



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE – GUAYAQUIL**

CARRERA: INGENIERÍA ELÉCTRICA

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

**TEMA:
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA
CONTROL DE FACTOR DE POTENCIA”**

**AUTOR:
EDDY FABRICIO MENDOZA GÓMEZ**

**DIRECTOR:
ING. KLEVER CARRIÓN**

**GUAYAQUIL-ECUADOR
MARZO 2015**

CERTIFICACIÓN

Yo Ing. KLEVER CARRIÓN, declaro que el presente proyecto de tesis, previo a la obtención del título de Ingeniero Eléctrico, fue elaborado por el señor: EDDY FABRICIO MENDOZA GÓMEZ, bajo mi dirección y supervisión.

Ing. Klever Carrión

RESPONSABILIDAD DE LOS HECHOS

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad de El Autor y la propiedad intelectual es de la Universidad Politécnica Salesiana.

EDDY FABRICIO MENDOZA GÓMEZ

C.I. 092577685-8

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de tesis principalmente a Dios por haberme dado la vida, A mi madre Carmen Pricila Gómez Morán por haberme apoyado incondicionalmente en mis estudios a pesar de la distancia física que muchas veces tuvimos. A mi padre Eddy Leonan Mendoza Sánchez por escucharme, ayudarme y encaminarme cuando lo necesite. A mi abuelita Ángela por cuidarme y creer en mí siempre. A mi abuelito Clodoaldo por tus enseñanzas de vida y consejos que me sirven día a día personalmente y profesionalmente, lo bueno de que estés en la eternidad, es que allí las celebraciones se extienden por los siglos de los siglos. A mi hermano Anthony Mendoza, para que sea de ejemplo en su carrera universitaria. Sin olvidarme dedicarle este trabajo a toda mi familia y amigos que de una u otra manera siempre estuvieron cerca para darme la mano para culminar mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

Al terminar mi presente tesis deseo dejar expresado mis profundos agradecimientos a DIOS en primer lugar y a mi familia, quienes me han brindado el apoyo necesario para poder culminar mi carrera y el presente proyecto de tesis, también agradecerle a la futura Arq. Thalía Parrales por el apoyo, tanto emocionalmente como intelectualmente en toda esta etapa de mi carrera. Sin olvidarme de agradecerle al Ing. Klever Carrión, tutor de mi tesis, por haberme guiado con su conocimiento durante el proceso de tesis, al Ing. Roy Santana y al Ing. Carlos Chávez por el gran aporte en la parte técnica práctica de nuestra tesis, además a todas las personas que nos acompañaron durante este largo trayecto de estudios.

TRIBUNAL DEL CONSEJO DE CARRERA

Presidente del tribunal

Director de tesis

Vocal del tribunal

ÍNDICE GENERAL

Certificación.....	II
Responsabilidad de los hechos.....	III
Dedicatoria.....	IV
Agradecimientos.....	V
Índice de ilustraciones.....	IX
Índice de tablas.....	XII
Resumen.....	XVI
Abstract.....	XVII
Introducción.....	1
1. CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Problema.....	2
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Método experimental de investigación.....	3
1.4.1 Grupo experimental y de control.....	4
2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Fundamentos de circuitos eléctricos.....	5
3. CAPÍTULO III DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN.....	46
3.1 Diseño mecánico.....	46
3.1.1 Estructura de soporte.....	46
3.2 Diseño eléctrico.....	51
3.2.1 Descripción y características técnicas de equipos y elementos.....	51
3.3 Secuencia de construcción de la estructura de soporte.....	62
3.4 Secuencia en la elaboración de lalamina de conexiones.....	63
3.5 Secuencia en la instalación de elementos en el banco.....	64
3.6 Secuencia de cableado y conexión del banco.....	67
3.7 Presupuesto de la construcción del banco de control de factor de potencia.....	70
4. CAPÍTULO IV MANUAL DE PRÁCTICAS.....	71
4.1 Guía de prácticas para pruebas del banco.....	71
4.2 Práctica No. 1: Mantenimiento y seguridad del banco.....	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 con los elementos eléctricos.....	82
4.2.5 Normas de seguridad dentro del laboratorio.....	83
4.3 Práctica No. 2: Comprobación de funcionamiento de los elementos.....	85
4.3.1 Datos informativos.....	85
4.3.2 Datos de la práctica.....	85
4.4 Práctica No. 3: Conexión de capacitores.....	121
4.4.1 Datos informativos.....	121
4.4.2 Datos de la práctica.....	121
4.5 Práctica No.4: Factor de potencia en cargas resistivas, inductivas y capacitivas.....	136
4.5.1 Datos informativos.....	136

4.5.2 Datos de la práctica	136
4.6 Práctica No.5: Mejoramiento del fp de un de un sistema comprendido de un motor asíncrono hampden a vacío.....	144
4.6.1 Datos informativos	144
4.6.2 Datos de la práctica	144
4.7 Práctica No.6: Mejoramiento del fp de un sistema comprendido de un motor asíncrono hampden con carga mecánica (generador) por el método manual	153
4.7.1 Datos informativos	153
4.7.2 Datos de la práctica	153
4.8 Práctica No.7: Mejoramiento del fp de un sistema comprendido de un motor asíncrono hampden con carga mecánica (generador). Por el método automático ..	163
4.8.1 Datos informativos	163
4.8.2 Datos de la práctica	163
4.9 Práctica No.8: Mejoramiento del factor de potencia por el método manual de un sistema comprendido por un motor asíncrono hampden y un generador al 100% de carga.	175
4.9.1 Datos informativos	175
4.9.2 Datos de la práctica	175
4.10 Práctica No.9: Mejoramiento del fp de un sistema comprendido por un motor asíncrono hampden y un generador al 100% carga por el método automático.....	189
4.10.1 Datos informativos	189
4.10.2 Datos de la práctica	189
4.11 Práctica No. 10: Mejoramiento del factor de potencia por el método automático de un sistema comprendido de un motor asíncrono trifásico + carga mecánica y una carga trifásica (RL).	202
4.11.1 Datos informativos	202
4.11.2 Datos de la práctica	202
Bibliografía.....	216

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Resistencias en Serie	7
Ilustración 2 Resistencia en Paralelo.....	8
Ilustración 3 Capacitor con tensión aplicada	8
Ilustración 4 Capacitores en Paralelo	10
Ilustración 5 Circuito Equivalente de Capacitores en Paralelo.....	10
Ilustración 6 Capacitores en Serie.....	11
Ilustración 7 Circuito Equivalente de Capacitores en Serie.....	11
Ilustración 8 Circuito de Carga y Descarga del Capacitor	12
Ilustración 9 Curvas de Carga de un Capacitor.....	13
Ilustración 10 Representación de la carga de un Condensador en función del tiempo	14
Ilustración 11 Curva de descarga de un Condensador	15
Ilustración 12 Circuito con Resistencia pura	18
Ilustración 13 Valores instantáneos de la Tensión e Intensidad en un circuito con Resistencia pura	19
Ilustración 14 Potencia Instantánea de un circuito resistivo puro.....	20
Ilustración 15 Potencia Media de un circuito resistivo puro.....	20
Ilustración 16 Triángulo de Potencia para cargas inductivas.....	28
Ilustración 17 Triángulo de potencia para cargas capacitivas.....	28
Ilustración 18 Diagrama de impedancia de un circuito R-L-C en serie.....	29
Ilustración 19 Nomograma de la relación entre Potencia Activa, Potencia Reactiva y Factor de Potencia.....	37
Ilustración 20 Nomograma para el cálculo de la Potencia de los Condensadores para Mejorar el Factor de Potencia	38
Ilustración 21 Relación de la Potencia Activa, la Potencia Reactiva, y el Factor de Potencia.....	39
Ilustración 22 Diagrama de Conexiones de un Condensador Trifásico a la alimentación mostrando los elementos de mando, control y protección	41
Ilustración 23 Corrección del Factor de Potencia de un Motor de Inducción.....	42
Ilustración 24 Corrección del Factor de Potencia con Disposición por Grupo.....	43
Ilustración 25 Detalle de la Instalación de Condensadores.....	43
Ilustración 26 Elementos de una instalación de compensación automática.....	45
Ilustración 27 Baterías de Condensadores para 2 Motores	45
Ilustración 28 Vista frontal de la mesa.....	47
Ilustración 29 Vista lateral izquierda de la mesa	47
Ilustración 30 Vista isométrica de la mesa.....	48
Ilustración 31 Perforaciones de la plancha de hierro.	49
Ilustración 32 Disposición de equipos y elementos.	50
Ilustración 33 Equipo Controlador de Factor de Potencia	52
Ilustración 34 Medidor de parámetros PAC 3100.....	53
Ilustración 35 Contactor Trifásico	54
Ilustración 36 Guarda motor	55
Ilustración 37 Transformadores de Corriente 30/5A	56
Ilustración 38 Disyuntor Trifásico	57
Ilustración 39 Pulsador doble (Marcha y Paro)	58
Ilustración 40 Selector.....	58
Ilustración 41 Luz piloto	59
Ilustración 42 Capacitores.....	60

Ilustración 43 Fusibles	60
Ilustración 44 Bornes de Conexión	61
Ilustración 45 Elaboración de la estructura de soporte.	62
Ilustración 46 Estructura	62
Ilustración 47 Elaboración de perforaciones.....	63
Ilustración 48 Pintado y acabados.....	64
Ilustración 49 Instalación de bornes banana.	64
Ilustración 50 Bornes para bloque de capacitores.....	65
Ilustración 51 Instalación de Contactores	65
Ilustración 52 Instalación de medidores.....	65
Ilustración 53 Instalación de controlador FP.	66
Ilustración 54 Instalación de TC's.	66
Ilustración 55 Instalación de capacitores.	66
Ilustración 56 Banco de pruebas para control de FP.....	67
Ilustración 57 Cableado y conexión de Capacitores.	68
Ilustración 58 Cableado y conexión bornes tipo banana.....	68
Ilustración 59 Cableado y conexión fuente de alimentación.	69
Ilustración 60 Cableado y conexión de TC's	69
Ilustración 61 Banco de Pruebas para Control de Factor de Potencia	74
Ilustración 62 Tomacorriente Trifásico.....	74
Ilustración 63 Vista Posterior Disyuntor Principal	75
Ilustración 64 Vista Frontal de Disyuntor Principal	75
Ilustración 65 Analizador de Red.....	76
Ilustración 66 Pulsador Doble.....	77
Ilustración 67 Contactor.....	77
Ilustración 68 Guarda-Motor.....	78
Ilustración 69 Puntos de Conexión Trifásica para Motor	78
Ilustración 70 Control de Factor de Potencia.....	79
Ilustración 71 Selector instalado	79
Ilustración 72 Contactor k1 instalado	80
Ilustración 73 Centro de alimentación Trifásica	80
Ilustración 74 Vitrina de Capacitores.....	81
Ilustración 75 Banco de Capacitores.....	81
Ilustración 76 Transformadores de Corriente de Medida	82
Ilustración 77 Circuitos Capacitores en Serie (A).....	125
Ilustración 78 Esquema #1 Practica 3 Conexión Serie (A).....	125
Ilustración 79 Circuitos Capacitores en Serie (B).....	126
Ilustración 80 Esquema #2 Practica 3 Conexión Serie (B)	126
Ilustración 81 Circuitos Capacitores Conexión Paralelo (A).....	127
Ilustración 82 Esquema #3 Practica 3 Conexión Paralelo A.....	127
Ilustración 83 Circuitos Capacitores Conexión Paralelo (B)	128
Ilustración 84 Esquema #4 Practica 3 Conexión Paralelo (B)	128
Ilustración 85 Circuito de Conexión de Capacitores en Delta	129
Ilustración 86 Esquema #4 Practica 5 Conexión Delta.....	129
Ilustración 87 Circuito de Conexión de Capacitores en Estrella.....	130
Ilustración 88 Esquema #5 Practica 6 Conexión Estrella	130
Ilustración 89 Esquema #6 Practica 3 Conexión de Entrada del Contactor.....	131
Ilustración 90 Esquema #7 Practica 3 Conexión de Salida del Contactor	132
Ilustración 91 Conexión de Control del Contactor	133
Ilustración 92 Circuito de Conexión de Cargas: R, L, C.	140

Ilustración 93 Diagrama de Conexiones Practica N°4.....	141
Ilustración 94 Conexión de Motor Asíncrono Hampden WRM-300.....	148
Ilustración 95 Conexión del Banco de pruebas hacia el Motor	148
Ilustración 96 Diagrama Unifilar del Circuito de Mejora del Factor de Potencia con Motor WRM300.....	149
Ilustración 97 Ejemplo de Diagrama de Conexión de Capacitores a la Barra	150
Ilustración 98 Conexión de Motor Asíncrono Hampden WRM-300.....	158
Ilustración 99 Conexión del Banco de pruebas hacia el Motor	158
Ilustración 100 Diagrama Unifilar del Circuito de Mejora del Factor de Potencia con Motor WRM300 y carga mecánica Generador DM300 (Método Manual)	159
Ilustración 101 Ejemplo de Conexión de Capacitores	160
Ilustración 102 Conexión de Motor Asíncrono Hampden WRM-300.....	168
Ilustración 103 Conexión del Banco de pruebas hacia el Motor	168
Ilustración 104 Diagrama Unifilar del Circuito de Mejora del Factor de Potencia con Motor WRM300 y carga mecánica Generador DM300 (Método Automático).....	169
Ilustración 105 Conexión de Contactor a Barra.....	170
Ilustración 106 Conexión de Capacitores Practica N°7	171
Ilustración 107 Conexión de Capacitores a Contactor Practica N°7	172
Ilustración 108 Conexión del Controlador de Factor de Potencia	173
Ilustración 109 Conexión de Motor Asíncrono Hampden WRM-300.....	181
Ilustración 110 Conexión del Generador DM300	181
Ilustración 111 Diagrama Unifilar del Circuito de Mejora del Factor de Potencia con Motor WRM300 y carga Generador DM300 al 100% (MÉTODO Manual).....	182
Ilustración 112 Conexión de Contactor a Barra.....	183
Ilustración 113 Conexión de Control del Contactor	184
Ilustración 114 Conexión de Capacitores Practica N°8	185
Ilustración 115 Conexión Capacitores a Contactor Practica N°8	186
Ilustración 116 Conexión de Motor Asíncrono Hampden WRM-300.....	195
Ilustración 117 Conexión del Generador DM300.....	195
Ilustración 118 Diagrama Unifilar del Circuito de Mejora del Factor de Potencia con Motor WRM300 y carga Generador DM300 al 100% (Método Automático).....	196
Ilustración 119 Conexión de Contactor a Barra.....	197
Ilustración 120 Conexión de Capacitores Practica N°9.....	198
Ilustración 121 Conexión Capacitores a Contactor Practica N°9	199
Ilustración 122 Conexión del Controlador de Factor de Potencia	200
Ilustración 123 Conexión de Motor Asíncrono Hampden WRM-300.....	208
Ilustración 124 Conexión del Banco hacia el Motor.....	208
Ilustración 125 Diagrama Unifilar del Circuito de Mejora del Factor de Potencia con Motor WRM300 y carga mecánica Generador DM300+ Carga RL (Método Automático).....	209
Ilustración 126 Conexión de Contactor a Barra.....	210
Ilustración 127 Conexión de Capacitores Practica N°10	211
Ilustración 128 Conexión de Capacitores a Contactor Practica N°10	212
Ilustración 129 Conexión del Controlador de Factor de Potencia	213
Ilustración 130 Conexión de Carga RL a Barra.....	214

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características técnicas del controlador de factor de potencia	52
Tabla 2 Características Técnicas del Medidor de Parámetros Eléctricos	53
Tabla 3 Características Técnicas Contactor Trifásico.....	54
Tabla 4 Características Técnicas del Guarda-motor	55
Tabla 5 Características Técnicas del Transformador de Corriente (Medida)	56
Tabla 6 Características Técnicas de Disyuntor trifásico	57
Tabla 7 Características Técnicas del Pulsador Doble	58
Tabla 8 Características técnicas de selectores.....	59
Tabla 9 Características técnicas de luces piloto.....	59
Tabla 10 Características Técnicas de los Capacitores.....	60
Tabla 11 Características técnicas de los fusibles	61
Tabla 12 Características Técnicas de Bornes de Conexión	61
Tabla 13 Protocolo de Pruebas Estructura Mecánica.....	88
Tabla 14 Protocolo de Pruebas Clavija	89
Tabla 15 Protocolo de Pruebas Fuente fija	90
Tabla 16 Protocolo de Pruebas Bornes	91
Tabla 17 Protocolo de Pruebas Cables Tipo Banana	92
Tabla 18 Protocolo de Pruebas Disyuntor 32A.....	93
Tabla 19 Protocolo de Pruebas Disyuntor 20A.....	94
Tabla 20 Protocolo de Pruebas Fusibles 1Amp	95
Tabla 21 Protocolo de Pruebas Guarda - Motor.....	96
Tabla 22 Protocolo de Pruebas Contactor Siemens	97
Tabla 23 Protocolo de Pruebas Contactor K1	98
Tabla 24 Protocolo de Pruebas Contactor K2	99
Tabla 25 Protocolo de Pruebas Contactor K3	100
Tabla 26 Protocolo de Pruebas Contactor K4.....	101
Tabla 27 Protocolo de Pruebas Contactor K5	102
Tabla 28 Protocolo de Pruebas Contactor K6.....	103
Tabla 29 Protocolo de Pruebas Analizador de Red del Sistema	104
Tabla 30 Protocolo de Pruebas Analizador de Red del Motor.....	105
Tabla 31 Protocolo de Pruebas Analizador de Capacitores	105
Tabla 32 Protocolo de Pruebas Controlador de Factor de Potencia.....	106
Tabla 33 Protocolo de Pruebas Pulsador Doble.....	107
Tabla 34 Protocolo de Pruebas Luces piloto.....	108
Tabla 35 Protocolo de Pruebas Selector SW Automático – Manual	109
Tabla 36 Protocolo de Pruebas Selector SW Controlador de Potencia.....	110
Tabla 37 Protocolo de Pruebas Selector SW 1.....	111
Tabla 38 Protocolo de Pruebas Selector SW 2.....	112
Tabla 39 Protocolo de Pruebas Selector SW 3.....	113
Tabla 40 Protocolo de Pruebas Selector SW 4.....	114
Tabla 41 Protocolo de Pruebas Selector SW 5.....	115
Tabla 42 Protocolo de Pruebas Selector SW 6.....	116
Tabla 43 Protocolo de Pruebas de Capacitores de 5uf.....	117
Tabla 44 Protocolo de Pruebas de Capacitores de 7.5uf.....	118
Tabla 45 Protocolo de Pruebas de Capacitores de 10 uf.....	119
Tabla 46 Protocolo de Pruebas de Capacitores de 20 uf.....	120
Tabla 47 Registro de Prueba 1 – Practica 3 (Serie-Paralelo).....	134
Tabla 48 Registro de Prueba 2 – Practica 3 (Delta-Estrella)	135

Tabla 49 Práctica No 4: Valores Calculados.....	142
Tabla 50 Práctica No 4: Valores Medidos.	143
Tabla 51 Práctica No 5: Valores Medidos.	151
Tabla 52 Práctica No 5: Valores calculados.	152
Tabla 53 Práctica No 6: Valores medidos.....	161
Tabla 54 Práctica No 6: Valores calculados.	162
Tabla 55 Práctica No 7: Valores Medidos.	174
Tabla 56 Práctica No 8: Valores Medidos.	187
Tabla 57 Práctica No 8: Valores Calculados.....	188
Tabla 58 Práctica No 9: Valores medidos.....	201
Tabla 59 Práctica No 10: Valores medidos.....	215

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Ecuación de la Fuerza Magnética.....	5
Ecuación 2. Ecuación del Módulo de la Fuerza Magnética.....	5
Ecuación 3. Ecuación Corriente Eléctrica.....	6
Ecuación 4. Ecuación de la Corriente en un circuito de Corriente Alterna	6
Ecuación 5. Ecuación del Voltaje en un circuito de Corriente Alterna	6
Ecuación 6. Ecuación de la Carga Almacenada.....	9
Ecuación 7. Ecuación Diferencial de Carga en un Capacitor	9
Ecuación 8. Ecuación de la Capacitancia de un Capacitor-Dimensiones Fisicas	10
Ecuación 9. Equivalente de Capacitores en Paralelo	11
Ecuación 10. Equivalente de Capacitores en Serie para N valor	12
Ecuación 11. Equivalente de Capacitores en Serie Cuando N=2.	12
Ecuación 12. Equivalente de Capacitores en Serie despeje Cuando N=2	12
Ecuación 13. Ecuación de la Corriente IC- Carga y Descarga de un Capacitor	13
Ecuación 14. Ecuación de TAO	14
Ecuación 15. Ecuación de Corriente con la Impedancia como variable	16
Ecuación 16. Ecuación de Potencia Activa.....	16
Ecuación 17. Ecuación de Voltaje en función del Seno.....	16
Ecuación 18. Ecuación de Corriente en función del Seno	17
Ecuación 19. Ecuación de Potencia en función de Seno.....	17
Ecuación 20. Ecuación de Potencia aplicando Identidades Trigonómicas	17
Ecuación 21. Ecuación de Potencia de forma amplia	17
Ecuación 22. Ecuación de Potencia en un Circuito Resistivo.....	18
Ecuación 23. Ecuación de Potencia en un Circuito Resistivo $\theta=0$	18
Ecuación 24. Ecuación de Potencia en un Circuito Resistivo Simplificada	18
Ecuación 25. Ecuación de Potencia Instantánea Disipada en la Resistencia	19
Ecuación 26. Ecuación de Potencia media.....	19
Ecuación 27. Ecuación de Potencia Aparente en función del Voltaje y la Corriente	21
Ecuación 28. Ecuación de Corriente en función del Voltaje y la Impedancia.....	21
Ecuación 29. Ecuación de Potencia Aparente en función de la Corriente e Impedancia	21
Ecuación 30. Ecuación de Potencia Aparente en función del Voltaje y la Impedancia	21
Ecuación 31. Ecuación de Potencia en función de Voltaje y Corriente.....	21
Ecuación 32. Ecuación de Potencia Aparente.....	21
Ecuación 33. Ecuación de Potencia Activa en función de la Potencia Aparente.....	21
Ecuación 34. Ecuación de Factor de Potencia	22
Ecuación 35. Igualdad de Potencias.....	22
Ecuación 36. Ecuación de Factor de Potencia de una Circuito Resistivo	22
Ecuación 37. Ecuación de la Inductancia de una Bobina.....	23
Ecuación 38. Ecuación de Efecto Inducido en función del flujo	23
Ecuación 39. Ecuación de Efecto Inducido en función del Tiempo	23
Ecuación 40. Ecuación de Voltaje en el inductor en función de la corriente y el tiempo.....	23
Ecuación 41. Ecuación de Efecto.....	24
Ecuación 42. Ecuación de Oposición	24
Ecuación 43. Reactancia Inductiva en función de la velocidad angular	24
Ecuación 44. Ecuación de Reactancia Inductiva.....	24
Ecuación 45. Ecuación de Potencia con $\theta=90^\circ$	25

Ecuación 46. Ecuación de Potencia en un Inductor	25
Ecuación 47. Ecuación de Potencia Reactiva de Forma General.....	25
Ecuación 48. Ecuación de Potencia Reactiva de un Inductor	25
Ecuación 49. Ecuación de Factor de Potencia en un Inductor	25
Ecuación 50. Ecuación de Potencia en un Capacitor	26
Ecuación 51. Ecuación de Potencia absorbida o devuelta por el Capacitor.....	26
Ecuación 52. Ecuación de Potencia Reactiva Asociada al Capacitor	26
Ecuación 53. Ecuación de Potencia Reactiva en funcion de la X_c y la Corriente	26
Ecuación 54. Ecuación de Potencia Reactiva en funcion de la X_c y el Voltaje	26
Ecuación 55. Ecuación de Potencia Aparente asociada al Capacitor.....	27
Ecuación 56. Ecuación de Factor de Potencia en un Capacitor	27
Ecuación 57. Ecuación de Potencia Aparente en el dominio Vectorial	27
Ecuación 58. Ecuación de Potencia Aparente para carga Inductiva	27
Ecuación 59. Ecuación de Potencia Aparente para carga Capacitiva	28
Ecuación 60. Ecuación de Potencia Aparente relacionado con el teorema de Pitagoras	29
Ecuación 61. Ecuación de Potencia Activa en el Triangulo de Potencias	29
Ecuación 62. Ecuación de Potencia Activa en funcion de S	30
Ecuación 63. Ecuación de Factor de Potencia en el triangulo de potencia	30
Ecuación 64. Ecuación de Potencia Total Aparente	30
Ecuación 65. Ecuación de Potencia Activa.....	31
Ecuación 66. Ecuación del Deslizamiento en un Motor ASÍNCRONO.....	34
Ecuación 67. Ecuación de la Frecuencia Inducida por la Frecuencia del estator	34
Ecuación 68. Ecuación de coseno del angulo (FP)	36

RESUMEN

Tema: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA CONTROL DE FACTOR DE POTENCIA

Autor: Eddy Fabricio Mendoza Gómez

Director de Tesis: Klever Carrión.

Palabras Claves: Banco de Pruebas, Factor de potencia, Capacitores, Diagramas, Circuitos eléctricos, Control, Conexiones.

El presente trabajo consiste en experimentar a través de un banco de pruebas el control del factor potencia. Más específicamente, se trata del diseño y construcción de un tablero de pruebas, compuesto por equipos y elementos tanto de protección y de control así como: disyuntores termo magnético, analizador de redes, controlador de factor de potencia y capacitores. Para su diseño se realizó un esquema eléctrico que facilita las conexiones de los diferentes dispositivos. El equipo primordial es el controlador de factor de potencia, el cual tiene como función controlar este factor, mediante el uso de señales de corriente y voltaje a un valor configurado. Este lo realiza mediante seis pasos que se encuentran conectados a bancos de capacitores, para realizar el mejoramiento del factor de potencia de un sistema, cuyo procedimiento puede ser ejecutado de manera manual o automática. Este banco de pruebas también permite medir los diferentes parámetros eléctricos de un determinado sistema. Finalmente un manual de usuario el cual incluye diez practicas didácticas y los protocolos de seguridad y mantenimiento ha sido establecido.

ABSTRACT

Theme: DESIGN AND CONSTRUCTION OF A TEST BENCH FOR POWER
FACTOR CONTROL

Author: Eddy Fabricio Mendoza Gómez

Thesis Director: Ing. Klever Carrión

Keywords: Test Bench, Power factor, Condensers, Diagrams, Electrical Circuits,
Control, Connections.

This thesis work consists on experiencing through a testing bench of power factor control. More specifically, it includes the design and construction on a test bench, which is compound of equipment and elements, both for protection and control as well as thermal magnetic circuit breakers, network analyzers, power factor controller and condensers. A circuit diagram was designed which facilitates connections of the various devices. The central equipment is the power factor controller, which controls this factor using electrical signals and voltage to a set of value. This makes it through six steps that are connected to capacitor banks, improving the power factor of a system, which process can be done manually or automatically. This test bench can also measure the different electrical parameters of a given system. Finally, a user is manual which includes ten educational practices and safety protocols and maintenance has been established.

INTRODUCCIÓN

Dentro del presente documento se encontrará todo lo que respecta al desarrollo del Banco de Control de Factor de Potencia, desde el diseño, construcción, equipos , montaje y cableado.

Para la comprensión de conceptos y fundamentos se revisaron textos guías para reforzar conocimientos en definiciones eléctricas, como principios de funcionamientos de motores de inducción, funcionamiento de dispositivos de protección y control.

Durante el desarrollo del diseño se realizaron los planos respectivos del banco, los diagramas de conexiones que facilitaron el montaje de los equipos.

Después de la elaboración del banco, se dio paso a realizar las pruebas que serán parte de las prácticas. Y dejar junto con el banco el Manual de Prácticas que es dirigido para los estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, dentro del laboratorio de circuitos eléctricos.

Las Prácticas fueron estipuladas en conjunto con el tutor guía y con distintos docentes que permitieron llegar a dejar un producto final acorde con el pensum académico requerido.

El factor de potencia tiene gran importancia en el desempeño eléctrico, es por ello que mediante un banco de pruebas se puede experimentar mejorar dicho factor en distintos tipos de sistemas eléctricos y aprender a dimensionar un sistema de corrección y protección. Con esto se realza la importancia de ampliación de bancos didácticos en los laboratorios, en este caso el proyecto se enfocará en el laboratorio de circuitos eléctricos para la elaboración de trabajos experimentales

1. CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PROBLEMA

Hoy en día es necesario encontrar mecanismos pedagógicos que faciliten y optimicen el tiempo de aprendizaje en las carreras técnicas, y el problema encontrado es que en la actualidad la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil no dispone de módulos experimentales para desarrollar temas específicos dentro del pensum académico en las carreras técnicas. Al ser detectado este problema se dispone implementar un banco de prueba que sea de referencia para poder ampliar el laboratorio de circuitos eléctricos.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Con la elaboración de este proyecto se pondrá de manera práctica los conocimientos adquiridos en las materias de circuitos eléctricos, además se pondrá atención en el desarrollo de normas de seguridad en equipos electromecánicos y refuerzan conceptos de funcionamiento de protecciones eléctricas de los mismos equipos. Con esto se realza la importancia de ampliación de bancos didácticos en los laboratorios, en este caso el proyecto se enfocará en el laboratorio de circuitos eléctricos para la elaboración de trabajos experimentales.

Se utilizan los motores asíncronos trifásicos de jaula que se encuentran entre los que tienen más opción para el accionamiento de máquinas. El uso de estos motores se impone en la mayoría de las aplicaciones debido a las ventajas que conllevan: robustez, sencillez de mantenimiento, facilidad de instalación, bajo costo.

Es indispensable recordar los principios de funcionamiento y de fabricación de estos motores, así como describir y comparar los principales dispositivos de arranque, regulación de velocidad y frenado que se utilizan con ellos.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Diseñar y construir un banco de pruebas para control de factor de potencia para el laboratorio de circuitos eléctricos de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Construir un Banco didáctico para comprobar el Mejoramiento del factor de potencia de distintos tipos de sistemas eléctricos.
- Preparar 10 prácticas demostrativas para aplicar en el banco de pruebas para control de factor de potencia
- Aprender a dimensionar un sistema de corrección de factor de potencia.
- Conocer la importancia del factor de potencia en los sistemas.

1.4 MÉTODO EXPERIMENTAL DE INVESTIGACIÓN

(Gutierrez, 1992, pág. 122) Explica “La experimentación es el método del laboratorio científico, donde los elementos manipulados y los efectos observados pueden controlarse.” Con esto podemos explicar que el proceso de experimentación es el que provoca los fenómenos o también se puede decir que modifica los hechos para estudiarlos en situaciones que no se presentan en parámetros normales.

En el desarrollo de la tesis se analizó las partes más importantes de experimentación en el funcionamiento de equipos y elementos tanto de protección y de control como disyuntores termo magnético, analizador de redes, controlador de factor de potencia y capacitores, en base de la modalidad de grupo experimental y de control.

1.4.1 GRUPO EXPERIMENTAL Y DE CONTROL

(Gutierrez, 1992, pág. 122) Enuncia “EL grupo experimental es aquel que está expuesto a la influencia del factor experimental. El grupo de control es aquel que no está sometido al tratamiento experimental.” En el banco de prueba se identificó los dos grupos, y se realizaron las observaciones para determinar cambios ocurridos. El grupo experimental donde pertenecen los equipos eléctricos como los motores, medidores de parámetros se experimentaron cambios al varias niveles de energías y conexiones, todo se visualiza en las Prácticas generadas y donde se evidencias estos cambios.

2. CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 FUNDAMENTOS DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

El campo magnético

El campo magnético está comúnmente definido en los términos de la fuerza de Lorentz ejercida en las cargas eléctricas (q), ya que dichos campos son producidos por cualquier carga eléctrica en movimiento (v), y esta experimenta una fuerza perpendicular a su propia velocidad que es proporcional tanto a la velocidad como al campo (B). Y la fuerza magnética que percibirá la carga está dada por la ecuación:

Ecuación 1

$$\mathbf{F} = q\mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

Fuente: Interacción Electromagnética Teoría Clásica (J. Costa\F. López)

Nótese que tanto F como v y B son magnitudes vectoriales y el producto de estos resulta un vector perpendicular tanto a v como a B . El módulo de la fuerza magnética será:

Ecuación 2

$$|\mathbf{F}| = |q| |\mathbf{v}| \times |\mathbf{B}|$$

Fuente: Interacción Electromagnética Teoría Clásica (J. Costa\F. López)

Existen cuatro principios básicos que describen como se utilizan los campos magnéticos en estos aparatos:

1. Un conductor que porta corriente produce un campo magnético a su alrededor.
2. Un campo magnético variable con el tiempo induce un voltaje en una bobina de alambre si pasa a través de esta (base del funcionamiento del transformador)
3. Un conductor que porta corriente en presencia de un campo magnético experimenta una fuerza inducida sobre el (base del funcionamiento del motor)
4. Un conductor eléctrico que se mueva en presencia de un campo magnético tendrá un voltaje inducido en el (base del funcionamiento del generador)

Corriente eléctrica

(Redondo, Felix Redondo Quintela y Roberto) El paso de una carga eléctrica hacia un lado de una superficie se llama corriente eléctrica a través de dicha superficie y hacia ese lado.

Para poder comparar corrientes a través de superficies, una magnitud útil es la intensidad de corriente a través de una superficie en un determinado sentido, que se define como la carga que pasa cada unidad de tiempo a través de esa superficie en ese sentido:

Ecuación 3

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

Fuente: Corriente eléctrica (Félix Redondo y Roberto Redondo)

Donde $q(t)$ es la carga que ha atravesado la superficie en el instante t . Se ve que la unidad de intensidad es el C/s (culombio por segundo), que se llama amperio, de símbolo A en el Sistema Internacional de Unidades.

La corriente alterna

(M.Guasch -Vallcorba M.-Borrego Roncal J.- Jordan Arias, pág. 126) La corriente alterna es aquella cuyo valor y sentido van cambiando en función del tiempo.

Una de las aplicaciones del electromagnetismo es la generación de corrientes inducidas; para lograrlas es necesario mantener constantemente una variación de flujo magnético sobre el conductor.

Los valores de la intensidad y el voltaje en un circuito con corriente alterna se expresan en minúsculas, para diferenciarlos de los valores de corriente continua, de la siguiente manera.

Ecuación 4

$$i = I_{m\acute{a}x} \text{ sen } \omega t$$

Fuente: Electrotecnia (M.Guasch, Borrego Roncal, Jordán Arias)

Ecuación 5

$$v = V_{m\acute{a}x} \text{ sen } \omega t$$

Fuente: Electrotecnia (M.Guasch, Borrego Roncal, Jordán Arias)

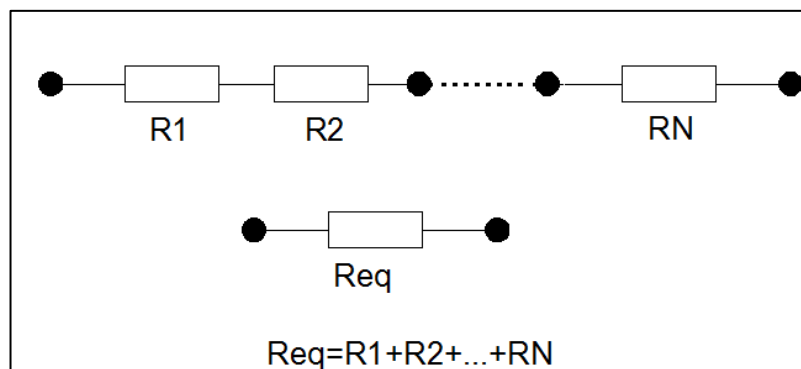
Resistencia en serie

(Appelt, S. H. Hubscher J. klaue - W. Pfluger, 2011, pág. 49) A una fuente de tensión pueden conectarse varias cargas (resistencias) eléctricas, entendiendo ahora por carga un dispositivo que consume energía. Una de las posibilidades es conectarles en serie, hecho no demasiado frecuente en la práctica. Sin embargo, un ejemplo muy conocido de conexión en serie es la guirnalda de luces.

La conexión en serie consiste en conectar los componentes uno detrás del otro. Únicamente un extremo del primer componente y un extremo del último están conectados a una fuente de tensión. Al interrumpir el circuito eléctrico (abrir el interruptor) se apagan todas las bombillas.

Al conectar varias resistencias en serie a una fuente de tensión, por todas las resistencias circula menos corriente.

Ilustración 1 Resistencias en Serie

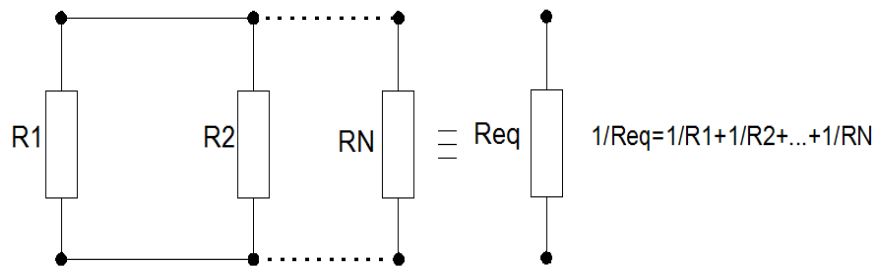


Fuente: El Autor

Resistencia en paralelo

(S. Appelt, H. Hubscher J. klaue - W. Pfluger) En muchas instalaciones eléctricas es posible poder conectar y desconectar las cargas a voluntad e independientemente unas de otras. Este hecho es una característica de la conexión en paralelo. Las cargas están conectadas en paralelo unas con otras y todas a la fuente de tensión., como por ejemplo: La conexión de los puntos de alumbrado en las instalaciones de una casa.

Ilustración 2 Resistencia en Paralelo



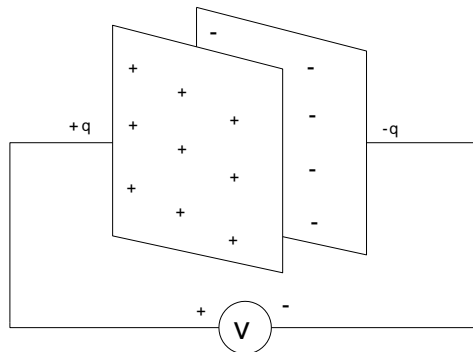
Fuente: El Autor

Capacitores

(Charles, k. Alexander - Matthew N.O.Sadiku, 2010, pág. 216)El capacitor es un elemento pasivo diseñado para almacenar energía en su campo eléctrico, los capacitores y los resistores son los componentes eléctricos más comunes, los cuales son de amplio uso en electrónica, comunicaciones, computadoras y sistemas de potencia.

(Appelt,S. H. Hubscher J. klaue - W.Pfluger, 2011, pág. 53)En muchas aplicaciones prácticas, las placas pueden ser de láminas de aluminio, mientras que el dieléctrico puede ser de aire, cerámica, papel o mica.

Ilustración 3 Capacitor con tensión aplicada



Fuente: El Autor

Cuando una fuente de tensión v se conecta al capacitor, como en la figura, deposita una carga positiva q en una placa y una carga negativa $-q$ en la otra. Se dice que el

capacitor almacena la carga eléctrica. El monto de carga almacenada, representado por q , es directamente proporcional a la tensión aplicada v de modo que:

Ecuación 6

$$q = Cv$$

Fuente: Electrotecnia curso elemental (S.Appelt, H. Hubscher J. klaue - W.Pfluger)

Donde C , la constante de proporcionalidad, se conoce como la capacitancia del capacitor. La unidad de capacitancia es el farad (F), así llamado en honor al físico inglés Michael Faraday (1791-1867), Q es la carga almacenada en coulombs (C) y V es la diferencia de potencial entre las placas del capacitor. De la ecuación anterior puede derivarse la siguiente definición:

“La capacitancia es la proporción entre la carga en una placa de un capacitor y la diferencia de tensión entre las dos placas, medida en farads (F)”

Un faradio es la capacidad de un condensador entre cuyas armaduras existe una diferencia de potencial eléctrico de 1 voltio (1 V) cuando está cargado de una cantidad de electricidad igual a un culombio (1 C).

De la ecuación se deduce que 1farad= 1 coulomb/volt.

En la práctica, la dinámica eléctrica del condensador se expresa gracias a la siguiente ecuación diferencial, que se obtiene derivando respecto al tiempo la ecuación anterior.

Ecuación 7

$$i = \frac{dQ}{dt} = C \frac{dV}{dt}$$

Fuente: Electrotecnia curso elemental (S.Appelt, H. Hubscher J. klaue - W.Pfluger)

Donde i es la corriente eléctrica medida en amperios.

Aunque la capacitancia C de un capacitor es la proporción entre la carga q por la placa y la tensión v , aplicada, no depende de q ni de v . Depende de las dimensiones físicas del capacitor. Por ejemplo, en relación con el capacitor de placas paralelas que aparece en la ilustración 3, la capacitancia está dada por:

Ecuación 8

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

Fuente: Electrotecnia curso elemental (S.Appelt, H. Hubscher J. klaue - W.Pfluger)

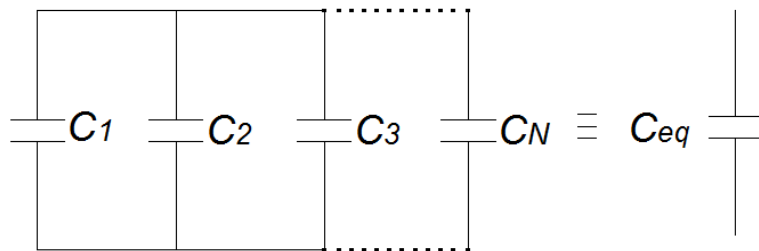
Donde A es el área superficial de cada placa, d la distancia entre las placas y ϵ la permitividad del material dieléctrico entre las placas. Aunque esta ecuación solo se aplica a capacitores de placas paralelas, de ella se puede inferir que, en general, tres factores determinan el valor de la capacitancia.

Capacitores en serie y en paralelo

(Charles, k. Alexander - Matthew N.O.Sadiku, 2010, pág. 222) Por los circuitos resistivos se sabe que la combinación en serie, en paralelo es una eficaz herramienta para reducir circuitos. Esta técnica puede extenderse a conexiones en serie, en paralelo de capacitores por un solo capacitor equivalente C_{eq} .

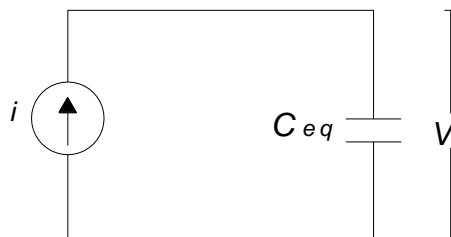
Para obtener el capacitor equivalente C_{eq} de N capacitores en paralelo, considérese el circuito de la ilustración 4. El circuito equivalente se muestra en la ilustración 5. Tómese en cuenta que los capacitores tienen la misma tensión v entre ellos.

Ilustración 4 Capacitores en Paralelo



Fuente: El Autor

Ilustración 5 Circuito Equivalente de Capacitores en Paralelo



Fuente: El Autor

Al aplicar la ley de tensión de Kirchoff al lazo de la ilustración 5.

Ecuación 9

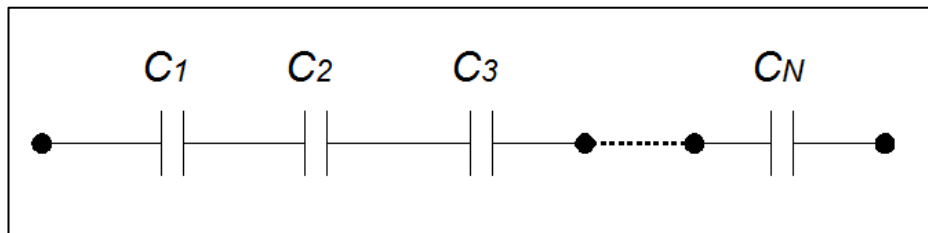
$$C_{eq} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_N$$

Fuente: Fundamentos de Circuitos Eléctricos (O.Sadiku, Charles k. Alexander - Matthew N)

La capacitancia equivalente de N capacitores conectados en paralelo es la suma de las capacitancias individuales. Obsérvese que los capacitores en paralelo se combinan de la misma manera que los resistores en serie.

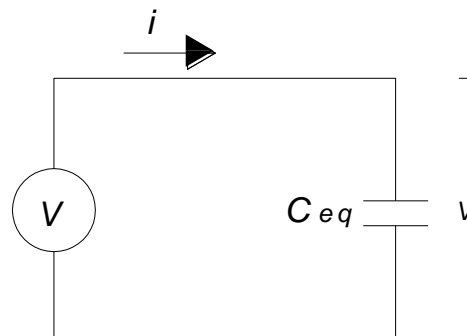
Ahora se obtiene la C_{eq} de N capacitores conectados en serie comparando el circuito de la ilustración 6 con el circuito equivalente de la ilustración 7. Adviértase que a través de los capacitores fluye la misma corriente i (y consecuentemente la misma carga). Al aplicar la ley de tensión de kirchoff al lazo de la ilustración 7.

Ilustración 6 Capacitores en Serie



Fuente: El Autor

Ilustración 7 Circuito Equivalente de Capacitores en Serie



Fuente: El Autor

Dónde:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_N}$$

Fuente: Fundamentos de Circuitos Eléctricos (O.Sadiku, Charles k. Alexander - Matthew N)

Nótese que los capacitores en serie se combinan de la misma manera que los resistores en paralelo. Cuando $N=2$ (es decir, dos capacitores en serie), la ecuación se convierte en:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Fuente: Fundamentos de Circuitos Eléctricos (O.Sadiku, Charles k. Alexander - Matthew N)

O sea:

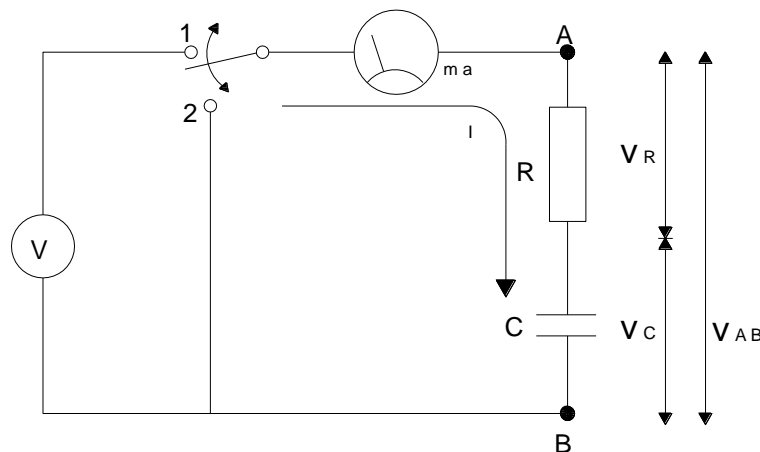
$$C_{eq} = \frac{C_1 * C_2}{C_1 + C_2}$$

Fuente: Fundamentos de Circuitos Eléctricos (O.Sadiku, Charles k. Alexander - Matthew N)

Carga de un condensador

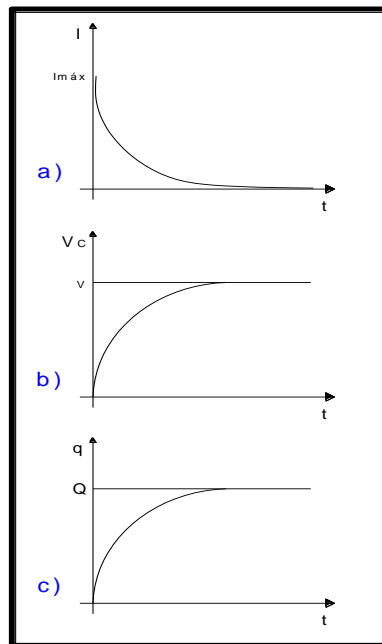
(Guasch, M -Vallcorba M.-Borrego Roncal J.- Jordan Arias, 2014, pág. 108) Cuando conectamos un condensador descargado a una diferencia de potencial (ilustración 8) y colocamos el conmutador en la posición 1, el condensador no se carga instantáneamente, si no que adquiere una determinada carga por unidad de tiempo. Esta unidad depende del valor de la capacidad del condensador y de la resistencia del circuito.

Ilustración 8 Circuito de Carga y Descarga del Capacitor



Fuente: El Autor

Ilustración 9 Curvas de Carga de un Capacitor



Fuente: El Autor

En la ilustración 9 puedes observar la evolución de la intensidad de carga, de la tensión del condensador y del valor de la carga en función del tiempo en el proceso de carga de un condensador. Como puedes observar en el gráfico de la ilustración 10 el condensador comienza a cargarse muy rápidamente y, a medida que pasa el tiempo, su carga crece mucho más despacio y se aproxima a una asíntota de valor Q que equivale a la carga máxima en el condensador.

De regreso al instante en que el interruptor se cierra, también es posible suponer que el capacitor se comporta como un corto circuito en el momento en que el interruptor se cierra dentro de una red. La corriente $i=i_c=i_r=E/R$ y el voltaje $V_c=E-V_r=E-Ir=E-(E/R)R=E-E=0V$ en $t=0s$.

Mediante la aplicación del cálculo, se puede obtener la siguiente ecuación matemática para la corriente de carga i_c :

Ecuación 13

$$i_c = \frac{E}{R} e^{-t/RC}$$

Fuente: Electrotecnia (M.Guasch, Borrego Roncal, Jordán Arias)

El factor $e^{-t/RC}$ es una función exponencial de la forma e^x . Donde $x=-t/RC$ y $e=2.71828$

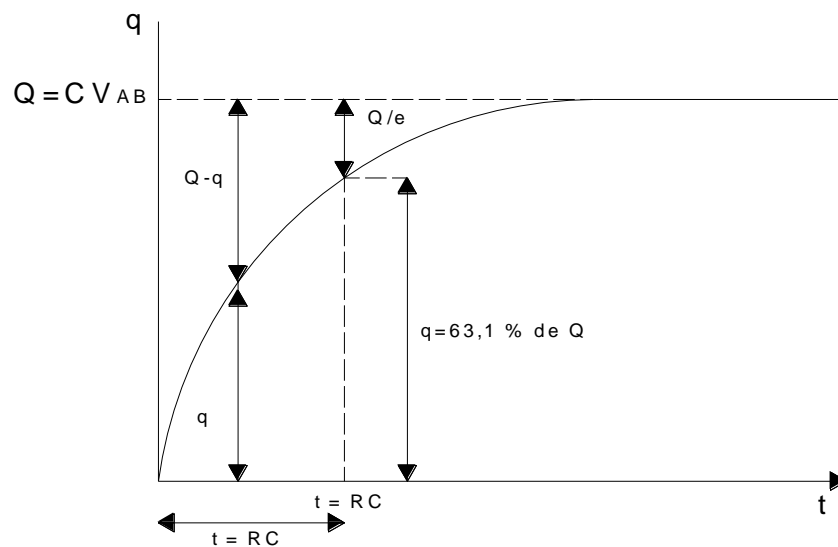
El factor RC se denomina constante de tiempo del sistema y cuenta con unidades de tiempo, su símbolo es la letra griega τ , y su unidad de medida es el segundo. De esta forma: Si se sustituye $\tau=RC$ en la función exponencial $e^{-t/RC}$, se obtiene $e^{-t/\tau}$. En una constante de tiempo $e^{-t/\tau} = e^{-1} = 0.3679$, lo cual significa que la función alcanza el 36.79% de su valor máximo de i .

Ecuación 14

$$\tau = RC$$

Fuente: Electrotecnia (M.Guasch, Borrego Roncal, Jordán Arias)

Ilustración 10 Representación de la carga de un Condensador en función del tiempo



Fuente: El Autor

Si el valor de la resistencia esta expresado en ohmnios y la capacidad en faradios, la constante de tiempo nos vendrá dada en segundos.

El tiempo que tarda en cargarse un condensador hasta su valor máximo es infinito , ya que todo condensador y circuito existen unas pérdidas, pero en la práctica considerando que el condensador se encuentra cargado cuando ha transcurrido un tiempo igual a 3τ .

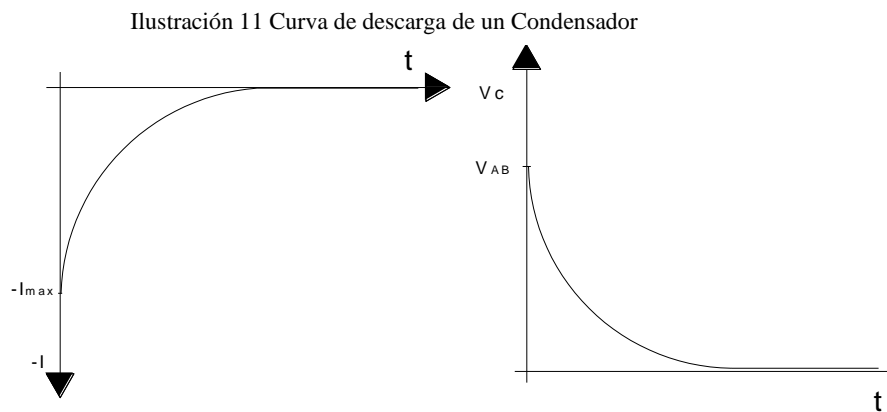
DESCARGA DE UN CONDENSADOR

(Guasch, M -Vallcorba M.-Borrego Roncal J.- Jordan Arias, 2014, pág. 110) Al cambiar la posición del conmutador a la posición 2, la tensión aplicada a la resistencia es la tensión a la que está cargado el condensador, y este instante cuando se genera una corriente eléctrica que provoca la pérdida de las cargas almacenadas en el condensador.

En el instante inicial la corriente es elevada y a medida que el condensador va perdiendo sus cargas su diferencia de potencial (que es la tensión aplicada a la resistencia) va disminuyendo; eso conlleva que la intensidad cada vez sea más pequeña, hasta descargarse totalmente del condensador. A partir de este instante la corriente se anula.

En la ilustración 11 puedes observar las curvas de la descarga de un condensador.

El tiempo de descarga de un condensador se puede considerar igual al tiempo empleado en su carga.



Fuente: El Autor

CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA CON COMPONENTE PASIVO

(Guasch, M -Vallcorba M.-Borrego Roncal J.- Jordan Arias, 2014, pág. 130) En este apartado estudiaremos cómo se comportan los diferentes componentes pasivos

(resistencia, condensador y bobina) cuando se aplica una tensión alterna en los extremos.

IMPEDANCIA

(Guasch, M -Vallcorba M.-Borrego Roncal J.- Jordan Arias, 2014, pág. 130)En los circuitos de corriente alterna, toda oposición al paso de la corriente se denomina de manera general impedancia y se representa por la letra Z. Cuando del circuito está constituido por una resistencia pura, el valor de la impedancia coincide con el valor de la resistencia R.

Si en la expresión de la ley de ohm sustituimos R por Z, esta nos servirá para los circuitos de corriente alterna.

Ecuación 15

$$I = V/Z$$

Fuente: Electrotecnia (M.Guasch, Borrego Roncal, Jordán Arias)

POTENCIA

(Boylestad, 2011, págs. 849-861)Para todo sistema, la potencia entregada a una carga en cualquier instante está definida por el producto del voltaje aplicado y la corriente resultante; es decir:

Ecuación (16)

$$p = vi$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

En esta circunstancia, dado que v e i son cantidades senoidales, se establece un caso general donde:

Ecuación 17

$$v = V_m \text{sen}(\omega t + \theta)$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Ecuación 18

$$i = I_m \text{sen } \omega t$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

La i y la v seleccionadas incluyen todas las posibilidades ya que, si la carga es resistiva $\theta = 0$. Si la carga es solo inductiva o capacitiva, $\theta = 90^\circ$ o $\theta = -90^\circ$, respectivamente. Para una red que es en su mayoría inductiva, θ es positiva (v adelanta a i), y para una red que es en mayor parte capacitiva, θ es negativa (i adelanta a v).

Al sustituir las ecuaciones anteriores para v e i en las ecuaciones de potencia se obtendrá:

Ecuación 19

$$p = V_m I_m \text{sen } \omega t \text{ sen } (\omega t + \theta)$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Si aplicamos ahora algunas identidades trigonométricas, resultara la siguiente forma para la ecuación de potencia:

Ecuación 20

$$p = VI \cos \theta (1 - \cos 2\omega t) + VI \text{sen } \theta (\text{sen} 2\omega t)$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Donde V e I son los valores rms. La conversión de valores pico V_m e I_m a los valores rms se obtuvo a partir de las operaciones realizadas utilizando las identidades trigonométricas.

Inicialmente parecería que no se obtuvo nada al poner la ecuación en esta forma. Sin embargo, la utilidad de la forma se demostrara en las siguientes secciones. La derivación de la ecuación desde su forma inicial aparecerá como una tarea al final.

Si la ecuación se amplía quedaría de esta forma:

Ecuación 21

$$p = \underbrace{VI \cos \theta}_{\text{Promedio}} - \underbrace{VI \cos \theta}_{\text{Pico}} \underbrace{\cos 2\omega t}_{2x} + \underbrace{VI \text{sen } \theta}_{\text{Pico}} \underbrace{\text{sen} 2\omega t}_{2x}$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Existen dos observaciones que pueden hacerse. Primero que la potencia promedio sigue apareciendo como un término aislado independiente del tiempo, Segundo, los dos términos que le siguen varían a una frecuencia del doble del voltaje o de la corriente aplicada, con valores pico que tienen un formato muy similar.

En un esfuerzo por asegurar integridad y orden en la presentación, cada elemento básico (R, L Y C) se tratará por separado.

Circuito resistivo

Para un circuito puramente resistivo (ilustración 12), v e i se encuentran en fase. Y $\theta=0^\circ$. Al sustituir $\theta=0^\circ$ en la ecuación obtenemos:

Ecuación 22

$$P_R = VI \cos(0^\circ)(1 - \cos 2\omega t) + VI \sin(0^\circ) \sin 2\omega t$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Ecuación 23

$$P_R = VI(1 - \cos 2\omega t) + 0$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

O bien:

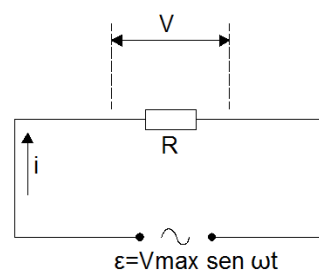
Ecuación 24

$$P_R = VI - VI \cos 2\omega t$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Donde VI es el término de cd o promedio y $-VI \cos 2\omega t$ es una onda cosenoidal negativa con el doble de la frecuencia de cualquier cantidad de entrada (v o i) y un valor pico de VI .

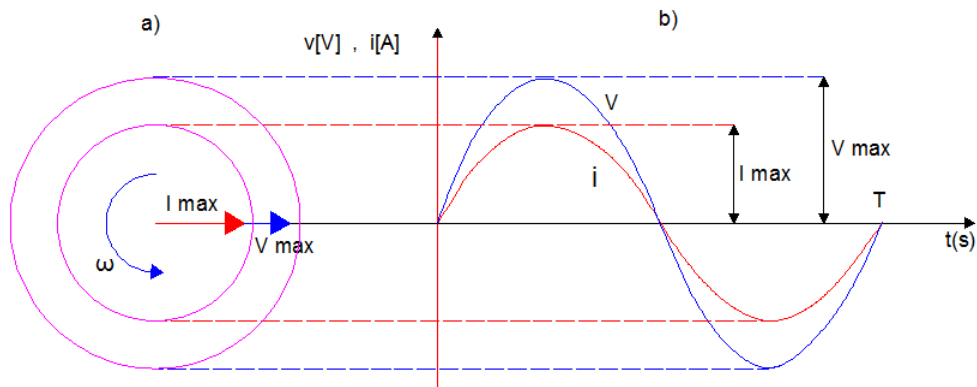
Ilustración 12 Circuito con Resistencia pura



Fuente: El Autor

En la ilustración 13 podemos ver el diagrama vectorial (a) y el diagrama sinusoidal (b) de un circuito con resistencia pura.

Ilustración 13 Valores instantáneos de la Tensión e Intensidad en un circuito con Resistencia pura



Fuente: El Autor

La potencia instantánea disipada en la resistencia es:

Ecuación 25

$$P = VI = V_{\max} * \text{sen}\omega t * I_{\max} * \text{sen}\omega t = P_{\max} * (\text{sen}\omega t)^2$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

De acuerdo con la expresión obtenida, vemos que la potencia es proporcional a $(\text{sen}\omega t)^2$ y, por lo tanto, al elevar los valores negativos del seno al cuadrado resultara que la potencia siempre es positiva. En la figura ilustración 14 puedes ver su representación gráfica.

Para calcular la potencia media a lo largo de un ciclo o más, debemos calcular la media de todos estos valores instantáneos. Para eso fijémonos en la ilustración 15, donde puedes comprobar que tenemos todo un conjunto de áreas iguales que nos facilitan el trabajo.

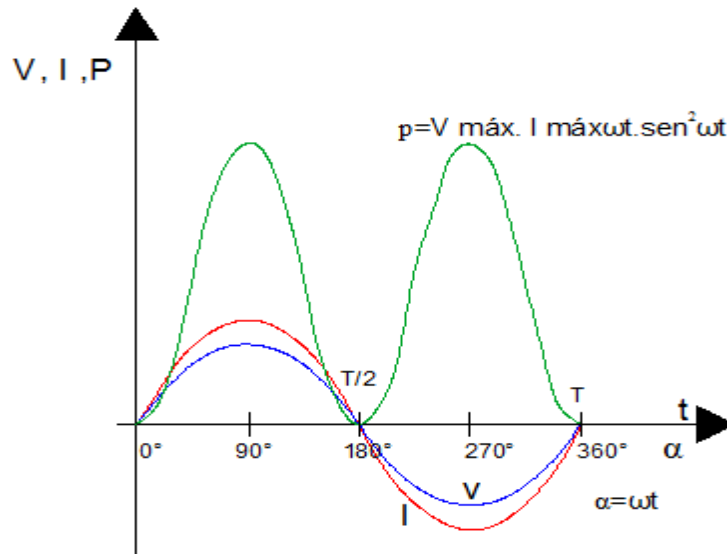
Ecuación 26

$$P_{\text{media}} = \frac{P_{\text{máx}}}{2} = \frac{V_{\text{máx}} * I_{\text{máx}}}{2} = \frac{V_{\text{máx}}}{\sqrt{2}} * \frac{I_{\text{máx}}}{\sqrt{2}} = VI$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

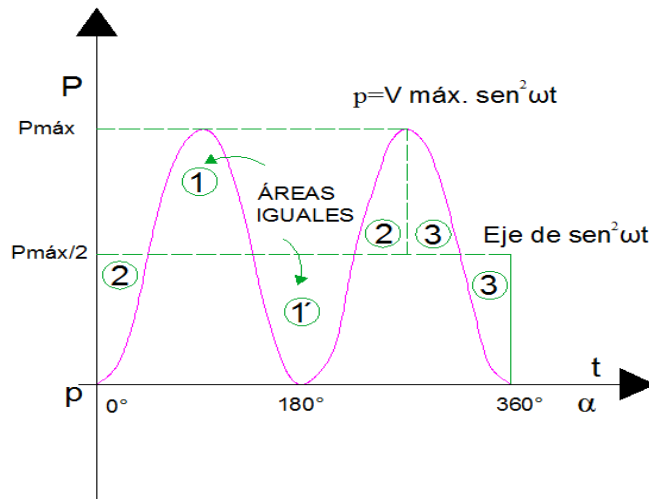
De esta expresión se dice que el valor eficaz de una señal sinusoidal es de $1/\sqrt{2}$.

Ilustración 14 Potencia Instantánea de un circuito resistivo puro



Fuente: El Autor

Ilustración 15 Potencia Media de un circuito resistivo puro



Fuente: El Autor

POTENCIA APARENTE

La potencia aparente está determinada simplemente por el producto de la corriente y el voltaje aplicados, sin importar los componentes de la carga; es decir, $P=VI$. Sin embargo, el factor de potencia tendrá un efecto importante sobre la potencia disipada, el cual será menos pronunciado para cargas más reactivas. Aunque el producto del voltaje y la corriente no siempre es la potencia entregada, es un indicador de potencia de gran utilidad para la descripción y el análisis de redes de

corriente alterna senoidal y para fijar niveles máximos de muchos componentes y sistemas eléctricos. A este producto se le denomina Potencia Aparente y está representado de forma simbólica por S . Dado que simplemente es el producto del voltaje y la corriente, sus unidades son volt-ampere, cuya abreviatura es VA. Su magnitud está determinada por:

Ecuación 27

$$\mathbf{S} = \mathbf{VI} \quad (\mathbf{VA})$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

O dado que:

Ecuación 28

$$\mathbf{V} = \mathbf{IZ} \quad \mathbf{e} \quad \mathbf{I} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{Z}} \quad (\mathbf{VA})$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Entonces:

Ecuación 29

$$\mathbf{S} = \mathbf{I}^2 \mathbf{Z} \quad (\mathbf{VA})$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Y

Ecuación 30

$$\mathbf{S} = \frac{\mathbf{V}^2}{\mathbf{Z}} \quad (\mathbf{VA})$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Sin embargo,

Ecuación 31

$$\mathbf{P} = \mathbf{VI} \cos \theta$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Ecuación 32

$$\mathbf{S} = \mathbf{VI}$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Por tanto.

Ecuación 33

$$\mathbf{P} = \mathbf{S} \cos \theta \quad (\mathbf{W})$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Y el factor de potencia de un sistema es:

Ecuación 34

$$F_P = \cos \theta = \frac{P}{S} \text{ (adimensional)}$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Por tanto, el factor de potencia de un circuito es la razón de la potencia promedio a la potencia aparente. Para un circuito puramente resistivo tenemos que:

Ecuación 35

$$P = VI = S$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Ecuación 36

$$F_P = \cos \theta = \frac{P}{S} = 1$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

En general, los equipos de potencia se valoran en volt-ampere (VA) o en kilo-volt-ampere (KVA) y no en watts. Al conocer el nivel en volt-ampere y el voltaje especificado de un dispositivo, rápidamente podremos determinar el nivel de corriente máxima.

CIRCUITO INDUCTIVO Y POTENCIA REACTIVA

Los inductores son bobinas de dimensiones diversas diseñadas para introducir cantidades específicas de inductancia dentro de un circuito. La inductancia de una bobina varía directamente con las propiedades magnéticas de esta. Por lo tanto, los materiales ferromagnéticos se emplean con frecuencia para incrementar la inductancia aumentando el flujo de acoplamiento a la bobina.

La inductancia de una bobina es también una medida del cambio en el flujo de enlace debido a un cambio de corriente a través de ella; esto es.

Ecuación 37

$$L = N \frac{d\phi}{di} \quad (H)$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Donde N es el número de vueltas, ϕ es el flujo en webers, e i es la corriente a través de la bobina.

La ecuación revela que a mayor inductancia de una bobina (con N fijo), mayor será el cambio instantáneo en el flujo de enlace debido a un cambio instantáneo en corriente a través de la bobina. Si se escribe la ecuación como:

Ecuación 38

$$e_L = N \frac{d\phi}{dt} = N \left(\frac{d\phi}{di} \right) \left(\frac{di}{dt} \right)$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Y si se sustituye en la ecuación, se obtiene entonces:

Ecuación 39

$$e_L = L \frac{di}{dt}$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Cuando los efectos inducidos se emplean en la generación de voltajes como los disponibles en generadores de corriente directa o alterna, el símbolo e es apropiado para el voltaje inducido. Sin embargo, en análisis de redes, el voltaje en un inductor siempre tendrá una polaridad tal que se opondrá a la fuente que lo produce y por lo tanto se usará la siguiente notación:

Ecuación 40

$$V_L = L \frac{di}{dt}$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

La oposición establecida por un inductor en una red de corriente alterna senoidal podrá encontrarse aplicando la ecuación:

Ecuación 41

$$\mathbf{Efecto} = \frac{\mathbf{causa}}{\mathbf{efecto}}$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Al sustituir los valores tenemos:

Ecuación 42

$$\mathbf{Oposicion} = \frac{\mathbf{V}_m}{\mathbf{I}_m} = \frac{\omega L \mathbf{I}_m}{\mathbf{I}_m} = \omega L$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Revelando que la oposición establecida por un inductor dentro de la red senoidal de corriente alterna está relacionado directamente con el producto de la velocidad angular ($\omega = 2\pi f$) y la inductancia.

La cantidad ωL denominada reactancia (proveniente de reacción) de un inductor. Se representa simbólicamente por X_L y se mide en ohms; es decir:

Ecuación 43

$$\mathbf{X}_L = \omega L \quad (\mathbf{ohms}, \Omega)$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

En el formato de la ley de ohm, su magnitud puede determinarse a partir de:

Ecuación 44

$$\mathbf{X}_L = \frac{\mathbf{V}_m}{\mathbf{I}_m} \quad (\mathbf{ohms}, \Omega)$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

La reactancia inductiva es la oposición al flujo de la corriente, la cual resulta en el intercambio continuo de energía entre la fuente y el campo magnético del inductor. En otras palabras, la reactancia inductiva a diferencia de la resistencia (la cual disipa energía en forma de calor), no disipa energía eléctrica (ignorando los efectos de la resistencia interna del inductor).

Para un circuito puramente inductivo, v adelanta a i por 90° . Por tanto, en la ecuación $\theta = 90^\circ$. Al sustituir $\theta = 90^\circ$ resulta:

Ecuación 45

$$P_L = VI \cos(90^\circ)(1 - \cos 2\omega t) + VI \sin(90^\circ)(\sin 2\omega t)$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Ecuación 46

$$P_L = VI \sin 2\omega t$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

La potencia absorbida o devuelta por el inductor en cualquier instante t puede obtenerse simplemente al sustituir t en la ecuación. El valor pico de la curva VI está definido como la Potencia Reactiva asociada al inductor puro.

En general, la potencia reactiva asociada con cualquier circuito está definida como $VI \sin \theta$, un factor que aparece en el segundo término de la ecuación de potencia total el que no produce una transferencia neta de energía. El símbolo para la potencia reactiva es Q , y su unidad de medición es el volt-ampere reactivo (VAR).

Ecuación 47

$$Q = VI \sin \theta \quad (\text{volt} - \text{ampere reactivo, VAR})$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Donde θ es el ángulo de la fase entre V e I .

Para el inductor:

Ecuación 48

$$Q_L = VI \quad (\text{VAR})$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

La potencia aparente asociada con un inductor es $S=VI$, y la potencia promedio es $P=0$. Por tanto, el factor de potencia es:

Ecuación 49

$$F_P = \cos \theta = \frac{P}{S} = \frac{0}{VI} = 0$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

CIRCUITO CAPACITIVO

Para un circuito puramente capacitivo, i adelanta a v por 90° . Al sustituir $\theta = -90^\circ$ en la ecuación obtenemos:

Ecuación 50

$$P_C = VI \cos(-90^\circ)(1 - \cos 2\omega t) + VI \operatorname{sen}(-90^\circ)(\operatorname{sen} 2\omega t)$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Ecuación 51

$$P_C = -VI \operatorname{sen} 2\omega t$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

La potencia absorbida o devuelta por el capacitor en cualquier instante t , puede obtenerse al sustituir t en la ecuación.

La potencia reactiva asociada con el capacitor es igual al valor pico de la curva, como sigue:

Ecuación 52

$$Q_C = VI \quad (\text{VAR})$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Pero, dado que $V=I X_C$ e $I=V/X_C$, La potencia reactiva hacia el capacitor también puede escribirse como:

Ecuación 53

$$Q_C = I^2 X_C \quad (\text{VAR})$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Y:

Ecuación 54

$$Q_C = \frac{V^2}{X_C} \quad (\text{VAR})$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

La potencia aparente asociada con el capacitor es:

Ecuación 55

$$\mathbf{S} = \mathbf{VI} \quad (\mathbf{VA})$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Y la potencia promedio es $P=0$. Por consiguiente, el factor de potencia es:

Ecuación 56

$$\mathbf{F}_P = \cos \theta = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{S}} = \frac{\mathbf{0}}{\mathbf{VI}} = \mathbf{0}$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

EL TRIANGULO DE POTENCIA

Las tres cantidades: potencia promedio (P), potencia aparente(S) y potencia reactiva (Q) pueden relacionarse en el dominio vectorial mediante:

Ecuación 57

$$\mathbf{S} = \mathbf{P} + \mathbf{Q}$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Con:

$$P = P \angle 0^\circ \quad Q_L = Q_L \angle 90^\circ \quad Q_C = Q_C \angle -90^\circ$$

Para una carga inductiva, el fasor de potencia S, como se le denomina con frecuencia, está definido por:

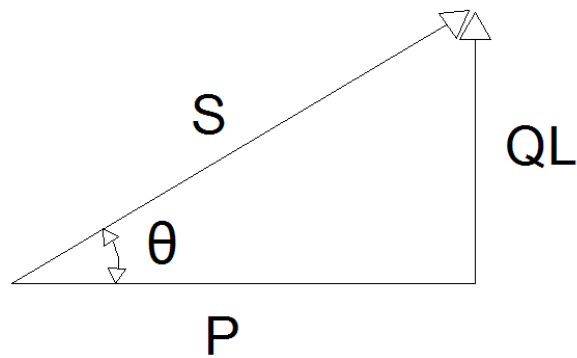
Ecuación 58

$$\mathbf{S} = \mathbf{P} + \mathbf{JQ}_L$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Como se muestra en la ilustración 16, que tenemos potencia aparente (S), potencia activa (P) y potencia reactiva (QL).

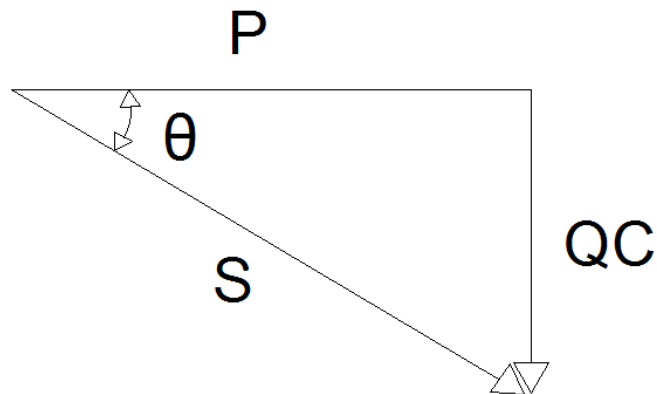
Ilustración 16 Triángulo de Potencia para cargas inductivas



Fuente: El Autor

El desplazamiento de 90° en QL a partir de P es la razón de otro nombre para la potencia reactiva.

Ilustración 17 Triángulo de potencia para cargas capacitivas



Fuente: El Autor

Para una carga capacitiva, el fasor de potencia S está definido por:

Ecuación 59

$$\mathbf{S} = \mathbf{P} - \mathbf{J}Q_C$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Si una red tiene elementos tanto capacitivos como inductivos, el componente reactivo del triángulo de potencia estará determinado por la diferencia entre la potencia reactiva entregada a cada uno. Si $Q_L > Q_C$, el triángulo de potencia resultante será similar al de la ilustración 16. Si $Q_C > Q_L$, el triángulo de potencia resultante será similar al de la ilustración 17.

El que la potencia reactiva total sea la diferencia entre las potencias reactivas de los elementos inductivos y capacitivos puede demostrarse mediante la consideración de las ecuaciones.

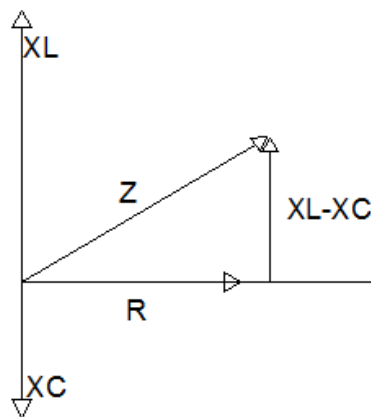
Dado que la potencia reactiva y la potencia promedio siempre están a un ángulo de 90° una con respecto a la otra, las tres potencias que estamos analizando se relacionan mediante el teorema de Pitágoras; es decir:

Ecuación 60

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Ilustración 18 Diagrama de impedancia de un circuito R-L-C en serie



Fuente: El Autor

Por consiguiente, siempre podrá obtenerse la tercera potencia si se conocen las otras dos.

El ángulo θ asociado con S, y que aparece en las ilustraciones 16 y 17, es el ángulo del factor de potencia de la red. Dado que:

Ecuación 61

$$P = VI \cos\theta$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

O bien:

Ecuación 62

$$P = S \cos\theta$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Entonces:

Ecuación 63

$$F_p = \cos\theta = \frac{P}{S}$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

POTENCIAS TOTALES

El número total de watts, de volt-ampere reactivos y volt-ampere, así como el factor de potencia de cualquier sistema pueden obtenerse utilizando el siguiente procedimiento:

1. Encuentre la potencia real y la potencia reactiva para cada rama del circuito
2. La potencia real total del sistema (S_T) será entonces la suma de la potencia promedio entregado a cada rama.
3. La potencia reactiva total (Q_T) será la diferencia entre la potencia reactiva de las cargas inductivas y la de las cargas capacitivas.
4. La potencia aparente total es:

Ecuación 64

$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2}$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

5. El factor de potencia total es P_T/S_T

EL CONCEPTO DEL FACTOR DE POTENCIA

(Enriquez, 2015, pág. 50) En un circuito en serie que contiene resistencia e inductancia, o también resistencia, inductancia y capacitancia.

La oposición al paso de la corriente está dada por la impedancia $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$, la corriente que circula es $I = V/Z$ y la “potencia aparente” en el circuito es $P = VI$, pero la única parte que consume potencia real consumida por el circuito.

Si se trata de un circuito formado por resistencias e inductancia, la onda de corriente se encuentra fuera de fase con respecto al voltaje atrasándose un ángulo θ entre 0 y 90°, en tal circuito la potencia promedio no es simplemente $P = VI$, se calcula esta potencia de acuerdo con la fórmula:

Ecuación 65

$$P = VI \cos \theta$$

Fuente: Introducción al análisis de circuitos (Robert Boylestad)

Siendo θ el ángulo que la onda de corriente se atrasa con respecto al voltaje, el coseno de este ángulo se conoce como el factor de potencia del circuito, y es una medida de la cantidad de potencia que es consumida por la resistencia del circuito, tomando en consideración el efecto de la inductancia del circuito. En otras palabras, el factor de potencia determina la porción de la potencia aparente VI es la potencia real. El valor del factor de potencia varía entre 0 y 1, es 1 cuando la carga es puramente resistiva y 0 cuando la carga es puramente inductiva.

CAUSAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA

(Serrano, 2004) Las cargas inductivas como motores, balastros, transformadores, etc., son el origen del bajo factor de potencia ya que son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica, en este tipo de equipos el consumo de corriente se desfasa con relación al voltaje lo que provoca un bajo factor de potencia.

CONSECUENCIAS DEL BAJO FACTOR DE POTENCIA

1. Incremento de las pérdidas por efecto joule.

- a) La potencia que se desaprovecha por el calentamiento está dada por la fórmula I^2R donde I es la corriente y R la resistencia eléctrica que tienen los equipos. Estas pérdidas por efecto joule se manifiestan en:
 - b) Calentamiento de conductores.
 - c) Calentamiento de bobinados de transformadores de distribución.
 - d) Operación de las protecciones sin motivo o razón alguna.

e) Uno de los principales problemas por el calentamiento de conductores es el deterioro irreversible del aislamiento, que además que se reduce la vida útil de los equipos, puede provocar cortocircuitos.

2. Sobre carga de transformadores, grupos electrógenos y líneas de distribución.

El bajo factor de potencia produce exceso de corriente y esto ocasiona que los transformadores, grupos electrógenos y líneas de distribución trabajen con una cierta sobrecarga y reduzcan su vida útil, debido a que estos equipos se diseñan para cierto valor de corriente y para no averiarlos, se deben operar sin que este se rebase.

3. Aumento de caída de tensión.

La circulación de corriente por los conductores ocasiona una disipación de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión, siendo insuficiente el suministro de potencia hacia las cargas. Dicha caída de tensión afecta a los sistemas de protección, los cables de alimentación

4. Incremento en la factura eléctrica.

El factor de potencia es un parámetro que considera el consumo de energía reactiva, necesaria para la operación de los equipos eléctricos, el bajo factor de potencia implica pérdidas de energía en la red, la empresa eléctrica se ve en necesidad de cobrar mediante una penalización económica.

BAJO FACTOR DE POTENCIA EN MOTORES ASÍNCRONOS

MOTORES DE INDUCCIÓN O ASÍNCRONOS

Una máquina que solo tiene los devanados de amortiguación es llamada máquina de inducción porque el voltaje del rotor (que produce la corriente y el campo magnético del rotor) es inducido en los devanados del rotor en lugar de estar físicamente

conectados a través de alambres. La característica distintiva de un motor de inducción es que no se requiere corriente de campo dc para operar la máquina.

Aunque se puede utilizar una máquina de inducción como motor o generador, tiene muchas desventajas como generador y, por tanto, pocas veces se utiliza como tal. Por esta razón las máquinas de inducción se refieren a motores de inducción.

(Chapman, 2012, págs. 387-391) Un motor de inducción tiene físicamente el mismo estator que una máquina sincrónica, pero la construcción del motor es diferente. Un estator típico de dos polos parece (y es) igual al estator de una máquina sincrónica. Hay dos tipos diferentes de rotores que pueden disponerse dentro del estator del motor de inducción. Uno de ellos se llama rotor jaula de ardilla o simplemente rotor de jaula, mientras que el otro es llamado rotor devanado.

El motor de inducción tipo jaula de ardilla consiste en una serie de barras conductoras dispuestas entre ranuras labradas en la cara del rotor y cortocircuitadas en cada extremo por anillos de cortocircuitado. Este diseño hace referencia a un motor de jaula de ardilla debido a que los conductores examinados en sí mismo se parecerían a los de las ruedas de ejercicios de las ardillas o hámsteres.

El otro tipo de rotor es el rotor devanado. Un motor devanado tiene un grupo completo de devanados trifásicos que son las imágenes especulares de los devanados del estator. Las fases de los devanados del rotor están conectados usualmente en (Y), y los extremos de los tres alambres del rotor están unidos a anillos rozantes dispuestos sobre el eje del rotor. Los devanados del rotor están cortocircuitados a través de escobillas montadas en los anillos rozantes.

En los motores de inducción de rotor devanado, sus corrientes rotóricas son accesibles en las escobillas del estator, donde pueden ser examinadas y donde se puede insertar resistencia extra al circuito del rotor.

Para poder hablar sobre el bajo factor de potencia en motores asíncronos, debemos hablar sobre una característica de los mismos, como es el deslizamiento.

En un motor eléctrico asíncrono, el rotor siempre va a girar con rotación debajo de la rotación del campo giratorio y, por lo tanto, habrá corriente y par electromecánico

inducido. La diferencia relativa entre las velocidades del rotor y del flujo del estator es conocida como deslizamiento y se la representa por:

Ecuación 66

$$S = \frac{ns-n}{ns} \times 100$$

Fuente: Maquinas Eléctricas (Stephen J. Chapman)

Dónde: ns=Velocidad síncrona (rpm); n=Velocidad rotórica (rpm); S= Deslizamiento.

Si el motor gira a una velocidad distinta de la velocidad síncrona (rotación del campo giratorio), las barras del rotor cortan las líneas de fuerza magnéticas del campo giratorio y, por las leyes del electromagnetismo, circularán en él corrientes inducidas. Cuanto más grande la carga, más grande tendrá que ser el par necesario para accionarla. Para obtener un mayor par, proporcionalmente tendrá que ser mayor la diferencia de velocidades entre rotor y el campo giratorio en el estator para que las corrientes inducidas y los campos producidos sean mayores. Por lo tanto, en la medida que la carga aumenta, baja la velocidad de rotación del motor. Cuando la carga es cero (motor en vacío) el rotor va a girar prácticamente en la rotación síncrona.

La frecuencia de la corriente inducida en el rotor es igual al deslizamiento multiplicado por la frecuencia del estator. O sea:

Ecuación 67

$$F2 = S \times F1$$

Fuente: Maquinas Eléctricas (Stephen J. Chapman)

En vacío el deslizamiento es muy pequeño, por lo tanto, como en el rotor, su reactancia y su f.e.m. inducida son todas muy pequeñas. Así, la corriente del rotor es reducida, solamente lo suficiente para producir el par necesario en vacío. El factor de potencia es extremadamente bajo y en atraso, con $\cos \phi < 0,3$, pues la corriente que circula por el motor es utilizada solamente para su magnetización.

Cuando una carga mecánica es aplicada al rotor, la velocidad reduce un poco. El pequeño decrecimiento en la velocidad causa un aumento en el deslizamiento, en la frecuencia de la corriente rotórica, en su reactancia y en su fuerza electromotriz

inducida. El aumento de la corriente inducida en el rotor se refleja en un aumento de la corriente primaria del estator (componente que produce potencia). Una corriente más grande será producida en el estator, con un mejor factor de potencia, tendiendo a producir más potencia mecánica y solicitar más potencia de la línea. En plena carga el motor de inducción va a girar con un deslizamiento que produce el equilibrio entre el par desarrollado por el motor y el par resistente de la carga.

El factor de potencia en plena carga varía desde 0,8 (en pequeños motores de aproximadamente 1 hp) hasta aproximadamente 0,95 (en los grandes motores, arriba de 150 hp). En primer análisis puede aparentar que aumentos adicionales a la plena carga producirán mejoría en el factor de potencia, y aumento en la corriente de fase del estator. Pero, con el aumento de la carga y del deslizamiento, la frecuencia de la corriente rotórica sigue a aumentar y el aumento en la reactancia del rotor produce una disminución en el factor de potencia del mismo. Por lo tanto, con cargas arriba de la plena carga, el factor de potencia se aproxima de un máximo y entonces baja rápidamente.

LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

(Enriquez, 2015, pág. 560) En las instalaciones eléctricas, las maquinas eléctricas y algunos otros elementos como los balastos de alumbrado de fluorescente demandan además de la corriente de trabajo (en fase con el voltaje), una componente reactiva desfasada 90° (retrasada con respecto al voltaje), y que sirva para crear el campo magnético. Tal corriente magnetizante que debe proporcionar la fuente del suministro hace disminuir la potencia útil de la instalación; además con las perdidas por efecto joule, se disminuye la eficiencia y aumenta la caída de tensión.

Este inconveniente se puede reducir o eliminar, con el uso de condensadores instalados en la proximidad de las cargas; y con capacidad para suministrar parte o toda la corriente de magnetización requerida para el usuario.

El factor de potencia de un circuito de corriente alterna, está dado por la ecuación:

Ecuación 68

$$\mathbf{Cos \varphi = \frac{P}{S}}$$

Fuente: El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales (Enríquez Harper)

Dónde:

Cos φ = Factor de potencia expresado como un número, o como un porcentaje.

P= Potencia activa absorbida o entregada por el circuito (WATTS)

S= Potencia aparente del circuito (VA)

Debido a que la potencia activa (P), no puede nunca exceder a la potencia aparente S; el factor de potencia, no puede ser nunca mayor que la unidad (0 al 100%); debido a que la potencia aparente, solo puede ser igual a la potencia activa en un circuito resistivo.

En resumen, el factor de potencia de un circuito o un aparato, es una manera simple de establecer que parte de la potencia aparente, es real o activa.

En un circuito monofásico, el factor de potencia es también una medición del ángulo de fase, entre el voltaje y la corriente.

CALCULO DE LA POTENCIA DE LOS CONDENSADORES, PARA LA CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA, Y SU SISTEMA DE INSERCIÓN

(Enríquez, 2015, págs. 566-577)El factor de potencia de una instalación, dependiendo de su tamaño y características, se puede corregir; ya sea usando motores sincrónicos que inyecten potencia reactiva, o bien por el medio del USO DE CONDENSADORES.

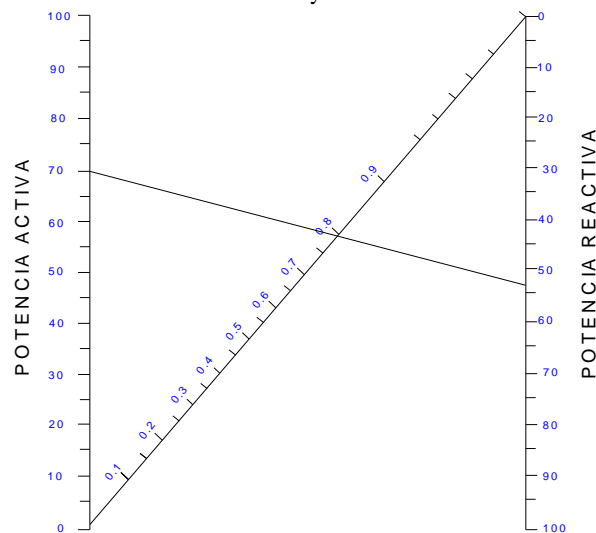
En cualquier caso, el cálculo de la potencia reactiva a suministrar en una instalación para la corrección del factor de potencia; es relativamente sencillo, ya que es suficiente con el cálculo de la potencia reactiva.

Para los fines prácticos del cálculo, los procedimientos se simplifican aún más, ya que se hace uso de tablas o nomogramas, en donde se lee directamente la potencia

requerida por el condensador o banco de condensadores; en función del factor de potencia actual, y el factor de potencia deseado.

Dadas las características globales de una instalación; La potencia activa y la potencia reactiva absorbida, El grado de compensación de la energía reactiva, es el resultado de un cálculo de conveniencia económica, por otra parte, siempre es conveniente reportar el factor de potencia, con un valor superior al mínimo establecido en el contrato, con la compañía suministradora; ya que la solución adoptada deberá ser objeto de una comparación entre el costo adicional a la instalación que se obtiene.

Ilustración 19 Nomograma de la relación entre Potencia Activa, Potencia Reactiva y Factor de Potencia.

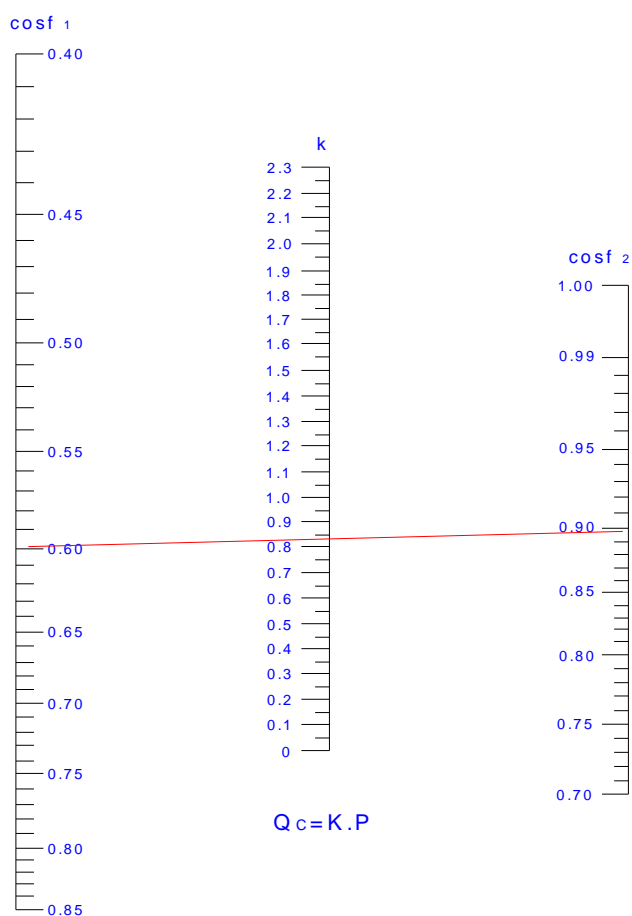


Fuente: El ABC de las instalaciones industriales (Enríquez Harper)

En el nomograma anterior, conocidas dos de las tres cantidades, se calcula la tercera. Por ejemplo se muestra con una potencia activa de 70, y un factor de potencia de 0.8; la potencia reactiva es de 53; este nomograma permite el cálculo directo de estas relaciones, sin necesidad de hacer uso de las formulas.

Por otra parte, para el cálculo rápido de la potencia reactiva de los condensadores; se hace uso de otro nomograma, que relaciona el factor de potencia de la instalación, y el factor de potencia que desea obtener; con un coeficiente K, mediante el cual se calcula la potencia reactiva como $Q = KP$, siendo: P=Potencia activa de la instalación, Q= Potencia reactiva del banco de condensadores.

Ilustración 20 Nomograma para el cálculo de la Potencia de los Condensadores para Mejorar el Factor de Potencia



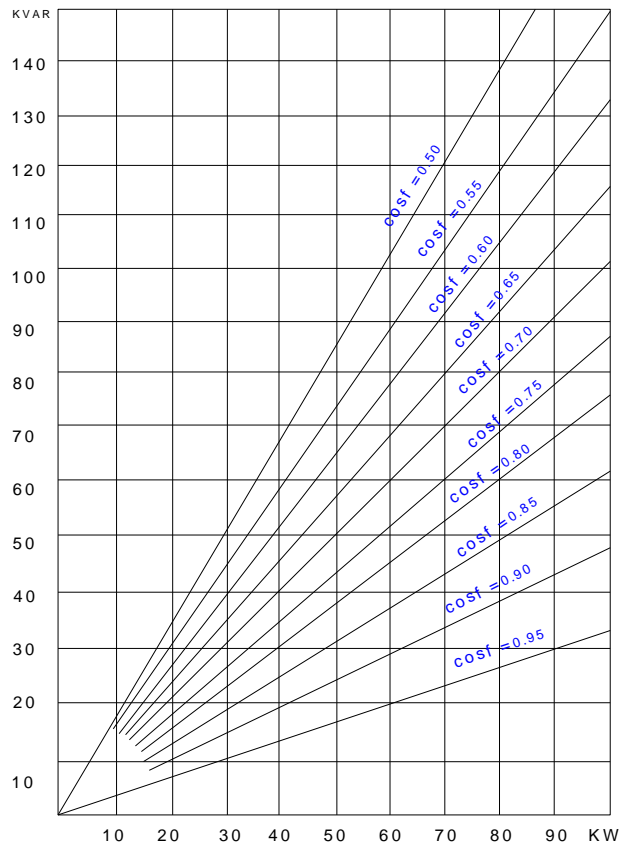
Fuente: Fuente: El ABC de las instalaciones industriales (Enríquez Harper)

Por ejemplo, en una instalación eléctrica con una potencia de 1000kw, con un factor de potencia a 0.9, del nomograma anterior K, es 0.8; por lo tanto la potencia necesaria de los condensadores es:

$$Q = K \cdot P = 0.8 \times 1000 = 800 \text{KVAR}$$

La relación entre la potencia activa y la potencia reactiva, se puede obtener también por medio de graficas como la mostrada en la siguiente figura:

Ilustración 21 Relación de la Potencia Activa, la Potencia Reactiva, y el Factor de Potencia



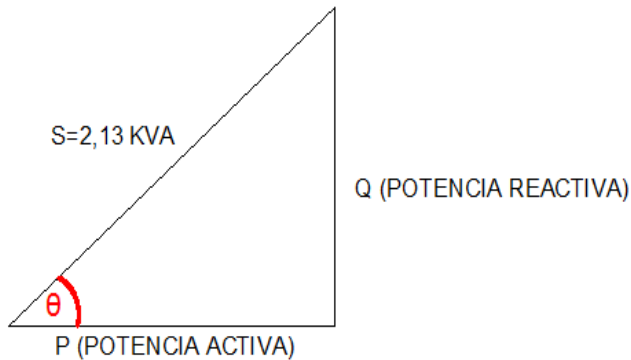
Fuente: El ABC de las instalaciones industriales (Enríquez Harper)

Una vez que se determina la potencia total de los condensadores; necesaria para corregir el factor de potencia de una instalación, se debe hacer la subdivisión de potencia, en varias unidades; así como la ubicación de la misma, de los condensadores en la instalación.

Con respecto a la subdivisión en varias unidades, o módulos, se deben considerar los tipos constructivos existentes en el mercado; así como las características de los aparatos de conexión y protección.

Ejemplo: Un motor asíncrono trifásico nos da como potencia 2.13 KVA con un factor de potencia de 0,30 estando conectado su eje a una carga mecánica. Añadiendo capacitores se modifica dicho factor pasando a valer 0,95. Hallar la potencia reactiva de los capacitores necesarios y la capacitancia por cada fase.

Datos: Frecuencia = 60 Hertz. Tensión = 216 V.



$$\theta = \text{Cos}^{-1}(FP)$$

$$\theta = \text{Cos}^{-1}(0,30) = 72,54^\circ$$

$$\theta = \text{Cos}^{-1}(0,95) = 18,19^\circ$$

Procedemos a encontrar la Potencia Activa (P) y la Potencia Reactiva (Q).

$$P = S * FP$$

$$P = 2,13KVA * 0,3 = 0,64KW$$

$$Q_T = \sqrt{S_T^2 - P_T^2}$$

$$Q_T = \sqrt{2,13^2 - 0,64^2} = 2,04 VAR$$

Encontramos Q*(Potencia Reactiva que debe de resultar para conseguir FP=0,95) y con ella encontramos Qc (Potencia Reactiva de los Capacitores) y mediante las siguientes formulas encontramos la Capacitancia de cada condensador.

$$Q^* = P * \text{Tang}(\theta_{\text{mejorado}})$$

$$Q^* = 640W * \text{Tang}(18,19) = 210,30 VAR$$

$$Q_C = Q_I - Q^*$$

$$Q_C = 2040VAR - 210,30VAR = 1829,70 VAR$$

$$Q_{C_{xFASE}} = \frac{Q_C}{3}$$

$$Q_{C_{xFASE}} = \frac{1829,70 VAR}{3} = 610 VAR$$

$$X_C = \frac{V^2}{Q_{C_{xFASE}}}$$

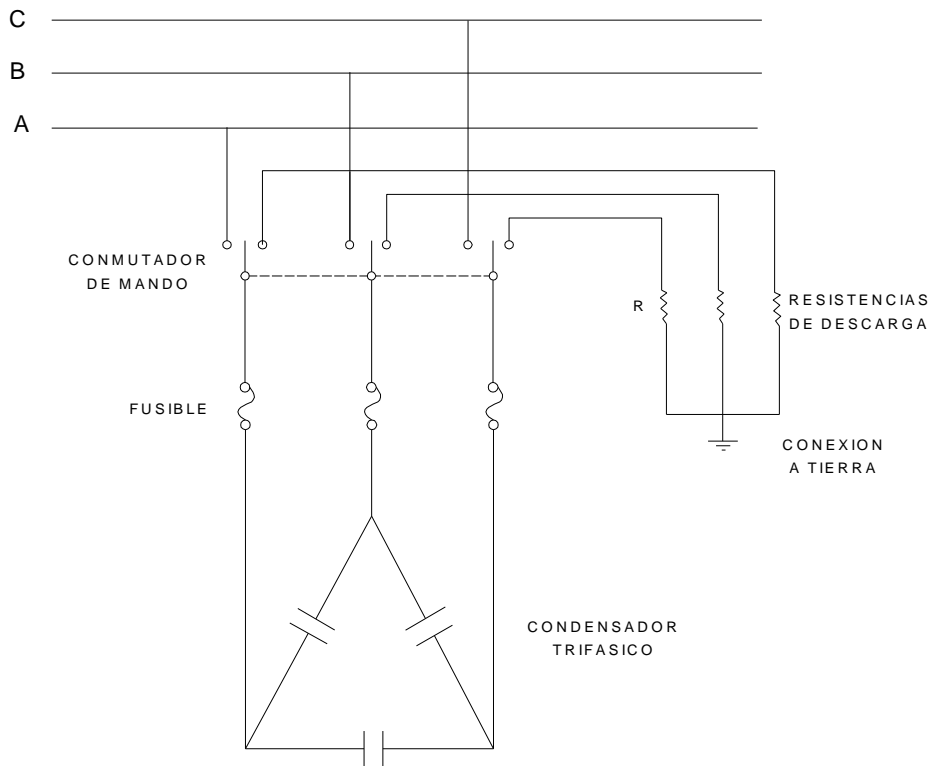
$$X_C = \frac{216V^2}{610VAR} = 76,48 \Omega$$

$$C = \frac{1}{\omega * X_C}$$

$$C_{FASE} = \frac{1}{2\pi * 60Hz * 76,48\Omega} = 34,6 \mu F$$

Respuesta: Se necesitaría una Potencia Reactiva por fase de 610 VAR y una Capacitancia por fase de 34,6uF.

Ilustración 22 Diagrama de Conexiones de un Condensador Trifásico a la alimentación mostrando los elementos de mando, control y protección



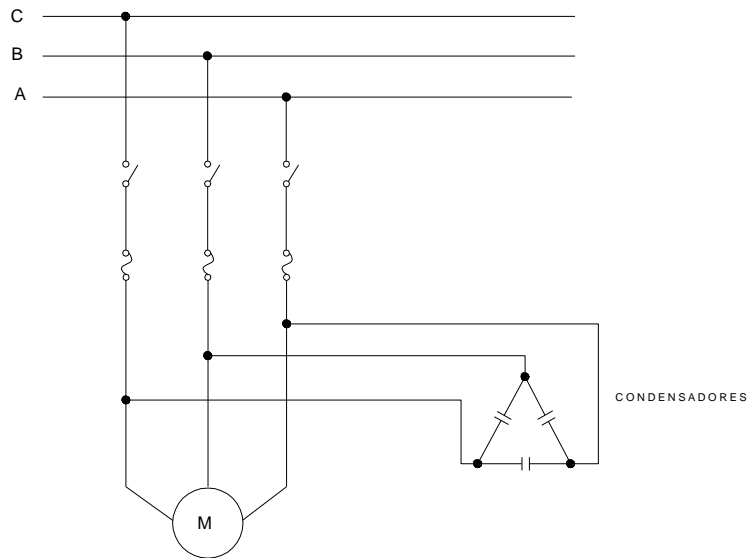
Fuente: El ABC de las instalaciones industriales (Enríquez Harper)

- A) Disposición distribuida, de manera que un condensador se instala, actuando sobre cada carga por corregir.
- B) Disposición por grupo de cargas.
- C) Disposición centralizadas.

A) Disposición distribuida

Esta es considerada en muchos casos, como la solución ideal; cada condensador se instala junto a la carga, sobre la que se va actuar. La energía reactiva requerida, se suministra directamente en las terminales de carga. En la siguiente figura, se muestra un ejemplo de instalación de condensadores, para corregir el factor de potencia de un motor de inducción.

Ilustración 23 Corrección del Factor de Potencia de un Motor de Inducción



Fuente: El ABC de las instalaciones industriales (Enríquez Harper)

Las principales ventajas de esta disposición distribuida, son las siguientes:

- La utilización completa de la instalación, y de los alimentadores.
- La adecuación de la potencia reactiva, a la potencia activa de la instalación, para cada condición de funcionamiento.

Las principales desventajas de la disposición distribuida son:

- Costo elevado, cuando se trata de un número grande de cargas por corregir; ya que se requiere de una cantidad considerable de condensadores.
- Mayor número de elementos en la instalación; ya que se requiere proteger a los condensadores contra golpes, corrosión, o incendio; con el consecuente incremento en el costo.

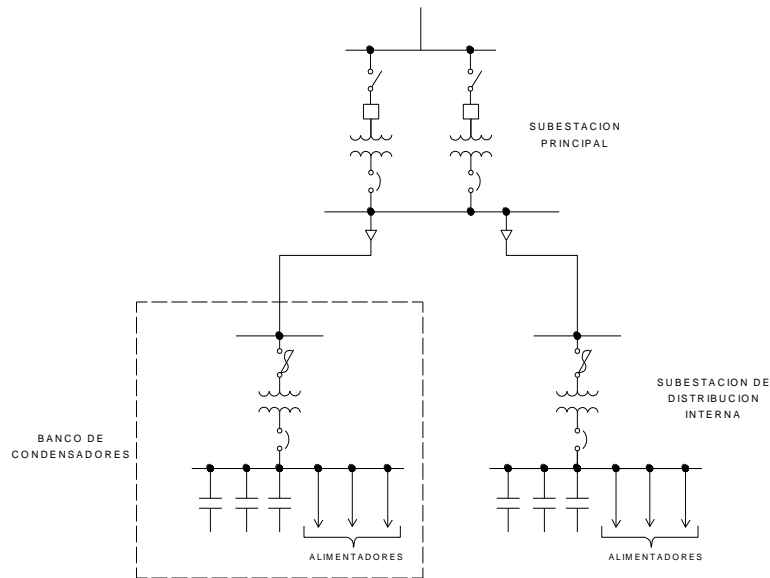
B) Disposición por grupo

Esta solución representa un compromiso, desde el punto de vista técnico; en la práctica resulta ser de las más usadas; ya que permite equilibrar las exigencias económicas, con una utilización discreta de las instalaciones.

Prácticamente, el número de centros de corrección del factor de potencia y la potencia de cada grupo, sobre lo que actúan los condensadores; son objeto de un estudio instalación por instalación. Los bancos de condensadores, se pueden instalar en los mismos tableros; por ejemplo, en los centros de control de motores.

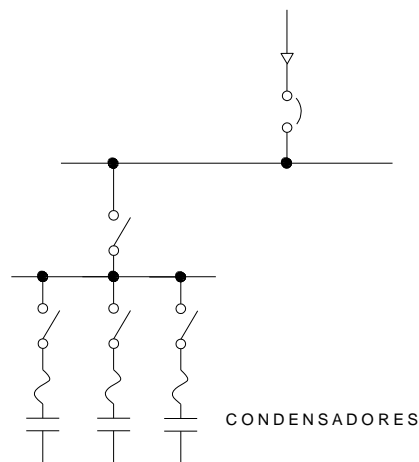
En la siguiente figura, se muestra un diagrama de ejemplo, para la corrección del factor de potencia en un grupo de cargas.

Ilustración 24 Corrección del Factor de Potencia con Disposición por Grupo



Fuente: El ABC de las instalaciones industriales (Enríquez Harper)

Ilustración 25 Detalle de la Instalación de Condensadores



Fuente: El ABC de las instalaciones industriales (Enríquez Harper)

C) Disposición centralizadas

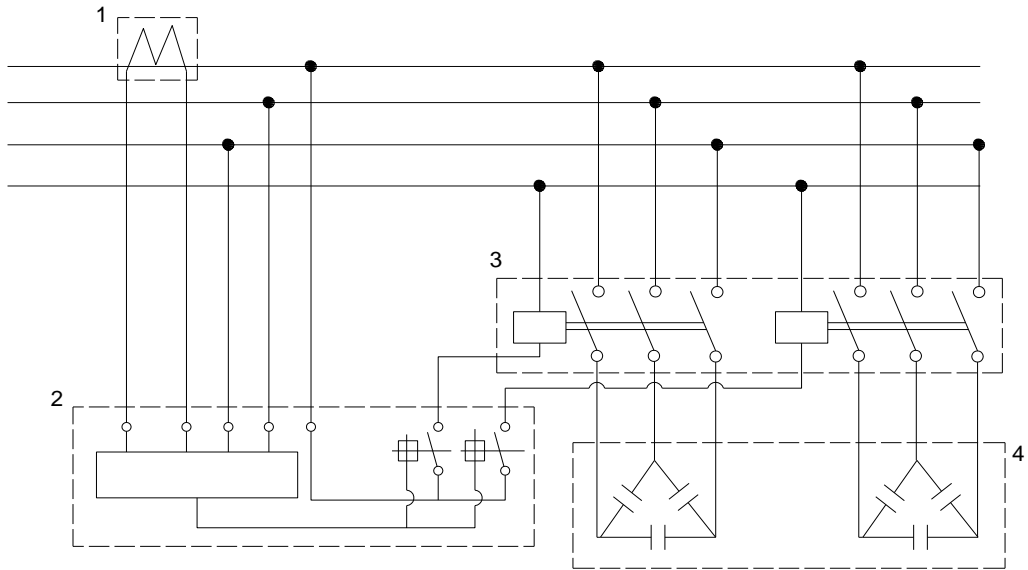
(Luna Sánchez, 2008) Con este método se compensa la potencia reactiva de toda una instalación. Se trata de una compensación automática mediante un regulador de potencia reactiva que conecta y desconecta una serie de condensadores en función de la demanda de potencia reactiva de la instalación. En este caso las baterías de condensadores se sitúan en el cuadro general de distribución.

Ventajas:

1. Se facilita la revisión y el mantenimiento del equipo, así como la posibilidad de realizar ampliaciones.
2. El valor de la potencia reactiva instalada es menor que en el caso de hacer toda la compensación individual o en grupos.
3. El sistema de compensación se ajusta a las necesidades de energía reactiva en cada instante.
4. Produce un ahorro máximo en el recibo de facturación eléctrica mensual
5. Los elementos que forman parte de un sistema de este tipo son:
 1. Transformadores de medida.
 2. Regulador de potencia reactiva.
 3. Aparatos de maniobra.
 4. Condensadores.

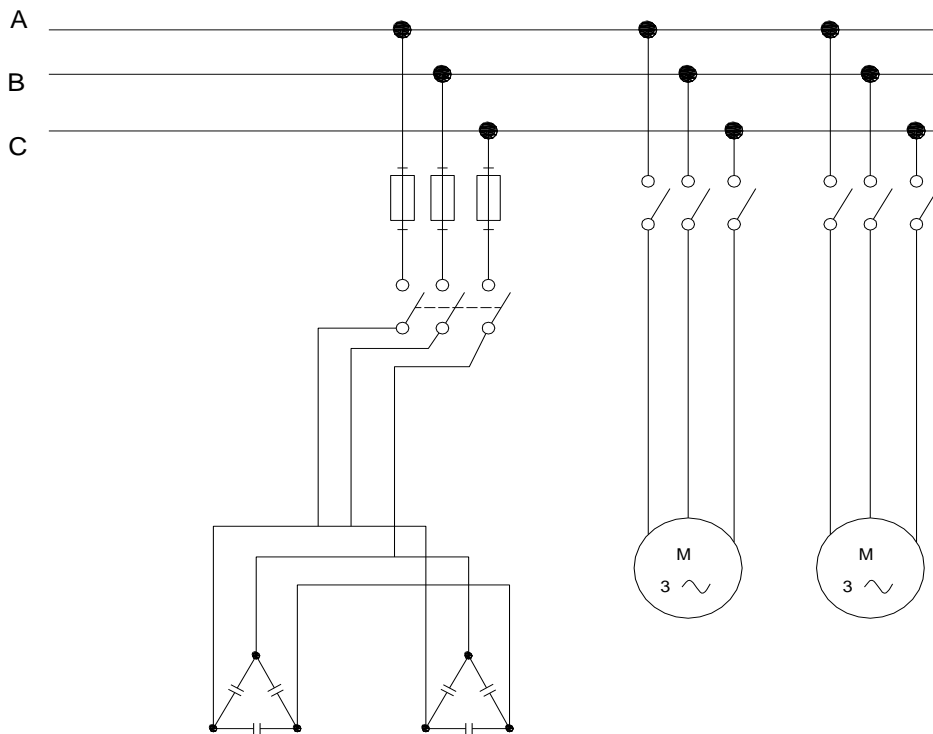
Estos equipos se comercializan bajo el nombre de “baterías de compensación automática” que integran todos estos elementos.

Ilustración 26 Elementos de una instalación de compensación automática



Fuente: Fuente: El ABC de las instalaciones industriales (Enríquez Harper)

Ilustración 27 Baterías de Condensadores para 2 Motores



Fuente: Fuente: El ABC de las instalaciones industriales (Enríquez Harper)

3. CAPÍTULO III DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

3.1 DISEÑO MECÁNICO.

Para el diseño estructural del banco de pruebas se hizo la utilización de los programas AutoCAD y Solid Edge, estas herramientas de dibujo permitieron realizar el modelado de varios bosquejos, de los cuales se seleccionó al que cumpla con las mejores características técnicas, de seguridad, confort y económicas.

3.1.1 ESTRUCTURA DE SOPORTE.

La estructura fue diseñada para que sirva de soporte de una plancha de hierro de 2mm de espesor debidamente tratada y pintada, sobre la cual se montaron los elementos y equipos eléctricos que conforman el banco de pruebas.

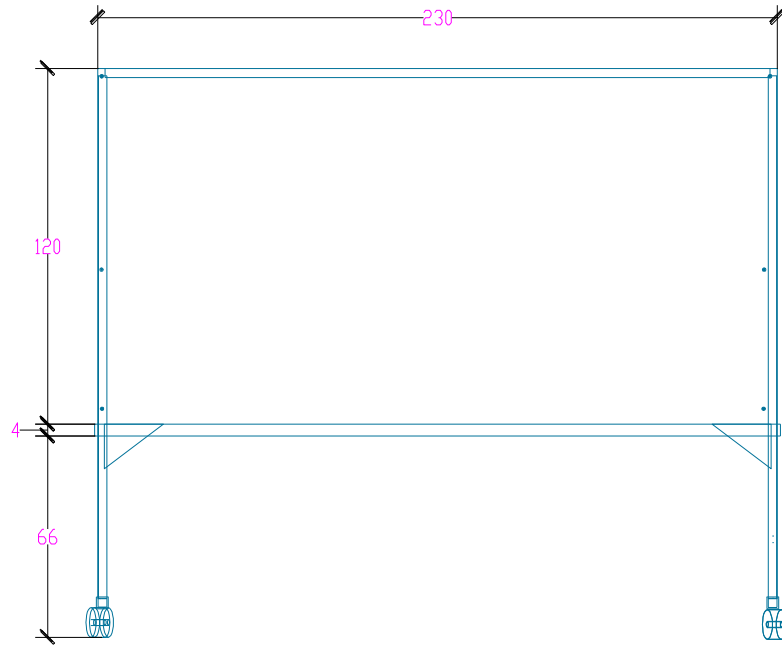
El tablero posee una barra de puesta a tierra general, de cobre electrolítico de sección no inferior a 150 mm², con el fin de garantizar el perfecto aterrizaje de las masas metálicas y la equipotencialidad de todos los equipos y componentes.

Adicionalmente se instaló cuatro ruedas direccionables para facilitar el movimiento del tablero de un lugar a otro.

Las mediadas de los planos del presente proyecto están dadas en centímetros. Teniendo en cuenta que la altura máxima es de 1.90 m y el ancho máximo es de 2.30 m, debido a las medidas de las puertas del laboratorio donde se va a proceder a trabajar con el banco de pruebas.

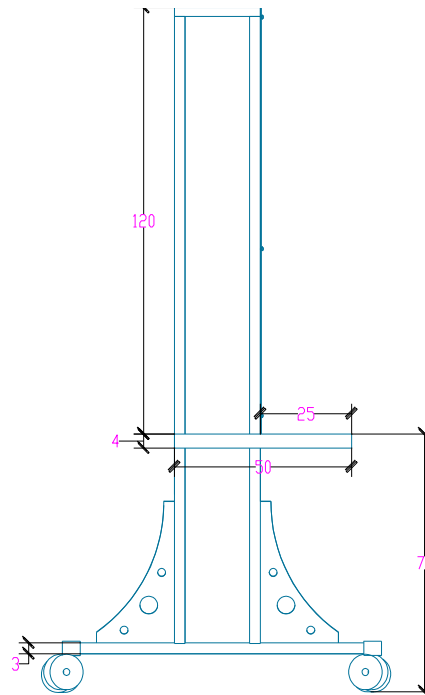
A continuación se detallan las diferentes medidas y cortes de la estructura de soporte.

Ilustración 28 Vista frontal de la mesa



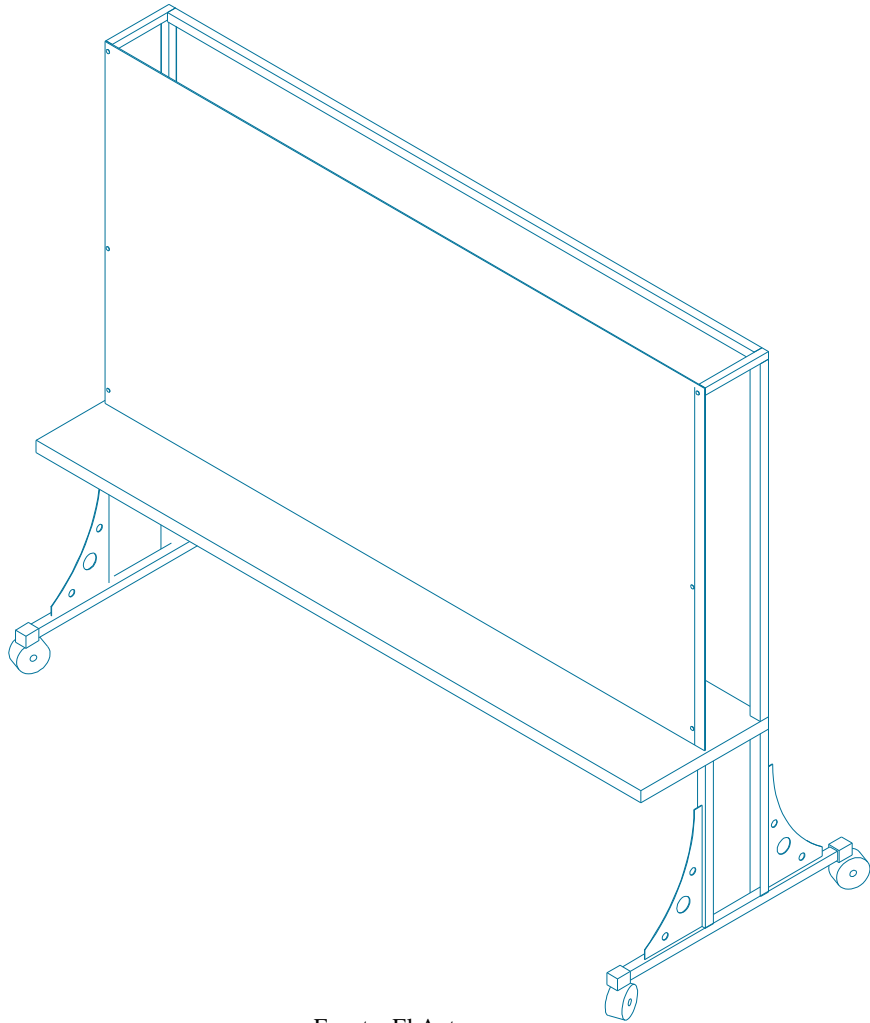
Fuente: El Autor

Ilustración 29 Vista lateral izquierda de la mesa



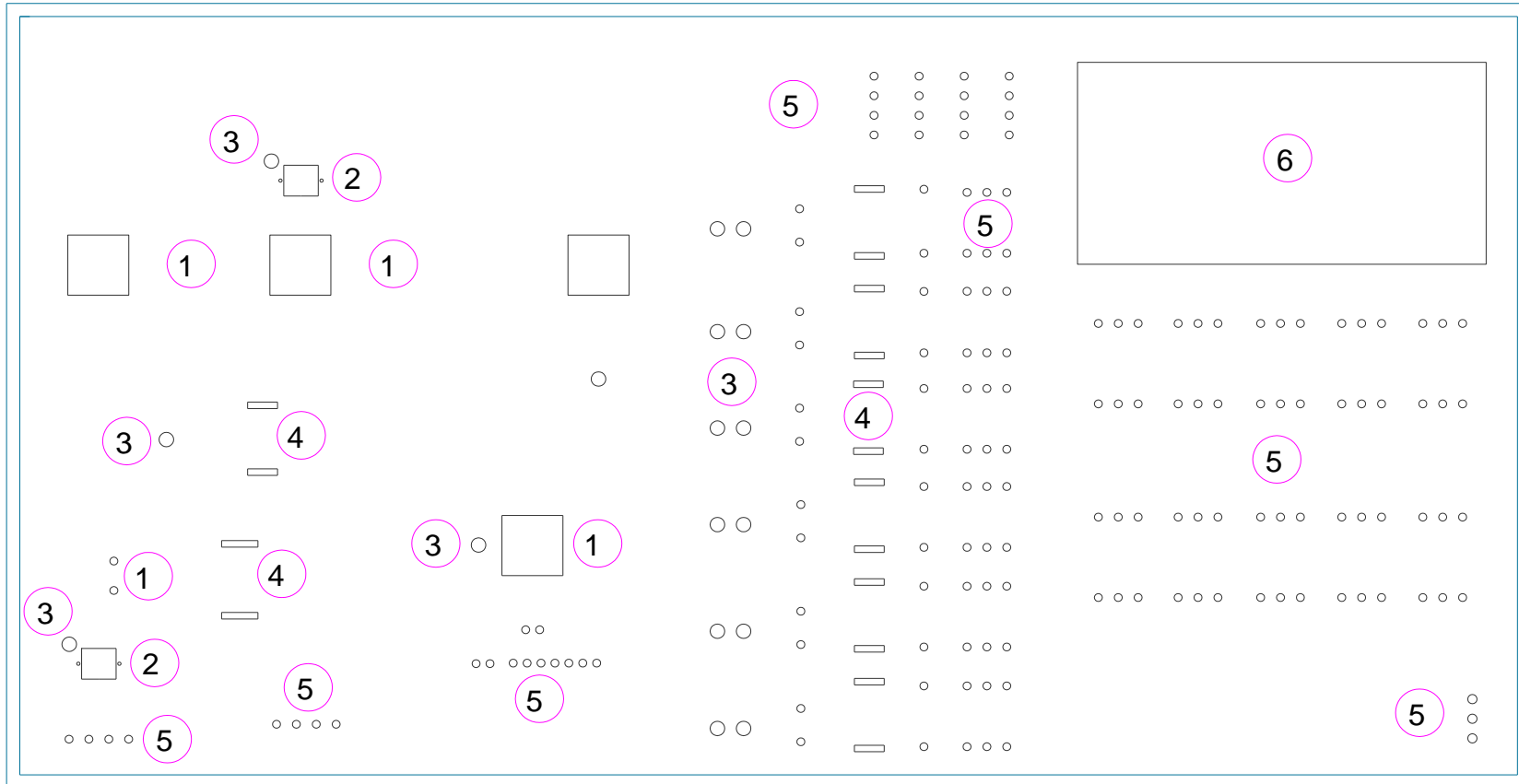
Fuente: El Autor

Ilustración 30 Vista isométrica de la mesa



Fuente: El Autor

Ilustración 31 Perforaciones de la plancha de hierro.



4. Calado rectangular de 92x92 mm

5. Calado rectangular de 52x47 mm

6. Calado circular, radio de 11 mm

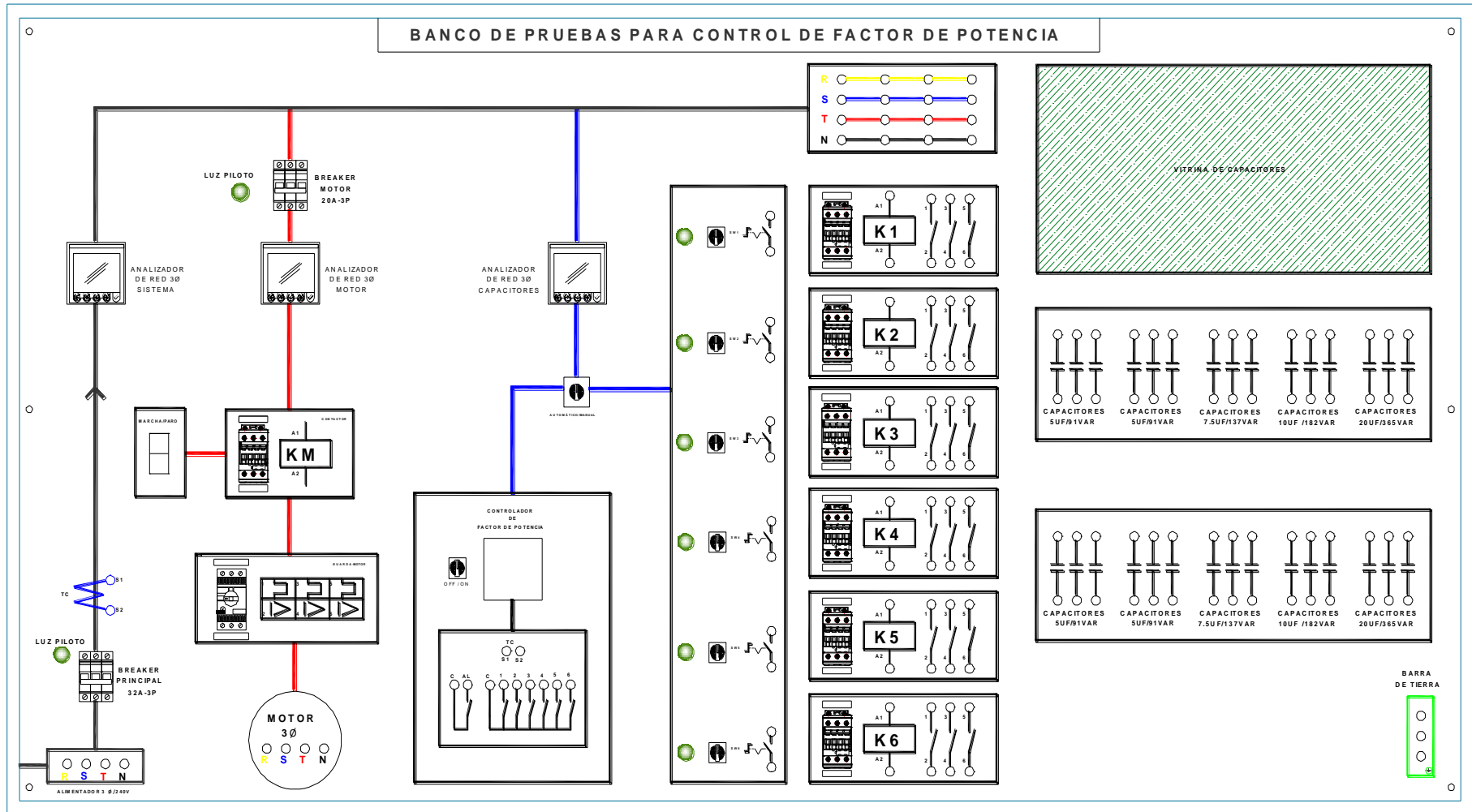
Fuente: El Autor

1. Calado rectangular de 45x10 mm

2. Calado circular, radio de 6 mm

3. Calado rectangular de 616x309 mm

Ilustración 32 Disposición de equipos y elementos.



Fuente: El Autor

3.2 DISEÑO ELÉCTRICO.

El diseño eléctrico del banco de pruebas toma en cuenta la disposición física de los equipos y elementos, de acuerdo a esta información se realizó un esquema eléctrico que facilite el conexionado de los cables.

Se hizo uso del programa ELCAD ELECTRIC, herramientas de diseño eléctrico. El diagrama eléctrico del presente proyecto se encuentra adjunto en el ANEXO 1.

El banco tiene dos vías accesos para la alimentación trifásica a 220 V, una mediante una toma industrial sobrepuesta y la otra a través de bornes colocados e identificados en la parte inferior izquierda del tablero.

El banco posee tres instrumentos de medición, un totalizador del sistema, uno para el lado de la carga y otro los bancos de capacitores, estos equipos miden los parámetros eléctricos de cada uno de los ramales principales.

Además se cuenta con un sistema de arranque directo para un motor trifásico, el cual consta de un disyuntor termomagnético, un contactor tripolar, un guarda motor y un pulsador para encendido y apagado del motor.

En la parte frontal se ha dispuesto conjuntos de bornes tipo banana para la interconexión de elementos y equipos durante la realización de las prácticas de laboratorio.

3.2.1 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE EQUIPOS Y ELEMENTOS.

La descripción y características técnicas de cada uno de los equipos y componentes que conforman el banco de pruebas se detalla a continuación:

3.2.1.1 Controlador Factor Potencia.

Equipo capaz de regular el factor de potencia a un valor programado de manera manual y automática, mediante el uso de señales de corriente y voltaje y de la conexión - desconexión de bancos de capacitores.

Ilustración 33 Equipo Controlador de Factor de Potencia



Fuente: El Autor

Tabla 1 Características técnicas del controlador de factor de potencia

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca	LOVATO
Modelo	DCRK7
Tensión nominal U_e	208-240 V
Corriente nominal I_e	5 A
Frecuencia nominal	50-60 Hz
Potencia máxima absorbida	6,2 VA
Límites de funcionamiento	-15%...+10% U_e
Temperatura de empleo	-20°...+60°C

Fuente: Catalogo Controlador Lovato DCRK7

3.2.1.2 Medidor De Parámetros Eléctricos.

Instrumento dedicado a la medición y visualización de parámetros eléctricos como: tensión, corriente, potencia activa, reactiva y aparente de una red eléctrica.

En el banco de control se utilizó el medidor de energía Siemens Sentron PAC3100 en el manual de instalación indica que es un instrumento que permite la visualización de los parámetros de red más relevantes.

Ilustración 34 Medidor de parámetros PAC 3100



Fuente: El Autor

Tabla 2 Características Técnicas del Medidor de Parámetros Eléctricos

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca	Siemens
Modelo	PAC 3100
Tipo de alimentación	AC/DC
Tensión nominal (alimentación)	100 ... 240 V AC (45 ... 65 Hz) o 110 ... 250 V DC
Tensión L-N	AC 3~ 277 V (+ 20 %)
Tensión L-L	AC 3~ 480 V (+ 20 %)
Corriente nominal Ie	AC 3~ x / 5 A (+ 20 %)
Máx. intensidad permanente admisible	10 A
Frecuencia nominal	50-60 Hz
Potencia máxima absorbida	DC 5 W / AC 10 VA
Límites de funcionamiento	± 10 % del rango nominal AC/DC

Fuente: Catalogo Siemens

3.2.1.3 Contactor Trifásico.

(Viloria, 2009, pág. 50; Viloria, 2009) Señala el concepto del dispositivo utilizado en el banco:

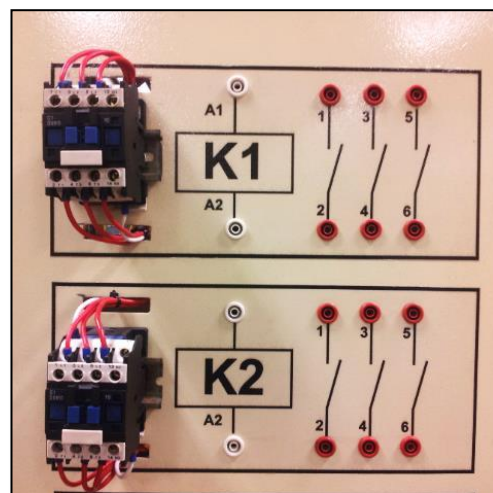
Interruptor accionado por electroimán y para el que se pueden elegir diversas formas de maniobra.

Un contactor no es ningún dispositivo protector, simplemente es un interruptor. Los contactos del contactor tienen la capacidad de cerrar y abrir circuitos de carga.

Características principales de los contactores:

- Tensión asignada (V).
- Corriente asignada(A).
- Tensión y corriente de alimentación al electroimán.
- Números de polos principales.
- Contactos auxiliares (abiertos, cerrados y temporizados).
- Presentación y forma de fijación.

Ilustración 35 Contactor Trifásico



Fuente: El Autor

Tabla 3 Características Técnicas Contactor Trifásico

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca	Camsco
Modelo	C1-D09/220
Tensión de nominal (bobina)	220 V
Tensión nominal (contactos)	220 - 440
Corriente nominal	25 A
Frecuencia nominal	50-60 Hz
Contactos	1 NO

Fuente: Catalogo Camsco

3.2.1.4 Guarda Motor.

(Roldan Viloria, 2014, pág. 37) Como definición de concepto un guarda motor es un interruptor magneto-térmico, especialmente diseñado para la protección de motores eléctricos. Este interruptor capaz de establecer, mantener e interrumpir las intensidades de corriente de servicio, o de establecer e interrumpir automáticamente en condiciones predeterminadas.

Pero contrariamente a lo que ocurre con los pequeños interruptores automáticos magneto térmicos, los guarda-motores son regulables; resultado de lo cual se dispone en una sola unidad de las funciones que de otra manera exigirían por ejemplo la instalación de al menos tres unidades a saber: interruptor, contactor y relevo térmico.

Ilustración 36 Guarda motor



Fuente: El Autor

Tabla 4 Características Técnicas del Guarda-motor

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca	Siemens
Modelo	3RV2021 - 4BA10
Tipo	Clase 10
Tensión de nominal	690 V
Corriente nominal	20 A
liberación de cortocircuito retardado	260 A
Frecuencia nominal	50-60 Hz

Fuente: Catalogo Siemens

3.2.1.5 Transformadores De Corriente (Medida).

Dispositivo que permite transformar la corriente eléctrica que circula en una instalación de valores primarios elevados a valores secundarios admisibles para un dispositivo de medición.

Ilustración 37 Transformadores de Corriente 30/5A



Fuente: El Autor

Tabla 5 Características Técnicas del Transformador de Corriente (Medida)

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca	Camsco
Modelo	CFS-33 30/5
Precisión	Clase 1
Corriente nominal primaria	30 A
Corriente nominal secundaria	5 A
Burden	2,5 VA
Tensión de empleo	600 V

Fuente: Catalogo Camsco

3.2.1.6 Disyuntor o Interruptor Termomagnético

(Roldan Viloría, 2014, pág. 37) Como concepto referencial “Interruptor capaz de establecer, mantener e interrumpir las intensidades de corriente de servicio, o de

establecer e interrumpir automáticamente, en condiciones predeterminadas, intensidades de corriente anormales elevadas como las de corrientes de cortocircuito.

Ilustración 38 Disyuntor Trifásico



Fuente: El Autor

Tabla 6 Características Técnicas de Disyuntor trifásico

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca	Schneider-electric
Modelo	C32
Tipo	C60n
Tensión de nominal	400 V
Corriente nominal	32 A
Frecuencia nominal	50-60 Hz

Fuente: Catalogo Siemens

3.2.1.7 Pulsador

Como una definición del pulsador se puede decir que es un dispositivo abrir y cerrar un circuito de control por medio de botones son de diversas formas y tamaños y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos y electrónicos.

Puede ser un contacto normalmente abierto en reposo NA o NO, o con un contacto normalmente cerrado en reposo NC.

Ilustración 39 Pulsador doble (Marcha y Paro)



Fuente: El Autor

Tabla 7 Características Técnicas del Pulsador Doble

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca	Camsco
Modelo	S/M
Contactos	NA/NC
Tensión de empleo	240 V

Fuente: Catalogo Camsco

3.2.1.8 Selector

Un selector es un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica y tiene dos estados que son encendido y apagado. Encendido para cuando deja pasar la corriente y apagado cuando abre los contactos y no deja que pase la corriente

Ilustración 40 Selector



Fuente: El Autor

Tabla 8 Características técnicas de selectores

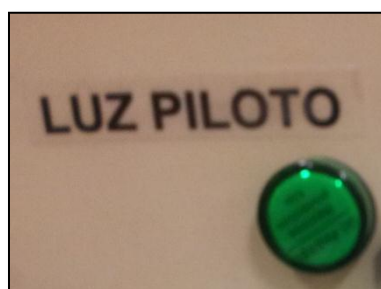
CARACTERISTICAS TÉCNICAS	
Marca	Camsco
Modelo	Plástico
Tensión de empleo	240 V

Fuente: Catalogo Camsco

3.2.1.9 Luces Piloto

Son indicadores luminosos que se son utilizados para visualizar el estado en el cual se encuentra un circuito eléctrico.

Ilustración 41 Luz piloto



Fuente: El Autor

Tabla 9 Características técnicas de luces piloto

CARACTERISTICAS TÉCNICAS	
Marca	Camsco
Modelo	LED VERDE
Tensión de empleo	240 V

Fuente: Catalogo Camsco

3.2.1.10 Capacitores

El capacitor es un elemento pasivo diseñado para almacenar energía en su campo eléctrico y lo emplearemos en la corrección del factor de potencia.

Ilustración 42 Capacitores



Fuente: El Autor

Tabla 10 Características Técnicas de los Capacitores

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca	Ufasa
Modelo	S/M
Frecuencia	50-60Hz
Capacitancia	5-7.5-10-20 uf
Tensión de empleo	450Vac

Fuente: Catalogo Ufasa

3.2.1.11 Fusibles

Un fusible es un dispositivo constituido por un filamento o lámina de metal o aleación de bajo punto de fusión que se instala en un sistema para que se funda, cuando la intensidad de corriente supere a la que está diseñado soportar.

Ilustración 43 Fusibles



Fuente: El Autor

Tabla 11 Características técnicas de los fusibles

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca	Camsco
Modelo	S/M
Corriente Max	1-2-5A
Tensión de empleo	240 V

Fuente: Catalogo Camsco

3.2.1.12 Bornes De Conexión.

Son elementos utilizados para la conexión de circuitos eléctricos, capaces de simplificar el diseño de una instalación y facilitar el mantenimiento de la misma.

Para el diseño del tablero se utilizaron bornes para conexión de cables aislados de calibres #10, 12, 14, 16 AWG.

Ilustración 44 Bornes de Conexión



Fuente: El Autor

Tabla 12 Características Técnicas de Bornes de Conexión

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca	Cal Test Electronics
Modelo	CT2236
Tipo	Jack Banana
IEC Clasificación	1000 V CAT III / 600 V CAT IV
Corriente nominal	36 A
Temperatura	-20 a 80°C

Fuente: Catalogo Cal Test Electronics

3.3 SECUENCIA DE CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE.

A continuación se dará una breve descripción del proceso constructivo de la estructura que sirve de soporte para el banco de pruebas.

La elaboración de la estructura metálica del banco, se llevó a cabo en un taller metalmecánico de la ciudad de Guayaquil, utilizando materiales y acabados de primera calidad. Para la construcción de la estructura del banco de pruebas, se utilizó tubos cuadrados estructurales, los cuales fueron cortados de acuerdo a las medidas establecidas en el diseño.

Ilustración 45 Elaboración de la estructura de soporte.



Fuente: El Autor

Ilustración 46 Estructura



Fuente: El Autor

3.4 SECUENCIA EN LA ELABORACIÓN DE LALAMINA DE CONEXIONES.

En la plancha de hierro de 3mm de espesor sobre la cual se montaron los elementos y equipos eléctricos, se realizó las perforaciones en los lugares que se indica en los planos, la parte de señalización de los componentes y demás requerimientos necesarios como logotipos, nombres etc.

Para realizar las diferentes perforaciones se recolectó la información de las medidas exactas de cada elemento a ser instalado. Esto fue posible gracias a los datos obtenidos de los manuales de los fabricantes de cada equipo.

Las perforaciones fueron realizadas tal y como se muestra en la ilustración 31.

Ilustración 47 Elaboración de perforaciones.



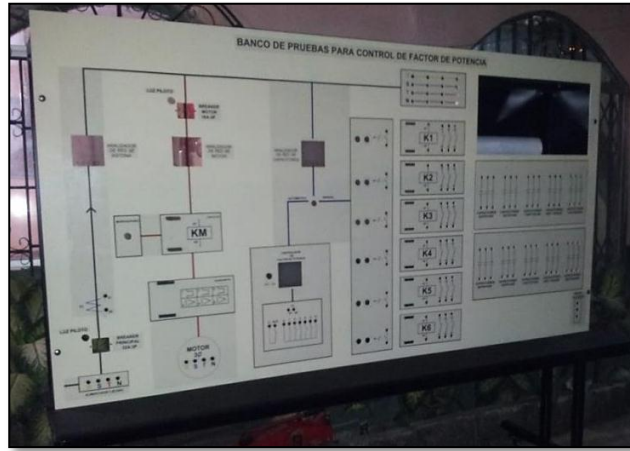
Fuente: El Autor

Todas las superficies terminadas fueron cubiertas con pintura apropiada para prevenir la oxidación de las mismas.

Una vez pintada la lámina se procedió a colocar un mímico de identificación de las partes y equipos del tablero, de esta forma garantizamos una fácil comprensión del banco de pruebas.

El diseño del mímico de identificación se indica en la ilustración 32.

Ilustración 48 Pintado y acabados.



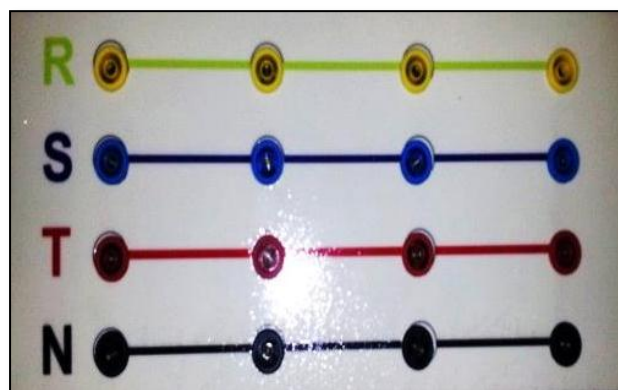
Fuente: El Autor

3.5 SECUENCIA EN LA INSTALACIÓN DE ELEMENTOS EN EL BANCO.

Luego de finalizado el proceso constructivo estructural del banco de pruebas, se procede a la instalación de cada uno de los equipos eléctricos en los lugares indicados del diseño previamente realizado.

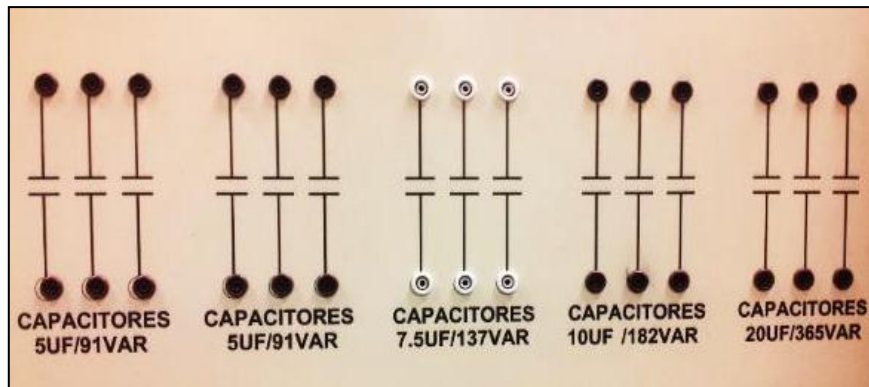
Para la instalación se siguen las instrucciones de montaje que vienen dadas en los manuales de usuario de cada equipo, tomando en cuenta las recomendaciones técnicas a fin de garantizar la vida útil de los mismos.

Ilustración 49 Instalación de bornes banana.



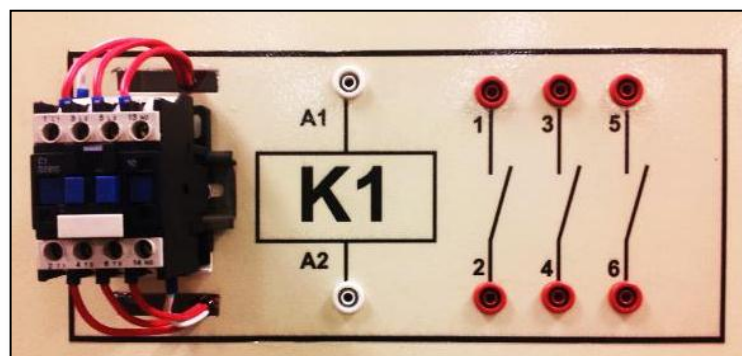
Fuente: El Autor

Ilustración 50 Bornes para bloque de capacitores.



Fuente: El Autor

Ilustración 51 Instalación de Contactores



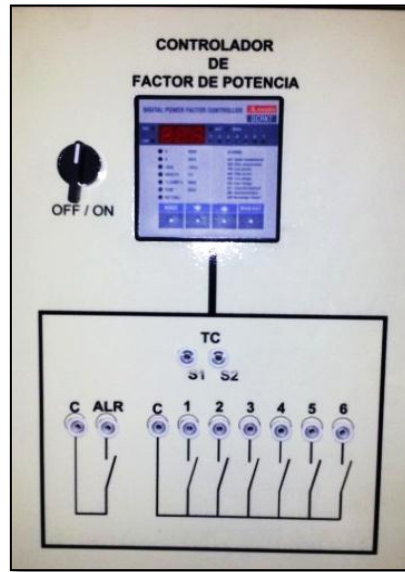
Fuente: El Autor

Ilustración 52 Instalación de medidores.



Fuente: El Autor

Ilustración 53 Instalación de controlador FP.



Fuente: El Autor

Ilustración 54 Instalación de TC's.



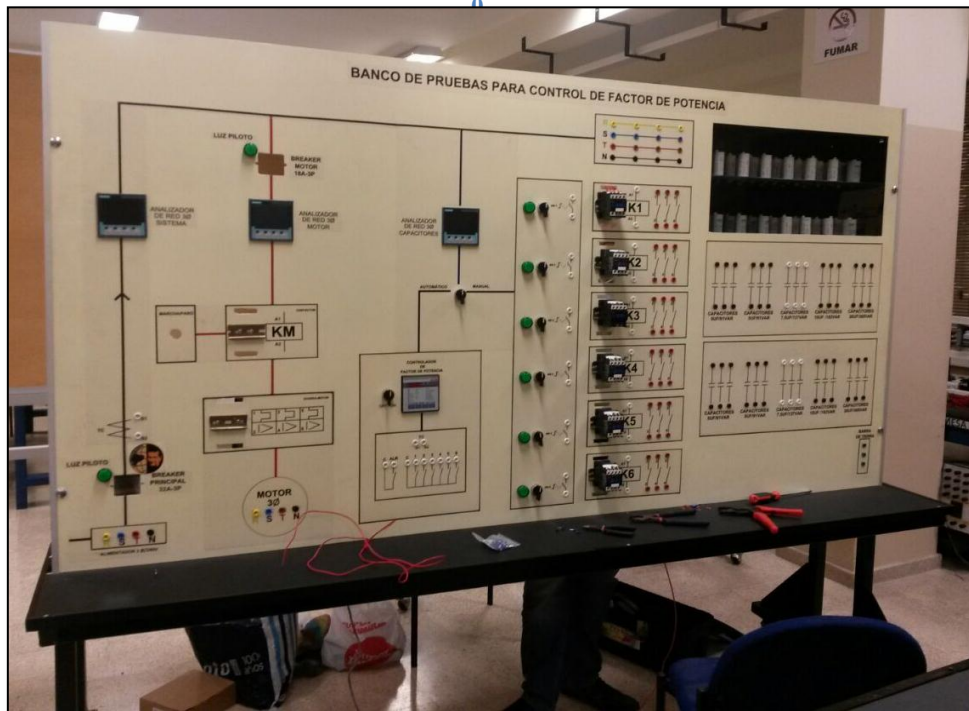
Fuente: El Autor

Ilustración 55 Instalación de capacitores.



Fuente: El Autor

Ilustración 56 Banco de pruebas para control de FP.



Fuente: El Autor

3.6 SECUENCIA DE CABLEADO Y CONEXIÓN DEL BANCO.

El cableado del banco se dispuso en canales ranuradas de PVC (Poli cloruro de Vinilo) con tapa, fijadas rígidamente a la plancha de acero. Las dimensiones de las canaletas son las adecuadas para el número de cables que se instalaron en su interior, previéndose una reserva del 20% en todos los casos.

Todas las conexiones del banco, se hicieron a través de bornes montadas sobre riel DIN de capacidad acorde a la sección y diámetro del cable que se conecta. Cada borne está individualizado como se lo indicado en los respectivos diagramas trifilares.

Todas las conexiones a bornes, equipos de medición, controlador de FP y bases porta fusibles, etc. se realizaron mediante terminales del tipo puntera aislados. Mientras que para las conexiones al borne tipo banana y transformadores de corriente se empleó el uso de los terminales tipo ojo. Todos los terminales son acorde a la sección y diámetro del cable instalado.

Todos los conductores están identificados por un mismo número colocado en ambos extremos mediante marquillas numeradas. Esta numeración corresponde con lo indicado en los respectivos diagramas eléctricos.

Ilustración 57 Cableado y conexión de Capacitores.



Fuente: El Autor

Ilustración 58 Cableado y conexión bornes tipo banana.



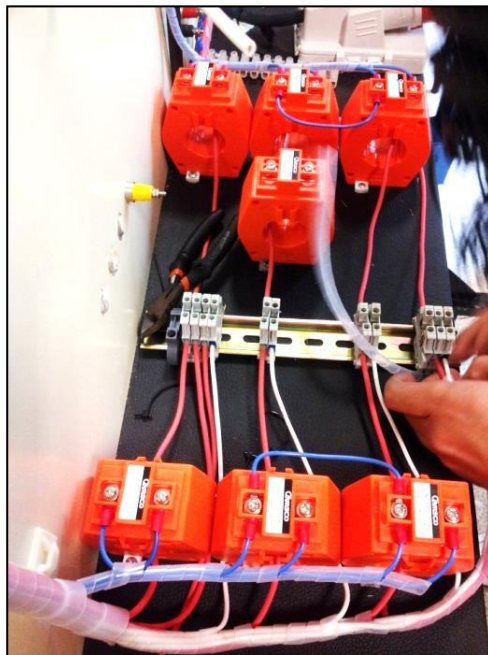
Fuente: El Autor

Ilustración 59 Cableado y conexión fuente de alimentación.



Fuente: El Autor

Ilustración 60 Cableado y conexión de TC's



Fuente: El Autor

3.7 PRESUPUESTO DE LA CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE CONTROL DE FACTOR DE POTENCIA

MATERIALES	CANTIDAD	COSTO	TOTAL
Analizador de Redes	3	412,20	1236,60
Contactador S/M	6	18,01	108,06
Contactador Siemens	1	26,20	26,20
Guarda motor trip	1	52,30	52,30
Luz piloto verde	8	2,00	16,00
Riel din	4	1,90	7,60
Tablero, estructura, mesa	1	900,00	900,00
Selectores	8	2,20	17,60
Base fusilera	30	2,00	60,00
Impresiones blanco y negro	4	15,00	60,00
Impresión a color	1	30,00	30,00
Impresión Vinil	2	70,00	140,00
Breaker Riel 3p-32A	1	26,17	26,17
Pulsador Doble	1	4,50	4,50
Transformador de Corriente 30/5A	10	11,25	112,50
Toma Sobrepuesta 32A	1	15,86	15,86
Terminal ojo	200	0,05	10,00
Terminal hembra	100	0,05	5,00
Terminal puntero	300	0,05	15,00
Terminal tubular	100	0,05	5,00
Base adhesiva pequeña	2	7,00	14,00
Amarra negra 10cm	2	1,20	2,40
Amarra negra 15cm	1	2,00	2,00
Base adhesiva grande	2	9,10	18,20
Cable flexible 12	50	0,50	25,00
Cable flexible 14	50	0,35	17,50
Cable flexible 16	50	0,26	13,00
Canaleta 25x25	3	4,70	14,10
Cinta doble faz	2	4,20	8,40
Pintura	1	5,00	5,00
Diluyente	1	5,00	5,00
Fusibles de 1A	30	1,20	36,00
Capacitores 10,7.5,20 uf	30	4,80	144,00
Borneras call test electronics	150	2,00	300,00
		TOTAL	\$ 3.452,99

4. CAPÍTULO IV MANUAL DE PRÁCTICAS

4.1 GUÍA DE PRÁCTICAS PARA PRUEBAS DEL BANCO.

PRÁCTICA 1: Mantenimiento y seguridad del banco.

PRÁCTICA 2: Comprobación de funcionamiento de elementos.

PRÁCTICA 3: Conexiones de capacitores.

PRÁCTICA 4: Análisis del factor de potencia de cargas resistivas, inductivas y capacitivas.

PRÁCTICA 5: Mejoramiento del factor de potencia de un sistema comprendido de un motor asíncrono trifásico a vacío.

PRÁCTICA 6: : Mejoramiento del factor de potencia de un sistema comprendido de un motor asíncrono trifásico con carga mecánica, realizado por el método Manual.

PRÁCTICA 7: Mejoramiento del factor de potencia de un sistema comprendido de un motor asíncrono trifásico con carga mecánica, realizado por el método Automático.

PRÁCTICA 8: Mejoramiento del factor de potencia de un sistema comprendido por un motor asíncrono Hampden y un generador al 100% de carga, realizado por el método manual.

PRÁCTICA 9: Mejoramiento del factor de potencia de un sistema comprendido por un motor asíncrono Hampden y un generador al 100% de carga, realizado por el método automático.

PRÁCTICA 10: Mejoramiento del factor de potencia de un sistema comprendido de un motor asíncrono trifásico + carga mecánica y con carga independiente (RL), realizado por el método automático.

4.2 PRÁCTICA NO. 1: MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD DEL BANCO.

4.2.1 DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Circuitos Eléctricos II
- **PRÁCTICA N° 1**
- **NÚMERO DE ESTUDIANTES:** 20
- **NOMBRE DOCENTE:**
- **TIEMPO ESTIMADO:** 2 Horas

4.2.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Normas de seguridad del Banco de Control de Factor de Potencia.
- **OBJETIVO GENERAL:**

Conocer las normas de seguridad que se deben de tener en cuenta para la manipulación de los elementos que se encuentran en el Banco de Control de Factor de Potencia.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Evitar incidentes y accidentes, con los elementos que se encuentren en el Banco de Control de Factor de Potencia.

Ejecutar normas de seguridad para el Banco de Factor de Potencia.

Comprobar el correcto funcionamiento de los elementos en el Banco de control del Factor de Potencia

- **MARCO TEÓRICO**

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

- **MARCO PROCEDIMENTAL**

Constatar que estén instalados los elementos en el Banco de pruebas.

Comprobar el funcionamiento de elementos en el Banco de Control de Factor de potencia de manera independiente

Tomar las respectivas precauciones para manipular el Banco de pruebas

- **CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO**

Comprender las normas de seguridad.

Saber reconocer los diferentes símbolos eléctricos y su respectiva aplicación previamente adquiridos.

- **RECURSOS UTILIZADOS**

Banco de Control de Factor de Potencia

Equipos de instrumentación para parámetros eléctricos.

Formatos para registro de prácticas.

Motor Asíncrono trifásico.

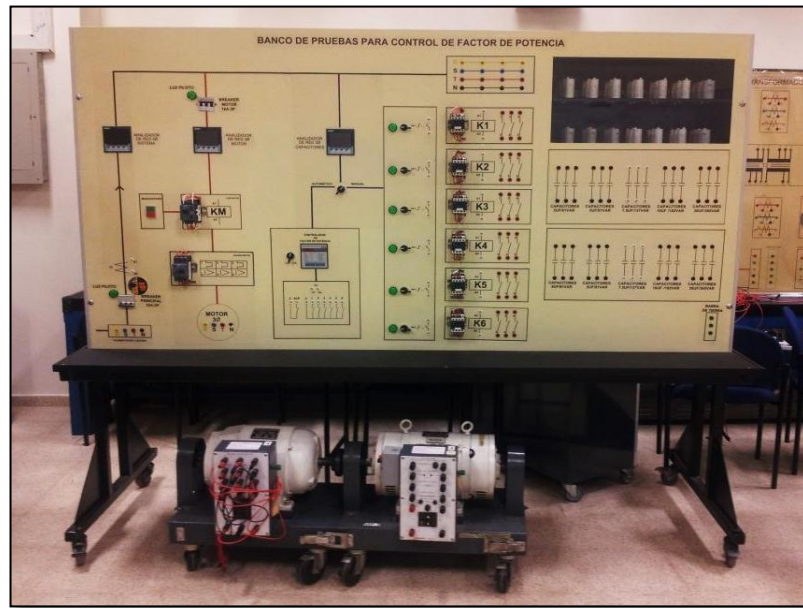
Generador Corriente Continua.

Módulo de Resistencia variable.

Módulo de Inductancia variable.

Conductores.

Ilustración 61 Banco de Pruebas para Control de Factor de Potencia



Fuente: El Autor

4.2.3 NORMAS DE SEGURIDAD DE LOS ELEMENTOS

Para este tipo de tomacorriente trifásico que es de gran importancia ya que es el que suministra la tensión necesaria para que puedan accionarse los distintos equipos y a cual le llegan cuatro cables. En este se consiguen dos niveles de tensión 120V-240V.

El voltaje entre potencial y potencial es de 240V, entre potencial y neutro de 120V, entre potencial y tierra es de 120V, y entre neutro y tierra es de 0V

Ilustración 62 Tomacorriente Trifásico



Fuente: El Autor

Las normas de seguridad son las siguientes:

- a) Utilizar el banco de pruebas solamente con las especificaciones que se indiquen en este pequeño manual de uso, de lo contrario, las protecciones proporcionadas a cada elemento que forma parte del Banco de pruebas se verán afectadas.
- b) Examine los terminales de alimentación del Banco de Pruebas , así como los terminales de alimentación trifásica, en caso de que presentara alguna anomalía, el funcionamiento de equipos y las prácticas que se realicen no tendrán un correcto funcionamiento.
- c) Asegúrese que el Disyuntor principal se encuentre en posición apagado y que la luz piloto se encuentre apagada para cualquier manipulación del banco de pruebas.

Ilustración 63 Vista Posterior Disyuntor Principal



Fuente: El Autor

Ilustración 64 Vista Frontal de Disyuntor Principal



Fuente: El Autor

El Sistema de Medición SENTRON PAC 3100 lo utilizamos para medir parámetros eléctricos básicos como corriente, tensión, potencias, factor de potencia y frecuencia en redes trifásicas.

Puede conectarse directamente a redes de baja tensión con una tensión asignada de 277VL-N / 480VL-L.

El rango de corriente es de 5v AC por lo que se conecta 3 transformadores de corriente de 30/5 A.

Comprobar que estén conectados cada uno de los terminales de entrada del analizador que se encuentran en la parte posterior.

Ilustración 65 Analizador de Red



Fuente: El Autor

El pulsador doble consiste en un botón normalmente abierto y un botón normalmente cerrado, y nos sirve de control para controlar el accionamiento del motor asíncrono trifásico.

Por seguridad revisar que los cables de la parte posterior del banco de pruebas no estén desconectados, ya que si no está conectado algún conductor puede que no funcione alguna función del banco de pruebas, así como también puede ocasionar una falla o cortocircuito.

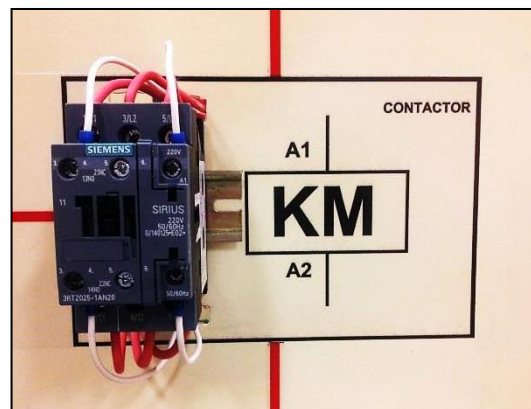
Ilustración 66 Pulsador Doble



Fuente: El Autor

El contactor es un elemento electromecánico para maniobra en baja tensión, y el objetivo es establecer o interrumpir el paso de corriente, tan pronto se energiza la bobina se cierran o se abren sus contactos dependiendo del caso. Consta de contactos de fuerza y auxiliares.

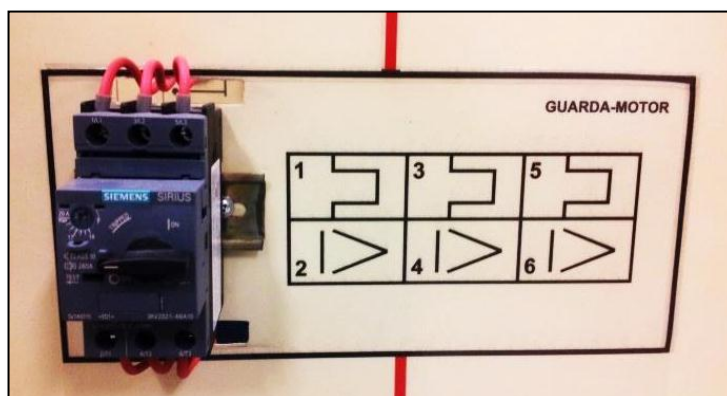
Ilustración 67 Contactor



Fuente: El Autor

Un guarda-motor es un interruptor magneto térmico, que es diseñado especialmente para la protección de motores eléctricos y cabe recalcar que son regulables. Proporciona protección frente a sobrecargas del motor y cortocircuitos, así como, en algunos casos, frente a falta de fase.

Ilustración 68 Guarda-Motor



Fuente: El Autor

Puntos de conexión para el motor Asíncrono trifásico Hampden DM-300, estos puntos de conexión se encuentran en el banco de pruebas, todas estas conexiones están debidamente probadas.

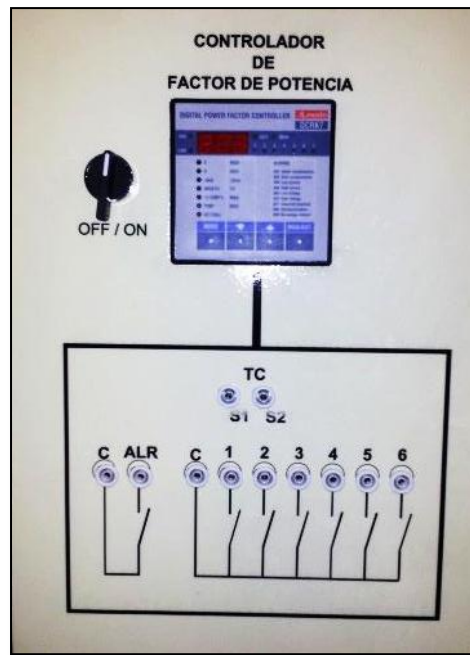
Ilustración 69 Puntos de Conexión Trifásica para Motor



Fuente: El Autor

El controlador de factor de potencia, es uno de los componentes más importantes en el banco de pruebas. Como tal, desempeña un papel dominante en el control y la supervisión de la calidad de la energía ya que es un equipo diseñado para que pueda controlar de forma automática la energía reactiva, ingresando a través de sus contactos los condensadores que compensan el sistema eléctrico.

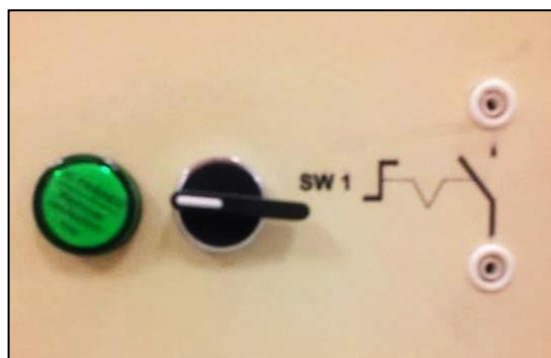
Ilustración 70 Control de Factor de Potencia



Fuente: El Autor

En la parte manual del banco de pruebas contamos con un selector que tiene un par de bornes para facilitar la conexión y una luz piloto que se enciende si hay presencia de tensión en sus terminales, para así verificar de forma visual cual contactor ha cerrado.

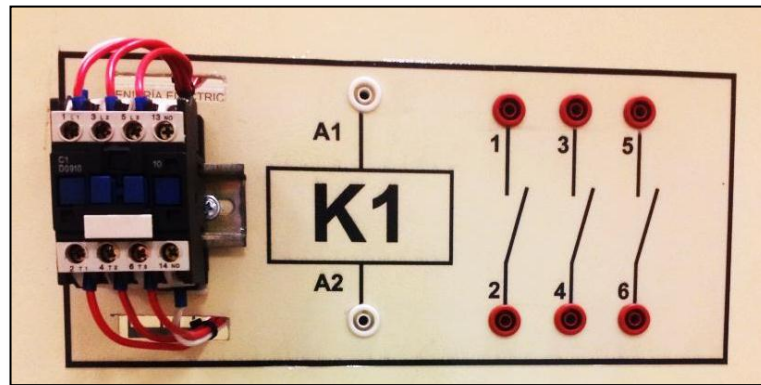
Ilustración 71 Selector instalado



Fuente: El Autor

El bloque de contactores con sus respectivos contactos de fuerza para establecer o interrumpir el paso de corriente que proviene de los bancos de capacitores.

Ilustración 72 Contactor k1 instalado

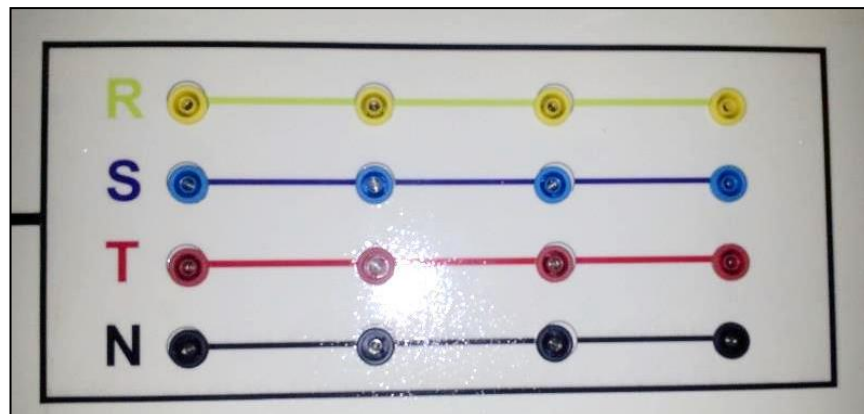


Fuente: El Autor

El centro de alimentación trifásica sirve para suministrar energía a todos los dispositivos del banco de pruebas. Todos los bornes se sometieron a pruebas de continuidad y están listas para hacer utilizadas.

Por motivo de seguridad se recomienda no insertar objetos ajenos, ni interconectar las líneas R-S-T ya que ocasionaría daños en el banco de pruebas.

Ilustración 73 Centro de alimentación Trifásica



Fuente: El Autor

El módulo de capacitores con el que contamos es de diferentes capacidades, para de esta forma poder hacer los respectivos arreglos de capacitores que se requieran.

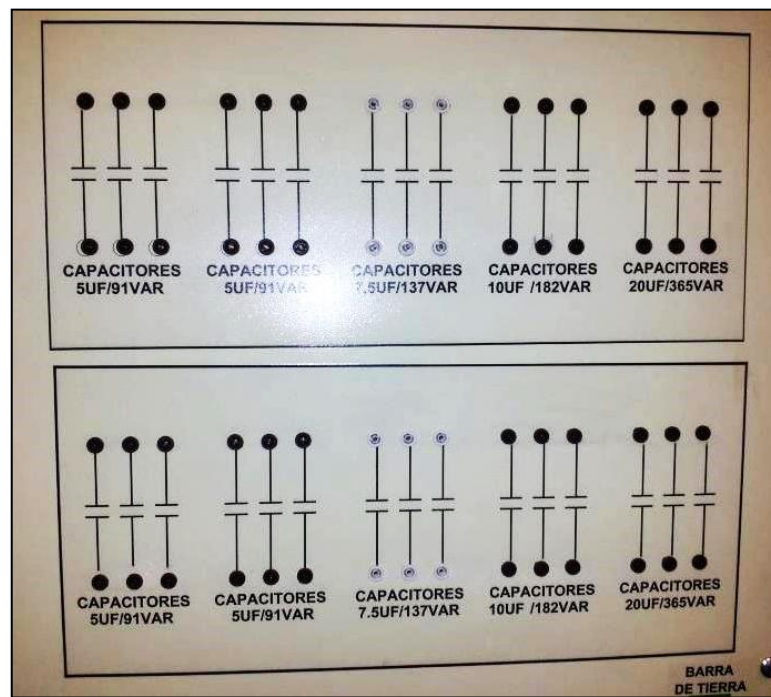
Tener en cuenta que estén bien conectados los conductores con el cual se va a realizar la conexión ya que si no se hace podría afectar en el balance del sistema.

Ilustración 74 Vitrina de Capacitores



Fuente: El Autor

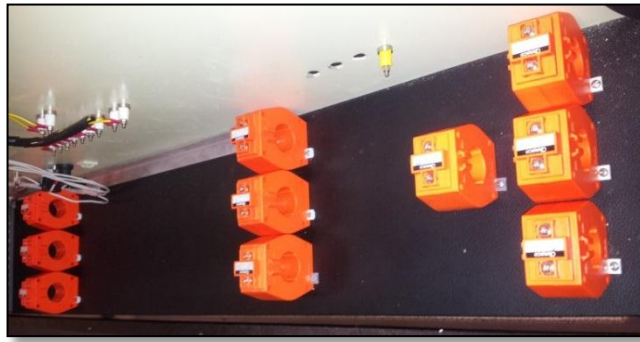
Ilustración 75 Banco de Capacitores



Fuente: El Autor

El banco de pruebas posee un total de 10 transformadores de corriente, de los cuales 9 están conectados a los analizadores de red, y uno que lo utilizamos para ser conectado al controlador de factor de potencia, ya que dicho dispositivo necesita una señal de corriente y su relación es de 30/5 Amps.

Ilustración 76 Transformadores de Corriente de Medida



Fuente: El Autor

4.2.4 NORMAS DE SEGURIDAD CON LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS

- a) Antes de manipular los elementos electromecánicos tome todas las medidas de precaución que el docente le indique.
- b) No utilice conductores de conexión en mal estado.
- c) No manipule los equipos si no le indica el docente.
- d) Si encuentra alguna novedad con los equipos indique al docente.
- e) Antes de energizar el banco de pruebas asegúrese que todo este correctamente conectado.
- f) Nunca manipule ninguno de los elementos del banco de control de Factor de Potencia con las manos mojadas o húmedas.
- g) Verifique que los bornes del banco de pruebas estén en buen estado.
- h) Antes de comenzar a realizar prácticas en el banco de pruebas primero revisar circuitos de control y fuerza.
- i) Si va a realizar cambios a un circuito hágalo desenergizando el banco desde en Disyuntor principal.
- j) Si observa que algún elemento se está sobrecalentando o está fuera de las condiciones normales de funcionamiento proceda a des energizar el banco de pruebas e informar al docente.
- k) No aplique un voltaje mayor que el nominal de cada de uno de los equipos y maquinas que se encuentran en el Banco de pruebas.
- l) Si no comprende el diagrama de conexión de algún elemento comunicar al docente.

- m) Utilice los terminales de conexión a tierra, para prevenir cualquier descarga eléctrica o contactos indirectos.

4.2.5 NORMAS DE SEGURIDAD DENTRO DEL LABORATORIO

- a) No ingresar alimentos al laboratorio.
- b) No ingresar objetos extraños a los requeridos en el laboratorio.
- c) No manipular equipos dentro del laboratorio si el docente no le autoriza.
- d) No desconectar ningún conductor del banco de pruebas.

- **ANEXOS**

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

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Emilio Olías Ruiz, A. B. (s.f.). Electrónica Industrial 1 Manual de Prácticas. Madrid-España: Liber Factory.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

Indique que seguridad debe tener con los elementos del banco de pruebas.

¿Cuáles son las normas básicas de seguridad industrial?

¿Para qué sirve la puesta a tierra en el banco de pruebas?

- **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.

4.3 PRÁCTICA NO. 2: COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS.

4.3.1 DATOS INFORMATIVOS

- **MATERIA:** Circuitos Eléctricos II
- **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 del tema mejoramiento del factor de potencia.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Identificar los elementos que forman el banco de pruebas.

Comprobar que cada uno de los elementos esté funcionando correctamente.

- **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**

1. Inspeccionar y examinar el diagrama eléctrico del banco de pruebas
2. Reconocer cada uno de los elementos que conformar el banco de pruebas
3. Comprobar que cada uno de los elementos este operativo y funcionando correctamente, ayudándose y guiándole con el respectivo protocolo de pruebas.
4. Tomar los datos que se indiquen en el protocolo, para así poder diagnosticar y emitir las observaciones que se presenten para poder tomar una decisión en caso de ser necesario.
5. Confirmar que se encuentren en buen estado y operando cada uno de los elementos que se encuentran en el banco de pruebas, evidenciar que todos los terminales y bornes estén conectadas a los equipos previamente instalados, verificar el estado de los conductores.
6. Para lo cual se deberá hacer referencia a la tabla de Protocolo de Pruebas.

- **RECURSOS**

Banco de pruebas para el control del factor de potencia

Motor trifásico

Generador DC

Conductores de conexión externa

Guía de registros de valores

Pinzas amperimétricas

Multímetro

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Protocolo de operatividad de estructura mecánica.

Protocolo de operatividad de fuentes de alimentación.

Protocolo de operatividad de bornes y conectores.

Protocolo de operatividad de cables de pruebas.

Protocolo de operatividad del Disyuntor.

Protocolo de operatividad de fusibles.

Protocolo de operatividad del guarda-motor.
Protocolo de operatividad de contactares.
Protocolo de operatividad de capacitores.
Protocolo de operatividad de analizadores de red.
Protocolo de operatividad del controlador de factor de potencia
Protocolo de operatividad de luces pilotos.
Protocolo de operatividad del pulsador.
Protocolo de operatividad de selectores.

- **ANEXOS**

Guía de prácticas.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Manual de Practicas

Catálogo de equipos utilizados

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Por qué es importante el factor de potencia?


¿Qué tipo de cargas causa un bajo factor de potencia?

¿Cuáles son las consecuencias de un bajo factor de potencia?

¿Cuántos métodos de compensación reactiva conoce?


¿Cuál es el factor de potencia mínimo que la empresa eléctrica exige?

Tabla 13 Protocolo de Pruebas Estructura Mecánica

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPO / ESTRUCTURA MECÁNICA						FECHA :
PRUEBA REALIZADA : NIVELACIÓN CON NIVEL DE BURBUJA Y ACABADO ESTETICO						
ITEM	VARIABLE	PATRO: N/A		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES	
1	NIVEL HORIZONTAL	ACEPTABLE	15%			
2	NIVEL VERTICAL	ACEPTABLE	15%			
3	PERFIL DE PROTECCIÓN	ACEPTABLE	15%			
4	COBERTURA DE AMORTIGUACIÓN	ACEPTABLE	15%			
5	SOLDADURA	ACEPTABLE	15%			
6	PINTURA	ACEPTABLE	15%			
7	OTROS	ACEPTABLE	10%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DE LA ESTRUCTURA:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR:			APROBADO POR:	

Fuente: El Autor

Tabla 14 Protocolo de Pruebas Clavija

					
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II					
EQUIPOS / CLAVIJA / LEGRAND / SERIE :				FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : VERIFICACION DE LINEAS DE VOLTAJE					
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	TOMA FUENTE VARIABLE	ACEPTABLE	50%		
2	OTROS	ACEPTABLE	50%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:		REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :		APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 15 Protocolo de Pruebas Fuente fija

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPO / FUENTE FIJA / SERIE :					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES DE VOLTAJE A DIFERENTES PORCENTAJES CON MULTIMETRO FLUKE 374						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTIC O	OBSERVACIONES	
1	V R-S (V) IN	216	8%			
2	V S-T (V) IN	216	8%			
3	V T-R (V) IN	215	8%			
4	V R-S (V) OUT 100%	215,6	8%			
5	V S-T (V) OUT 100%	218,2	8%			
6	V T-R (V) OUT 100%	215,7	8%			
10	V R-S (V) OUT 0%	0	8%			
11	V S-T (V) OUT 0%	0	8%			
12	V T-R (V) OUT 0%	0	8%			
13	ESTRUCTURA METALICA	ACEPTABLE	4%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 16 Protocolo de Pruebas Bornes

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
ELEMENTOS / BORNES / SERIE : AMERICANA					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y ESFUERZO MECANICO						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	SOPORTE	2 TUERCAS	20%			
2	AISLADOR EXTERNO DEL BORNER	FIJO	20%			
3	AISLADOR DE TERMINAL	FIJO	20%			
4	MACHINADO DE TERMINAL	ACEPTABLE	20%			
5	OTROS	ACEPTABLE	20%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DIAGNOSTICO:		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 17 Protocolo de Pruebas Cables Tipo Banana

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
PROTOCOLO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO						
ELEMENTOS / CABLES CONECTORES TIPO BANANA / SERIE : SC1					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CONDUCTIVIDAD ELECTRICA Y CONDICION EXTERNA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / N/A		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONDUCTIVIDAD (OHMS)	0	25%			
2	AISLAMIENTO DE PLUG	ACEPTABLE	25%			
3	AGARRE DEL CABLE	ACEPTABLE	25%			
4	OTROS	ACEPTABLE	25%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 18 Protocolo de Pruebas Disyuntor 32A

					
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II					
EQUIPO / PROTECCIONES / : DISYUNTOR 3Ø - 32AMP / SERIE: SCHNEIDER CC32				FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA					
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	CONTACTOS 1,3,5	ACEPTABLE	40%		
2	CONTACTOS 2,4,6	ACEPTABLE	40%		
3	OTROS	ACEPTABLE	20%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :


Fuente: El Autor

Tabla 19 Protocolo de Pruebas Disyuntor 20A

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPO / PROTECCIONES / : DISYUNTOR 3Ø – 20 AMP / SERIE: SCHNEIDER CC32					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CIERRE Y APERTURA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTOS 1,3,5	ACEPTABLE	40%			
2	CONTACTOS 2,4,6	ACEPTABLE	40%			
3	OTROS	ACEPTABLE	20%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: El Autor

Tabla 20 Protocolo de Pruebas Fusibles 1Amp

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
ELEMENTOS / PROTECCIONES / : FUSIBLES 1 AMP / SERIE: CAMSCO RT14-20					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	FUSIBLES CAPACITORES 5UF	ACCEPTABLE	10%			
2	FUSIBLES CAPACITORES 5UF	ACCEPTABLE	10%			
3	FUSIBLES CAPACITORES 5UF	ACCEPTABLE	10%			
4	FUSIBLES CAPACITORES 5UF	ACCEPTABLE	10%			
5	FUSIBLES CAPACITORES 7.5 UF	ACCEPTABLE	10%			
6	FUSIBLES CAPACITORES 7.5UF	ACCEPTABLE	10%			
7	FUSIBLES CAPACITORES 10UF	ACCEPTABLE	10%			
8	FUSIBLES CAPACITORES 10UF	ACCEPTABLE	10%			
9	FUSIBLES CAPACITORES 20UF	ACCEPTABLE	10%			
10	FUSIBLES CAPACITORES 20UF	ACCEPTABLE	10%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 21 Protocolo de Pruebas Guarda - Motor

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPO / PROTECCIONES / : GUARDA-MOTOR / SERIE: SIEMENS					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE SOBRE CORRIENTE						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTOS DE FUERZA	ACEPTABLE	40%			RANGO: 6.3 AMP - 10 AMP
2	CONTACTO AUX NC	ACEPTABLE	30%			
3	CONTACTO AUX NO	ACEPTABLE	30%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: El Autor

Tabla 22 Protocolo de Pruebas Contactor Siemens

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPO / CONTACTOR / SIEMENS / SERIE : S/N					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE BOBINAS Y CONTACTOS (CONTINUIDAD)						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	BOBINAS DEL CONTACTOR	120-240V	30%			CORRIENTE A VACIO 0 AMP
2	CONTACTOS DE FUERZA	ACEPTABLE	30%			
3	CONTACTOS AUX NC	ACEPTABLE	15%			
4	CONTACTOS AUX NO	ACEPTABLE	15%			
5	OTROS	ACEPTABLE	10%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 23 Protocolo de Pruebas Contactor K1

					
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II					
EQUIPO / CONTACTOR K1 / CAMSCO / SERIE : S/N					FECHA :
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE BOBINAS Y CONTACTOS (CONTINUIDAD)					
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	BOBINAS DEL CONTACTOR	120-240V	30%		CORRIENTE A VACIO 0 AMP
2	CONTACTOS DE FUERZA	ACEPTABLE	30%		
3	CONTACTOS AUX NC	ACEPTABLE	15%		
4	CONTACTOS AUX NO	ACEPTABLE	15%		
5	OTROS	ACEPTABLE	10%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :


Fuente: El Autor

Tabla 24 Protocolo de Pruebas Contactor K2

					
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II					
EQUIPO / CONTACTOR K2 / CAMSCO / SERIE : S/N					FECHA:
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE BOBINAS Y CONTACTOS (CONTINUIDAD)					
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	BOBINAS DEL CONTACTOR	120-240V	30%		CORRIENTE A VACIO 0 AMP
2	CONTACTOS DE FUERZA	ACEPTABLE	30%		
3	CONTACTOS AUX NC	ACEPTABLE	15%		
4	CONTACTOS AUX NO	ACEPTABLE	15%		
5	OTROS	ACEPTABLE	10%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :


Fuente: El Autor

Tabla 25 Protocolo de Pruebas Contactor K3

					
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II					
EQUIPO / CONTACTOR K3 / CAMSCO / SERIE : S/N					FECHA :
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE BOBINAS Y CONTACTOS (CONTINUIDAD)					
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374	DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES	
1	BOBINAS DEL CONTACTOR	120-240V	30%		CORRIENTE A VACIO 0 AMP
2	CONTACTOS DE FUERZA	ACEPTABLE	30%		
3	CONTACTOS AUX NC	ACEPTABLE	15%		
4	CONTACTOS AUX NO	ACEPTABLE	15%		
5	OTROS	ACEPTABLE	10%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :


Fuente: El Autor

Tabla 26 Protocolo de Pruebas Contactor K4

					
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II					
EQUIPO / CONTACTOR K4 / CAMSCO / SERIE : S/N					FECHA :
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE BOBINAS Y CONTACTOS (CONTINUIDAD)					
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	BOBINAS DEL CONTACTOR	120-240V	30%		CORRIENTE A VACIO 0 AMP
2	CONTACTOS DE FUERZA	ACEPTABLE	30%		
3	CONTACTOS AUX NC	ACEPTABLE	15%		
4	CONTACTOS AUX NO	ACEPTABLE	15%		
5	OTROS	ACEPTABLE	10%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :


Fuente: El Autor

Tabla 27 Protocolo de Pruebas Contactor K5

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPO / CONTACTOR K5 / CAMSCO / SERIE : S/N					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE BOBINAS Y CONTACTOS (CONTINUIDAD)						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	BOBINAS DEL CONTACTOR	120-240V	30%			CORRIENTE A VACIO 0 AMP
2	CONTACTOS DE FUERZA	ACEPTABLE	30%			
3	CONTACTOS AUX NC	ACEPTABLE	15%			
4	CONTACTOS AUX NO	ACEPTABLE	15%			
5	OTROS	ACEPTABLE	10%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 28 Protocolo de Pruebas Contactor K6

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPO / CONTACTOR K6 / CAMSCO / SERIE : S/N					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : PRUEBA DE BOBINAS Y CONTACTOS (CONTINUIDAD)						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	BOBINAS DEL CONTACTOR	120-240V	30%			CORRIENTE A VACIO 0 AMP
2	CONTACTOS DE FUERZA	ACEPTABLE	30%			
3	CONTACTOS AUX NC	ACEPTABLE	15%			
4	CONTACTOS AUX NO	ACEPTABLE	15%			
5	OTROS	ACEPTABLE	10%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: El Autor

Tabla 29 Protocolo de Pruebas Analizador de Red del Sistema

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
INSTRUMENTACION / ANALIZADOR DE RED SISTEMA / SERIE: SENTRON PAC 3100					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR ASÍNCRONO HAMPEN DM 300 220VAC 3Ø						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (V)	215	7%			EQUIPO MIDE APARTIR DE LOS 30VAC
2	V S-T (V)	216	7%			
3	V T-R (V)	217	7%			
4	V R-N (V)	127	7%			
5	V S-N (V)	126	7%			
6	V T-N (V)	125	7%			
7	IR (A)	5.9	7%			
8	IS (A)	5.8	7%			
9	IT (A)	6.1	7%			
10	P 3Φ (W)	420	7%			
11	Q3Φ (VAR)	226	7%			
12	S3Φ (VA)	228	7%			
13	fp3Φ	0.19	8%			
14	TC-30/5A	ACEPTABLE	8%			
RECOMENDACIONES			PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO			REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO			RECIBIDO POR			APROBADO POR :


Fuente: El Autor

Tabla 30 Protocolo de Pruebas Analizador de Red del Motor

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
INSTRUMENTACION / ANALIZADOR DE RED DEL MOTOR/ SERIE: SENTRON PAC 3100				FECHA :		
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR ASÍNCRONO HAMPEN DM 300 220VAC 3Ø						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	V R-S (V)	214	7%			EQUIPO MIDE APARTIR DE LOS 30VAC
2	V S-T (V)	215	7%			
3	V T-R (V)	215	7%			
4	V R-N (V)	125	7%			
5	V S-N (V)	124	7%			
6	V T-N (V)	124	7%			
7	IR (A)	5.9	7%			
8	IS (A)	5.7	7%			
9	IT (A)	6.0	7%			
10	P 3Φ (W)	420	7%			
11	Q3Φ (VAR)	225	7%			
12	S3Φ (VA)	229	7%			
13	fp3Φ	0.18	8%			
14	TC-30/5A	ACEPTABLE	8%			
RECOMENDACIONES		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO			REALIZADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 32 Protocolo de Pruebas Controlador de Factor de Potencia

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
INSTRUMENTACION / CONTROLADOR DE FACTOR DE POTENCIA / SERIE: LOVATO DC3K7				FECHA :		
PRUEBA REALIZADA : TOMA DE VALORES UTILIZANDO EL MOTOR ASÍNCRONO HAMPDEM DM300 Y UN BANCO DE CAPACITORES DE 5 UF						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	AUX SUPPLY	221	25%			
2	CURRENT	5.5	25%			
3	FP (COS α)	0.22	25%			
14	TC-30/5A	ACEPTABLE	25%			
RECOMENDACIONES		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 33 Protocolo de Pruebas Pulsador Doble

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPOS / PULSADOR DOBLE / CAMSCO / SERIE:					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO 3	ACEPTABLE	40%			
2	CONTACTO 4	ACEPTABLE	40%			
3	OTROS	ACEPTABLE	20%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 34 Protocolo de Pruebas Luces piloto

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPOS / LUZ PILOTO / CAMSCO / SERIE :					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : ENCENDIDO Y APAGADO						
ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	LUZ PILOTO DISYUNTOR PRINCIPAL	ENCIENDE	12.5%			
2	LUZ PILOTO DISYUNTOR MOTOR	ENCIENDE	12.5%			
3	LUZ PILOTO SW1	ENCIENDE	12.5%			
4	LUZ PILOTO SW2	ENCIENDE	12.5%			
5	LUZ PILOTO SW3	ENCIENDE	12.5%			
6	LUZ PILOTO SW4	ENCIENDE	12.5%			
7	LUZ PILOTO SW5	ENCIENDE	12.5%			
8	LUZ PILOTO SW6	ENCIENDE	12.5%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 35 Protocolo de Pruebas Selector SW Automático – Manual

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPOS / SELECTOR SW AUTOMATICO – MANUAL / CAMSCO / SERIE:					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO 1	ACEPTABLE	40%			
2	CONTACTO 2	ACEPTABLE	40%			
3	OTROS	ACEPTABLE	20%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 36 Protocolo de Pruebas Selector SW Controlador de Potencia

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPOS / SELECTOR SW CONTROLADOR DE POTENCIA / CAMSCO / SERIE:					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO 1	ACEPTABLE	40%			
2	CONTACTO 2	ACEPTABLE	40%			
3	OTROS	ACEPTABLE	20%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 37 Protocolo de Pruebas Selector SW 1

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPOS / SELECTOR SW 1 / CAMSCO / SERIE:					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO 1	ACEPTABLE	40%			
2	CONTACTO 2	ACEPTABLE	40%			
3	OTROS	ACEPTABLE	20%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 38 Protocolo de Pruebas Selector SW 2

					
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II					
EQUIPOS / SELECTOR SW 2 / CAMSCO / SERIE:				FECHA:	
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD					
ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE374		DIAGNOSTICO	OBSERVACIONES
1	CONTACTO 1	ACEPTABLE	40%		
2	CONTACTO 2	ACEPTABLE	40%		
3	OTROS	ACEPTABLE	20%		
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :


Fuente: El Autor

Tabla 39 Protocolo de Pruebas Selector SW 3

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPOS / SELECTOR SW 3 / CAMSCO / SERIE:					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO 1	ACEPTABLE	40%			
2	CONTACTO 2	ACEPTABLE	40%			
3	OTROS	ACEPTABLE	20%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 40 Protocolo de Pruebas Selector SW 4

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPOS / SELECTOR SW 4 / CAMSCO / SERIE:					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO 1	ACEPTABLE	40%			
2	CONTACTO 2	ACEPTABLE	40%			
3	OTROS	ACEPTABLE	20%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 41 Protocolo de Pruebas Selector SW 5

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPOS / SELECTOR SW 5 / CAMSCO / SERIE:					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO 1	ACEPTABLE	40%			
2	CONTACTO 2	ACEPTABLE	40%			
3	OTROS	ACEPTABLE	20%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 42 Protocolo de Pruebas Selector SW 6

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
EQUIPOS / SELECTOR SW 6 / CAMSCO / SERIE:					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CONTINUIDAD						
ITEM	VARIABLE	PATRON/FLUKE374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CONTACTO 1	ACEPTABLE	40%			
2	CONTACTO 2	ACEPTABLE	40%			
3	OTROS	ACEPTABLE	20%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 43 Protocolo de Pruebas de Capacitores de 5uf

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
ELEMENTOS / CAPACITORES 5UF / MARCA: UFASA				FECHA :		
PRUEBA REALIZADA : CAPACITANCIA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CAPACITORES 5UF	5.05	8.33%			
2	CAPACITORES 5UF	5.06	8.33%			
3	CAPACITORES 5UF	4.90	8.33%			
4	CAPACITORES 5UF	5.02	8.33%			
5	CAPACITORES 5UF	4.91	8.33%			
6	CAPACITORES 5UF	5.10	8.33%			
7	CAPACITORES 5UF	5.11	8.33%			
8	CAPACITORES 5UF	5.15	8.33%			
9	CAPACITORES 5UF	5.02	8.33%			
10	CAPACITORES 5UF	5.04	8.33%			
11	CAPACITORES 5UF	4.90	8.33%			
12	CAPACITORES 5UF	4.98	8.33%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 44 Protocolo de Pruebas de Capacitores de 7.5uf

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
ELEMENTOS / CAPACITORES 7.5 UF / MARCA: UFASA				FECHA :		
PRUEBA REALIZADA : CAPACITANCIA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CAPACITORES 7.5UF	7.90	12.5%			
2	CAPACITORES 7.5UF	7.89	12.5%			
3	CAPACITORES 7.5UF	7.91	12.5%			
4	CAPACITORES 7.5UF	7.88	12.5%			
5	CAPACITORES 7.5UF	7.77	12.5%			
6	CAPACITORES 7.5UF	7.93	12.5%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	


Fuente: El Autor

Tabla 45 Protocolo de Pruebas de Capacitores de 10 uf

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
ELEMENTOS / CAPACITORES 10 UF / MARCA: UFASA					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CAPACITANCIA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CAPACITORES 10 UF	10.16	12.5%			
2	CAPACITORES 10 UF	10.31	12.5%			
3	CAPACITORES 10 UF	10.15	12.5%			
4	CAPACITORES 10 UF	10.22	12.5%			
5	CAPACITORES 10 UF	10.05	12.5%			
6	CAPACITORES 10 UF	10.34	12.5%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: El Autor

Tabla 46 Protocolo de Pruebas de Capacitores de 20 uf

						
INGENIERIA ELECTRICA / SEDE GUAYAQUIL / LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS II						
ELEMENTOS / CAPACITORES 20 UF / MARCA: UFASA					FECHA :	
PRUEBA REALIZADA : CAPACITANCIA						
ITEM	VARIABLE	PATRON / FLUKE 374		DIAGNOSTICO		OBSERVACIONES
1	CAPACITORES 20 UF	19.78	12.5%			
2	CAPACITORES 20 UF	19.16	12.5%			
3	CAPACITORES 20 UF	20.15	12.5%			
4	CAPACITORES 20 UF	20.02	12.5%			
5	CAPACITORES 20 UF	20.30	12.5%			
6	CAPACITORES 20 UF	19.98	12.5%			
RECOMENDACIONES:		PORCENTAJE DE OPERATIVIDAD DEL DISPOSITIVO:			REALIZADO POR :	
RESPONSABLE DEL DIAGNOSTICO		RECIBIDO POR :			APROBADO POR :	

Fuente: El Autor

4.4 PRÁCTICA NO. 3: CONEXIÓN DE CAPACITORES

4.4.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Circuitos Eléctricos II

PRÁCTICA: N° 3

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 1:30 Horas

4.4.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Conexión de Capacitores
- **OBJETIVO GENERAL:**

Demostrar de manera experimental las conexiones de capacitores

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Identificar los bancos de capacitores en el módulo de pruebas

Graficar los tipos de conexiones, y probar el funcionamiento de cada conexión.

Comprender para qué sirven las diferentes conexiones de capacitores.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Esquema de conexión de capacitores.

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**

1. Revisar y analizar el diagrama unifilar del banco de pruebas. (Ver Anexo 1)
2. Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.
3. Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.
4. Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 V del tablero.
5. Energizar el circuito colocando el Disyuntor principal en posición encendida, para observar que el banco de pruebas este energizado y tenga voltaje en cada fase.
6. Conectar los capacitores tanto en serie como en paralelo. (Ver ilustración 77,79,81 y 83)
7. Tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.
8. Desconectar los bancos de capacitores.
9. Conectar los capacitores en Delta. (Ver ilustración 86)
10. Conectar los bancos de capacitores a los contactores. (Ver Ilustración 89,90)
11. Conectar el sistema de control mediante los selectores SW1 al SW6 para los contactores (Ver ilustración 91)
12. Revisar en el analizador de redes que todos los capacitores de cada banco estén aportando igualmente con su capacidad, verificando que las corrientes sean iguales, ya que es un sistema trifásico.
13. Insertar cada banco de capacitores y tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.
14. Desconectar solo los bancos de capacitores
15. Conectar los capacitores en Estrella. (Ver ilustración 88)
16. Conectar los bancos de capacitores a los contactores. (Ver Ilustración 89)
17. Revisar en el analizador de redes que todos los capacitores de cada banco estén aportando igualmente con su capacidad, verificando que las corrientes sean iguales, ya que es un sistema trifásico.
18. Insertar cada banco de capacitores y tomar las mediciones indicadas y completar las respectivas tablas de pruebas.
19. Desconexión de todos los bancos de capacitores por medio del contactor.
20. Desconexión de la alimentación del banco de pruebas, mediante el disyuntor principal.

21. Desconectar todos los conductores del banco de pruebas, dejando ordenado cada uno de ellos.

22. Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas para Control del Factor de Potencia.

Banco de Capacitores

Instrumentación para: Tensión, Corriente.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.47 para la prueba No. 1: Conexión de capacitores en serie y paralelo.

Tabla No.48 para la prueba No. 2: Conexión de capacitores en delta y estrella.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

Protocolo de operatividad de protecciones.

- **ANEXOS**

Diagrama de fuerza y control.

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Boylestad, R. (s.f.). Introducción al análisis de circuitos. Pearson.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Con cuál tipo de conexión de capacitores se obtiene más potencia?

¿Qué se entiende por alimentación trifásica de 4 hilos?

¿Por qué es importante la colocación de un Disyuntor?

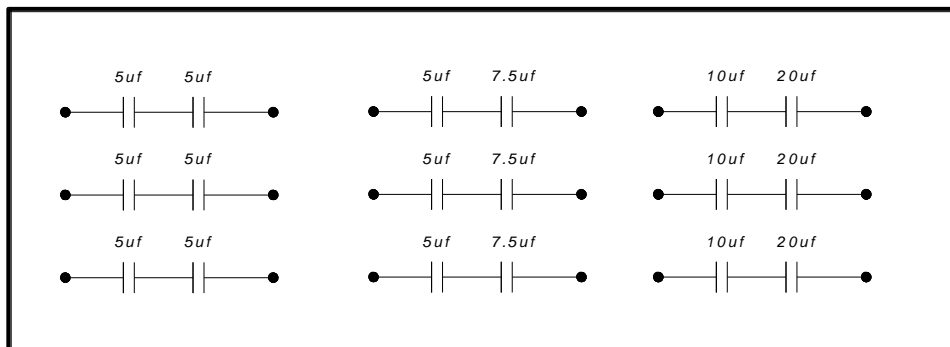
¿Conclusiones de esta práctica?

- **Conclusiones y Recomendaciones**

Se demostro de manera practica el tipo de conexiones de capacitores tanto en serie, paralelo, dando como resultado valores cercano a el valor resuelto teoricamente, tambien se logro observar que los bancos conectados en delta aportan mas potencia al sistema que el de conexión en estrella.

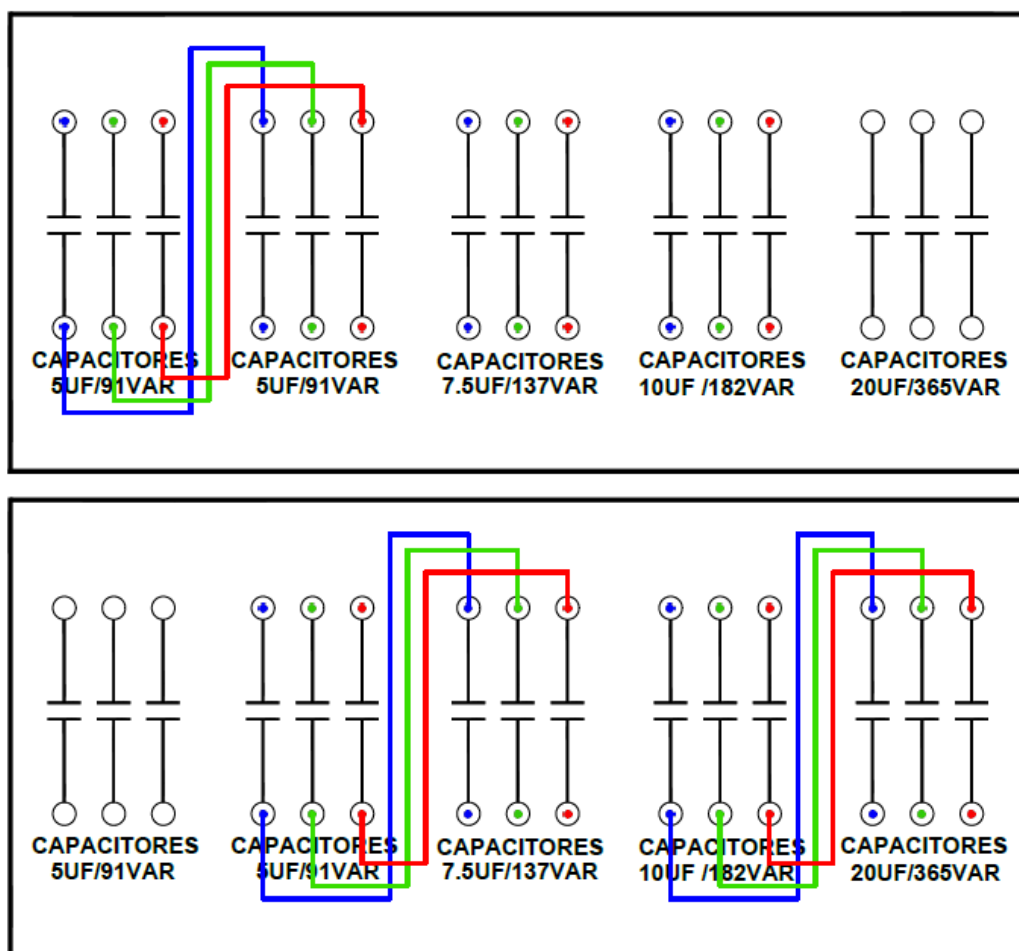
Se recomienda tener en cuenta al momento de la conexión de los capacitores mediante los contacotores que tengamos tension en todas las lineas de la barra y que el grupo trifasico de capacitores este conectado correctamente

Ilustración 77 Circuitos Capacitores en Serie (A)



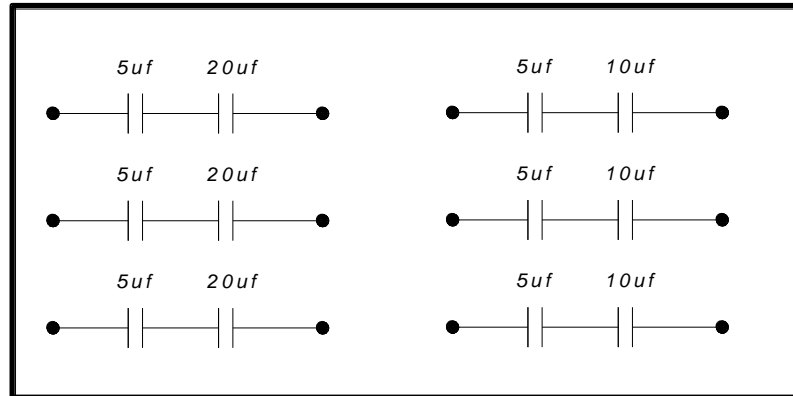
Fuente: El Autor

Ilustración 78 Esquema #1 Practica 3 Conexión Serie (A)



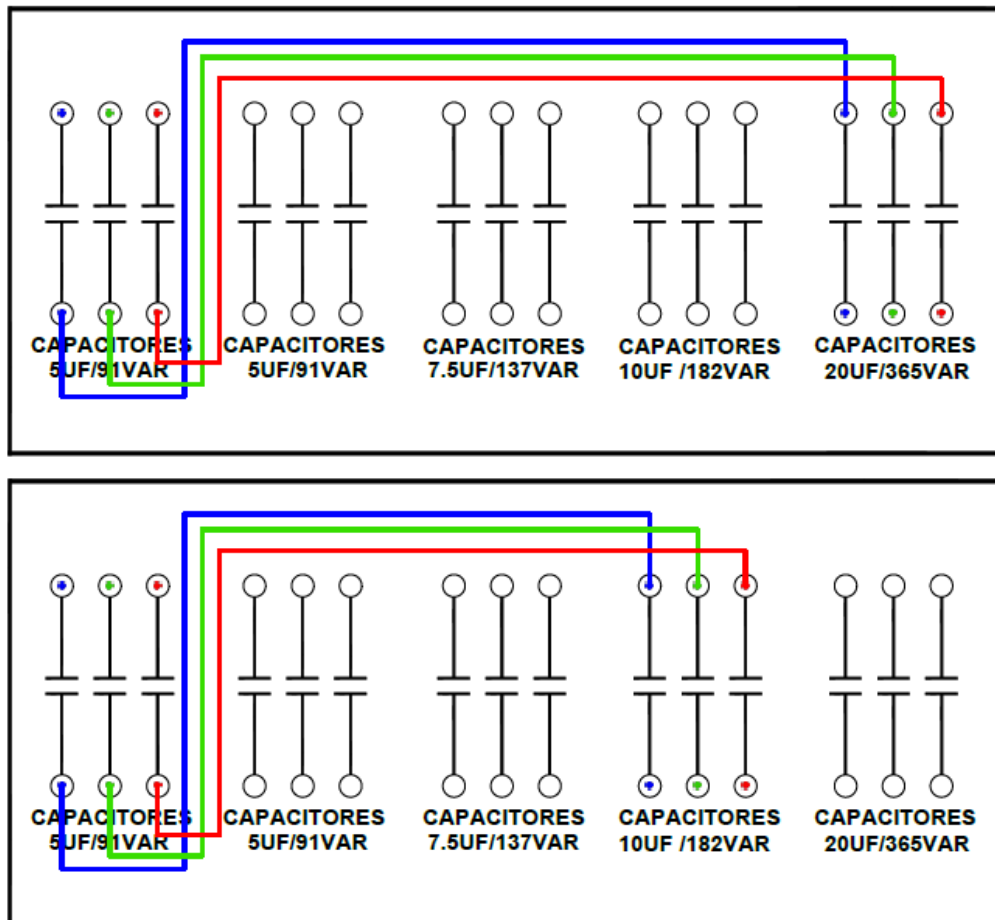
Fuente: El Autor

Ilustración 79 Circuitos Capacitores en Serie (B)



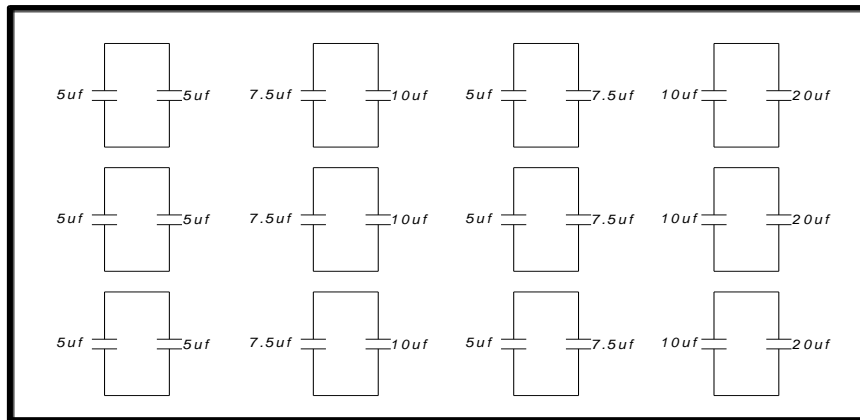
Fuente: El Autor

Ilustración 80 Esquema #2 Practica 3 Conexión Serie (B)



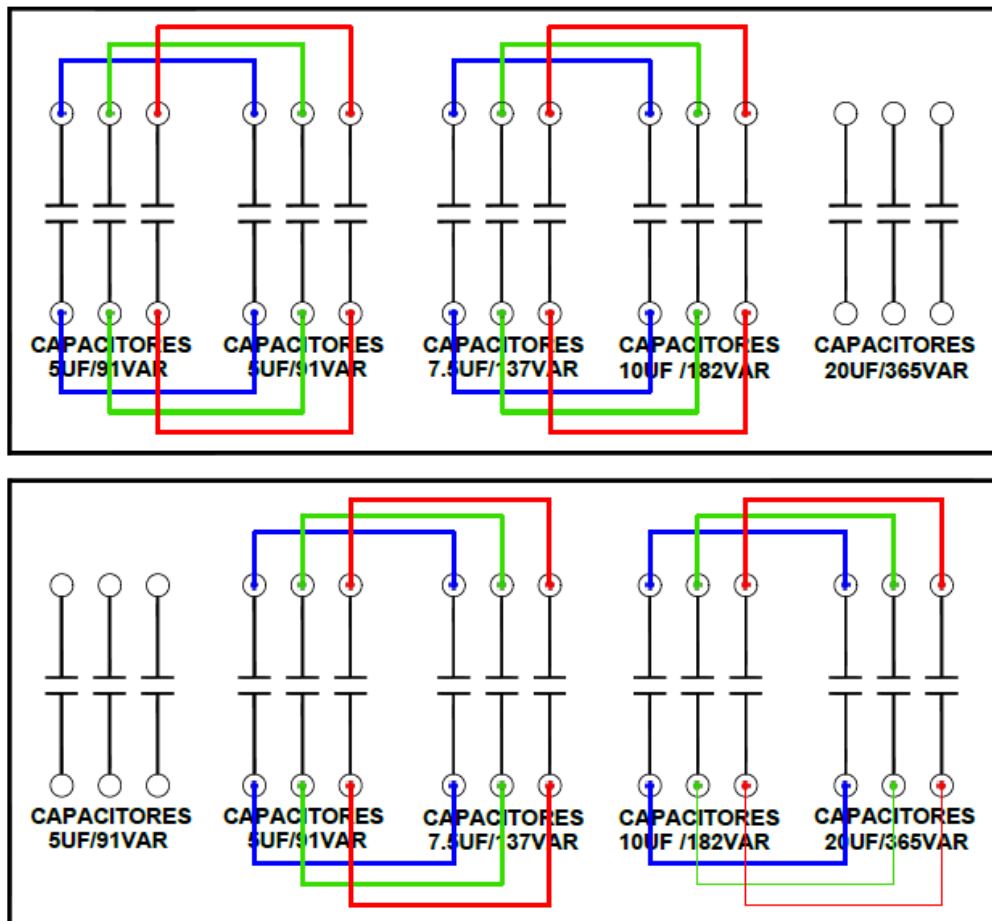
Fuente: El Autor

Ilustración 81 Circuitos Capacitores Conexión Paralelo (A)



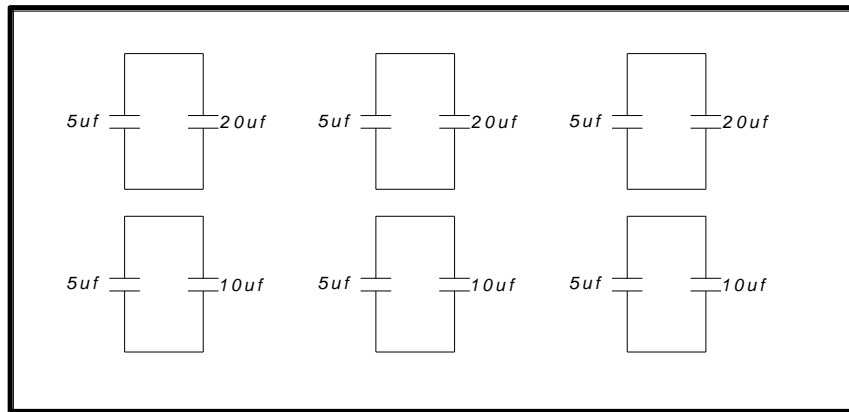
Fuente: El Autor

Ilustración 82 Esquema #3 Practica 3 Conexión Paralelo A



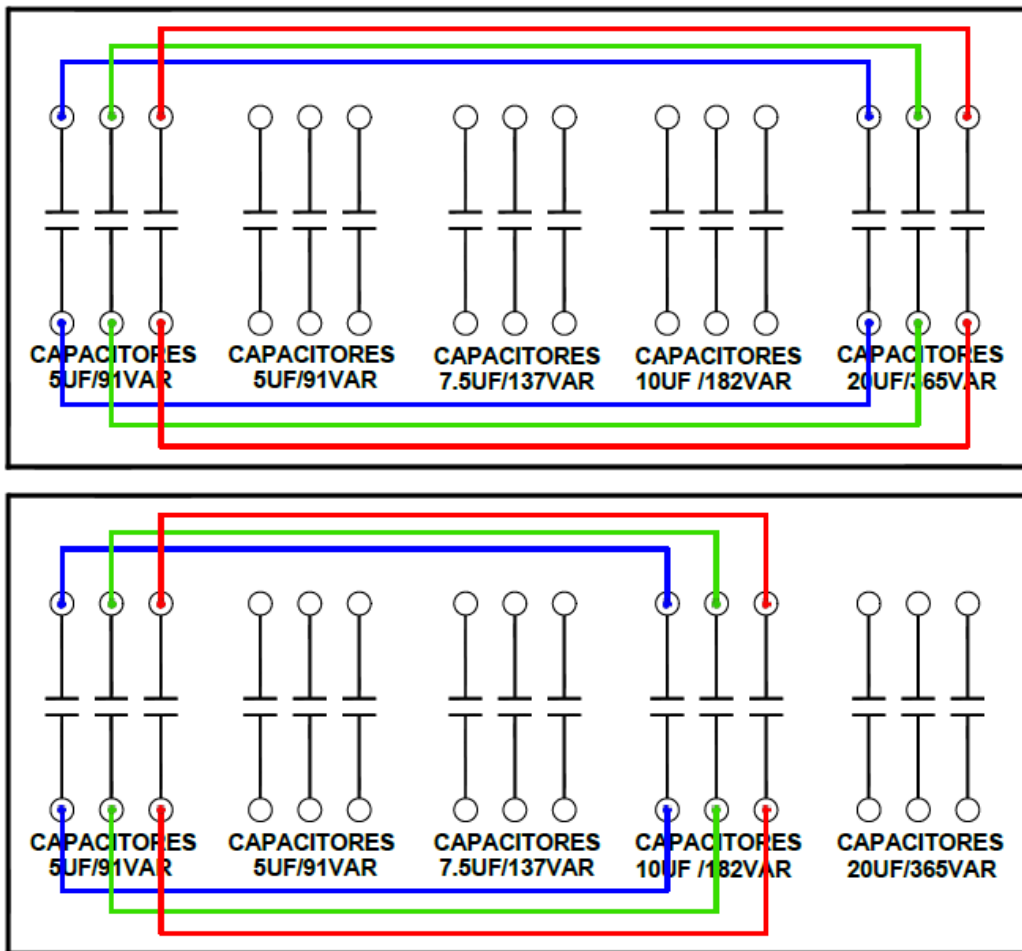
Fuente: El Autor

Ilustración 83 Circuitos Capacitores Conexión Paralelo (B)



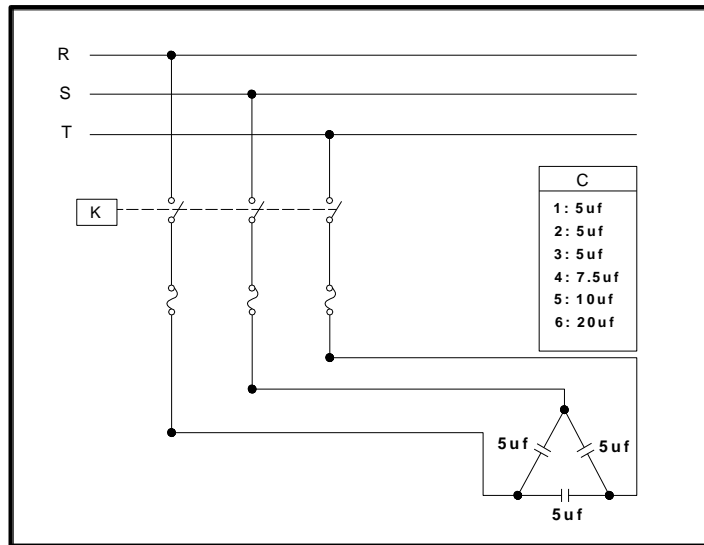
Fuente: El Autor

Ilustración 84 Esquema #4 Practica 3 Conexión Paralelo (B)



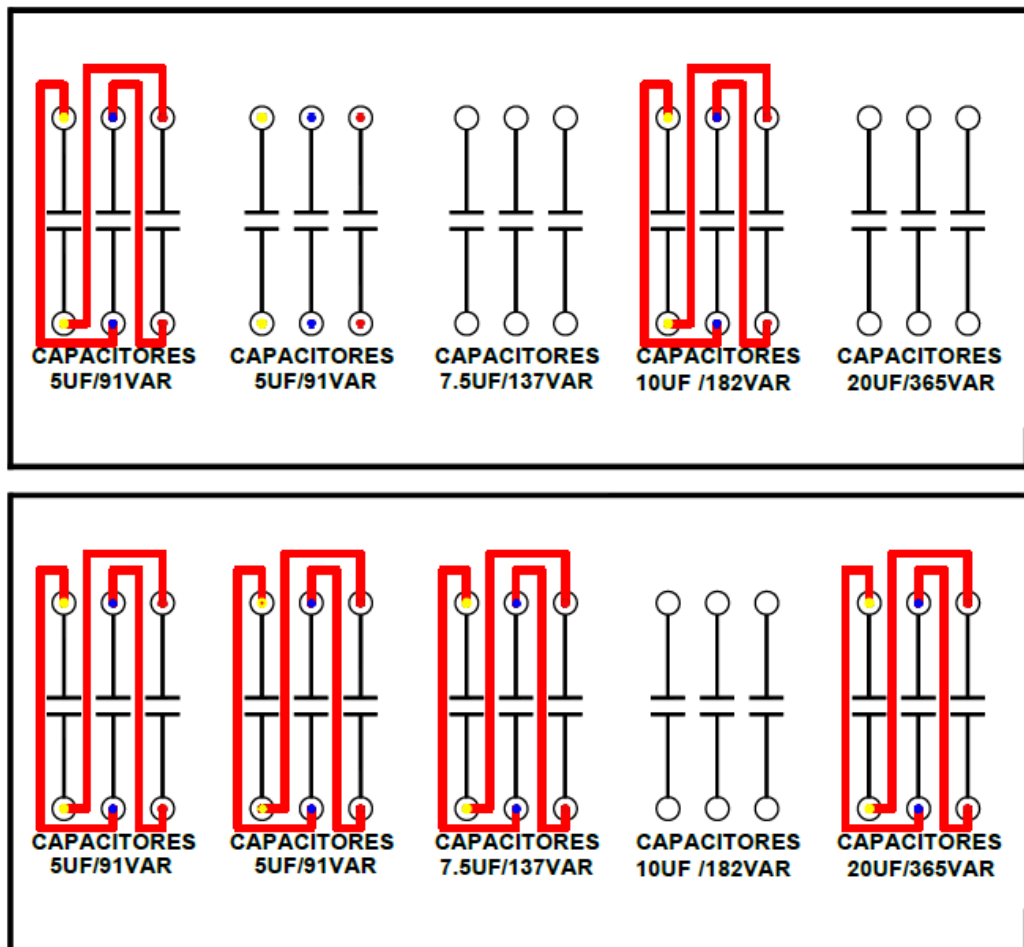
Fuente: El Autor

Ilustración 85 Circuito de Conexión de Capacitores en Delta



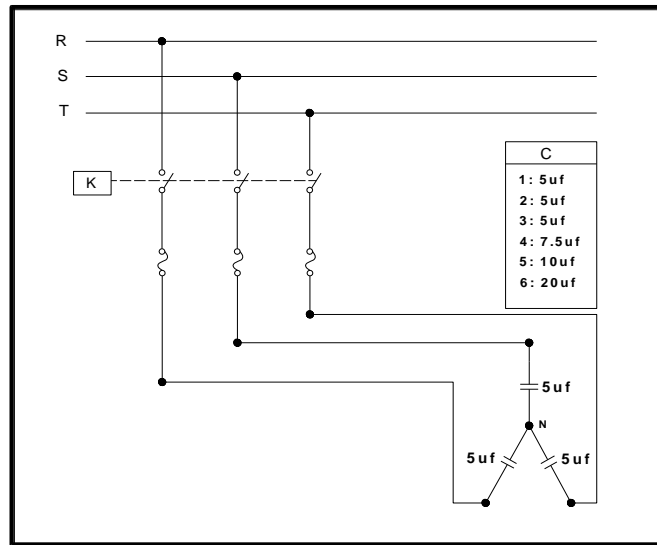
Fuente: El Autor

Ilustración 86 Esquema #4 Practica 5 Conexión Delta



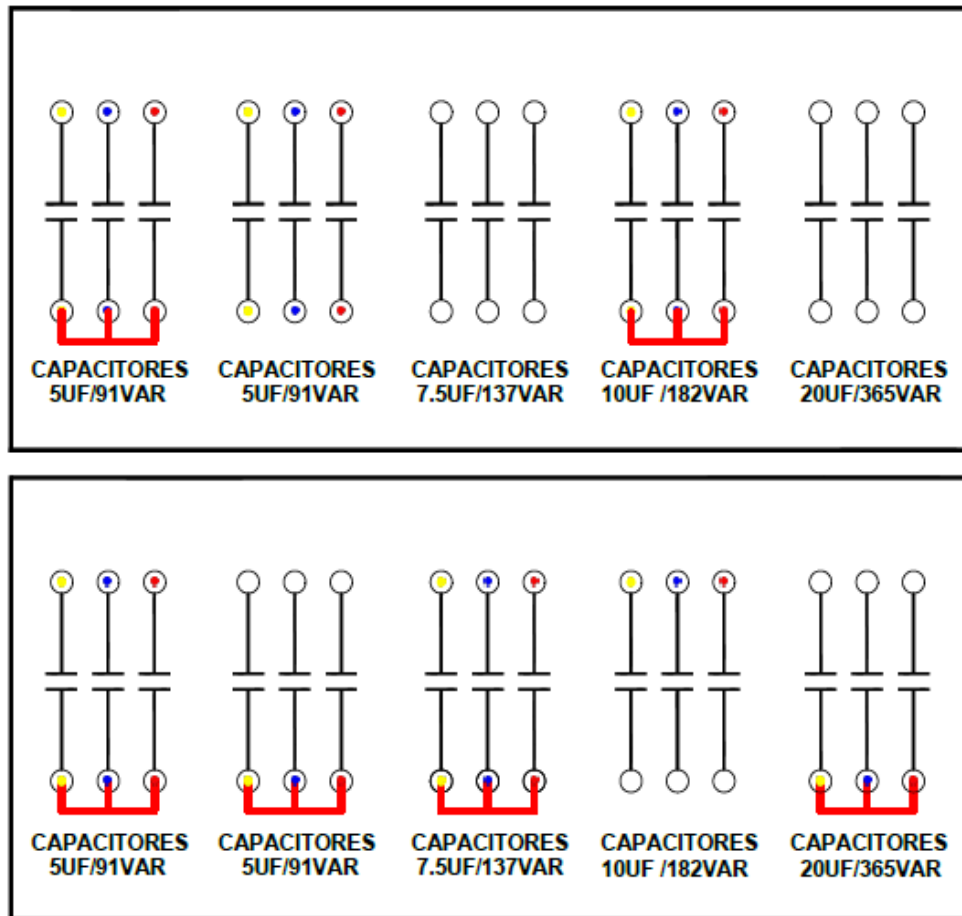
Fuente: El Autor

Ilustración 87 Circuito de Conexión de Capacitores en Estrella



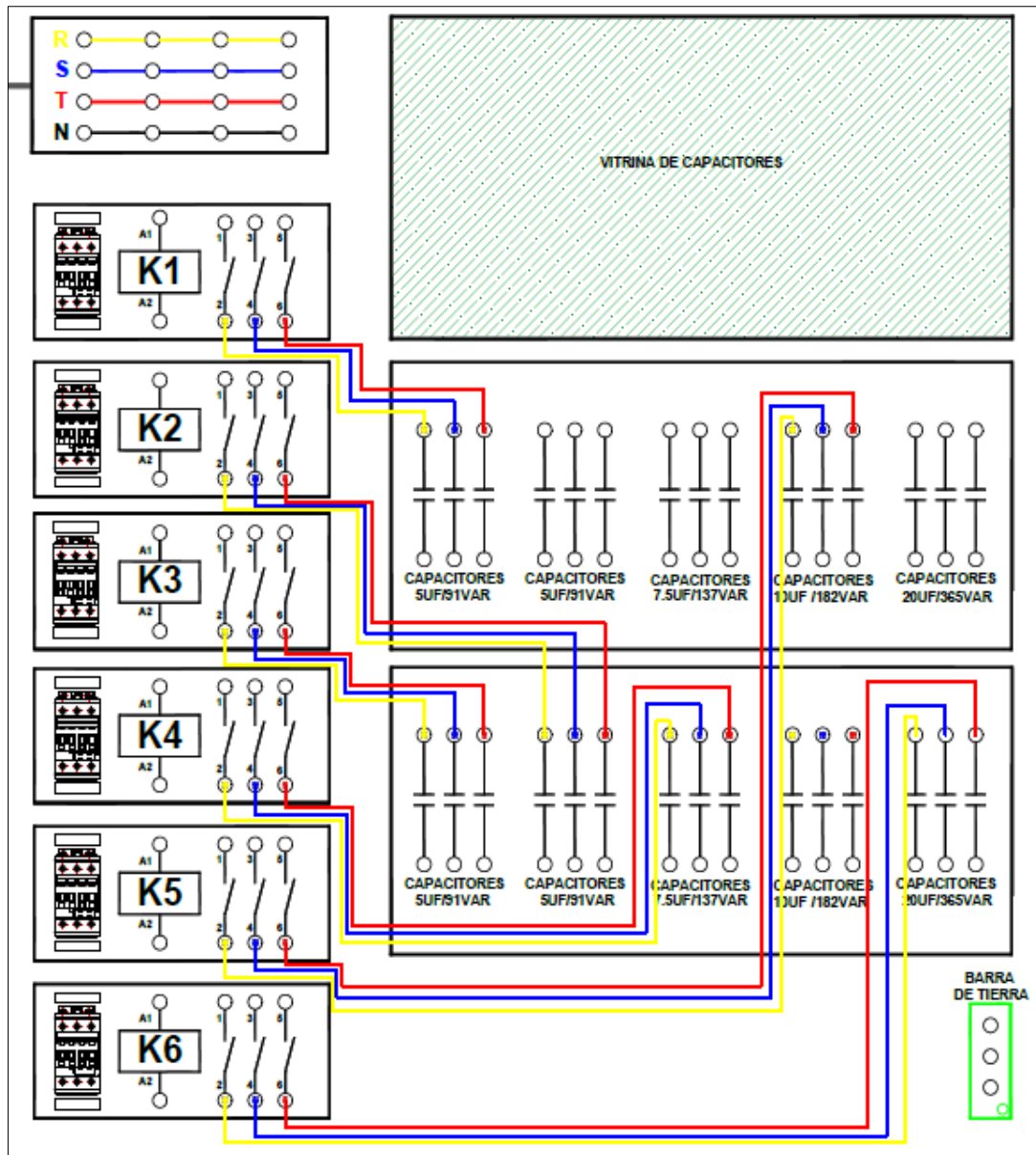
Fuente: El Autor

Ilustración 88 Esquema #5 Practica 6 Conexión Estrella



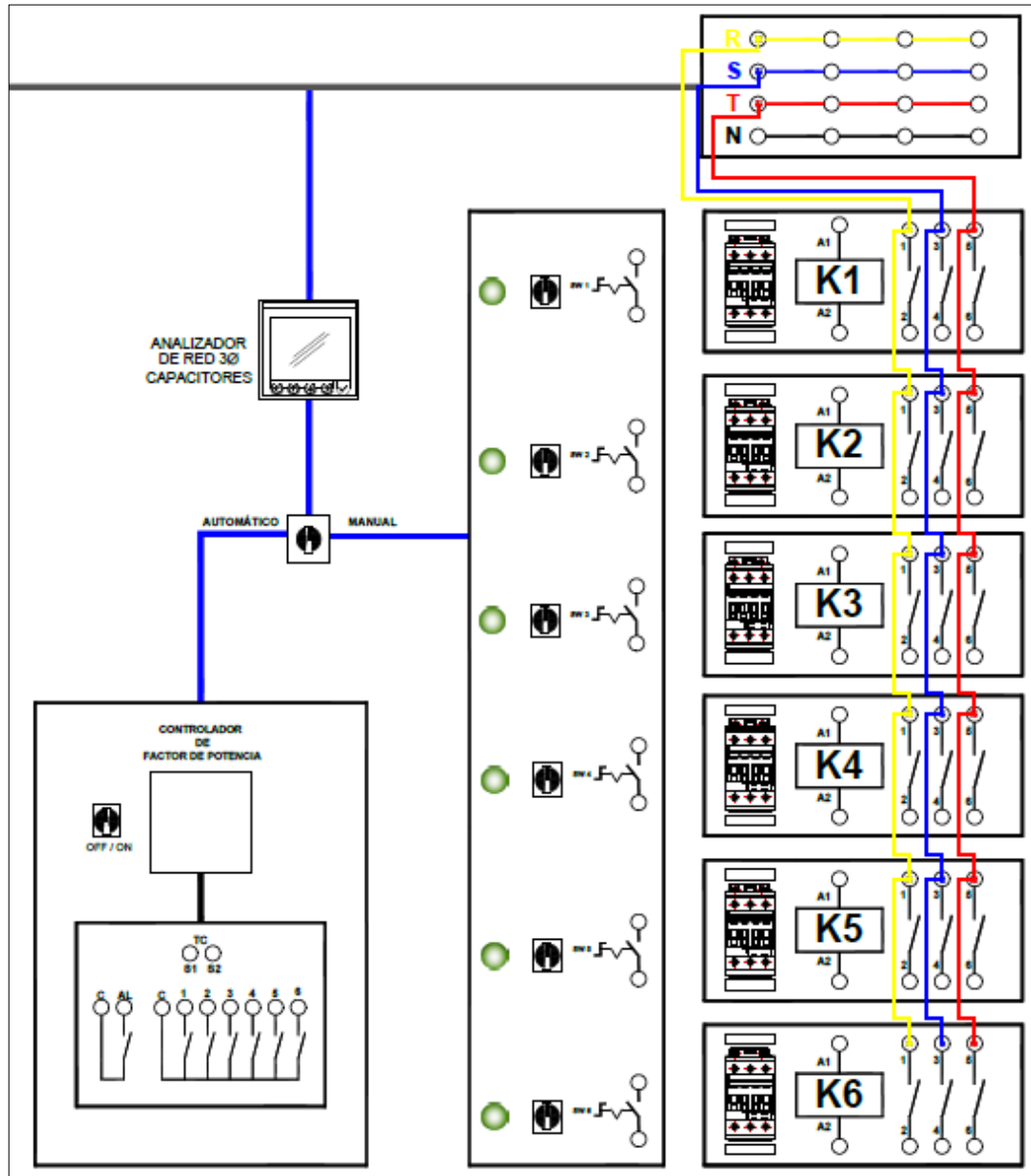
Fuente: El Autor

Ilustración 89 Esquema #6 Practica 3 Conexión de Entrada del Contactor



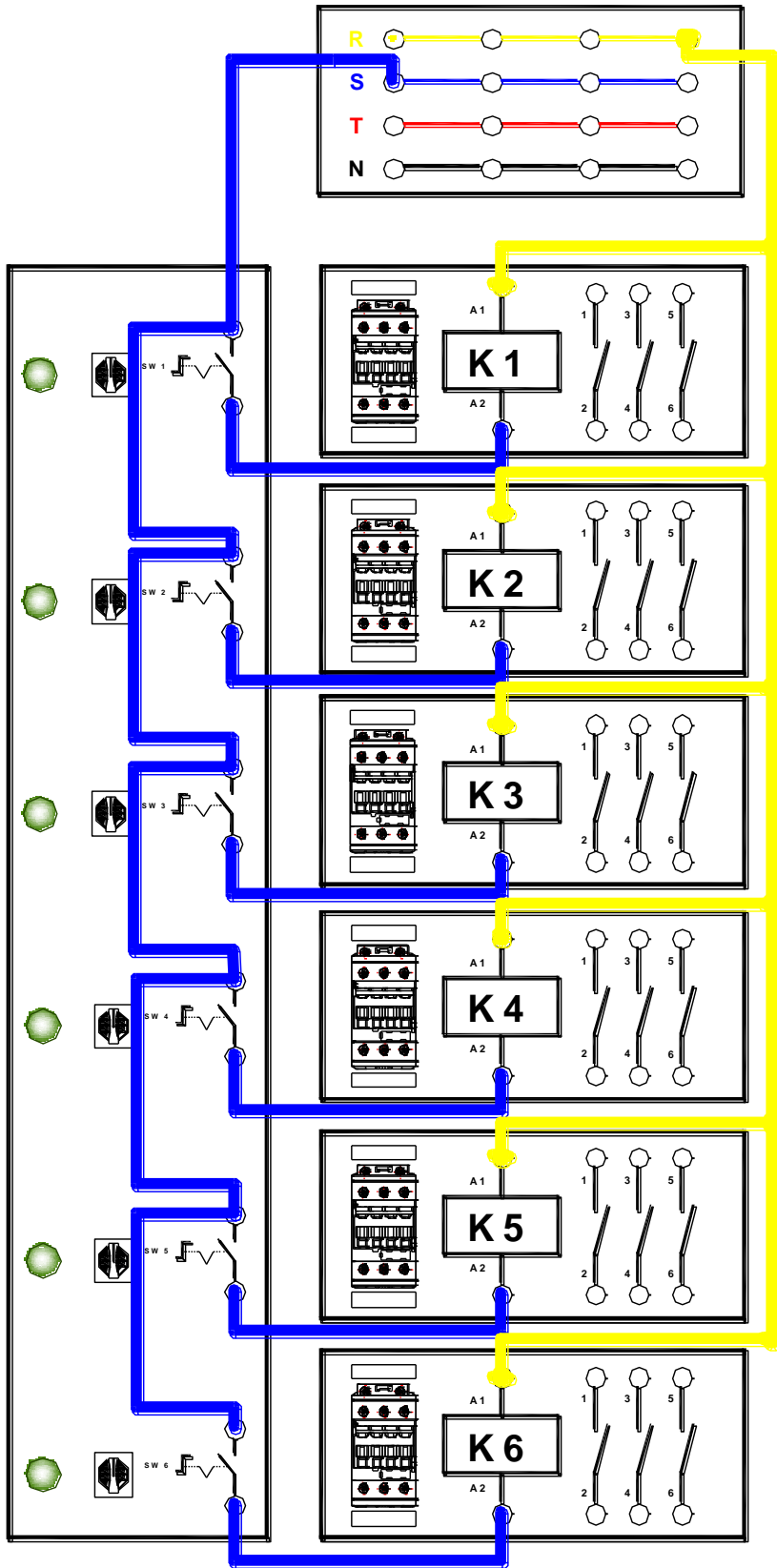
Fuente: El Autor

Ilustración 90 Esquema #7 Practica 3 Conexión de Salida del Contactor



Fuente: El Autor

Ilustración 91 Conexión de Control del Contactor



Fuente: El Autor

Tabla 47 Registro de Prueba 1 – Practica 3 (Serie-Paralelo)

BANCO	TIPO CONEXIÓN	VALORES DE PLACA			VALORES MEDIDOS			VALORES CALCULADOS	% ERROR
		CAPACITANCIA (UF)			CAPACITANCIA (UF)			CAPACITANCIA TOTAL (UF)	
		C1	C2	C3	C1	C2	C3	CAPACITANCIA TOTAL (UF)	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
<p>FORMULAS:</p>									
<p>CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES:</p>									

Fuente: El Autor

Tabla 48 Registro de Prueba 2 – Practica 3 (Delta-Estrella)

BANCO	CAPACITANCIA(UF)	TIPO CONEXIÓN	VALORES MEDIDOS				VALORES CALCULADOS	
			TENSIONES		IL(A)	Qc(VAR)	I(A)	Qc(VAR)
			VLL (v)	VLN(v)				
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
<i>FORMULAS:</i>								
CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES:								

Fuente: El Autor

4.5 PRÁCTICA NO.4: FACTOR DE POTENCIA EN CARGAS RESISTIVAS, INDUCTIVAS Y CAPACITIVAS. (R, L, C – RL-RLC)

4.5.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Circuitos Eléctricos II

PRÁCTICA: N° 4

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 1:30 Horas

4.5.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Factor de potencia en cargas resistivas, inductivas, capacitivas, circuito RL y circuito RLC.

- **OBJETIVO GENERAL:**

Determinar el comportamiento del factor de potencia en distintas cargas y circuitos eléctricos.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Comparar de manera practica el factor de potencia en diferentes circuitos.
Medir, tomar registros y analizar el comportamiento del factor de potencia.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Esquema de conexión de capacitores.

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**

1. Revisar y analizar el diagrama unifilar del banco de pruebas. (Ver Anexo 1)
2. Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.
3. Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.
4. Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 V del tablero.
5. Energizar el circuito colocando el Disyuntor principal en posición encendida, para observar que el banco de pruebas este energizado y tenga voltaje en cada fase.
6. Revisar y analizar el circuito de las cargas a conectar (Ver ilustración 92)
7. Conectar una carga trifásica de tipo RESISTIVA en delta y conectarla al contactor K1, que será controlado por el selector SW1.(Ver Ilustración 93)
8. Conectar una carga trifásica de tipo INDUCTIVA en delta y conectarla al contactor K2, que será controlado por el selector SW2.(Ver Ilustración 93)
9. Conectar una carga trifásica de tipo CAPACITIVA en delta y conectarla al contactor K3, que será controlado por el selector SW3.(Ver Ilustración 93)
10. Insertar la carga resistiva al sistema mediante el accionamiento de SW1.
11. Medir y registrar los valores de voltaje, corriente, potencias y FP del sistema.
12. Desconectar la carga trifásica resistiva.
13. Insertar la carga inductiva al sistema mediante el accionamiento de SW2.
14. Medir y registrar los valores de voltaje, corriente, potencias y FP del sistema.
15. Desconectar la carga trifásica inductiva.
16. Insertar la carga capacitiva al sistema mediante el accionamiento de SW3.
17. Desconectar la carga trifásica capacitiva.
18. Conectar nuevamente la carga resistiva e inductiva al sistema, para así poder tener un circuito RL trifásico.
19. Medir y registrar los valores de voltaje, corriente, potencias y FP del sistema.
20. Insertar nuevamente la carga capacitiva al sistema mediante el accionamiento de SW3, para así tener un circuito RLC trifásico.
21. Medir y registrar los valores de voltaje, corriente, potencias y FP del sistema.
22. Desconectar la carga trifásica RLC.
23. Desconexión de la alimentación del banco de pruebas, mediante el disyuntor principal.

24. Desconectar todos los conductores del banco de pruebas, dejando ordenado cada uno de ellos.
25. Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas para Control del Factor de Potencia.

Módulo de Resistencias Trifásicas

Módulo de Inductores Trifásicos

Banco de Capacitores

Instrumentación para: Tensión, Corriente.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.49 Práctica No 4: Valores calculados

Tabla No.50 Práctica No 4: Valores medidos

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

Protocolo de operatividad de protecciones.

- **ANEXOS**

Diagrama de fuerza y control.

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Boylestad, R. (s.f.). Introducción al análisis de circuitos. Pearson.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

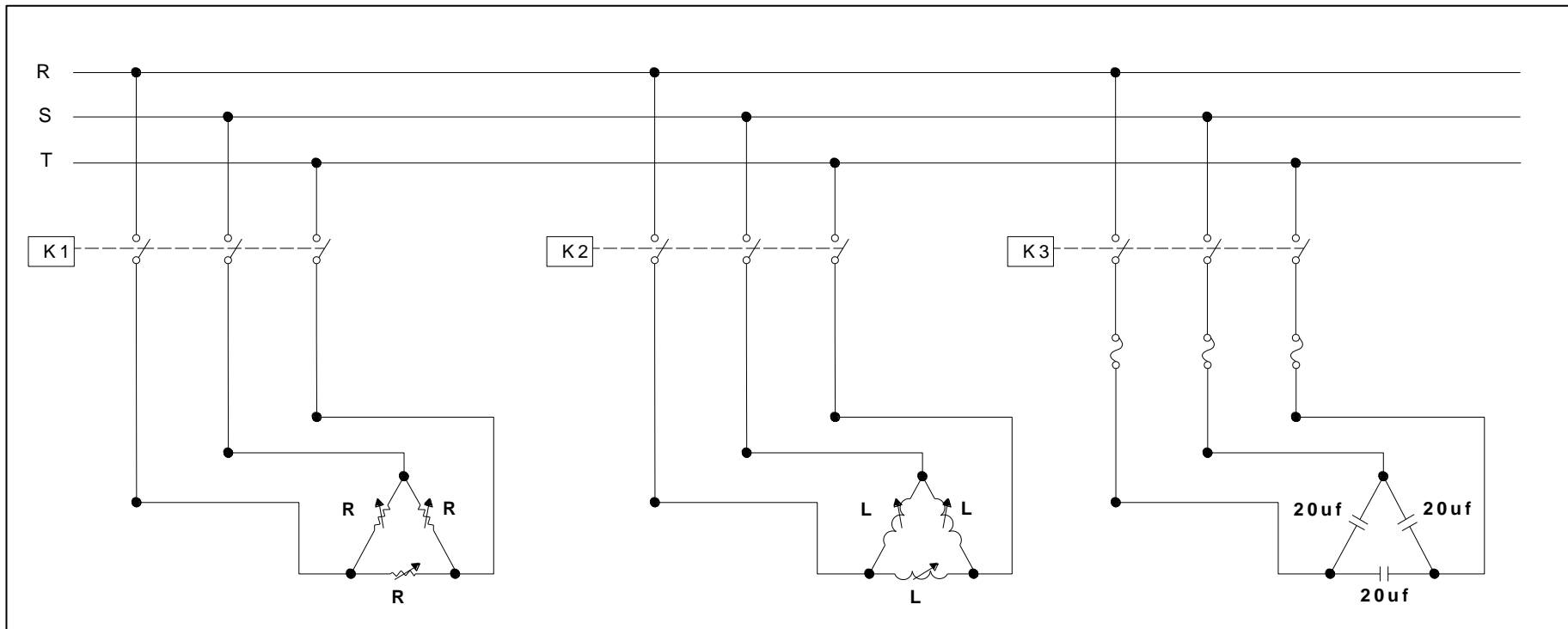
De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué es el factor de potencia?

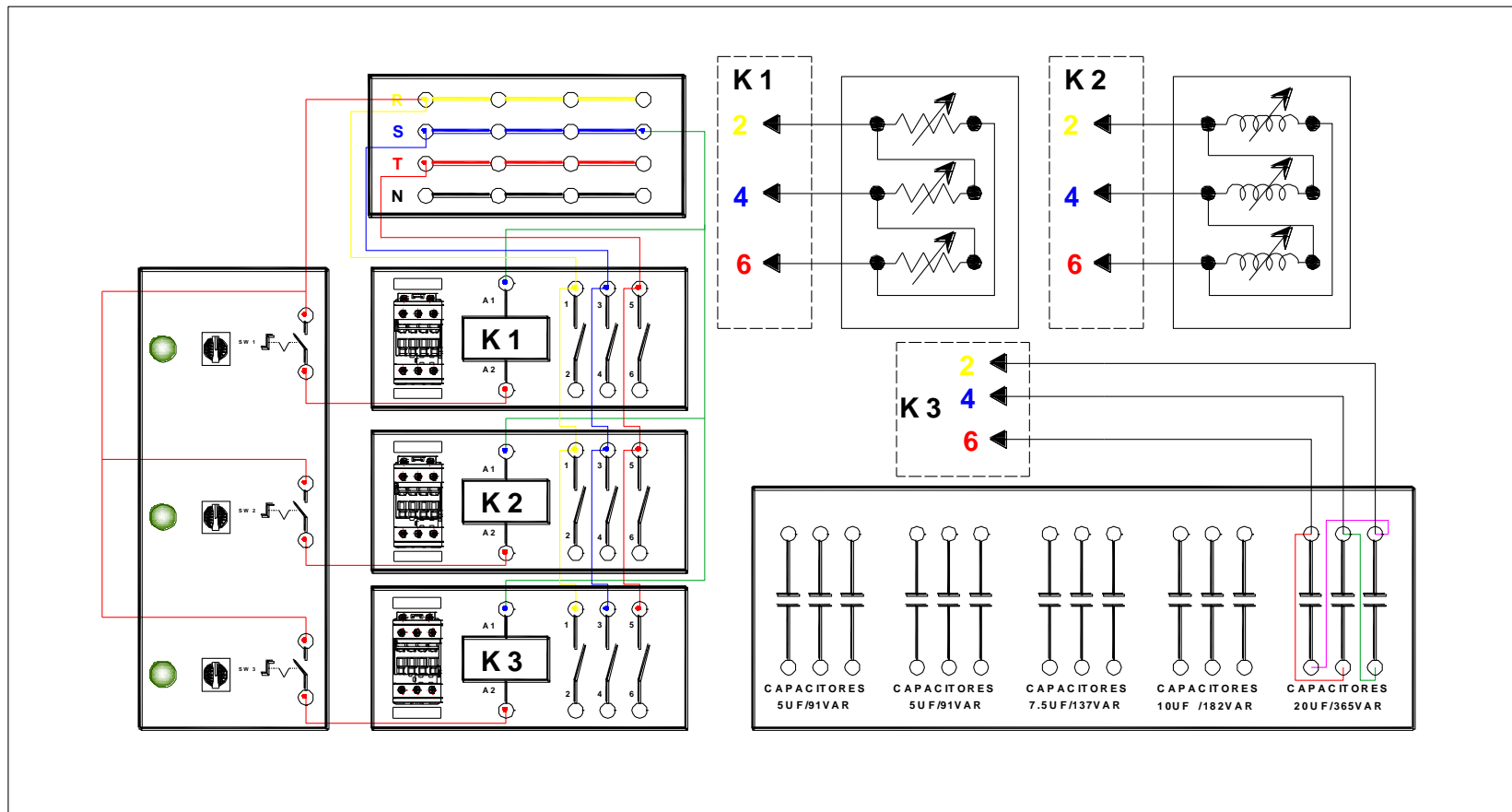
¿De qué manera beneficia la corrección del factor de potencia en circuito eléctrico?

Ilustración 92 Circuito de Conexión de Cargas: R, L, C.



Fuente: El Autor

Ilustración 93 Diagrama de Conexiones Practica N°4



Fuente: El Autor

Tabla 49 Práctica No 4: Valores Calculados

VALORES CALCULADOS											
ITEM	INTENSIDADES (A)			TENSIONES (V)			P (W)	QL (VAR)	S (VA)	FACTOR DE POTENCIA	
	I1	I2	I3	Vrs	Vst	Vtr	TOTAL	TOTAL	TOTAL	θ	COS θ
R											
L											
C											
RL											
RLC											
Fórmulas											
Conclusiones y recomendaciones											

Fuente: El Autor

Tabla 50 Práctica No 4: Valores Medidos.

VALORES MEDIDOS											
ITEM	INTENSIDADES (A)			TENSIONES (V)			P (W)	QL (VAR)	S (VA)	FACTOR DE POTENCIA	
	I1	I2	I3	Vrs	Vst	Vtr	TOTAL	TOTAL	TOTAL	θ	COSθ
R											
L											
C											
RL											
RLC											
Fórmulas											
Conclusiones y recomendaciones											

Fuente: El Autor

4.6 PRÁCTICA NO.5: MEJORAMIENTO DEL FP DE UN DE UN SISTEMA COMPRENDIDO DE UN MOTOR ASÍNCRONO HAMPDEN A VACÍO. REALIZADO POR EL MÉTODO MANUAL.

4.6.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Circuitos Eléctricos II

PRÁCTICA: N° 5

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 1:30 Horas

4.6.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Mejoramiento Del FP De Un Motor Asíncrono Hampden A Vacío.

- **OBJETIVO GENERAL:**

Corregir el factor de potencia de asíncrono Hampden a vacío.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Determinar el valor necesario de reactancia capacitiva para corregir el FP a cierto valor determinado.

Observar y analizar el funcionamiento de un motor eléctrico a vacío (sin carga).

Medir y tomar registros del factor de potencia.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Esquema de conexión de capacitores.

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**

1. Revisar y analizar el diagrama unifilar del banco de pruebas. (Ver Anexo 1)
2. Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.
3. Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.
4. Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 V del tablero.
5. Energizar el circuito colocando el Disyuntor principal en posición encendida, para observar que el banco de pruebas este energizado y tenga voltaje en cada fase.
6. Revisar y analizar el diagrama unifilar de la practica (Ver ilustración 96)
7. Conectar circuito de fuerza de la conexión interna del motor asíncrono. (Ver ilustración 94)
8. Luego conectamos a la fuente de alimentación trifásica de 220 V del tablero, el motor eléctrico marca Hampden modelo WRM 300. (Ver ilustración 95)
9. Energizar el circuito colocando el Disyuntor principal del motor en posición encendida y pulsando el botón de marcha.
10. Medir y registrar los valores de voltaje, corriente, potencias y FP del sistema en el Analizador de Redes del Sistema. (El circuito no tendrá compensación de energía reactiva)
11. Parar el motor con el pulsante, esperando que se detenga completamente.
12. Realizar los cálculos necesarios para corregir el factor de potencia a un determinado valor, tomando en cuenta los datos anteriormente registrados. (Ver ejemplo pág. 38)
13. Distribuir en los mayores pasos posibles (máximo 6) la capacitancia que nos resultó de los cálculos.
14. Una vez realizados los cálculos procedemos a realizar las conexiones de los bancos de capacitores necesarios y adecuados para lograr el fin. Proceder tal y como lo indican los diagramas de conexiones adjuntos y trabajar de forma

segura, colocando el Disyuntor principal y del motor en posición apagado.(
Ver ilustración 97)

15. A continuación verificamos cada una de las conexiones, asegurándonos de que no haya ningún cable flojo. Concluida la verificación se energiza el tablero, poniendo en posición encendida el Disyuntor principal, revisar que haya presencia de tensión en los analizadores de red.
16. Revisar en el analizador de redes que todos los capacitores de cada banco estén aportando igualmente con su capacidad, verificando que las corrientes sean iguales, ya que es un sistema trifásico y podría desbalancear al sistema.
17. Poner en Marcha el Motor.
18. Para lograr la corrección del FP se debe proceder como se indica a continuación:
 - a) Selector Manual/Automático en posición manual.
 - b) Colocar en posición encendido, el selector (SW1) que controla al contactor del banco de capacitores con valor más bajo. Medir y registrar los valores de voltaje, corriente, potencias y FP del sistema.
 - c) Continuar de forma sucesiva conectando los selectores requeridos, como se indicó anteriormente, hasta lograr la corrección del FP al valor deseado.
19. Desconexión de todos los bancos de capacitores por medio del contactor y parar el motor mediante la botonera.
20. Desconexión de la alimentación del banco de pruebas, mediante el disyuntor principal.
21. Desconectar todos los conductores del banco de pruebas, dejando ordenado cada uno de ellos.
22. Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas para Control del Factor de Potencia.

Motor Asíncrono Hampden WRM 300

Instrumentación para: Tensión, Corriente.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.51 Práctica No 5: Valores medidos

Tabla No.52 Práctica No 5: Valores calculados

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

Protocolo de operatividad de protecciones.

- **ANEXOS**

Diagrama de fuerza y control.

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Astudillo, I. O. (s.f.). Manual de Prácticas de Máquinas Eléctricas - Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil-Ecuador.

Enríquez, H. G. (1989). El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales. México D.F.: Limusa S.A.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

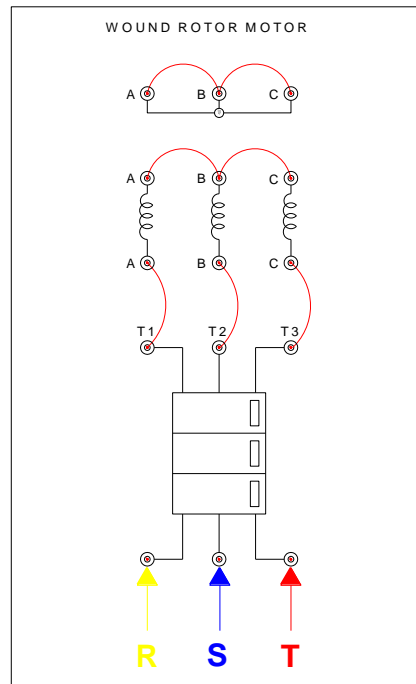
De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Cuál es la diferencia entre potencia reactiva inductiva y la potencia reactiva capacitiva?

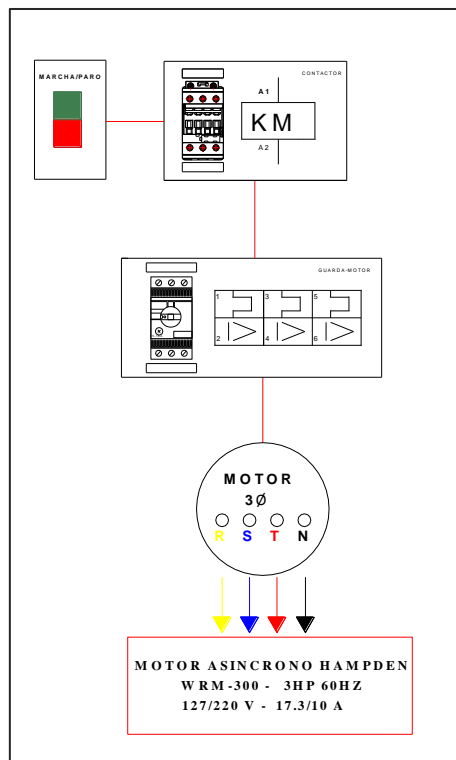
¿Cuál es comportamiento de un motor eléctrico trabajando en vacío?

Ilustración 94 Conexión de Motor Asíncrono Hampden WRM-300



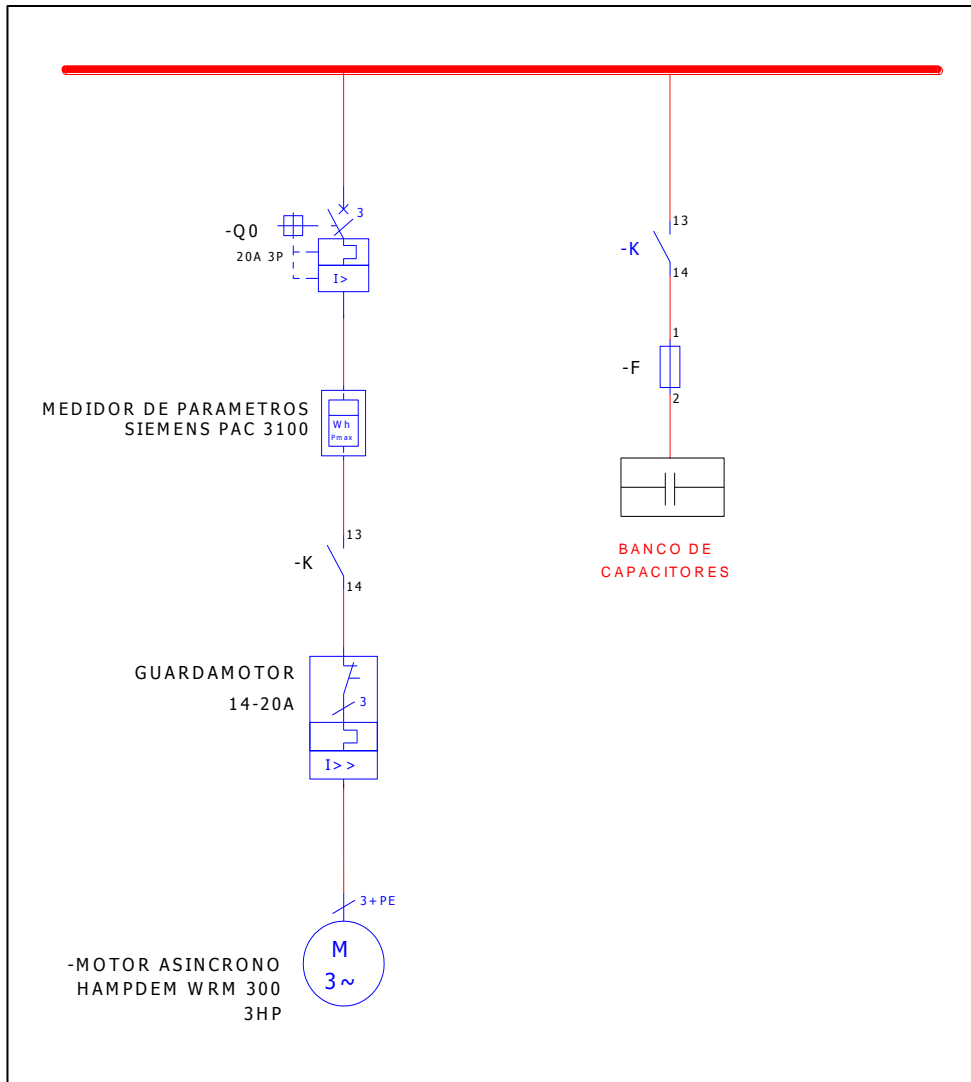
Fuente: Manual de Prácticas de Máquinas Eléctricas - Universidad Politécnica Salesiana.

Ilustración 95 Conexión del Banco de pruebas hacia el Motor



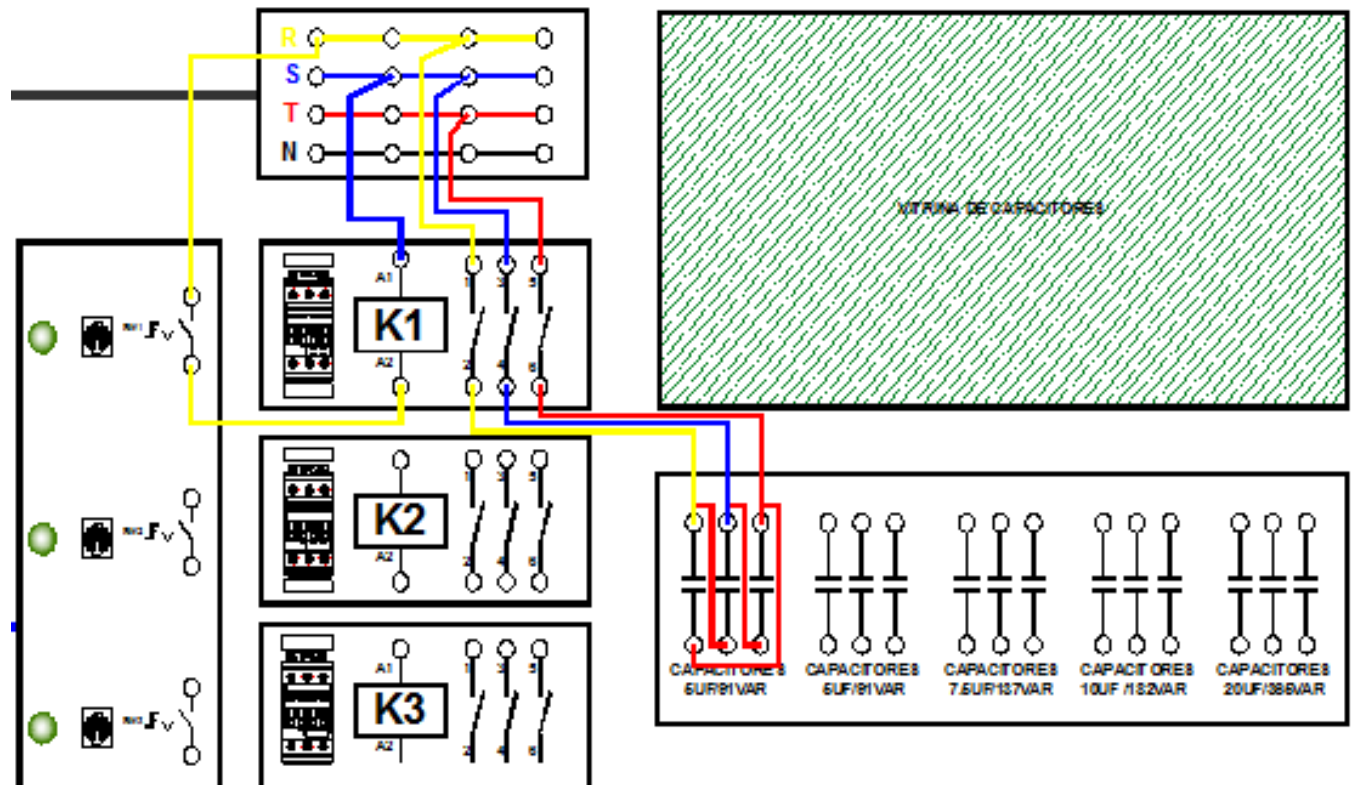
Fuente: El Autor

Ilustración 96 Diagrama Unifilar del Circuito de Mejora del Factor de Potencia con Motor WRM300



Fuente: El Autor

Ilustración 97 Ejemplo de Diagrama de Conexión de Capacitores a la Barra



Fuente: El Autor

Tabla 51 Práctica No 5: Valores Medidos.

VALORES MEDIDOS											
ITEM	INTENSIDADES (A)			TENSIONES (V)			P (W)	Q (VAR)	S (VA)	FACTOR DE POTENCIA	
	I1	I2	I3	Vrs	Vst	Vtr	TOTAL	TOTAL	TOTAL	θ	Cos θ
PASO N°											
PASO N°											
PASO N°											
PASO N°											
PASO N°											
PASO N°											
Fórmulas											
Conclusiones y recomendaciones											

Fuente: El Autor

Tabla 52 Práctica No 5: Valores calculados.

VALORES CALCULADOS											
ITEM	FP		POTENCIAS			BANCO DE CAPACITORES (μF)					
	Actual	Deseado	QL necesaria. (VAR)	QL nueva (VAR)	S nuevo (VA)	1	2	3	4	5	6
<p>Fórmulas</p> $\theta = \cos^{-1}(FP) \quad Q^* = P * \text{Tang}(\theta_{\text{mejorado}}) \quad X_C = \frac{V^2}{Q_{C_{\text{xFASE}}}}$ $P = S * FP \quad Q_C = Q_I - Q^* \quad C = \frac{1}{\omega * X_C}$ $Q_T = \sqrt{S_T^2 - P_T^2} \quad Q_{C_{\text{xFASE}}} = \frac{Q_C}{3}$											
<p>Conclusiones y recomendaciones</p>											

Fuente: El Autor

4.7 PRÁCTICA NO.6: MEJORAMIENTO DEL FP DE UN SISTEMA COMPENDIDO DE UN MOTOR ASÍNCRONO HAMPDEN CON CARGA MECÁNICA (GENERADOR) REALIZADO POR EL MÉTODO MANUAL.

4.7.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Circuitos Eléctricos II

PRÁCTICA: N° 6

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 1:30 Horas

4.7.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Mejoramiento Del FP De Un Motor Asíncrono Hampden Con Carga Mecánica (Generador) por el método Manual.

- **OBJETIVO GENERAL:**

Corregir el factor de potencia de asíncrono Hampden con carga mecánica.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Determinar el valor necesario de reactancia capacitiva para corregir el FP a cierto valor determinado.

Observar y analizar el funcionamiento de un motor eléctrico con carga mecánica.

Medir y tomar registros del factor de potencia.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Esquema de conexión de capacitores.

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**

1. Revisar y analizar el diagrama unifilar del banco de pruebas. (Ver Anexo 1)
2. Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.
3. Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.
4. Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 V del tablero.
5. Energizar el circuito colocando el Disyuntor principal en posición encendido, para observar que el banco de pruebas este energizado y tenga voltaje en cada fase.
6. Revisar y analizar el diagrama unifilar de la practica (Ver ilustración 100)
7. Conectar circuito de fuerza de la conexión interna del motor asíncrono. (Ver ilustración 98)
8. Realizar el acople mecánico entre el motor Hampden modelo WRM 300 y el generador DC Hampden modelo DM300.
9. Luego conectamos a la fuente de alimentación trifásica de 220 V del tablero, el motor eléctrico marca Hampden modelo WRM 300.
10. Energizar el circuito colocando el Disyuntor principal del motor en posición encendido y pulsando el botón de marcha.
11. Medir y registrar los valores de voltaje, corriente, potencias y FP de la carga en el Analizador de Redes del Sistema. (El circuito no tendrá compensación de energía reactiva)
12. Parar el motor con el pulsante, esperando que se detenga completamente.
13. Realizar los cálculos necesarios para corregir el factor de potencia a un determinado valor, tomando en cuenta los datos anteriormente registrados. (Ver ejemplo pág. 38)

14. Distribuir en los mayores pasos posibles (máximo 6) la capacitancia que nos resultó de los cálculos.
15. Una vez realizados los cálculos procedemos a realizar las conexiones de los bancos de capacitores necesarios y adecuados para lograr el fin. Proceder tal y como lo indican los diagramas de conexiones adjuntos y trabajar de forma segura, colocando el Disyuntor principal y del motor en posición apagada.(Ver ilustración 101)
16. A continuación verificamos cada una de las conexiones, asegurándonos de que no este un terminal desconectado. Concluida la verificación se energiza el tablero, subiendo el disyuntor principal, revisar que haya presencia de tensión en los analizadores de red.
17. Revisar en el analizador de redes que todos los capacitores de cada banco estén aportando igualmente con su capacidad, verificando que las corrientes sean iguales, ya que es un sistema trifásico y podría desbalancear al sistema.
18. Poner en Marcha el Motor.
19. Para lograr la corrección del FP se debe proceder como se indica a continuación:
 - a) Selector Manual/Automático en posición manual.
 - b) Colocar en posición encendido, el selector (SW1) que controla al contactor del banco de capacitores con valor más bajo. Medir y registrar los valores de voltaje, corriente, potencias y FP del sistema.
 - c) Continuar de forma sucesiva conectando los selectores requeridos, como se indicó anteriormente, hasta lograr la corrección del FP al valor deseado.
20. Desconexión de todos los bancos de capacitores por medio del contactor y parar el motor mediante la botonera.
21. Desconexión de la alimentación del banco de pruebas, mediante el disyuntor principal.
22. Desconectar todos los conductores del banco de pruebas, dejando ordenado cada uno de ellos.
23. Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas para Control del Factor de Potencia.

Motor Asíncrono Hampden WRM300

Generador DC Hampden DM300

Instrumentación para: Tensión, Corriente.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.53 Práctica No 6: Valores medidos

Tabla No.54 Práctica No 6: Valores calculados

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

Protocolo de operatividad de protecciones.

- **ANEXOS**

Diagrama de fuerza y control.

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Astudillo, I. O. (s.f.). Manual de Prácticas de Máquinas Eléctricas -
Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil-Ecuador.

Enríquez, H. G. (1989). El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

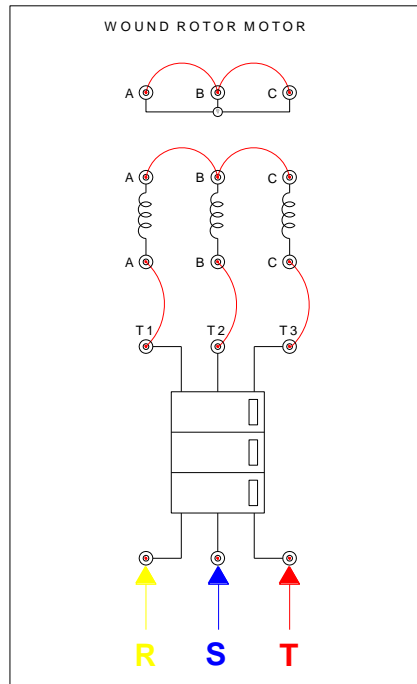
De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué diferencia pudo notar entre un motor trabajando en vacío que trabajando con carga mecánica?

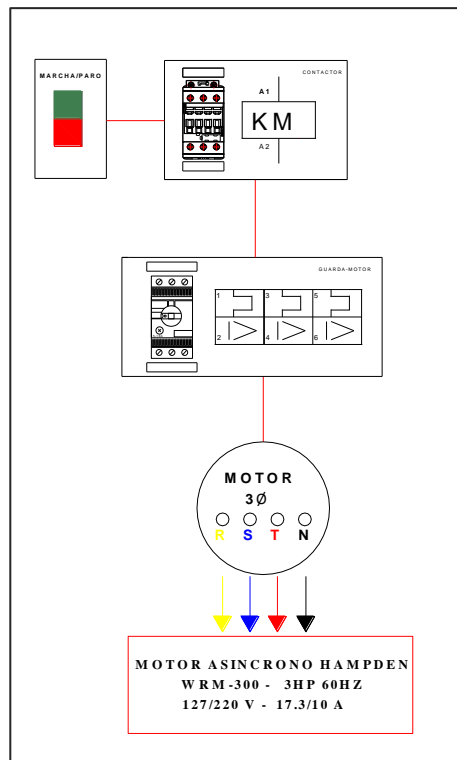
¿Mejóro o no el factor de potencia del motor con carga mecánica con respecto a vacío? Explique el motivo.

Ilustración 98 Conexión de Motor Asíncrono Hampden WRM-300



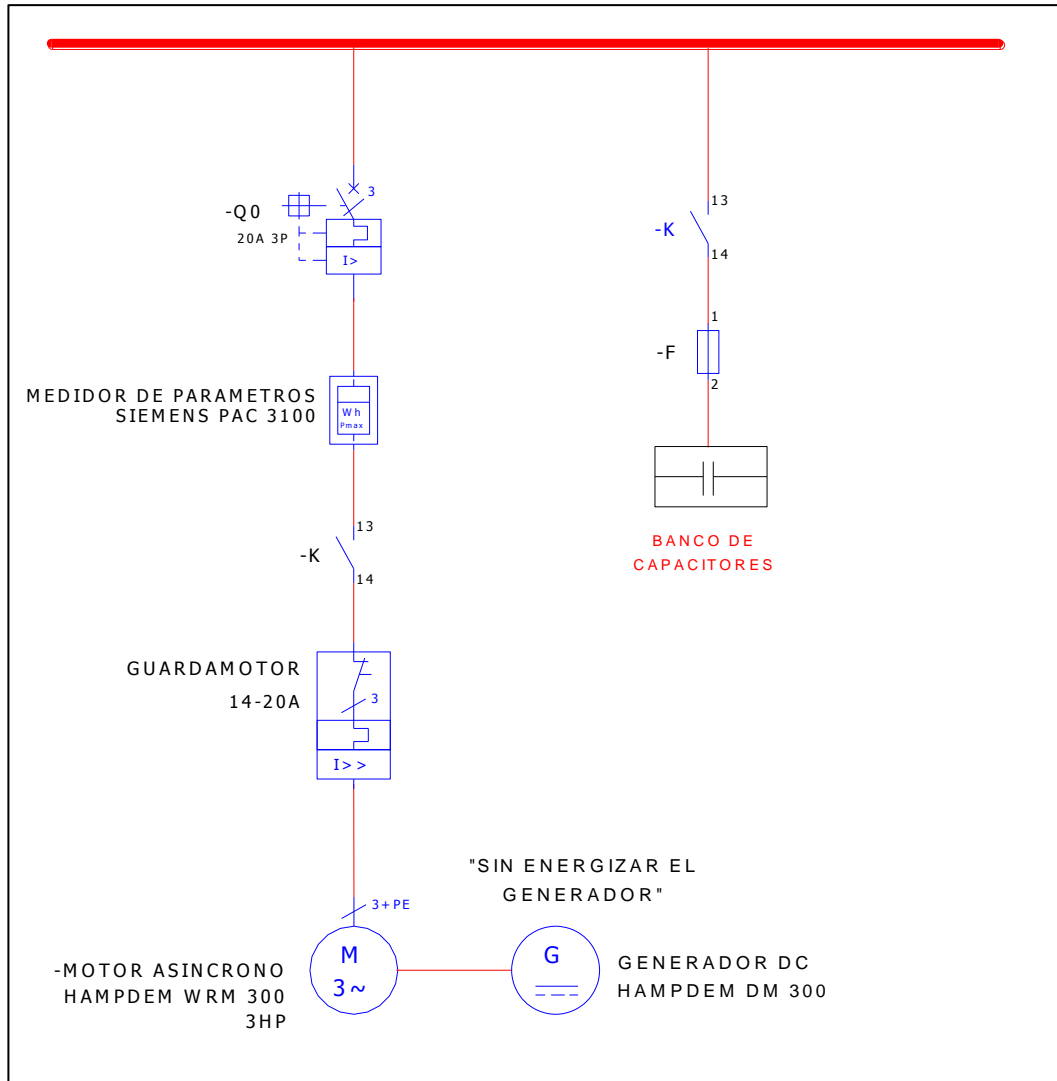
Fuente: Manual de Prácticas de Máquinas Eléctricas - Universidad Politécnica Salesiana.

Ilustración 99 Conexión del Banco de pruebas hacia el Motor



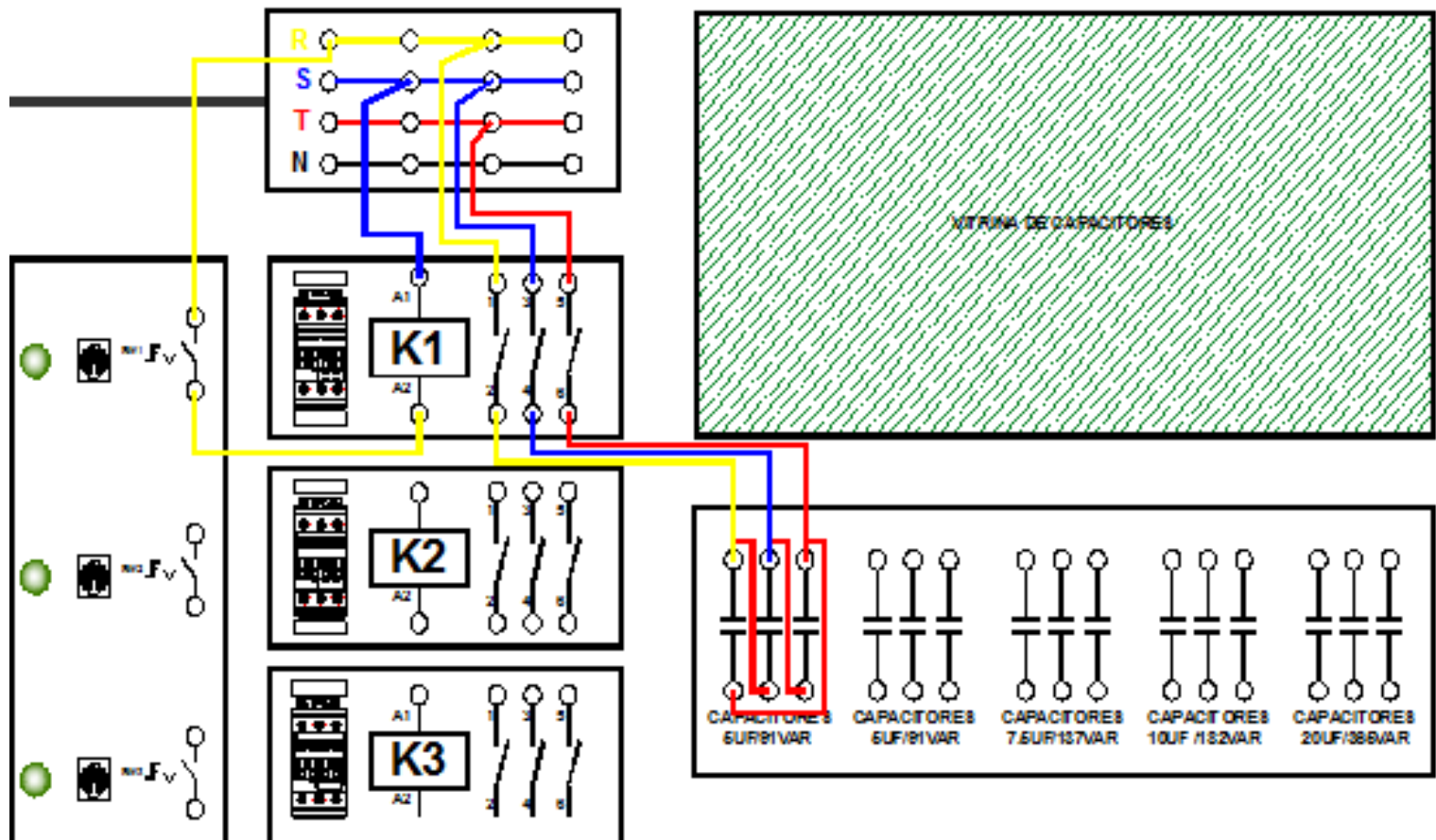
Fuente: El Autor

Ilustración 100 Diagrama Unifilar del Circuito de Mejora del Factor de Potencia con Motor WRM300 y carga mecánica Generador DM300 (Método Manual)



Fuente: El Autor

Ilustración 101 Ejemplo de Conexión de Capacitores



Fuente: El Autor

Tabla 53 Práctica No 6: Valores medidos.

VALORES MEDIDOS											
ITEM	INTENSIDADES (A)			TENSIONES (V)			P (W)	QL (VAR)	S (VA)	FACTOR DE POTENCIA	
	I1	I2	I3	Vrs	Vst	Vtr	TOTAL	TOTAL	TOTAL	θ	COSθ
PASO N°											
PASO N°											
PASO N°											
PASO N°											
PASO N°											
PASO N°											
Fórmulas											
Conclusiones y recomendaciones											

Fuente: El Autor

Tabla 54 Práctica No 6: Valores calculados.

VALORES CALCULADOS											
ITEM	FP		POTENCIAS			BANCO DE CAPACITORES (μF)					
	Actual	Deseado	Q necesaria. (VAR)	Q nueva (VAR)	S nuevo(VA)	1	2	3	4	5	6
Fórmulas											
$\theta = \text{Cos}^{-1}(FP) \quad Q^* = P * \text{Tang}(\theta_{\text{mejorado}}) \quad X_C = \frac{V^2}{Q_{C_{xFASE}}}$											
$P = S * FP \quad Q_C = Q_I - Q^* \quad C = \frac{1}{\omega * X_C}$											
$Q_T = \sqrt{S_T^2 - P_T^2} \quad Q_{C_{xFASE}} = \frac{Q_C}{3}$											
Conclusiones y recomendaciones											

Fuente: El Autor

4.8 PRÁCTICA NO.7: MEJORAMIENTO DEL FP DE UN SISTEMA COMPENDIDO DE UN MOTOR ASÍNCRONO HAMPDEN CON CARGA MECÁNICA (GENERADOR). REALIZADO POR EL MÉTODO AUTOMÁTICO

4.8.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Circuitos Eléctricos II

PRÁCTICA: N° 7

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE: Ing.

TIEMPO ESTIMADO: 1:30 Horas

4.8.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Mejoramiento Del FP De Un Motor Asíncrono Hampden Con Carga Mecánica (Generador). Modo automático
- **OBJETIVO GENERAL:**

Corregir el factor de potencia de asíncrono Hampden con carga mecánica de forma automática.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Determinar el valor necesario de reactancia capacitiva para corregir el FP a cierto valor determinado.

Comprender y aprender sobre el funcionamiento de un equipo controlador de potencia (programar equipo)

Medir y tomar registros del factor de potencia.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Esquema de conexión de capacitores.

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**

1. Revisar y analizar el diagrama unifilar del banco de pruebas. (Ver Anexo 1)
2. Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.
3. Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.
4. Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 V del tablero.
5. Energizar el circuito colocando el Disyuntor principal en posición encendido, para observar que el banco de pruebas este energizado y tenga voltaje en cada fase.
6. Revisar y analizar el diagrama unifilar de la practica (Ver ilustración 104)
7. Conectar circuito de fuerza de la conexión interna del motor asíncrono. (Ver ilustración 102)
8. Realizar el acople mecánico entre el motor Hampden modelo WRM 300 y el generador DC Hampden modelo DM300.
9. Luego conectamos a la fuente de alimentación trifásica de 220 V del tablero, el motor eléctrico marca Hampden modelo WRM 300.
10. Energizar el circuito colocando el Disyuntor principal del motor en posición encendido y pulsando el botón de marcha.
11. Medir y registrar los valores de voltaje, corriente, potencias y FP del sistema en el Analizador de Redes del Sistema. (El circuito no tendrá compensación de energía reactiva)
12. Parar el motor con el pulsante, esperando que se detenga completamente.

13. Realizar los cálculos necesarios para corregir el factor de potencia a un determinado valor, tomando en cuenta los datos anteriormente registrados. (Ver ejemplo pág. 38)
14. Distribuir en los mayores pasos posibles (máximo 6) la capacitancia que nos resultó de los cálculos.
15. Una vez realizados los cálculos procedemos a realizar las conexiones de los bancos de capacitores necesarios y adecuados para lograr el fin. Proceder tal y como lo indican los diagramas de conexiones adjuntos y trabajar de forma segura, colocando el Disyuntor principal y del motor en posición apagado.(Ver ilustración 106)
16. Conectamos la salida de los contactores a la barra.(Ver ilustración 105)
17. Conectamos los bancos de capacitores a cada uno de los contactores respectivamente .(Ver ilustración 107)
18. Revisar en el analizador de redes que todos los capacitores de cada banco estén aportando igualmente con su capacidad, verificando que las corrientes sean iguales, ya que es un sistema trifásico y podría desbalancear al sistema, esto lo podemos realizar mediante forma manual con ayuda de un selector.
19. Desconectar todo selector que estuviera conectado, ya que se trabajara de forma automática con el equipo controlador de factor de potencia.
20. Conectamos el equipo controlador de factor de potencia la fase R al común “C”, la señal de corriente sistema a los bornes “S1-S2” respectivamente y los puntos de conexión de sus pasos a la bobina “A2” de cada contactor utilizado.(Ver ilustración 108)
21. A continuación verificamos cada una de las conexiones, asegurándonos de que no haya ningún cable flojo. Concluida la verificación se energiza el tablero, poniendo en posición encendido el Disyuntor principal, revisar que haya presencia de tensión en los analizadores de red.
22. Poner en Marcha el Motor.
23. Para lograr la corrección del FP de manera automática se debe programar el del equipo controlador siguiendo las siguientes instrucciones:

- a) Selector Manual/Automático en posición automático.
- b) Encender el equipo controlador de potencia.
- c) Poner el equipo en modalidad Manual, presionando una vez la tecla MAN/AUT
- d) Luego presionar simultáneamente las teclas MODE y MAN/AUT durante 5 segundos hasta que en el display se visualice el mensaje ASE (Automatic Set Up).
- e) El procedimiento dura algunos minutos durante los cuales el controlador mide la potencia de los bancos de capacitores conectados.
- f) Al final del ajuste el controlador reinicia en modo de funcionamiento automático.
- g) Después de terminada la programación se puede apreciar que la corrección del FP se realiza de manera automática, el equipo es capaz de conectar el/los bancos adecuados al sistema para alcanzar el valor de FP programado por defecto (FP=0,95).

24. Parar el motor mediante la botonera.

25. Esperar que el controlador de factor de potencia desconecte todos los bancos de capacitores.

26. Apagar el Equipo controlador.

27. Desconexión de la alimentación del banco de pruebas, mediante el disyuntor principal.

28. Desconectar todos los conductores del banco de pruebas, dejando ordenado cada uno de ellos.

29. Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

Es importante aclarar que el controlador posee una memoria de registro interna, la cual guarda los valores calculados, si se realiza una conexión de bancos de capacitores diferente se recomienda programar el controlador para la nueva configuración.

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas para Control del Factor de Potencia.

Controlador de Factor de Potencia Lovato DCRK7

Motor Asíncrono Hampden WRM300

Generador DC Hampden DM300

Instrumentación para: Tensión, Corriente.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.55Práctica No 7: Valores medidos

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

Protocolo de operatividad de protecciones.

- **ANEXOS**

Diagrama de fuerza y control.

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Manual De Usuario Reguladores Automáticos DCRK3- DCRK5-
DCRK7- DCRK8- DCRK12.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

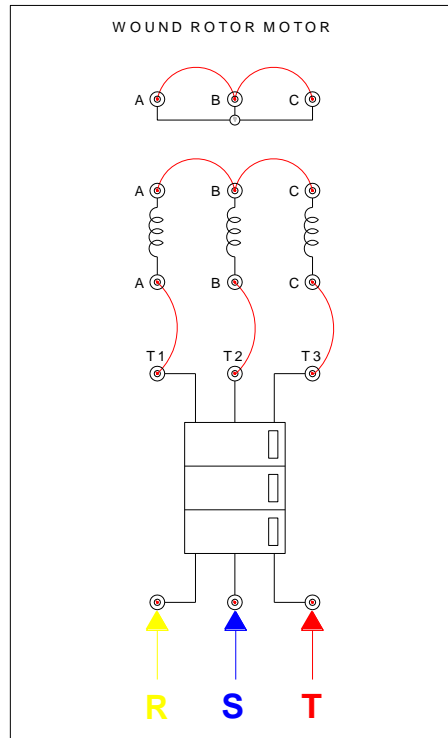
De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué es un equipo controlador del FP?

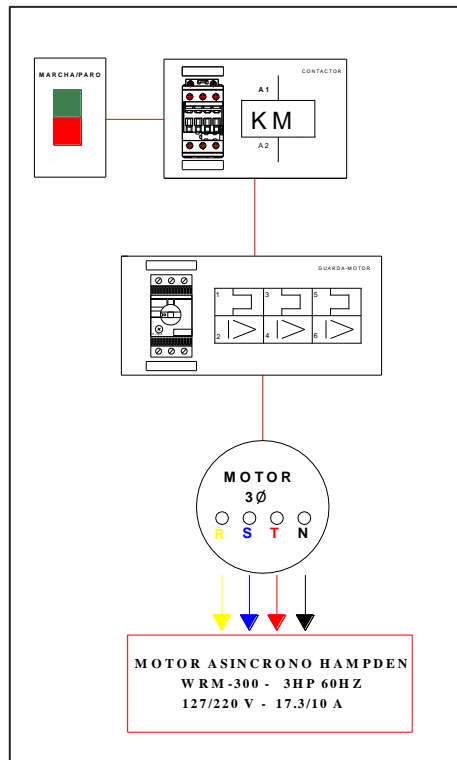
¿De qué manera el controlador del FP reconoce la potencia de los bancos conectados?

Ilustración 102 Conexión de Motor Asíncrono Hampden WRM-300



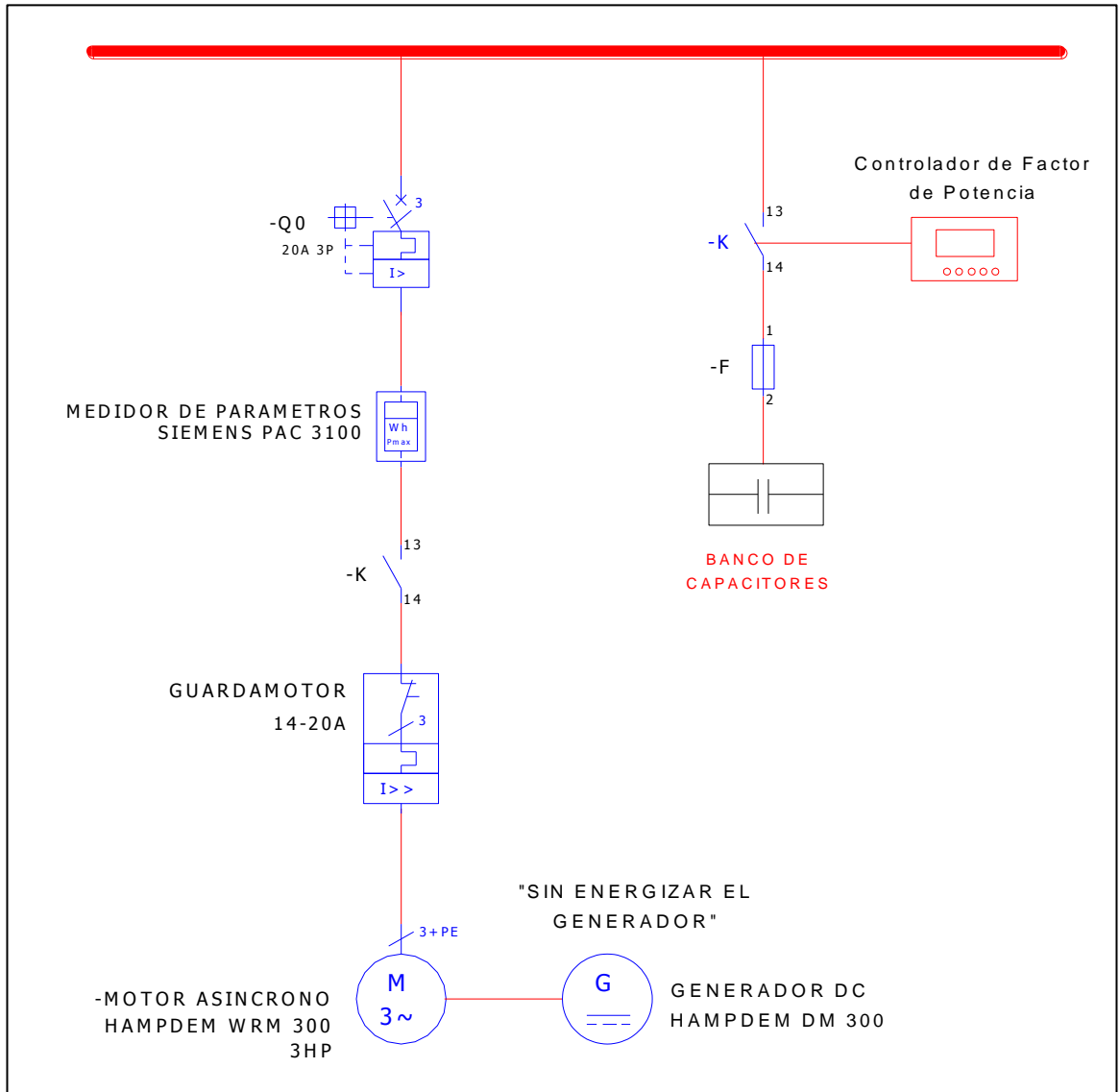
Fuente: Manual de Prácticas de Máquinas Eléctricas - Universidad Politécnica Salesiana.

Ilustración 103 Conexión del Banco de pruebas hacia el Motor



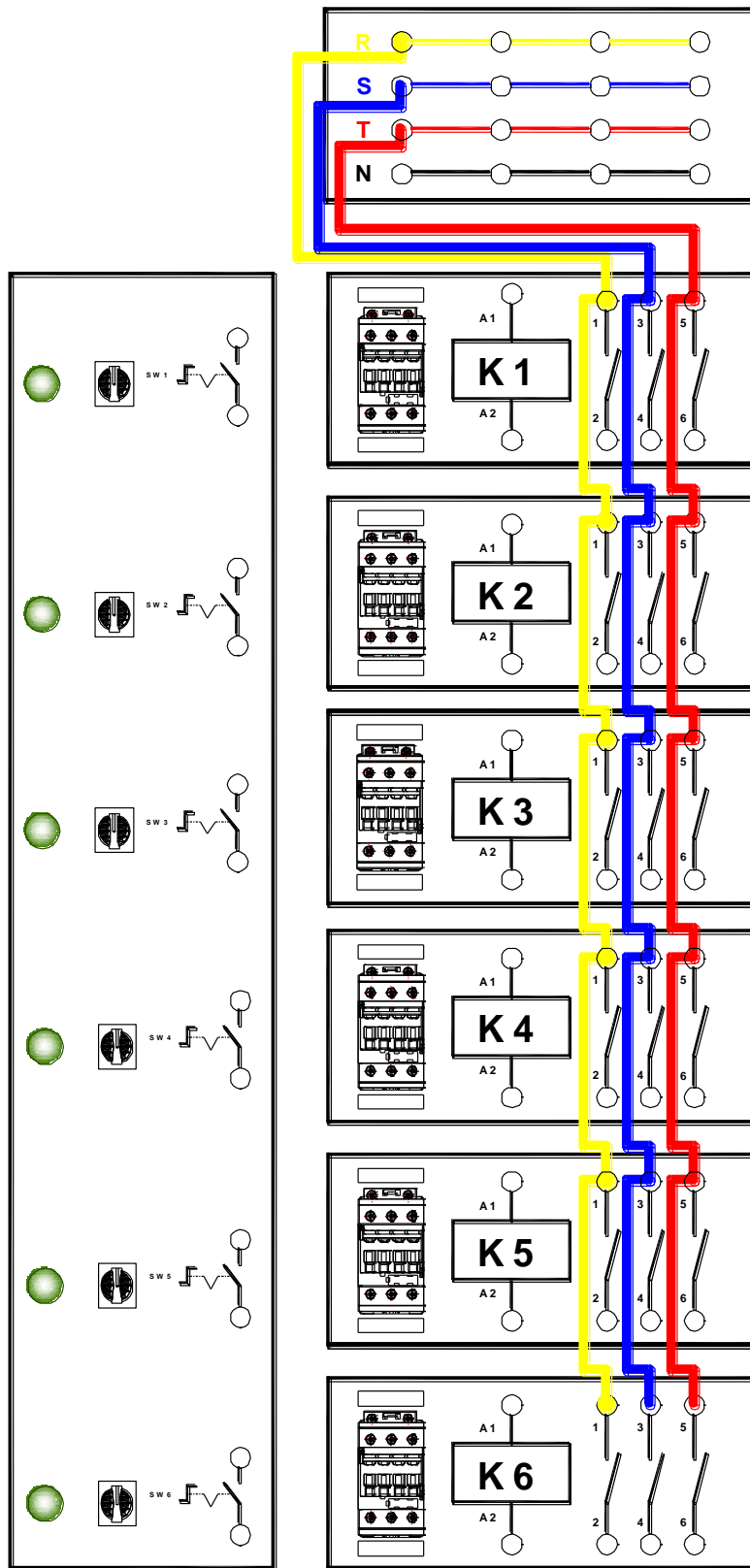
Fuente: El Autor

Ilustración 104 Diagrama Unifilar del Circuito de Mejora del Factor de Potencia con Motor WRM300 y carga mecánica Generador DM300 (Método Automático)



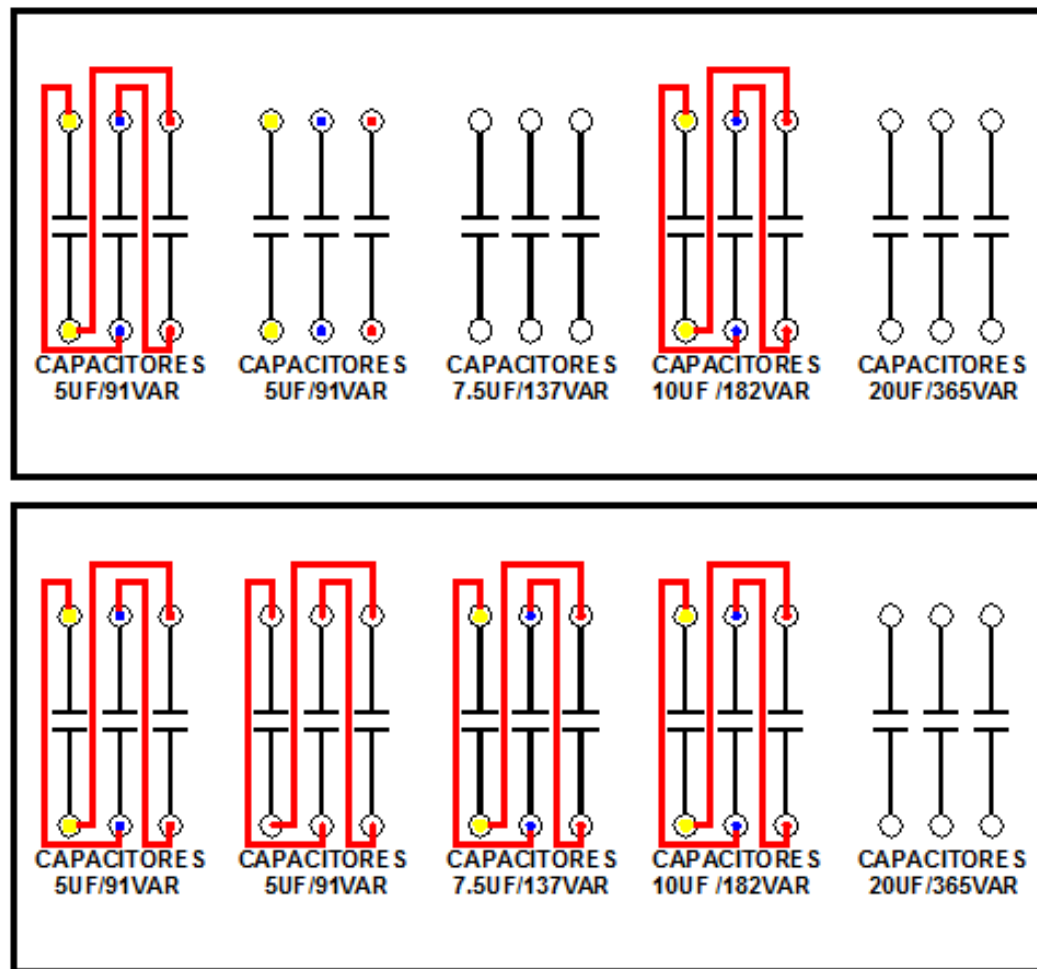
Fuente: El Autor

Ilustración 105 Conexión de Contactor a Barra



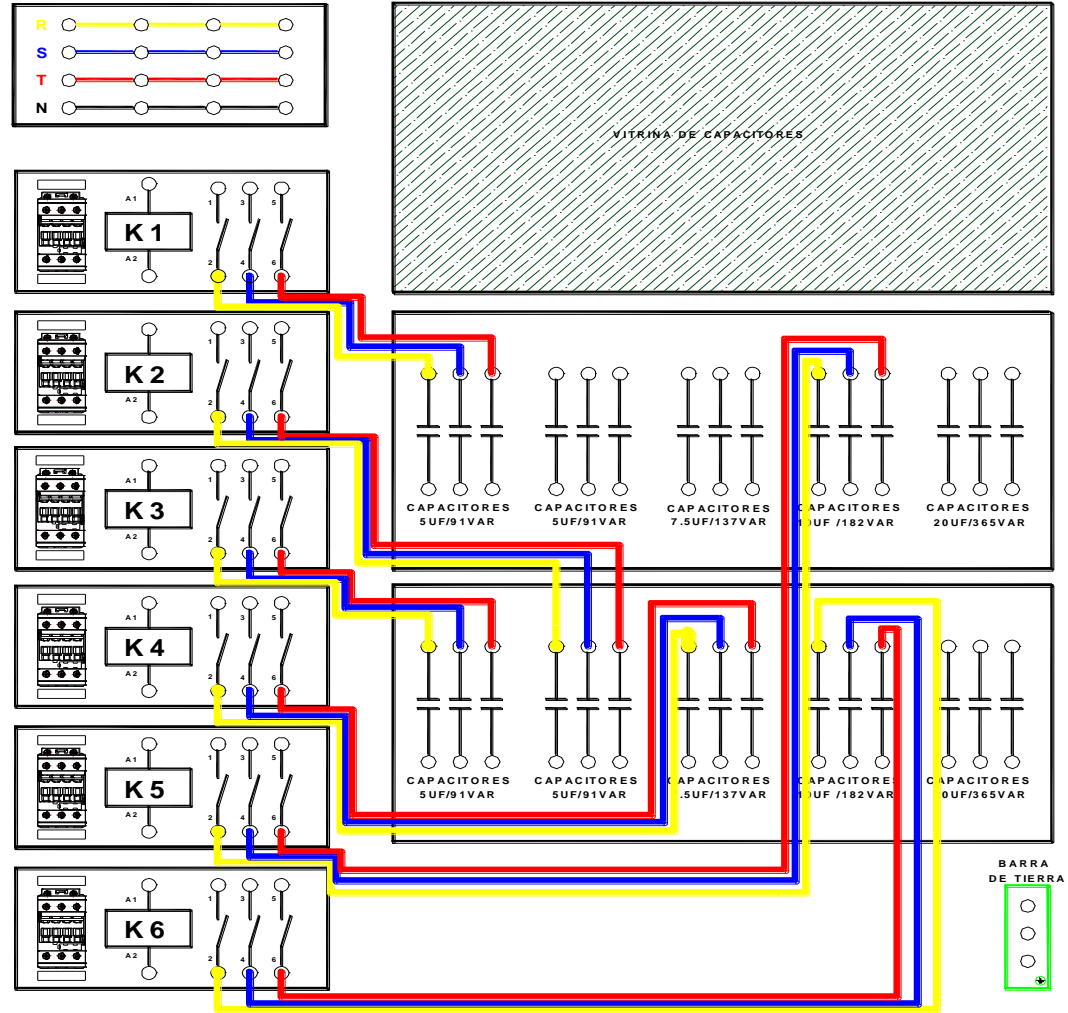
Fuente: El Autor

Ilustración 106 Conexión de Capacitores Practica N°7



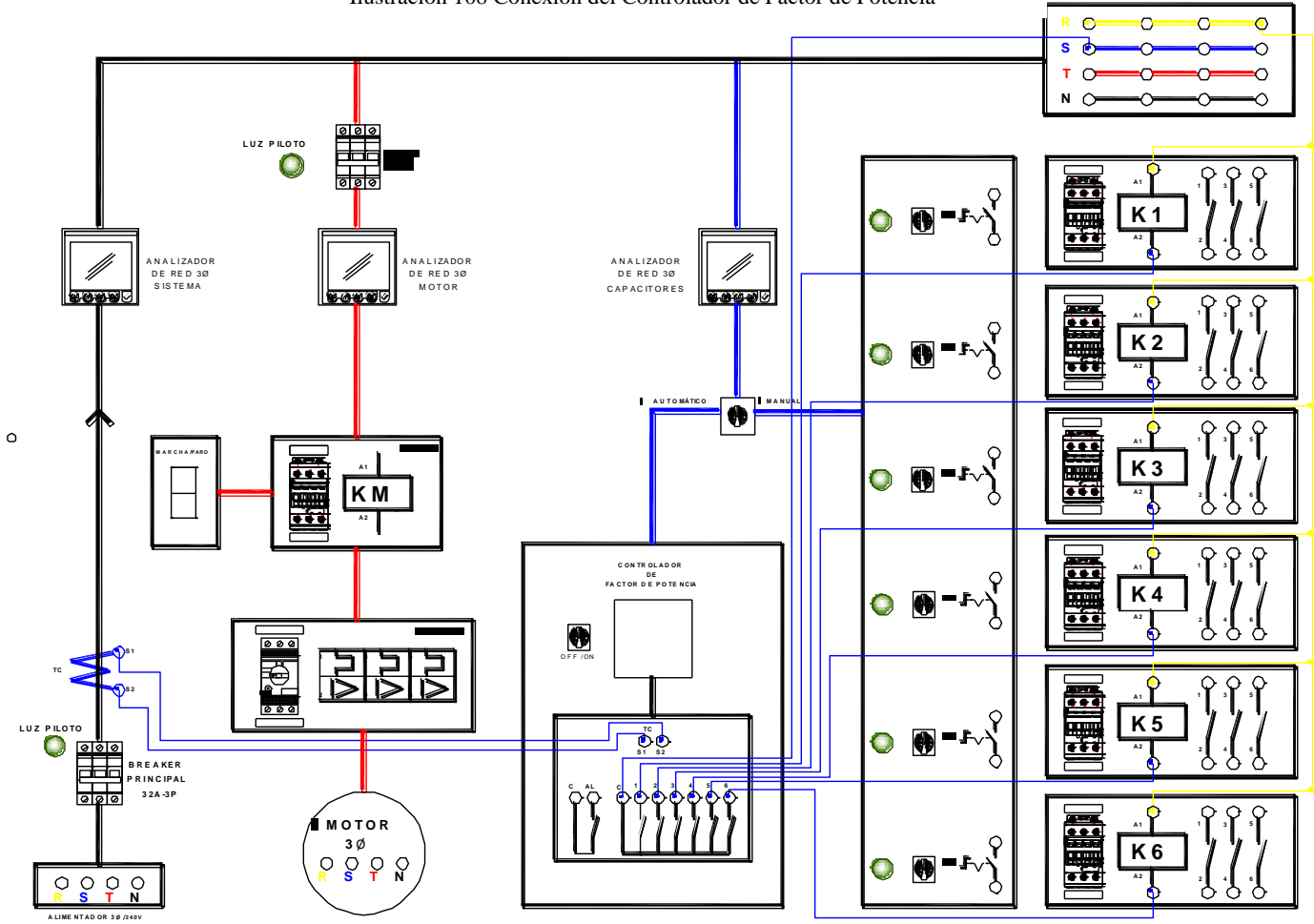
Fuente: El Autor

Ilustración 107 Conexión de Capacitores a Contactor Practica N°7



Fuente: El Autor

Ilustración 108 Conexión del Controlador de Factor de Potencia



Fuente: El Autor

Tabla 55 Práctica No 7: Valores Medidos.

VALORES MEDIDOS											
ITEM	INTENSIDADES (A)			TENSIONES (V)			P (W)	QL (VAR)	S (VA)	FACTOR DE POTENCIA	
	I1	I2	I3	Vrs	Vst	Vtr	TOTAL	TOTAL	TOTAL	θ	COSθ
PASO N°											
PASO N°											
PASO N°											
PASO N°											
PASO N°											
Fórmulas $\theta = \cos^{-1}(FP) \quad Q^* = P * \text{Tang}(\theta_{\text{mejorado}}) \quad X_C = \frac{V^2}{Q_{C \times \text{FASE}}}$ $P = S * FP \quad Q_C = Q_I - Q^* \quad C = \frac{1}{\omega * X_C}$ $Q_T = \sqrt{S_T^2 - P_T^2} \quad Q_{C \times \text{FASE}} = \frac{Q_C}{3}$											
Conclusiones y recomendaciones											

Fuente: El Autor

4.9 PRÁCTICA NO.8: MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA DE UN SISTEMA COMPRENDIDO POR UN MOTOR ASÍNCRONO HAMPDEN Y UN GENERADOR AL 100% DE CARGA. REALIZADO POR EL MÉTODO MANUAL

4.9.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Circuitos Eléctricos II

PRÁCTICA: N° 8

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 1:30 Horas

4.9.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Mejoramiento del Factor de Potencia por el método Manual de un sistema comprendido de un motor asíncrono Hampden WRM 300 y un generador DM300 al 100% de carga.

- **OBJETIVO GENERAL:**

Corregir el factor de potencia de asíncrono Hampden a 100% de carga.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Determinar el valor necesario de reactancia capacitiva para corregir el FP a cierto valor determinado.

Observar y analizar el funcionamiento de un motor eléctrico a 100% de carga.

Medir y tomar registros del factor de potencia.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Esquema de conexión de capacitores.

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

1. Revisar y analizar el diagrama unifilar del banco de pruebas. (Ver Anexo 1)
2. Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.
3. Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.
4. Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 V del tablero.
5. Energizar el circuito colocando el Disyuntor principal en posición encendido, para observar que el banco de pruebas este energizado y tenga voltaje en cada fase.
6. Revisar y analizar el diagrama unifilar de la practica (Ver ilustración 111)
7. Conectar circuito de fuerza de la conexión interna del motor asíncrono. (Ver ilustración 109)
8. Realizar el acople mecánico entre el motor Hampden modelo WRM 300 y el generador DC Hampden modelo DM300.
9. Luego conectamos a la fuente de alimentación trifásica de 220 V del tablero, el motor eléctrico marca Hampden modelo WRM 300.
10. Realizar la respectiva conexión a la fuente DC variable o fija para darle campo al Generador DM300. (Ver ilustración 110)
11. El equipo pueda entregar tensión en sus terminales siempre y cuando se le suministre corriente proveniente de un fuente continua (DC), la cual se obtendrá de módulos auxiliares y no deberá sobrepasar el valor de los 0,6 A. Se hará uso de pinzas amperimétricas con el fin de salvaguardar la integridad de los equipos.
12. Se debe verificar presencia de tensión en los terminales de salida del generador.

13. A continuación realizamos la conexión de la carga hacia generador DC, la carga que utilizaremos será puramente resistiva y variable, la cual deberá estar al máximo valor en ohmios para garantizar una corriente baja para empezar la prueba.
14. Para hacer que el motor tome carga se debe variar la resistencia hasta alcanzar un valor cercano a 10 A. este valor se debe observar en el analizador de red tanto del motor como del sistema.
15. Energizar el circuito colocando el Disyuntor principal del motor en posición encendido y pulsando el botón de marcha.
16. Inyectamos un voltaje dc a el generador, para darle campo, observando la polaridad y que no pase de los 0,6A
17. Observar que la resistencia variable este en su valor máximo.
18. Comenzar a variar la carga resistiva.
19. Alcanzar el valor de 10 A en el lado de la carga del generador se puede tomar medida y registro de los valores de voltaje, corriente, potencias y FP del sistema. El circuito no tendrá compensación de energía reactiva.
20. Variar la resistencia a su máximo valor, para que comience a disminuir la corriente de la carga y por ende pierda carga el motor.
21. Quitar la fuente DC de campo para dejar de obtener una tensión en los terminales de salida del generador.
22. Una vez quitada la carga resistiva y el campo, solo quedara el generador como carga mecánica, de ahí procedemos a parar el motor con el pulsante, esperando que se detenga completamente.
23. Realizar los cálculos necesarios para corregir el factor de potencia a un determinado valor, tomando en cuenta los datos anteriormente registrados. (Ver ejemplo pág. 38)
24. Distribuir en los mayores pasos posibles (máximo 6) la capacitancia que nos resultó de los cálculos.
25. Una vez realizados los cálculos procedemos a realizar las conexiones de los bancos de capacitores necesarios y adecuados para lograr el fin. Proceder tal y como lo indican los diagramas de conexiones adjuntos y trabajar de forma segura, colocando el Disyuntor principal y del motor en posición apagado.(Ver ilustración 114)

26. A continuación verificamos cada una de las conexiones, asegurándonos de que no haya ningún cable flojo. Concluida la verificación se energiza el tablero, poniendo en posición encendido el Disyuntor principal, revisar que haya presencia de tensión en los analizadores de red.
27. Revisar en el analizador de redes que todos los capacitores de cada banco estén aportando igualmente con su capacidad, verificando que las corrientes sean iguales, ya que es un sistema trifásico y podría desbalancear al sistema.
28. Poner en Marcha el Motor.
29. Inyectamos un voltaje dc a el generador, para darle campo, observando la polaridad y que no pase de los 0,6A
30. Observar que la resistencia variable este en su valor máximo.
31. Comenzar a variar la carga resistiva.
32. Alcanzar el valor de 10 A en el lado de la carga del generador.
33. Comparar que los datos tomados anteriormente tanto de potencia como el factor de potencias estén lo más cercano posible
34. Para lograr la corrección del FP se debe proceder como se indica a continuación:
 - a) Selector Manual/Automático en posición manual.
 - b) Colocar en posición encendido, el selector (SW1) que controla al contactor del banco de capacitores con valor más bajo. Medir y registrar los valores de voltaje, corriente, potencias y FP del sistema.
 - c) Continuar de forma sucesiva conectando los selectores requeridos, como se indicó anteriormente, hasta lograr la corrección del FP al valor deseado.
35. Desconexión de todos los bancos de capacitores por medio del contactor.
36. Variar la resistencia a su máximo valor, para que comience a disminuir la corriente de la carga y por ende pierda carga el motor.
37. Quitar la fuente DC de campo para dejar de obtener una tensión en los terminales de salida del generador.

38. Una vez quitada la carga resistiva y el campo, solo quedara el generador como carga mecánica, de ahí procedemos a parar el motor con el pulsante, esperando que se detenga completamente.
39. Desconexión de la alimentación del banco de pruebas, mediante el disyuntor principal.
40. Desconectar todos los conductores del banco de pruebas, dejando ordenado cada uno de ellos.
41. Establecer observaciones, comentarios y conclusiones de la práctica.

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas para Control del Factor de Potencia.

Motor Asíncrono Hampden WRM300

Generador DC Hampden DM300

Instrumentación para: Tensión, Corriente.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.56 Práctica No 8: Valores medidos

Tabla No.57 Práctica No 8: Valores calculados

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

Protocolo de operatividad de protecciones.

- **ANEXOS**

Diagrama de fuerza y control.

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Astudillo, I. O. (s.f.). Manual de Prácticas de Máquinas Eléctricas - Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil-Ecuador.

Enríquez, H. G. (1989). El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

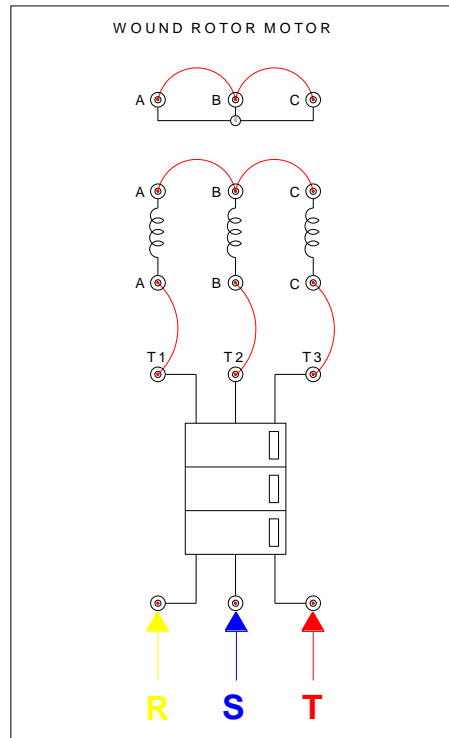
De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Cómo fue el comportamiento del FP del motor a plena carga?

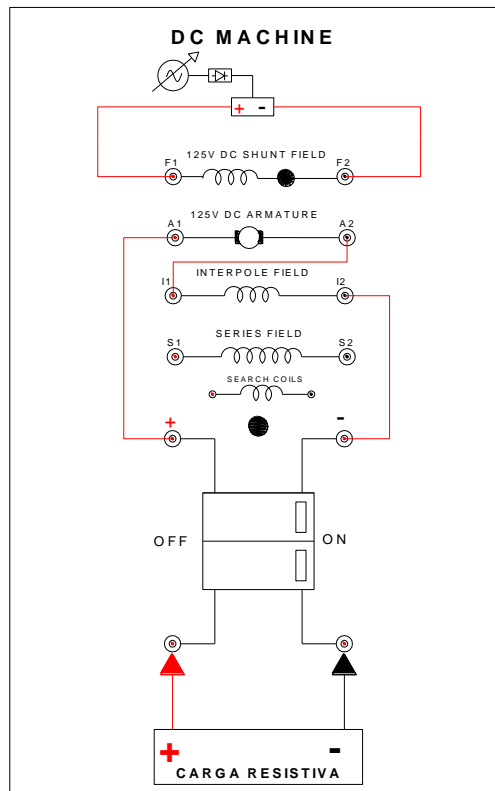
¿Es notable la diferencia entre la corrección del FP del motor a vacío que a plena carga? Explique los motivos.

Ilustración 109 Conexión de Motor Asíncrono Hampden WRM-300



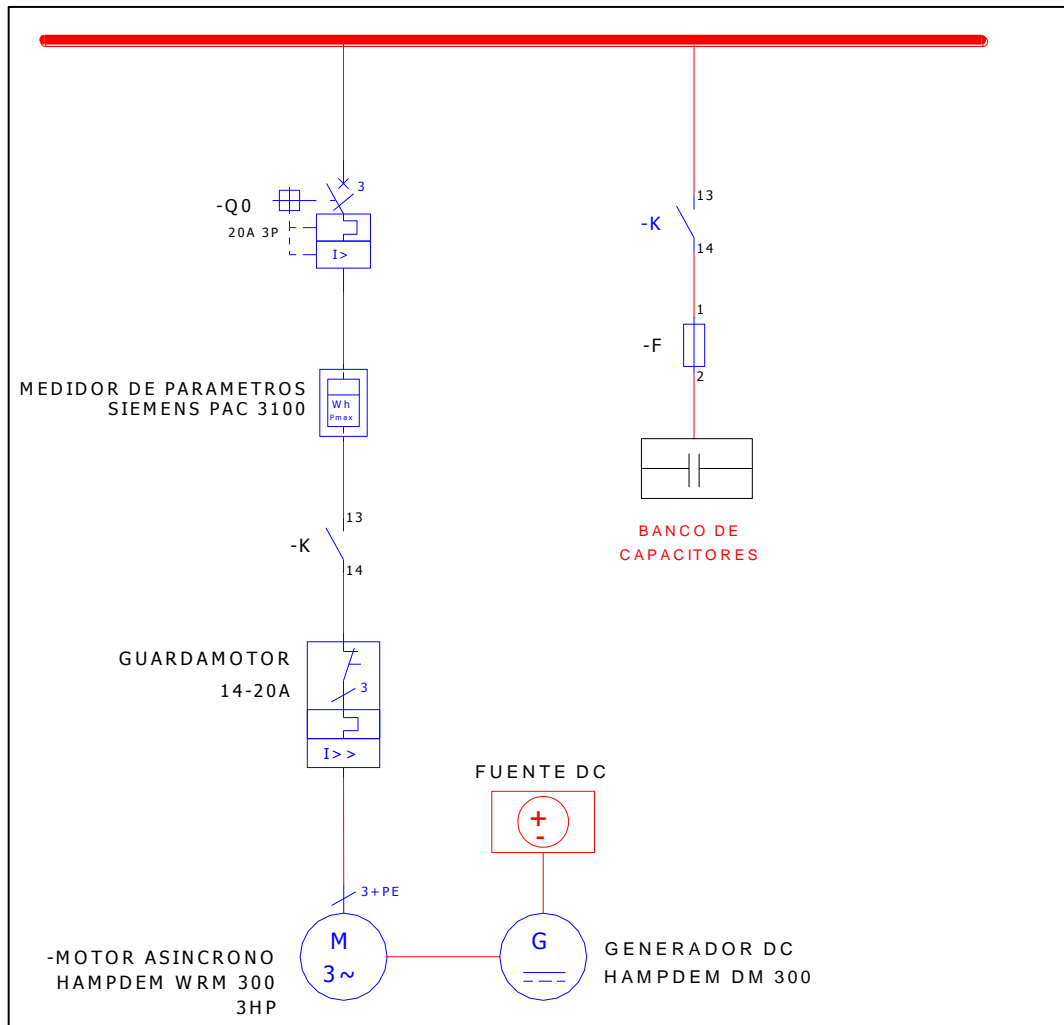
Fuente: Manual de Prácticas de Máquinas Eléctricas - Universidad Politécnica Salesiana.

Ilustración 110 Conexión del Generador DM300



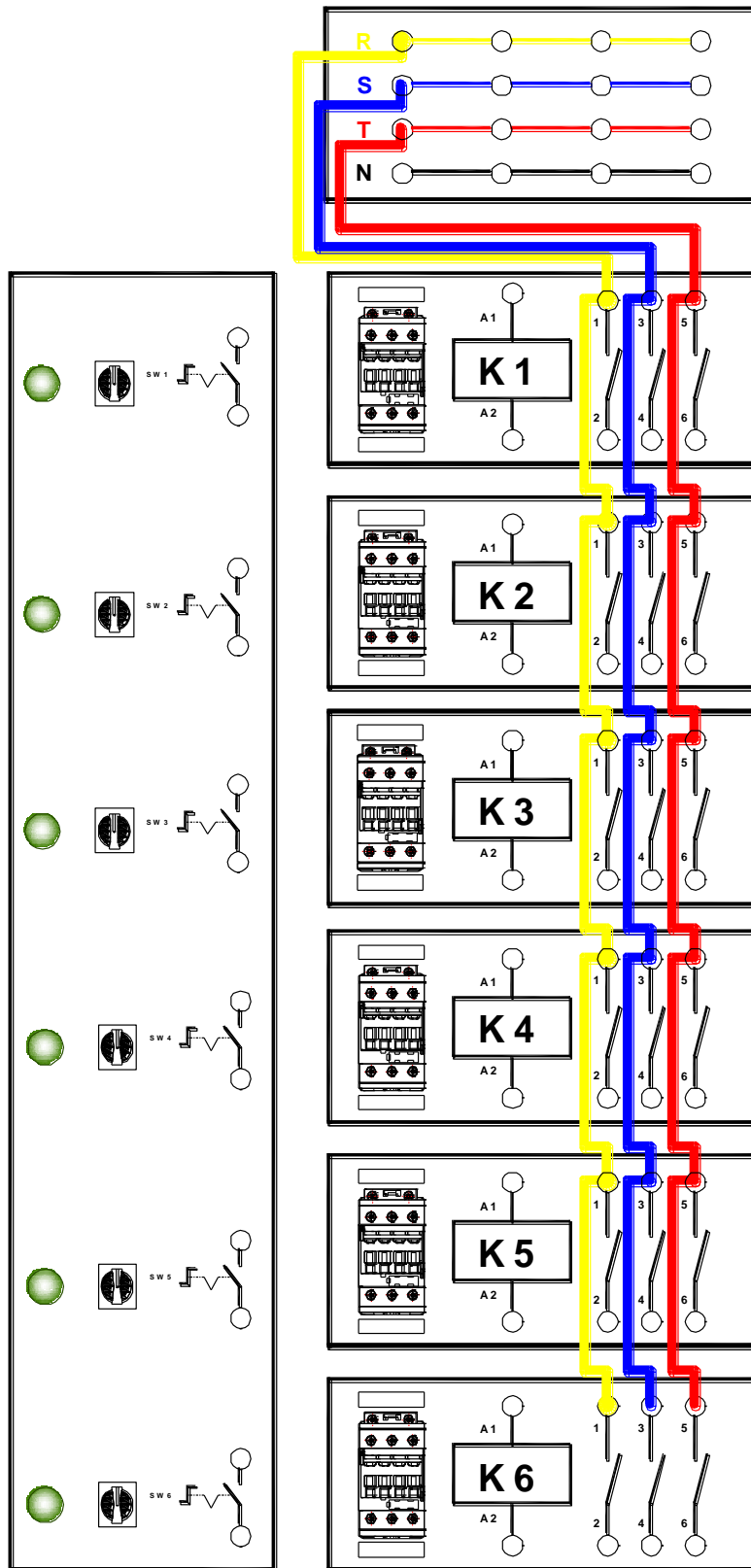
Fuente: El Autor

Ilustración 111 Diagrama Unifilar del Circuito de Mejora del Factor de Potencia con Motor WRM300 y carga Generador DM300 al 100% (MÉTODO Manual)



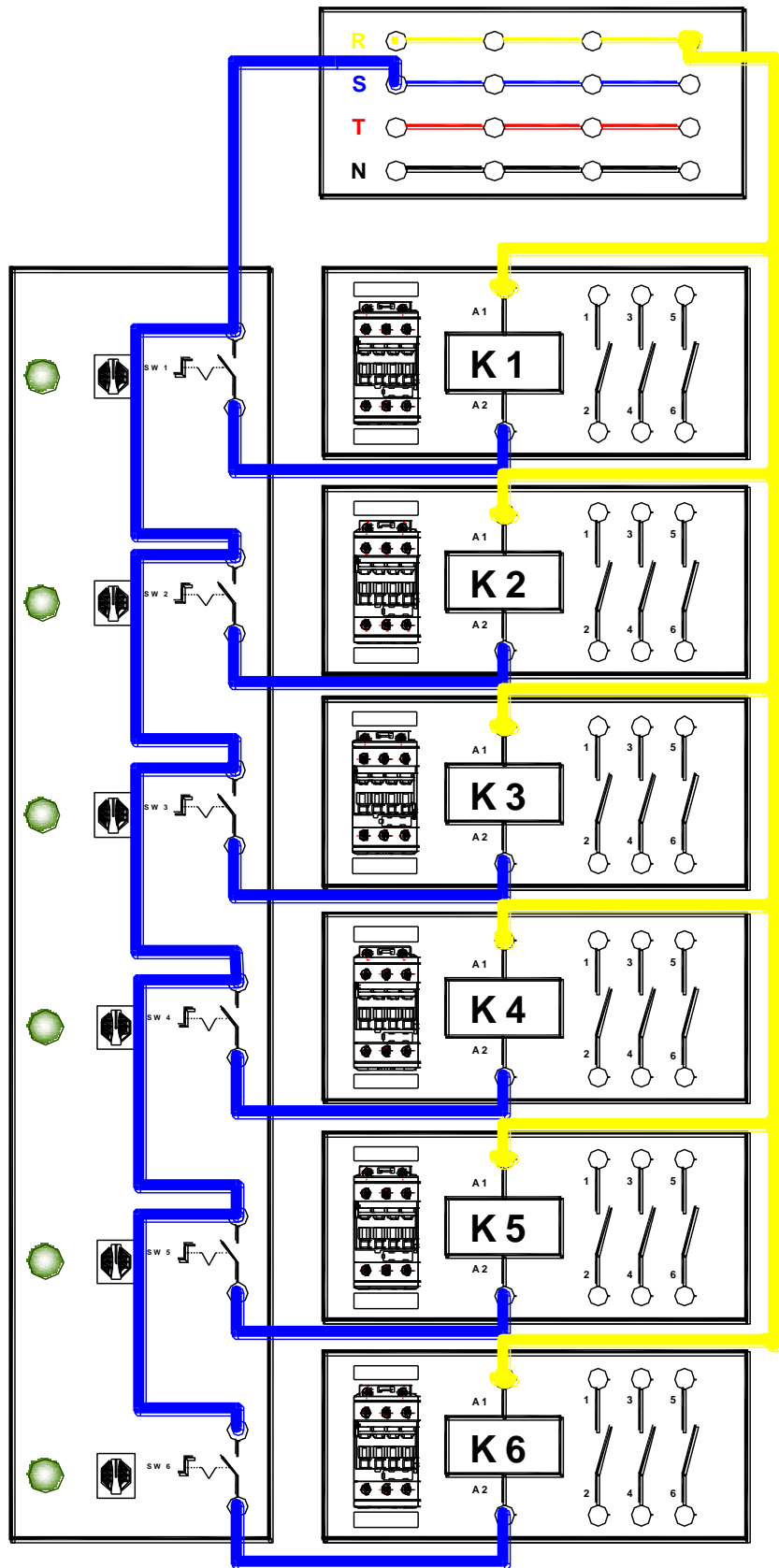
Fuente: El Autor

Ilustración 112 Conexión de Contactor a Barra



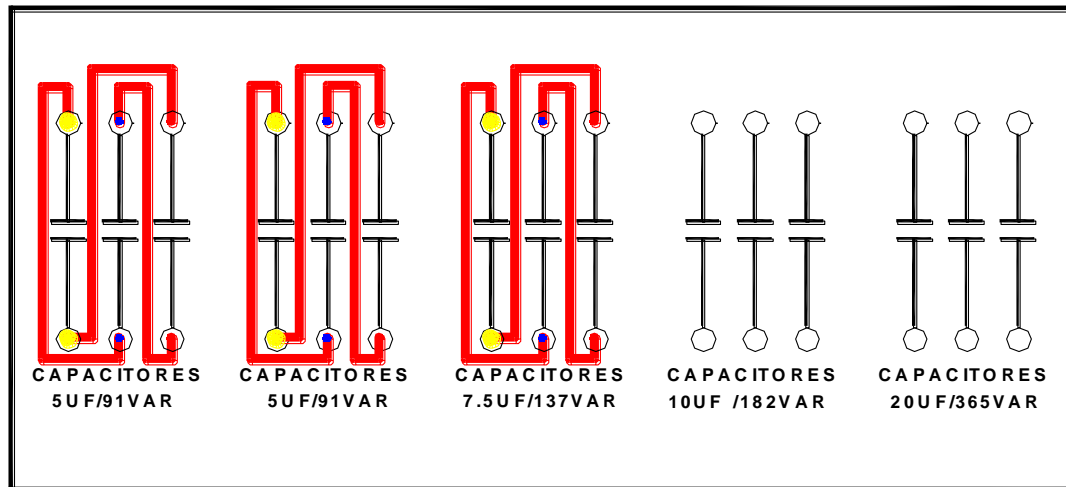
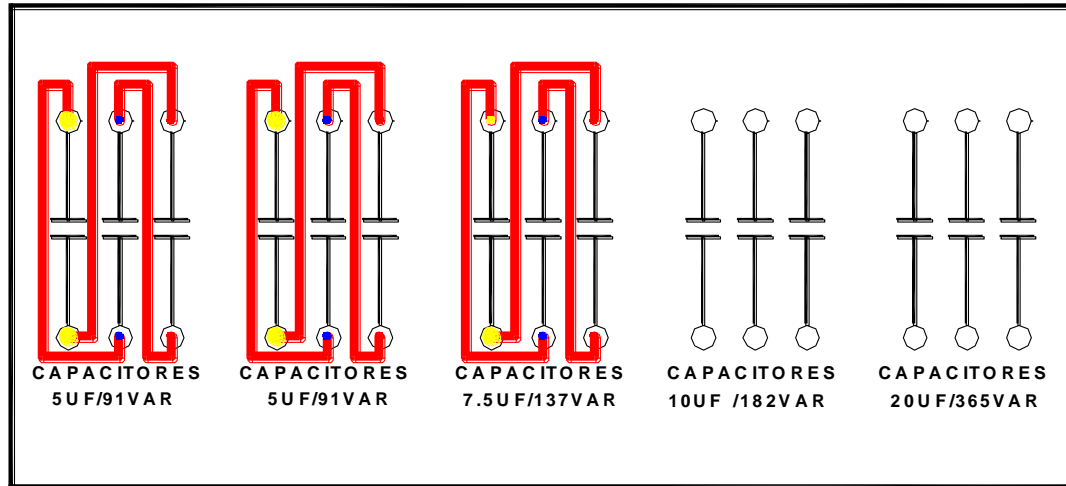
Fuente: El Autor

Ilustración 113 Conexión de Control del Contactor



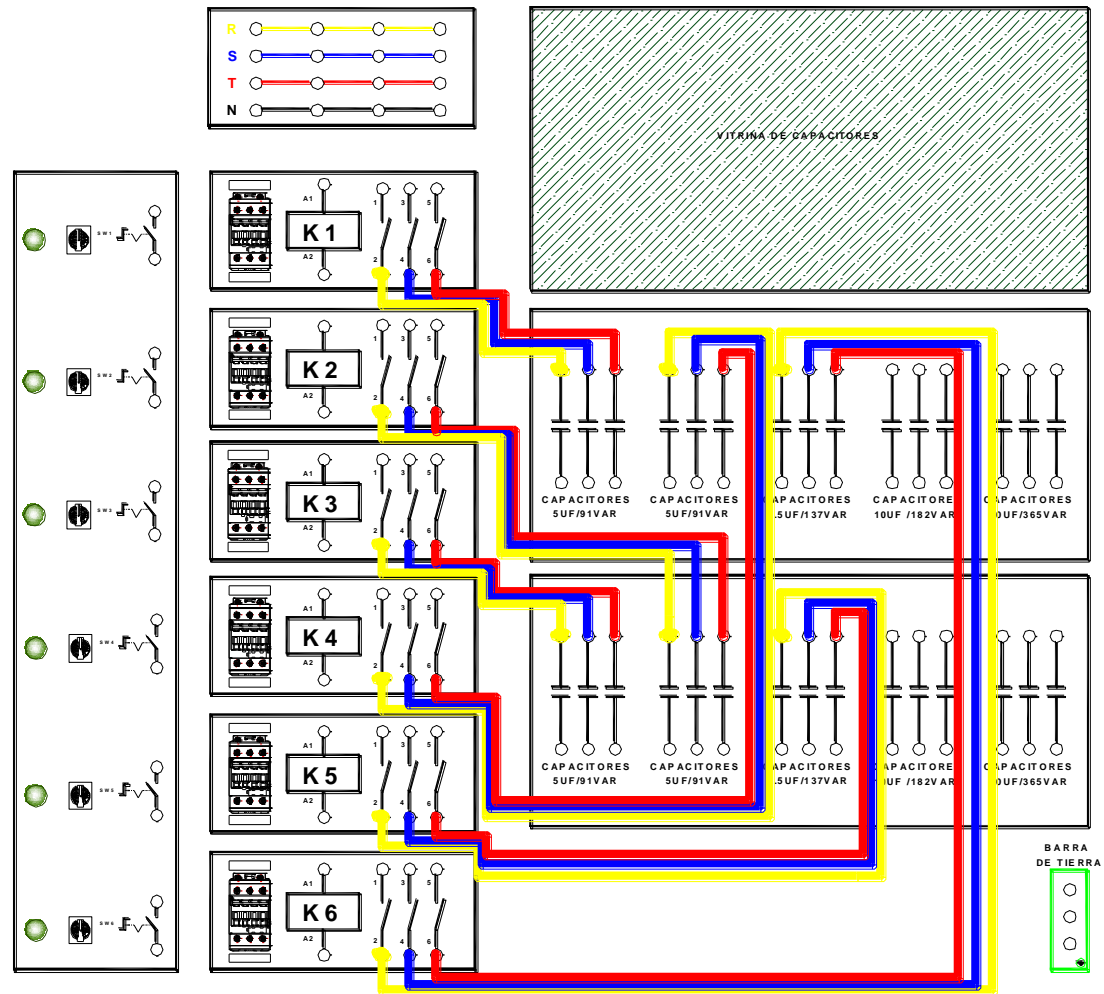
Fuente: El Autor

Ilustración 114 Conexión de Capacitores Practica N°8



Fuente: El Autor

Ilustración 115 Conexión Capacitores a Contactor Practica N°8



Fuente: El Autor

Tabla 56 Práctica No 8: Valores Medidos.

VALORES MEDIDOS											
ITEM	INTENSIDADES (A)			TENSIONES (V)			P (W)	QL (VAR)	S (VA)	FACTOR DE POTENCIA	
	I1	I2	I3	Vrs	Vst	Vtr	TOTAL	TOTAL	TOTAL	FP	COSθ
Fórmulas											
Conclusiones y recomendaciones											

Fuente: El Autor

Tabla 57 Práctica No 8: Valores Calculados.

VALORES CALCULADOS											
ITEM	FP		POTENCIAS			BANCO DE CAPACITORES (μF)					
	Deseado	COS θ	QL necesaria. (VAR)	QL nueva (VAR)	S nuevo(VA)	1	2	3	4	5	6
Fórmulas											
Conclusiones y recomendaciones											

Fuente: El Autor

4.10 PRÁCTICA NO.9: MEJORAMIENTO DEL FP DE UN SISTEMA COMPENDIDO POR UN MOTOR ASÍNCRONO HAMPDEN Y UN GENERADOR AL 100% CARGA REALIZADO POR EL MÉTODO AUTOMÁTICO.

4.10.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Circuitos Eléctricos II

PRÁCTICA: N° 9

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 1:30 Horas

4.10.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Mejoramiento Del FP De Un Motor Asíncrono Hampden al 100% de la carga por el método automático
- **OBJETIVO GENERAL:**

Corregir el factor de potencia de asíncrono Hampden a 100% de carga de forma automática.

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

Determinar el valor necesario de reactancia capacitiva para corregir el FP a cierto valor determinado.

Comprender y aprender sobre el funcionamiento de un equipo controlador de potencia (programar equipo)

Medir y tomar registros del factor de potencia.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Esquema de conexión de capacitores.

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**

1. Revisar y analizar el diagrama unifilar del banco de pruebas. (Ver Anexo 1)
2. Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.
3. Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.
4. Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 V del tablero.
5. Energizar el circuito colocando el Disyuntor principal en posición encendido, para observar que el banco de pruebas este energizado y tenga voltaje en cada fase.
6. Revisar y analizar el diagrama unifilar de la practica (Ver ilustración 118)
7. Conectar circuito de fuerza de la conexión interna del motor asíncrono. (Ver ilustración 116)
8. Realizar el acople mecánico entre el motor Hampden modelo WRM 300 y el generador DC Hampden modelo DM300.
9. Luego conectamos a la fuente de alimentación trifásica de 220 V del tablero, el motor eléctrico marca Hampden modelo WRM 300.
10. Realizar la respectiva conexión a la fuente DC variable o fija para darle campo al Generador DM300. (Ver ilustración 117)
11. El equipo pueda entregar tensión en sus terminales siempre y cuando se le suministre corriente proveniente de un fuente continua (DC), la cual se obtendrá de módulos auxiliares y no deberá sobrepasar el valor de los 0,6 A. Se hará uso de pinzas amperimétricas con el fin de salvaguardar la integridad de los equipos.

12. Se debe verificar presencia de tensión en los terminales de salida del generador.
13. A continuación realizamos la conexión de la carga hacia generador DC, la carga que utilizaremos será puramente resistiva y variable, la cual deberá estar al máximo valor en ohmios para garantizar una corriente baja para empezar la prueba.
14. Para hacer que el motor tome carga se debe variar la resistencia hasta alcanzar un valor cercano a 10 A. este valor se debe observar en el analizador de red tanto del motor como del sistema.
15. Energizar el circuito colocando el Disyuntor principal del motor en posición encendido y pulsando el botón de marcha.
16. Inyectamos un voltaje dc a el generador, para darle campo, observando la polaridad y que no pase de los 0,6A
17. Observar que la resistencia variable este en su valor máximo.
18. Comenzar a variar la carga resistiva.
19. Alcanzar el valor de 10 A en el lado de la carga del generador se puede tomar medida y registro de los valores de voltaje, corriente, potencias y FP del sistema. El circuito no tendrá compensación de energía reactiva.
20. Variar la resistencia a su máximo valor, para que comience a disminuir la corriente de la carga y por ende pierda carga el motor.
21. Quitar la fuente DC de campo para dejar de obtener una tensión en los terminales de salida del generador.
22. Una vez quitada la carga resistiva y el campo, solo quedara el generador como carga mecánica, de ahí procedemos a parar el motor con el pulsante, esperando que se detenga completamente.
23. Realizar los cálculos necesarios para corregir el factor de potencia a un determinado valor, tomando en cuenta los datos anteriormente registrados. (Ver ejemplo pág. 38)
24. Distribuir en los mayores pasos posibles (máximo 6) la capacitancia que nos resultó de los cálculos.
25. Una vez realizados los cálculos procedemos a realizar las conexiones de los bancos de capacitores necesarios y adecuados para lograr el fin. Proceder tal y como lo indican los diagramas de conexiones adjuntos y

trabajar de forma segura, colocando el Disyuntor principal y del motor en posición apagado.(Ver ilustración 120)

26. Conectamos la salida de los contactores a la barra.(Ver ilustración 119)
27. Conectamos los bancos de capacitores a cada uno de los contactores respectivamente .(Ver ilustración 121)
28. Revisar en el analizador de redes que todos los capacitores de cada banco estén aportando igualitariamente con su capacidad, verificando que las corrientes sean iguales, ya que es un sistema trifásico y podría desbalancear al sistema, esto lo podemos realizar mediante forma manual con ayuda de un selector.
29. Desconectar todo selector que estuviera conectado, ya que se trabajara de forma automática con el equipo controlador de factor de potencia.
30. Conectamos el equipo controlador de factor de potencia la fase R al común “C”, la señal de corriente sistema a los bornes “S1-S2” respectivamente y los puntos de conexión de sus pasos a la bobina “A2” de cada contactor utilizado.(Ver ilustración 122)
31. A continuación verificamos cada una de las conexiones, asegurándonos de que no haya ningún cable flojo. Concluida la verificación se energiza el tablero, poniendo en posición encendido el Disyuntor principal, revisar que haya presencia de tensión en los analizadores de red.
32. Poner en Marcha el Motor.
33. Inyectamos un voltaje dc al generador, para darle campo, observando la polaridad y que no pase de los 0,6A.
34. Observar que la resistencia variable este en su valor máximo.
35. Comenzar a variar la carga resistiva.
36. Alcanzar el valor de 10 A en el lado de la carga del generador.
37. Comparar que los datos tomados anteriormente tanto de potencia como el factor de potencias estén lo más cercano posible
38. Para lograr la corrección del FP de manera automática se debe programar el del equipo controlador siguiendo las siguientes instrucciones:
 - a) Selector Manual/Automático en posición automático.

- b) Encender el equipo controlador de potencia.
- c) Poner el equipo en modalidad Manual, presionando una vez la tecla MAN/AUT
- d) Luego presionar simultáneamente las teclas MODE y MAN/AUT durante 5 segundos hasta que en el display se visualice el mensaje ASE (Automatic Set Up).
- e) El procedimiento dura algunos minutos durante los cuales el controlador mide la potencia de los bancos de capacitores conectados.
- f) Al final del ajuste el controlador reinicia en modo de funcionamiento automático.

39. Después de terminada la programación se puede apreciar que la corrección del FP se realiza de manera automática, el equipo es capaz de conectar el/los bancos adecuados al sistema para alcanzar el valor de FP programado por defecto ($FP=0,95$).

Es importante aclarar que el controlador posee una memoria de registro interna, la cual guarda los valores calculados, si se realiza una conexión de bancos de capacitores diferente se recomienda programar el controlador para la nueva configuración.

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas para Control del Factor de Potencia.

Controlador de Factor de Potencia Lovato DCRK7.

Motor Asíncrono Hampden WRM300

Generador DC Hampden DM300

Instrumentación para: Tensión, Corriente.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No.58 Práctica No 9: Valores medidos

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

Protocolo de operatividad de protecciones.

- **ANEXOS**

Diagrama de fuerza y control.

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Manual De Usuario Reguladores Automáticos DCRK3- DCRK5-
DCRK7- DCRK8- DCRK12.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

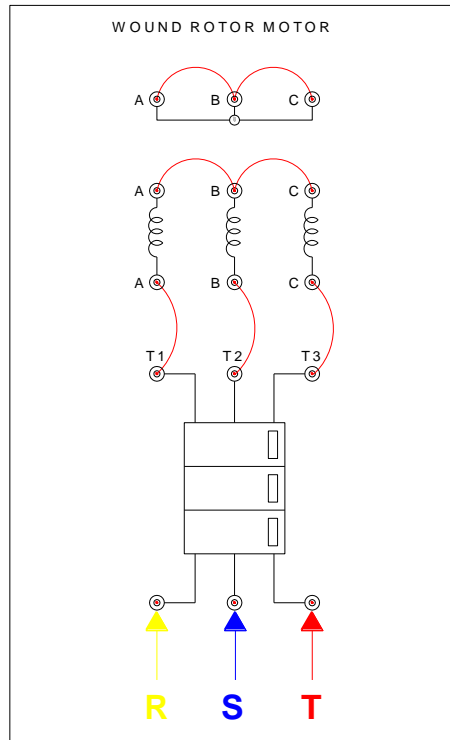
De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Qué es un equipo controlador del FP?

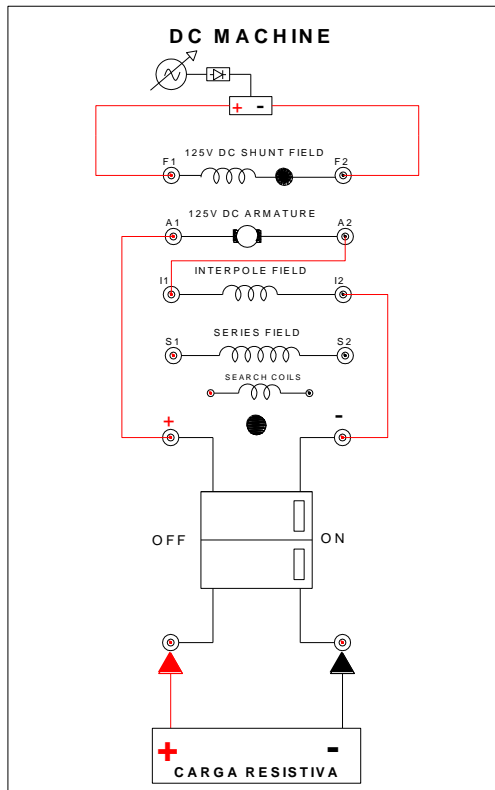
¿De qué manera el controlador del FP reconoce la potencia de los bancos conectados?

Ilustración 116 Conexión de Motor Asíncrono Hampden WRM-300



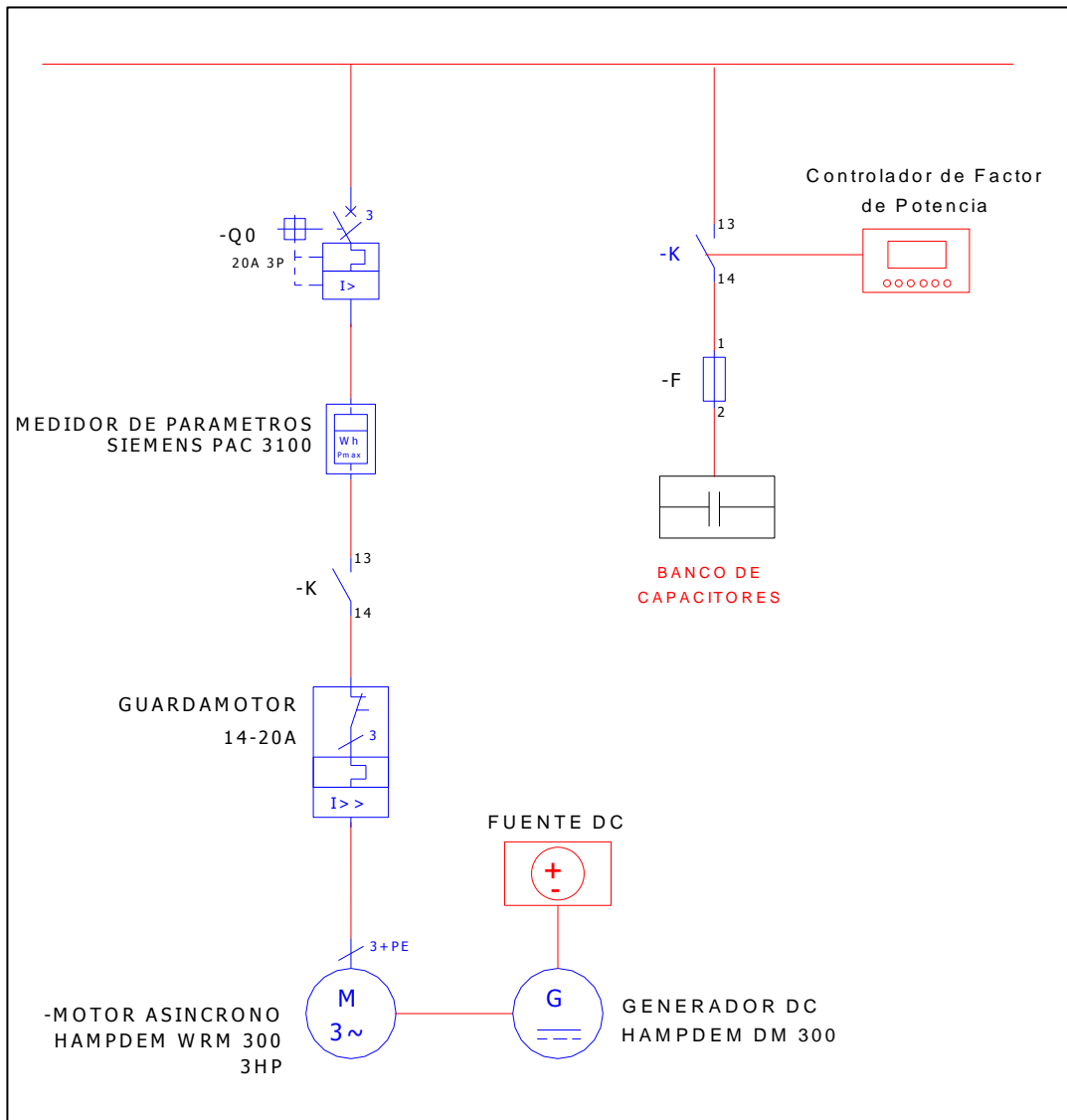
Fuente: Manual de Prácticas de Máquinas Eléctricas - Universidad Politécnica Salesiana.

Ilustración 117 Conexión del Generador DM300



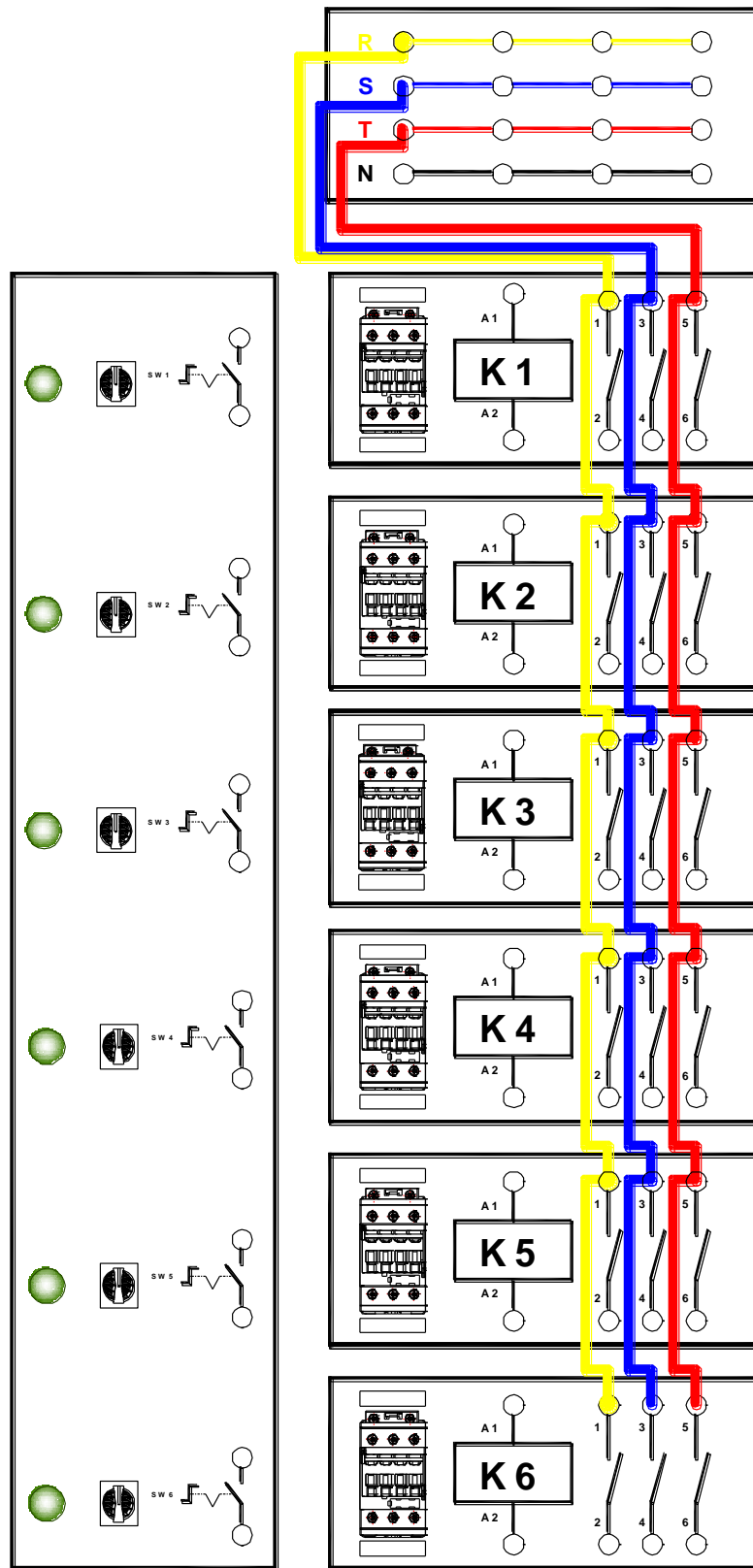
Fuente: El Autor

Ilustración 118 Diagrama Unifilar del Circuito de Mejora del Factor de Potencia con Motor WRM300 y carga
 Generador DM300 al 100% (Método Automático)



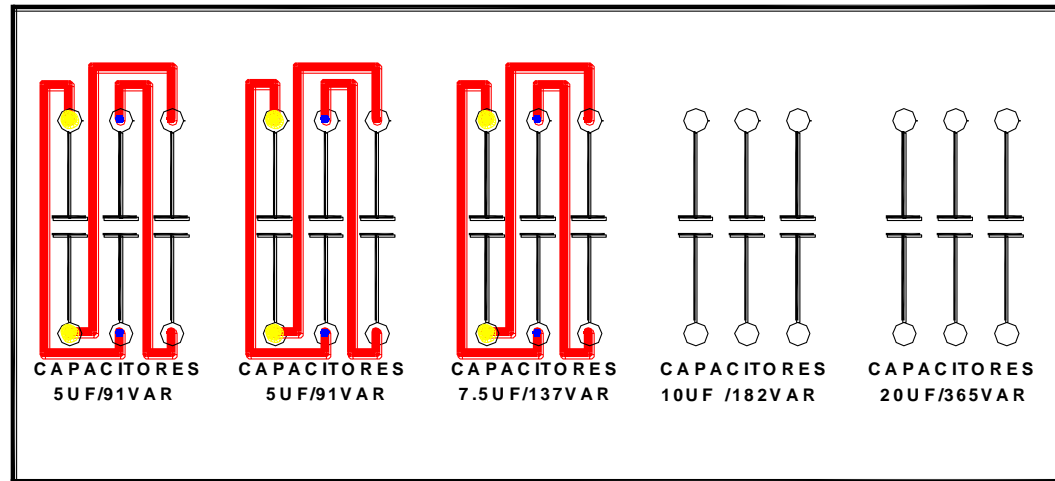
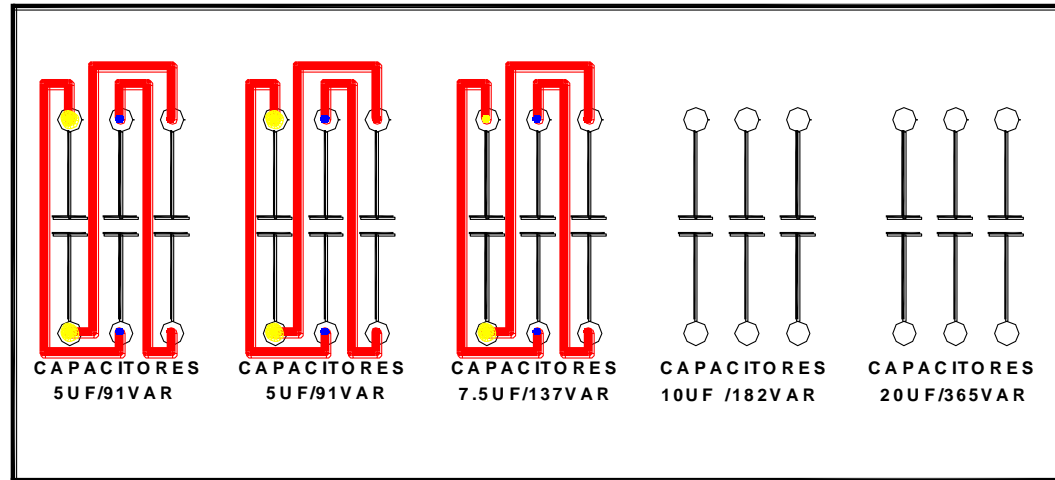
Fuente: El Autor

Ilustración 119 Conexión de Contactor a Barra



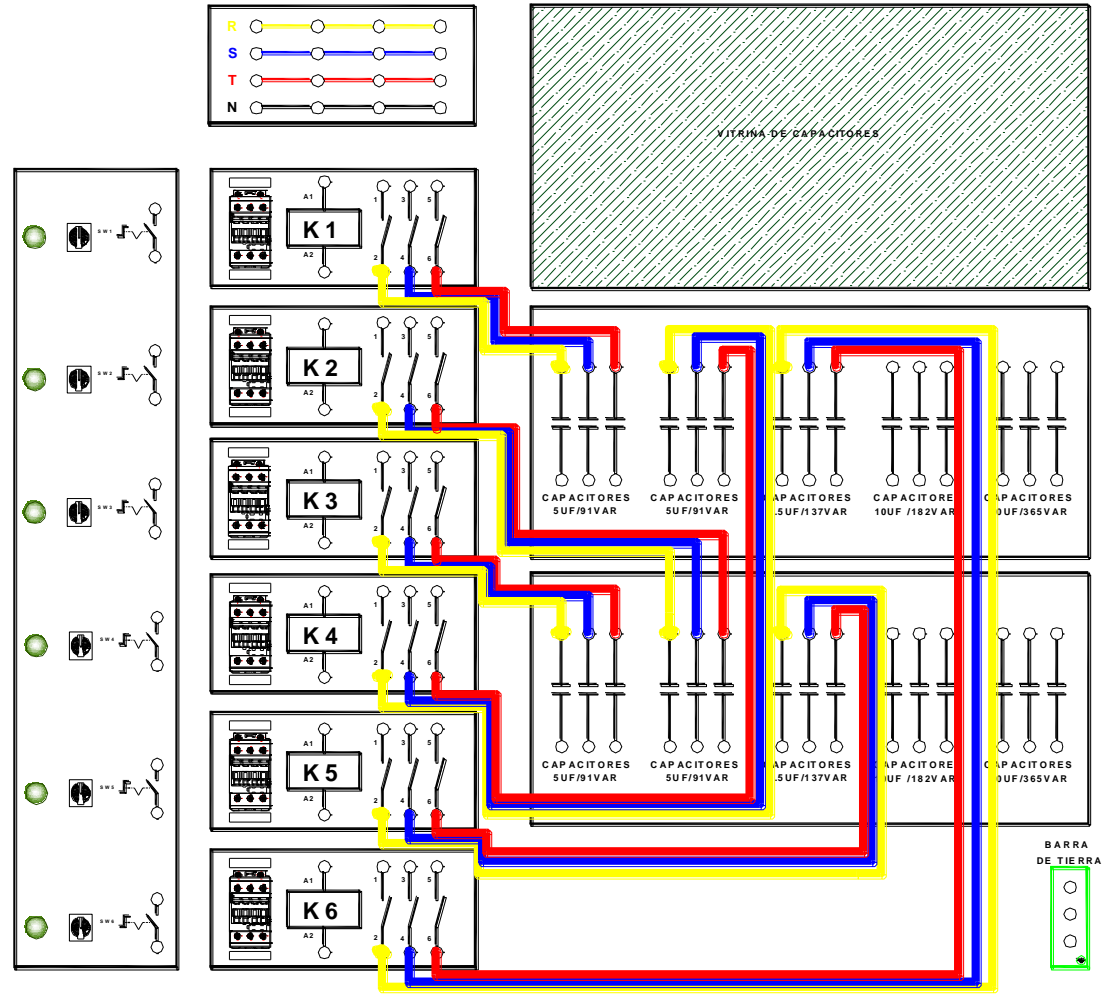
Fuente: El Autor

Ilustración 120 Conexión de Capacitores Practica N°9



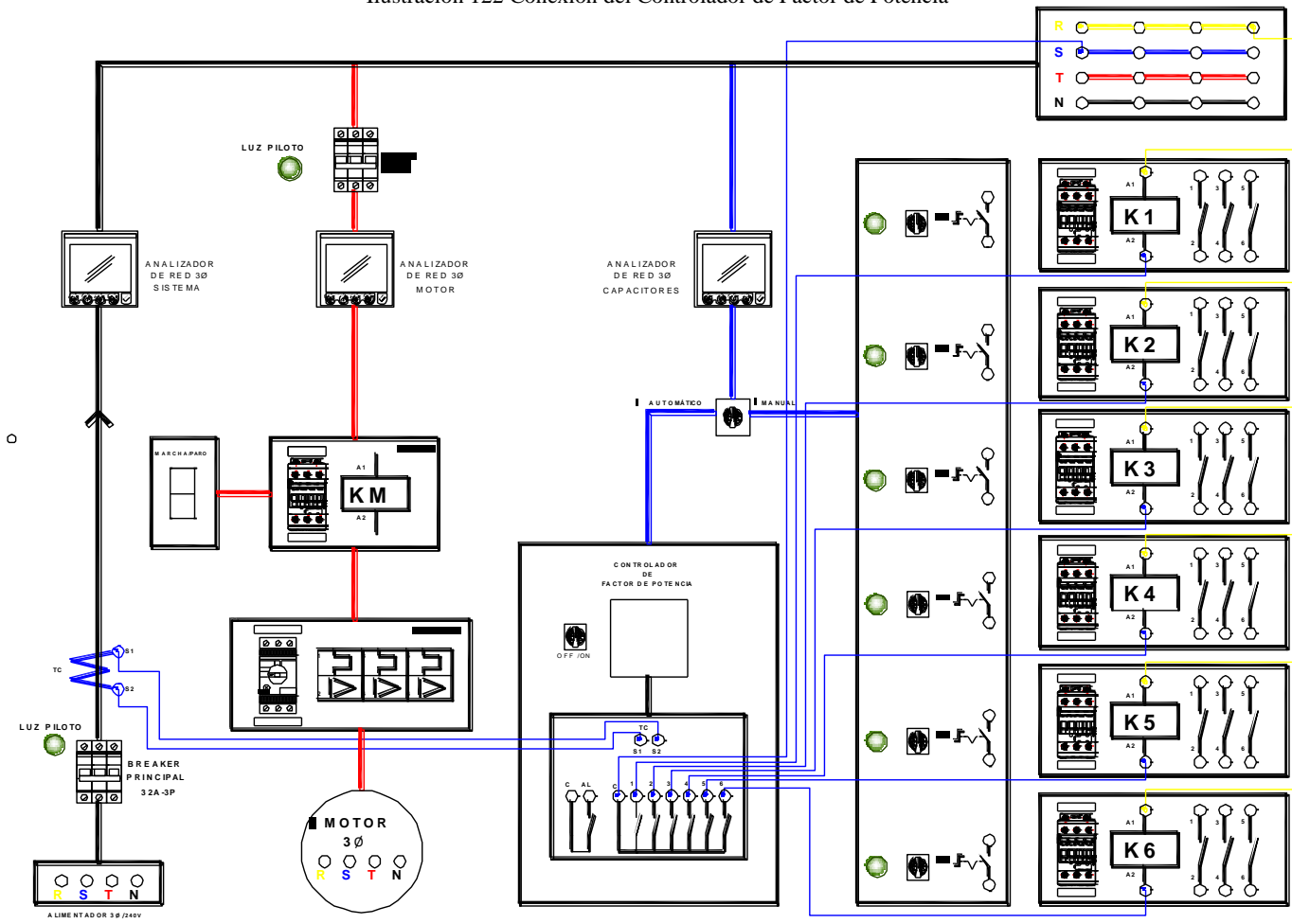
Fuente: El Autor

Ilustración 121 Conexión Capacitores a Contactor Practica N°9



Fuente: El Autor

Ilustración 122 Conexión del Controlador de Factor de Potencia



Fuente: El Autor

Tabla 58 Práctica No 9: Valores medidos.

VALORES MEDIDOS											
ITEM	INTENSIDADES (A)			TENSIONES (V)			P (W)	QL (VAR)	S (VA)	FACTOR DE POTENCIA	
	I1	I2	I3	Vrs	Vst	Vtr	TOTAL	TOTAL	TOTAL	FP	COS θ
Fórmulas											
Conclusiones y recomendaciones											

Fuente: El Autor

4.11 PRÁCTICA NO. 10: MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA DE UN SISTEMA COMPENDIDO DE UN MOTOR ASÍNCRONO TRIFÁSICO + CARGA MECÁNICA Y UNA CARGA TRIFÁSICA (RL). REALIZADO POR EL MÉTODO AUTOMÁTICO.

4.11.1 DATOS INFORMATIVOS

MATERIA: Circuitos Eléctricos II

PRÁCTICA: N° 10

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

NOMBRE DOCENTE:

TIEMPO ESTIMADO: 1:30 Horas

4.11.2 DATOS DE LA PRÁCTICA

- **TEMA:** Mejoramiento del factor de potencia de un sistema comprendido de un motor asíncrono trifásico + carga mecánica y una carga trifásica (RL).
- **OBJETIVO GENERAL:**

Mejorar el factor de potencia a 0.95 de manera automática de un sistema comprendido de un motor asíncrono trifásico + carga mecánica y una carga trifásica (RL)

- **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

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

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

Comprender para que sirvan las conexiones más comunes de las cargas trifásicas.

Aprender a conectar el motor asíncrono trifásico Hampden dm 300

Incrementar la experiencia con el control del factor de potencia con equipos controladores de factor de potencia.

- **MARCO TEÓRICO**

Funcionamiento de cada dispositivo.

Esquema de un circuito de fuerza para motor asíncrono trifásico.

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**

1. Revisar y analizar el diagrama unifilar del banco de pruebas. (Ver Anexo 1)
2. Identificar cada uno de los elementos que forman el banco de pruebas.
3. Verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los elementos.
4. Conectar a la fuente de alimentación trifásica de 220 V del tablero.
5. Energizar el circuito colocando el Disyuntor principal en posición encendido, para observar que el banco de pruebas este energizado y tenga voltaje en cada fase.
6. Revisar y analizar el diagrama unifilar de la practica (Ver ilustración 125)
7. Conectar circuito de fuerza de la conexión interna del motor asíncrono. (Ver ilustración 123)
8. Realizar el acople mecánico entre el motor Hampden modelo WRM 300 y el generador DC Hampden modelo DM300.
9. Luego conectamos a la fuente de alimentación trifásica de 220 V del tablero, el motor eléctrico marca Hampden modelo WRM 300.
10. Conectamos la carga resistiva e inductiva variables trifásicas al sistema. (Ver ilustración 130)
11. Poner la resistencia en un valor máximo y la carga inductiva en lo más baja posible.

12. Energizar el circuito colocando el Disyuntor principal del motor en posición encendido y pulsando el botón de marcha.
13. Variar la carga resistiva a un valor medio (tomar dato de corriente de la resistencia) y la carga inductiva a un valor aleatorio (tomar dato de corriente del inductor).
14. Medir y registrar los valores de voltaje, corriente, potencias y FP del sistema en el Analizador de Redes del Sistema. (El circuito no tendrá compensación de energía reactiva)
15. Quitar carga inductiva y llevar al máximo la carga resistiva.
16. Parar el motor con el pulsante, esperando que se detenga completamente.
17. Realizar los cálculos necesarios para corregir el factor de potencia a un determinado valor, tomando en cuenta los datos anteriormente registrados. (Ver ejemplo pág. 38)
18. Distribuir en los mayores pasos posibles (máximo 6) la capacitancia que nos resultó de los cálculos.
19. Una vez realizados los cálculos procedemos a realizar las conexiones de los bancos de capacitores necesarios y adecuados para lograr el fin. Proceder tal y como lo indican los diagramas de conexiones adjuntos y trabajar de forma segura, colocando el Disyuntor principal y del motor en posición apagado.(Ver ilustración 127)
20. Conectamos la salida de los contactores a la barra.(Ver ilustración 126)
21. Conectamos los bancos de capacitores a cada uno de los contactores respectivamente .(Ver ilustración 128)
22. Revisar en el analizador de redes que todos los capacitores de cada banco estén aportando igualitariamente con su capacidad, verificando que las corrientes sean iguales, ya que es un sistema trifásico y podría desbalancear al sistema, esto lo podemos realizar mediante forma manual con ayuda de un selector.
23. Desconectar todo selector que estuviera conectado, ya que se trabajara de forma automática con el equipo controlador de factor de potencia.
24. Conectamos el equipo controlador de factor de potencia la fase R al común "C", la señal de corriente sistema a los bornes "S1-S2"

respectivamente y los puntos de conexión de sus pasos a la bobina “A2” de cada contactor utilizado.(Ver ilustración 129)

25. A continuación verificamos cada una de las conexiones, asegurándonos de que no haya ningún cable flojo. Concluida la verificación se energiza el tablero, poniendo en posición encendido el Disyuntor principal, revisar que haya presencia de tensión en los analizadores de red.
26. Poner en Marcha el Motor.
27. Variar la carga hasta llegar a los valores de corrientes tomados anteriormente, tanto en la carga resistiva como inductiva.
28. Para lograr la corrección del FP de manera automática se debe programar el del equipo controlador siguiendo las siguientes instrucciones:
 - a) Selector Manual/Automático en posición automático.
 - b) Encender el equipo controlador de potencia.
 - c) Poner el equipo en modalidad Manual, presionando una vez la tecla MAN/AUT
 - d) Luego presionar simultáneamente las teclas MODE y MAN/AUT durante 5 segundos hasta que en el display se visualice el mensaje ASE (Automatic Set Up).
 - e) El procedimiento dura algunos minutos durante los cuales el controlador mide la potencia de los bancos de capacitores conectados.
 - f) Al final del ajuste el controlador reinicia en modo de funcionamiento automático.
 - g) Después de terminada la programación se puede apreciar que la corrección del FP se realiza de manera automática, el equipo es capaz de conectar el/los bancos adecuados al sistema para alcanzar el valor de FP programado por defecto.
29. Comenzamos a variar la carga para ver como conecta y desconecta los bancos dependiendo lo que necesite para alcanzar el valor del FP programado.

- **RECURSOS**

Banco de Pruebas para Control del Factor de Potencia.

Motor Asíncrono Hampden WRM300

Generador DC Hampden DM300

Controlador de Factor de Potencia Lovato DCRK7.

Módulo de Resistencias Trifásicas

Módulo de Inductores Trifásicos

Instrumentación para: Tensión, Corriente.

Formatos para registro de valores experimentales y resultados.

Conductores de conexión.

- **REGISTRO DE RESULTADOS**

Tabla No. 1 para la prueba No. 10.

Tabla No. 2 para la prueba No. 10.

Cuestionario de preguntas.

Observaciones, comentarios, conclusiones.

- **ANEXOS**

Diagrama de fuerza y control.

Tablas para mediciones y resultados.

- **BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA**

Manual De Usuario Reguladores Automáticos DCRK3- DCRK5- DCRK7-
DCRK8- DCRK12.

Boylestad, R. (s.f.). Introducción al análisis de circuitos. Pearson.

- **CRONOGRAMA/CALENDARIO**

De acuerdo a la planificación de cada docente.

- **CUESTIONARIO**

¿Cuál es el factor de potencia de una carga resistiva pura?

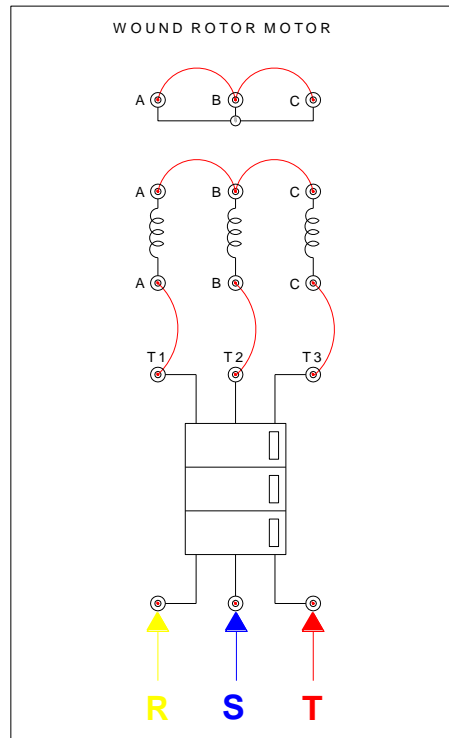
¿Por qué se conecta la carga en el valor máximo al comienzo de la práctica?

¿Cómo afecta la variación de carga resistiva al factor de potencia?

¿Por qué es importante la colocación de un paro en un circuito?

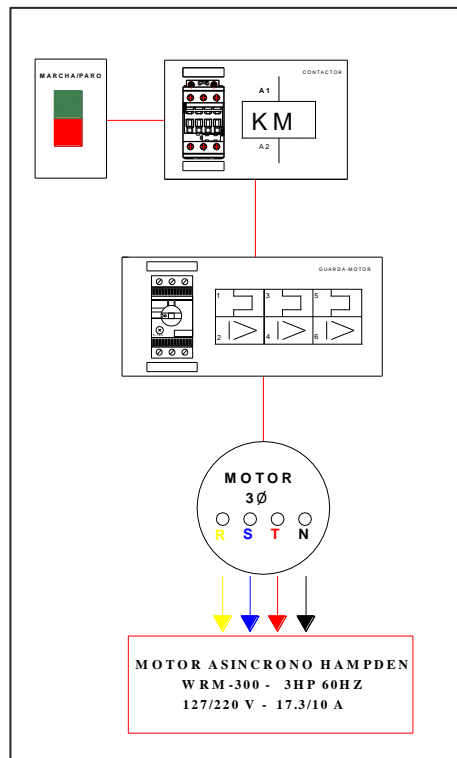
¿Conclusiones de esta práctica?

Ilustración 123 Conexión de Motor Asíncrono Hampden WRM-300



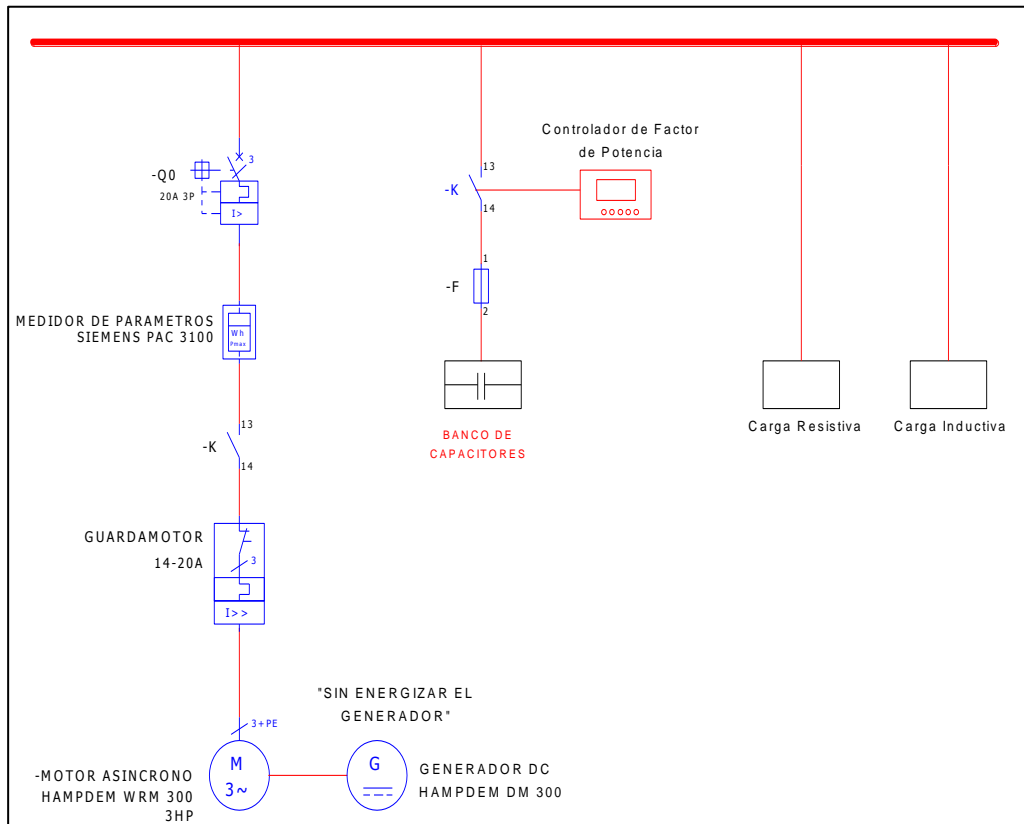
Fuente: Manual de Prácticas de Máquinas Eléctricas - Universidad Politécnica Salesiana.

Ilustración 124 Conexión del Banco hacia el Motor



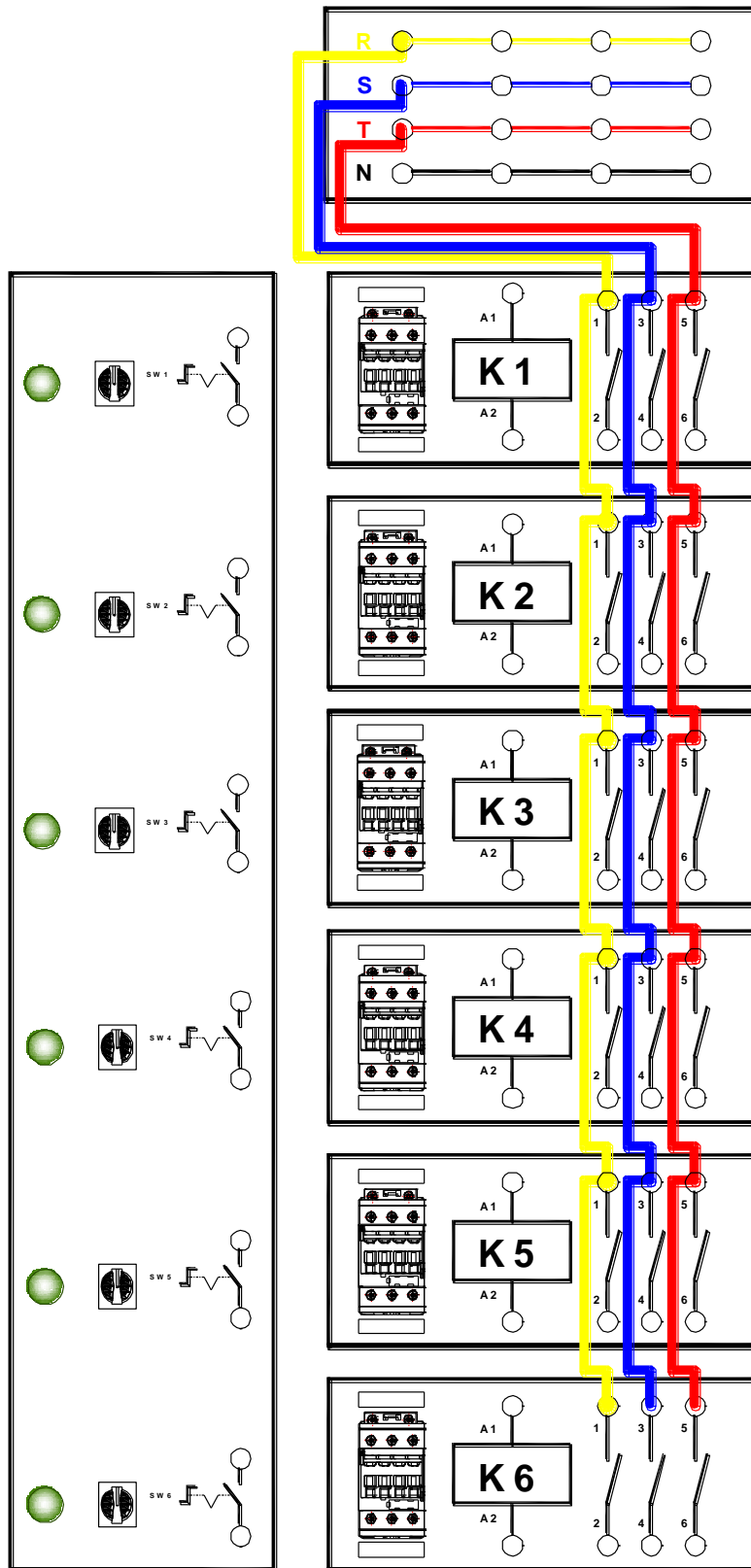
Fuente: El Autor

Ilustración 125 Diagrama Unifilar del Circuito de Mejora del Factor de Potencia con Motor WRM300 y carga mecánica Generador DM300+ Carga RL (Método Automático)



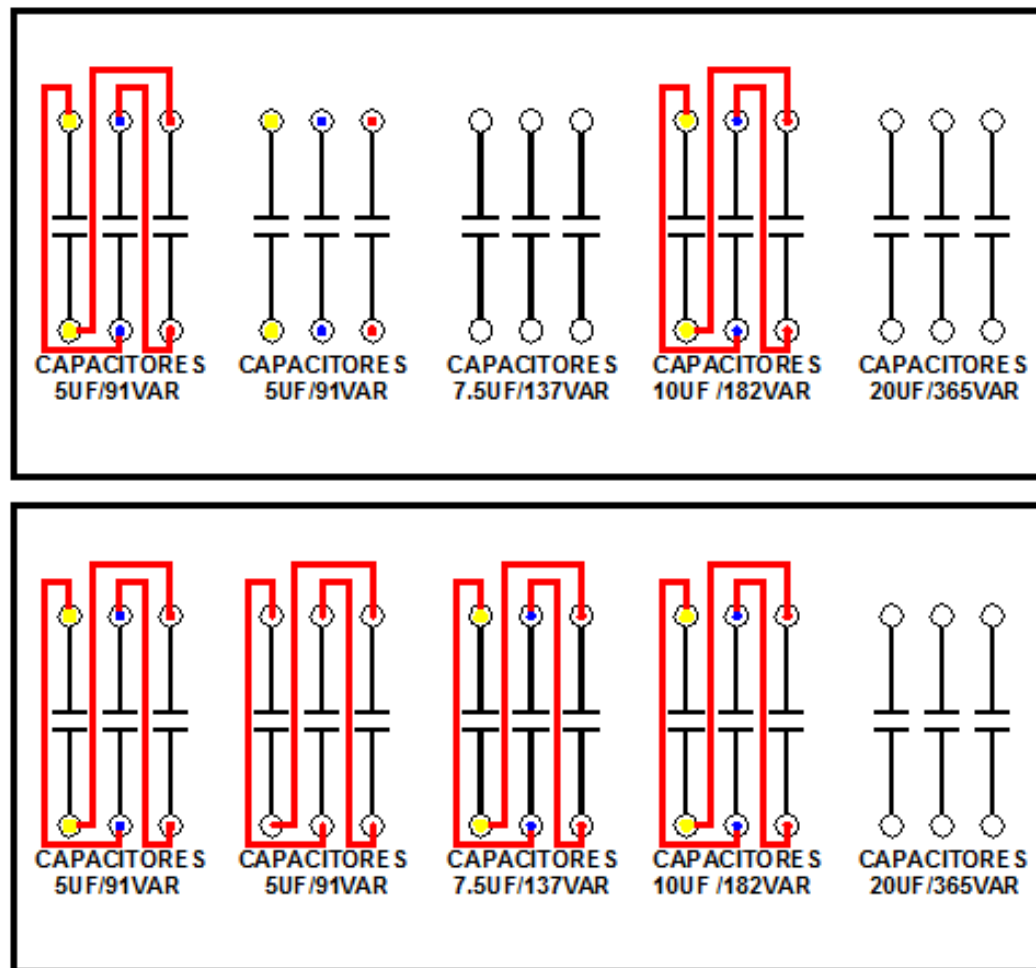
Fuente: El Autor

Ilustración 126 Conexión de Contactor a Barra



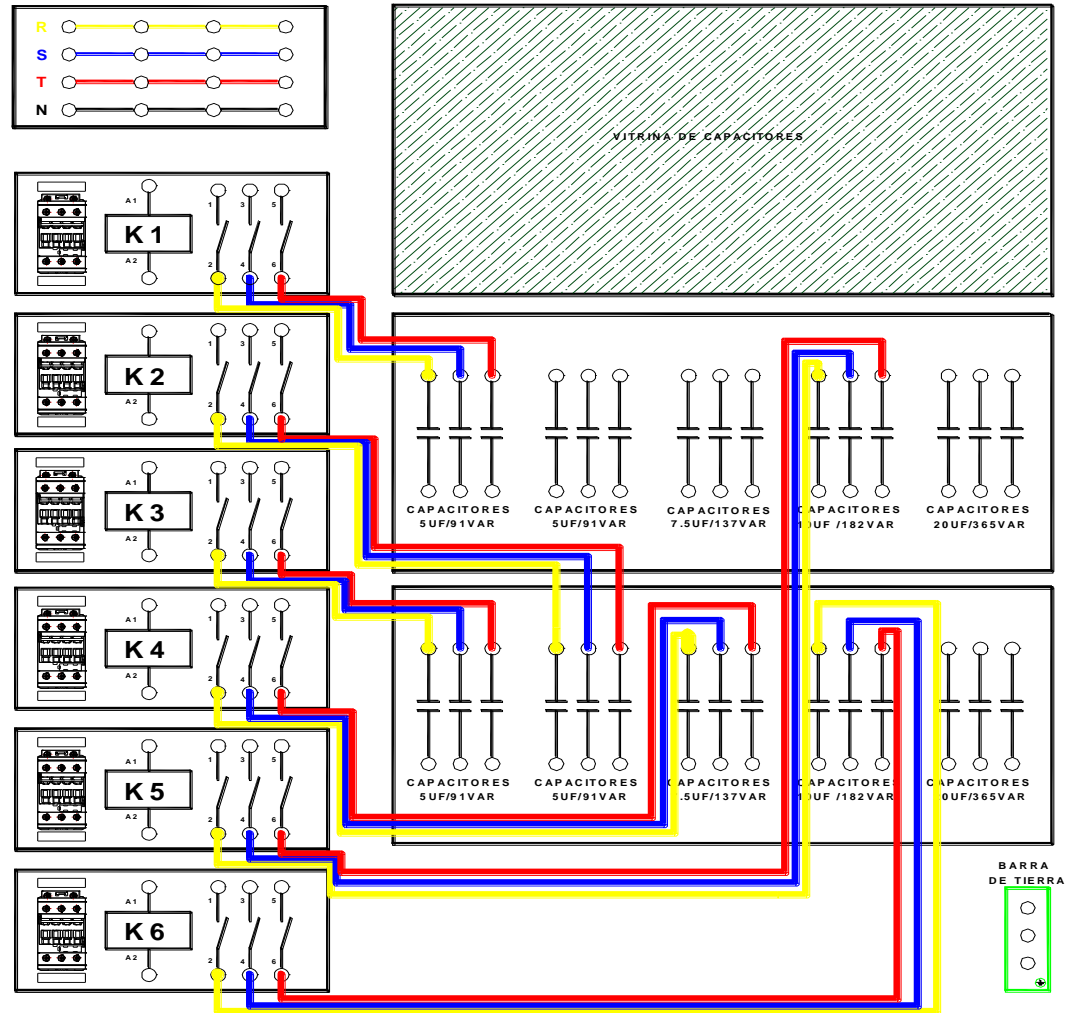
Fuente: El Autor

Ilustración 127 Conexión de Capacitores Practica N°10



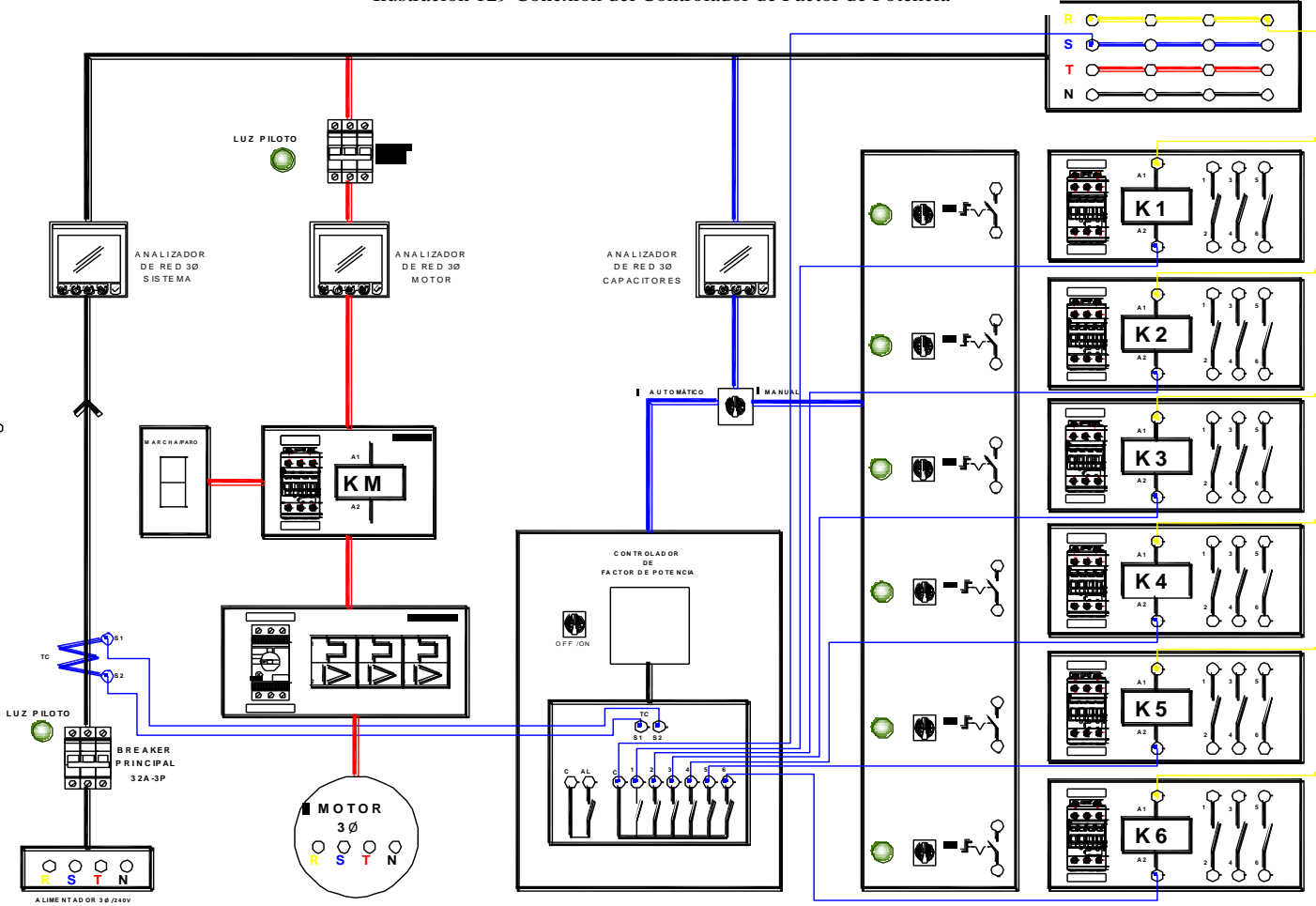
Fuente: El Autor

Ilustración 128 Conexión de Capacitores a Contactor Practica N°10



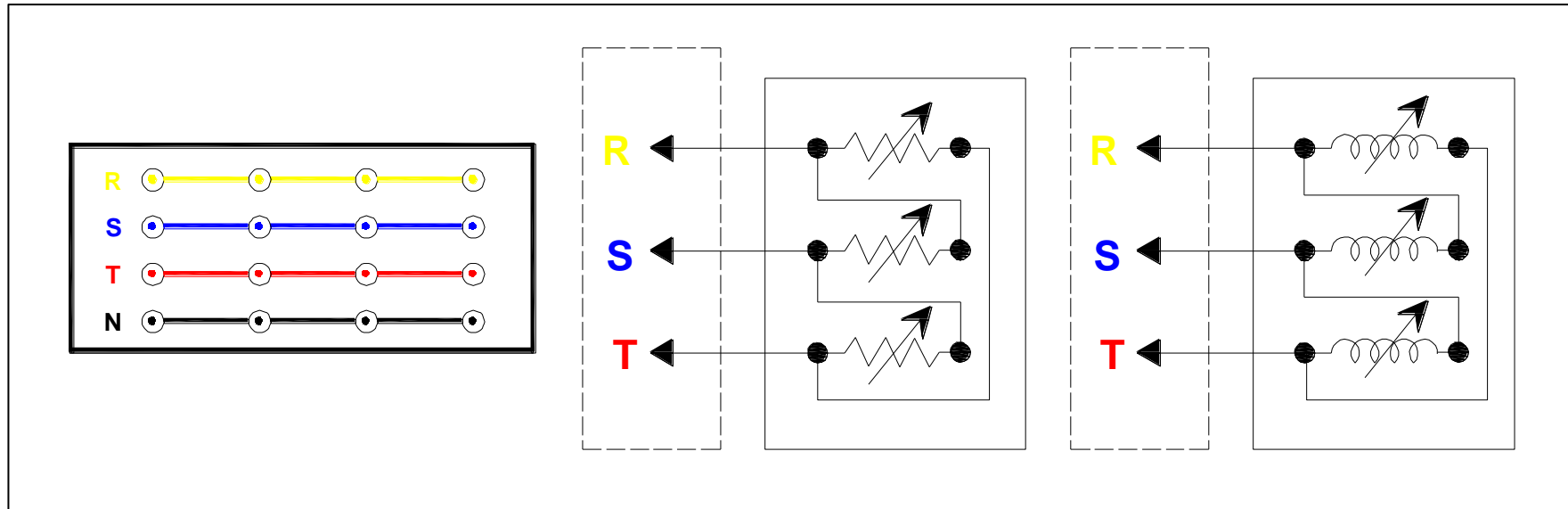
Fuente: El Autor

Ilustración 129 Conexión del Controlador de Factor de Potencia



Fuente: El Autor

Ilustración 130 Conexión de Carga RL a Barra



Fuente: El Autor

Tabla 59 Práctica No 10: Valores medidos.

VALORES MEDIDOS											
ITEM	INTENSIDADES (A)			TENSIONES (V)			P (W)	QL (VAR)	S (VA)	FACTOR DE POTENCIA	
	I1	I2	I3	Vrs	Vst	Vtr	TOTAL	TOTAL	TOTAL	FP	COSθ
Fórmulas:											
Conclusiones y recomendaciones											

Fuente: El Autor

Bibliografía

Libros:

- Appelt, S. H. Hubscher J. klaue - W.Pfluger. (2011). Electrotecnia curso elemental. Barcelona, España: Reverte S.A.
- Astudillo, A. O. (s.f.). Manual de Prácticas de Máquinas Eléctricas - Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil, Ecuador.
- Boylestad, R. (2011). Introducción al análisis de circuitos (12va ed.). Mexico: Pearson.
- Chapman, S. J. (2012). Máquinas Eléctricas (5ta ed.). Santa Fe: Mc Graw Hill.
- Charles, k. Alexander - Matthew N.O.Sadiku. (2010). Fundamentos de Circuitos Eléctricos. Mexico: Mc Graw Hill .
- Costa Quintana, J. \. (s.f.). Interacción Electromagnética Teoría Clásica (1ra ed.). Barcelona: Reverté.
- Enríquez, H. G. (2015). El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales (2da ed.). Mexico D.F.: Limusa S.A.
- Guasch, M -Vallcorba M.-Borrego Roncal J.- Jordan Arias. (2014). Electrotecnia (1ra ed.). Mc Graw Hill.
- Gutierrez, A. (1992). Curso de Métodos de Investigación y elaboración de la Monografía. Quito: Serie Didactica AG.
- Luna Sánchez, L. -J.-E.-R.-S. (2008). Instalaciones eléctricas de baja tensión en el sector agrario y agroalimentario. Mexico: Mundi Prensas.
- Olias Ruiz, Emilio Andres- Barrado Bautista-Antonio Lazaro Blanco-Jorge Pleite Guerra-Rosa Salas Merino-Jose Quinteros Paredes. (s.f.). Electrónica Industrial 1 Manual de Prácticas. Madrid-España: Liber Factory.
- Rela, A. (2010). Electricidad y Electrónica (1era ed.). Buenos Aires: Anselmo L. Morvillo S.A.
- Roldan Vilorio, J. (2014). Automatismos Industriales. Madrid, España: Paraninfo.
- Rodriguez fernandez, Julian- Luis Miguel Cerda Fliu- Roberto Bezos Sánchez Horneros. (2014). Automatismos Industriales Electricidad - Electrónica (1ra ed.). Paraninfo.

Documentos de Sitios Web:

Redondo, Felix Redondo Quintela y Roberto. (s.f.). Universidad de Salamanca - Ingeniería Eléctrica -Apuntes. Recuperado el 20 de Febrero de 2015, de http://electricidad.usal.es/Principal/Fenomenos/Publicaciones/Descargas/03_Corriente_eléctrica.pdf

Serrano, J. M. (17 de Mayo de 2004). Colección de Tesis Digitales Universidad de las Américas Puebla. Recuperado el 12 de Marzo de 2015, de UDLAP bibliotecas:
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/mendez_s_j/capitulo_1.html#