIES SELECTABLE FOR ALARMS			
Phase-to-Phase Voltage [V _{L1-L2} , V _{L2-L3} , V _{L3-L1}] and Three-Phase Voltage			
Phase-to-Neutral Voltage [V _{L1-N} , V _{L2-N} , V _{L3-N}]			
Line and Three-Phase Current			
Active, Reactive and Apparent Single-Phase and Three-Phase Power			
Single-Phase and Three-Phase Power Factor (PF)			
“Count-down” counter			
Frequency			
ACCURACY OF THE MEASUREMENTS			
Voltage:	±0,5% F.S. ±1 digit in the range 10Vac÷500Vac rms V _{L-N}		
Current:	±0,5% F.S. ±1 digit in the range 50mA÷5A rms		
Active Power:	±1% ±0,1% F.S. (from cosφ = 0,3 Ind. to cosφ = -0,3 Cap.)		
Frequency:	40.0 ÷ 99.9Hz: ±0,2% ±0,1Hz 100 ÷ 500Hz: ±0,2% ±1Hz		
VOLTMETER INPUTS			
Range:	10 ÷ 500V rms (L-N)		
Max non destructive value:	550V rms		
L-N input impedance:	About 1MΩ		
AMMETER INPUTS			
Range:	50mA ÷ 5A rms		
Overload:	1,3 permanent – models with internal CT 1,1 permanent – DUCA-LCD96 BASE model		
Max dispersed power:	10mW (with I _{max} = 5A rms for each phase input) 1,4W (with I _{max} = 5A rms for each phase input) – DUCA-LCD96 BASE model		
Direction of CTs current:	Detection and automatic adjustment at power up, independent for each phase		
DIGITAL OUTPUTS			
Pulse duration:	50ms OFF (min)/50ms ON		
V _{max} on contact:	48V (peak DC or AC)		
Max power dissipation:	450mW		
Max frequency:	10 pulses/sec		
I _{max} on contact:	100mA (peak DC or AC)		
Insulation:	750V _{max}		

Fuente: <https://w3.usa.siemens.com/us/internetdms/btlv/ACCESS/ACCESS/Docs/PAC3100%20V7A.pdf>

ANEXO 6 Hoja de especificaciones de medidor de energía 1

DUCA-LCD96 – Technical characteristics

(page 2)

ALARM RELAY (only DUCA-LCD96 RELE model)	
Nominal current:	16A AC1 – 3A AC15
Max instant current:	30A
Nominal voltage:	250VAC
Max instant voltage :	400VAC
Nominal load:	4000VA AC1 – 750VA AC15
ANALOG OUTPUTS (only DUCA-LCD96 IO model)	
Span:	0÷20mA o 4÷20mA
Load:	Typical 250Ohm, max 600Ohm
DIGITAL INPUTS (only DUCA-LCD96 IO model)	
Nominal voltage:	24 VDC
Max Voltage:	32 VDC
Max voltage for OFF state:	8 VDC
Min voltage for ON state:	18 VDC
ENERGY COUNT	
Max value for the single and three-phase energy:	4294,9MWh (MVAh) con KA = KV = 1
Accuracy:	Class 1
AVAILABLE INTERFACES	
RS485 serial interface with galvanic insulation (available protocols: ASCII Ducati and ModBus-RTU)	
– DUCA-LCD96 485-XXX models	
Profibus interface optically insulated with DP-slave option according to IEC-61158	
– DUCA-LCD96 PROFI model	
Ethernet RJ45 insulated interface with MDI/MDX auto-crossover functionality (available Modbus-TCP protocol and Webserver functionality)	
–DUCA-LCD96 ETH model	
Large white-backlit LCD	
DIMENSIONS AND WEIGHT	
Dimensions :	96mm x 96mm x 77mm (LxHxW) – IEC61554 (58mm depth inside panel)
Weight:	about 400g
PROTECTION	
IP50 on the front panel and IP25 on the terminal blocks	
OPERATIVE CONDITIONS	
Storage temperature:	-10°C ÷ 60°C
Operating temperature:	-5°C ÷ 55°C
Relative humidity:	93% max. (without condense) at 40°C

Fuente: <https://w3.usa.siemens.com/us/internetdms/btlv/ACCESS/ACCESS/Docs/PAC3100%20V7A.pdf>

BIBLIOGRAFÍA

Chapman, S. J. (2000). *Maquinas Eléctricas*. Santa Fe: MC GRAW HILL.

Kosow, I. (1991). *Maquinas Eléctricas y Transformadores*. Mexico: Prentice-Hall.

Nilsson, J. W., & Riedel, S. A. (2005). *Circuitos eléctricos* (7 ed.). Madrid: PEARSON.

Normas para Sistemas de Distribución. Empresa Electrica Quito S.A.

General Electric. (s.f.). Manual de transformadores de distribución. New York, E.U.A.

Harper, E. (2004). El libro práctico de los generadores, transformadores y motores eléctricos. México: LIMUSA.

Yáñez Salazar, V. (2010). Elaborar un manual de procedimientos para el diseño y construcción de transformadores. Universidad Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.

Córdova Oña, E. (2011). Metodología para la estimación de la demanda de transformadores de distribución para usuarios comerciales e industriales artesanales. Universidad Politécnica Nacional. Quito, Ecuador.

Ramírez C, S. Redes de distribución de energía. 3ra Edición. Universidad Nacional de Colombia, Manizales.

CONELC. Pliego Tarifario Vigente para Empresas eléctricas resolución 107/08 12 agosto 2008.

EEQ. S.A DÁVILA, Ricardo. Índice Sectorizado de Perdidas_OT_2010_Enero. Departamento de Calidad de Producto y Pérdidas Técnicas EEQ S.A.

IEEE. Standard Dictionary of Electrical and Electronic Terms. 6ta Edición. Wiley-Interscience. New York. 1996.

Pérez, Pedro Avelino, Transformadores de distribución. 2^{da} Edición, Editorial Reverte, México, 2006.

Navarro José, Montañés Antonio, Santillán Angel, Instalaciones eléctricas de alta tensión, 3^{ra} Edición, Editorial Paraninfo, España, 2002.

Myers, S.D, Guía para el mantenimiento del transformador, 3^{ra} Edición, Estados Unidos, 2005.

Cathe, Jimmie J, Máquinas Eléctricas. 2^{da} Edición, México 2002.

Graiger, Jhon y otros, Analisis de Sistemas de Potencia, 1^{era} Edicion, Editorial McGraw-Hill, Mexico, 1996.

Yebra Moron, Juan. Sistemas Eléctricos de distribución

Harper, E. (2004). El ABC de las instalaciones electricas industriales,. México: LIMUSA.

Gutierrez, A. (1992). *Curso de Metodos de Investigación y elaboración de la Monografia*. Quito: Serie Didactica AG.

Viloria, J. R. (2009). *Automatismo Industriales*. Madrid: Paraninfo.