



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA

MONOGRAFÍA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

TECNÓLOGO EN ELECTROMECAÁNICA

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE

CONTROL INDUSTRIAL A TRAVÉS DE UN CONTROLADOR

PROGRAMABLE (LOGO 230RCE) PARA PRÁCTICAS DE

LABORATORIO CON APLICACIÓN EN ARRANQUE DE MOTORES

TRIFÁSICOS EN LA CARRERA DE TECNOLOGÍA EN

ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS

ARMADAS ESPE-L, 2019

AUTOR: VELASCO PANCHI, CESAR RAMIRO

DIRECTOR: ING. LARA JÁCOME, OSCAR RODRIGO

LATACUNGA

2019

Urkund Analysis Result


Analysed Document: MONOGRAFÍA-RAMIRO VELASCO.pdf (D76949517)
 Submitted: 7/23/2020 6:31:00 PM
 Submitted By: loretaibarra@yahoo.es
 Significance: 5 %

Sources included in the report:

Tesis Liliana Chacha.docx (D64734770)
 TIG_BANCODIDÁCTICODEMOTORES TRIFÁSICOS_VER FINAL_JUAN RUBIO_14-06-20.docx (D75073029)
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15631>
<http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/18049>
<https://www.monografias.com/trabajos82/maquina-corriente-continua-como-motor/maquina-corriente-continua-como-motor2.shtml>
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10406>
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20018>
http://www.sismec.com/docs/motores/trifasico_mono/Manual%20uso%20mantenimiento.pdf
http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_factor_potencia/ke_factor_potencia_4.htm
<https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/corriente-alterna.htm>
<https://docplayer.es/7240065-Motores-electricos-proyectos-de-ingenieria-mecanica-ing-jose-carlos-lopez-arenales.html>
<https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/tipos-motores-electricos/>
<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/magnetic/amplaw.html>
<https://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>
<http://concepto.de/electricidad-2/>
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf

Instances where selected sources appear:

40


 Oscar Rodrigo Lara Jácome
 Tutor de Proyecto de titulación
 0502 960594



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CONTROL INDUSTRIAL A TRAVÉS DE UN CONTROLADOR PROGRAMABLE (LOGO 230RCE) PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON APLICACIÓN EN ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS EN LA CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-L, 2019” fue realizado por el señor VELASCO PANCHI CESAR RAMIRO el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 30 de julio de 2020.

Ing. Lara Jacome, Oscar Rodrigo
C.C. 0502960594



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, VELASCO PANCHI CESAR RAMIRO, con cedula de ciudadanía n° 0550503072, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: “IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CONTROL INDUSTRIAL A TRAVÉS DE UN CONTROLADOR PROGRAMABLE (LOGO 230RCE) PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON APLICACIÓN EN ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS EN LA CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-L, 2019” es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 30 de julio de 2020.

Velasco Panchi, Cesar Ramiro
C.C. 0550503072



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, VELASCO PANCHI CESAR RAMIRO, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, publicar la monografía: "IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CONTROL INDUSTRIAL A TRAVÉS DE UN CONTROLADOR PROGRAMABLE (LOGO 230RCE) PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON APLICACIÓN EN ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS EN LA CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-L, 2019" en el repositorio institucional, cuyo contenido, ideas y criterio son de mi responsabilidad.

Latacunga, 30 de julio de 2020.

Velasco Panchi, Cesar Ramiro
C.C. 0550503072

DEDICATORIA

El esfuerzo de este proyecto se lo dedico a mi familia, a mi madre María Rosario Panchi Almachi y especialmente a mi padre Carlos Alberto Velasco Saragosin quien con su apoyo incondicional, sus palabras de aliento para seguir adelante, son mi fuente de inspiración para seguir superándome cada día llegando a ser una persona de bien y que gracias a su sacrificio y esfuerzo he podido terminar una meta más en mi vida. A mis abuelitos Elena Saragosin y Alberto Velasco, quienes nunca me han dejado solo, brindándome su apoyo durante toda mi vida con sus palabras de aliento y bendiciones que son un motivo más para seguir luchando, cumpliendo cada uno de mis sueños. A mi hermana Lesly con quien he compartido tantos momentos buenos y malos, pero siempre ha estado conmigo apoyándome y a toda mi familia que confiaron en mi e hicieron todo el esfuerzo posible para continuar con mis estudios para ser un buen profesional y una excelente persona.

Cesar Ramiro Velasco Panchi.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecido con DIOS, por la vida, salud y la capacidad de realizar mis estudios, a mi familia quien me brindó su apoyo incondicional, así como a las personas que de una u otra manera fueron importantes durante el transcurso de mis estudios y en mi vida, brindándome su apoyo, con sus palabras de aliento, de motivación en seguir adelante para cumplir mi sueño.

A los docentes de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE que formaron parte de mi aprendizaje durante todo el transcurso brindándome sus conocimientos y enseñanzas de manera desinteresada.

Cesar Ramiro Velasco Panchi.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA

CERTIFICACIÓN	i
RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xx
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Alcance	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos eléctricos	7
2.1.1 Electricidad.....	7
2.1.2 Voltaje.....	7
2.1.3 Corriente eléctrica.....	8
2.1.4 Resistencia eléctrica.....	10
2.1.5 Ley de ohm.....	10
2.1.6 Frecuencia	10
2.1.7 Potencia.....	11
2.1.8 Factor de potencia.....	13
2.1.9 Triángulo de potencias	13
2.2 Motores eléctricos.....	14
2.2.1 Concepto	14
2.2.2 Principio de operación	14
2.3 Clasificación de los motores eléctricos.....	19
2.3.1 Motores de corriente directa.....	21
2.3.2 Concepto	21
2.3.3 Partes fundamentales de un motor de corriente directa	21
2.3.4 Principio de funcionamiento	24
2.3.5 Tipos de motores de corriente directa.....	24
2.3.6 Motores de corriente alterna (a.c.).....	27
2.3.7 Tipos de motores de a. c.....	28
2.3.8 Motores asíncronos	28
2.3.9 Motores síncronos.....	30
2.4 Motores trifásicos	32

2.4.1 Descripción.....	32
2.4.2 Conexiones de motores trifásicos	32
2.4.3 Método para identificar las conexiones	35
2.4.4 Sistemas de arranque en motores trifásicos.....	36
2.4.5 Aplicaciones de los motores trifásicos.....	42
2.5 Componentes eléctricos de accionamiento y protección	43
2.5.1 Pulsadores de marcha y paro	43
2.5.2 Pulsador paro de emergencia.....	44
2.5.3 Selector de 2 posiciones	44
2.5.4 Lámparas de señalización	45
2.5.5 Contactor	45
2.5.6 Fusibles	46
2.5.7 Interruptor automático magnetotérmico (Breaker).....	46
2.5.8 Relé térmico	47
2.6 Instrumentos de medición eléctrica	47
2.6.1 Indicador de Tensión.....	47
2.6.2 Indicador de corriente	48
2.7 Controlador lógico	49
2.7.1 Constitución de un controlador lógico	49
2.7.2 Características generales	49
2.7.3 Conformación interna	50
2.7.4 Ventajas de los controladores lógicos.....	51
2.7.5 Funciones de los controladores lógicos	51
2.7.6 Funciones específicas.....	52

2.7.7 Las funciones especiales	53
2.8 LOGO SIEMENS	53
2.8.1 Estructura del logo siemens.....	54
2.8.2 Alimentación y unidades de entradas / salidas del LOGO SIEMENS	55
2.8.3 Diagrama eléctrico del logo	57
2.8.4 Aplicaciones	57
2.8.5 LOGO! 230 RCE	57
2.8.6 Características técnicas de diseño del LOGO! 230 RCE.....	57
2.8.7 Software de programación	58
2.9 Lenguajes de programación	59
2.9.1 Diagrama de funciones (FUP).....	59
2.9.2 Diagrama de contactos (KOP).....	59
2.9.3 Función personalizada (UDF)	59

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE CONTROL INDUSTRIAL

3.1 Descripción	60
3.1.1 Tablero de control.....	60
3.2 Proceso de construcción del banco de pruebas	61
3.2.1 Proceso de perforación y corte para la distribución de los equipos eléctricos	62
3.2.2 Proyección final de la estructura del banco de pruebas	77
3.3 Impresión y ubicación de láminas de conexión.....	78
3.4 Proceso de montaje de los dispositivos eléctricos.....	81
3.5 Proceso de instalación y conexión de los equipos eléctricos	83
3.6 Dimensionamiento y selección de protecciones eléctricas para el motor trifásico	84

3.6.1 Datos del motor eléctrico	84
3.6.2 Cálculo de dimensionamiento	85
3.6.3 Cálculo, selección de protecciones eléctricas y componentes de control	88
3.6.4 Inventario de equipos y componentes eléctricos utilizados en el banco de pruebas	92
3.6.5 Ubicación y conexión de los equipos eléctricos en el banco de pruebas	94
3.7 Proyección de la vista frontal de los equipos eléctricos	97
3.7.1 Proyección de la vista posterior de los equipos colocados	98
3.7.2 Etiquetado de conductores	108
3.8 Conexión del motor trifásico en el banco de pruebas	110
3.9 Proyección del banco de pruebas finalizado	112

CAPÍTULO IV

MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO

4.1 Descripción	115
4.2 MANUAL DE OPERACIÓN	116
4.2.1 Especificaciones generales y recomendaciones de seguridad del banco de pruebas.....	117
4.2.2 Recomendaciones de seguridad.....	118
4.2.3 Normas de seguridad.....	120
4.2.4 Modos de operación.....	122
4.2.5 Operación del LOGO! 230 RCE	122
4.2.6 Software CADe SIMU	130
4.3 Arranque directo de un motor trifásico mediante contactores, pulsadores y luces piloto.	131
4.4 Circuito de control para la detección de una secuencia de operación mediante 4 contactores y 2 pulsadores.....	135
4.5 Circuito de control para la inversión de giro de un motor trifásico utilizando un pulsador de paro.	138

4.6 Circuito de control para el accionamiento condicionado de contactores.....	143
4.7 Puesta en marcha y paro automático de un motor trifásico mediante un controlador programable (Logo 230RCE).....	146
4.8 MANUAL DE MANTENIMIENTO	158
4.8.1 Tipos de mantenimiento a ejecutar	159
4.8.2 Mantenimiento predictivo	162
4.8.3 Mantenimiento preventivo	169

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	176
5.2 Recomendaciones	177

GLOSARIO DE TÉRMINOS	178
-----------------------------------	-----

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	180
---	-----

ANEXOS	184
---------------------	-----

ANEXO A.- Estructura del banco de pruebas.

ANEXO B.- Vista frontal de las dimensiones del banco de pruebas.

ANEXO C.- Vista lateral y superior de las dimensiones del banco de pruebas.

ANEXO D.- Distribución de los equipos eléctricos.

ANEXO E.- Diagrama de conexión de los equipos eléctricos.

ANEXO F.- Datos generales de motores trifásicos.

ANEXO G.- Selección del conductor de acuerdo al amperaje soportado.

ANEXO H.- Temperatura nominal de los conductores eléctricos.

ANEXO I.- Selección de canaleta ranurada de PVC teniendo en cuenta el número de conductores que serán colocadas.

ANEXO J.- Consumo de corriente de los motores eléctricos en diferentes voltajes y sus respectivas protecciones.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Alimentación de los módulos lógicos</i>	55
Tabla 2 <i>Entradas de los módulos lógicos</i>	56
Tabla 3 <i>Salidas de los módulos lógicos</i>	56
Tabla 4 <i>Dispositivos y equipos eléctricos para el banco de pruebas</i>	92
Tabla 5 <i>Actividades de mantenimiento predictivo para el motor trifásico</i>	163
Tabla 6 <i>Actividades de mantenimiento predictivo a los componentes de maniobra y control</i> ..	167
Tabla 7 <i>Actividades de mantenimiento preventivo para el motor trifásico</i>	170
Tabla 8 <i>Actividades de mantenimiento preventivo a los componentes de maniobra y control</i> .	173

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> La electricidad	7
<i>Figura 2.</i> Dirección del flujo de la corriente.....	9
<i>Figura 3.</i> Dirección constante de la corriente	9
<i>Figura 4.</i> Triángulo de la Ley de Ohm.....	10
<i>Figura 5.</i> Triángulo de potencias	13
<i>Figura 6.</i> Motor Eléctrico	14
<i>Figura 7.</i> Fem inducida en la bobina.....	16
<i>Figura 8.</i> Campo magnético en un selenoide.....	18
<i>Figura 9.</i> Regla de la mano izquierda	19
<i>Figura 10.</i> Clasificación de motores DC según NEMA	20
<i>Figura 11.</i> Clasificación de los motores AC según NEMA.....	20
<i>Figura 12.</i> Motor de corriente directa	21
<i>Figura 13.</i> El estator.....	21
<i>Figura 14.</i> El rotor	22
<i>Figura 15.</i> Partes principales de un motor de DC	23
<i>Figura 16.</i> Motor de corriente directa.	23
<i>Figura 17.</i> Principio de funcionamiento.....	24
<i>Figura 18.</i> Motor de excitación independiente	25
<i>Figura 19.</i> Motor en serie	25
<i>Figura 20.</i> Motor Shunt	26
<i>Figura 21.</i> Motor Compound.....	26
<i>Figura 22.</i> Motor de Corriente Alterna	28
<i>Figura 23.</i> Rotor de jaula de ardilla	29
<i>Figura 24.</i> Rotor de anillos rozantes	30
<i>Figura 25.</i> Rotor de motor de hestéresis.....	31
<i>Figura 26.</i> Rotor, motor subsincrono	31
<i>Figura 27.</i> Tres bobinas localizadas a 120°	32
<i>Figura 28.</i> Conexión en estrella	33
<i>Figura 29.</i> Conexión en triángulo	34
<i>Figura 30.</i> Conexión Estrella - Triángulo.....	34

Figura 31. Motor tetrapolar trifásico.....	35
Figura 32. Arranque directo de un motor trifásico	37
Figura 33. Arranque Estrella – Triángulo	38
Figura 34. Arranque en Kusa	39
Figura 35. Arranque con Autotransformador	40
Figura 36. Arranque mediante resistencias estáticas	41
Figura 37. Motor trifásico usado en sistemas hidráulicos	42
Figura 38. Aplicación en el transporte de material	43
Figura 39. Pulsadores de marcha y paro	43
Figura 40. Paro de emergencia	44
Figura 41. Selector de 2 posiciones	44
Figura 42. Lámparas de señalización.....	45
Figura 43. Contactor	45
Figura 44. Fusible.....	46
Figura 45. Breaker trifásico.....	46
Figura 46. Relé térmico.....	47
Figura 47. Indicador de tensión	48
Figura 48. Indicador de corriente.....	48
Figura 49. Diagrama de bloques de un controlador programable.....	50
Figura 50. LOGO! Siemens	54
Figura 51. Estructura del Logo!.....	54
Figura 52. Diagrama eléctrico del Logo	57
Figura 53. Tubos cuadrados	61
Figura 54. Corte de los tubos cuadrados.	61
Figura 55. Corte de las planchas metálicas	62
Figura 56. Plancha metálica recortada.	62
Figura 57. Trazado de líneas	63
Figura 58. Líneas trazadas sobre la plancha metálica	63
Figura 59. Puntos de referencia	64
Figura 60. Taladro y brocas.....	64
Figura 61. Proceso de perforación	65

Figura 62. Perforaciones sobre la plancha metálica.....	65
Figura 63. Amoladora y disco de corte	66
Figura 64. Proceso de corte	66
Figura 65. Vista frontal de las perforaciones y cortes.....	67
Figura 66. Perforación para los prensaestopas, pulsadores y luces piloto.....	67
Figura 67. Proceso de perforación y corte finalizado	68
Figura 68. Proceso de limado	68
Figura 69. Verificación de los cortes realizados.....	69
Figura 70. Trazado de líneas guías	69
Figura 71. Corte de tubos cuadrados.....	70
Figura 72. Tubos cuadrados soldados	70
Figura 73. Ubicación de tubos cuadrados	71
Figura 74. Tubos cuadrados soldados a 90°	71
Figura 75. Centrado de tubos cuadrados	72
Figura 76. Estructura completamente soldada.....	72
Figura 77. Recubrimiento de la estructura metálica	73
Figura 78. Proceso de corte y soldadura de tubos cuadrados	73
Figura 79. Estructura del tablero	74
Figura 80. Ubicación de la plancha metálica.....	74
Figura 81. Planchas metálicas soldadas	75
Figura 82. Estructura del tablero finalizado	75
Figura 83. Unión de las estructuras	76
Figura 84. Pintado de la estructura	77
Figura 85. Estructura terminada	77
Figura 86. Verificación de la distribución de los equipos eléctricos	78
Figura 87. Impresión y ubicación de la lámina	78
Figura 88. Ubicación de las láminas	79
Figura 89. Ubicación del vinil adhesivo transparente.....	79
Figura 90. Corte de las láminas	80
Figura 91. Láminas ubicadas en el tablero	80
Figura 92. Ubicación de riel din	81

Figura 93. Riel din ubicadas en los pernos soldados	81
Figura 94. Ubicación de todas las riel din	82
Figura 95. Montaje de canaletas ranuradas	82
Figura 96. Proyección final del montaje de canaletas ranuradas	83
Figura 97. Clases del relé térmico	92
Figura 98. Montaje del contactor	95
Figura 99. Ubicación de los contactores	95
Figura 100. Indicadores de voltaje, corriente y dispositivos de protección.....	95
Figura 101. Logo! 230 RCE.....	96
Figura 102. Luces piloto	96
Figura 103. Paro de emergencia y selector.....	96
Figura 104. Ubicación de los pulsadores	97
Figura 105. Vista frontal de la distribución de los equipos eléctricos	97
Figura 106. Vista posterior de los equipos eléctricos.	98
Figura 107. Cableado del Logo.	98
Figura 108. Tendido de cables.....	99
Figura 109. Tendido de cables eléctricos	99
Figura 110. Peinado de conductores	100
Figura 111. Breaker trifásico, monofásico y fusibles conectados	100
Figura 112. Tendido y peinado de cables eléctricos	101
Figura 113. Tendido de cables finalizado	101
Figura 114. Terminales jacks	102
Figura 115. Ubicación de terminales jacks	102
Figura 116. terminales jacks ubicados en el tablero	103
Figura 117. Ubicación de los cables eléctricos.....	103
Figura 118. Ubicación de conductores.....	104
Figura 119. Contactores conectados	104
Figura 120. Conexión de cables en el relé térmico.....	105
Figura 121. Relé térmico conectado	105
Figura 122. Ajustes finales del cableado.....	106
Figura 123. Proyección del cableado finalizado.....	106

Figura 124. Conexión de la alimentación principal del banco de pruebas	107
Figura 125. Conductor dúplex y conector trifásico	107
Figura 126. Etiquetado de conductores	108
Figura 127. Cables eléctricos etiquetados	108
Figura 128. Vista posterior de cables etiquetados finalizado	109
Figura 129. Vista frontal de las conexiones y etiquetado.....	109
Figura 130. Motor trifásico de 0.75HP	110
Figura 131. Cableado en la caja de bornes del motor	110
Figura 132. Conexión del motor trifásico	111
Figura 133. Motor trifásico conectado	111
Figura 134. Caja de bornes cubierta	112
Figura 135. Vista frontal del motor conectado.	112
Figura 136. Parte trasera del banco de pruebas finalizado	113
Figura 137. Banco de pruebas finalizado	114
Figura 138. Banco de pruebas	117
Figura 139. Interfaz entre el LOGO! 230RCE y el ordenador	123
Figura 140. Entorno del software LOGO!Soft Comfort	124
Figura 141. Diagrama de funciones lógicas	124
Figura 142. Diagrama de escaleras	125
Figura 143. Panel frontal del LOGO!	125
Figura 144. Funciones básicas.....	127
Figura 145. Funciones especiales	129
Figura 146. Entorno de CADe SIMU	130
Figura 147. Diagrama de control	132
Figura 148. Esquema de fuerza	133
Figura 149. Conexión entre los terminales.....	134
Figura 150. Circuito de control para la secuencia de operación.....	135
Figura 151. Circuito de control para la inversión de giro de un motor trifásico.....	138
Figura 152. Circuito de fuerza para el cambio de giro del motor trifásico	140
Figura 153. Conexión de terminales	141
Figura 154. Circuito para el accionamiento condicionado.....	143

Figura 155. Dirección IP	146
Figura 156. Búsqueda de la red	147
Figura 157. Configuración de la red	147
Figura 158. Selección de protocolo de internet versión 4 (TCP/IPv4)	148
Figura 159. Introducción de IP	148
Figura 160. Inicio del programa	149
Figura 161. Configuración del LOGO!.....	149
Figura 162. Cuadro de instrucciones	150
Figura 163. Programación.....	150
Figura 164. Determinación del tiempo a la conexión	151
Figura 165. Cargado de la programación.....	152
Figura 166. Interfaz	152
Figura 167. Conexión establecida entre el LOGO y la PC.....	153
Figura 168. Modo de operación.....	153
Figura 169. Logo en modo RUN	153
Figura 170. Circuito de control del Logo 230 RCE.....	154
Figura 171. Circuito de fuerza para el arranque directo.....	155
Figura 172. Conexión de terminales	156
Figura 173. Tipos de mantenimiento	161
Figura 174. Mantenimiento preventivo de motor trifásico.....	169

ÍNDICE DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1.</i> Voltaje.....	7
<i>Ecuación 2.</i> Corriente eléctrica	8
<i>Ecuación 3.</i> Resistencia eléctrica	10
<i>Ecuación 4.</i> Frecuencia	11
<i>Ecuación 5.</i> Potencia.....	11
<i>Ecuación 6.</i> Potencia activa	12
<i>Ecuación 7.</i> Potencia reactiva	12
<i>Ecuación 8.</i> Potencia aparente.....	12
<i>Ecuación 9.</i> Factor de potencia	13
<i>Ecuación 10.</i> Ley de inducción de Faraday	15
<i>Ecuación 11.</i> Ley de Faraday	15
<i>Ecuación 12.</i> Ley de mallas de Kirchhoff.....	16
<i>Ecuación 13.</i> Ley de kirchhoff	17
<i>Ecuación 14.</i> Ley de Ampere	17
<i>Ecuación 15.</i> Ley de Biot-Savart.....	18
<i>Ecuación 16.</i> Intensidad del circuito.....	85
<i>Ecuación 17.</i> Caída de tensión	86
<i>Ecuación 18.</i> Potencia.....	87
<i>Ecuación 19.</i> Intensidad.	88
<i>Ecuación 20.</i> Corriente de protección.....	89
<i>Ecuación 21.</i> Corriente de protección con fusibles	90
<i>Ecuación 22.</i> Protección contra sobrecarga	91

RESUMEN

La ejecución de la presente monografía consiste en realizar la construcción e implementación de un banco de pruebas de control industrial mediante un controlador programable (LOGO 230 RCE) para el arranque de motores trifásicos, así como la simulación de procesos industriales realizándolo de forma manual y automático como un apoyo de la materia de control industrial en la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica, enfocado al desarrollo de aprendizaje y habilidades de los estudiantes reforzando la teoría con la práctica. Además, se ha realizado una recopilación de conceptos teóricos, definiciones y funcionamientos de los dispositivos eléctricos mediante libros. Cuenta con dispositivos de control, señalización tales como contactores, pulsadores, indicadores de voltaje, corriente, luces piloto, lámparas de señalización, selector de 2 posiciones, un controlador lógico, motor trifásico, los elementos de protección eléctrica como los fusibles, breakers, portafusiles, relé térmico con la finalidad de salvaguardar la vida humana. También se ha elaborado un manual de mantenimiento y operaciones con la finalidad de ejecutar procedimientos adecuados en la realización de prácticas abarcando diagramas de control y fuerza que se pueden realizar con los equipos y dispositivos así como el mantenimiento apropiado destinado a la conservación de los mismos garantizando el buen funcionamiento del banco de pruebas.

PALABRAS CLAVES

- **MOTORES ELÉCTRICOS**
- **CONTROL INDUSTRIAL**
- **CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES**

ABSTRACT

In order to execute this investigation, researchers constructed and implemented a question bank for industrial control by means of a programmable controller (LOGO 230 RCE) to start the three-phase motors, as well as the simulation of industrial processes. This simulation is carried out manually and automatically as a support of the industrial control subject in the Higher Technology in Electromechanics department, focused on the learning and the development of the students' skills, reinforcing the theory with practice. In addition, researchers read many books and created a compilation of theoretical concepts, definitions, and operations of electrical devices. It has control devices, contact signals, buttons, voltage indicators, current, pilot lights, signal lamps, a 2-position switch, a logic controller, a three-phase motor, and electrical protection elements such as fuses, breakers, fuse holders, and thermal relay in order to safeguard human life. A maintenance and operations manual has also been prepared with the purpose of executing adequate procedures in the execution of practices covering control and force diagrams. They can be carried out with the equipment and devices as well as the appropriate maintenance aimed at the conservation of them, guaranteeing the question bank functions properly.

KEYWORDS

- **ELECTRICAL ENGINES**
- **INDUSTRIAL CONTROL**
- **PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS**

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE CONTROL INDUSTRIAL A TRAVÉS DE UN CONTROLADOR PROGRAMABLE (LOGO 230RCE) PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIO CON APLICACIÓN EN ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS EN LA CARRERA DE TECNOLOGÍA EN ELECTROMECAÁNICA DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-L, 2019.

1.1 Antecedentes

Actualmente el nuevo camino orientado a las comunicaciones Industriales se torna importantes al desarrollo de una nueva era en los procesos de producción para las empresas. (Moreano, 2019)

De acuerdo a (Caticuago & Perugachi, 2019), graduados de la Escuela de formación de tecnólogos de la Escuela Politécnica Nacional, en su tesis de graduación denominado “Construcción de un módulo didáctico para aplicaciones de control industrial con un relé programable”. Mencionan que un módulo didáctico sirve como un soporte en el proceso de enseñanza y aprendizaje, permitiendo a los estudiantes desarrollar prácticas y iniciar con la programación de controladores lógicos programables.

Según (Cárdenas & Villacís, 2015), de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, en la tesis denominada: “Diseño e implementación de módulo didáctico (tablero metálico) para prácticas de laboratorios de controles industriales con aplicación en arranque e inversión de giro

de motores”. Mencionan que con este módulo didáctico presenta un impacto positivo en el alumnado al obtener más herramientas, equipos donde practicar e implementar todo lo que el docente brinda en su cátedra, además se relaciona con el ámbito laboral industrial por que los componentes están visibles pudiendo aprender los conexiones reales de los dispositivos eléctricos y electrónicos.

Con la implementación de este banco de pruebas de control industrial permitirá al estudiante interactuar de manera real mediante el desarrollo de las prácticas planteadas en un manual de operaciones para la ejecución de las prácticas que forman una base de conocimientos tanto teórico como prácticos, que al final se convertirán en la experiencia que todo profesional necesita.

1.2 Planteamiento del problema

El 8 de abril del 2014 se dió luz a muy importante evento la cual es la formación e inauguración a UGT (Unidad de Gestión de Tecnologías) de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Ubicado en la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi en las calles Javier Espinosa 3-47 y Av. Amazonas, sector la FAE. Ofertando las carreras de tecnología en Electrónica, Automatización e instrumentación, Mecánica automotriz, Logística y Electromecánica. La carrera de Tecnología en Electromecánica, tiene por objetivo la formación de Tecnólogos en Electromecánica aptos y con competencia para implementar, operar y mantener sistemas electromecánicos, mediante la aplicación de conocimientos teórico-prácticos inherentes a las áreas que se relacionan con la electricidad y la mecánica, para fortalecer el desarrollo de las capacidades y potencialidades del profesional graduado.

La Unidad de Gestión de Tecnologías, dispone en sus instalaciones el laboratorio de control industrial para la simulación de procesos industriales, cuenta con cuatro módulos que son utilizados por las carreras, sin embargo, la demanda reflejada de los estudiantes no satisface con la carga horaria que tiene el laboratorio.

El laboratorio de control industrial posee módulos didácticos donde se realiza prácticas de procesos industriales, son útiles pero en una cantidad mínima para la demanda de estudiantes que lo utilizan, se ha llegado a casos que deben turnarse para realizar prácticas con un límite de tiempo, llegando a no desarrollar las capacidades necesarias y únicamente logrando realizar las prácticas de laboratorio en determinados horarios que proporciona la UGT (Unidad de Gestión de Tecnologías). Por tal motivo surge la necesidad de implementar un módulo didáctico utilizando un controlador programable (logo) para aplicaciones de control industrial en la carrera de Tecnología en Electromecánica, beneficiando a los alumnos para que puedan desarrollar excelentes conocimientos a nivel industrial.

En caso de no dar solución al problema, los estudiantes seguirán con limitantes al momento de la realización de prácticas de laboratorio, provocando deficiencia en la misma. Por lo tanto, con la implementación de este proyecto fortalecerá los conocimientos adquiridos, y a la vez, permitirá familiarizarse con el control de máquinas eléctricas y procesos industriales.

1.3 Justificación

Esta monografía tiene como finalidad la de implementar un banco de pruebas de control industrial en la institución, para la ejecución de prácticas utilizando métodos de control y automatización. En la actualidad, la tecnología y sus competencias crecen de manera rápida en

todos sus aspectos, de manera que, la implementación de un banco de pruebas propuesto ayuda a fortalecer y aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en la práctica tales como el control de procesos, sistemas de control y automatización, brindando así a los estudiantes la oportunidad de desarrollar sus destrezas y habilidades en base a los conocimientos adquiridos, ayudando a su crecimiento profesional.

Los beneficiarios son los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L. Donde será aprovechado el banco de pruebas para la creación de circuitos eléctricos, así como la simulación de procesos industriales mediante métodos manuales y de automatización.

Los alumnos de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica aplicarán los conocimientos de la materia de Control Industrial. Es importante remarcar que en este espacio se ejecutarán procesos industriales y de automatización, tales como arranque de un motor, mando de contactores y secuencia de luces piloto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

- Implementar un banco de pruebas de control industrial a través de un controlador programable (LOGO 230RCE) en prácticas de laboratorio con aplicación en arranque de motores trifásicos para la carrera de Tecnología en Electromecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, 2019.

1.4.2 Objetivos específicos

- Seleccionar e identificar los componentes eléctricos y electrónicos adecuados en la implementación de un banco de pruebas para la ejecución de trabajos prácticos enfocado a las aplicaciones industriales.
- Instalar los dispositivos eléctricos y electrónicos en el banco de pruebas de control industrial para el arranque de motores trifásicos y la determinación de su funcionamiento puesto en marcha.
- Elaborar un manual de mantenimiento y operaciones de las aplicaciones industriales mediante la recopilación de información tanto teórico como práctico para la fácil interacción del estudiante con el banco de pruebas.

1.5 Alcance

El propósito de este proyecto se basa en la implementación de un módulo didáctico a través de los diferentes dispositivos tanto de control (logo 230RCE, contactores), maniobra (pulsadores, interruptores, selector de 2 posiciones, paro de emergencia), protección (fusibles, breaker, portafusiles, relé térmico) y señalización (luces piloto, indicadores de voltaje), que se implementaran en el banco de pruebas control industrial, por tanto, ayudara al proceso de enseñanza de forma práctica a los estudiantes de la carrera de Tecnología en Electromecánica, bajo los siguientes ensayos expuestos a continuación, mejorando la formación del estudiante.

Arranque directo de un motor trifásico mediante contactores, pulsadores y luces piloto.

Circuito de control para la detección de una secuencia de operación mediante 4 contactores y 2 pulsadores.

Circuito de control para la inversión de giro de un motor trifásico utilizando un pulsador de paro.

Circuito de control para el accionamiento condicionado de contactores

Puesta en marcha y apagado automático de un motor trifásico mediante un controlador programable (Logo 230RCE).

El proyecto a desarrollarse parte desde el cálculo de dimensionamiento de los elementos de protección, conductores, montaje de los elementos y equipos, elaboración de guías para prácticas y, finalmente, pruebas y resultados.

El banco de pruebas será ubicado en un espacio destinado por la carrera, con una extensión de 4 m de conductor dúplex de 3 fases más un neutro, conectado con un conector trifásico para la alimentación entre el banco de pruebas y el tablero de servicio principal.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos eléctricos

2.1.1 Electricidad

“Por electricidad se comprende un conjunto de fenómenos físicos vinculados con la transmisión de cargas eléctricas” (Raffino, 2019). Es decir, con la dinámica atómica de los electrones (de allí su nombre). Al tratarse de una forma de energía muy versátil, puede manifestarse bajo formas y fenómenos muy diversos, *Figura 1*.



Figura 1. La electricidad
Fuente: (Raffino, 2019)

2.1.2 Voltaje

En un circuito eléctrico, las cargas circulan siempre que existe una diferencia de potencial entre dos puntos. Esa diferencia de potencial se denomina tensión eléctrica o voltaje, *Ecuación 1*. (Martín Castillo, 2017)

$$V = I \times R$$

Ecuación 1. Voltaje

Fuente: (Harper, El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales, 2005)

Donde:

V = Voltaje

I = Corriente

R = Resistencia

2.1.3 Corriente eléctrica

Se denomina como “la capacidad de flujo de electrones libres” (Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales, 2005). La corriente que recorre en un circuito es igual a la tensión aplicado dividido entre su resistencia total como se observa en la *Ecuación 2*.

$$\mathbf{I} = \frac{\mathbf{V}}{\mathbf{R}}$$

Ecuación 2. Corriente eléctrica

Fuente: (Harper, El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales, 2005)

a. Corriente alterna (C.A)

Es un tipo de corriente eléctrica, en la que la dirección del flujo de electrones, va y viene a intervalos regulares o en ciclos. La corriente que fluye por las líneas eléctricas y la electricidad.

(GreenFacts, 2019), véase la *Figura 2*.

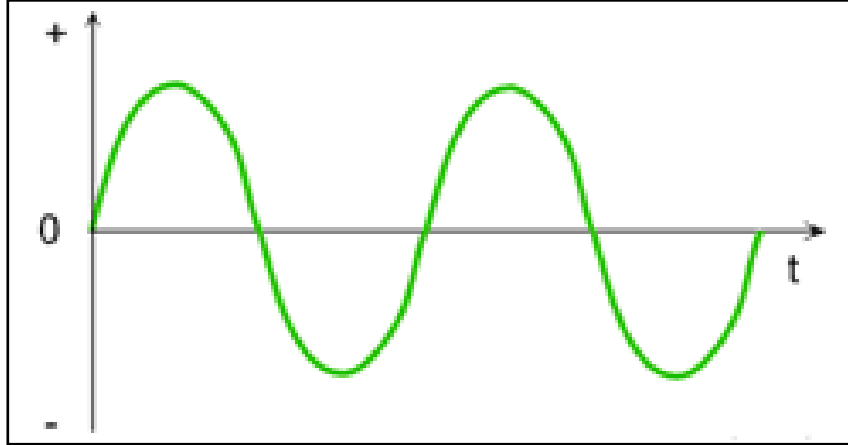


Figura 2. Dirección del flujo de la corriente
Fuente: (GreenFacts, 2019)

b. Corriente continua (C.C)

Es la corriente eléctrica que fluye de forma constante en una dirección, como la que fluye en una linterna o en cualquier otro aparato con baterías es corriente continua. (GreenFacts, 2019),

Figura 3.

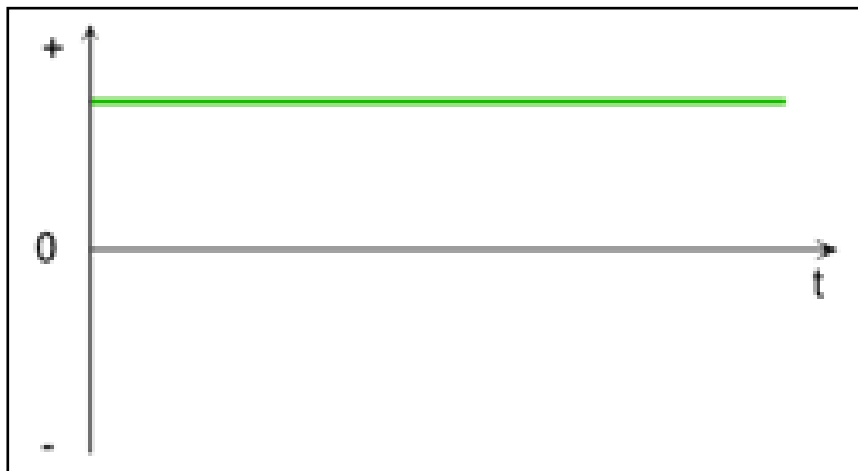


Figura 3. Dirección constante de la corriente
Fuente: (GreenFacts, 2019)

2.1.4 Resistencia eléctrica

La resistencia se expresa en una unidad básica que es el ohm (Ω) y representa la oposición al flujo de una corriente en un circuito resistivo, **Ecuación 3.** (Enríquez Harper, 2012)

$$R = \frac{V}{I}$$

Ecuación 3. Resistencia eléctrica

Fuente: (Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas industriales, 2005)

2.1.5 Ley de ohm

George Simón Ohm observó la relación entre el voltaje aplicado, la corriente y la resistencia, encontró que, para un valor fijo de resistencia, circula una corriente para un voltaje aplicado, **Figura 4.** (Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas industriales, 2005)

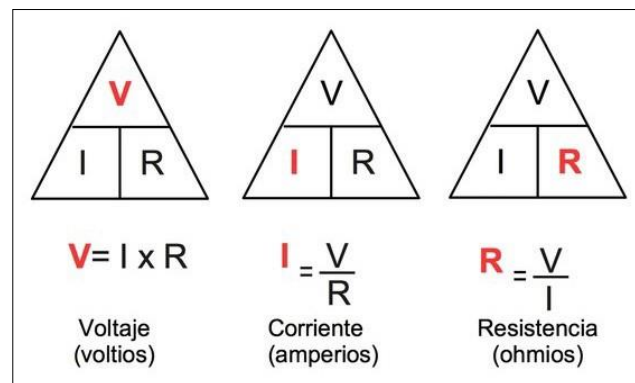


Figura 4. Triángulo de la Ley de Ohm

Fuente: (Gouveia, 2019)

2.1.6 Frecuencia

Se define como “El número de oscilaciones periódicas completas de la onda fundamental durante un segundo. La frecuencia se expresa en períodos por segundo o simplemente en ciclos”. (Gonzales, 2001)

Existe una relación entre la frecuencia y el periodo que viene dado en segundos, “ya que la frecuencia (f) es inversa al tiempo que demora un ciclo (periodo)” (Tercero, 2019). **Ecuación 4.**

$$f = \frac{1}{p}$$

Ecuación 4. Frecuencia

Fuente: (Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas industriales, 2005)

Donde:

F = frecuencia (Hz)

P = periodo

2.1.7 Potencia

“En general es la potencia útil, que entrega o produce una máquina eléctrica en sus terminales de salida”. (Gonzales, 2001)

La potencia (P) es el producto entre el voltaje en las terminales y la corriente que pasa por él, se puede expresar como, **Ecuación 5.**

$$P = V \times I$$

Ecuación 5. Potencia

Fuente: (Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas industriales, 2005)

a. Potencia activa

Es la parte de la potencia eléctrica que realmente se transforma en el accionamiento mecánico (potencia mecánica) o viceversa, se expresa como la **Ecuación 6.** (Gonzales, 2001)

$$P = V \times I \cos \Theta$$

Ecuación 6. Potencia activa

Fuente: (Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas industriales, 2005)

b. Potencia reactiva

Este tipo de potencia se utiliza, en los circuitos de corriente alterna, para la formación del campo en las bobinas y para la carga de los condensadores (creación de un campo eléctrico).

Además se dice que “es la característica propia de las máquinas de corriente alterna, sean estas monofásicas (1Φ) o polifásicas ($n\Phi$)”. (Gonzales, 2001)

La potencia reactiva no puede dar ningún tipo de energía. Su unidad es el voltamperio reactivo (VAR), se puede expresar como la *Ecuación 7*.

$$Q = V \times I \sin \Theta$$

Ecuación 7. Potencia reactiva

Fuente: (Enríquez Harper, El ABC de las instalaciones eléctricas industriales, 2005)

c. Potencia aparente

Es la potencia eléctrica total de una máquina eléctrica que involucra tanto a la potencia activa como a la reactiva, sea máquina de corriente continua (c.d.) o de corriente alterna (c.a.) monofásica (1). La potencia aparente es el producto de la tensión por la corriente, *Ecuación 8*. (Gonzales, 2001)

$$S = V \times I$$

Ecuación 8. Potencia aparente

Fuente: (Gonzales, 2001)

2.1.8 Factor de potencia

Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente, siempre que las tensiones y las corrientes sean sinusoidales. (Gonzales, 2001)

El factor de potencia nos indica la fracción de potencia total (S) que corresponde a la potencia activa (W) y se puede expresar como, *Ecuación 9*.

$$\cos\Phi = \frac{W}{S}$$

Ecuación 9. Factor de potencia

Fuente: (Gonzales, 2001)

Donde:

$\cos\Phi$ = factor de potencia.

W = Potencia Activa

S = Potencia Aparente

2.1.9 Triángulo de potencias

El triángulo de potencias como se indica en la *Figura 5*, "es la mejor forma de ver y comprender de forma gráfica qué es el factor de potencia o coseno de "fi" (Cos ϕ) y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna" (Garcia, 2015).



Figura 5. Triángulo de potencias

Fuente: (Garcia, 2015)

2.2 Motores eléctricos

2.2.1 Concepto

Los motores eléctricos que se muestra en la **Figura 6**, son máquinas giratorias que transforman la energía eléctrica en energía mecánica, es decir, que la energía eléctrica, está en posición de dar movimiento una parte giratoria que se conoce como rotor y que transmite su movimiento a otros órganos mecánicos que accionan a las máquinas sobre las cuales actúan. (Gonzales, 2001)

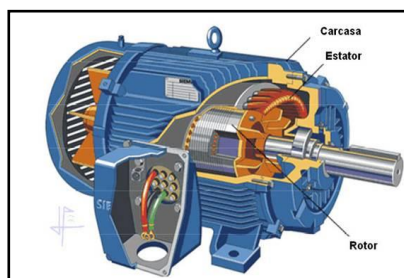


Figura 6. Motor Eléctrico

Fuente: (Prada, y otros, 2019)

2.2.2 Principio de operación

La operación de los motores depende de la interacción de campos magnéticos. Para comprender cómo opera un motor, se deben definir las reglas del magnetismo, así como la relación que existe entre el flujo de corriente y el campo magnético. (Enriquez Harper, 2012)

a. Fundamentos del magnetismo

Cuando una corriente circula a través de una bobina, se crea un campo magnético con un polo magnético con un polo norte y sur, como si se tratara de un imán permanente. Sin embargo, cuando la corriente se interrumpe, desaparece el campo magnético. A este tipo de magnetismo temporal, se le conoce como electromagnetismo. (Enriquez Harper, 2012)

b. Inducción electromagnética

Si un alambre conductor se mueve dentro de un campo magnético, de manera que el conductor corte las líneas de dicho campo, se origina una fuerza electromotriz producida en tal conductor. Induciendo la fuerza electromotriz, presenta lo que se conoce: “La inducción electromagnética”. (Enriquez Harper, 2012)

Según (Liwschitz & Whipple, 1981), el funcionamiento de toda máquina está sujeto a las siguientes leyes fundamentales:

c. Ley de la inducción de Faraday

Esta ley establece que “la fem inducida en un circuito cerrado es igual a la razón de decremento del flujo Φ , entrelazado con el circuito” (Liwschitz & Whipple, 1981). *Ecuación 10.*

$$e = \frac{d\Phi}{dt} * 10^{-8} \quad \text{volt}$$

Ecuación 10. Ley de inducción de Faraday

Fuente: (Liwschitz & Whipple, 1981)

Cuando un conductor se mueve en relación al flujo que es constante con el tiempo, a una velocidad v , puede ser conveniente utilizar la ley de Faraday en la forma que puede interpretarse como sigue: la fem inducida en el conductor es igual al flujo cortado por este por segundo. (Liwschitz & Whipple, 1981), *Ecuación 11.*

$$e = -Blv10^{-8} \quad \text{volt}$$

Ecuación 11. Ley de Faraday

Fuente: (Liwschitz & Whipple, 1981)

El valor medio de la fem inducida (voltaje inducido) en la bobina de la *Figura 7*, puede determinarse rápidamente de la *Ecuación 11*. Cuando la bobina se encuentra situada de forma

horizontal, “se entrelaza con el flujo total Φ del polo. Cuando se mueve un cuarto de revolución de la posición horizontal, se sitúa en la posición vertical y su flujo entrelazado es cero” (Liwschitz & Whipple, 1981).

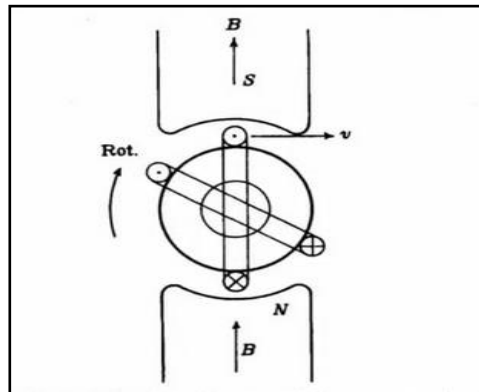


Figura 7. Fem inducida en la bobina
Fuente: (Liwschitz & Whipple, 1981)

d. Ley de las mallas de Kirchhoff

Establece que “en cada malla de una red, la suma de todas las fems aplicadas inducidas tomadas en consideración con los signos adecuados es igual a las caídas de tensión resistivas” (Liwschitz & Whipple, 1981). **Ecuación 12.**

$$\sum(\mathbf{V} + \mathbf{E}) = \sum \mathbf{IR}$$

Ecuación 12. Ley de mallas de Kirchhoff

Fuente: (Liwschitz & Whipple, 1981)

Empleando la ley de Kirchhoff en un circuito R-L con una L constante y un voltaje aplicado (v), tenemos como resultado la **Ecuación 13.**

$$v - L \frac{di}{dt} = iR$$

$$v = iR + L \frac{di}{dt}$$

Ecuación 13. Ley de Kirchhoff

Fuente: (Liwshitz & Whipple, 1981)

e. Ley de Ampere

Según (Olmo & Nave, 2015) “establece que para cualquier trayecto de bucle cerrado, la suma de los elementos de longitud multiplicado por el campo magnético en la dirección de esos elementos de longitud, es igual a la permeabilidad multiplicada por la corriente eléctrica encerrada en ese bucle”, **Ecuación 14.**

$$\oint \mathbf{H}_l d\mathbf{l} = NI$$

Ecuación 14. Ley de Ampere

Fuente: (Liwshitz & Whipple, 1981)

Donde:

\mathbf{H}_l = Es la intensidad de campo magnético.

$d\mathbf{l}$ = Elemento del circuito magnético.

N = Número de espiras.

I = Corriente que fluye en el arrollamiento.

En la **Figura 8**, se puede observar un campo magnético en el interior de un solenoide largo.

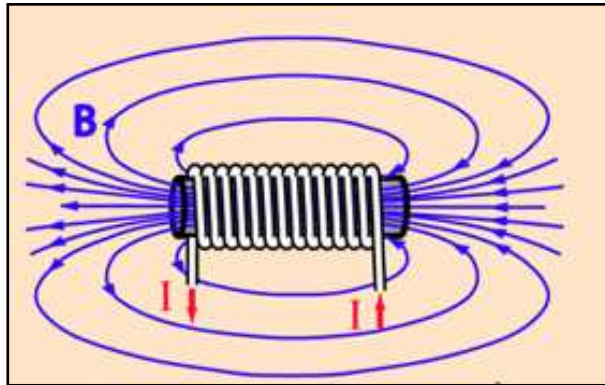


Figura 8. Campo magnético en un solenoide
Fuente: (Olmo & Nave, 2015)

f. Ley de Biot-Savart

Esta ley establece que mientras un conductor conduce corriente está orientado propiamente en un campo magnético, realiza la fuerza sobre este, la dirección de las líneas de inducción ejercen un ángulo α con la dirección del conductor, el cual conduce la corriente. (Liwschitz & Whipple, 1981), esta fuerza es, *Ecuación 15*.

$$f = 8.85 * 10^{-8} B * I_e * I$$

Ecuación 15. Ley de Biot-Savart
Fuente: (Liwschitz & Whipple, 1981)

Donde:

I_e = Longitud efectiva del conductor (pulgadas), longitud situada dentro del flujo.

I = Corriente en amperes.

B = Densidad de flujo.

De acuerdo a (Liwschitz & Whipple, 1981) afirma que:

La dirección de la fuerza f sobre el conductor puede determinarse con la ayuda de la regla de la mano izquierda, como se muestra en la **Figura 9**, abrase la mano izquierda, manténganse los dedos juntos y el pulgar en el mismo plano la palma, pero señalando en ángulos rectos a los dedos. Si los dos señalan en la dirección de la corriente, el flujo entra en la palma en ángulos rectos a esta, la pulgar señala la dirección de la fuerza. Compárese con la regla para la dirección de la fem inducida.

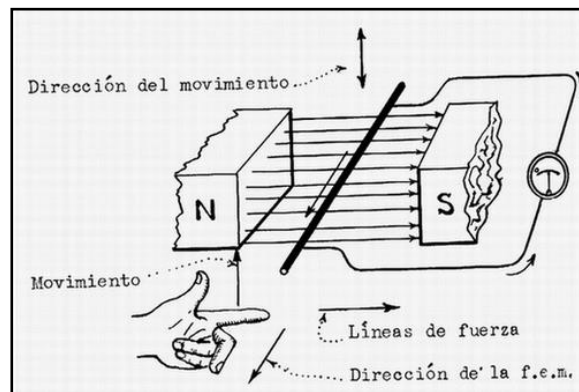


Figura 9. Regla de la mano izquierda
Fuente: (Pauzhi, 2012)

2.3 Clasificación de los motores eléctricos

NEMA (National Electrical Manufacturers Associations) reconoce a dos tipos de motores eléctricos:

- Motores de corriente directa (DC).
- Motores de corriente alterna (AC).

Se puede observar en las *Figuras 10 y 11*, la clasificación de los motores DC y AC respectivamente acorde con Nema.

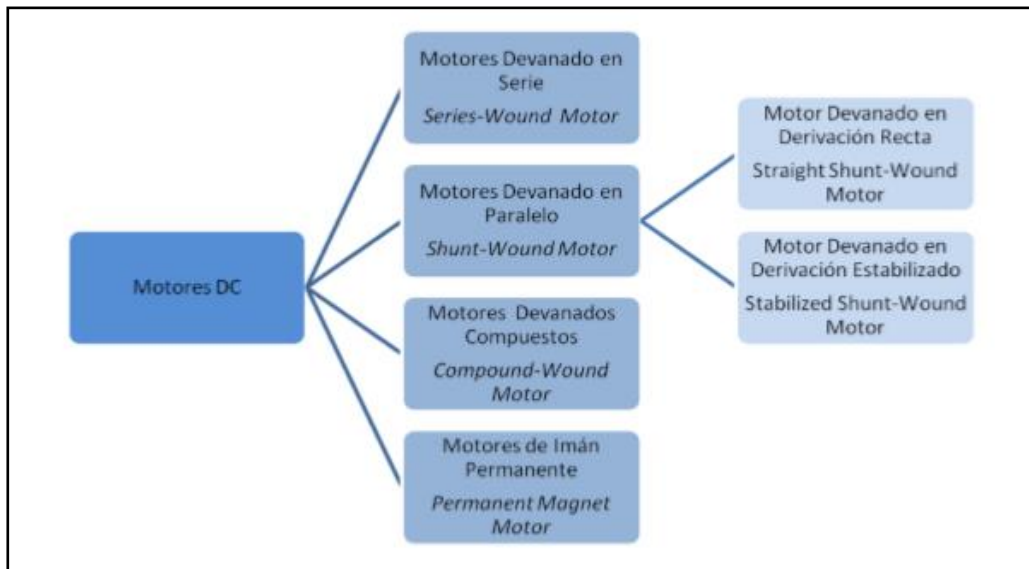


Figura 10. Clasificación de motores DC según NEMA
Fuente: (Sanchez & Contreras , 2010)

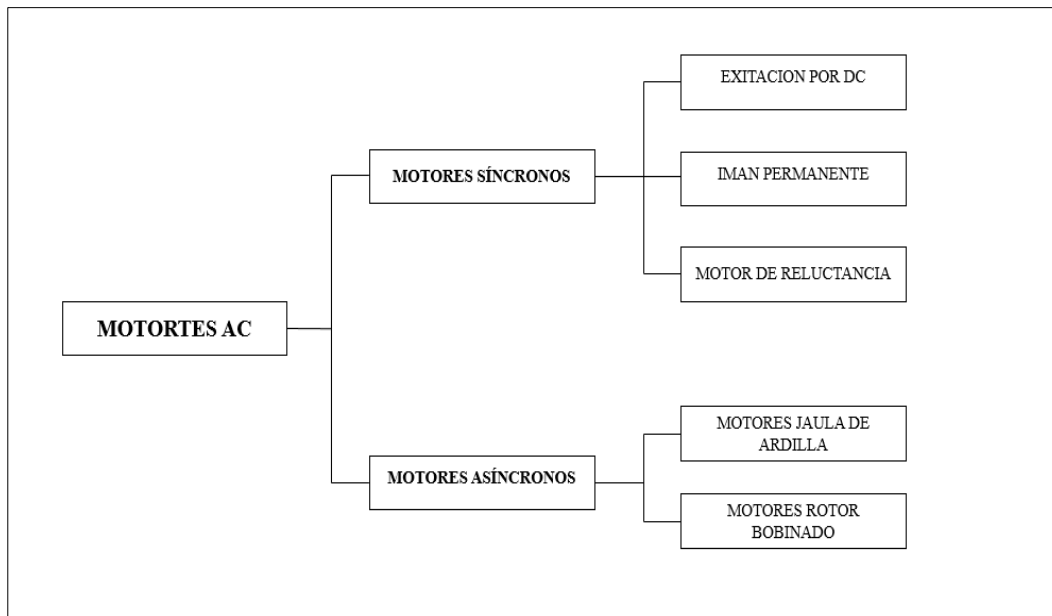


Figura 11. Clasificación de los motores AC según NEMA

2.3.1 Motores de corriente directa

2.3.2 Concepto

Los motores de corriente directa son máquinas que transforman la energía eléctrica en mecánica, *Figura 12*, creando un movimiento giratorio. Compuesto básicamente por estator y el rotor.

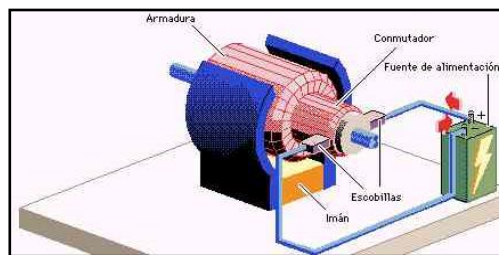


Figura 12. Motor de corriente directa
Fuente: (Rojas, 2008)

2.3.3 Partes fundamentales de un motor de corriente directa

El autor (Tercero, 2019), describe en general las siguientes partes constructivas de un motor eléctrico:

Estator. - Es aquel elemento que opera como base (parte fija del motor) permitiendo la rotación del motor. No se mueve mecánicamente, pero si magnéticamente, *Figura 13*.



Figura 13. El estator

Fuente: (Martín, Máquinas eléctricas, 2012)

Rotor. - Es el elemento de transferencia mecánica (parte móvil del motor), depende de él para la conversión de energía eléctrica en mecánica, *Figura 14*.

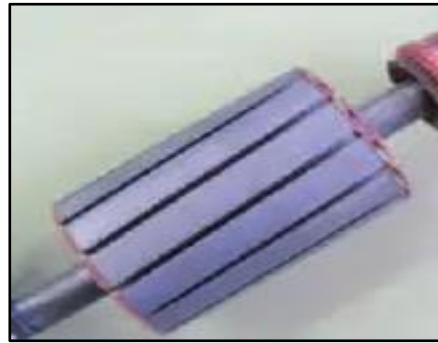


Figura 14. El rotor

Fuente: (Martín, Máquinas eléctricas, 2012)

Bobinado. - Se le conoce como inducido, tiene la capacidad de girar en el interior al momento de recibir corriente directa.

Carcasa. - Cubre y protege al estator y al rotor dejándolo totalmente cerrada, a prueba de explosiones, de goteo o de tipo sumergible.

Colector o conmutador. - Conjunto de láminas también llamadas delgas que van colocadas sobre el rotor separadas entre sí, así como del eje por medio de materiales aislantes evitando el contacto eléctrico con estos, su función es la de mantener la corriente que viene de las escobillas en un flujo unidireccional y comunicándose de esta manera al inducido.

Eje. - Parte móvil del rotor, se encuentran montados: el inducido, colector y el núcleo del inducido, para mayor facilidad de su movimiento giratorio se encuentra soportado sobre cojinetes. Es posible apreciar generalmente en los motores de

corriente directa (DC) las dos partes más importantes que lo constituyen que son el inductor y rotor.

En la **Figura 15**, se puede observar las partes principales de un motor de corriente directa (DC).

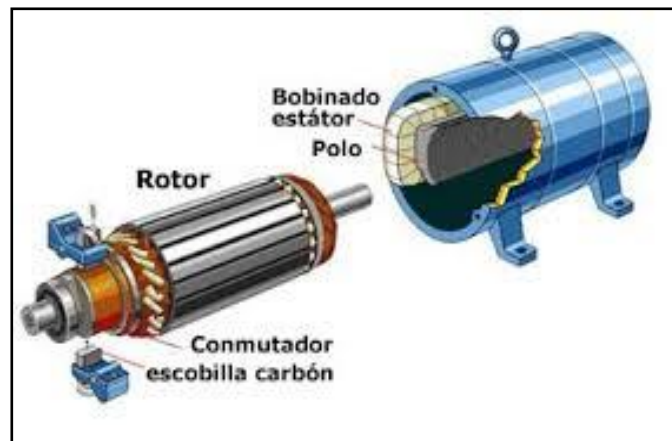


Figura 15. Partes principales de un motor de DC

Fuente: (Mecafenix, 2017)

En la **Figura 16**, se observa las partes que constituyen un motor de DC, en el cual podemos apreciar su constitución interna donde se encuentra el rotor y donde se encuentra alojado el devanado.

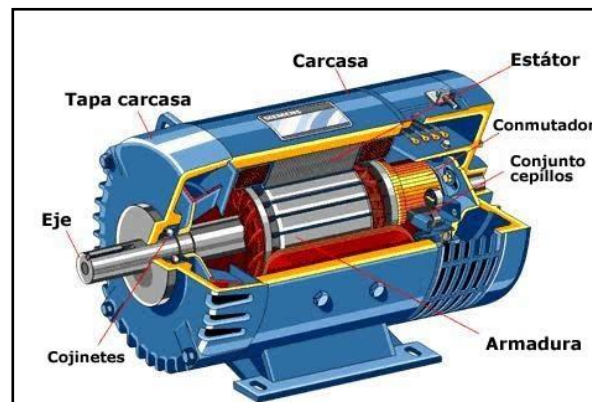


Figura 16. Motor de corriente directa

Fuente: (Xucla, s.f.)

2.3.4 Principio de funcionamiento

Si por una espira se hace circular una corriente eléctrica, esta genera un campo magnético con diferente polaridad en cada uno de sus lados activos. Si dicha polaridad se hace coincidir con la del campo inductor, la bobina produce un par de fuerzas que la hace girar sobre su eje, *Figura 17*. (Martín, Máquinas eléctricas, 2012)

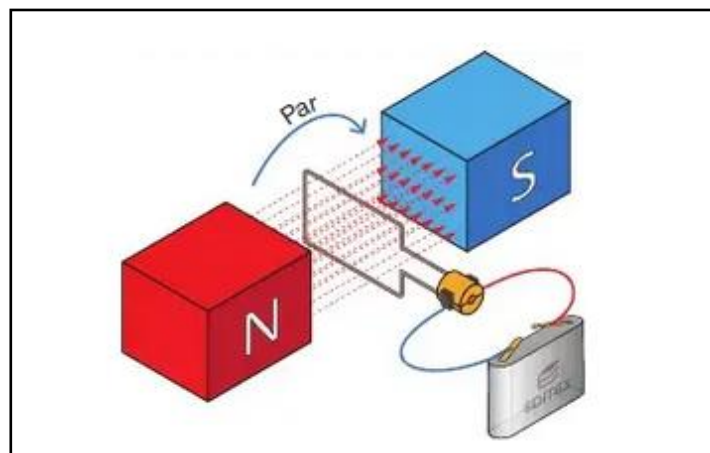


Figura 17. Principio de funcionamiento

Fuente: (Martín, Máquinas eléctricas, 2012)

2.3.5 Tipos de motores de corriente directa

Los motores de corriente continua se clasifican de acuerdo a su conexión entre sus bobinados inductores e inducidos, la cual tiene las siguientes configuraciones.

- Motor de excitación independiente.
- Motor en serie.
- Motor en derivación o motor Shunt.
- Motor Compound.

a. Motor de excitación independiente

La bobina de excitación y el inducido se conectan a una fuente de alimentación independiente una de la otra como se observa en la *Figura 18*.

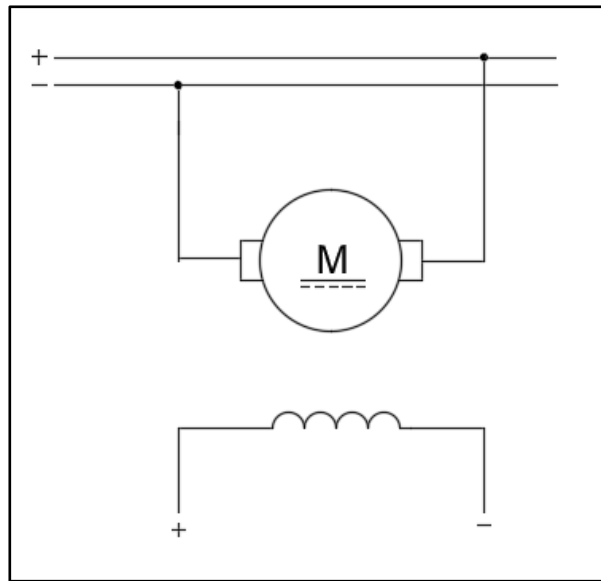


Figura 18. Motor de excitación independiente

b. Motor en serie

La conexión en serie de la *Figura 19*, el bobinado del estator (inductor) va conectado en serie con el bobinado del rotor (inducido) de tal manera que la corriente que circula entre ellos es la misma.

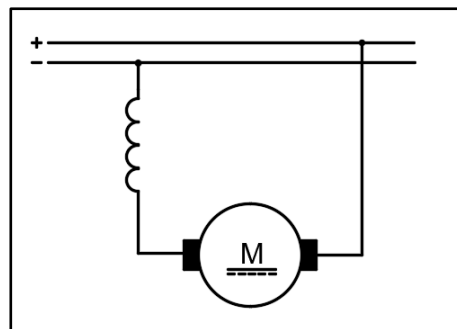


Figura 19. Motor en serie

c. Motor en derivación o motor Shunt

Se denomina motor Shunt cuando la bobina inductora (estator) se encuentra conectada en derivación o paralelo con el bobinado inducido (rotor) y se hallan alimentadas directamente con la red principal, *Figura 20*.

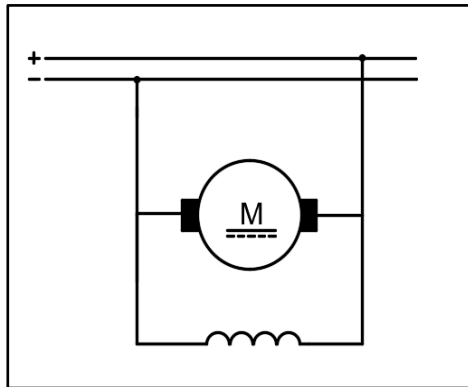


Figura 20. Motor Shunt

d. Motor Compound

El motor Compound de la *Figura 21*, es una combinación del motor conectado en serie y el otro en derivación o Shunt, es decir una de las bobinas inductoras está en serie con el inducido y la otra está en paralelo.

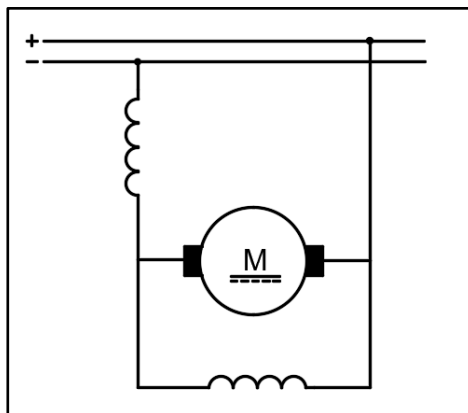


Figura 21. Motor Compound

Aplicaciones

Según (Bautista, 2010), Las principales aplicaciones del motor de corriente continua son:

- **Trenes de laminación reversibles.-** Los motores deben de soportar una alta carga. Normalmente se utilizan varios motores que se acoplan en grupos de dos o tres.
- **Trenes Konti.-** Son trenes de laminación en caliente con varios bastidores. En cada uno se va reduciendo más la sección y la velocidad es cada vez mayor.
- **Cizallas en trenes de laminación en caliente.-** Se utilizan motores en derivación.
- **Industria del papel.-** Además de una multitud de máquinas que trabajan a velocidad constante y por lo tanto se equipan con motores de corriente continua, existen accionamientos que exigen par constante en un amplio margen de velocidades.
- Otras aplicaciones son las máquinas herramientas, máquinas extractoras, elevadores, ferrocarriles.

2.3.6 Motores de corriente alterna (a.c.)

Son aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Es una máquina motriz, es decir, un aparato que convierte una forma determinada de energía en energía mecánica, rotación o par. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos, *Figura 22*. (Pulido, 2013)



Figura 22. Motor de Corriente Alterna
Fuente: (Wolfgang, 1994)

Los motores de corriente alterna y los de corriente continua se basan en el mismo principio de funcionamiento, el cual establece que si un conductor por el que circula una corriente eléctrica se encuentra dentro de la acción de un campo magnético, éste tiende a desplazarse perpendicularmente a las líneas de acción del campo magnético. (López Arenales, s. f.)

2.3.7 Tipos de motores de a. c.

Los motores de corriente alterna se clasifican de acuerdo a la tensión suministrada. Para este ítem de clasificación se enuncia:

- Motores Asíncronos
- Motores Síncronos

2.3.8 Motores asíncronos

La velocidad de giro entre el rotor y la rotación de campo magnético se encuentran desfasados, es decir la velocidad es inferior una de la otra, la mayoría de los motores trifásicos empleados son asíncronos por su rendimiento.

a. Motor jaula de ardilla

También llamado rotor en corto circuito, es el más sencillo y el más utilizado actualmente. El núcleo del rotor está construido de chapas estampadas de acero al silicio en el interior de las cuales se disponen unas barras, generalmente de aluminio moldeado a presión, *Figura 23*. (Pulido, 2013)

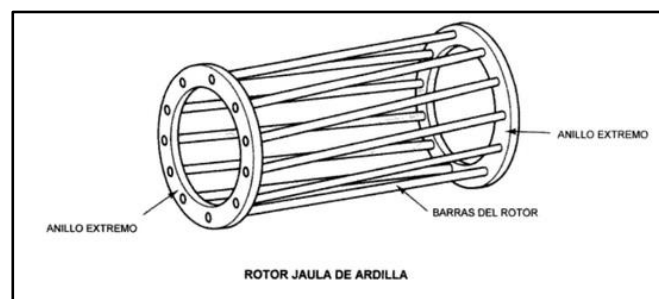


Figura 23. Rotor de jaula de ardilla

Fuente: (Enríquez Harper, El Libro Practico De Los Generadores, Transformadores Y Motores Eléctricos, 2004)

b. Motor de inducción rotor devanado

Si se introduce una resistencia en el circuito del rotor de un motor de inducción, el deslizamiento aumenta para un valor dado del par. El par es proporcional al flujo, a la corriente en el inducido y al coseno del ángulo de desfase entre el flujo y la corriente. (Pulido, 2013)

c. Motor de rotor de anillos rozantes

Es una máquina asíncrona que cuenta con un devanado trifásico ubicado en las ranuras del rotor que se encuentran conectados a tres anillos metálicos que cumplen con la función de conectar externamente al circuito eléctrico integrado en el rotor es decir tiene resistencias externas, *Figura 24*.

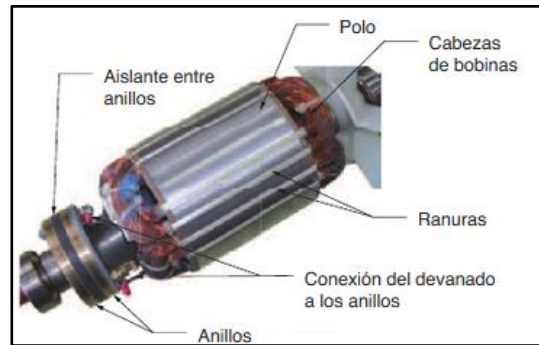


Figura 24. Rotor de anillos rozantes

Fuente: (Martín, Máquinas eléctricas, 2012)

2.3.9 Motores síncronos

Son aquellas máquinas que se encuentran en sincronismo, es decir tienen una misma velocidad de giro entre el rotor y el campo magnético.

a. Motor de reluctancia

Las normas ASA definen el motor de reluctancia como un motor síncrono similar en construcción al motor de inducción, en el cual el miembro que lleva el circuito secundario tiene polos salientes, sin excitación de CC (rotor). (Tercero, 2019)

b. Motor de histéresis

Es un motor de inducción cuyo rotor está constituido por un cilindro de acero con gran ciclo de histéresis y elevada permeabilidad. En el arranque el motor funciona como asíncrono de rotor macizo. Al acercarse a la velocidad síncrona, como resultado de la histéresis, el rotor resulta magnetizado permanentemente y, por debajo de un determinado momento de rotación resistente, el rotor entra en sincronismo, **Figura 25**. (García Trasancos, 2019)

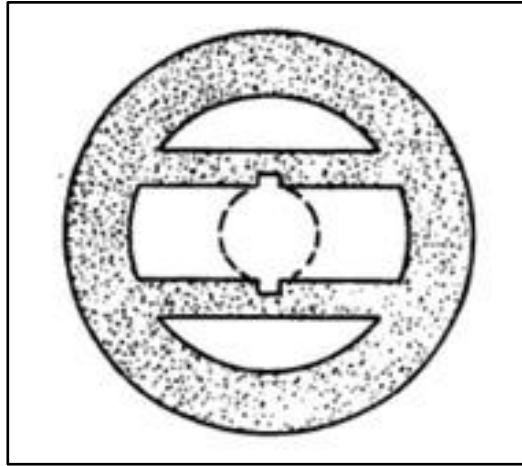


Figura 25. Rotor de motor de hestéresis
Fuente: (Kosow, 1993)

c. Motor subsíncrono

Posee laminaciones de polos salientes, pero cilíndricas, **Figura 26**. Este motor arranca del mismo modo que el motor de histéresis que se describió anteriormente. A la velocidad síncrona, los polos del rotor inducido en el rotor de histéresis permanecen firmes en lugares fijos de la superficie del rotor, al girar este en sincronismo con el campo magnético del estator. (Kosow, 1993)

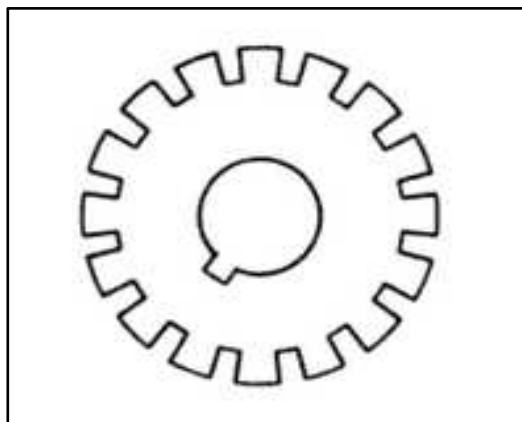


Figura 26. Rotor, motor subsincrono
Fuente: (Kosow, 1993)

2.4 Motores trifásicos

2.4.1 Descripción

Como menciona el autor (Enriquez Harper, 2012) una característica común de todos los motores de C.A. es un campo magnético rotatorio producido por el devanado del estator. Considerando tres bobinas localizadas a 120° , cada bobina está conectada a una fase de una alimentación trifásica, *Figura 27*.

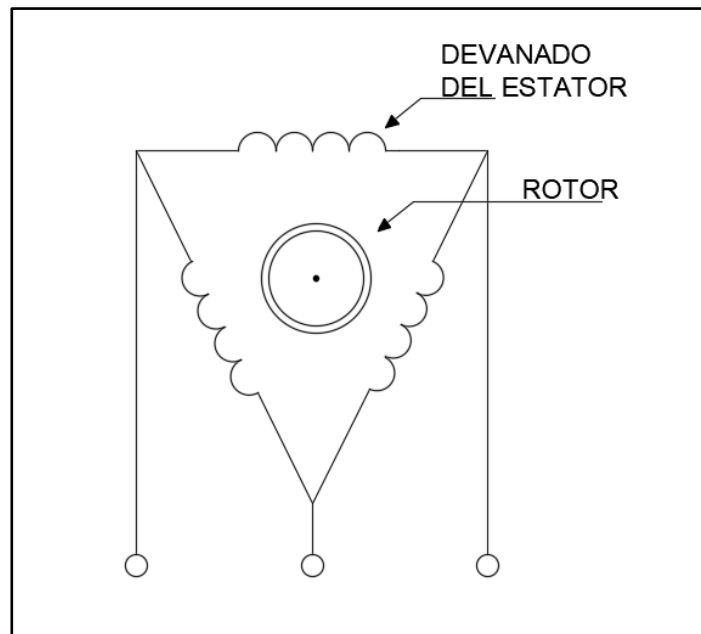


Figura 27. Tres bobinas localizadas a 120°

2.4.2 Conexiones de motores trifásicos

Los motores trifásicos están compuestos de arrollamientos estatóricas en doble capa, es decir, con igual número de bobinas que de ranuras y las bobinas se encuentran conectadas formando tres arrollamientos independientes llamadas fases las cuales se designa generalmente con las letras A, B, C (fase A, fase B, fase C). (Rosenberg, 1985)

a. Conexión en estrella

Los finales de las fases están unidos conjuntamente en un punto común (centro de estrella), el principio de cada fase es conectado a una de las líneas de alimentación de la red, conexión en estrella. **Figura 28**, El de estrella con el que se designa dicha conexión es debido a la forma que adoptan las fases en el esquema y se representa abreviadamente por el símbolo Y. (Rosenberg, 1985)

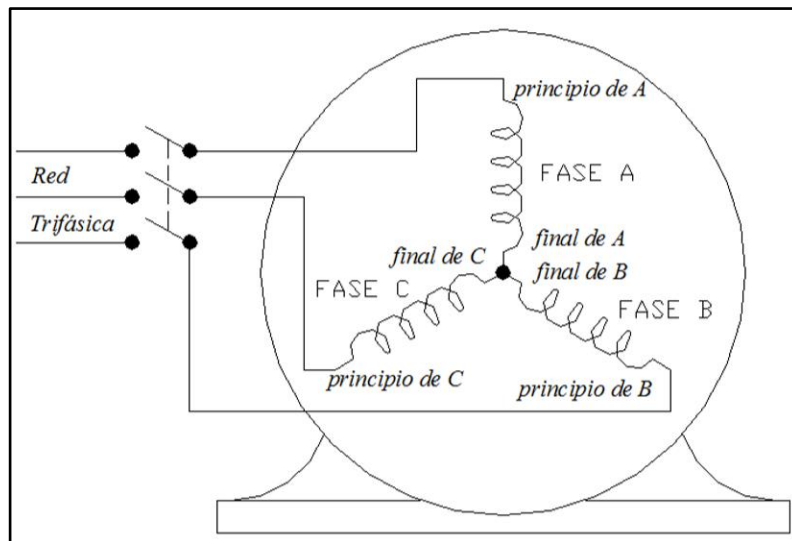


Figura 28. Conexión en estrella
Fuente: (Alvarado, Proaño , & Vera , 2015)

b. Conexión en triángulo

La conexión en triángulo cuando el final de cada fase está unido al principio de la siguiente. En la **Figura 29**, se aprecia que el final de la fase A está unido al principio de la fase B, el final de la fase B al principio de la fase C y el final de la fase C al principio de la fase A. (Rosenberg, 1985)

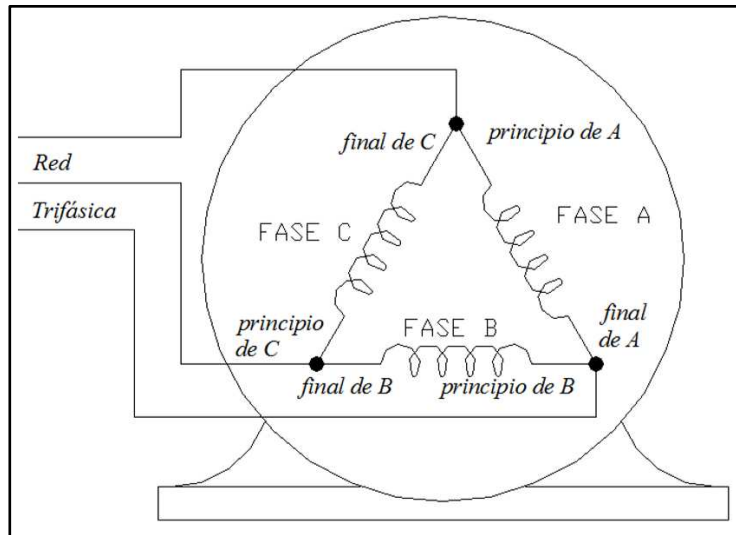


Figura 29. Conexión en triángulo

Fuente: (Alvarado, Proaño , & Vera , 2015)

c. Conexión estrella – triángulo

Algunos motores puesto para dos tensiones de servicio “tienen los terminales previstos de tal modo que el arrollamiento pueda conectarse en estrella” (Tercero, 2019), para una tensión mayor o en triángulo en tensión menor, **Figura 30**.

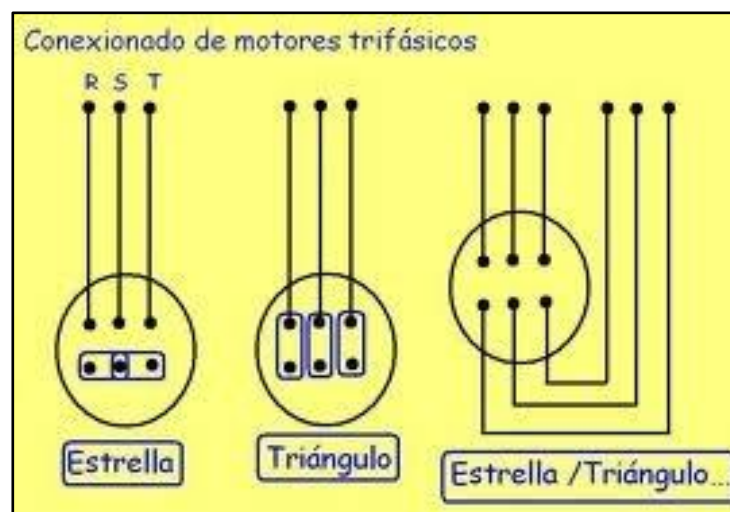


Figura 30. Conexión Estrella - Triángulo

Fuente: (Prada M. , 2014)

d. Conexión delta – estrella

Esta conexión es de la más empleada, se utiliza en los sistemas de potencia con la finalidad de elevar voltajes en generación o transmisión y en los circuitos de distribución para la alimentación de alumbrado y potencia.

e. Conexión en estrella serie

El número de fases y la disposición de las mismas, con un extremo habitual o centro de estrella, detallan rápidamente que nos encontramos en presencia de un devanado trifásico conectado en estrella. Ya que cada etapa está dentro por 4 grupos de bobinas, hablamos de un devanado de 4 polos, en otras palabras es tetrapolar. (Rosenberg, 1985), véase la **Figura 31**.

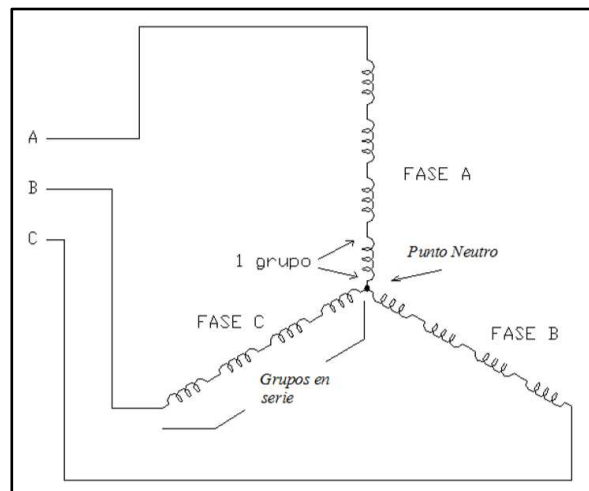


Figura 31. Motor tetrapolar trifásico

Fuente: (Alvarado, Proaño , & Vera , 2015)

2.4.3 Método para identificar las conexiones

Primeramente “Antes de proceder a la extracción del devanado de un motor trifásico es preciso identificar el tipo de conexión del mismo. Esta cuestión es de suma importancia y

requiere un conocimiento previo de los diferentes casos que pueden presentarse” (Rosenberg, 1985).

Para este ítem (Rosenberg, 1985), enuncia:

Para la identificación de la conexión es conveniente observar varias normas preventivas, que pueden resultar de notoria utilidad. En primer lugar, no deben cortarse los terminales ni extraerse bobinas del arrollamiento hasta estar seguro del tipo de conexión del mismo. Luego léanlo y anoten los datos que figuran en la placa de características. En ella estará normalmente indicando si el motor ha sido previsto para girar a una o a dos velocidades de régimen para trabajar a una o a dos tensiones de servicio, e incluso, a veces, si está conectado en estrella o en triángulo. La velocidad de un motor figura siempre en la placa de características.

2.4.4 Sistemas de arranque en motores trifásicos

Si se requiere poner un servicio un motor, a partir del reposo, es preciso actuar sobre él. Actuar o controlar significa adaptar el estado de servicio de un elemento eléctrico a distintas condiciones de servicio. (Senner, 1994)

Elementos fundamentales para el arranque de un motor.

- Pulsadores de Marcha
- Pulsadores de Paro
- Contactor
- Relé térmico
- Luz piloto
- Protecciones eléctricas

a. Arranque directo

Consiste en aplicar toda la tensión de línea a los bornes del motor por medio de un interruptor o contacto en un solo tiempo, la corriente que absorbe el motor con este tipo de arranque suele tomar valores de 5 a 7 veces la I_n (corriente nominal), por lo que no se recomienda emplear este tipo de arranque en motores de potencia superior a 15HP a 220V. (Tercero, 2019)

En la **Figura 32**, se muestra el esquema de mando y fuerza de un arranque directo de un motor trifásico.

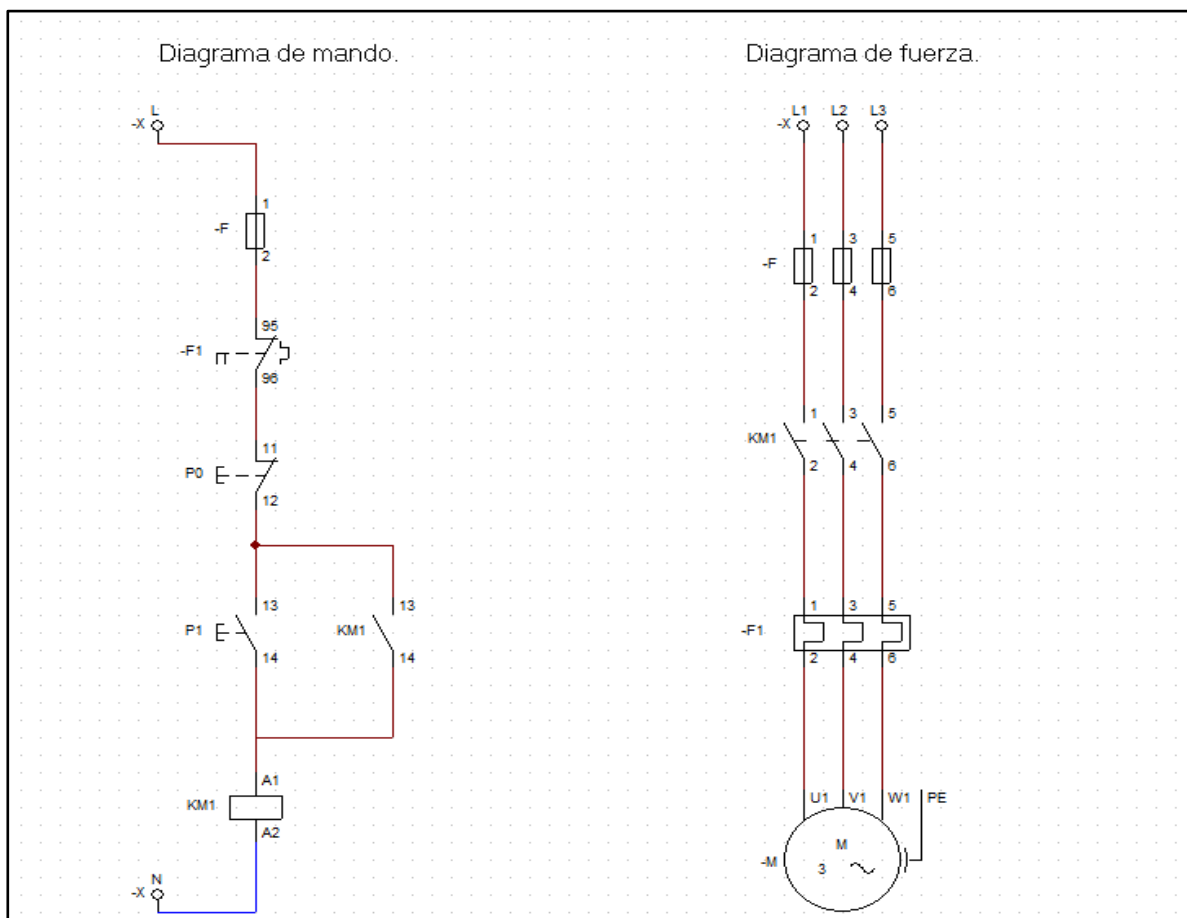


Figura 32. Arranque directo de un motor trifásico

b. Arranque estrella – triángulo

Consiste en arrancar el motor a una tensión inferior a la nominal cambiando la conexión de sus devanados. Sabemos que la relación de tensiones por fase entre un montaje en estrella y un montaje en triángulo es de $\sqrt{3}$, por lo que conectamos el motor en estrella durante los primeros momentos del arranque, hasta que alcance su valor nominal. (Ojeda, Serrano, & Parra, 2004)

En la **Figura 33**, se muestra el esquema de mando y fuerza de un arranque estrella – triángulo.

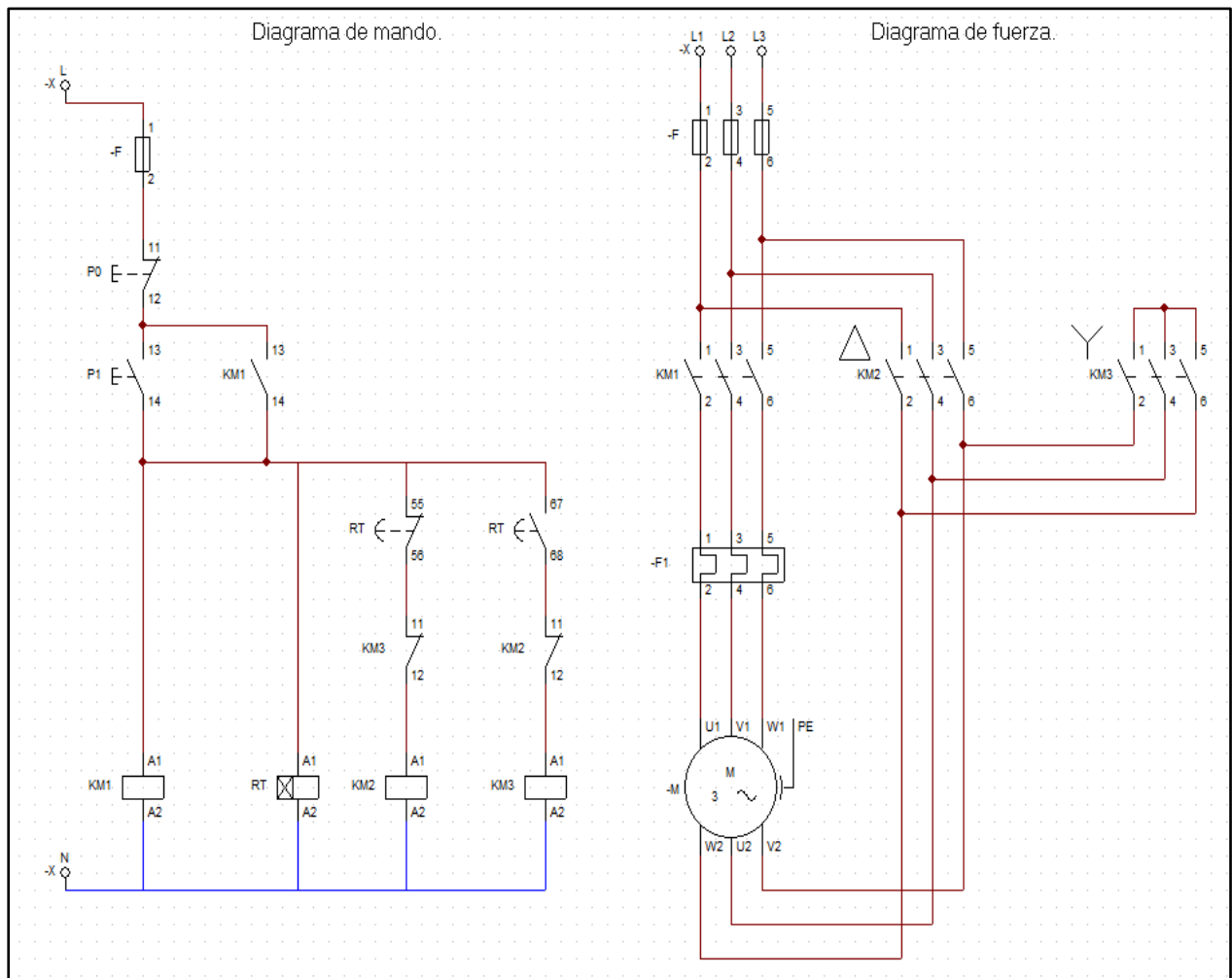


Figura 33. Arranque Estrella – Triángulo

c. Arranque en Kusa

Este tipo de arranque se suele utilizar una sola resistencia en una de las fases, en donde se puede utilizar cualquiera de las fases, el valor de la resistencia tiene que suministrar el propio fabricante ya que tiene la finalidad de reducir la intensidad de arranque, utilizado en motores de pequeña y mediana potencia que necesitan un reducido par de arranque. (Tercero, 2019)

En la **Figura 34**, se muestra el esquema de mando y fuerza de un arranque en Kusa.

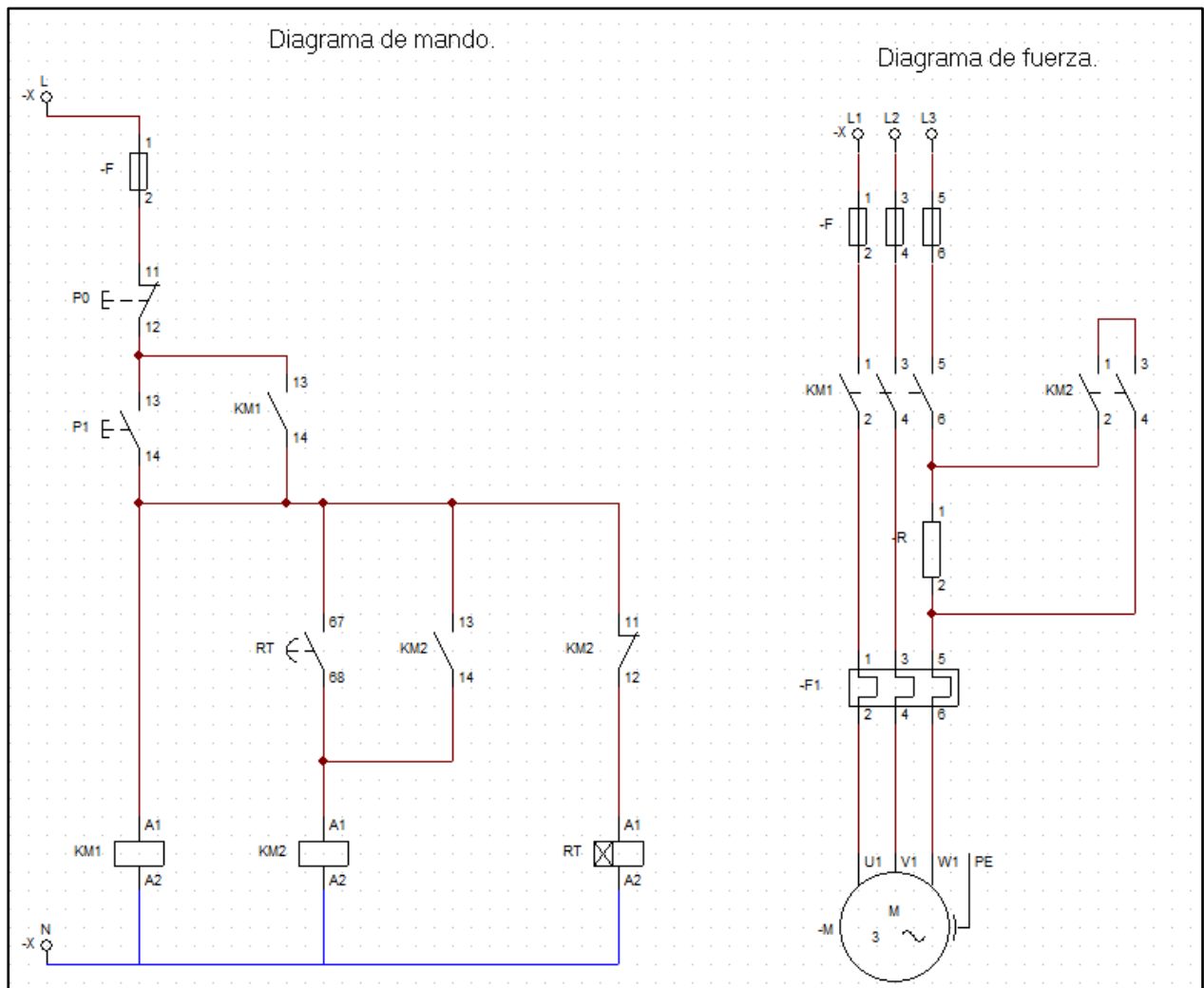


Figura 34. Arranque en Kusa

d. Arranque mediante autotransformador

Se utiliza para disminuir la tensión de alimentación en los primeros momentos del arranque es utilizado un autotransformador con varias tomas, aplicaremos tensión reducida en el arranque y mediante el automatismo iremos aumentando la tensión aplicada al motor hasta su tensión nominal. (Ojeda, Serrano, & Parra, 2004)

En la **Figura 35**, se muestra el esquema de mando y fuerza de un arranque con autotransformador.

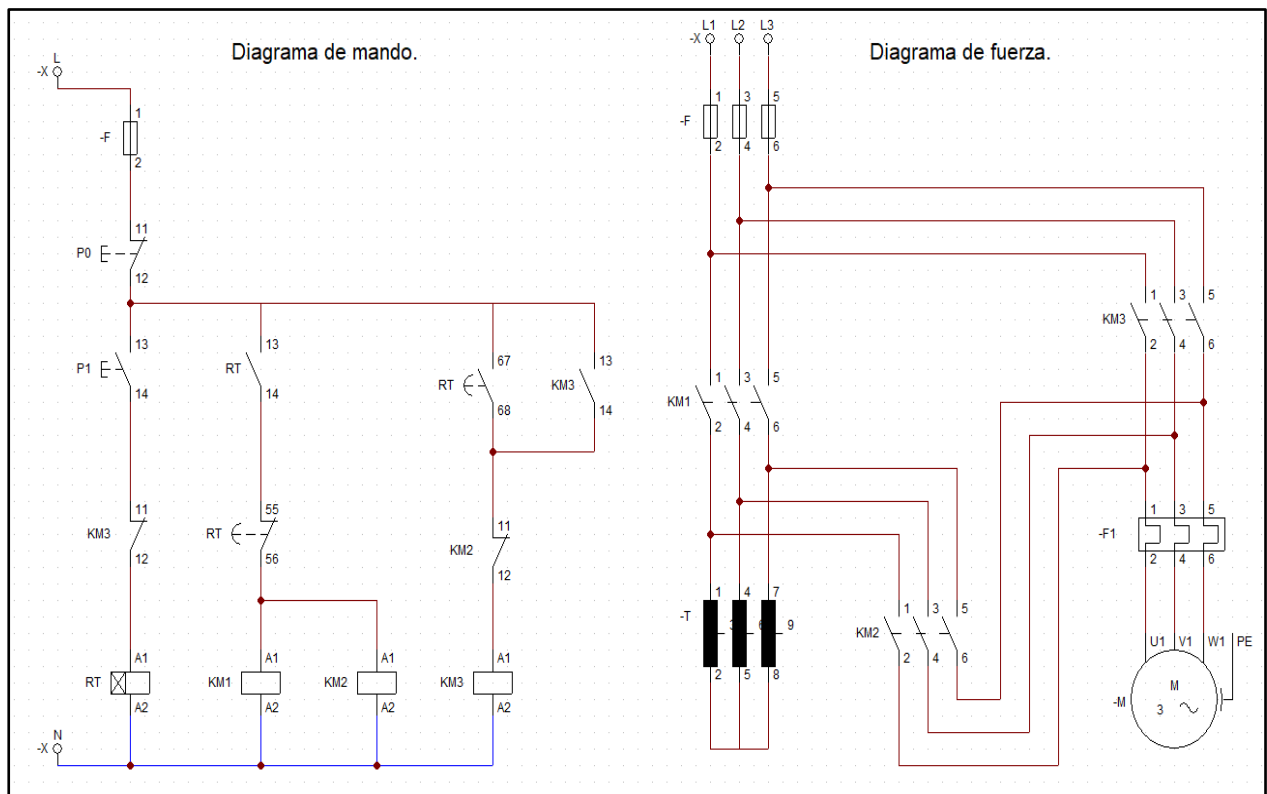


Figura 35. Arranque mediante Autotransformador

e. Arranque por medio de resistencias estáticas.

Este tipo de arranque se utiliza para reducir la intensidad de arranque cuando entran en funcionamiento las resistencias, el motor es alimentado directamente, para este arranque se requiere de un motor con rotor bobinado, intercalando una resistencia con el rotor. (Tercero, 2019)

En la **Figura 36**, se muestra el esquema de control y fuerza de un arranque mediante resistencias estáticas

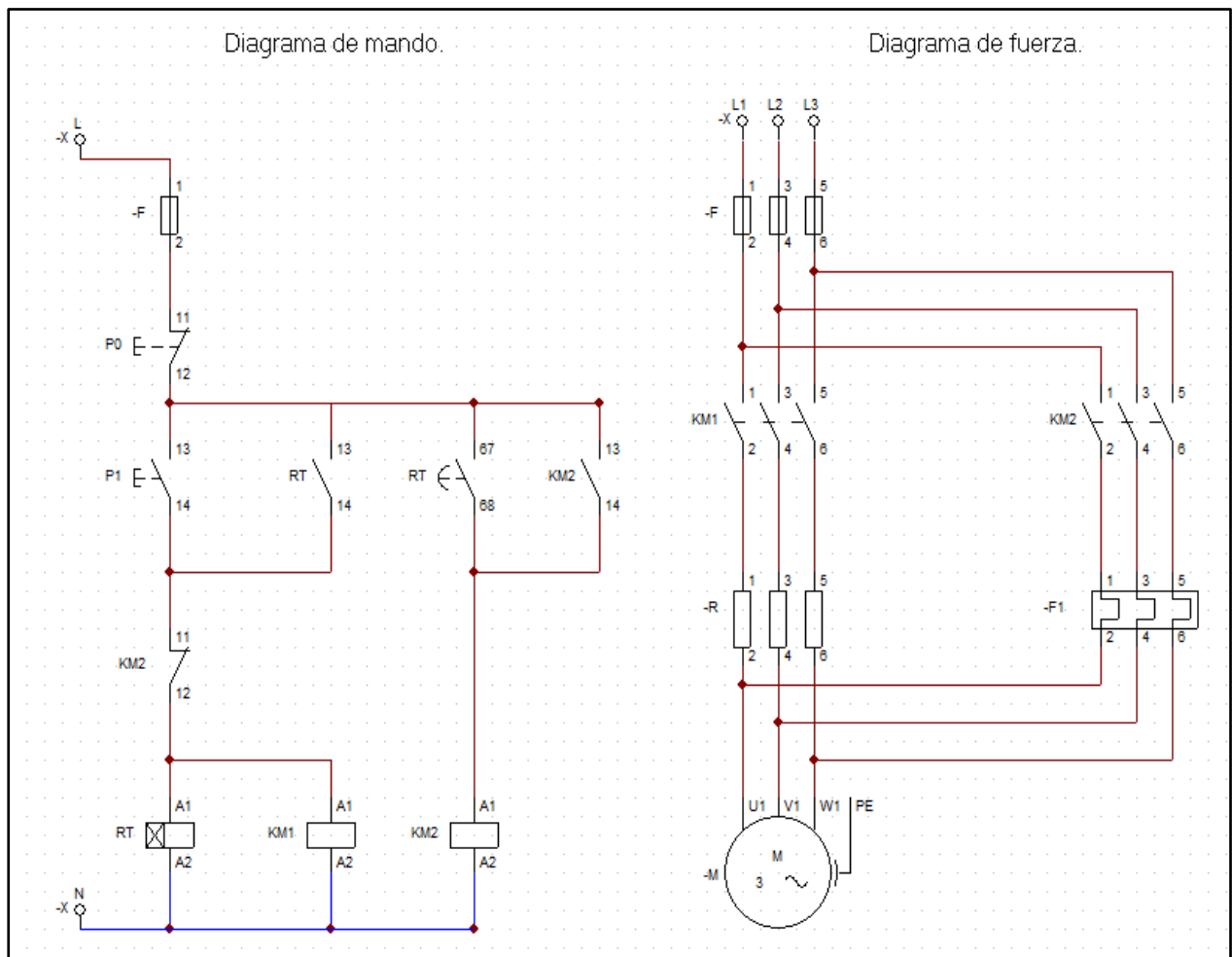


Figura 36. Arranque por medio de resistencias estáticas

2.4.5 Aplicaciones de los motores trifásicos

Para aplicaciones de motores trifásicos (Enriquez Harper, 2012) expresa:

Los motores trifásicos se pueden usar para accionar cargas relativamente grandes, como son los compresores centrífugos, en donde no es necesario tener variaciones de velocidades y se requiere un par de arranque alto.

Una aplicación muy común de los motores trifásicos de inducción se encuentra en las bombas usadas en sistemas hidráulicos con agua o con líquidos de mayor densidad como se muestra en la *Figura 37*.

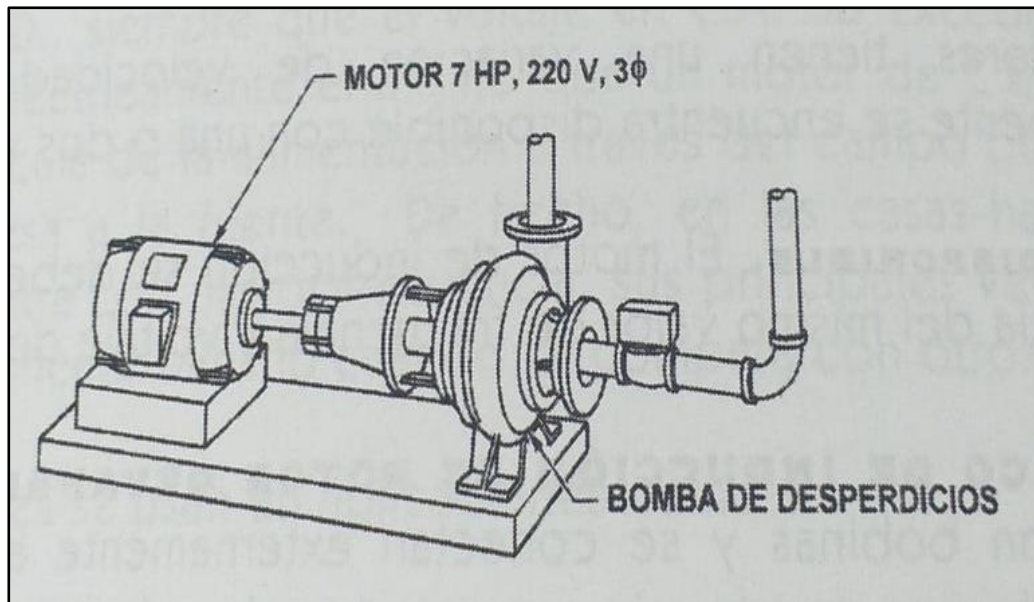


Figura 37. Motor trifásico usado en sistemas hidráulicos
Fuente: (Enriquez Harper, 2012)

En transportadores de material que tienen un ciclo de trabajo pesado y requieren un par de arranque variable, se usa también motores trifásicos de inducción, *Figura 38*.

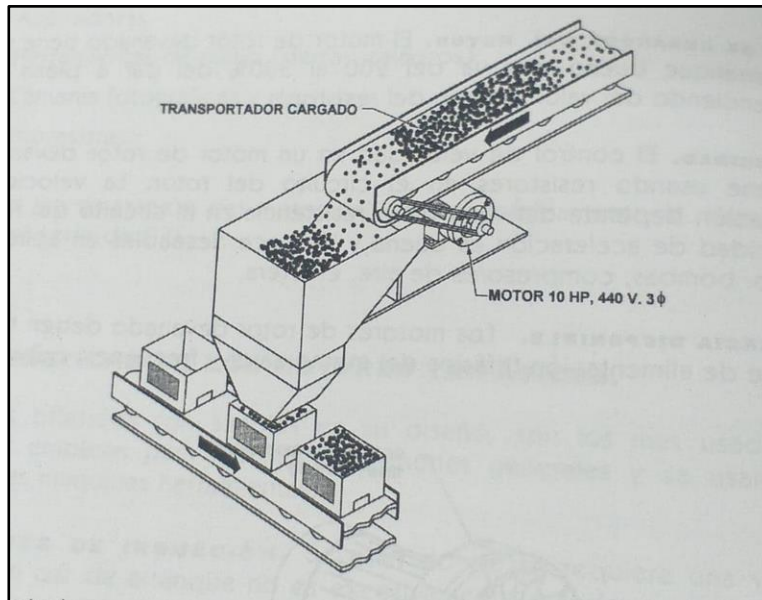


Figura 38. Aplicación en el transporte de material
Fuente: (Enriquez Harper, 2012)

2.5 Componentes eléctricos de accionamiento y protección

2.5.1 Pulsadores de marcha y paro

Se define el dispositivo de la **Figura 39**, como “elementos con varios contactos (NA o NC), según su tipo su función es invertir el estado inicial de los mismo”. (Casals & Bosch, 2005)

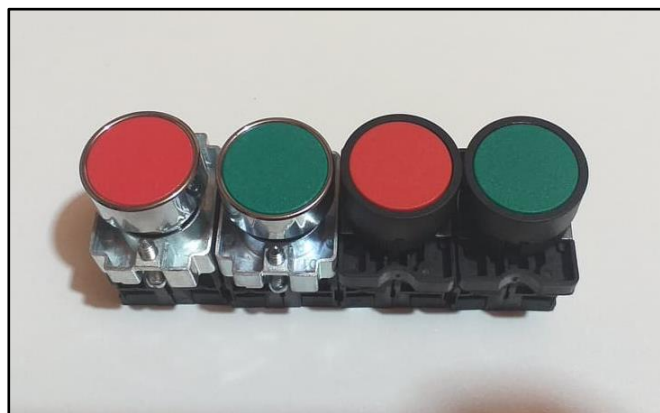


Figura 39. Pulsadores de marcha y paro

2.5.2 Pulsador paro de emergencia

Es un dispositivo que corta el paso de corriente de una instalación eléctrica, contiene un dispositivo interno de enclavamiento de manera que una vez pulsado no se puede habilitar el funcionamiento de la instalación hasta que exista un desenclavamiento, *Figura 40*.



Figura 40. Paro de emergencia

2.5.3 Selector de 2 posiciones

Es aquel dispositivo que contiene contactos, los cuales permite la apertura o cierre de la corriente eléctrica mediante el cambio de posición de la palanca de manera manual, *Figura 41*.

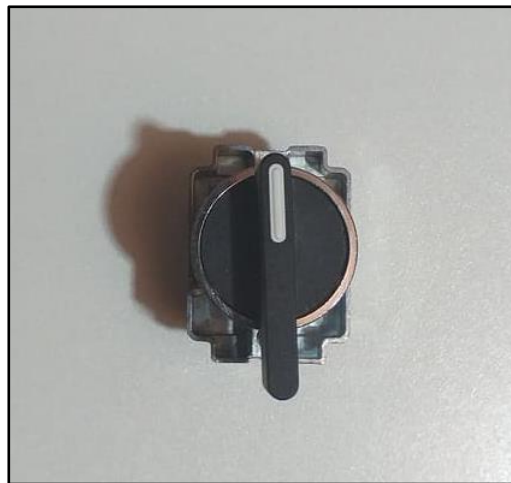


Figura 41. Selector de 2 posiciones

2.5.4 Lámparas de señalización

Como se observa en *Figura 42*, Son dispositivos que “permiten conocer si un determinado elemento o circuito está activado”. (Casals & Bosch, 2005)



Figura 42. Lámparas de señalización

2.5.5 Contactor

Dispositivo muy utilizado en los sistemas de automatismo, *Figura 43*. Se basa en el cierre de contactos por medio de la fuerza magnética de un electroimán, al aplicar corriente a la bobina, el núcleo se magnetiza, se convierte en imán, y atrae a una parte móvil del núcleo (armadura) que puede accionar uno o varios contactos. (Donate, 1999)



Figura 43. Contactor
Fuente: (SIEMENS, 2018)

2.5.6 Fusibles

Es el elemento de protección más antiguo y a la vez el más simple en su concepción, en una instalación eléctrica, el fusible es el elemento más débil o importante y por ello, en caso de una sobre intensidad, este interrumpe el paso de la corriente, por consiguiente, es un elemento destinado a la protección contra cortocircuitos, **Figura 44.** (Cerda, 2017)



Figura 44. Fusible

2.5.7 Interruptor automático magnetotérmico (Breaker)

Es un elemento de protección contra sobre intensidades, tanto sobrecargas como cortocircuitos, su funcionamiento es similar al del disyuntor con la salvedad de que el interruptor automático magnetotérmico no cuenta con ningún sistema de regulación externa, siendo calibrado internamente de fábrica, **Figura 45.** (Cerda, 2017)



Figura 45. Breaker trifásico

2.5.8 Relé térmico

Es un dispositivo de protección del motor eléctrico, por si se produce una sobrecarga, la intensidad excesiva que circula por el circuito, debido a la sobrecarga que produce, genera un calentamiento del dispositivo, actuando principalmente sobre una plancha bimetálica y haciendo que esta se doble, al doblarse acciona una serie de contactos de forma que estos abren el circuito,

Figura 46. (Menéndez Gonzáles, 2006)



Figura 46. Relé térmico

2.6 Instrumentos de medición eléctrica

2.6.1 Indicador de Tensión

Son instrumentos de medida que se utilizan en un circuito para medir el valor de tensión alterna como continua, estos indicadores muestran de forma continua la tensión actual suministrada, se utilizan en la medición de la alimentación de una instalación industrial, *Figura 47.*



Figura 47. Indicador de tensión

2.6.2 Indicador de corriente

Se puede definir como un dispositivo eléctrico utilizado para la detección, así como la medición de la corriente, se basa en la interacciones entre una corriente eléctrica y un imán,

Figura 48.



Figura 48. Indicador de corriente

2.7 Controlador lógico

Para este tema se expone lo que menciona (Álvarez Pulido, 2004):

Un controlador lógico es aquel que realiza funciones lógicas, combinacionales y secuenciales, mediante la programación adecuada introducida a través de las teclas que dispone el equipo en su frontal o con la ayuda de un pc.

Encontramos dos grandes divisiones para la clasificación de los controladores lógicos:

- Los controladores lógicos con funciones lógicas definidas en el equipo.
- Los controladores lógicos con diagramas de contacto.

2.7.1 Constitución de un controlador lógico

Como afirma el autor (Álvarez Pulido, 2004), los controladores lógicos, tratados como elementos principales, sin profundizar en elementos que no vienen al caso, desde el punto de vista del usuario que lo va a utilizar y manejar, están compuestos de:

- Fuente de alimentación.
- Unidad de operación y visualización.
- Entradas y salidas.
- CPU.
- Interfaz para la conexión a PC y módulos de programa.
- Funciones básicas y específicas.

2.7.2 Características generales

Es un equipo electrónico de control con un cableado interno (hardware) independiente del proceso a controlar, que se adapta a dicho proceso mediante un programa específico (software)

que contiene la secuencia de operaciones a realizar, como se muestra en la **Figura 49**. (Balcells & Romeral, 1997).

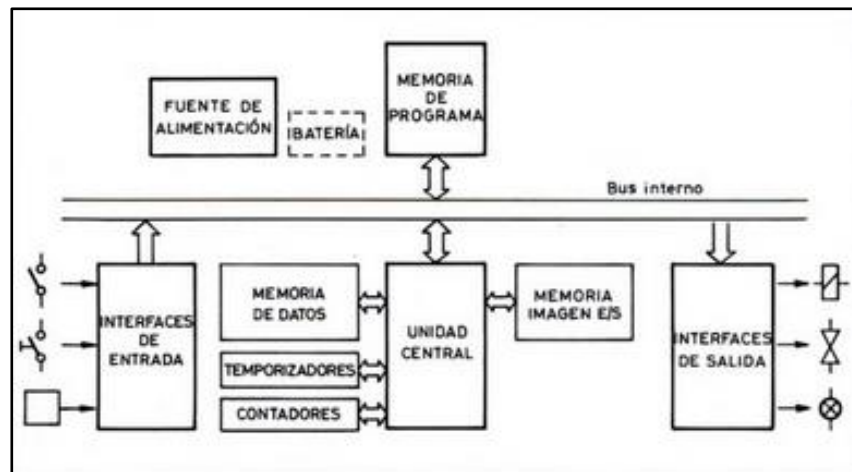


Figura 49. Diagrama de bloques de un controlador programable
Fuente: (Balcells & Romeral, 1997)

2.7.3 Conformación interna

a. CPU (Unidad Central de Procesamiento)

La parte principal es la CPU (Unidad Central de Procesamiento) que “es la encargada de ejecutar el programa de usuario y de ordenar las transferencias de información en el sistema de entradas y salidas”. (Balcells & Romeral, 1997)

b. Reloj

Fuente de temporización y de sincronismo de los elementos del sistema.

c. Sistema de Bus

Encargado de transmitir la información desde y hacia el CPU, a la memoria, así como también a las unidades de entrada y salidas.

d. Memorias

Se define como “el almacén donde el Controlador Lógico Programable guarda todo cuanto necesita para ejecutar la tarea de control” (Balcells & Romeral, 1997).

Tipos de memoria:

- **ROM.-** Almacena la información de forma permanente en el sistema operativo y los datos corregidos.
- **RAM.-** Almacena el programa del usuario.
- **Batería.-** conserva la información de la memoria RAM por un tiempo especificado, al existir un corte de suministro de energía eléctrica.
- **Unidad de entradas y salidas.-** Interfaz entre el sistema operativo y el mundo externo.

2.7.4 Ventajas de los controladores lógicos

- Una automatización relativamente económica.
- Una complejidad relativamente sencilla.
- Permite la grabación, copia e impresión de programas, ya sea desde una PC o desde los módulos de memoria.
- Disponen de salida a un relé con una gran capacidad de corte.
- No requiere mantenimiento.
- Protección del programa de usuario.

2.7.5 Funciones de los controladores lógicos

Como lo indican (Armijos , Aguilera, & Conza , 2011), dentro de las funciones del PLC se puede mencionar:

- Adquirir datos del proceso por medio de entradas digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a reglas programadas.
- Almacenar datos en memoria.
- Generar ciclos de tiempo.
- Realizar cálculos matemáticos.
- Actuar sobre dispositivos externos mediante las salidas digitales y analógicas.
- Comunicarse con otros sistemas externos.

2.7.6 Funciones específicas

Como indica el autor (Álvarez Pulido, 2004), los controladores lógicos disponen de funciones específicas incluidas en el equipo.

Una función es un bloque que realiza una misión específica, como es el caso de las funciones AND, OR, etc. que conectan distintas entradas en serie, paralelo, las temporiza, cuenta, etc.

Los módulos lógicos disponen de los siguientes tipos de funciones:

Las funciones básicas generales.

- AND.
- OR.
- NOT.
- NAN.
- NOR.
- XOR

2.7.7 Las funciones especiales

Son aquellas que realizan tareas definidas y que no son combinacionales, como por ejemplo un contador, un temporizador, texto, etc.

2.8 LOGO SIEMENS

“El LOGO! es el módulo lógico universal de Siemens” (Siemens AG, 2003). Además afirma que:

El LOGO lleva integrado lo siguiente:

- Control
- Unidad de mando y visualización con retroiluminación
- Fuente de alimentación
- Interfaz para módulos de ampliación
- Interfaz para módulo de programación (Card) y cable para PC
- Funciones básicas habituales pre programadas, por ejemplo, para conexión retardada, desconexión retardada, relés de corriente, e interruptor de software.
- Temporizador
- Marcas digitales y analógicas
- Entradas y salidas en función del modelo

En la **Figura 50**, se muestra el aspecto físico de un Logo Siemens.



Figura 50. LOGO! Siemens
Fuente: (SIEMENS, 2018)

2.8.1 Estructura del logo siemens

En la **Figura 51**, se observa la estructura del Logo y sus partes principales.

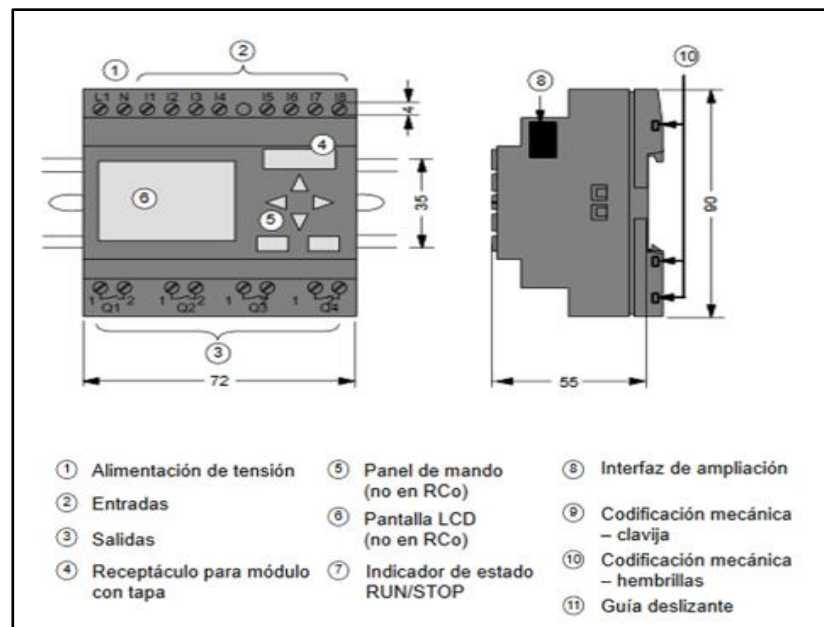


Figura 51. Estructura del Logo!
Fuente: (Siemens AG, 2003)

2.8.2 Alimentación y unidades de entradas / salidas del LOGO SIEMENS

Se puede observar en la **tabla 1**, el tipo de Logo y su correspondiente alimentación.

Tabla 1

Alimentación de los módulos lógicos

LOGO!	Alimentación	Rango permisible	Consumo corriente
LOGO! 12/24RCE LOGO! 12/24RCEo	12/24V DC	10.8V DC a 28.8V DC	30mA a 140mA (12V DC) 15mA a 90mA (24V DC)
LOGO! 24CE LOGO! 24CEo	24V DC	20.4V DC a 28.8V DC	15mA a 50mA (sin carga en la salida digital) 1.2A (con carga máxima en la salida digital)
LOGO! 24RCE LOGO! 24RCEo	24V AC/DC	20.4V AC a 26.4V AC 20.4V DC a 28.8V DC	15mA a 150mA (AC) 15mA a 130mA (DC)
LOGO! 230RCE LOGO! 230RCEo	115/240V AC/DC	85V AC a 265V AC 100V DC a 253V DC	15mA a 40mA (115V AC) 15mA a 25mA (24V AC) 5mA a 10mA (115V DC) 2mA a 8mA (240V DC)

Fuente: (Siemens AG, 2003)

En la **tabla 2**, se puede observar el número de entradas de acuerdo al tipo de Logo.

Tabla 2
Entradas de los módulos lógicos

	Entradas	analógicas	Señal 0	Señal 1
LOGO! 12/24RCE	8	4	menor de 5V DC	mayor de 8.5V DC
LOGO! 12/24RCEo				
LOGO! 24CE	8	4	menor de 5V DC	mayor de 12V DC
LOGO! 24CEo				
LOGO! 24RCE	8	0	menor de 5V AC/DC	mayor de 12V
LOGO! 24RCEo				AC/DC
LOGO! 230RCE	8	0	menor de 40V AC	mayor de 79V AC
LOGO! 230RCEo			menor de 30V DC	mayor de 79V DC

Fuente: (Siemens AG, 2003)

En la **tabla 3**, se puede observar el número de salidas que posee cada Logo y su corriente máxima.

Tabla 3
Salidas de los módulos lógicos

	Salidas	Relé	Transistor	Corriente máxima
LOGO! 12/24RCE	4	X		Máximo de 10A por relé
LOGO! 12/24RCEo	4	X		Máximo de 10A por relé
LOGO! 24CE	4		X	0.3A por canal
LOGO! 24Ceo	4		X	0.3A por canal
LOGO! 24RCE	4	X		Máximo de 10A por relé
LOGO! 24RCEo	4	X		Máximo de 10A por relé
LOGO! 230RCE	4	X		Máximo de 10A por relé
LOGO! 230RCEo	4	X		Máximo de 10A por relé

Fuente: (Siemens AG, 2003)

2.8.3 Diagrama eléctrico del logo

En la *Figura 52*, se puede observar el diagrama eléctrico del Logo.

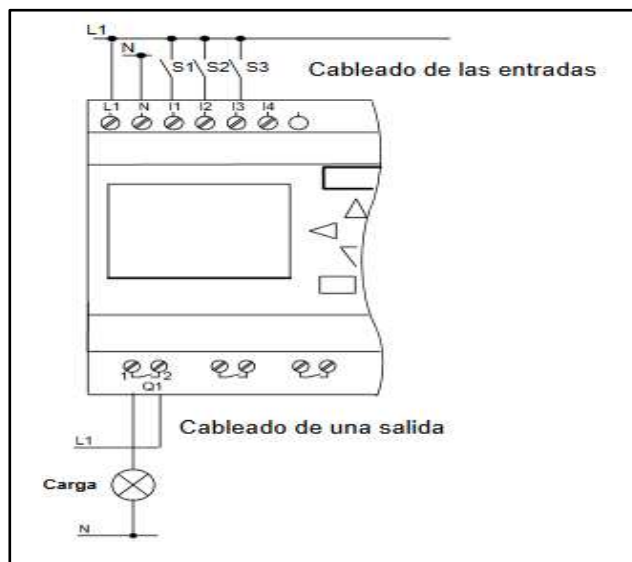


Figura 52. Diagrama eléctrico del Logo
Fuente: (Siemens AG, 2003)

2.8.4 Aplicaciones

El autor (Álvarez Pulido, 2004) enuncia: Los controladores lógicos se utilizan, como elementos básicos y de control, para realizar automatizaciones de una complejidad media en:

- Domótica: para el control del alumbrado, toldos, persianas, mecanismos de seguridad, etc.
- Máquinas y equipos industriales.
- Invernaderos industriales.

2.8.5 LOGO! 230 RCE

2.8.6 Características técnicas de diseño del LOGO! 230 RCE

El autor (Siemens AG, 2003), expone que las características del LOGO! 230 RCE son:

- Interfaz Ethernet en vez de la actual interfaz de programación serie.
- Tarjeta SD estándar o tarjeta de memoria SIMATIC (hasta 8 GB y Clase 4).
- Registro de datos en la memoria interna o la tarjeta SD.
- Conexión a red con hasta 8 equipos.
- Comunicación con controladores Simatic, paneles Simatic y PCs (servidor OPC) basados en el protocolo S7 sobre Ethernet.
- Macros (funciones definidas por el usuario) para el LOGO! Soft Comfort V7.
- 400 bloques de función.
- 16 marcas analógicas.
- 64 terminales abiertos.
- Registros de desplazamiento de 8 bits.
- Nuevas funciones: reloj astronómico, filtro analógico, cálculo del valor medio, valor min. / max., parar reloj.
- Funciones de diagnóstico.
- Compatible con los módulos de ampliación LOGO! ya existentes y con el LOGO! TD (misma funcionalidad que el LOGO! 0BA6).

2.8.7 Software de programación

La herramienta LOGO!Soft Comfort nos permite programar aplicaciones de forma más sencilla que empleado un visualizador ya que se basa en el uso de un entorno PC. (Vázquez, Configuración de instalaciones domóticas y automáticas, 2019)

2.9 Lenguajes de programación

2.9.1 Diagrama de funciones (FUP)

En este lenguaje se programa la aplicación gráficamente conectando en cascada bloques lógicos, del mismo modo que se hace en los esquemas de electrónica digital, en relación a las entradas y salidas, estas se representan por variables asignadas a cada bloque. (Vázquez, Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas, 2013)

2.9.2 Diagrama de contactos (KOP)

Se puede definir que “son caminos gráficos desde el extremo superior izquierdo del diagrama a través de condiciones de ON/OFF de los bits hasta una instrucción en el extremo superior derecho del diagrama”. (Hyde, Regué, & Cuspinera, 1997)

2.9.3 Función personalizada (UDF)

El editor UDF permite crear bloques individuales e independientes que pueden ser utilizados en un programa existente o nuevo, cada bloque es un programa preconfigurado creado por el usuario, del mismo modo que las funciones o los procedimientos en la mayoría de los lenguajes de programación. (Vázquez, Configuración de instalaciones domóticas y automáticas, 2019)

CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS DE CONTROL INDUSTRIAL

En este capítulo se detalla el proceso de construcción del banco de pruebas de control industrial para el arranque de motores trifásicos, partiendo primeramente por la adquisición de materiales metálicos de acero galvanizado para el proceso de corte, soldadura y pintado del mismo.

3.1 Descripción

Para el diseño de la estructura del banco de pruebas de control industrial para el arranque de motores trifásicos y simulación de procesos industriales, como se muestra en el anexo A, se empleó el programa AutoCAD 2017, donde se realizó con las medidas de: Alto: 1.80m, Ancho: 1.50m, véase el Anexo B y C.

3.1.1 Tablero de control

Antes de realizar la construcción del tablero de control, se tomó en cuenta las dimensiones de los dispositivos eléctricos que se colocarán en el mismo, se podrá realizar algunas modificaciones en caso de ser necesario para una mejor estética entre los equipos, así como para una mejor presentación.

Se empleó el software de AutoCAD 2017 para crear el diagrama de la distribución de los equipos eléctricos en el tablero como se observa en el Anexo D y en el Anexo E, se puede observar la conexión eléctrica interna de los dispositivos eléctricos.

3.2 Proceso de construcción del banco de pruebas

Para la construcción de la estructura se emplearon tubos cuadrados de una pulgada y media en lo que se refiere a la mesa de trabajo como soporte, los tubos cuadrados de una pulgada para la construcción del tablero donde van ubicados los equipos y dispositivos eléctricos, tal como se indica en la *Figura 53*.



Figura 53. Tubos cuadrados

Se procedió al corte de los tubos cuadrados de acuerdo a las medidas determinadas que corresponde la mesa de trabajo y el tablero como se observa en la *Figura 54*.



Figura 54. Corte de los tubos cuadrados.

3.2.1 Proceso de perforación y corte para la distribución de los equipos eléctricos

Se realizó el proceso de corte la plancha metálica de acuerdo a las medidas establecidas, una de Alto: 0.90m, Ancho: 0.15m, otra plancha metálica de Alto: 0.90m, Ancho: 1.10m, para realizar las perforaciones y cortes necesarios donde van ubicados los dispositivos eléctricos como se puede observar en la *Figura 55*.



Figura 55. Corte de las planchas metálicas

Una vez recortado los pedazos de planchas metálicas se empezó a trabajar sobre la plancha de Alto: 0.90m, Ancho: 1.10m, *Figura 56*.



Figura 56. Plancha metálica recortada

Seguidamente se procedió a realización del trazado de líneas verticales, horizontales con la ayuda de una regla metálica y un marcador sobre la plancha metálica de alto: 0.90m, ancho: 1.10m para la determinación exacta de la ubicación y montaje de cada uno de los elementos eléctricos como se muestra en la *Figura 57*.



Figura 57. Trazado de líneas

En la *Figura 58* se puede observar las líneas trazadas con el marcador para posteriormente realizar el proceso de perforación y corte de las partes señaladas donde van ubicados los elementos y dispositivos eléctricos.



Figura 58. Líneas trazadas sobre la plancha metálica

A continuación se utilizó una guía construida de una punta de metal para realizar un punto de referencia en las diferentes intersecciones de las líneas trazadas y mediante el empleo de un taladro con brocas de 6 mm, 8 mm de diámetro, así como de diferentes medidas se ejecutó el proceso de perforación sobre la plancha metálica donde serán ubicados los dispositivos eléctricos, como se muestra en las *Figuras 59, 60, 61* respectivamente.



Figura 59. Puntos de referencia



Figura 60. Taladro y brocas



Figura 61. Proceso de perforación

En la **Figura 62**, se puede observar la vista frontal de las perforaciones realizadas sobre la plancha metálica.

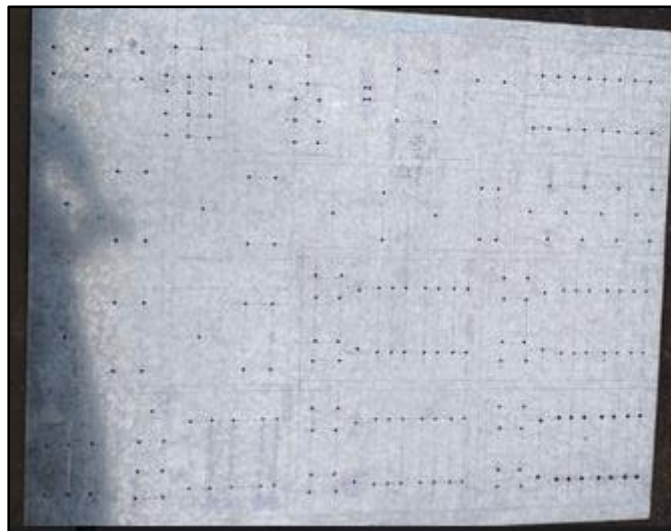


Figura 62. Perforaciones sobre la plancha metálica

Una vez que se realizaron las perforaciones necesarias en la plancha, se continuó con el siguiente paso donde se utilizó una amoladora con un disco de corte para el proceso de corte de la misma, como se observa en la **Figura 63** y **64**.



Figura 63. Amoladora y disco de corte



Figura 64. Proceso de corte

En la **Figura 65**, se puede observar los cortes y perforaciones realizados sobre la plancha metálica donde van hacer ubicados los terminales jacks, contactores, relé térmico, Logo y dispositivos de protección eléctrica.

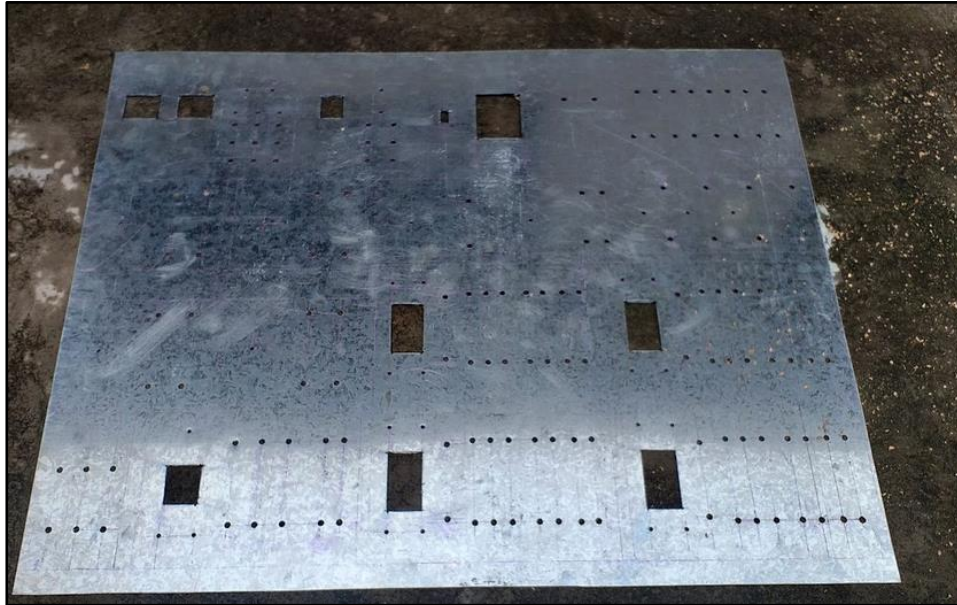


Figura 65. Vista frontal de las perforaciones y cortes

Se realizaron las perforaciones correspondientes con una broca tipo corona de 22 mm de diámetro para la ubicación de las prensaestopas, otra de 20 mm para los pulsadores y luces piloto, como se observa en la **Figura 66**.



Figura 66. Perforación para los prensaestopas, pulsadores y luces piloto

Proyección vista frontal de los cortes y perforaciones realizadas sobre la plancha metálica que corresponde al tablero donde van ubicados los elementos y dispositivos eléctricos, *Figura 67*.

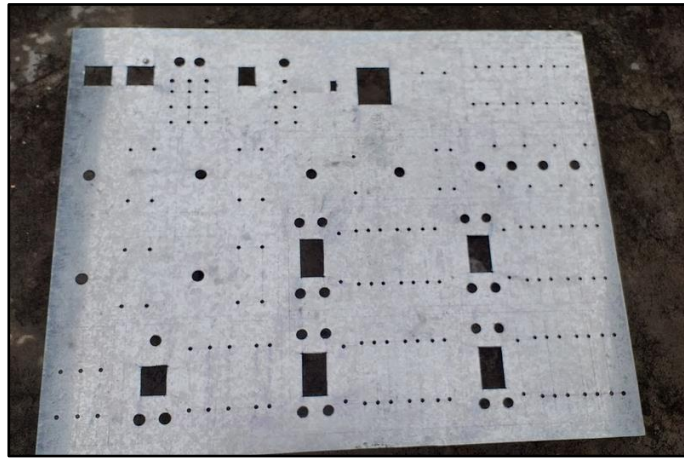


Figura 67. Proceso de perforación y corte finalizado

Luego se procedió al limado en los cortes realizados, con el fin de evitar daños físicos en los dispositivos, dejando los filos cortados lisos sin ningún rastro de limadura, además se verificó que los equipos eléctricos encajen correctamente, como se indican en las *Figuras 68 y 69* correspondientemente.



Figura 68. Proceso de limado



Figura 69. Verificación de los cortes realizados

Con la ayuda de una regla plástica se realizó el trazado de líneas guías para el proceso de soldadura de 16 pernos de cabeza plana para la ubicación del riel din como parte de la sujeción de los equipos eléctricos, **Figura 70.**



Figura 70. Trazado de líneas guías

Se prosiguió con la construcción de la mesa de trabajo, empezando por el corte y soldadura de los tubos cuadrados con sus medidas establecidas que servirá como soporte al tablero del banco de pruebas de control industrial, como se observan las *Figuras 71 y 72*.



Figura 71. Corte de tubos cuadrados



Figura 72. Tubos cuadrados soldados

Seguidamente se efectuó el proceso de soldadura de los tubos cuadrados con un ángulo de 90° como soportes de la mesa, adicionalmente se colocaron 2 tubos cuadrados en la parte central de la estructura como se observa en las *Figuras 73,74, 75 y 76* respectivamente.



Figura 73. Ubicación de tubos cuadrados



Figura 74. Tubos cuadrados soldados a 90°



Figura 75. Centrado de tubos cuadrados



Figura 76. Estructura completamente soldada

Se cubrió la parte superior de la estructura de la mesa con una plancha metálica, realizando un doblado en cada uno de sus extremos fijándolos mediante el empleo de puntos de suelda,

después se ejecutó la soldadura por completo con los tubos cuadrados para una mayor fijación,

Figura 77.



Figura 77. Recubrimiento de la estructura metálica

Al finalizar la mesa de trabajo, se procedió con la construcción de la estructura del tablero mediante los procesos de corte y de soldadura de los tubos cuadrados de una pulgada como se observan en las **Figuras 78 y 79.**



Figura 78. Proceso de corte y soldadura de tubos cuadrados



Figura 79. Estructura del tablero

Después se unieron las planchas metálicas sobre la estructura, doblando los extremos aproximadamente 2.5 cm donde se empleó puntos de suelda para sujeción y estabilidad de los componentes eléctricos que serán colocados, **Figuras 80, 81 y 82.**



Figura 80. Ubicación de la plancha metálica

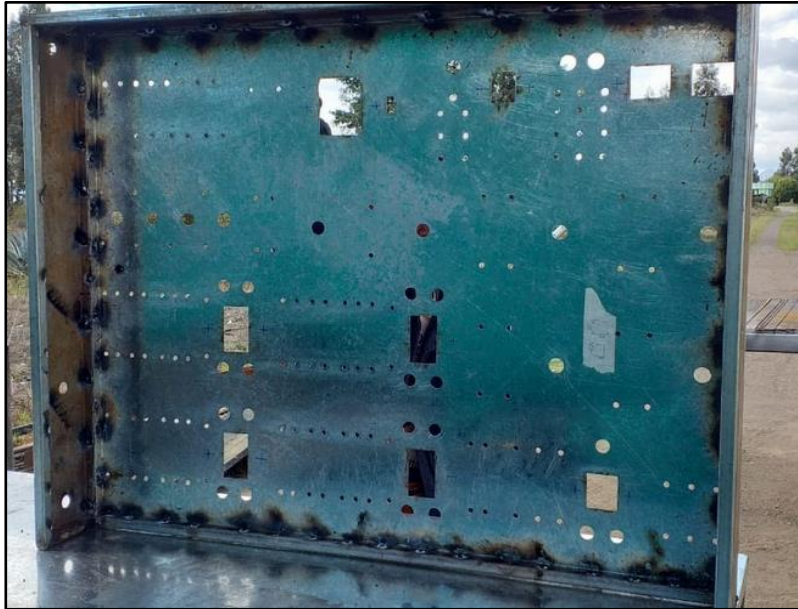


Figura 81. Planchas metálicas soldadas

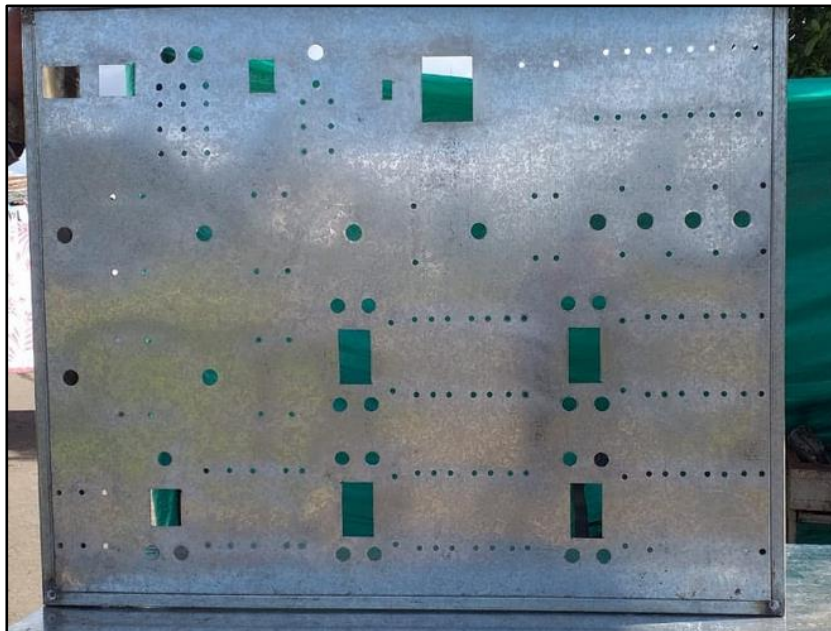


Figura 82. Estructura del tablero finalizado

Al finalizar el proceso de construcción de la mesa de trabajo y el tablero, estas estructuras fueron unidas mediante pernos con el fin de tener una fácil manipulación de las mismas, ya que

se puede ensamblar o desensamblar este banco de pruebas, seguidamente se efectuó el lijado de toda la estructura metálica, *Figura 83*.



Figura 83. Unión de las estructuras

Finalizado el proceso de lijado y corregido los errores, se realizó el pintado de toda la estructura para un mejor terminado, *Figura 84*.



Figura 84. Pintado de la estructura

3.2.2 Proyección final de la estructura del banco de pruebas

En la **Figura 85**, se puede observar la proyección de la estructura del banco de pruebas terminado donde serán ubicados los elementos y dispositivos eléctricos, así el motor eléctrico.



Figura 85. Estructura terminada

Se verificó la distribución de los elementos y equipos eléctricos en el tablero que fueron previamente realizados en un plano eléctrico, *Figura 86*.

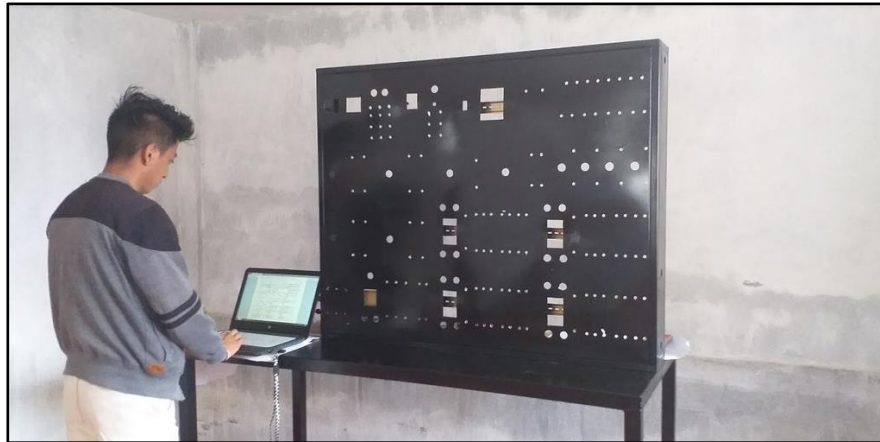


Figura 86. Verificación de la distribución de los equipos eléctricos

3.3 Impresión y ubicación de láminas de conexión

Las láminas de distribución de los equipos eléctricos fueron impresas en vinil adhesivo como se observa en la *Figura 87*, se imprimió con la ayuda del software AutoCAD 2017. Las medidas fueron simétricas con respecto al tablero de control.



Figura 87. Impresión y ubicación de la lámina

Posteriormente se procedió a la ubicación de las láminas adhesivas en la parte frontal del tablero, luego se cubrió con un vinil adhesivo transparente con la finalidad de proteger las simbologías y nomenclaturas de todas las láminas que son de gran importancia, evitando que se borren a futuro. Con la ayuda de un estilete se recortó el vinil donde se encontraban los cortes y perforaciones realizados para que se pueda efectuar el montaje de los equipos eléctricos **Figuras 88, 89, 90 y 91** respectivamente.



Figura 88. Ubicación de las láminas



Figura 89. Ubicación del vinil adhesivo transparente



Figura 90. Corte de las láminas



Figura 91. Láminas ubicadas en el tablero

3.4 Proceso de montaje de los dispositivos eléctricos

El proceso de montaje de los dispositivos eléctricos se realizó mediante la utilización de fragmentos de riel din, los cuales fueron colocados sobre los pernos que se encuentran en la parte trasera del tablero sujetándolos por medio de tuercas, esto permitió la manipulación del equipo eléctrico para una posición adecuada. El relé térmico es un dispositivo que no posee agarraderas para sujetarse sobre el riel din, motivo por el cual se usó un pedazo de madera tipo mdf con medidas establecidas en reemplazo como se puede observar en las *Figuras 92, 93 y 94*.



Figura 92. Ubicación de riel din



Figura 93. Riel din ubicadas en los pernos soldados



Figura 94. Ubicación de todas las riel din

Se realizó el montaje de las canaletas ranuradas de PVC en la parte trasera del tablero mediante el empleo de una cinta doble faz para su fijación, como se observan en las **Figura 95** y **96**, en estas se colocarán los cables eléctricos para la conexión de los elementos y dispositivos eléctricos.



Figura 95. Montaje de canaletas ranuradas

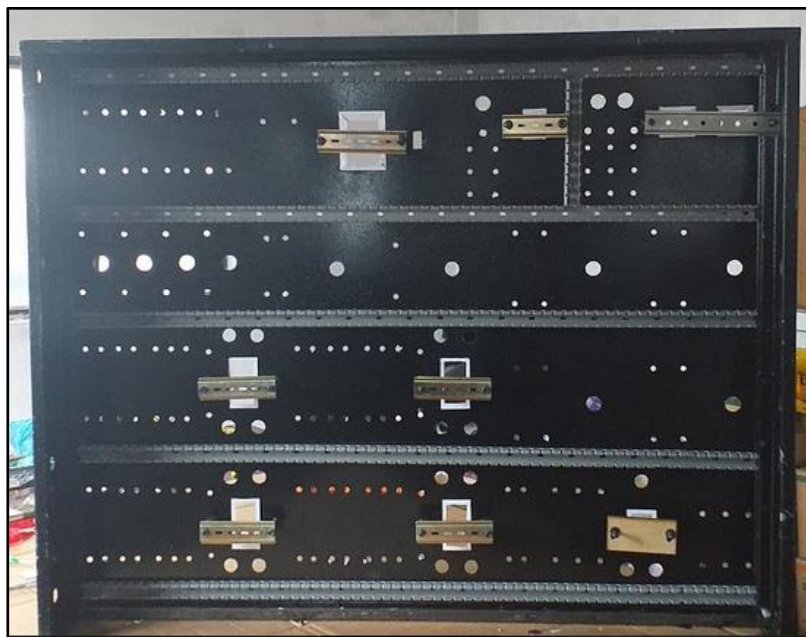


Figura 96. Proyección final del montaje de canaletas ranuradas

3.5 Proceso de instalación y conexión de los equipos eléctricos

El proyecto dispone un sistema trifásico más un neutro, donde primero se conectan a los portafusibles y de su salida directamente con el breaker trifásico para la alimentación principal del banco de pruebas, de este se deriva un circuito secundario que se conectó a un breaker de 1 polo más un neutro destinado al control de los equipos eléctricos, además cuenta con una extensión de cable eléctrico de 4 m entre el tablero y un servicio de red principal.

La conexión e instalación de los equipos y dispositivos eléctricos fueron tendidas sobre canaletas ranuradas de PVC (Material termoplástico obtenido del cloruro de vinilo).

Para la selección de las canaletas se tomó en cuenta el número de conductores y el calibre de los mismos de acuerdo a la tabla del Anexo I, la cual indica que la más adecuada es de la siguiente medida: Ancho: 25mm, Alto: 25mm, que cumple con la capacidad recomendada de cables eléctricos sobre cada canaleta.

3.6 Dimensionamiento y selección de protecciones eléctricas para el motor trifásico

Para la correcta selección de protecciones eléctricas y componentes de mando se realizó un cálculo adecuado partiendo desde el motor trifásico, siendo este la carga que se utilizará en el banco de pruebas.

3.6.1 Datos del motor eléctrico

Los datos del motor eléctrico lo podemos encontrar en la placa que viene dado por el fabricante, de acuerdo a ello realizamos los cálculos necesarios para una adecuada protección que garanticen fiabilidad y seguridad tanto de los equipos como del estudiante, además en el Anexo F, se puede encontrar datos generales de diferentes motores eléctricos.

Los datos se pueden verificar en la placa de datos que se encuentra en el equipo de las cuales tenemos los siguientes parámetros.

DATOS

$$\mathbf{V} = 220/440 \text{ V}$$

$$\mathbf{P} = 0.75 \text{ HP}$$

$$\mathbf{Fp} = 0.69$$

$$\mathbf{RPM} = 1075 \text{ rpm}$$

$$\mathbf{F} = 60 \text{ Hz}$$

$$\mathbf{T} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\mathbf{\text{Factor de servicio (FS)} = 1.15}$$

3.6.2 Cálculo de dimensionamiento

Intensidad del circuito

Una vez obtenido los datos del motor eléctrico se procede a realizar los cálculos necesarios utilizando la siguiente *Ecuación 16*.

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times F_p}$$

Ecuación 16. Intensidad del circuito
Fuente: (Enríquez, 2004)

Donde:

I_c = Intensidad del circuito

P = Potencia del motor

V = Voltaje suministrado

F_p = Factor de potencia

Reemplazando la fórmula de la intensidad tenemos:

$$I_c = \frac{(0.75HP)(746W)}{\sqrt{3} \times 220V \times 0.69}$$

$$I_c = 2.12 A$$

El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) indica que “los conductores eléctricos que alimentan a un solo motor deben estar dimensionados para una intensidad menor” (Tercero, 2019), de 125% de la intensidad del motor, por lo tanto, la corriente obtenida se debe multiplicar por 1.25, tenemos la siguiente fórmula.

$$I = 2.12 \times 1.25$$

$$I = 2.65 \text{ A}$$

La intensidad de la línea es de 2.65 A, que se va a emplear en los conductores de cobre y de acuerdo a la intensidad calculada podemos seleccionar los conductores de fase que trabajan únicamente con el circuito de fuerza, tomando en cuenta el tipo de aislamiento y el número de conductores cargados.

En el Anexo G, muestra las características de los conductores eléctricos tomando en cuenta su amperaje soportado, tipo de aislamiento y nivel de temperatura.

El conductor seleccionado es de tipo TW de calibre número 12 AWG que admite hasta 20 A, además es superior a la intensidad calculada.

Cálculo de caída de tensión

Para el cálculo de caída de tensión utilizamos la *Ecuación 17*.

$$E = \frac{P}{V} \times p \times \frac{L}{S}$$

Ecuación 17. Caída de tensión

Fuente: (Enríquez, 2004)

Donde:

p = Conductividad del cobre a 70° es $p = 1/48 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$.

L = Longitud del circuito (4 m).

S = El 5% de la tensión nominal de 220V es igual a 11V.

Remplazando tenemos:

$$E = \frac{559.5 \text{ W}}{220\text{V}} \times \frac{1}{48} \times \frac{4}{11}$$

$$E = 0.022 \text{ V}$$

Entonces 0.022 V es menor que 11 V, el valor obtenido viene siendo la sección de acuerdo al 5% por lo tanto el cable para el circuito de fuerza cumple con de la caída de tensión, por consiguiente, se selecciona una sección normalizada superior a la calculada, tomando en cuenta que se incrementa la corriente nominal del motor en un 25%.

De acuerdo a la tabla de intensidades admisible del conductor del Anexo G, se utilizó el calibre número 12 AWG.

Para los circuitos de control, el calibre que se utilizó es superior al calibre numero 12 AWG. Lo cual se efectuó el cálculo de la siguiente manera, tomando en cuenta los datos de potencia y el voltaje del motor eléctrico.

DATOS

$$P = 1.5 \text{ HP}$$

$$V = 220\text{V}$$

Aplicamos la siguiente *Ecuación 18*.

$$P = I \times V$$

Ecuación 18. Potencia
Fuente: (Enríquez, 2004)

Despejando la intensidad, obtenemos la *Ecuación 19*.

$$I = \frac{P}{V}$$

Ecuación 19. Intensidad.

Remplazando tenemos:

$$I = \frac{(0.75\text{HP})(746\text{W})}{110\text{V}}$$

$$I = 5.08 \text{ A}$$

De acuerdo a la intensidad que es de 5.08 A, se selecciona inmediatamente un valor mayor a la corriente calculada, se escogió un conductor de calibre número 16 AWG donde su corriente admisible es de 8 A, como se muestra en el Anexo H, por tanto cuya intensidad es superior de 5.08 A, entonces se va a emplear cables de cobre tipo TFF únicamente para los circuitos de control.

3.6.3 Cálculo, selección de protecciones eléctricas y componentes de control

Las protecciones eléctricas son utilizadas en una instalación eléctrica que tienen como finalidad detectar condiciones anormales del funcionamiento de un sistema eléctrico, además son las encargadas de proteger a las personas y equipos, los cuales deben garantizar la confiabilidad, rapidez, exactitud y sensibilidad, para ello se debe calcular para un cortocircuito o sobrecarga.

Los valores de las protecciones eléctricas se pueden hallar mediante tablas como se muestra en el Anexo K, pero también es importante determinarlos de manera analítica de acuerdo a la selección de conductor de fase, para esto se utilizan diversos procedimientos.

a. Protección contra corto circuito

Cálculo de corriente de protección

Utilizamos la *Ecuación 20*:

$$I_p = C \times I_n$$

Ecuación 20. Corriente de protección
Fuente: (Enríquez, 2004)

Donde:

I_p = Es la corriente de protección.

C = Es la constante de protección tomando un rango de 2 a 3.

I_n = Es la corriente nominal.

Reemplazando tenemos:

$$I_p = 2.2 \times 2.65 \text{ A}$$

$$I_p = 5.83 \text{ A}$$

Al obtener el valor de la corriente de protección que es de 5.83A, se va a utilizar un breaker trifásico de 3 polos de 10 (A) y un monofásico de 10A para el banco de pruebas.

Corriente de protección con fusibles contra sobrecarga

Para realizar el siguiente cálculo se emplea la corriente a plena carga o corriente nominal, para ello aplicamos la siguiente *Ecuación 21*.

$$I_f = K \times I_n$$

Ecuación 21. Corriente de protección con fusibles
Fuente: (Enríquez, 2004)

Donde:

If = Corriente de protección con fusibles.

K = Constante de protección con un rango de 1.8 a 2.1.

In = Corriente nominal.

Remplazando tenemos:

$$\mathbf{I_f = 2 \times 2.65 \text{ A}}$$

$$\mathbf{I_f = 5.3 \text{ A}}$$

La corriente de protección con fusibles calculada es de 5.3 A. Siendo así se van a utilizar fusibles de 6 (A) en el banco de pruebas.

En el anexo J, se observa la protección seleccionada utilizando fusibles o protección térmica de acuerdo a la corriente que consume un motor eléctrico en tensiones de 115 y 220V.

Protección contra sobrecarga

Para el cálculo de la protección contra sobrecarga se toma en cuenta el parámetro de factor de servicio que tiene el motor eléctrico.

Si el valor del factor de servicio es menor de 1.15 la intensidad nominal debe multiplicarse por 1.15%, en caso de que sea superior a 1.15 se debe multiplicar por el 1.25%.

DATOS

$$FS = 1.15$$

$$I = 2.65 \text{ A}$$

Empleamos la siguiente *Ecuación 22*.

$$P. \text{ sobrecarga} = I \times FS$$

Ecuación 22. Protección contra sobrecarga

Fuente: (Enríquez, 2004)

Donde:

P. sobrecarga. = Protección de sobrecarga.

I = Corriente nominal.

FS = Factor de servicio.

Reemplazando tenemos:

$$P. \text{ sobrecarga} = 2.65 \text{ A} \times 1.15$$

$$P. \text{ sobrecarga} = 3.04 \text{ A}$$

La protección contra sobrecarga es de 3.04 A, por lo tanto, se va a utilizar un relé térmico de 2 a 4 Amperios en el banco de pruebas.

En la *Figura 97*, se puede observar las clases del relé térmico, su el tiempo de disparo de acuerdo a la intensidad del motor y se seleccionan de acuerdo a las características de arranque de cada motor y su respectiva aplicación.

Clase	Tiempo de disparo (en frío)			
	1,05 I	1,2 I	1,5 I	7,2 I
10 A			< 2 min	≤ 10 s
10	> 2 horas	< 2 horas	< 4 min	≤ 10 s
20			< 8 min	≤ 20 s
30			< 12 min	≤ 30 s

Figura 97. Clases del relé térmico

Fuente: (Cerdá , 2017)

De acuerdo a la norma IEC 947-4-1-1, (Comisión Electrotécnica Internacional) define tres tipos de disparo para los relés térmicos respecto a la duración de arranque del motor, se clasifican de acuerdo a los segundos que demora el arranque.

3.6.4 Inventario de equipos y componentes eléctricos utilizados en el banco de pruebas

En la **Tabla 4**, se muestra los equipos y componentes eléctricos utilizados en el banco de pruebas

Tabla 4

Dispositivos y equipos eléctricos para el banco de pruebas

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS	CANTIDAD
CONTACTOR	12 Amperios 110V SIEMENS	4
CONTACTOR AUXILIAR	2NO +2NC 110V SIEMENS	4
MOTOR TRIFÁSICO	220V 0.75HP 1300RPM SIEMENS	1
RELÉ TÉRMICO	LS 4-6 Amperios	1

CONTINÚA 

LOGO! 230RCE	8 Entradas 4 Salidas SIEMENS	1
BREAKER BIFÁSICO	LS 2 Polos, 10Amperios 1P+N 110V	1
BREAKER TRIFÁSICO	SCHNEIDER ELECTRIC 3 Polos , 10 Amperios 110/220V	1
INDICADOR DE CORRIENTE TIPO LUZ PILOTO 22MM	Led redondo display 0-100A AC Color azul	1
INDICADOR DE VOLTAJE TIPO LUZ PILOTO 22MM	Led redondo display 0-100A AC Color azul	2
PULSADOR PLÁSTICO 22MM	1NO+1NC ROJO	2
PULSADOR PLÁSTICO 22MM	1NO+1NC VERDE	2
LUZ PILOTO UNIVERSAL LED ROJA	120V	3
LUZ PILOTO UNIVERSAL LED VERDE	120V	1
LUZ PILOTO VERDE 22MM	110V	1
LUZ PILOTO AMARILLO 22MM	110V	
LUZ PILOTO ROJO 22MM	110V	2
CUADERNO PARA MARCADO DE CABLES		1
FUSIBLES CILÍNDRICOS	6 amperios	3

CONTINÚA 

PORTAFUSIBLES	SCHNEIDER ELECTRIC 32 amperios	3
INTERRUPTOR ROJO 110V		1
SELECTOR 3 POSICIONES	CAMSCO	1
PULSADOR PARO DE EMERGENCIA CON RETENCIÓN	CAMSCO	1
CONECTORES		150
TERMINALES JACKS		50
CABLE #12		45m
CABLE # 16		25m

3.6.5 Ubicación y conexión de los equipos eléctricos en el banco de pruebas

Para el proceso de instalación de los dispositivos eléctricos se orientó según el plano de la distribución de los equipos eléctricos del Anexo E, previamente realizado el inventario de los elementos que integran el banco de pruebas.

Primero se inició con el montaje y la ubicación de los contactores con su respectivo bloque de contactos auxiliares en el tablero de control como se muestran en las **Figuras 98 y 99**.



Figura 98. Montaje del contactor

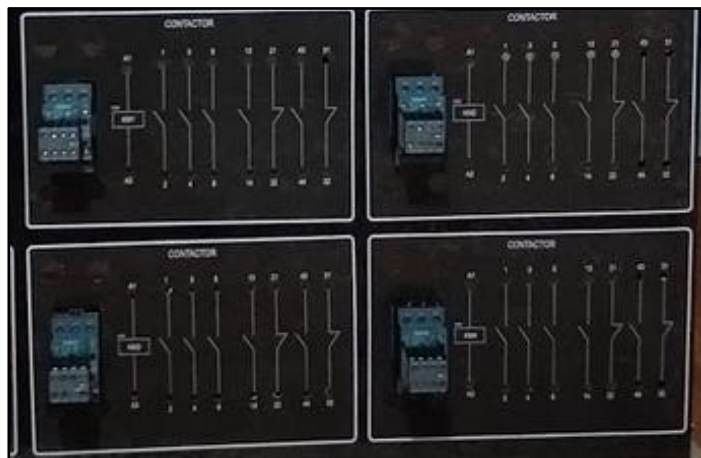


Figura 99. Ubicación de los contactores

Se realizó el montaje de los indicadores de voltaje, corriente, dispositivos de protección, así como sus lámparas de señalización respectivamente como se observa en la **Figura 100**.



Figura 100. Indicadores de voltaje, corriente y dispositivos de protección.

En la **Figura 101**, se puede observar el montaje del controlador lógico LOGO 230 RCE y su interruptor de encendido y apagado.



Figura 101. Logo! 230 RCE

Seguidamente se ubicaron las luces piloto como se muestra en la **Figura 102**.



Figura 102. Luces piloto

Después se procedió a la ubicación del pulsador paro de emergencia tipo hongo, selector de 3 posiciones y los pulsadores como se muestran en las **Figuras 103 y 104**.



Figura 103. Paro de emergencia y selector

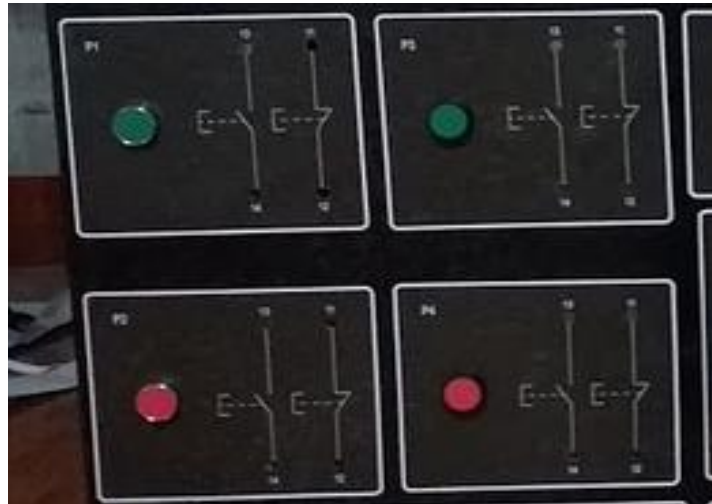


Figura 104. Ubicación de los pulsadores

3.7 Proyección de la vista frontal de los equipos eléctricos

En la *Figura 105*, se puede observar la proyección de la vista frontal de la distribución de los equipos eléctricos ubicados correctamente.



Figura 105. Vista frontal de la distribución de los equipos eléctricos

3.7.1 Proyección de la vista posterior de los equipos colocados

En la *Figura 106*, se muestra la Vista posterior de los equipos eléctricos.



Figura 106. Vista posterior de los equipos eléctricos

Una vez realizado el proceso de montaje de todos los equipos y prensa estopas se procede al cableado del Logo como se observa en la *Figura 107*.



Figura 107. Cableado del Logo

A continuación se realizó el tendido de cables sobre los equipos de protección del breaker trifásico, monofásico y los fusibles, *Figura 108*.



Figura 108. Tendido de cables

Se procedió con el tendido de cable por las canaletas en la parte trasera del banco de pruebas como se muestran en las *Figuras 109* y *110*.

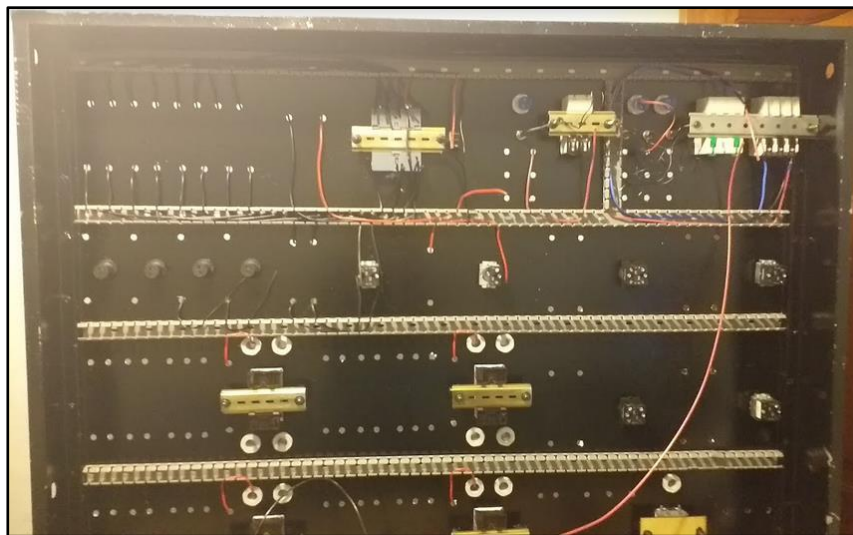


Figura 109. Tendido de cables eléctricos



Figura 110. Peinado de conductores

Se realizó la conexión del breaker trifásico, monofásico y los fusibles que corresponden a la alimentación principal, *Figura 111*.



Figura 111. Breaker trifásico, monofásico y fusibles conectados

Se efectuó con el peinado de los cables de las lámparas de señalización y los contactores, *Figura 112*.

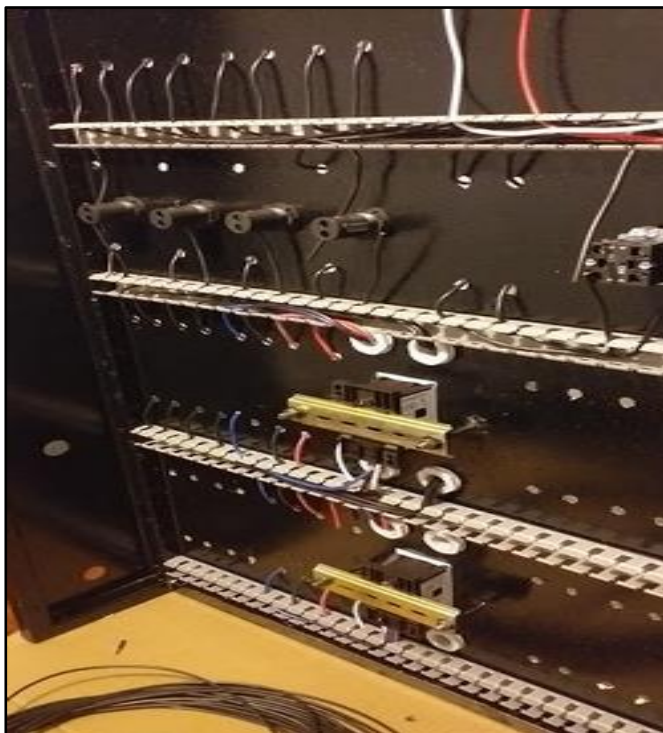


Figura 112. Tendido y peinado de cables eléctricos

Proyección del tendido de los conductores eléctricos sobre las cantaletas, según se fue realizando el conexionado de los equipos se aumentó pedazos de canaletas ranuradas según lo requerido para la instalación como se indica en la *Figura 113*.



Figura 113. Tendido de cables finalizado

Una vez realizado el tendido de cables se ubicó los terminales jacks de color rojo, negro y blanco en la parte frontal de banco de pruebas que sirven para la diferenciación de las conexiones, *Figuras 114, 115 y 116*.

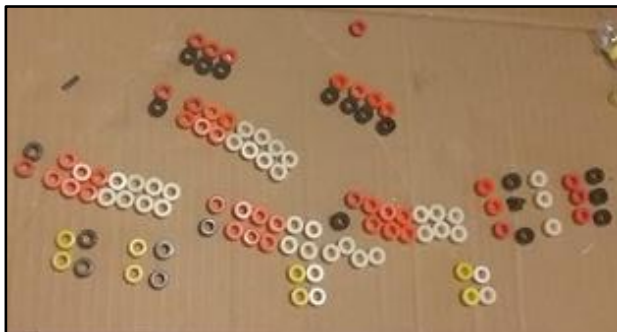


Figura 114. Terminales jacks



Figura 115. Ubicación de terminales jacks



Figura 116. terminales jacks ubicados en el tablero

Los conductores fueron conectados con los terminales jacks de manera ordenada en la parte trasera del tablero tendido sobre las canaletas ranuradas de PVC para una mejor estética y una mejor presentación de cada uno de los equipos del banco de pruebas.

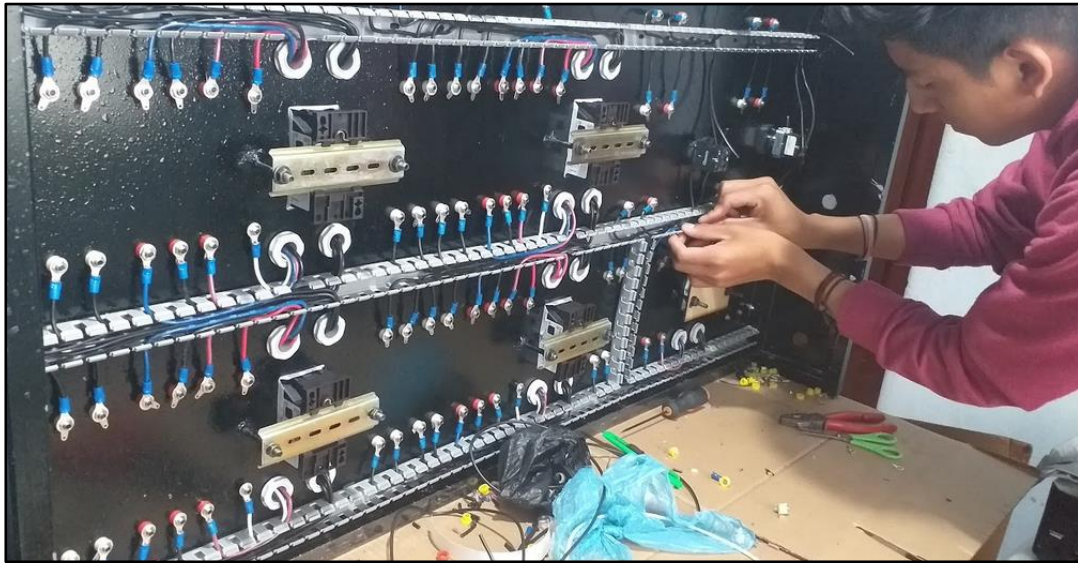


Figura 117. Ubicación de los cables eléctricos

En las siguientes *Figuras 118* y *119*, muestran la conexión realizada de los cables eléctricos con los contactores y el relé térmico mediante terminales tipo pin en la parte frontal del banco de pruebas.



Figura 118. Ubicación de conductores

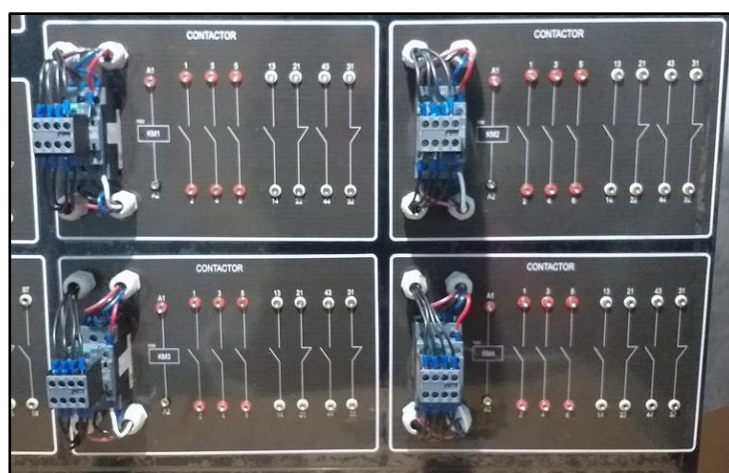


Figura 119. Contactores conectados

Luego se conectó el relé térmico con sus terminales como se observa en las *Figuras 120* y *121*.



Figura 120. Conexión de cables en el relé térmico

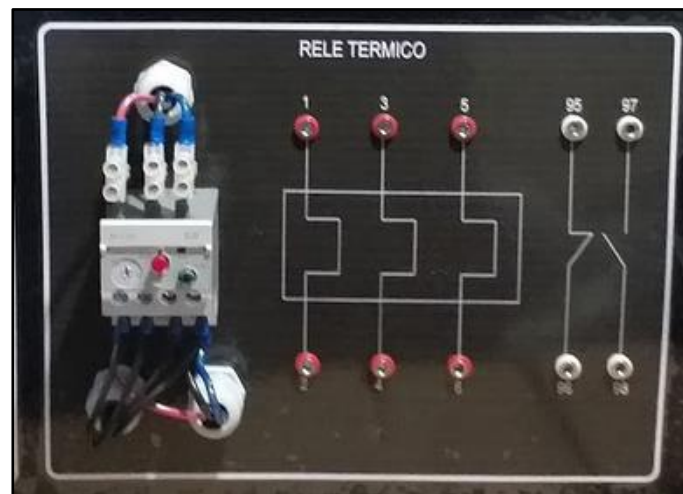


Figura 121. Relé térmico conectado

Se efectuaron los ajustes finales del cableado de todos los equipos conectados, *Figura 122*.



Figura 122. Ajustes finales del cableado

En la *Figura 123*, se muestra la proyección final del tendido, peinado y ubicación correcta del cableado con los equipos eléctricos.

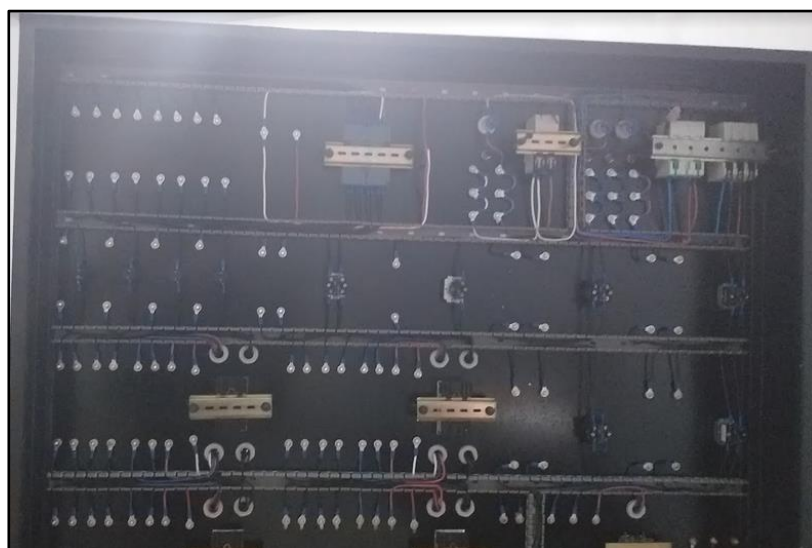


Figura 123. Proyección del cableado finalizado

Una vez realizado el cableado de los equipos y elementos eléctricos se continuó con la conexión de la alimentación principal como se muestra en la *Figura 124*.



Figura 124. Conexión de la alimentación principal del banco de pruebas

Para la alimentación principal se conecta un cable Dúplex 4x12 de 3 fases y un neutro, acoplado a un conector trifásico, *Figura 125*.



Figura 125. Conductor dúplex y conector trifásico

3.7.2 Etiquetado de conductores

A continuación se realizó el etiquetado de los conductores eléctricos que sirve como señalización y verificación del conexionado de cada equipo eléctrico, además para un futuro mantenimiento de los componentes, *Figuras 126 y 127.*



Figura 126. Etiquetado de conductores

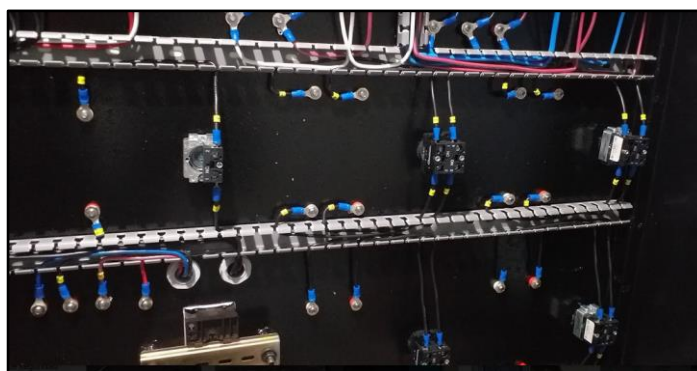


Figura 127. Cables eléctricos etiquetados

Proyección de la vista posterior del cableado finalizado de los equipos eléctricos y el etiquetado del mismo como se muestra en la *Figura 128*.



Figura 128. Vista posterior de cables etiquetados finalizado

Proyección de la vista frontal del cableado finalizado, así como de la protección de los cables conectados a los equipos eléctricos mediante una manguera espiral y la señalización de los mismos como se muestra en la *Figura 129*.



Figura 129. Vista frontal de las conexiones y etiquetado

3.8 Conexión del motor trifásico en el banco de pruebas

En este proceso se procedió a retirar la tapa de la caja de bornes del motor eléctrico como se observa en la **Figura 130**, para la ubicación de los prensa estopas en las partes laterales de la caja de las terminales.

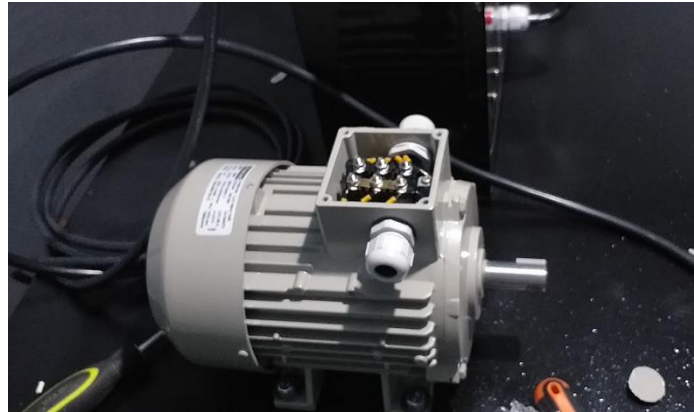


Figura 130. Motor trifásico de 0.75HP

Posteriormente se realizó el tendido y ubicación de los cables por los prensaestopas en la caja de bornes del motor trifásico, **Figura 131**.

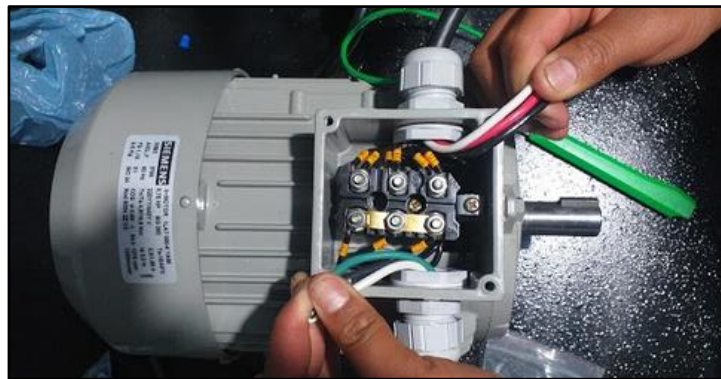


Figura 131. Cableado en la caja de bornes del motor

Se ejecutó el ponchado de los conductores y se retira las chapas metálicas de las terminales teniendo en cuenta la posición de la cual se extrajo para que no exista una mala conexión del

cableado eléctrico al momento de realizar el arranque de motores trifásicos, por último, se coloca el cable de puesta a tierra del motor, *Figura 132*.



Figura 132. Conexión del motor trifásico

En la *Figura 133*, se muestra el conexionado de las terminales del motor con los conductores de la alimentación principal y su respectiva puesta a tierra de acuerdo a la normativa NFPA 70E del color del conductor de puesta a tierra.



Figura 133. Motor trifásico conectado

Se cubrió la caja de bornes donde se encuentran ubicados los terminales del motor mediante la tapa de la misma, *Figura 134*.

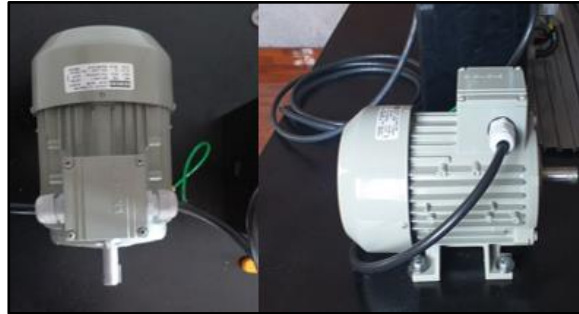


Figura 134. Caja de bornes cubierta

En la siguiente *Figura 135*, se muestra la proyección del motor eléctrico instalado en el banco de pruebas.



Figura 135. Vista frontal del motor conectado.

3.9 Proyección del banco de pruebas finalizado

Ubicación de las tapas plásticas en cada una de las canaletas en la parte trasera del tablero ocultando el cableado mejorando la estética y en su presentación final del banco de pruebas como se observa en las *Figuras 136* y *137*.

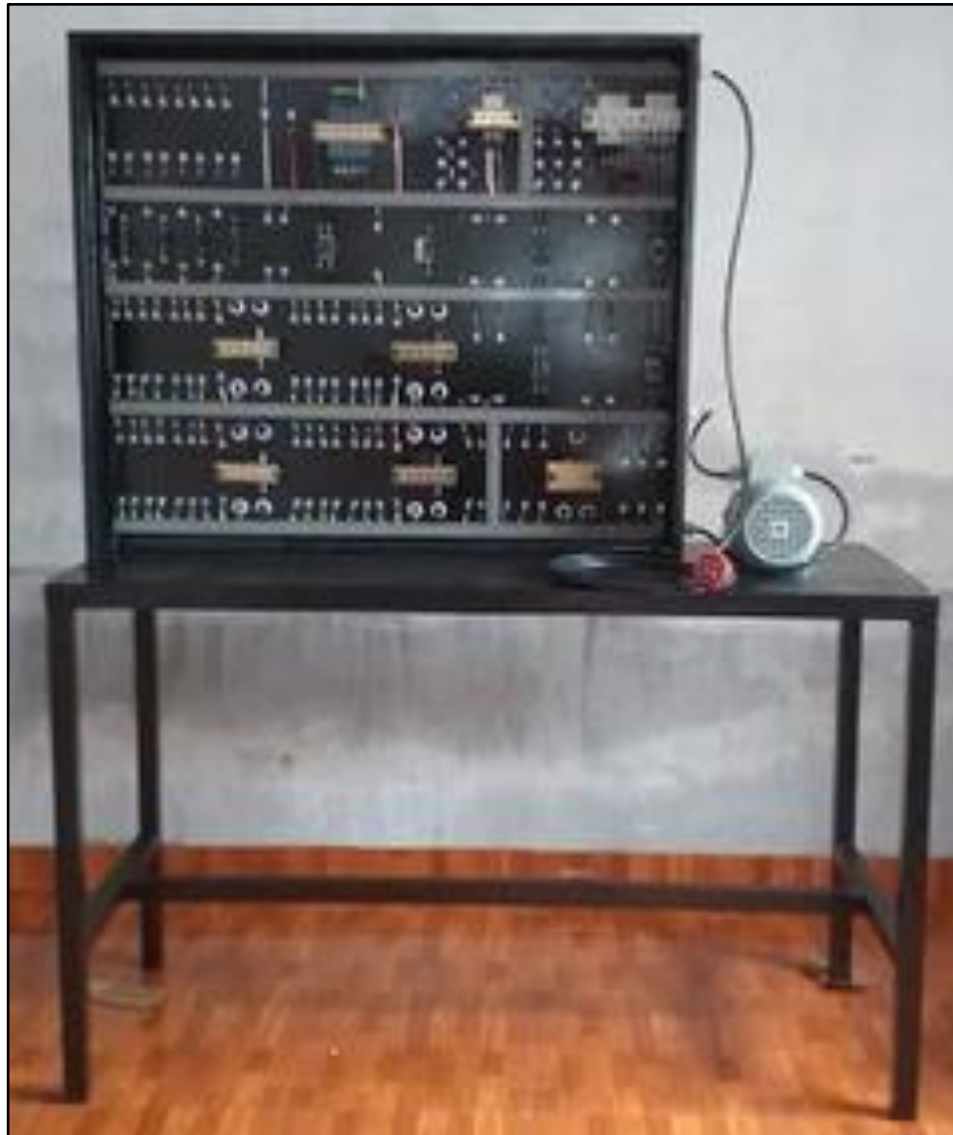


Figura 136. Parte trasera del banco de pruebas finalizado



Figura 137. Banco de pruebas finalizado

CAPÍTULO IV

MANUAL DE OPERACIONES Y MANTENIMIENTO

4.1 Descripción

Se elaboró un manual de operaciones y mantenimiento el cual abarca procedimientos apropiados para el desarrollo adecuado de circuitos eléctricos, donde contiene diagramas, conceptos teóricos de máquinas eléctricas, electricidad así como de automatización para el arranque y control de motores trifásicos aplicando la parte teórica en la práctica mediante la utilización de los dispositivos eléctricos y electrónicos que integran el banco de pruebas con la finalidad de alimentar de conocimientos a los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Electromecánica enfocado a la simulación de procesos industriales y diferentes tipos de arranques de los motores, así como también para el desarrollo de un buen profesional en el ámbito industrial.



TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

4.2 MANUAL DE OPERACIÓN

BANCO DE PRUEBAS DE CONTROL INDUSTRIAL

RESPONSABLE

Velasco Panchi Cesar Ramiro

LATACUNGA - ECUADOR



4.2.1 Especificaciones generales y recomendaciones de seguridad del banco de pruebas

a. Descripción

El banco de pruebas de control industrial está destinado para la ejecución de la simulación de procesos industriales y el arranque de motores trifásicos.

Está constituido con equipos y dispositivos eléctricos de la marca Siemens, Camsco, LS, Schneider Electric con el fin de garantizar una vida útil de los elementos, así como de su funcionamiento. Además cuenta con un motor trifásico de 0.75hp a una tensión de 220V.

En la *Figura 138*, se muestra el banco de pruebas.



Figura 138. Banco de pruebas



a. Alimentación eléctrica

El banco de pruebas de control industrial cuenta con una alimentación trifásica principal de 220V con su respectivo indicador de voltaje, corriente destinado para el circuito de fuerza y una derivación a 110V para los circuitos de control.

La conexión de los dispositivos eléctricos está realizada con el conductor número 16 AWG destinado para los circuitos de control y con el cable número 12 AWG el circuito de fuerza del banco de pruebas.

4.2.2 Recomendaciones de seguridad

Para la ejecución de las prácticas en el banco de pruebas se deben tomar en cuenta muchos aspectos importantes, uno es la seguridad que se debe tener conocimiento antes de manipular los equipos eléctricos por lo cual se ha redactado las especificaciones técnicas, instrucciones y recomendaciones para el desarrollo adecuado, así como el correcto funcionamiento del banco con el fin de salvaguardar la vida humana ante cualquier riesgo eléctrico y evitar los daños de los equipos.

Precauciones necesarias que se deben tomar en cuenta al operar el banco de pruebas para evitar riesgos eléctricos.



1. El docente debe realizar una charla de seguridad a los estudiantes antes de manipular el banco de pruebas mediante instrucciones, normas y al uso del manual de operaciones, mantenimiento para conseguir una buena práctica.
2. El estudiante debe realizar la conexión de los equipos siempre y cuando el banco se encuentre desenergizado.
3. Antes de poner el funcionamiento el circuito en el banco de pruebas se debe verificar que los dispositivos, los cables en los terminales jacks estén conectados y ajustados correctamente de acuerdo al diseño previamente realizado en el software Cade SIMU para evitar cortocircuitos en el sistema provocando un riesgo eléctrico y el deterioro de los mismos.
4. El estudiante debe conocer el funcionamiento de cada uno de los elementos que constituyen en el banco de pruebas.
5. Al realizar un mantenimiento debe tener en cuenta el estado de los conductores eléctricos conectados a cada equipo, así como también de sus terminales y etiquetas para futuros mantenimientos.

Parámetros que se deben considerar antes de poner en funcionamiento el banco de pruebas de control industrial.

1. Verificar que el conector trifásico de la alimentación principal se encuentre conectada correctamente.



2. Observar los indicadores de tensión y corriente ubicados en cada red de alimentación, si se visualiza valores de voltaje, nos quiere decir que los interruptores principales se encuentran activados (posición ON) y se deben desenergizar para poder manipular el banco de pruebas.
3. Verificar que todos los equipos y dispositivos eléctricos no presenten anomalías, así como de sus conexiones.
4. Verificar que el pulsador paro de emergencia no se encuentre activado y observar que el selector de 2 posiciones este ubicado en posición 0.

4.2.3 Normas de seguridad

1. Para manipular los equipos que se encuentran en el banco de pruebas se debe verificar el manual de operaciones redactado con instrucciones técnicas para la correcta ejecución de prácticas y su respectivo mantenimiento.
2. En caso de desconocer el manejo y funcionamiento de algún equipo eléctrico debe solicitar la ayuda del docente encargado.
3. Si se presenta un problema durante el desarrollo de la práctica por ningún motivo no se debe conectar, desconectar, mover o alterar el cableado de ningún equipo eléctrico del banco de pruebas e inmediatamente se debe comunicar con docente encargado para dar solución a dicho problema por tal motivo el estudiante no puede ejecutar alguna acción, esto solo se lo podrá realizar si el docente da la autorización necesaria.



4. Las borneras de alimentación trifásica y monofásica sirven para alimentar a los equipos eléctricos del banco de pruebas por lo cual no se debe introducir objetos extraños ya que esto puede provocar un accidente.
5. No operar los interruptores de manera brusca o con las manos mojadas ya que esto puede provocar descargas eléctricas.
6. Está prohibido el uso de anillos, cadenas y objetos metálicos al momento de utilizar el banco de pruebas debido a que esto puede provocar descargas eléctricas.
7. Está prohibido el consumo de alimentos y bebidas en el banco de pruebas de control industrial.
8. No utilizar cables eléctricos que se encuentren en mal estado o presenten alguna anomalía por lo que la corriente atraviesa sobre el conductor y esto puede provocar un riesgo eléctrico.
9. Para el reemplazo de los fusibles en caso de que este se haya quemado se debe desenergizar el banco de pruebas desconectando la clavija trifásica de la alimentación para proceder al cambio del fusible de las mismas características.
10. Verificar el circuito creado en el banco de pruebas antes de ponerlo en funcionamiento.
11. La mesa de trabajo siempre se debe mantener limpia y libre de objetos extraños para poder realizar la práctica determinada.
12. Realizar el mantenimiento respectivo a los equipos que constituyen el banco de pruebas para garantizar una larga vida útil de los componentes eléctricos.



13. Utilizar un mandil o ropa de trabajo para la ejecución de las prácticas en el banco de pruebas.

4.2.4 Modos de operación

Para la ejecución de las prácticas se realizan de dos formas, de manera que el estudiante puede realizar de las siguientes maneras:

- **Modo manual**

Para poner en funcionamiento una simulación de un proceso industrial se deben seguir instrucciones en un adecuado orden.

- **Modo automático**

Se lo ejecuta en cortos pasos ya que viene siendo la automatización del proceso industrial que se realiza como práctica mediante la utilización y programación del dispositivo LOGO! 230 RCE, es decir es un controlador lógico programable.

4.2.5 Operación del LOGO! 230 RCE

- **Descripción**

Es un controlador programable lógico que permite la automatización de un proceso industrial realizado manualmente sin intervención de un operador mediante una programación, es decir, permite el control de varias salidas mediante la programación de varias entradas la cual se encarga de enviar señales a diferentes dispositivos que se requiere poner en marcha a intervalos



de tiempo, esto es posible gracias al accionamiento de los relés auxiliares que este dispositivo tiene internamente. Por tanto, es necesario programar el LOGO! mediante un software o de manera directa o manual para automatizar un proceso industrial, de esta manera se conseguirá el funcionamiento de las diferentes prácticas en forma automática.

- **SOFTWARE LOGO!Soft Comfort**

Se puede crear la programación en un ordenador externo mediante el software especial que es gratuito de SIEMENS LOGO!Soft Comfort, el cual debe estar actualizado a la versión V8.2, y posteriormente introducir la programación en el Logo conectándolo con el ordenador mediante una interfaz. Además, se puede simular en el software antes de introducirlo en el dispositivo. Para la transferencia de datos desde el ordenador hacia el microcontrolador se lo realiza mediante un cable de Ethernet, se producirá un error si el software no se encuentra actualizado y no se podrá ejecutar esta acción, *Figura 139*.



Figura 139. Interfaz entre el LOGO! 230RCE y el ordenador



En la **Figura 140**, se puede apreciar el entorno del software LOGO!Soft Comfort V8.2 donde se creará diferentes esquemas mediante los diferentes tipos de lenguajes de programación.

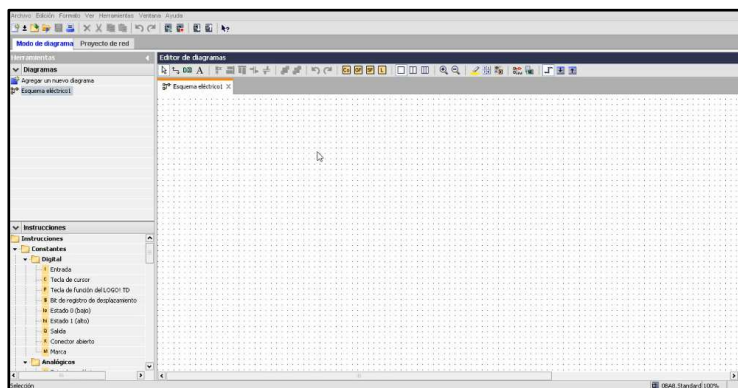


Figura 140. Entorno del software LOGO!Soft Comfort

Para su programación basta con ir ubicando los diagramas de funciones básicas como AND, OR, etc., conectándose mediante una línea o cable virtual a las salidas y entradas representadas también con bloques. Además, el diagrama de bloques de funciones lógicas se puede transformar a diagrama de escaleras para mayor comprensión del funcionamiento del diagrama diseñado como se muestran en las **Figuras 141 y 142**.

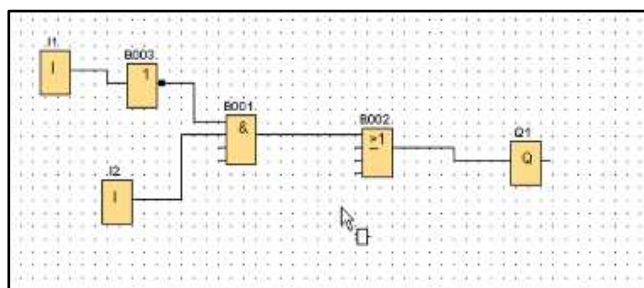


Figura 141. Diagrama de funciones lógicas

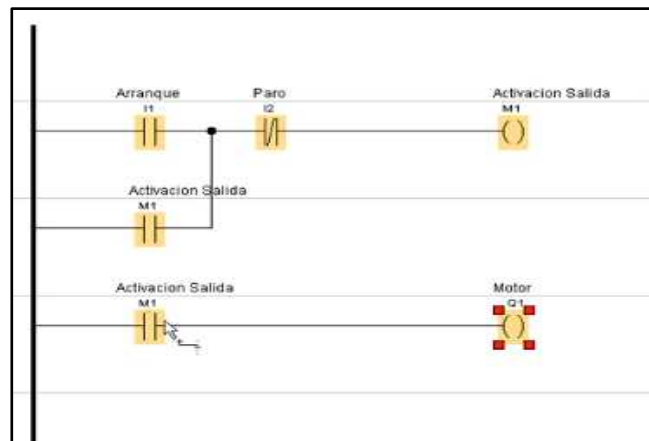


Figura 142. Diagrama de escaleras

- **Programación directa o manual**

La programación se realiza con las teclas que se encuentran situadas en su panel frontal como se observa en la *Figura 143*, donde podemos introducir el programa mediante puertas lógicas.



Figura 143. Panel frontal del LOGO!



Las puertas lógicas son componentes electrónicos representados por un símbolo con una, dos, tres o cuatro entradas y una sola salida que realizan una función y que toman unos valores de salida en función de los que tenga en los de entrada.

La visualización del programa, estado de entradas / salidas y parámetros, se puede observar en una pequeña pantalla LCD donde se realiza de forma gráfica.

Todas las puertas lógicas están dentro de las llamadas funciones generales de LOGO! cuya abreviatura en la programación es GF.

A continuación, se detalla el funcionamiento de las funciones básicas que se debe conocer de cada bloque previo a la programación del logo Siemens.

▪ **Funciones básicas**

“son elementos lógicos sencillos del álgebra de Boole. Las entradas y funciones básicas se pueden negar de forma individual, es decir, que, si en la entrada en cuestión hay un “1”, el programa utiliza un “0”” (Siemens AG, 2003), *Figura 144*.

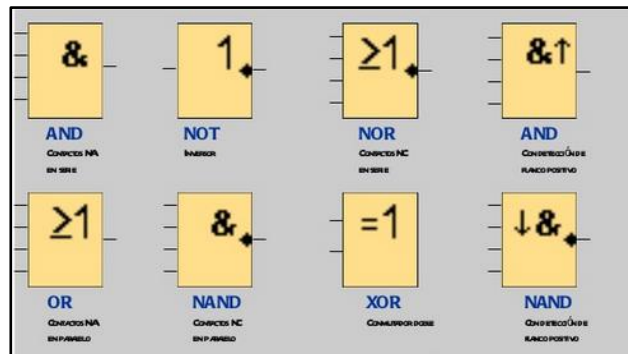


Figura 144. Funciones básicas

Fuente: (SIEMENS, 2018)

El autor (Siemens AG, 2003), describe las siguientes funciones básicas:

AND (&): La salida de AND sólo adopta el estado 1 cuando todas las entradas tienen estado 1, es decir, están cerradas. Si no se utiliza una entrada de ese bloque (x), para la entrada rige: $x = 1$.

AND con evaluación de flanco: La salida de AND con evaluación de flanco sólo adopta el estado 1 cuando todas las entradas tienen estado 1 y en el ciclo anterior tenía estado 0 por lo menos una entrada. Si no se utiliza una entrada de ese bloque (x), para la entrada rige: $x = 1$.

NAND (Y NEGADA): La salida de NAND sólo adopta el estado 0 cuando todas las entradas tienen estado 1, es decir, están cerradas. Si no se utiliza una entrada de ese bloque (x), para la entrada rige: $x = 1$.



NAND con evaluación de flanco: La salida de NAND con evaluación de flanco sólo adopta el estado 1 cuando por lo menos una entrada tiene estado 0 y en el ciclo anterior tenían 1 todas las entradas.

OR (O): La salida de OR ocupa el estado 1 cuando por lo menos una entrada tiene estado 1, es decir, está cerrada.

NOR (O NEGADA): La salida de NOR sólo ocupa el estado 1 cuando todas las entradas tienen estado 0, es decir, están desactivadas. Tan pronto como se active alguna de las entradas (estado 1), se repone a 0 la salida de NOR.

XOR (O EXCLUSIVA): La salida de XOR ocupa el estado 1 cuando las entradas tienen estados diferentes.

NOT (negación, inversor): La salida ocupa el estado 1 cuando la entrada tiene estado 0. El bloque NOT invierte el estado en la entrada.

- **Funciones especiales**

Las funciones especiales constan de elementos solo para la industria ya que son muy sofisticados y caros para el uso en instalaciones civiles, donde que esta nos indica la facilidad de manejar no directamente con la carga, *Figura 145*.



Representación en LOGO!	Designación de la función especial	Rem
Tiempos		
	Retardo a la conexión (véase la página 114)	Rem
	Retardo a la desconexión (véase la página 118)	Rem
	Retardo a la conexión/desconexión (véase la página 120)	Rem
	Retardo a la conexión con memoria (véase la página 122)	Rem

Figura 145. Funciones especiales

Fuente: (Siemens AG, 2003)

Según (Siemens AG, 2003) describe las siguientes funciones especiales:

Retardo a la conexión: Mediante el retardo a la conexión se conecta la salida sólo tras un tiempo parametrizable.

Retardo a la desconexión: En el retardo a la desconexión se desactiva la salida sólo tras un tiempo parametrizable.

Retardo a la conexión/desconexión: En el retardo a la conexión/desconexión la salida se conecta tras un tiempo parametrizable y se resetea tras otro tiempo parametrizable.

Retardo a la conexión con memoria: Después de un impulso de entrada transcurre un tiempo parametrizable, tras el cual se activa la salida.



4.2.6 Software CADe SIMU

Es un programa sencillo para diseñar circuitos de control y fuerza, el que permite insertar distintos símbolos que se encuentran en las librerías y traza un esquema eléctrico de una manera simple y ligera para a continuación hacer la simulación, *Figura 146*.

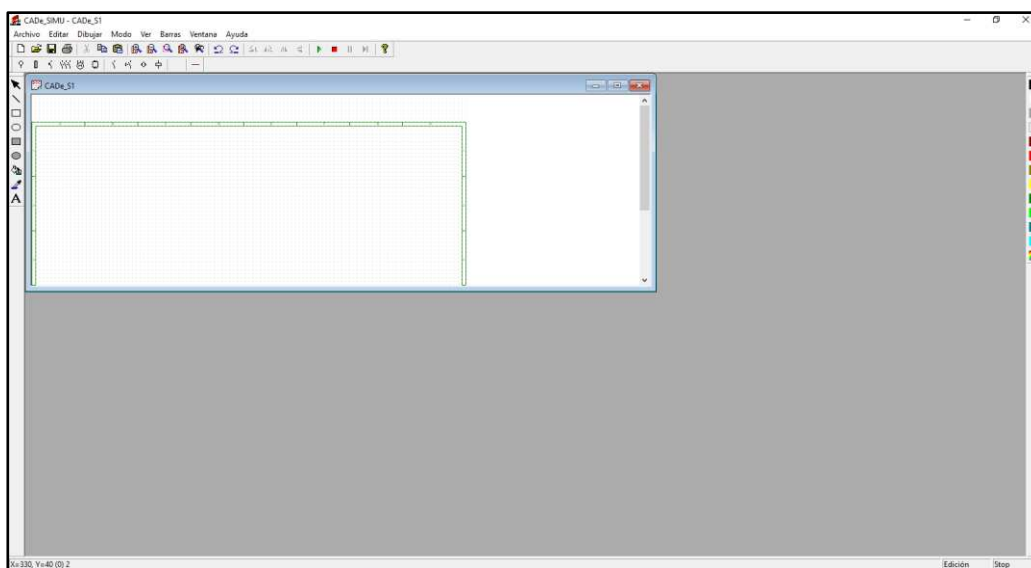


Figura 146. Entorno de CADe SIMU

En el modo de simulación se puede visualizar el estado de cada elemento eléctrico cuando está activado y al mismo tiempo remarca el conductor eléctrico sometido al paso de la corriente eléctrica.

El usuario puede crear diagramas eléctricos de forma simple y ligera. Una vez realizada la simulación se puede comprobar el buen funcionamiento.

	MANUAL DE OPERACIÓN	
---	----------------------------	---

TEMA	4.3 Arranque directo de un motor trifásico mediante contactores, pulsadores y luces piloto.
INSTRUCCIONES	
<ol style="list-style-type: none"> a. Observar y verificar que los dispositivos eléctricos que integran el banco de pruebas se encuentren conectadas correctamente, en caso de encontrar algún problema se informará inmediatamente al docente encargado. b. Una vez observado que el conector trifásico está alimentado a la fuente principal, verificar que los interruptores principales, paro de emergencia, selector e interruptor del logo se encuentren desactivados. c. Activar los interruptores del banco de pruebas para verificar el voltaje en los indicadores de tensión. d. Desenergizar los interruptores. e. Realizar el circuito de control y fuerza. 	
Circuito de control	
<p>En la <i>Figura 147</i>, se observa el circuito de control.</p>	

En la **Figura 148**, se observa el esquema de fuerza.

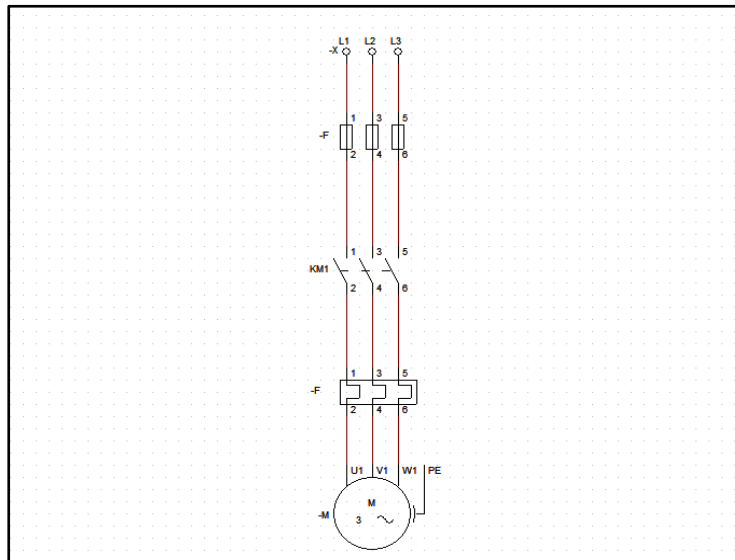


Figura 148. Esquema de fuerza

Secuencia de armado del circuito de fuerza

- a. Conectar la alimentación de las fases R, S y T con las entradas del contactor KM1.

R → 1/L1

S → 3/L2

T → 5/L3

- b. Conectar las salidas del contactor KM1 con las entradas del relé térmico.

2/T1 → 1

4/T2 → 3

6/T3 → 5

- c. De las salidas del relé térmico conectar con los terminales del motor trifásico.

2 → (U1, U5)

4 → (V1, V5)

6 → (W1, W5)

- d. Para realizar el arranque directo de este motor trifásico, obligatoriamente debe conectar entre sí los terminales W2, U2 y V2 de la máquina que se encuentra en el banco de pruebas como se muestra en la *Figura 149*.

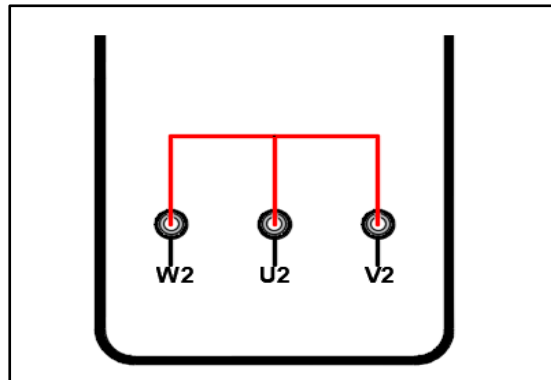


Figura 149. Conexión entre los terminales

▪ FUNCIONAMIENTO

- a. Activamos el disyuntor trifásico y monofásico.
- b. Al pulsar el pulsador **P1** se activa el contactor **KM1**, la luz piloto **H1** y el motor trifásico.
- c. El contactor **KM1** queda activado por el enclavamiento realizado por el contacto **NO**, por lo tanto, el motor también queda conectado.
- d. Al pulsar el pulsador **P2** se desactiva la bobina del contactor **KM1** y esto produce que se apague el motor y la luz piloto **H1**.
- e. El circuito regresa a su estado inicial.

	<h2>MANUAL DE OPERACIÓN</h2>	
---	------------------------------	---

<h3>TEMA</h3>	<h4>4.4 Circuito de control para la detección de una secuencia de operación mediante 4 contactores y 2 pulsadores.</h4>
---------------	---

INSTRUCCIONES

- Observar y verificar que los dispositivos, conexiones eléctricas que integran el banco de pruebas se encuentren conectadas correctamente, en caso de encontrar algún problema se informará inmediatamente al docente encargado para corregirlo.
- Los interruptores principales del banco de pruebas deben estar desactivados (posición OFF), para realizar las conexiones necesarias.
- Realizar el circuito de control.

Circuito de control

Realizar el circuito de control que se muestra en la **Figura 150**.

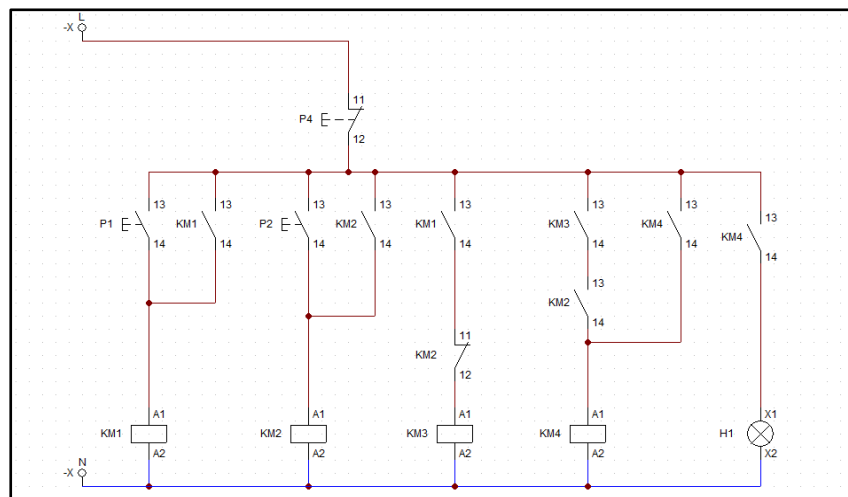


Figura 150. Circuito de control para la secuencia de operación

Secuencia de armado del circuito de control

- a. Conectar la línea (L) con la entrada de (P4), de la salida conectar con la entrada del pulsador (P1) y de su salida conectar directamente al contactor (KM1), de este a su respectivo neutro (N).
- b. Conectar de la entrada del (P1) a la entrada de un contacto (NO) del contactor (KM1), y de su salida a la otra salida del mismo pulsador para realizar el enclavamiento.
- c. De la entrada del contacto (NO), conectar a la entrada del pulsador (P2), de la salida del pulsador conectar al contactor (KM1) y su neutro.
- d. Para el enclavamiento del contactor (KM2) repetir el mismo proceso del literal b, entre el (P2) y el contacto (NO) del contactor.
- e. Realizar un puente entre la entrada del contacto (NO) de (KM2) con la entrada de otro contacto (NO) de (KM1), de su salida conectar a la entrada de un contacto (NC) del contactor (KM2), de su salida al contactor (KM3) y su correspondiente neutro.
- f. Conectar de la entrada del contacto (NO) de (KM1), con la entrada de un contacto (NO) de (KM3), de su salida a otro contacto (NO) de (KM2) y por último de su salida conectar al contactor (KM4).
- g. De la entrada del contacto (NO) de (KM3) conectar a la entrada de un contacto (NO) de (KM4) y de su salida con la salida del (NO) de (KM2).
- h. Conectar de la entrada del contacto (NO) de (KM4) hacia otro contacto (NO) de (KM4) y de su salida a la lámpara (H1) con su neutro.

▪ FUNCIONAMIENTO

- a. Los contactores se activarán mediante su respectivo pulsador **P1 - P2** en la secuencia estricta **KM1 – KM2** para activar la lámpara **H1**.
- b. Al presionar el pulsador **P4** en cualquier instante el circuito volverá a su estado normal.
- c. Al pulsar la secuencia **P2 – P1** la lámpara H1 no se activará.

	<h2>MANUAL DE OPERACIÓN</h2>	
---	------------------------------	---

TEMA	4.5 Circuito de control para la inversión de giro de un motor trifásico utilizando un pulsador de paro.
-------------	--

INSTRUCCIONES

- Los interruptores principales del banco de pruebas deben estar desactivados (posición OFF), para realizar las conexiones necesarias.
- Observar y verificar que los dispositivos, conexiones eléctricas que integran el banco de pruebas se encuentren conectadas correctamente.
- Realizar el circuito de control y fuerza.

Circuito de control

Realizar el circuito de control que se muestra en la *Figura 151*.

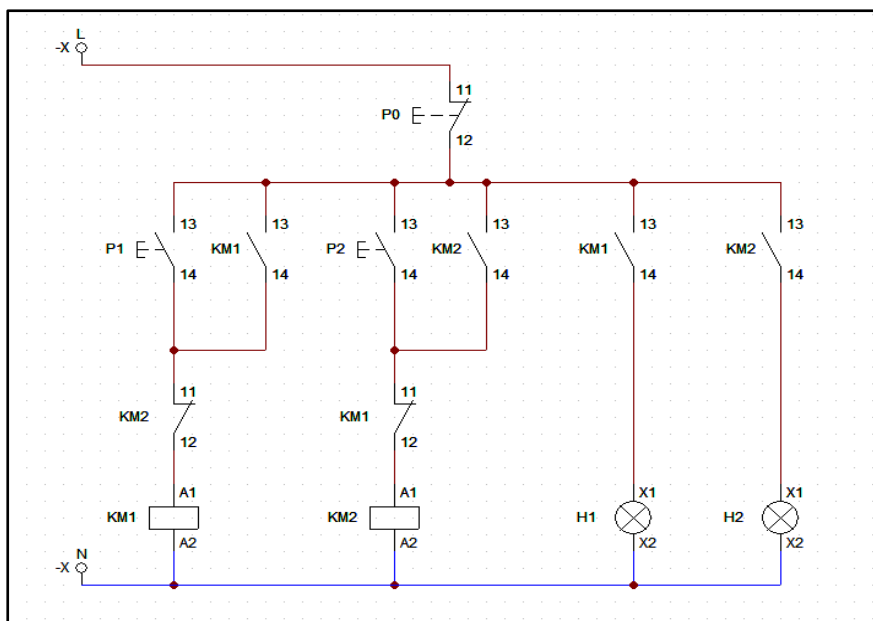


Figura 151. Circuito de control para la inversión de giro de un motor trifásico

▪ Secuencia de armado del circuito de control

- a. De la línea principal (L) conectar a la entrada del pulsador (P4), de su salida a (P1), de la salida del pulsador (P1) hacia la entrada de un contacto (NC) del contactor (KM2) y de la salida, hacia la entrada del contactor (KM1) y de su salida conectar a neutro.
- b. Para realizar el enclavamiento de (KM1), conectar las entradas de (P1) con un contacto (NO) del mismo contactor entre sí, también realizar un puente entre la salida del pulsador (P1) con la salida del contacto (NO).
- c. De la salida de (P4) conectar con la entrada del pulsador (P2), de su salida conectar a la entrada de un contacto (NC) de (KM1), de ahí hacia la entrada del contactor (KM2) y de su salida conectar a neutro.
- d. Para realizar el enclavamiento de (KM2), conectar las entradas de (P2) con un contacto NO del mismo contactor entre sí, también realizar un puente entre la salida del pulsador (P2) con la salida del contacto (NO).
- e. De la entrada del (NO) del contactor (KM2) conectar a la entrada de otro contacto (NO) de (KM1) y de su salida a la entrada de una lámpara (H1) con su respectivo neutro.
- f. De la entrada del (NO) del contactor (KM1) conectar a la entrada de otro contacto (NO) de (KM2) y de su salida a la entrada de otra lámpara (H2) con su respectivo neutro.

Circuito de fuerza

Realizar el circuito de control que se muestra en la *Figura 152*.

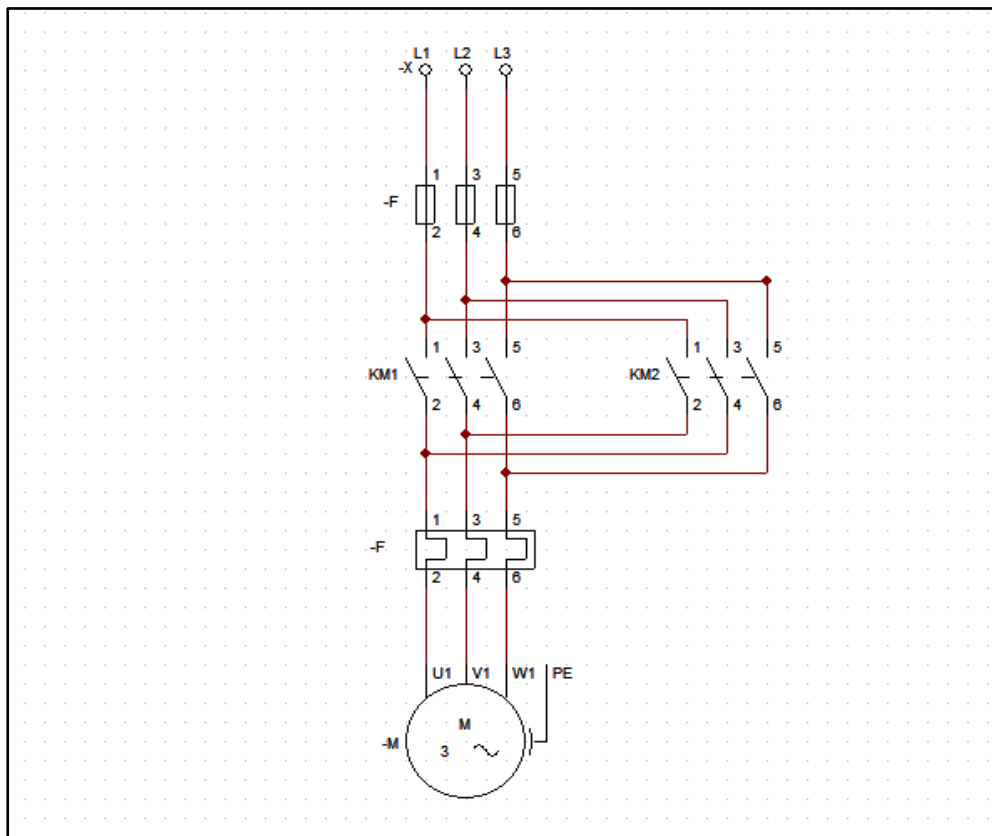


Figura 152. Circuito de fuerza para el cambio de giro del motor trifásico

▪ **Descripción de armado del circuito de fuerza**

- a. Conectar las líneas de alimentación trifásica con las entradas del contactor KM1.

R → 1/L1

S → 3/L2

T → 5/L3

- b. Conectar las salidas del contactor KM1 con las entradas del relé térmico.

2/T1 → 1

4/T2 → 3

6/T3 → 5

- c. Una vez conectadas las líneas trifásicas en el contactor KM1, conectar las fases a las entradas del segundo contactor KM2 y de sus salidas a las salidas del contactor KM1.

KM1	KM2	KM2	KM1
1/L1	→	1/L1	2/T1 → 4/T2
3/L2	→	3/L2	4/T2 → 2/T1
5/L3	→	5/L3	6/T3 → 6/T3

- d. De las salidas del relé térmico conectar con los terminales del motor trifásico.

2 → (U1, U5)

4 → (V1, V5)

6 → (W1, W5)

- e. Conectar W2, U2 y V2 entre sí mediante los cables de conexión para poder accionar el motor trifásico, obligatoriamente debe conectar entre sí los terminales del motor eléctrico que se encuentra en el banco de pruebas como se muestra en la *Figura 153*.

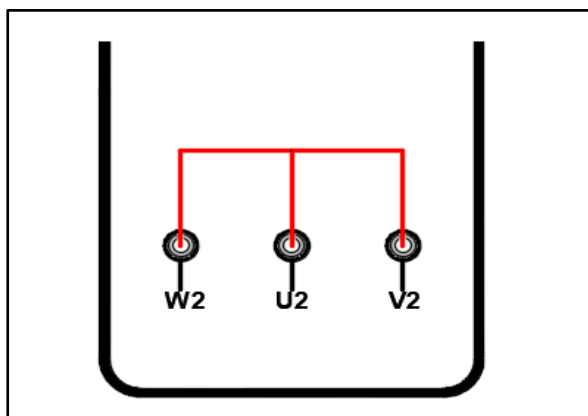


Figura 153. Conexión de terminales

▪ FUNCIONAMIENTO

- a. Al pulsar **P1** se activará el contactor **KM1** e inmediatamente el motor girará en un sentido.

- b. EL Pulsante **P4** (RESET) desactiva el circuito, esto hará que se desenergice el contactor **KM1** y se podrá pulsar **P2**, e inmediatamente se activará el contactor **KM2**, así como el motor trifásico girando en sentido contrario.
- c. Para detener el funcionamiento en cualquier instante basta con pulsar **P4**.

Secuencia de armado del circuito de control

- a. Conectar de la línea de alimentación (L) con la entrada del pulsante (P4), de la salida de este a la entrada de (P1), de su salida la entrada del contactor (KM1) y posteriormente al neutro.
- b. De la entrada del contactor (KM1) conectar a la entrada de una lámpara (H1) y de su salida al neutro.
- c. Luego conectar a la entrada de (P1) con un contacto (NO) de (KM1) y de su salida con la salida de (P1) para el enclavamiento.
- d. De la salida de (P3) a la entrada de (P2), de su salida a la entrada de otro contacto (NO) de (KM1), de ahí a la entrada del contactor (KM2) y su salida al neutro.
- e. De la entrada del contactor (KM2) conectar a la entrada de una lámpara (H2) y de su salida al neutro.
- f. Conectar la entrada de (P2) con la entrada de un contacto (NO) de (KM2) entre sí y de su salida a la otra salida del contacto (NO) de (KM1) para el enclavamiento.
- g. De la entrada del contacto (NO) de (KM2) para el enclavamiento, conectar a la entrada de P3, de su salida a la entrada de otro contacto (NO) de (KM2), de ahí a la entrada del contactor (KM3) y su salida al neutro.
- h. De la entrada del contactor (KM3) conectar a la entrada de una lámpara (H3) y de su salida al neutro.
- i. Conectar la entrada de (P3) con la entrada de un contacto (NO) de (KM3) entre sí y de su salida a la otra salida del contacto (NO) de (KM2) para el enclavamiento.

▪ **FUNCIONAMIENTO**

- a. Los contactores se activarán de forma estricta pulsando una secuencia de la siguiente manera **P1 - P2 - P3**.
- b. Al pulsar de manera incorrecta no se energizarán los contactores.
- c. Primero pulse **P1** y activará el contactor **KM1** y sus contactos **NO**, esto permitirá activar el pulsador **P2**.
- d. Al pulsar **P2** energiza al contactor **KM2** y sus contactos **NO**, posibilitando para que se pueda presionar el siguiente pulsador.
- e. Al pulsar **P3** se activará el contactor **KM3**, cumpliendo con las condiciones establecidas.
- f. Las luces piloto indican la activación de los contactores.
- g. Mediante el pulsador **P4** puede desactivar el circuito en cualquier momento regresando a su estado inicial.

	MANUAL DE OPERACIÓN	
---	----------------------------	---

TEMA	4.7 Puesta en marcha y paro automático de un motor trifásico mediante un controlador programable (Logo 230RCE).
-------------	--

INSTRUCCIONES

- a. Observar y verificar que los dispositivos, conexiones eléctricas que integran el banco de pruebas se encuentren conectadas correctamente, en caso de encontrar algún problema se informará inmediatamente al docente encargado para corregirlo.
 - b. Los interruptores principales del banco de pruebas deben estar desactivados (posición OFF), para realizar las conexiones necesarias.
 - c. Realizar el circuito de control y de fuerza.
- **COMUNICACIÓN DEL LOGO POR CABLE ETHERNET CON EL ORDENADOR**
 - a. Conectar el cable Ethernet entre el ordenador y el Logo.
 - b. Activar el Logo, dirigirse a la opción RED, pulsar OK. Se muestra la dirección IP, máscara subred y pasarela, *Figura 155*.



Figura 155. Dirección IP

- c. Luego, Dirigirse al ordenador, buscar el panel de control, escoger la opción Redes e Internet (Ver el estado y tareas de red), buscamos la red a cual se conectó el Logo, dar clic sobre la red, posteriormente en propiedades, seleccionamos la opción protocolo de internet versión 4 (TCP/IPv4), marcar la casilla “usar la siguiente dirección IP” y por último llenar los espacios vacíos de la dirección IP como se observa en las **Figuras 156**, **157**, **158** y **159** correspondientemente.

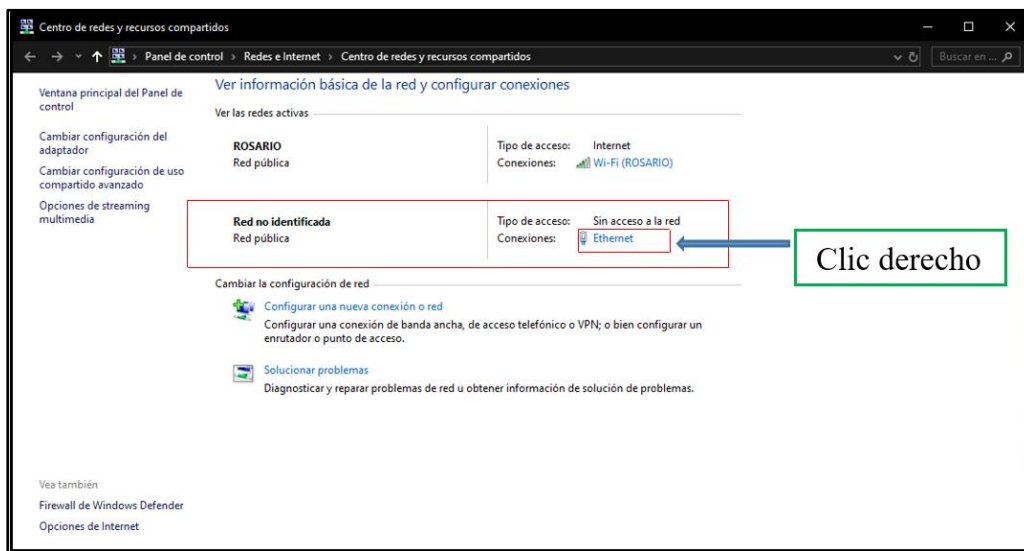


Figura 156. Búsqueda de la red

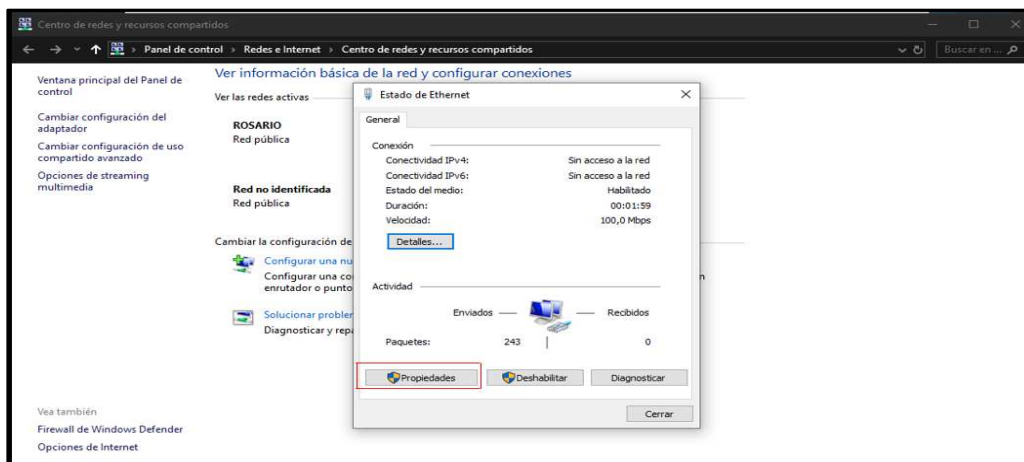


Figura 157. Configuración de la red

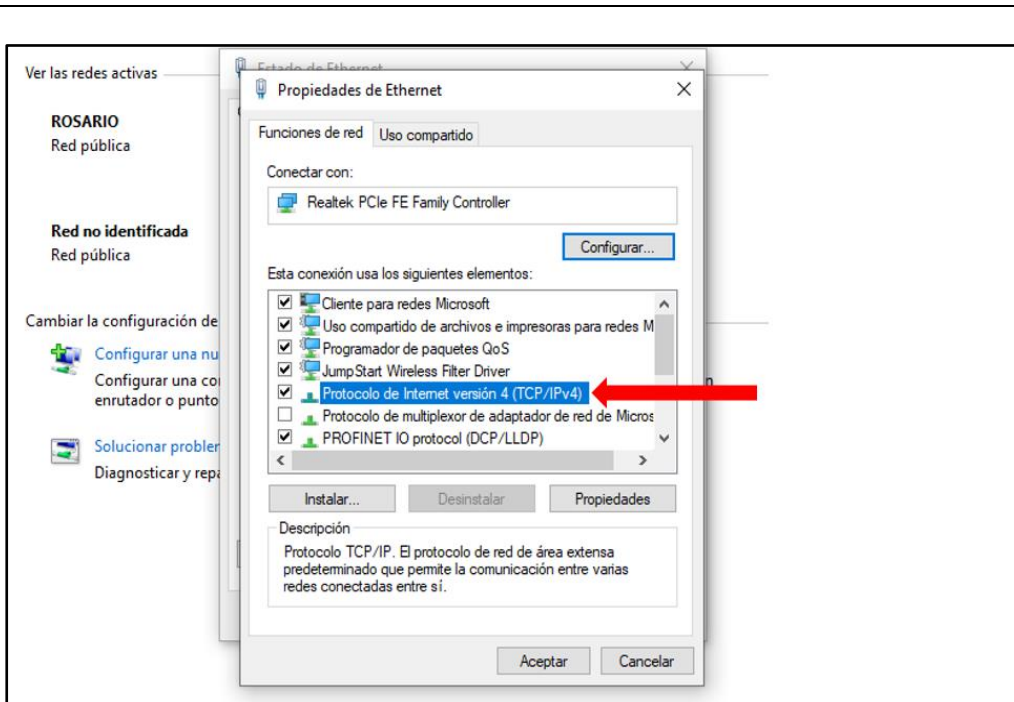


Figura 158. Selección de protocolo de internet versión 4 (TCP/IPv4)

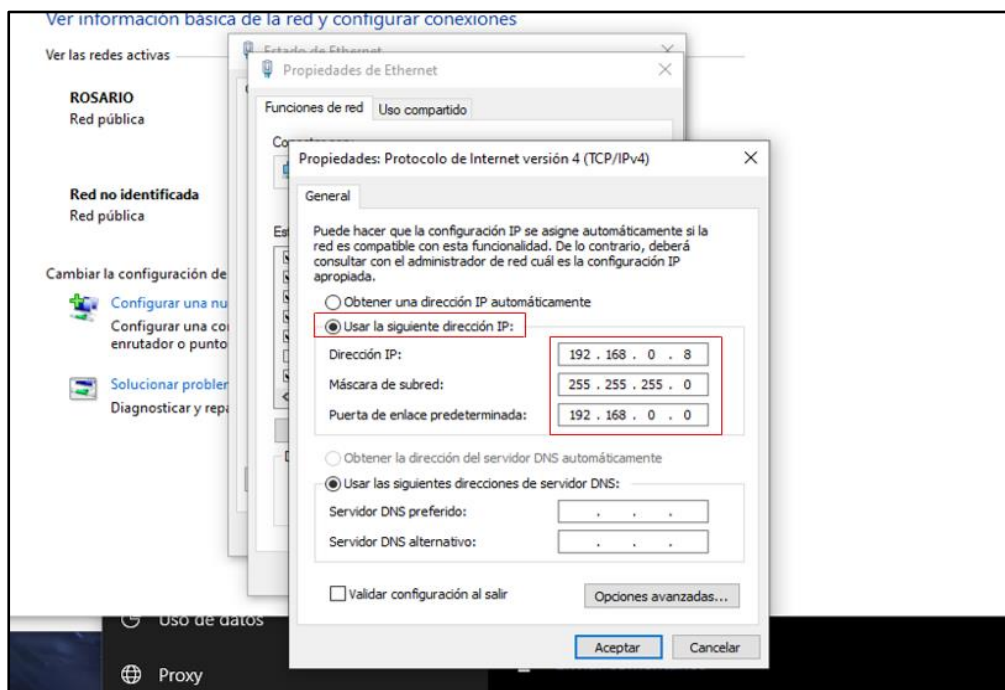


Figura 159. Introducción de IP

PROGRAMACIÓN EN EL SOFTWARE

Abrir el programa, elegir un archivo nuevo, seleccionar el lenguaje de programación gráfico KOP (Kontaktplan), conocido también como esquema de contactos o de escaleras, luego escoger la opción “**agregar un nuevo diagrama**”, realizar la siguiente configuración, y por último dar clic en aceptar como se muestran en la *Figura 160* y *Figura 161*.

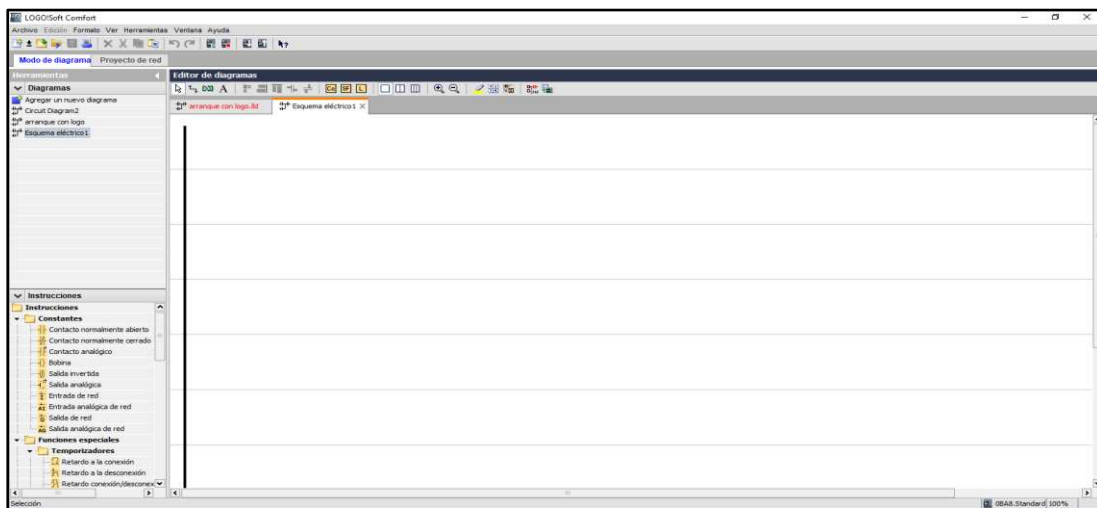


Figura 160. Inicio del programa

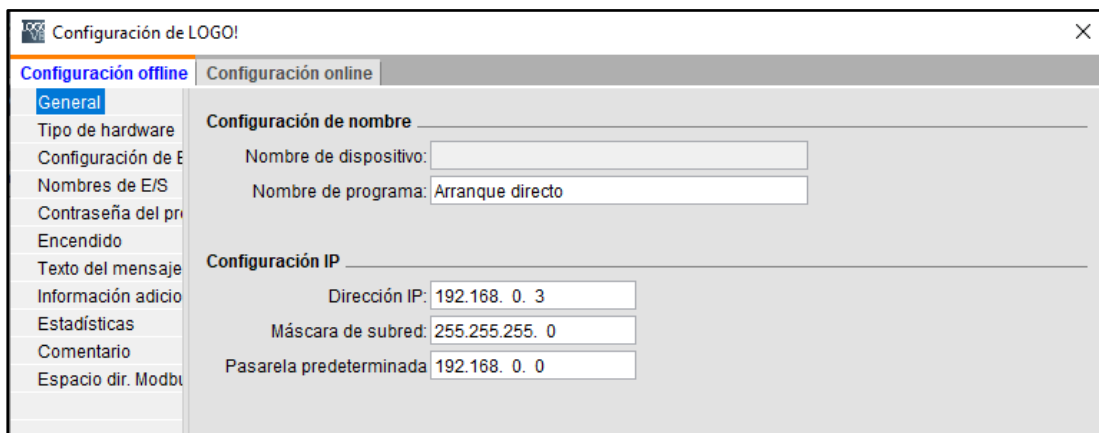


Figura 161. Configuración del LOGO!

Luego dirigirse a “**Instrucciones**” seleccionar 3 contactos normalmente abiertos, 2 normalmente cerrados, 1 salida y un temporizador retardo a la conexión, para realizar la programación, **Figura 162**.

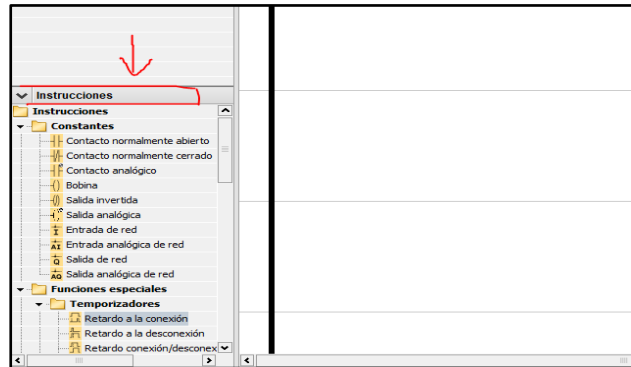


Figura 162. Cuadro de instrucciones

Realizar la siguiente programación en el software LOGO! Soft Comfort V8.2., que se indica en la **Figura 163**.

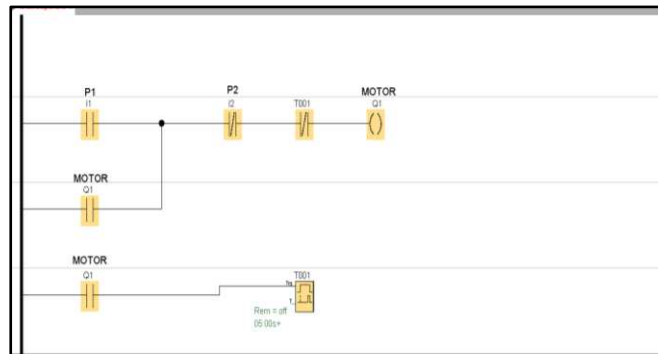


Figura 163. Programación

Secuencia de programación

- Utilizar una entrada (I1) el cual denominaremos (P1) para marcha del motor y otra entrada (I2) de paro como (P2) para desactivar el circuito en cualquier instante.
- Mediante líneas de conexión virtuales conectar a la barra de alimentación a la entrada de (P1) y de su salida a la entrada del (P2).

- c. De la salida de (P2) conectar a una entrada normalmente cerrada de (T001) del temporizador retardo a la conexión, (el cual desactivará el circuito de forma automática después de haber transcurrido un tiempo determinado), seguidamente a una salida de (Q1).
- d. En el siguiente segmento de abajo, colocar una entrada normalmente abierto de (Q1) el cual estará conectado a la barra de alimentación y de la salida de este, a la salida de (P1) para realizar el enclavamiento.
- e. En la parte inferior, conectar la barra de alimentación con otra entrada de (Q1). Y por último con el temporizador retardo a la conexión.
- f. Dar doble clic sobre el temporizador (Trg) determinar un tiempo de 5 o 10 segundos para su desconexión como se muestra en la **Figura 164**.

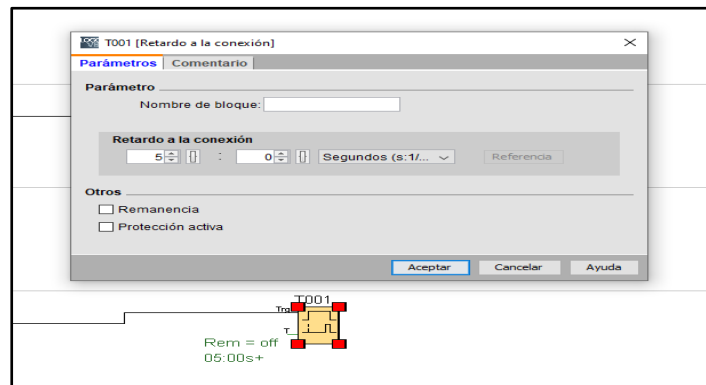


Figura 164. Determinación del tiempo a la conexión

- g. Realizar la simulación correspondiente para verificar su funcionamiento.

CARGADO DE LA PROGRAMACIÓN AL LOGO

Efectuado la programación y su simulación en el software se debe proceder a cargar en el equipo.

- d. Energizar el controlador lógico mediante el interruptor de activación y desactivación del

mismo.

- e. Conectar la interfaz del logo con el ordenador mediante un cable Ethernet, una vez conectado, seguimos los siguientes pasos:
 - Dirigirse a la opción PC -> LOGO que se encuentra en la barra de herramientas y ejecutarlo, *Figura 165*.



Figura 165. Cargado de la programación

- Aparecerá la interfaz para el ordenador y el Logo, verificar que se muestre la dirección de IP de destino, seleccionar los parámetros que se encuentran en la ventana, dar clic en probar, observar hasta que se establezca la conexión como se muestra en las *Figuras 166 y 167*.

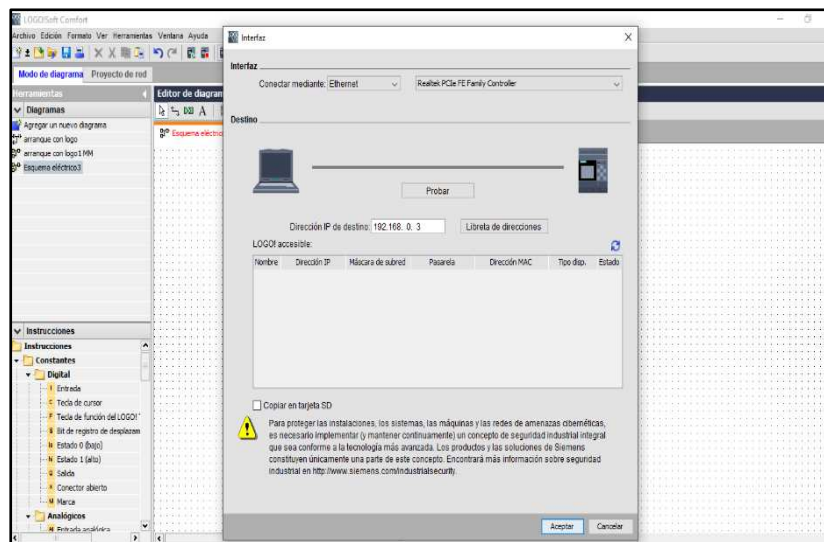


Figura 166. Interfaz

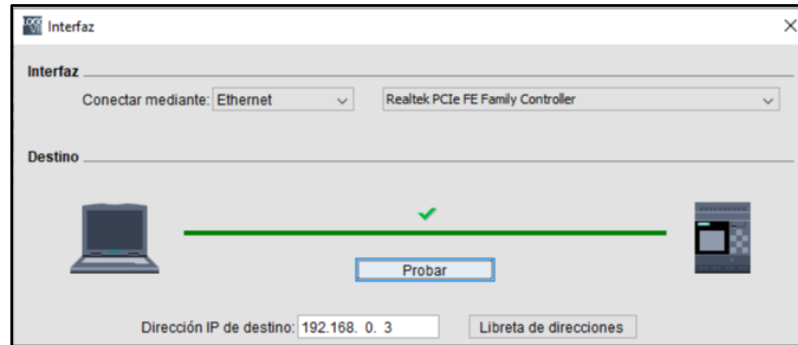


Figura 167. Conexión establecida entre el LOGO y el ordenador

- Por último, aparecerá un mensaje para poner en modo operación RUN, dar clic en sí,

Figura 168.

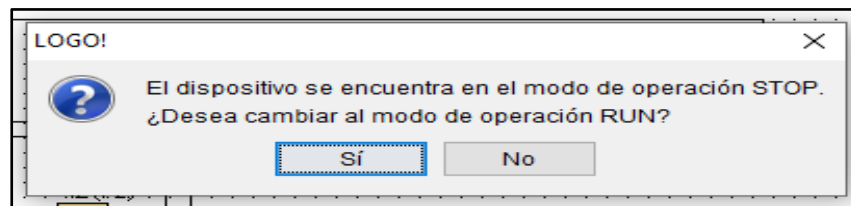


Figura 168. Modo de operación

- Cuando la programación entra en funcionamiento el Logo muestra el siguiente mensaje, notificando que se encuentra en modo RUN, **Figura 169.**



Figura 169. Logo en modo RUN

Circuito de control

Desenergizar el Logo y procedemos a ejecutar el cableado del Logo. Realizar el circuito de control que se muestra en la **Figura 170**.

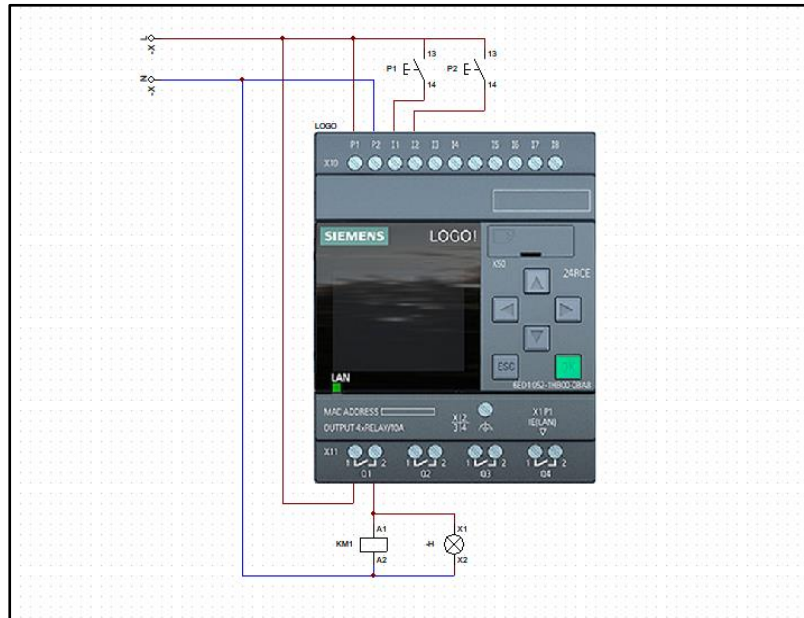


Figura 170. Circuito de control del Logo 230RCE

Secuencia de armado del circuito de control

- Conectar de la línea principal (L) y neutro (N) a la alimentación del Logo. De la misma alimentación conectar con la entrada de un pulsador (P1), de su salida a una entrada del LOGO!.
- De la entrada de (P1) conectar a otro pulsante (P2) y de este a otra entrada del dispositivo.
- Conectar la alimentación principal con la entrada de (Q1), de su salida a la entrada del contactor (KM1) y su respectivo neutro.

- d. Realizar una conexión en paralelo entre el contactor (KM1) y la luz piloto (H1) para la señalización.

Secuencia de armado del circuito de control

- Conectar la fuente de alimentación del logo.
- De la línea (L) conectar al pulsador de marcha (P1) de su salida a la entrada del pulsante de paro (P2) y de su salida a una entrada del logo.
- Realizar la conexión entre la línea (L) de la alimentación del logo con una de las salidas del mismo y la otra salida conectar con la entrada del contactor de fuerza (KM1) con su respectivo neutro.
- De la misma alimentación (L) del logo conectar a la entrada de un contacto normalmente abierto (NO) de (KM1) y de su salida a la entrada de la lámpara (H1), de esta salida a neutro.

Circuito de fuerza

Realizar el circuito de fuerza que se muestra en la **Figura 171**.

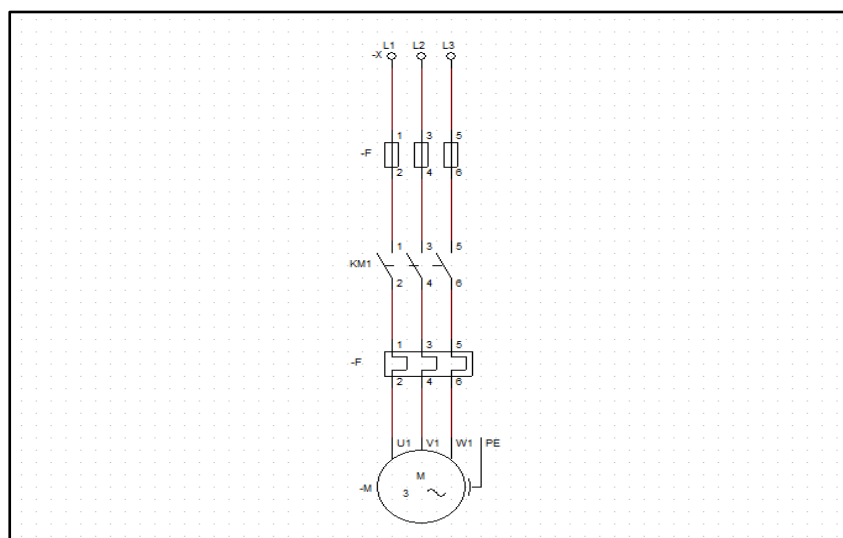


Figura 171. Circuito de fuerza para el arranque directo

Secuencia de armado del circuito de fuerza

- b. Conectar las líneas de alimentación trifásica con las entradas del contactor KM1.

R → 1/L1

S → 3/L2

T → 5/L3

- c. Conectar las salidas del contactor KM1 con las entradas del relé térmico.

2/T1 → 1

4/T2 → 3

6/T3 → 5

- d. De las salidas del relé térmico conectar con los terminales del motor trifásico.

2 → (U1, U5)

4 → (V1, V5)

6 → (W1, W5)

- e. Conectar W2, U2 y V2 entre sí mediante los cables de conexión para poder accionar el motor trifásico, obligatoriamente debe conectar los terminales del motor eléctrico que se encuentra en el banco de pruebas como se muestra en la *Figura 172*.

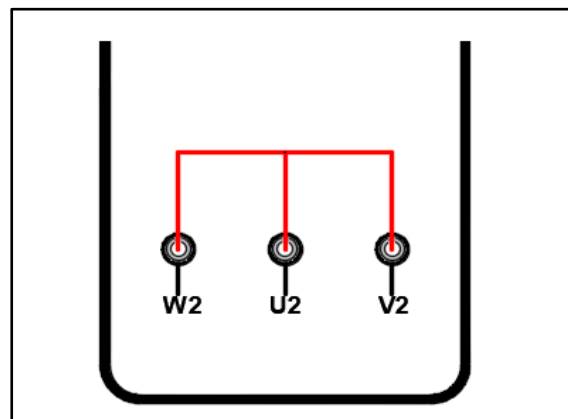


Figura 172. Conexión de terminales

▪ FUNCIONAMIENTO

- a. Energizar el interruptor de activación del Logo.
- b. Al pulsar **P1** el motor trifásico se activará e inmediatamente la luz piloto **H1** permanecerá activa durante 10 segundos.
- c. Después de haber transcurrido los 10 segundos el motor se desactivará.
- d. El pulsante **P2** detendrá el funcionamiento en cualquier momento regresando el circuito a su estado inicial.



TECNOLOGÍA SUPERIOR EN ELECTROMECAÁNICA

4.8 MANUAL DE MANTENIMIENTO

BANCO DE PRUEBAS DE CONTROL INDUSTRIAL

RESPONSABLE

Velasco Panchi Cesar Ramiro

LATACUNGA - ECUADOR



▪ **Importante**

Antes de realizar cualquier tipo de mantenimiento a un equipo eléctrico del banco de pruebas de control industrial, obligatoriamente se debe desacoplar el conector trifásico de la fuente principal, así como las conexiones eléctricas de los dispositivos que serán sometidos a dicho proceso.

MANTENIMIENTO

▪ **Introducción**

Se le puede definir al mantenimiento como un conjunto de técnicas con la finalidad de conservar los equipos e instalaciones eléctricas durante el mayor tiempo posible y con su máximo rendimiento.

Las actividades de mantenimiento adecuadas permitirán conservar la vida útil de los equipos eléctricos que se encuentran en el banco de pruebas libre de fallas, anomalías que puedan trabajar sin ningún problema con la finalidad de prevenir un riesgo eléctrico gracias al buen estado de los dispositivos.

4.8.1 Tipos de mantenimiento a ejecutar

Cada equipo e instalación eléctrica debe estar sujeta a un tipo de mantenimiento específico, ya que no se puede aplicar lo mismo por igual, por lo tanto, los que utilizamos son los siguientes:



a. Mantenimiento predictivo

Es una serie de acciones y técnicas que se aplican, los cuales permiten informar permanentemente el estado, así como la operatividad de los equipos e instalaciones eléctricas tomando en cuenta todos los factores que puedan provocar una falla en los dispositivos.

b. Mantenimiento preventivo

Es la intervención de la máquina o dispositivo eléctrico para la conservación de los mismos mediante la realización de una reparación que garantice su buen funcionamiento y fiabilidad, antes de una avería. **Fuente especificada no válida.**

Aspectos positivos al ejecutar un tipo de mantenimiento

- Mayor vida útil de los equipos y dispositivos eléctricos
- Aumenta la disponibilidad
- Incrementa la seguridad en la manipulación de los componentes eléctricos
- Existe mayor calidad y eficacia en la práctica que realicen
- Mayor fiabilidad

Las tareas de mantenimiento que se aplicará a los equipos eléctricos de control y fuerza es necesario identificar variables físicas tales como: consumo de corriente, vibración, estado de los cables de conexión, temperatura que permitirá mejorar su rendimiento y alargar su vida útil de trabajo.



Análisis de posibles averías

- Una pieza del equipo o dispositivo eléctrico queda completamente deteriorada.
- Algunas piezas funcionan, pero no cumplen con su trabajo de manera correcta.
- Calentamiento excesivo de alguna pieza del componente eléctrico.

Posibles causas

- Mal estado de los cables eléctricos o que presenten imperfecciones de fábrica.
- Manipulación inadecuada de los equipos y dispositivos de control.
- Condiciones ambientales, sobre cargas, cortocircuitos.
- El sobre dimensionamiento
- Selección incorrecta de materiales

En la *Figura 173*, se puede observar los tipos de mantenimiento que se ejecutarán a los componentes que integran el banco de pruebas de control industrial para el arranque de motores trifásicos.



Figura 173. Tipos de mantenimiento



4.8.2 Mantenimiento predictivo

PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO DEL BANCO DE PRUEBAS

El plan de mantenimiento predictivo, así como el preventivo se divide en dos secciones, la primera destinada a los componentes de fuerza como es el motor trifásico y la segunda a los elementos de maniobra y control.

El mantenimiento predictivo es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina o de un dispositivo eléctrico donde se aplica un método de medición de diferentes parámetros mediante equipos diseñados para determinar las variables físicas con la finalidad de obtener el estado operativo adecuado de la máquina.

Es importante aclarar que en este tipo de mantenimiento no existe el desmontaje del equipo.

Sección 1

Mantenimiento predictivo para el motor trifásico

Consiste en evaluar el estado del motor trifásico mediante la medición de parámetros y condiciones del equipo, por lo tanto, se debe observar los datos de la ficha técnica de la máquina, donde podamos establecer un diagnóstico de la misma, el cual permita realizar un mantenimiento preventivo a futuro.



Las tareas de mantenimiento serán ejecutadas bajo la supervisión del docente encargado.

Tomando en cuenta que el motor eléctrico trabajará a un 50% de su totalidad, es decir, si la máquina es utilizada 3 días por semana durante el tiempo establecido se recomienda el intervalo de mediciones que se encuentra en la **tabla 5**.

Tabla 5

Actividades de mantenimiento predictivo para el motor trifásico

ACTIVIDADES	INTERVALO DE REVISIÓN
Medición de vibraciones (Desbalance, desalineación y daños en rodamientos).	12 meses
Verificación de temperatura (Devanados, terminales de conexión).	8 meses
Verificación de corriente de arranque del motor	Cada práctica
Verificación de corriente de trabajo del motor	Cada práctica
Medición de aislamiento de los devanados	12 meses
Medición del índice de polaridad	12 meses
Medición de resistencia de aislamiento a tierra	6 meses
Verificación de ajuste de los terminales en la caja de conexiones	6 meses

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Medición de vibraciones (desalineación y daños en rodamientos)



Para evaluar las condiciones del funcionamiento mecánico con respecto al: desbalance, desalineación y daños en rodamientos, se utilizará un analizador de vibraciones, el cual representa variables tales como velocidad, aceleración y desplazamiento en relación al tiempo en ondas u oscilaciones permitiendo detectar el estado de la máquina.

Verificación de temperatura (Devanados y terminales de conexión)

Para verificar si existe un elevado calentamiento en la superficie del motor eléctrico o puntos calientes en sus terminales de conexión, se emplea un equipo especializado (cámara termográfica), la cual utiliza el método de la termografía infrarroja generando un mapeado de las temperaturas en la superficie de la máquina. La temperatura de operación es de 40 grados centígrados, por lo tanto la temperatura de los devanados no deben exceder de los 40 o 50 grados centígrados.

Verificación de la corriente de arranque del motor y verificación de corriente de trabajo

Se realizará la observación de la corriente nominal y de arranque a través del indicador de corriente que integran en el banco de pruebas teniendo como referencia I_a : 3.3 A y I_n : 1.65 A. Por lo tanto, es necesario visualizar las mediciones cada vez que se utilice el motor ya que un aumento en esos valores indica la presencia de algún problema en los rodamientos o un problema eléctrico en los devanados.



Medición de aislamiento de los devanados

Debe ser realizado con la ayuda de un Megger, aplicando a los devanados una tensión de 500V en corriente continua desde el equipo, verificando el aislamiento que tienen entre ellos, además, se debe tomar en cuenta que si tenemos menos de $16M\Omega$ el aislamiento se encuentra en mal estado, entre $16M\Omega$ - $51M\Omega$ esta regular (si puede trabajar) y si tiene más de $51M\Omega$ quiere decir que está en perfectas condiciones para su operación.

Medición del índice de polaridad

Para la ejecución de esta medición se utilizara un Megger y un multímetro (para la verificación de continuidad de los terminales entre sí), se debe configurar en el megger estableciendo un voltaje de 500V en el transcurso de un minuto y 10 minutos para obtener el índice de polarización, este es un valor que nos informa sobre el estado de humedad y limpieza de la máquina, tiene como finalidad conocer el estado del aislamiento bobina - tierra con mayor precisión que la resistencia de aislamiento basado en un tiempo determinado. Además, un valor bajo del índice de polarización indicará que existe una corriente alta de conducción o de fugas, originada por suciedad y humedad.



Medición de resistencia de aislamiento a tierra

Se ejecuta mediante la ayuda de un equipo especial llamado probador de aislamiento a tierra, o Mega óhmetro donde se debe aplicar una tensión de 500V en corriente continua entre la carcasa (estator) con cada uno de los devanados para localizar fallas de aislamiento y evaluar el estado de la máquina para su operación.

Verificación de ajuste de los terminales en la caja de conexiones

Cuando el sistema se encuentra apagado se debe realizar una inspección y verificación de los bornes principales de alimentación (tornillos de los terminales, tuercas, pernos, conexiones) debido a que se debilitan con el tiempo, esto da como resultado un micro espacio entre el cable y el terminal, lo cual produce una gran corriente que se concentra en un área de contacto pequeña. Con un aumento en la abertura pueden producirse chispas acompañadas de calor. Por lo tanto se empleará una cámara termográfica con la finalidad de prevenir y detectar puntos calientes. Además, para evitar estos problemas, es necesario apretar las tuercas conexiones y de los demás elementos con las herramientas adecuadas evitando el aflojamiento.



Sección 2

Mantenimiento predictivo a los componentes de maniobra y control

La conservación de los componentes de maniobra y control depende del ciclo de trabajo que vayan a cumplir. Debido a la forma que han sido distribuidos están protegidos contra agentes atmosféricos (ambiente húmedo) y elementos que puedan dañar el dispositivo afectando su funcionamiento, por lo tanto el mantenimiento predictivo los mismos es mínimo.

En el análisis de los dispositivos de maniobra y control se ha tomado en consideración la operatividad de los mismos para cada práctica, teniendo en cuenta un 100% por semana se recomienda un intervalo de revisión que se encuentra en la **tabla 6**, que son los siguientes:

Tabla 6

Actividades de mantenimiento predictivo a los componentes de maniobra y control

ACTIVIDADES	INTERVALO REVISIÓN
Verificación de continuidad (pulsadores, paro de emergencia, selector, interruptores y conductores eléctricos)	2 meses
Verificación de continuidad en los contactores (contactos NA y NC)	6 meses
Verificación de temperatura de los dispositivos eléctricos (terminales de conexión) y fusibles.	6 meses



DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Verificación de continuidad (pulsadores, paro de emergencia, selector, interruptores y conductores eléctricos)

Se debe realizar con la ayuda de un multímetro para verificar la continuidad de los contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados de los pulsadores, paro de emergencia, selector, interruptores y conexiones eléctricas. Para ejecutar esta acción debe dirigirse a la parte posterior del banco de pruebas.

Verificación de continuidad en contactores (contactos NA y NC)

Consiste en verificar la continuidad mediante un multímetro de los contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados de cada uno de los contactores del banco de pruebas. La cual permitirá determinar el estado en que se encuentra el dispositivo al estar sometidos a diferentes periodos de trabajo.

Verificación de temperatura de los dispositivos eléctricos (terminales de conexión) y fusibles

Se debe realizar con la ayuda de una cámara termográfica para detectar la existencia de puntos calientes en los terminales de conexión de cada componente eléctrico así como también la verificación de temperatura del trabajo nominal en los contactores, estos no debe exceder de su valor establecido.



Para la verificación de los fusibles se debe medir la continuidad de los mismos mediante la utilización de un multímetro.

4.8.3 Mantenimiento preventivo

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL BANCO DE PRUEBAS

Sección 1

Mantenimiento preventivo para el motor trifásico

Es importante realizar acciones periódicas de mantenimiento para alargar su vida útil y mantenerla operativa, para la cual se ejecuta una serie de operaciones de optimización en los componentes que integran el motor eléctrico permitiendo su buen funcionamiento antes de llegar al límite de falla donde se reemplaza el elemento deteriorado completamente, este tipo de mantenimiento tiene como finalidad la de prevenir paros inesperados en la máquina o a su vez ocasionar daños irreparables, *Figura 174*.



Figura 174. Mantenimiento preventivo

Fuente: (Ramos, 2015)



Según el análisis que sea ha realizado a los elementos que integran el banco de pruebas de control industrial se ha tomado en cuenta los siguientes intervalos de tiempo para ejecutar el mantenimiento preventivo del motor trifásico, En la **tabla 7**, se puede observar las actividades a ejecutar.

Tabla 7

Actividades de mantenimiento preventivo para el motor trifásico

ACTIVIDADES	INTERVALO TIEMPO
Limpieza general (carcasa y bobinados)	12 meses
Secado de los bobinados	12 meses
Limpieza y lubricación de los rodamientos	12 meses
Mantenimiento de la caja de bornes y conexiones (por aspiración)	6 meses

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Limpieza general (carcasa y bobinados)

En el proceso de la limpieza de la máquina, se recomienda quitar toda la suciedad posible mediante una aspiración adecuada. Por lo tanto, “al final de estas operaciones, utilizar aire comprimido para quitar las eventuales escorias todavía presentes” (ELECTRO ADDA, s.f.).



Los bobinados, deberán ser limpiados con solvente dieléctrico mediante un rociador o cepillo, los residuos deben retirarse aplicando aire seco antes de ser puestos bajo tensión. El tiempo primordial para conseguir un secado satisfactorio es enormemente ligado de las propiedades del ambiente como la temperatura y la humedad. Los bobinados limpiados con solvente dieléctrico secan indicativamente en precisamente dos horas a temperatura ambiente.

Secado de los bobinados

Secado de los bobinados La humedad degrada de la resistencia de aislamiento de los bobinados de las máquinas eléctricas y debe ser eliminada antes de que la máquina sea puesta en servicio. Entonces, si la máquina está expuesta a la lluvia o en un sitio abierto con humedad elevada, es completamente primordial llevar a cabo un secado eficiente. Si los motores están equipados con unas resistencias internas, cuando el motor no está alimentado, es preciso energizar las resistencias para impedir la formación de humedad en el interior. (ELECTRO ADDA, s.f.)

Mantenimiento y limpieza de los rodamientos

El mantenimiento de un rodamiento óptimo y actualizado logrará ampliar la vida útil de estas piezas, así como aumentar la operatividad del motor eléctrico, evitando, de esta manera, posibles fallos. La lubricación de los rodamientos se debe realizar preferiblemente durante las



planificaciones de parada de la máquina. Periódicamente se debe eliminar la grasa ya usada, debe tener en cuenta que deben limpiarse los engrasadores para inyectar la grasa nueva.

Para la selección de la grasa adecuada se recomienda una de temperatura media (MT). Estas grasas son "multiuso" para rodamientos que funcionan a temperaturas de – 30 a 120 centígrados. Se puede usar en la amplia mayoría de las aplicaciones lubricadas con grasa. La velocidad del aceite base debe ser entre 75 y 200 mm/s a 40°C.

Cada vez que se desmonta la máquina “para la limpieza general, se recomienda lavar los rodamientos con un solvente adecuado” (ELECTRO ADDA, S. f.). Además se debe observar si hay presencia de aceite se procede a limpiarlo con una franela retirando contaminantes que puedan afectar el funcionamiento del motor.

Mantenimiento de la caja de bornes y conexiones

Se debe realizar una limpieza mediante la utilización de una aspiradora en la caja de conexión, retirando los depósitos de polvo en los espacios vacíos y verificando que no exista oxidación en los bornes, caso contrario se debe ejecutar una limpieza con los materiales adecuados y con la ayuda de un limpiador contactos eléctricos (electrical contact cleaner), el cual permite eliminar rápidamente la grasa o suciedad sin dejar residuos a través de la pulverización, proporcionando un fluido incoloro de secado rápido dejando en perfectas condiciones.



Sección 2

Mantenimiento preventivo a los componentes de maniobra y control

Al ser analizados los componentes de maniobra y control (pulsadores, paro de emergencia, selector, luces piloto, logo 230RCE, interruptores), se tomó en consideración el tiempo de trabajo de los mismos para cada práctica, por lo tanto, los elementos estarán sometidos al 100% de su operatividad, debido a esto se recomienda un intervalo de tiempo que se encuentra en la **tabla 8**, para para la ejecución de las actividades correspondientes

Tabla 8

Actividades de mantenimiento preventivo a los componentes de maniobra y control

ACTIVIDADES	INTERVALO DE TIEMPO
Limpieza de contactos de los componentes eléctricos	8 meses
Ajuste de tornillos de los terminales de los elementos eléctricos	6 meses
Revisión del estado físico de los dispositivos eléctricos	6 meses
Revisión del estado de cables, terminales y etiquetado	Cada práctica

DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Limpieza de contactos de los componentes eléctricos

Es de gran importancia realizar la limpieza de los diferentes elementos de control y maniobra.



Se debe retirar el polvo mediante el empleo de una brocha tanto la parte externa e interna de los elementos eléctricos, así como también se puede utilizar un limpiador contactos eléctricos (electrical contact cleaner), el cual permite eliminar rápidamente la grasa o suciedad, el modo de empleo es muy sencillo, tan solo se debe desconectar la alimentación eléctrica, pulverizar sobre la zona a tratar y dejarlo actuar.

Ajuste de tornillos de los terminales de los elementos eléctricos y revisión del estado físico de los dispositivos eléctricos

Consiste en ajustar todos los terminales de los dispositivos eléctricos con la ayuda de herramientas adecuadas, además se debe prestar atención en cada componente detectando si tiene rastros de deterioro o alguna anomalía para posteriormente desarmarlo, definir la causa de falla y corregirlo.

Revisión del estado de cables, terminales y etiquetado

Una conexión eléctrica floja, tiende a causar posibles fallas, por lo tanto, se realizará una inspección visual del estado en el que se encuentran los cables y sus conectores eléctricos.



Se debe reemplazar por uno nuevo tomando en cuenta la conexión del dispositivo que se encuentre conectado. Así como también, si los terminales jacks presentan movimiento se debe realizar un reajuste de los mismos hasta quedar sujetos correctamente, verificar que el conductor de puesta a tierra esté bien ajustado.

Inspeccionar que tengan su respectiva numeración y etiquetas en cada conductor para tener información en caso de realizar un mantenimiento o si existe un daño poder observar a qué conexión pertenece.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se seleccionó y se identificó los componentes eléctricos y electrónicos adecuados para la implementación de acuerdo a cada una de sus características permitiendo la ejecución de trabajos prácticos en un 100%.
- Se instalaron los dispositivos eléctricos y electrónicos en el banco de pruebas de control industrial funcionamiento de manera óptima para el arranque de motores trifásicos.
- Se elaboró un manual de mantenimiento y operación donde contiene esquemas de control, conceptos eléctricos, secuencias de armado de circuitos y normas de seguridad que facilitan la interacción del estudiante con el banco de pruebas.
- En el manual puede encontrar las recomendaciones para el mantenimiento de cada uno de los elementos que integran el banco de pruebas para la conservación de los mismos y maximizando su rendimiento en cada una de las prácticas

5.2 Recomendaciones

- Una adecuada selección de los componentes eléctricos y electrónicos identificando cada una de sus características permite una larga vida útil de los dispositivos evitando el deterioro rápido de los mismos.
- Se debe instalar dispositivos eléctricos y electrónicos en el banco de pruebas de control industrial que permitan un buen funcionamiento de los mismos para el arranque de motores trifásicos garantizando fiabilidad y durabilidad.
- Se recomienda revisar el manual de operaciones y mantenimiento como guía para el adecuado desarrollo de las prácticas.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AWG.- American Wire Gauge. Clasificación de calibres o espesor de elementos metálicos de sección circular (conductores eléctricos).

PVC.- Material termoplástico obtenido del cloruro de vinilo, obtenido por la combinación de etileno y cloro.

SINUSOIDAL.- Representa el valor de un parámetro de la Corriente alterna a través de un tiempo continuamente variable, en un par de ejes cartesianos marcados en amplitud y tiempo.

FEM.- Es la energía proveniente de cualquier fuente, medio o dispositivo que suministre corriente eléctrica.

FLUJO.- Es el movimiento de la corriente o tensión en una dirección determinada.

MALLAS.- Es un conjunto de ramas que forman un camino cerrado y que no contienen ninguna otra línea cerrada en su interior.

NORMAS ASA.- (American Estándar Asociación), es el sistema americano utilizado en los Estados Unidos y en todos los países bajo su influencia industrial regido por esta norma

NEMA.- Es una asociación industrial estadounidense. National Electrical Manufacturers Association (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos).

SIEMENS.- Es un conglomerado de compañías alemana con sedes en Berlín y Múnich considerada como la más grande compañía de construcción industrial de Europa con 190 sucursales en todo el mundo. Siemens trabaja en 4 sectores principales: el área industrial, energético, de salud (Siemens Healthineers) y de infraestructuras y ciudades.

LOGO.- Módulo lógico inteligente que permite el control de varias salidas mediante la programación de varias entradas.

KCMIL.- Kilo Circular MIL

HERTZ.- Unidad de medida de la frecuencia del Sistema Internacional de Unidades para la medición de frecuencias de ondas con respecto al tiempo.

KOP.- Sus siglas en alemán que significan Kontaktplan también conocido como diagrama de contactos o de escalera.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Enríquez Harper, G. (2004). *El Libro Práctico De Los Generadores, Transformadores Y Motores Eléctricos*. Mexico, D. F.: LUMINISA, S.A.
- Alvarado, E. W., Proaño , R. I., & Vera , C. X. (2015). *Diseño e implementación de un banco de pruebas para control industrial programable (tesis de posgrado, Universidad Politécnica Salesiana)*. Repositorio Institucional - Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil.
- Álvarez Pulido, M. (2004). *Controladores Lógicos*. Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- Armijos , V., Aguilera, D., & Conza , E. (2011). *Diseño y construcción de un tablero de control y mando de motores, con el sistema Electromecánico y Sistema Digital (PLC)*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA, Loja. Recuperado el 01 de 12 de 2019, de <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/18049>
- Balcells, J., & Romeral, J. (1997). *AUTÓMATAS PROGRAMABLES*. Barcelona: Marcombo.
- Bautista, M. (06 de Agosto de 2010). *La máquina de corriente continua como motor*. Recuperado el 10 de 12 de 2019, de Monografías.com: <https://www.monografias.com/trabajos82/maquina-corriente-continua-como-motor/maquina-corriente-continua-como-motor2.shtml>
- Cárdenas , R. G., & Villacís, J. Z. (2015). *Diseño e implementación de modulo didáctico (Tablero Metálico) para prácticas de laboratorios de controles industriales con aplicaciones en arranque e inversión de giro de motores (tesis de posgrado, Universidad Politécnica Salesiana)*. Repositorio Institucional - Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil.
- Casals, P., & Bosch, R. (2005). *Máquinas eléctricas Aplicaciones de ingeniería eléctrica a instalaciones navales y marinas. Practicas*. Barcelona.
- Caticuago, C., & Perugachi, S. (2019). *Construcción de un módulo didáctico para aplicaciones de control industrial con un relé programable (tesis de pregrado, Escuela Politécnica Nacional)*. Repositorio Institucional - Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- Cerdá , L. (2017). *Electricidad y automatismos electricos*. Madrid: Paraninfo, S. A.
- Donate, A. (1999). *PRINCIPIOS DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA II*. Barcelona: MARCOMBO, S.A.
- ELECTRO ADDA. (s.f.). *MOTORES ASINCRONOS TRIFASICOS. MANUAL DE INSTRUCCIONES*. Recuperado el 10 de 01 de 2020, de http://www.sismec.com/docs/motores/trifasico_mono/Manual%20uso%20mantenimiento.pdf

- ELECTRO ADDA. (S. f.). *MOTORES ASÍNCRONOS TRIFÁSICOS*. Recuperado el 20 de 12 de 2019, de MANUAL DE INSTRUCCIONES:
http://www.sismec.com/docs/motores/trifasico_mono/Manual%20uso%20mantenimiento.pdf
- Enríquez Harper, G. (2005). *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales*. Mexico, D. F.: LUMINISA, S. A.
- Enriquez Harper, G. (2012). *El ABC del Control Electrónico de las Máquinas Eléctricas*. Mexico, D. F.: Luminisa.
- Enríquez, G. (2004). *Guía Practica Para El Calculo De Instalaciones Eléctricas*. Mexico, D. F.: EDITORIAL LUMINISA, S. A.
- García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Madrid: Ediciones Díaz de Santos, S. A.
- García Trasancos, J. (2019). *Electrotecnia 350 conceptos teóricos 800 problemas 12.ª edición*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- García, J. A. (Septiembre de 2015). *Que es el factor de potencia*. Recuperado el 09 de 12 de 2019, de Asi Funciona:
http://www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_factor_potencia/ke_factor_potencia_4.htm
- Gonzales, S. (2001). *MÁQUINAS ELÉCTRICAS ESTÁTICAS: TEORÍA Y PROBLEMAS RESUELTOS*. Lima: SALVADOR EDITORES.
- Gouveia, R. (28 de Junio de 2019). *Ley de Ohm*. Recuperado el 09 de 12 de 2019, de
<http://www.todamateria.com/ley-de-ohm/>
- GreenFacts. (2019). *Corriente alterna y corriente continua*. Recuperado el 28 de 12 de 2019, de
<https://www.greenfacts.org/es/glosario/abc/corriente-alterna.htm>
- Harper, G. (1989). *El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales*. Mexico, D.F.: Luminisa S.A.
- Harper, G. (2005). *El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales*. Mexico, D.F.: Luminisa S. A.
- Harper, G. (2005). *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales*. Mexico, D.F.: LIMUSA, S.A.
- Hyde, J., Regué, J., & Cuspinera, A. (1997). *Control electroneumático y electrónico*. Barcelona: Marcombo S. A.
- Kosow, I. (1993). *Máquinas eléctricas y transformadores*. Mexico: Wordcrafters Editorial Services.

- Liwschitz, M., & Whipple, C. (1981). *Máquinas de corriente alterna*. Mexico: Compañía Editorial Continental, S. A.
- López Arenales, J. (s. f.). *MOTORES ELÉCTRICOS. Proyectos de Ingeniería Mecánica*. Recuperado el 10 de 12 de 2019, de DOCPLAYER: <https://docplayer.es/7240065-Motores-electricos-proyectos-de-ingenieria-mecanica-ing-jose-carlos-lopez-arenales.html>
- Marino, A. (Octubre de 2011). *Conceptos básicos de motores monofásicos*. Recuperado el 11 de 12 de 2019, de https://www.researchgate.net/publication/235752028_Motores_Monofasicos-conceptos_basicos
- Martín Castillo, J. C. (2017). *Electrónica*. EDITEX.
- Martín, J. C. (2012). *Máquinas eléctricas*. Madrid: Editex, S. A.
- Mecafenix, F. (27 de Marzo de 2017). *Tipos de motores eléctricos*. Recuperado el 27 de 12 de 2019, de Ingeniería Mecafenix: <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/tipos-motores-electricos/>
- Menéndez Gonzáles, M. (2006). *Manual para la formación de operadores de grua torre*. LEX NOVA.
- Moreano, A. R. (2019). *Diseño e implementación de un sistema distribuido empleando protocolo de comunicación industrial enfocado a los objetos (IIOT), para el control y monitoreo remoto en tiempo real (RT) a través de la web en el Laboratorio de Hidrónica y Neutrónica de la Uni*. Repositorio Institucional - Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Electromecánica.
- Ojeda, M., Serrano, J., & Parra, E. (2004). *Laboratorio virtual de electrotecnia: prácticas de corriente alterna y máquinas eléctricas*. Madrid.
- Olmo, M., & Nave, R. (08 de Julio de 2015). *Ley de Ampere*. Recuperado el 18 de 12 de 2019, de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/magnetic/amplaw.html>
- Pauzhi, W. (08 de Mayo de 2012). *Regla mano izquierda motores*. Recuperado el 18 de 12 de 2019, de Monografías.com: <https://www.monografias.com/trabajos92/fundamentos-conceptuales-del-electromagnetismo/fundamentos-conceptuales-del-electromagnetismo.shtml>
- Prada, M. (2014). Motor eléctrico. Recuperado el 19 de 12 de 2019
- Prada, M., Chourio, N., Villalobos, N., Yedra, W., Hinojosa, E., & Vargas, R. (2019). *Motor eléctrico trifásico*. Obtenido de Monografías.com: <https://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

- Pulido, O. (03 de Junio de 2013). *Motores en corriente alterna*. Recuperado el 29 de 12 de 2019, de ACADEMIA.EDU:
https://www.academia.edu/20964783/MOTOR_DE_CORRIENTE_ALTERNA
- Raffino, M. E. (11 de Octubre de 2019). *Concepto de electricidad*. Recuperado el 18 de 12 de 2019, de Concepto de.: <http://concepto.de/electricidad-2/>
- Ramos, F. (20 de Septiembre de 2015). *Motores eléctricos*. Recuperado el 18 de 12 de 2019, de <https://es.slideshare.net/FaustoARamosPuc/mantenimiento-a-motor-electrico>
- Rojas, L. (26 de Agosoto de 2008). *Motores de corriente continua*. Recuperado el 16 de 12 de 2019, de Monografias.com: <https://www.monografias.com/trabajos61/motores-corriente-continua/motores-corriente-continua.shtml>
- Rosenberg, R. (1985). *Reparación de motorers eléctricos*. Mexico. D.F.: Gustavo Gili, S. A.
- Sanchez, R., & Contreras , E. (2010). Clasificación de los motores eléctricos. *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRÁCTICAS EN MOTORES ELÉCTRICOS, COMO APOYO A LA ASIGNATURA DISEÑO DE MÁQUINAS II*. Universidad Industrial Santander Facultad de Ingenierías Físicomecánicas, Bucaramanga.
- Senner, A. (1994). *Principio de electrotecnia*. Barcelona: Reverté, S. A.
- Siemens AG. (2003). Recuperado el 14 de 01 de 2020, de LOGO! Manual:
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf
- Siemens AG. (06 de 2003). *Manual LOGO!* Recuperado el 21 de 12 de 2019, de https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf
- Tercero, E. (2019). *Implementación de un banco de pruebas para el arranque de motores trifásicos mediante la utilización de un controlador lógico programable "PLC" con su respectivo manual de operaciones para el laboratorio de Maquinas Eléctricas de la U.E "19 DE SIEMPTIEMBR*. Universidad de las fuerzas Armadas ESPEL, Latacunga.
- Unidad Educativa Técnico Salesiano. (s. f.). *Conexión estrella - triángulo*. Obtenido de <https://automatismoskets.wordpress.com/>
- Vázquez, S. (2013). *Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas*. Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- Vázquez, S. (2019). *Configuración de instalaciones domóticas y automáticas*. Madrid: EDICIONES PARANINFO SA.
- Wolfgang, M. (1994). *ELECTROTECNIA DE POTENCIA: CURSO SUPERIOR*. Barcelona: REVERTÉ, S.A.
- Xucla, S. (s.f.). *Motor eléctrico*. Recuperado el 28 de 12 de 2019, de <https://sites.google.com/site/santirrazocultor/motor-universal>

ANEXOS