



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previa la obtención del Título de:

INGENIERO ELÉCTRICO

TEMA

“Diseño e Implementación de Módulo de Electro-neumática Industrial Educativo”

AUTORES

Génesis Lissette Maliza Paladines

Byron Fabricio Feijoo Román

DIRECTOR: Ing. César Antonio Cáceres Galán Msc.

GUAYAQUIL

2019

CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **GENESIS LISSETE MALIZA PALADINES** y **BYRON FABRICIO FEJOO ROMÁN** autorizamos a la **Universidad Politécnica Salesiana** la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaramos que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Guayaquil, 29 de enero del 2019.

Génesis Lissette Maliza Paladines
C.C. 0952004042

Byron Fabricio Feijoo Román
C.C. 0707002051

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **GENESIS LISSETE MALIZA PALADINES**, con documento de identificación N° **0952004042**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del trabajo de grado titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO DE ELECTRO-NEUMÁTICA INDUSTRIAL EDUCATIVO**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 29 de enero del 2019.

Génesis Lissette Maliza Paladines

C.C. 0952004042

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS

Yo, **BYRON FABRICIO FEJOO ROMÁN**, con documento de identificación N° **0707002051**, manifiesto mi voluntad y cedo a la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA** la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado titulado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO DE ELECTRO-NEUMÁTICA INDUSTRIAL EDUCATIVO**” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de **INGENIERO ELÉCTRICO**, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos antes cedidos.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscrito este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 29 de enero del 2019.

Byron Fabricio Fejoo Román

C.C. 0707002051

**CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR**

Yo, **CÉSAR ANTONIO CÁCERES GALÁN**, director del proyecto de Titulación denominado “**Diseño e Implementación de Módulo de Electro-neumática Industrial Educativo**” realizado por los estudiantes, **Génesis Lissette Maliza Paladines** y **Byron Fabricio Feijoo Román**, certifico que ha sido orientado y revisado durante su desarrollo, por cuanto se aprueba la presentación del mismo ante las autoridades pertinentes.

Guayaquil, 29 de enero del 2019.

Ing. César Antonio Cáceres Galán Msc.

C.C. 0911477776

DEDICATORIA

Primero a Dios, por darme la fuerza, la energía y la tenacidad necesaria para alcanzar esta meta.

Puedo llenar un libro dedicando este logro a cada una de las personas que estuvieron presentes con sus palabras, pero existe una persona en especial a quién quiero dedicarle esta meta, ella es mi abuelita Mariana.

Una persona que estuvo siempre pendiente de mí desde que nací, es como mi segunda mamá, ella me hizo amar las matemáticas porque cada vez que tenía vacaciones escolares no podía salir a jugar sino hacía las planas de las tablas, que la editorial y demás.

Cuando tuve la genial idea de darme el año sabático, ella no me lo permitió; porque mi anhelo de ser ingeniera se volvió el sueño de ella.

Todo este proceso fue muy duro y de mucho esfuerzo, todos los días por la noche antes de llegar a mi casa, yo pasaba por la de ella y me preguntaba que como iba con la tesis y decía *“Yo rezó para que todo salga bien, usted va a lograrlo con la ayuda de Dios”*, Ella sabía cuándo mi día no había sido el mejor sin necesidad de hablar, mi abuelita sólo me abrazaba y me decía que todo estaría bien.

Ella luchó contra todo pronóstico, el año pasado por el mes de junio los médicos nos dijeron que la dejemos descansar que ya no era cuestión de ciencia sino de Dios que sólo un milagro podía salvarla y cuando se recuperó, ella sólo dijo que volvió para verme graduada.

A mis padres y a mi hermano por creer en mí, por darme palabras de aliento cuando yo ya no podía continuar, por su confianza y sobre todo por el apoyo incondicional que me brindaron, por guiarme siempre hacer las cosas correctas.

Génesis Lissette Maliza Paladines

DEDICATORIA

Dedicar inicialmente este trabajo a Dios, porque su voluntad me ha permitido llegar hasta estas instancias, tomando en todo momento las riendas de mi camino deparándome lo más conveniente.

A mis padres, Byron y Luxiola, quienes fueron la mayor motivación para que esto suceda, por sus palabras de aliento y buenos consejos que eternamente los llevaré presentes. Valoro y destaco su lucha incansable para darme todo lo necesario para cumplir esta meta. A ellos que día y noche trabajan por un mejor porvenir para sus hijos.

A mis tíos, Manuel y María, quienes me abrieron las puertas de su hogar por muchos años brindándome todas las comodidades, apoyándome en cada momento y deseándome siempre lo mejor.

A mis hermanos, Jean Pierre y Romina, que supieron comprender mis prioridades antes que las de ellos, insto a que sigan el buen ejemplo que como hermano mayor les doy.

A mi abuelita Sabina, que se preocupa y vive pendiente de mi bienestar, y que cada día me incluye en sus oraciones para recibir las bendiciones del todopoderoso.

Byron Fabricio Feijoo Román

AGRADECIMIENTOS

Queremos empezar agradeciendo a Dios por darnos la fortaleza para continuar en este duro y largo camino.

A nuestros padres y hermanos, porque nos enseñaron a ser perseverantes, por decirnos las palabras idóneas cuando nos sentíamos estresados y desmotivados, por disuadirnos y decirnos que lo íbamos a lograr.

A nuestro tutor, el Ing. César A. Cáceres Galán, por tenernos la paciencia necesaria y darnos sus palabras de aliento, por compartir todos sus conocimientos con nosotros.

A nuestros amigos, porque son la familia que nosotros elegimos tener, por sus palabras, sus consejos, por creer en nosotros, por escucharnos en esos momentos que sentíamos que no podíamos lograrlo.

Génesis Lissette Maliza Paladines

Byron Fabricio Feijoo Román

RESUMEN

Tema: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE MÓDULO DE ELECTRO-NEUMÁTICA INDUSTRIAL EDUCATIVO

Autores: Génesis L. Maliza P., Byron F. Feijoo R.

Director del Proyecto de Titulación: Ing. César Antonio Cáceres Galán Msc.

El proyecto de titulación en mención tiene como propósito crear un módulo educativo que sea didáctico, versátil, robusto y amigable con el estudiante, el mismo se encuentra conformado por equipos de control y automatización, en virtud de ello para demostrar la funcionalidad de este se procedió a desarrollar diez prácticas que simulan procesos industriales los que son implementadas en el módulo antes mencionado.

El proyecto está conformado por equipos de control y automatización, entre ellos un autónoma programable, pantalla HMI, relés y de más dispositivos que se encontrarán montados en láminas de aluminio que podrán ser removibles del módulo; durante la ejecución de las prácticas el estudiante será capaz de visualizar e interactuar con cada una de ellas, de tal forma que para la comunicación de los equipos de automatización se asignarán direcciones IP estáticas; mientras que para utilizar los elementos neumáticos será necesario colocar una placa perfilada que sea abatible hasta 45° para la estabilidad de los equipos y adecuado manejo por el estudiante.

El módulo previamente citado se localizará en el nuevo Laboratorio de Sensores & Actuadores Electro-neumáticos, será de gran beneficio para los estudiantes y docentes de las carreras técnicas ya que podrán disponer de una valiosa herramienta en la que pueden poner en práctica lo que se estudia en la teoría.

Palabras clave: Módulo Educativo, Autónoma Programable, Pantalla HMI, Automatización Industrial, Lenguaje KOP, Electro-neumática.

ABSTRACT

Subject: DESIGN AND IMPLEMENTATION OF ELECTRO-PNEUMATIC
EDUCATIONAL INDUSTRIAL MODULE

Authors: Genesis L. Maliza P., Byron F. Feijoo R.

Director of Titling Project: E.E. César Antonio Cáceres Galán Msc.

The Titling Project purpose is to create an educational module, versatile, didactic, robust and friendly to the students. To demonstrate its functionality; ten practices that simulate industrial process were implemented.

The module is conformed by control and automation equipment such as: Programmable Autonomous, HMI screen, relays, etc. This hardware is installed on metal (aluminum) sheets, where they can be removed from the module if is required. All along the implementation of the different practices the student will be able to visualize and interact each one of them. For the communication of the automation units, statics IP address will be assigned while for power units a profiled plate must be folded up to 45° for stability and student comfort.

The module will be installed in the Laboratory of Electro-Pneumatic Sensor & Actuators. It will be of great benefit for students and teachers from technical careers; since they will have a valuable tool in which they can put into practice what is studied.

Keywords: Educational Module, Programmable Autonomous, HMI Screen, Industrial Automation, KOP Language, Electro-Pneumatic.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág.
PORTADA.....	I
CERTIFICADOS DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UPS.....	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN SUSCRITO POR EL TUTOR.....	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
ÍNDICE DE CONTENIDOS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XXI
ÍNDICE DE TABLAS	XXVII
ÍNDICE DE ECUACIONES	XXVIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XXIX
ABREVIATURAS.....	XXX
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I	2
1. EL PROBLEMA	2
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Antecedentes	2
1.3. Importancia y alcances	3
1.4. Delimitación	4
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo general	5
1.5.2. Objetivos específicos	5
1.6. Marco metodológico	6
1.6.1. Hipótesis.....	6
 CAPÍTULO II	 7
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. Estado del arte	7
2.2. Módulos educativos para la formación técnica en laboratorios	7
2.2.1. Enseñanza y aprendizaje en la educación superior	7
2.2.2. Técnicas pedagógicas.....	8
2.2.3. Módulo didáctico	9
2.3. Generalidades de la electro-neumática.....	10
2.3.1. Introducción	10
2.3.2. Historia.....	10
2.3.3. Aplicaciones	11
2.4. Principios físicos	13
2.4.1. Aire.....	13
2.4.2. Presión.....	14
2.4.3. Caudal	15
2.4.4. Potencia y energía neumática.....	16
2.4.5. Corriente eléctrica	17
2.4.6. Tensión eléctrica	18
2.4.7. Potencia eléctrica	18
2.4.8. Electromagnetismo.....	19

2.5.	Aire comprimido	20
2.5.1.	Ventajas y desventajas	20
2.6.	Sistemas electro-neumáticos	21
2.7.	Generación de aire comprimido	22
2.7.1.	Compresor	22
2.7.2.	Acumulador.....	23
2.8.	Distribución de aire comprimido	23
2.8.1.	Componentes.....	24
2.8.2.	Tipología de red abierta	24
2.9.	Tratamiento de aire comprimido.....	25
2.9.1.	Filtro de aire	26
2.9.2.	Regulador de presión.....	26
2.9.3.	Lubricador	27
2.10.	Válvulas neumáticas.....	27
2.10.1.	Válvulas distribuidoras.....	27
2.10.2.	Vías y posiciones	28
2.10.3.	Tipos de mandos	30
2.10.4.	Válvula 2/2	32
2.10.5.	Válvula 3/2	33
2.10.6.	Válvula 5/2	33
2.11.	Cilindros neumáticos.....	34
2.11.1.	Simple efecto.....	35
2.11.2.	Doble efecto	36
2.12.	Accesorios neumáticos.....	36
2.12.1.	Mangueras	37
2.12.2.	Racores	37
2.12.3.	Silenciadores	38
2.13.	Diseño de circuitos neumáticos.....	38
2.13.1.	Secuencia de movimientos	39
2.13.2.	Diagrama de fases	39
2.13.3.	Diagrama de estados	40
2.13.4.	Diagrama de mandos.....	40
2.14.	Componentes eléctricos	41
2.14.1.	Interruptor termo magnético	41

2.14.2.	Base porta fusible	41
2.14.3.	Fuente de poder	42
2.14.4.	Relé	43
2.14.5.	Detector magnético	44
2.14.6.	Conectores y borneras	44
2.14.7.	Pulsador.....	45
2.14.8.	Luz piloto	46
2.15.	Equipos de automatización	46
2.15.1.	Autómata programable.....	47
2.15.2.	Módulo de expansión	47
2.15.3.	Panel touch HMI	48
2.15.4.	Switch.....	49
2.16.	Comunicación industrial	50
2.16.1.	Pirámide de automatización industrial	50
2.16.2.	PROFINET.....	52
2.17.	Programación	52
2.17.1.	Lenguaje KOP	52
2.17.2.	LOGO! Soft Comfort	53
2.17.3.	TIA Portal	53
CAPÍTULO III.....		54
3. MATERIALES Y MÉTODOS		54
3.1.	Diseño y construcción del módulo didáctico	54
3.2.	Láminas del módulo didáctico	58
3.2.1.	Lámina DISTRIBUCIÓN	58
3.2.2.	Lámina LOGO! POWER 24V/2.5A	59
3.2.3.	Lámina LOGO! 12/24RCE – LOGO! DM8 12/24R – SCALANCE X005 60	
3.2.4.	Lámina ZÓCALO RELÉ – 24VDC/8P	62
3.2.5.	Lámina PULSADORES Y LUCES PILOTOS	63
3.2.6.	Lámina PANTALLA HMI – KTP700 BASIC	64
3.3.	Montaje y cableado	65
3.3.1.	Equipamiento de láminas	65

3.3.2.	Alimentación del tablero	67
3.3.3.	Adecuación de electroválvulas.....	68
3.3.4.	Ensamblaje de conductores	70
3.4.	Comunicación entre dispositivos	71
3.4.1.	Asignación de IP al PC	71
3.4.2.	Asignación de IP al LOGO!.....	72
3.4.3.	Asignación de IP a la HMI.....	74
CAPÍTULO IV	77
4. PRÁCTICAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO	77
4.1.	Práctica 1: MANDO INDIRECTO DE UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO.....	77
4.1.1.	Objetivo general	77
4.1.2.	Objetivos específicos	77
4.1.3.	Duración.....	77
4.1.4.	Recursos	77
4.1.5.	Procedimiento	79
4.1.6.	Secuencia.....	80
4.1.7.	Diagrama de mandos.....	80
4.1.8.	Tabla de variables	81
4.1.9.	Diagrama neumático	81
4.1.10.	Diagrama de control.....	82
4.1.11.	Programación	82
4.1.12.	Diseño de la pantalla HMI	85
4.1.13.	Implementación en el módulo educativo	89
4.1.14.	Resultado.....	90
4.1.15.	Conclusiones	90
4.2.	Práctica 2: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE UNA EMBOTELLADORA CON INICIO CONDICIONADO	91
4.2.1.	Objetivo general	91
4.2.2.	Objetivos específicos	91
4.2.3.	Duración.....	91
4.2.4.	Recursos	91

4.2.5.	Procedimiento	92
4.2.6.	Secuencia.....	92
4.2.7.	Diagrama de mandos.....	92
4.2.8.	Tabla de variables	93
4.2.9.	Diagrama neumático	93
4.2.10.	Diagrama de control.....	94
4.2.11.	Programación	95
4.2.12.	Diseño de la pantalla HMI	95
4.2.13.	Implementación en el módulo educativo	96
4.2.14.	Resultado.....	97
4.2.15.	Conclusiones	97
4.3.	Práctica 3: ACCIONAMIENTO DE UNA CUCHARA COLADA.....	98
4.3.1.	Objetivo general	98
4.3.2.	Objetivos específicos	98
4.3.3.	Duración.....	98
4.3.4.	Recursos	98
4.3.5.	Procedimiento	99
4.3.6.	Secuencia.....	99
4.3.7.	Diagrama de mandos.....	99
4.3.8.	Tabla de variables	100
4.3.9.	Diagrama neumático	100
4.3.10.	Diagrama de control.....	101
4.3.11.	Programación	102
4.3.12.	Diseño de la pantalla HMI	102
4.3.13.	Implementación en el módulo educativo	103
4.3.14.	Resultado.....	104
4.3.15.	Conclusiones	104
4.4.	Práctica 4: SISTEMA DE DESCARGA DE MATERIAL.....	105
4.4.1.	Objetivo general	105
4.4.2.	Objetivos específicos	105
4.4.3.	Duración.....	105
4.4.4.	Recursos	105
4.4.5.	Procedimiento	106
4.4.6.	Secuencia.....	106

4.4.7.	Diagrama de mandos.....	107
4.4.8.	Tabla de variables	107
4.4.9.	Diagrama neumático	107
4.4.10.	Diagrama de control.....	108
4.4.11.	Programación	109
4.4.12.	Diseño de la pantalla HMI	109
4.4.13.	Implementación en el módulo educativo	110
4.4.14.	Resultado.....	111
4.4.15.	Conclusiones	111
4.5.	Práctica 5: DESPLAZAMIENTO DE CAJAS	112
4.5.1.	Objetivo general	112
4.5.2.	Objetivos específicos	112
4.5.3.	Duración.....	112
4.5.4.	Recursos	112
4.5.5.	Procedimiento	113
4.5.6.	Secuencia.....	113
4.5.7.	Diagrama de fases	114
4.5.8.	Diagrama de estados	114
4.5.9.	Diagrama de mandos.....	114
4.5.10.	Tabla de variables	115
4.5.11.	Diagrama neumático	115
4.5.12.	Diagrama de control.....	116
4.5.13.	Programación	117
4.5.14.	Diseño de la pantalla HMI	117
4.5.15.	Implementación en el módulo educativo	118
4.5.16.	Resultado.....	119
4.5.17.	Conclusiones	119
4.6.	Práctica 6: MANIPULACIÓN DE PIEZAS	120
4.6.1.	Objetivo general	120
4.6.2.	Objetivos específicos	120
4.6.3.	Duración.....	120
4.6.4.	Recursos	120
4.6.5.	Procedimiento	121
4.6.6.	Secuencia.....	121

4.6.7.	Diagrama de fases	122
4.6.8.	Diagrama de estados	122
4.6.9.	Diagrama de mandos.....	122
4.6.10.	Tabla de variables	123
4.6.11.	Diagrama neumático	123
4.6.12.	Diagrama de control.....	124
4.6.13.	Programación	125
4.6.14.	Diseño de la pantalla HMI	126
4.6.15.	Implementación en el módulo educativo	127
4.6.16.	Resultado.....	127
4.6.17.	Conclusiones	127
4.7.	Práctica 7: SEÑALIZACIÓN DE CAJAS	128
4.7.1.	Objetivo general	128
4.7.2.	Objetivos específicos	128
4.7.3.	Duración.....	128
4.7.4.	Recursos	128
4.7.5.	Procedimiento	129
4.7.6.	Secuencia.....	129
4.7.7.	Diagrama de fases	130
4.7.8.	Diagrama de estados	130
4.7.9.	Diagrama de mandos.....	130
4.7.10.	Tabla de variables	131
4.7.11.	Diagrama neumático	132
4.7.12.	Diagrama de control.....	132
4.7.13.	Programación	133
4.7.14.	Diseño de la pantalla HMI	135
4.7.15.	Implementación en el módulo educativo	136
4.7.16.	Resultado.....	137
4.7.17.	Conclusiones	137
4.8.	Práctica 8: PLEGADORA NEUMÁTICA	138
4.8.1.	Objetivo general	138
4.8.2.	Objetivos específicos	138
4.8.3.	Duración.....	138
4.8.4.	Recursos	138

4.8.5.	Procedimiento	139
4.8.6.	Secuencia.....	139
4.8.7.	Diagrama de fases	140
4.8.8.	Diagrama de estados	140
4.8.9.	Diagrama de mandos.....	140
4.8.10.	Tabla de variables	141
4.8.11.	Diagrama neumático	141
4.8.12.	Diagrama de control.....	142
4.8.13.	Programación	143
4.8.14.	Diseño de la pantalla HMI	145
4.8.15.	Implementación en el módulo educativo	146
4.8.16.	Resultado.....	147
4.8.17.	Conclusiones	147
4.9.	Práctica 9: PROCESO DE CORTE DE LAS TIRAS CHAPAS	148
4.9.1.	Objetivo general	148
4.9.2.	Objetivos específicos	148
4.9.3.	Duración.....	148
4.9.4.	Recursos	148
4.9.5.	Procedimiento	149
4.9.6.	Secuencia.....	149
4.9.7.	Diagrama de fases	150
4.9.8.	Diagrama de estados	150
4.9.9.	Diagrama de mandos.....	150
4.9.10.	Tabla de variables	151
4.9.11.	Diagrama neumático	151
4.9.12.	Diagrama de control.....	152
4.9.13.	Programación	153
4.9.14.	Diseño de la pantalla HMI	155
4.9.15.	Implementación en el módulo educativo	156
4.9.16.	Resultado.....	157
4.9.17.	Conclusiones	157
4.10.	Práctica 10: APILADOR DE CAJAS	158
4.10.1.	Objetivo general	158
4.10.2.	Objetivos específicos	158

4.10.3.	Duración.....	158
4.10.4.	Recursos	158
4.10.5.	Procedimiento	159
4.10.6.	Secuencia.....	159
4.10.7.	Diagrama de fases	160
4.10.8.	Diagrama de estados	160
4.10.9.	Diagrama de mandos.....	160
4.10.10.	Tabla de variables	161
4.10.11.	Diagrama neumático	162
4.10.12.	Diagrama de control.....	162
4.10.13.	Programación	163
4.10.14.	Diseño de la pantalla HMI	165
4.10.15.	Implementación en el módulo educativo	166
4.10.16.	Resultado.....	167
4.10.17.	Conclusiones	167
CAPÍTULO V		168
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		168
5.1.	Conclusiones	168
5.2.	Recomendaciones.....	169
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA		170
ANEXOS		176

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. MÓDULO DIDÁCTICO FESTO	9
FIGURA 2. ESTACIÓN ROBÓTICA FESTO	12
FIGURA 3. RELACIÓN DE PRESIONES	15
FIGURA 4. CORRIENTES ELÉCTRICAS	17
FIGURA 5. ELECTROMAGNETISMO	19
FIGURA 6. FLUJO DE SEÑALES	21
FIGURA 7. SÍMBOLO DE UN COMPRESOR	22
FIGURA 8. SÍMBOLO DE UN ACUMULADOR	23
FIGURA 9. RED NEUMÁTICA ABIERTA	24
FIGURA 10. SÍMBOLO DE UNA UNIDAD FRL	25
FIGURA 11. UNIDAD DE MANTENIMIENTO.....	25
FIGURA 12. SÍMBOLO DE UN FILTRO DE AIRE	26
FIGURA 13. SÍMBOLO DE UN REGULADOR	26
FIGURA 14. SÍMBOLO DE UN LUBRICADOR	27
FIGURA 15. SÍMBOLO DE VÍAS Y POSICIONES.	28
FIGURA 16. POSIBLES CONEXIONES ENTRE VÍAS.....	29
FIGURA 17. CAMBIO DE ESTADO DE UNA VÁLVULA	29
FIGURA 18. VÁLVULA 2/2 NC.....	32
FIGURA 19. VÁLVULA DE EMERGENCIA.....	32
FIGURA 20. VÁLVULA 3/2 NC.....	33
FIGURA 21. VÁLVULA 3/2 DE TRABAJO.....	33
FIGURA 22. VÁLVULA 5/2 NC.....	34
FIGURA 23. VÁLVULA 5/2 DE TRABAJO.....	34
FIGURA 24. PARTES DE UN CILINDRO	35
FIGURA 25. CILINDRO DE SIMPLE EFECTO.....	35
FIGURA 26. CILINDRO SIMPLE EFECTO DE TRABAJO.....	35
FIGURA 27. CILINDRO DE DOBLE EFECTO.....	36
FIGURA 28. CILINDRO DOBLE EFECTO DE TRABAJO.....	36
FIGURA 29. MANGUERAS.....	37
FIGURA 30. RACORES REDUCTORES.....	38

FIGURA 31.	SIMBOLOGÍA DE UN SILENCIADOR.	38
FIGURA 32.	SIMBOLOGÍA DE UN SILENCIADOR.	38
FIGURA 33.	EJEMPLO DIAGRAMA DE FASES.	39
FIGURA 34.	EJEMPLO DIAGRAMA DE ESTADOS.	40
FIGURA 35.	EJEMPLO DIAGRAMA DE MANDOS.	40
FIGURA 36.	INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.	41
FIGURA 37.	FUSIBLE Y PORTA FUSIBLE.	42
FIGURA 38.	LOGO! POWER 24 V/2.5 A.	43
FIGURA 39.	SIMBOLOGÍA DE UN RELÉ	43
FIGURA 40.	RELÉ.	44
FIGURA 41.	SENSOR MAGNÉTICO.	44
FIGURA 42.	PLUGS Y BORNERAS.	45
FIGURA 43.	PULSADORES.	45
FIGURA 44.	PULSADOR DE EMERGENCIA.	46
FIGURA 45.	LUCES PILOTO.	46
FIGURA 46.	LOGO! 12/24RCE.	47
FIGURA 47.	MÓDULO DE EXPANSIÓN.	48
FIGURA 48.	KTP700 BASIC.	49
FIGURA 49.	SCALANCE X005.	49
FIGURA 50.	PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN.	51
FIGURA 51.	LENGUAJE KOP	52
FIGURA 52.	LOGO! SOFT COMFORT V8.2.	53
FIGURA 53.	TIA PORTAL V13.	53
FIGURA 54.	VISTA FRONTAL DEL MÓDULO.	54
FIGURA 55.	VISTA SUPERIOR DEL MÓDULO.	55
FIGURA 56.	SOPORTE EN FORMA DE “L”.	55
FIGURA 57.	PICAPORTE PARA FIJACIÓN EN EL MÓDULO.	56
FIGURA 58.	MONTAJE DE LA PLACA PERFILADA.	56
FIGURA 59.	RIEL PARA DESLIZAMIENTO DE LÁMINAS.	57
FIGURA 60.	ACABADO DEL MÓDULO DIDÁCTICO.	57
FIGURA 61.	LÁMINA DISTRIBUCIÓN.	59
FIGURA 62.	LÁMINA LOGO! POWER 24V/2.5A.	60
FIGURA 63.	LÁMINA LOGO! 12/24RCE – LOGO! DM8 12/24R – SCALANCE X005.	61

FIGURA 64.	LÁMINA ZÓCALO RELÉ – 24VDC/8P.....	62
FIGURA 65.	LÁMINA PULSADORES Y LUCES PILOTOS.	63
FIGURA 66.	LÁMINA PANTALLA HMI – KTP700 BASIC.....	64
FIGURA 67.	MONTAJE RIEL DIN, PRENSA ESTOPA Y BORNERAS.....	65
FIGURA 68.	FIJACIÓN DE LOS EQUIPOS EN RIEL DIN.	66
FIGURA 69.	TERMINALES DE PUNTA Y OJO.....	66
FIGURA 70.	SOLDADOR Y ESTAÑO.	66
FIGURA 71.	PARTE POSTERIOR DE UNA LÁMINA.	67
FIGURA 72.	ALIMENTACIÓN DEL MÓDULO.	68
FIGURA 73.	ELECTROVÁLVULA DE FÁBRICA.....	68
FIGURA 74.	CAJA DE ELECTROVÁLVULA.	69
FIGURA 75.	ELECTROVÁLVULA ADECUADA.	69
FIGURA 76.	PARTES DE UN CONECTOR.	70
FIGURA 77.	ENSAMBLAJE DE UN CONECTOR.	70
FIGURA 78.	TOPOLOGÍA EN ESTRELLA.....	71
FIGURA 79.	CONFIGURACIÓN IP DEL PC.....	72
FIGURA 80.	CONFIGURACIÓN IP DEL LOGO!.....	73
FIGURA 81.	DIRECCIÓN IP EN LOGO! SOFT COMFORT.....	74
FIGURA 82.	CONFIGURACIÓN IP DE LA HMI.....	74
FIGURA 83.	DIRECCIONES IP EN TIA PORTAL.	75
FIGURA 84.	VERIFICACIÓN DIRECCIÓN IP HMI.....	76
FIGURA 85.	MÓDULO INDUSTRIAL.	78
FIGURA 86.	LÁMINAS DEL MÓDULO INDUSTRIAL.	78
FIGURA 87.	COMPUTADORA.	78
FIGURA 88.	CABLES DE CONEXIÓN, ETHERNET Y MANGUERAS.	79
FIGURA 89.	EQUIPOS ELECTRO-NEUMÁTICOS.	79
FIGURA 90.	BOSQUEJO PRÁCTICA 1.....	80
FIGURA 91.	DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 1.....	80
FIGURA 92.	DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 1.	81
FIGURA 93.	DIAGRAMA DE CONTROL PRÁCTICA 1.....	82
FIGURA 94.	PANEL DE PROGRAMACIÓN.	83
FIGURA 95.	PROGRAMACIÓN PRÁCTICA 1.....	84
FIGURA 96.	CARGAR PROGRAMA DE PC AL LOGO!.....	85
FIGURA 97.	CREAR PROYECTO CON TIA PORTAL.....	86

FIGURA 98.	CONFIGURAR UN DISPOSITIVO CON TIA PORTAL.....	86
FIGURA 99.	AGREGAR MODELO DE PANTALLA EN TIA PORTAL.....	87
FIGURA 100.	CONFIGURACIONES DE LA PANTALLA HMI.....	87
FIGURA 101.	DISEÑO HMI PRÁCTICA 1.....	88
FIGURA 102.	CARGAR CONFIGURACIÓN A LA PANTALLA HMI.....	89
FIGURA 103.	EJECUCIÓN PRÁCTICA 1.....	90
FIGURA 104.	BOSQUEJO PRÁCTICA 2.....	92
FIGURA 105.	DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 2.....	93
FIGURA 106.	DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 2.....	94
FIGURA 107.	DIAGRAMA DE CONTROL PRÁCTICA 2.....	94
FIGURA 108.	PROGRAMACIÓN PRÁCTICA 2.....	95
FIGURA 109.	DISEÑO HMI PRÁCTICA 2.....	96
FIGURA 110.	EJECUCIÓN PRÁCTICA 2.....	96
FIGURA 111.	BOSQUEJO PRÁCTICA 3.....	99
FIGURA 112.	DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 3.....	100
FIGURA 113.	DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 3.....	101
FIGURA 114.	DIAGRAMA DE CONTROL PRÁCTICA 3.....	101
FIGURA 115.	PROGRAMACIÓN PRÁCTICA 3.....	102
FIGURA 116.	DISEÑO HMI PRÁCTICA 3.....	103
FIGURA 117.	EJECUCIÓN PRÁCTICA 3.....	103
FIGURA 118.	BOSQUEJO PRÁCTICA 4.....	106
FIGURA 119.	DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 4.....	107
FIGURA 120.	DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 4.....	108
FIGURA 121.	DIAGRAMA DE CONTROL PRÁCTICA 4.....	108
FIGURA 122.	PROGRAMACIÓN PRÁCTICA 4.....	109
FIGURA 123.	DISEÑO HMI PRÁCTICA 4.....	110
FIGURA 124.	EJECUCIÓN PRÁCTICA 4.....	110
FIGURA 125.	BOSQUEJO PRÁCTICA 5.....	113
FIGURA 126.	DIAGRAMA DE FASES PRÁCTICA 5.....	114
FIGURA 127.	DIAGRAMA DE ESTADOS PRÁCTICA 5.....	114
FIGURA 128.	DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 5.....	115
FIGURA 129.	DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 5.....	116
FIGURA 130.	DIAGRAMA DE CONTROL PRÁCTICA 5.....	116
FIGURA 131.	PROGRAMACIÓN PRÁCTICA 5.....	117

FIGURA 132. DISEÑO HMI PRÁCTICA 5.....	118
FIGURA 133. EJECUCIÓN PRÁCTICA 5.	118
FIGURA 134. BOSQUEJO PRÁCTICA 6.....	121
FIGURA 135. DIAGRAMA DE FASES PRÁCTICA 6.....	122
FIGURA 136. DIAGRAMA DE ESTADOS PRÁCTICA 6.....	122
FIGURA 137. DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 6.....	123
FIGURA 138. DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 6.	124
FIGURA 139. DIAGRAMA DE CONTROL PRÁCTICA 6.	124
FIGURA 140. PROGRAMACIÓN ENTRADAS PRÁCTICA 6.	125
FIGURA 141. PROGRAMACIÓN SALIDAS PRÁCTICA 6.....	126
FIGURA 142. DISEÑO HMI PRÁCTICA 6.....	126
FIGURA 143. EJECUCIÓN PRÁCTICA 6.	127
FIGURA 144. BOSQUEJO PRÁCTICA 7.....	129
FIGURA 145. DIAGRAMA DE FASES PRÁCTICA 7.....	130
FIGURA 146. DIAGRAMA DE ESTADOS PRÁCTICA 7.....	130
FIGURA 147. DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 7.....	131
FIGURA 148. DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 7.	132
FIGURA 149. ACCIONAMIENTOS PRÁCTICA 7.	132
FIGURA 150. CONEXIONES LOGO! PRÁCTICA 7.	133
FIGURA 151. PROGRAMACIÓN ENTRADAS PRÁCTICA 7.	134
FIGURA 152. PROGRAMACIÓN SALIDAS PRÁCTICA 7.....	135
FIGURA 153. DISEÑO HMI PRÁCTICA 7.....	136
FIGURA 154. EJECUCIÓN PRÁCTICA 7.	136
FIGURA 155. BOSQUEJO PRÁCTICA 8.....	139
FIGURA 156. DIAGRAMA DE FASES PRÁCTICA 8.....	140
FIGURA 157. DIAGRAMA DE ESTADOS PRÁCTICA 8.....	140
FIGURA 158. DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 8.....	141
FIGURA 159. DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 8.	142
FIGURA 160. ACCIONAMIENTOS PRÁCTICA 8.	142
FIGURA 161. CONEXIONES LOGO! PRÁCTICA 8.	143
FIGURA 162. PROGRAMACIÓN ENTRADAS PRÁCTICA 8.	144
FIGURA 163. PROGRAMACIÓN SALIDAS PRÁCTICA 8.....	145
FIGURA 164. DISEÑO HMI PRÁCTICA 8.....	146
FIGURA 165. EJECUCIÓN PRÁCTICA 8.	146

FIGURA 166. BOSQUEJO PRÁCTICA 9.....	149
FIGURA 167. DIAGRAMA DE FASES PRÁCTICA 9.....	150
FIGURA 168. DIAGRAMA DE ESTADOS PRÁCTICA 9.....	150
FIGURA 169. DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 9.....	151
FIGURA 170. DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 9.....	152
FIGURA 171. ACCIONAMIENTOS PRÁCTICA 9.....	152
FIGURA 172. CONEXIONES LOGO! PRÁCTICA 9.....	153
FIGURA 173. PROGRAMACIÓN ENTRADAS PRÁCTICA 9.....	154
FIGURA 174. PROGRAMACIÓN SALIDAS PRÁCTICA 9.....	155
FIGURA 175. DISEÑO HMI PRÁCTICA 9.....	156
FIGURA 176. EJECUCIÓN PRÁCTICA 9.....	156
FIGURA 177. BOSQUEJO PRÁCTICA 10.....	159
FIGURA 178. DIAGRAMA DE FASES PRÁCTICA 10.....	160
FIGURA 179. DIAGRAMA DE ESTADOS PRÁCTICA 10.....	160
FIGURA 180. DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 10.....	161
FIGURA 181. DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 10.....	162
FIGURA 182. ACCIONAMIENTOS PRÁCTICA 10.....	162
FIGURA 183. CONEXIONES LOGO! PRÁCTICA 10.....	163
FIGURA 184. PROGRAMACIÓN ENTRADAS PRÁCTICA 10.....	164
FIGURA 185. PROGRAMACIÓN SALIDAS PRÁCTICA 10.....	165
FIGURA 186. DISEÑO HMI PRÁCTICA 10.....	166
FIGURA 187. EJECUCIÓN PRÁCTICA 10.....	166

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. VENTAJAS DE LA NEUMÁTICA SOBRE LA HIDRÁULICA.....	13
TABLA 2. ELEMENTOS DE LA CADENA DE MANDO	22
TABLA 3. CÓDIGO DE LAS VÍAS DE UNA VÁLVULA	29
TABLA 4. MANDOS MANUALES	30
TABLA 5. MANDOS MECÁNICOS	31
TABLA 6. MANDOS NEUMÁTICOS	31
TABLA 7. MANDOS ELÉCTRICOS	32
TABLA 8. VARIABLES PRÁCTICA 1.....	81
TABLA 9. VARIABLES PRÁCTICA 2.....	93
TABLA 10. VARIABLES PRÁCTICA 3.....	100
TABLA 11. VARIABLES PRÁCTICA 4.....	107
TABLA 12. VARIABLES PRÁCTICA 5.....	115
TABLA 13. VARIABLES PRÁCTICA 6.....	123
TABLA 14. VARIABLES PRÁCTICA 7.....	131
TABLA 15. VARIABLES PRÁCTICA 8.....	141
TABLA 16. VARIABLES PRÁCTICA 9.....	151
TABLA 17. VARIABLES PRÁCTICA 10.....	161

ÍNDICE DE ECUACIONES

	Pág.
ECUACIÓN 1. PRESIÓN	14
ECUACIÓN 2. RELACION DE PRESIONES	15
ECUACIÓN 3. CAUDAL	15
ECUACIÓN 4. ENERGÍA NEUMÁTICA	16
ECUACIÓN 5. POTENCIA NEUMÁTICA	16
ECUACIÓN 6. CORRIENTE ELÉCTRICA.....	17
ECUACIÓN 7. TENSIÓN ELÉCTRICA.....	18
ECUACIÓN 8. POTENCIA ELÉCTRICA	18

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Tabla de conversión de unidades de presión	176
ANEXO 2. Especificaciones técnicas de la Unidad de Mantenimiento	177
ANEXO 3. Especificaciones técnicas de las electroválvulas 3/2	178
ANEXO 4. Especificaciones técnicas de la válvula neumática 5/2.....	179
ANEXO 5. Especificaciones técnicas de la electroválvula 5/2 biestable	180
ANEXO 6. Especificaciones técnicas del cilindro de simple efecto	181
ANEXO 7. Especificaciones técnicas del cilindro de doble efecto.....	182
ANEXO 8. Especificaciones técnicas del LOGO! POWER	183
ANEXO 9. Especificaciones técnicas del relé.....	184
ANEXO 10. Especificaciones técnicas del sensor magnético para cilindro de simple efecto	185
ANEXO 11. Especificaciones técnicas del sensor magnético para cilindro de doble efecto	186
ANEXO 12. Especificaciones técnicas del LOGO! 8	187
ANEXO 13. Especificaciones técnicas del módulo de expansión	188
ANEXO 14. Especificaciones técnicas de la pantalla HMI KTP700.....	189
ANEXO 15. Especificaciones técnicas del switch de comunicación	190
ANEXO 16. Especificaciones técnicas del sensor de posición óptico	191
ANEXO 17. Presupuesto del proyecto	192
ANEXO 18. Código de equipos	194

ABREVIATURAS

°C	Grados Centígrados
°K	Grados Kelvin
AC	Alternating Current (Corriente Alterna)
AWG	American Wire Gauge (Calibre de Alambre Estadounidense)
atm	Atmósfera
CETOP	Comité Europeo de Transmisiones Oleohidráulicas y Neumáticas
cm	Centímetros
DC	Direct Current (Corriente Directa)
DIN	Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización)
Fig	Figura
FRL	Filtro, regulador y lubricador
h	Hora
HMI	Human Machine Interface (Interfaz Hombre-Máquina)
IP	Internet Protocol (Protocolo de Internet)
ISO	International Standard Organization (Organización Internacional de Normalización)
kg	Kilogramo
km	Kilómetro
KOP	Kontaktplan (Diagrama de Contactos)
l	Litro
LED	Light Emitting Diode (Diodo Emisor de Luz)
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
MAC	Media Access Control
MPa	Mega pascal
mm	Milímetro
N	Newton
Pa	Pascal

PC	Personal Computer (Computadora Personal)
PLC	Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable)
PROFINET	Process Field Net (Campo de Proceso de Red)
psi	Pounds force per square inch (libra de fuerza por pulgada cuadrada)
s	Segundo
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos)
SI	Sistema Internacional de Unidades
TCP	Transmission Control Protocol (Protocolo de Transmisión de Datos)

INTRODUCCIÓN

En la educación superior el complemento de la teoría es la experimentación práctica de los diferentes procesos que pueden acontecerse en el campo laboral de las diferentes ramas de aplicación de la ingeniería, como es el caso de la automatización industrial donde el constante avance tecnológico de las distintas líneas de producción, exige que la preparación de los estudiantes sea de excelencia académica para que estén inmersos en los temas de actualidad y puedan desenvolverse correctamente ante cualquier situación o problema de carácter profesional.

El proyecto propuesto permitirá a los docentes utilizar una herramienta didáctica que les ayudará a plasmar en las aulas de clase, la cátedra con pruebas electro-neumáticas, ofreciendo una enseñanza íntegra donde la parte teórica se complementa con la parte práctica, cerrando el círculo del aprendizaje.

Este proyecto de titulación previamente citado se basa en desarrollar y simular prácticas de procesos industriales mediante un autómatas programable e interactuar con una pantalla HMI, considerando la comunicación que debe existir entre estos equipos.

La importancia de este proyecto de titulación es mejorar el aprendizaje mediante el desarrollo de prácticas, el estudiante tendrá la capacidad de resolver un problema de automatización gracias a la experiencia adquirida en el aula de clase.

La redacción está compuesta por cinco capítulos: en el primer capítulo se describe el problema, sus antecedentes, la importancia y alcance, delimitación, objetivos y marco metodológico; mientras que el segundo capítulo está enfocado en detallar cada uno de los elementos que conforman el módulo educativo; para el capítulo tres se refiere al diseño del módulo donde se puede observar sus dimensiones, cantidad de láminas que contiene así como el diseño y el conexionado de cada una de ellas; seguidamente en el capítulo cuatro se comprueba la funcionalidad del módulo didáctico mediante la elaboración de diez prácticas que simulan procesos industriales, y finalmente en el capítulo cinco se detallan las conclusiones y recomendaciones que se adquirieron en el transcurso del desarrollo del proyecto, así como en la estructuración e implementación de las prácticas seleccionadas.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En vista de la constante innovación de las carreras técnicas a nivel mundial la Universidad Politécnica Salesiana en la búsqueda continua de mejorar el nivel académico de los estudiantes, genera los ambientes de diálogo fundamentales para identificar las necesidades prácticas en base a los avances tecnológicos, esto permite estructurar ideas para promover espacios de trabajo que permitan a los estudiantes capacitarse en procesos de automatización industrial, basados en sistemas electro-neumáticos que establezcan el nexo entre los conocimientos teóricos y los prácticos con el objetivo de mejorar en el proceso de aprendizaje.

Actualmente, el laboratorio de Redes Industriales & SCADA de la sede Guayaquil no cuenta con dispositivos que permitan simular procesos de automatización industrial enfocadas a sistemas electro-neumáticos, debido a ello se plantea Diseñar e Implementar un Módulo Didáctico Educativo en el nuevo Laboratorio de Sensores & Actuadores Electro-neumáticos Industriales que permita representar procesos industriales implementados en el campo laboral en el aula de clases.

1.2. Antecedentes

La enseñanza práctica en el campo técnico se ha impartido en la educación académica desde la recordada década de los años ochenta, justamente cuando el desarrollo tecnológico se encontraba en pleno apogeo [1]. Desde aquel entonces se aprovechó el gran potencial de esta nueva metodología que hasta el día de hoy se la sigue utilizando, ha venido evolucionando e innovándose a pasos agigantados gracias a los avances en el campo científico, facilitando la enseñanza y el aprendizaje en todo el mundo y abarca desde la educación inicial, pasando por los colegios hasta llegar a las universidades.

La formación tradicional que a lo largo de los años se ha enseñado en las aulas de clase indispensablemente ha necesitado de un pizarrón como instrumento y la exposición oral del docente [2], actualmente se ha implementado el manejo de las tecnologías de la información y comunicación conocidas como TIC's, mejorando en la interacción entre profesores y estudiantes mediante el uso de dispositivos audiovisuales y entornos virtuales online, donde se puede acceder a contenido extra de interés referente a una clase impartida.

La pedagogía actual enlaza lo teórico con lo práctico y el proyecto de titulación propuesto genera esta arquitectura que permite al docente plasmar su cátedra de forma visual e interactiva a través de elementos de trabajo, generando conocimiento y pensamiento crítico en el estudiante, el cual a su vez genera nuevos proyectos basados en esta forma de aprendizaje.

Los principales objetivos del material didáctico son:

- Aportar al educador en su labor de la docencia con nuevas herramientas.
- Activar interés en el estudiante dentro del proceso de aprendizaje.
- Establecer guías de apoyo en el proceso de evaluación de conocimientos.
- Inducir en la práctica una experiencia permanente.
- Generar en la práctica una forma de afianzar los conceptos.
- Estimular las competencias del alumno, la retención y la transferencia.

1.3. Importancia y alcances

El presente proyecto de tesis tiene la finalidad de contribuir en la educación académica superior para reforzar los conocimiento teóricos adquiridos en las aulas de clase con su correspondiente parte práctica complementaria, la misma que corresponde a las materias de especialización profesional aplicado para los estudiantes que cursan las diferentes carreras de ingeniería, así como también para los seminarios profesionales que ofrece la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil; con este trabajo de titulación se podrá afianzar dichas bases teóricas con su contraparte experimental, gracias a la implementación de prácticas y ejecución de tutoriales donde se explicará el funcionamiento de cada uno de los elementos que conforman el módulo didáctico electro-neumático educativo propuesto.

La permanente evolución de la tecnología, aplicada a los procesos industriales que buscan mejorar su producción y eficiencia, han hecho que se implementen técnicas de control y automatización sofisticadas de última generación a fin de satisfacer sus necesidades; ahora para lograr que el estudiante comprenda este nuevo entorno es necesario poner en práctica las situaciones que acontecen en el campo laboral productivo de las industrias, de tal manera que se puedan simular en un laboratorio adecuado con los equipos y herramientas necesarias para su desarrollo.

El proyecto de titulación integrará elementos de control como un autómata programable, equipos electro-neumáticos como electroválvulas y cilindros, todo ello dentro de las prácticas propuestas, esto mediante comunicación a través de Ethernet se podrá visualizar en tiempo real el proceso en ejecución mediante la ayuda de una pantalla HMI que además, permitirá la interacción con los elementos en acción dictando órdenes que influyan directamente en el desarrollo de la práctica.

Además, no se puede olvidar el gran aporte que recibirán los docentes de todas las Carreras Técnicas de la Universidad Politécnica Salesiana para su desenvolvimiento pedagógico ya que al poseer una herramienta tan valiosa como el módulo de electro-neumática industrial educativo, podrán extender su enseñanza teórica y reforzarlo con la práctica para que el estudiante enlace la materia en estudio convirtiéndose en una metodología eficaz para el aprendizaje.

1.4. Delimitación

En vista de la competencia profesional en el campo laboral, la misma que se destaca por la preparación y nivel de desenvolvimiento del técnico dentro de las diferentes ramas de la ingeniería, ha permitido que la Universidad Politécnica Salesiana asuma el reto de formar ingenieros y capacitarlos para enfrentar el campo laboral con conocimientos sólidos.

La manera de plasmar esta iniciativa pedagógica es mediante la ejecución de prácticas en laboratorios, donde se logra simular procesos industriales y brindar soluciones a problemas técnicos, que para este proyecto de titulación serán de tipo industrial, donde se plantean diversas situaciones que permiten la automatización y control de procesos de producción.

Con ello los estudiantes tienen la posibilidad de gestionar procesos de automatización, complementados con la aplicación de equipos electro-neumáticos a nivel industrial, el sistema de aprendizaje planteado en este proyecto será capaz de controlar las maniobras que realicen los actuadores por medio de la programación del autómeta y visualización de la simulación paso a paso en la pantalla HMI, además de poder interactuar con ella remotamente enviando órdenes según el proceso preestablecido.

Importante mencionar que el enfoque del proyecto planteado es el automatismo enlazado específicamente al sistema electro-neumático, cuya función elemental es la acción que puedan realizar los actuadores para gestionar acciones dentro del proceso productivo.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Implementar un módulo didáctico educativo enfocado a gestionar maniobras electro-neumáticas para el nuevo Laboratorio de Sensores & Actuadores Electro-neumáticos donde se ponga en práctica simulaciones industriales empleando un autómeta programable y una pantalla interactiva.

1.5.2. Objetivos específicos

- Diseñar la arquitectura física del módulo didáctico.
- Configurar la comunicación entre el autómeta programable, la pantalla HMI y la interfaz de control del usuario.
- Elaborar un banco de 10 procesos electro-neumáticos complementado por los diagramas de control, neumático y programación del módulo didáctico.
- Validar las simulaciones de las prácticas mediante la ejecución de los procesos, utilizando los elementos actuadores del módulo didáctico.
- Dar a conocer la importancia y necesidad de los módulos educativos para la enseñanza académica actual.

1.6. Marco metodológico

1.6.1. Hipótesis

La hipótesis parte de la idea que el aprendizaje académico de los estudiantes universitarios que cursan carreras técnicas, mejora notablemente cuando los docentes que imparten sus clases emplean herramientas pedagógicas interactivas para estimular la absorción de conocimientos en el alumnado.

Además, permite al catedrático cerrar su ciclo de instrucción complementando los conocimientos teóricos con la práctica, despertando en el estudiante un interés continuo de profundizar en un tema que le permita extenderse a una investigación autodidacta y la formulación de nuevos conceptos.

Al utilizarse un módulo didáctico como método de enseñanza se provee al estudiante de experiencia con equipos y elementos de trabajo a nivel industrial que se encuentran en el campo laboral, así como también se capacita ante eventos que pueden suscitarse dentro de una cadena de producción.

Definitivamente, el futuro profesional formado bajo las condiciones anteriormente expuestas tendrá un rendimiento académico superior, al contrario del estudiante que solo recibe clases de la manera tradicional; por otra parte, estará mejor preparado para enfrentarse a los trabajos de campo por la experiencia ya recibida.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estado del arte

Muchos autores como docentes y pedagogos expertos en educación han destacado la estrategia de la enseñanza-aprendizaje que incluye la práctica, siendo allí donde intervienen los módulos educativos como un instrumento vital para conseguir que los estudiantes capten nuevos y sólidos conocimientos, necesarios en las asignaturas de carreras técnicas que requieren emular situaciones que se desarrollan en la vida real.

De la misma forma diferentes artículos científicos y revistas tecnológicas mencionan los avances industriales que acontecen día a día, incluyéndose también a los que competen en el campo de la electro-neumática donde la automatización de los procesos mejora la eficiencia de las empresas manufactureras; conjuntamente técnicos e ingenieros garantizan el continuo funcionamiento de las líneas de producción brindando su experiencia y conocimientos obtenidos durante años.

2.2. Módulos educativos para la formación técnica en laboratorios

2.2.1. Enseñanza y aprendizaje en la educación superior

González [3], citado por Agila [12, p.9], expresa que la enseñanza como el aprendizaje son dos procesos completamente distintos que los docentes desean lograr integrarlos en uno solo, por lo tanto la obligación principal del educador no es únicamente la de enseñar, sino también que sus estudiantes aprendan.

No existe lógica en tratar solo de enseñar y que el receptor no logre entender los conocimientos del tutor, se pierde la intencionalidad. Además, tampoco se trata del nivel de inteligencia que pueda tener el alumno ya que todas las personas tienen la misma capacidad de entendimiento y asimilación. La finalidad que tiene el docente es encontrar el camino o guía para poder llegar a su educando y de esta manera conseguir transmitir su propósito.

Actualmente, en la educación superior los docentes no solamente deben tener una amplia gama de conocimientos sino también deben tener las herramientas prácticas para de impartirlos, con esto se garantiza que la cátedra dictada sea asimilada por la clase en general. Para ello se debe considerar como aprende el alumno, pensar que técnicas serán capaces de lograr que los estudiantes capten de manera potencial, para que, de esta forma puedan replicar lo aprendido en sus evaluaciones y en situaciones prácticas cotidianas como es el caso laboral.

2.2.2. Técnicas pedagógicas

En la enseñanza universitaria existe una gran cantidad de metodologías utilizadas por muchos docentes con la finalidad de transmitir su tutoría, para citar algunos ejemplos: clases teóricas, investigaciones, talleres, proyectos, exposiciones, lecciones tradicionales y resolución de problemas [5]. Analizando lo anterior se resume que estas técnicas están enfocadas en la parte teórica, lo que habitualmente se ha venido dando en los últimos años en centros de educación superior, descuidando la parte práctica como herramienta de enseñanza.

A fin de complementar la teoría con la práctica, nace la metodología didáctica con el uso de módulos técnicos educativos donde los estudiantes pueden interactuar con estos y simular acontecimientos en el campo laboral, así los estudiantes pueden llegar a la comprensión íntegra de un determinado tema y por otra parte los docentes tendrían a su disposición una herramienta de trabajo útil en su tarea educativa.

En conclusión, el docente que hace uso del material técnico didáctico puede reforzar los conocimientos porque en la práctica se implementan los esquemas teóricos, se consigue comprobar de manera interactiva los resultados teóricos; además, el docente por medio de los módulos didácticos logra transmitir sus conocimientos y experiencia obtenida en el campo laboral. Finalmente, con esta estrategia se puede motivar a sus alumnos a seguir indagando y profundizando más sobre un tema en concreto.

2.2.3. Módulo didáctico

Es una metodología de enseñanza que provee los medios adecuados para el aprendizaje no solamente de habilidades, sino también de nociones básicas de la materia en estudio, avanzando acorde al dominio que vaya logrando el estudiante pudiendo estar en presencia el tutor en todo momento [6].

Los módulos educativos de hoy obedecen a los avances tecnológicos, es decir, poseen instrumentación avanzada para que el estudiante adquiera conocimientos actuales en las materias de ingeniería, un buen ejemplo es el módulo de neumática de la empresa multinacional Festo, ver Fig. 1.

Gracias a ello se puede decir que la primera experiencia profesional de un estudiante no se consigue únicamente en un trabajo sino en los laboratorios de la universidad, porque logran representar eventos muy similares por no decir idénticos a los que acontecen en el campo laboral.

El módulo didáctico propuesto en este trabajo de titulación sirve para simular aplicaciones electro-neumáticas, siendo esta tecnología muy empleada en el campo industrial en varias líneas de producción, por consiguiente, el estudiante podrá aprender acerca de automatización y control de procesos e interactuar con los equipos implementando sistemas electro-neumáticos.



FIGURA 1: MÓDULO DIDÁCTICO FESTO. [7]

2.3. Generalidades de la electro-neumática

2.3.1. Introducción

Antes de comprender el concepto de electro-neumática se debe conocer que se compone básicamente de dos ramas, la primera es la neumática, ciencia que estudia los procesos y movimientos de los gases ya sea a sobrepresión o depresión (vacío del aire) [8], por lo general el fluido de trabajo es el aire el cual sometido a compresión hace que la energía neumática se transforme en energía mecánica [9], que constituye la parte de fuerza necesaria para conseguir el movimiento que realiza algún trabajo.

La otra parte es la electricidad donde las señales de corriente y tensión intervienen en la generación y transmisión del control de los sistemas de manejo, elementos como sensores y electroválvulas reciben dichos estímulos eléctricos que posteriormente se transforman en una actuación mecánica.

En resumen, la electro-neumática es la técnica que emplea aire comprimido para producir, transmitir esfuerzos y movimientos mientras que eléctricamente se realiza su control. A esta definición se le puede añadir la parte de automatización, que con la ayuda de dispositivos programables se logra supervisar y controlar a distancia los procesos que realizan los elementos electro-neumáticos.

Se requiere de preparación y estudio para comprender a fondo el funcionamiento de los elementos electro-neumáticos así como la interconexión entre ellos [10], de esta manera los técnicos profesionales en materia podrán brindar soluciones prácticas e inmediatas ante cualquier eventualidad que acontezca especialmente en la industria y demás procesos de manufactura.

2.3.2. Historia

Las primeras apariciones de la neumática se remontan a los años antes de Cristo cuando el inventor y matemático griego Ctesibio utilizó el aire comprimido para la creación de catapultas, bombas y cañones [11], aunque también hizo estudios sobre la hidráulica es considerado el padre de la neumática.

Para el año de 1865, el inventor británico George Law fabricó un taladro perforador de roca que funcionaba por acción de un pistón movido por aire comprimido. Luego de tres años, en 1868 el estadounidense quien fue empresario, ingeniero e inventor patentó un sistema de frenado neumático ferroviario el cual habiéndose modernizado se sigue basando en el principio original [12].

La verdadera industrialización empezó durante la Segunda Guerra Mundial aproximadamente a mediados del siglo XX, cuando los países europeos más avanzados con el afán de producir una gran cantidad de armamentos bélicos emplearon sistemas neumáticos para accionar maquinarias automáticas esto se produjo ante la considerable reducción de la mano de obra en aquella época [13].

Actualmente, es muy común el uso de sistemas de aire comprimido para el accionamiento de accesorios y herramientas en fábricas manufactureras, por el hecho de que los procesos de elaboración son beneficiados con los bajos costos de la automatización neumática el cual puede disminuir aún más los costos de producción. Otros beneficios son [10]:

- Reducción en el costo de la mano de obra.
- Ahorro de material y uniformidad de producción.
- La productividad y eficiencia se multiplica.
- Los sistemas de muestreo automáticos permiten un mejor control de la producción.
- La calidad del producto final incrementa.
- El potencial en ventas se intensifica.

2.3.3. Aplicaciones

En vista de los avances tecnológicos se tiene una gran cantidad de funciones donde puede intervenir la electro-neumática con los diversos sistemas de automatización aplicables a un sinnúmero de técnicas y herramientas, a continuación se citan las más comunes [14], [15]:

- Sujetar, desplazar, posicionar y orientar piezas.
- Girar, separar, estampar, prensar, y apilar objetos.
- Embalar, llenar, transportar y contar cajas.

Estas técnicas y funciones electro-neumáticas son aplicables para todo tipo de industrias, ya sea desde las más modernas y automatizadas las cuales pueden contar con sofisticadas estaciones de robots, ver Fig. 2, hasta las pequeñas y medianas fábricas, para nombrar algunos de los grandes campos que ocupan se tiene [15]:

- Carpintería: dispositivos de corte, montaje y estampado, sistemas de taladrado y pulido.
- Imprentas: Mezcladoras de tinta, dispositivos de corte, apilado, plegado, empaquetado y desplazamiento de rodillos.
- Plásticos: prensas, auxiliares de moldeo, bombas de vacío.
- Construcción: perforadoras, transportadoras, dosificadores y mezcladoras.
- Maderera: activación de sierras, sujetadores, prensas, máquinas de taladro, fresado.
- Mecánica: accionamiento de herramientas, elevador de cargas, prensas, fresadoras.
- Automotriz: accionamiento de llaves, manipuladores, amarres, elevadores, herramientas, suspensiones.
- Alimentaria: dosificadores, transporte, empaquetado, etiquetado y sistemas de llenado de botellas, latas y barriles.



FIGURA 2: ESTACIÓN ROBÓTICA FESTO. [16]

Al realizarse todas estas tareas de forma automática la necesidad de intervenir un operario es innecesaria lo que deja ver su contraparte; el reemplazo del hombre por la máquina reduce drásticamente las plazas de trabajo perjudicando a miles de empleados en todo el mundo; la preparación profesional es vital en este punto porque se pueden obtener ventajas de esta situación, por ejemplo, brindando soporte y mantenimiento a la maquinaria u ofreciendo soluciones a problemas técnicos que acontecen dentro de las industrias.

2.4. Principios físicos

2.4.1. Aire

El aire es el fluido que emplean los sistemas electro-neumáticos que al ser comprimido a una presión constante, transmite la fuerza necesaria para realizar alguna acción reflejada en los actuadores neumáticos, dentro de sus características posee fluidez, compresibilidad y elasticidad [15]. Dicho elemento presenta ventajas ante ciertas situaciones frente a otros medios de transmisión de fuerza como el caso de las redes hidráulicas, en la Tabla 1 se mencionan las siguientes:

TABLA 1: VENTAJAS DE LA NEUMÁTICA SOBRE LA HIDRÁULICA [17].

Causas	Neumática	Hidráulica
Fugas	Pérdida de energía	Contaminación ambiental
Exposición al fuego	A prueba de explosiones, insensibilidad a cambios de temperatura	Peligro de incendio, sensibilidad a cambios de temperatura
Almacenamiento de energía	Sencillo	Reducida

El aire que rodea a nuestro planeta forma la atmósfera la cual tiene una altura de 1600 Km desde la corteza terrestre lo que hace que este elemento sea muy abundante en la naturaleza; el aire se caracteriza por ser invisible, incoloro, inodoro e insípido [13].

2.4.2. Presión

La presión absoluta aplicada sobre un área es directamente proporcional a la fuerza ejercida e inversamente proporcional a la superficie que recibe su acto. Su fórmula está dada por [10]:

$$P = \frac{F}{S} \quad (1)$$

Donde:

P = Presión

F = Fuerza

S = Superficie

Si la fuerza se expresa en N y la superficie en m^2 da lugar a la unidad fundamental de presión Pa; aunque existen diferentes unidades para medir la presión tales como: bar, atmósfera, psi y mm de columna de Hg. Para las lecturas de presión normales en trabajos neumáticos no se recomienda emplear el pascal del SI ya que es una unidad muy pequeña para dichas mediciones, para ello se utiliza la unidad bar, siendo equivalente a un MPa [15].

Las principales equivalencias se presentan a continuación [11], para más equivalencias ver Anexo 1.

- 1 bar = 1 MPa
- 1 psi = 68.95 mbar
- 1 bar = 14.5 psi
- 1 atm = 1.013 bar
- 1 mm Hg = 1.333 mbar

La presión atmosférica de la Tierra varía dependiendo la altura y las condiciones meteorológicas, se puede medir gracias a la ayuda de un barómetro de tubo en forma de U [10], [13].

La presión relativa o manométrica está por encima de la presión atmosférica, y es la que se marca en la medición de máquinas, herramientas o contenedores de aire; se mide con un instrumento llamado manómetro [13].

2.4.4. Potencia y energía neumática

Se conoce que en los procesos neumáticos el aire a presión es el medio de transporte de potencia y cuya energía que se origina en un compresor, viaja por los ductos hasta ser requerida por los actuadores a fin de ejecutar una acción [10].

La energía neumática es el trabajo que desempeña el aire y se obtiene del producto de la fuerza que este fluido ejerce multiplicado por la distancia que produce [19]; si se despeja la fuerza de (1) y se incluye en el concepto anterior, la energía expresa:

$$\begin{aligned} E &= F.d \\ E &= P.S.d \end{aligned} \quad (4)$$

Donde:

E = Energía

d = Distancia

La potencia neumática es la velocidad con que se genera y consume la energía en un determinado tiempo; si se reemplaza la energía de (4) en el enunciado anterior se tiene [19]:

$$\begin{aligned} N &= \frac{E}{t} \\ N &= \frac{P.S.d}{t} \end{aligned}$$

Donde:

N = Potencia neumática

De la expresión anterior se identifica que el producto de la superficie por la distancia es el volumen del espacio en el cual se mueve el fluido y dicho volumen que viaja en unidad de tiempo es el caudal, por lo tanto la expresión final de la potencia neumática sería la multiplicación de la presión que ejerce el aire por su caudal y se expresa [19]:

$$\begin{aligned} N &= \frac{P.V}{t} \\ N &= P.Q \end{aligned} \quad (5)$$

Si la presión viene en N/m² y el caudal en m³/s, la unidad de la potencia neumática se daría en vatios [10].

2.4.5. Corriente eléctrica

En electricidad se define corriente a la velocidad de transferencia de carga eléctrica que pasa por un punto de referencia, moviéndose en una dirección específica determinando la polaridad del flujo de la carga, se manifiesta de la siguiente manera [23]:

$$i = \frac{q}{t} \quad (6)$$

Donde:

i = Corriente eléctrica

q = Carga

t = Tiempo

La unidad de corriente eléctrica es el Amperio, que representa a la carga desplazada de un coulomb en un periodo de tiempo de un segundo.

Una corriente eléctrica al presentar un valor de intensidad constante y una dirección en un solo sentido invariante en el tiempo se denomina corriente directa y su representación es i_{DC} ; mientras que cuando cambia constantemente de intensidad y sentido describiendo una onda sinusoidal se llama corriente alterna, cuya nomenclatura es i_{AC} [23].

En la Fig. 4 se puede observar la interpretación gráfica de las corrientes descritas anteriormente con sus respectivas características.

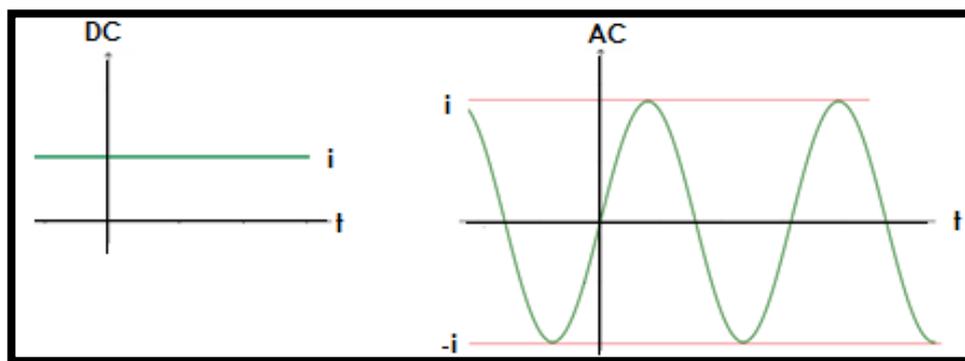


FIGURA 4: CORRIENTES ELÉCTRICAS [23].

2.4.6. Tensión eléctrica

Es la cantidad de energía requerida para mover una carga eléctrica entre dos posiciones específicas, se la define a través de (17) [24]:

$$v = \frac{E}{q} \quad (7)$$

Donde:

v = Tensión eléctrica

E = Energía

La medida de la tensión o diferencia de potencial es el Voltio, un volt es la energía de un joule sobre un coulomb de carga [23].

Unos de los instrumentos para medir la tensión eléctrica es el voltímetro, multímetro, entre otras.

2.4.7. Potencia eléctrica

Potencia es la capacidad que representa la energía requerida para realizar un trabajo en una unidad de tiempo. Se puede obtener la definición anterior si se realiza la multiplicación entre (16) y (17) de la siguiente manera [24]:

$$P = \frac{E}{t} = \left(\frac{q}{t}\right)\left(\frac{E}{q}\right)$$

Donde:

P = Potencia eléctrica

Simplificando la carga, la potencia quedaría como el producto de la corriente por el voltaje expresado de la siguiente forma [24]:

$$P = v.i \quad (8)$$

La unidad de esta magnitud física es el vatio o watt. En un circuito eléctrico, un elemento que consume un vatio de potencia equivale a un voltio que cae sobre éste por una la corriente de un amperio que lo atraviesa.

2.4.8. Electromagnetismo

Estudia los fenómenos producidos por la relación entre los campos eléctrico y magnético, una corriente origina en su contorno un campo magnético con características parecidas a un imán, así mismo un campo magnético genera una corriente en un conductor cuando cambia el flujo de líneas magnéticas [25].

En electro-neumática este principio es empleado para el funcionamiento de elementos como electroválvulas, contactores y relés muy frecuentes en la práctica, así como también para motores y generadores.

El electromagnetismo se fundamenta por tres reglas [26]:

- Una corriente que pasa por un conductor crea un campo magnético.
- La dirección de la corriente determina el sentido y dirección de las líneas del campo magnético.
- La intensidad del campo magnético depende del nivel de corriente.

Un electroimán está constituido por una bobina con varias espiras y en su interior un núcleo de hierro, cuando una corriente circula por esta, el hierro se transforma en un imán y cuando se corta el flujo de corriente el efecto se anula. Se considera al electroimán un imán temporal [25]. Se ilustra este fenómeno mediante la Fig 5.

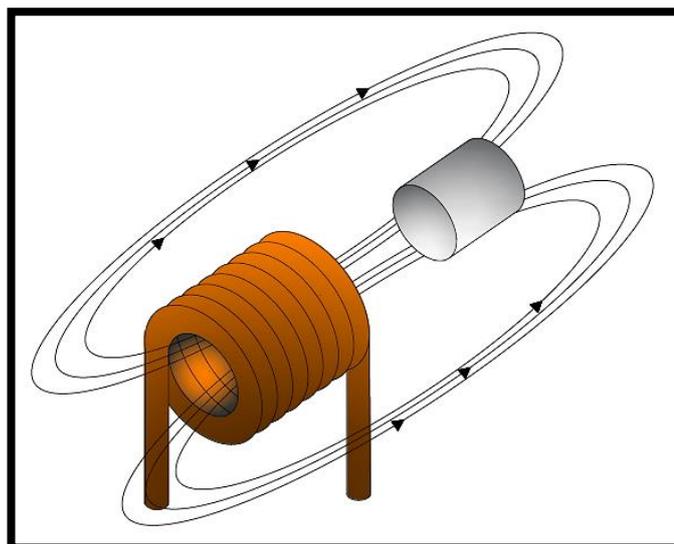


FIGURA 5: ELECTROMAGNETISMO [25].

2.5. Aire comprimido

Como se mencionó anteriormente, el aire comprimido es el fluido de trabajo para los sistemas electro-neumáticos cuya presión recomendada para el correcto funcionamiento oscila entre los 5 y 6 bares [27].

Por otra parte, la calidad del aire utilizado en las redes neumáticas debe presentar óptimas condiciones, es decir completamente limpio y libre de impurezas, idealmente debe estar seco sin humedad; estas condiciones garantizan el correcto desenvolvimiento de todos los equipos que conforman la instrumentación neumática.

De manera contraria, al trabajar con un aire que no ha sido previamente tratado para su uso y está saturado de partículas de suciedad y agua produce fallas funcionales en los elementos con lo que aumenta el desgaste de sus mecanismos internos y disminuye su tiempo útil de vida [28].

Se deberá considerar además otros dos agentes importantes para evitar la deficiencia de nuestro sistema neumático [28]:

- El factor rendimiento es influenciado por los tipos de generación de aire comprimido y red de distribución, a más de eso, la temperatura del aire contribuye en el rendimiento, este siempre debe ser lo más frío posible ya que al aumentar en 4°C, el consumo energético aumenta en un 1%.
- Otro factor por tomar en cuenta es el control de pérdidas de energía ya que si el sistema presenta algún tipo de fuga ya sea en la unión de tuberías o en acoples de mangueras con los equipos, se produce una disminución entre 5% y 10% llegando al extremo considerable de un 50% de energía perdida en una red sin algún tipo de mantenimiento.

2.5.1. Ventajas y desventajas

Anteriormente, se detalló que el aire comprimido ha sido empleado desde la antigüedad y que hasta el día de hoy está presente en líneas de producción de pequeñas y grandes industrias y que sin lugar a dudas esta técnica aún permanece presente por su gran cantidad de beneficios, a continuación se nombran algunas ventajas [14], [28]:

- La cantidad de aire disponible es ilimitada y gratis.
- Puede ser contenido y transportado muy fácilmente.
- Soporta cambios bruscos de temperatura.
- El aire es ignífugo, no existe peligro de incendio ni explosiones.
- No contamina el ecosistema.
- Resistente a sobrecargas, no produce daño de elementos.

El aire comprimido presenta desventajas ante otros tipos de energía [28]:

- Presente un elevado índice de ruido al ser descargado luego de su uso.
- El aire debe ser acondicionado antes de ser utilizado.
- Los equipos de trabajo carecen de velocidades regulables y constantes.
- Pérdida de fuerza de trabajo por circuitos de gran longitud.
- Es una energía económicamente costosa, sobretudo en la generación.

2.6. Sistemas electro-neumáticos

Los circuitos electro-neumáticos están conformados por varios elementos de trabajo que actúan mancomunadamente para cumplir un propósito preestablecido, dichos componentes pueden ser agrupados según la funcionalidad que efectúan en el proceso, los grupos representan un camino para la transmisión de señales que se generan en el sistema y que van desde la entrada de señales hasta la salida de las mismas, la Fig. 6 indica el flujo de señales de un sistema electro-neumático [27].

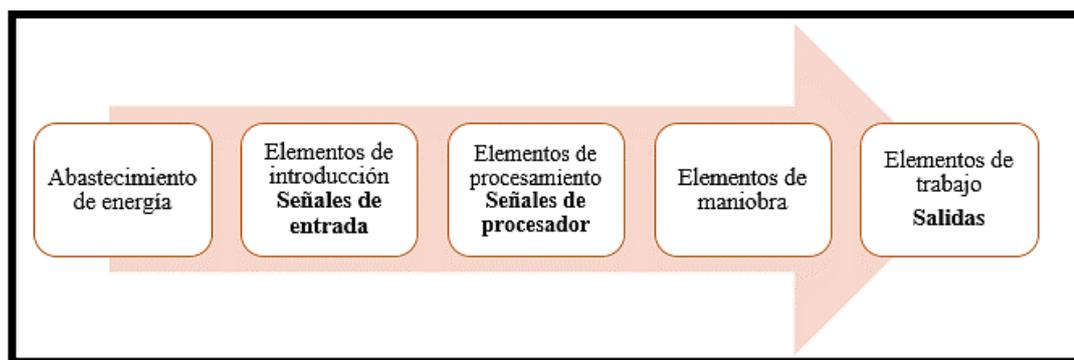


FIGURA 6: FLUJO DE SEÑALES [27].

Es importante el conocimiento de la cadena de mando de un sistema electro-neumático para el reconocimiento de los componentes y la correcta esquematización de circuitos [18], en la Tabla 2 se muestran ejemplos de los elementos agrupados en función del esquema anterior frente a un símil de un circuito eléctrico.

TABLA 2: ELEMENTOS DE LA CADENA DE MANDO [18], [29].

Grupo	Neumática	Eléctrica
Abastecimiento de energía	Compresor Acumulador Unidad de mantenimiento	Fuente de poder Generador
Señales de entrada	Pulsador Interruptor Final de carrera	Pulsador Interruptor Sensor de proximidad
Señales de procesamiento	Válvula de vías Válvula de presión Temporizador	Relé Relé temporizador Contactores
Elementos de maniobra	Válvulas	Interruptor automático Transformador
Señales de salida	Cilindro Motor	Electromotor Electroimán Motor lineal

2.7. Generación de aire comprimido

El fluido de trabajo nace desde una estación compresora donde se toma el aire del ambiente y se eleva su presión a un nivel óptimo para la labor de los componentes neumáticos, luego se acumula en un tanque para luego viajar por medio de tuberías hasta los actuadores.

2.7.1. Compresor

Es una máquina empleada para comprimir gases como el aire, que desde su presión atmosférica pasa a una presión más elevada disminuyendo su cantidad de volumen; este proceso se efectúa por medio de un intercambio de energía entre el mecanismo de compresión y el fluido, donde el trabajo ejercido por el compresor se transfiere al aire transformándose en un flujo de energía elevando su presión y promoviendo su fluidez [4].

Según la norma ISO 1219, el símbolo de un compresor se muestra en la Fig. 7.

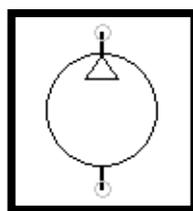


FIGURA 7: SÍMBOLO DE UN COMPRESOR [30].

2.7.2. Acumulador

Generalmente, estos reservorios de aire comprimido son cilíndricos elaborados de acero, vienen equipados con accesorios como una válvula de seguridad, un manómetro, una purga y un presostato. En algunas situaciones. los compresores pequeños van montados sobre el depósito de manera horizontal, al contrario para grandes caudales van separados y el depósito en sentido vertical [10].

La funcionalidad de un acumulador es [4],[10]:

- Reducir el impacto de las oscilaciones de presión de la red.
- El tamaño del depósito contribuye al enfriamiento del aire que viene del compresor y además retiene agua.
- Mantiene constante el nivel de caudal.
- Actúa como filtro impidiendo el paso de impurezas del compresor.

Según la norma ISO 1219, la simbología de un depósito se muestra en la Fig. 8.

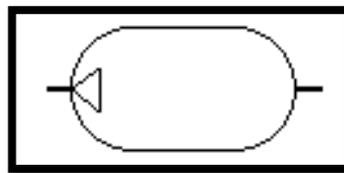


FIGURA 8: SÍMBOLO DE UN ACUMULADOR [30].

2.8. Distribución de aire comprimido

Luego de la generación y acumulación de aire comprimido se dispone a ser distribuido hacia los elementos de trabajo, por medio de una red que inicia desde el acumulador y emplea una serie de tuberías interconectadas entre sí [15].

Para el correcto dimensionamiento de una red se deben considerar factores como el caudal de aire requerido, la presión de trabajo y la distancia de las tuberías. Por otra parte, se considera la caída de presión tolerable, una mínima pérdida de presión y fuga de aire, además de un reducido porcentaje de agua en la red [10].

Los materiales de preferencia para la construcción de la red de distribución son de acero, cobre o plástico [8].

2.8.1. Componentes

Se distinguen tres tipos de tuberías que forman parte de una red de aire comprimido [31]:

- **Tubería principal:** es la porción de mayor sección ya que transmite todo el aire a presión que se consume, esta debe tener mayor supervisión para evitar pérdidas de presión. En caso de una extensión de red se debe compensar el caudal faltante.
- **Tubería secundaria:** es la vía de unión de la tubería principal con las tuberías de servicio. De igual manera se debe considerar en su diseño ampliaciones imprevistas.
- **Tuberías de servicio:** son las secciones que alimentan a los elementos de trabajo, cuenta con tomas de aire rápidos y además sobre éstas se instalan unidades de mantenimiento.

2.8.2. Tipología de red abierta

Está conformada por una sola línea troncal de la cual se derivan conexiones secundarias y de servicio, alimenta a todos los elementos consumidores de manera simultánea. Se aplican leves inclinaciones para eliminar residuos de la condensación del aire. Como ventaja posee el bajo costo de instalación mientras que negativamente ante maniobras de mantenimiento implica la detención completa de la línea de producción [32]. La Fig. 9 muestra una red abierta con la tubería principal inclinada.

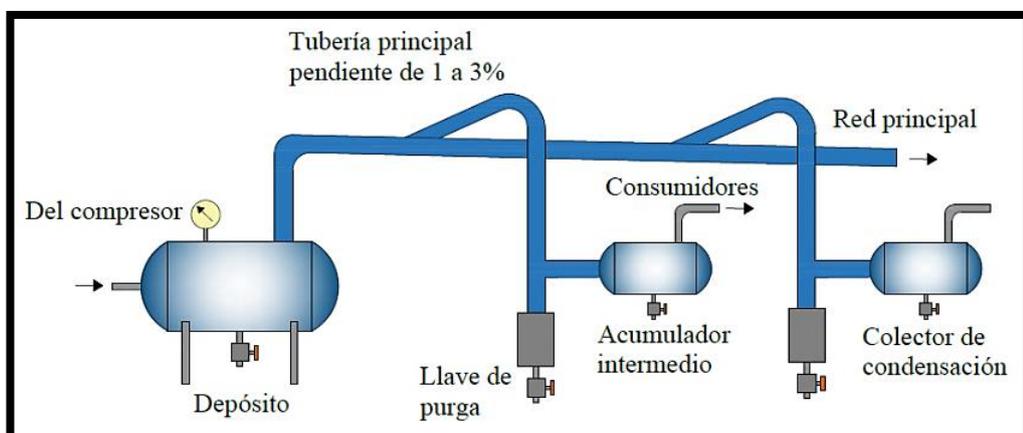


FIGURA 9: RED NEUMÁTICA ABIERTA [15].

2.9. Tratamiento de aire comprimido

El aire comprimido antes de ser utilizado por los elementos de trabajo debe ser previamente tratado de manera que se eliminen todos los residuos provenientes del compresor y tuberías como partículas de óxido, aceite y humedad. Caso contrario, al no dar mantenimiento al fluido implica el deterioro de los componentes y la reducción de su vida útil [10].

Una unidad FRL también llamada unidad de mantenimiento es la unión de tres etapas de acondicionamiento del aire, está conformada por un filtro de aire, un regulador de presión y un lubricador, cumplen con la tarea de que el aire a presión esté siempre puro, limpio y libre de contaminantes [13]. Según la norma ISO 1219, la Fig. 10 representa el símbolo simplificado de una unidad de mantenimiento y que por lo general aparece en los diseños neumáticos.

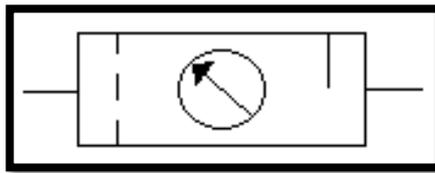


FIGURA 10: SÍMBOLO DE UNA UNIDAD FRL [30].

La unidad de mantenimiento que se emplea para el tratamiento del aire en el proyecto presentado es de la marca EMC[®] y su presión máxima de trabajo es hasta 16 bares, se la puede apreciar en la Fig. 11 y sus características técnicas aparecen en el Anexo 2.



FIGURA 11: UNIDAD DE MANTENIMIENTO.

2.9.1. Filtro de aire

Es la primera etapa de mantenimiento, el aire que ingresa se dirige a la parte baja del filtro donde se encuentra con un deflector con forma de turbina lo que lo hace rotar, consecuentemente por acción centrífuga los residuos más pesados como gotas de agua, aceite y partículas de óxido se separan. A continuación, el aire aislado de los restos más pesados pasa por un filtro sintético con la propiedad de detener las partículas más pequeñas [8]. La Fig. 12 indica el símbolo de un filtro de aire bajo la norma ISO 1219.

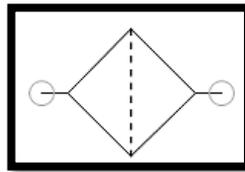


FIGURA 12: SÍMBOLO DE UN FILTRO DE AIRE [30].

2.9.2. Regulador de presión

En la segunda etapa de mantenimiento, el regulador es el encargado de reducir la presión del sistema al nivel óptimo de trabajo que es indicado en un manómetro, además lo mantiene constante ante cambios provocados por el consumo de aire.

Una membrana accionada por un muelle que a su vez es movido por un tornillo, regula la presión de aire a la salida. Si esta presión de salida se eleva por reducción del caudal, la membrana se estrecha y se obstruye la válvula de asiento. Al contrario, si la presión de salida se reduce, se apertura la válvula de asiento y el aire pueda fluir libremente. Finalmente, si la tensión en el resorte se reduce, el sobrante de aire escapa por un orificio hacia el ambiente [4]. Según la norma ISO 1219, la Fig. 13 muestra el símbolo de un regulador de presión.

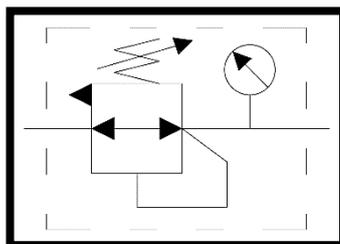


FIGURA 13: SÍMBOLO DE UN REGULADOR [30].

2.9.3. Lubricador

En la etapa final del mantenimiento del aire el lubricador como su nombre mismo lo indica, lubrica los componentes del circuito neumático, acción fundamental para prevención de daños producidos por la corrosión y fricción de los materiales. La manera en que se lubrican las herramientas es dosificando una medida ajustada de aceite que se atomiza y distribuye por lo equipos neumáticos en forma de niebla recubriendo sus mecanismos internos con una fina película [8]. La Fig. 14 indica la simbología que representa un lubricador según la norma ISO 1219.

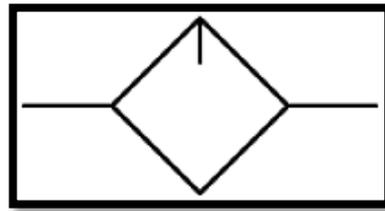


FIGURA 14: SÍMBOLO DE UN LUBRICADOR [30].

2.10. Válvulas neumáticas

Estos componentes son los encargados de controlar el estado y funcionamiento de los actuadores de un sistema de aire comprimido permitiendo o restringiendo el paso del fluido. Además, regulan los niveles de presión y caudal que llegan desde la estación compresora. Análogamente a los circuitos eléctricos se asemejan a conmutadores e interruptores en el control de encendido o apagado de diversos dispositivos [8].

2.10.1. Válvulas distribuidoras

Conocidas también con el nombre de válvulas de vías, debido a su característica de presentar orificios de conexiones (vías) para dirigir la trayectoria del fluido de trabajo, con el fin de accionar elementos actuadores como por ejemplo el avance y retroceso del vástago de un cilindro; además se diferencian por la presencia de posiciones, y los distintos tipos de accionamiento y retorno que puedan tener [8].

2.10.2. Vías y posiciones

El número de vías de una válvula de distribución indica la cantidad máxima de orificios de conexión que puedan conectarse en ésta. De la misma manera, el número de posiciones señala las posibles conexiones internas que se puede conseguir entre las vías de la válvula distribuidora [10].

Las válvulas distribuidoras se identifican por números según la cantidad de vías y posiciones de la siguiente manera [31]:

- El primer número indica la cantidad de vías de a válvula.
- El segundo número indica la cantidad de posiciones de la válvula.

Por ejemplo, si se menciona la válvula 5/3 se sabe que posee cinco vías conectoras y tres posiciones diferentes de conexión.

Por lo general, las válvulas de distribución presentan de dos a tres posiciones de conexión y de dos o más vías de conectores [15]. Según la normativa ISO 1219, la representación simbólica de las válvulas emplea cuadrados para indicar el número de posiciones y pequeñas líneas sobre dichos cuadrados para señalar la cantidad de vías como se muestra en la Fig. 15.

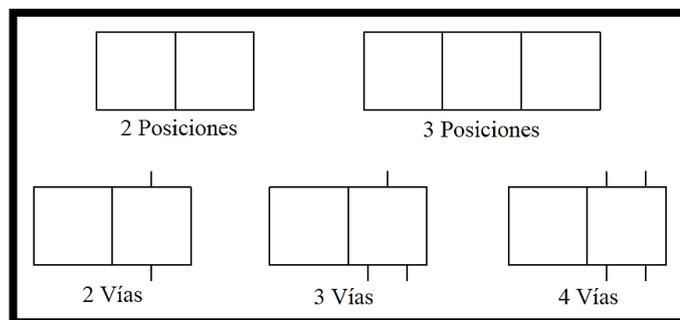


FIGURA 15: SÍMBOLO DE VÍAS Y POSICIONES.

Para las conexiones entre las vías que se realizan al interior de las válvulas se emplean flechas que indican el sentido de circulación del aire comprimido, estas flechas pueden ser unidireccionales o bidireccionales según la necesidad. Las vías también pueden permanecer cerradas apareciendo un símbolo parecido a una letra te mayúscula (T) [33]. La Fig. 16 indica por medio de dos ejemplos como se podrían conectar las vías al interior de las posiciones.

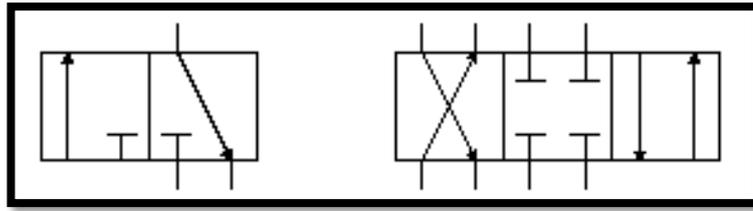


FIGURA 16: POSIBLES CONEXIONES ENTRE VÍAS.

Las vías de una válvula se diferencian por la función específica que realizan, para identificarlas se emplea un código de números o letras según la normativa que se aplique. La Tabla 3 indica la función y su respectiva asignación.

TABLA 3: CÓDIGO DE LAS VÍAS DE UNA VÁLVULA [17].

Función	Numérica	Alfabética
Conexión de aire comprimido	1	P
Vías de trabajo	2, 4, 6	A, B, C
Escape de aire	3, 5, 7	R, S, T
Control, pilotaje o accionamiento	12, 14, 16	X, Y, Z
Fuga	9	L

Conociendo que cada posición de una válvula desempeña una determinada función, al esquematizar un circuito cada posición se grafica en estado de reposo y se entiende que al haber un accionamiento externo las posiciones de la válvula cambian de lugar indicando la nueva tarea asignada [15]. Se esquematiza esta explicación en la Fig. 17 con el control de un cilindro por medio de una válvula de mando 4/2.

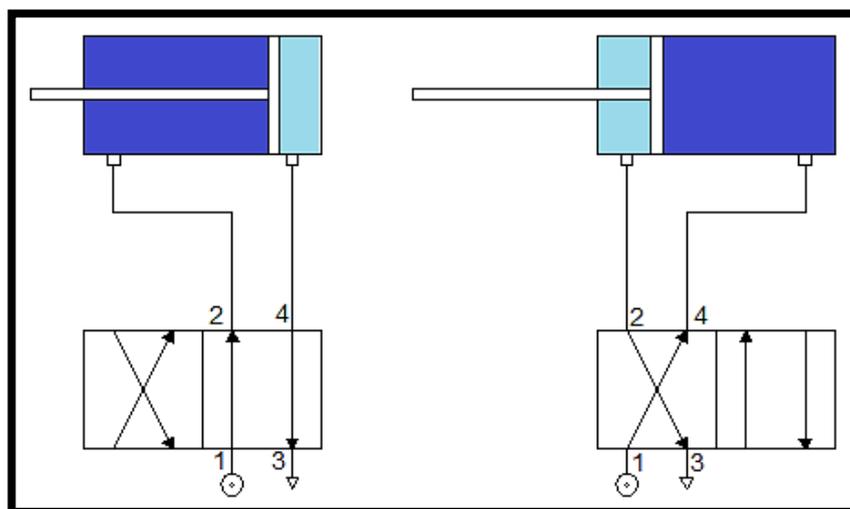


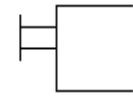
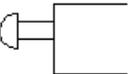
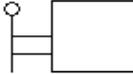
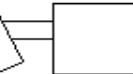
FIGURA 17: CAMBIO DE ESTADO DE UNA VÁLVULA [15].

2.10.3. Tipos de mandos

Son los esfuerzos externos que se aplican en las válvulas para conseguir un cambio de estado en sus posiciones, a fin de conseguir una nueva configuración en las conexiones de las vías según convenga. Cabe destacar que los mismos mecanismos pueden ser empleados para accionamiento y retorno de las válvulas de distribución. A continuación, se procede a describir los tipos de mando según el funcionamiento [15]:

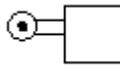
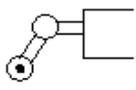
- **Mando manual:** requiere la intervención externa de un operario; la automatización de un circuito depende de la cantidad de accionamientos manuales pues un mayor número indica una mayor intervención humana. Pese a existir un sistema completamente automatizado por lo menos se contará con un mecanismo manual. La Tabla 4 muestra los diferentes tipos de mandos manuales con su respectiva simbología.

TABLA 4: MANDOS MANUALES [28].

Accionamiento	Simbología
Manual General	
Pulsador	
Palanca	
Pedal	

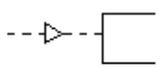
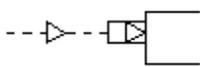
- **Mando mecánico:** este tipo de mandos son accionados por otros mecanismos que están realizando un trabajo como por ejemplo el desplazamiento del vástago de un cilindro, en su instalación se debe ubicar adecuadamente en el circuito de manera que se produzca un buen contacto entre el mecanismo y la pieza que la activa. La Tabla 5 indica los tipos de mando mecánico.

TABLA 5: MANDOS MECÁNICOS [28].

Accionamiento	Simbología
Leva	
Rodillo	
Rodillo Escamoteable	
Muelle	

- **Mando neumático:** las válvulas son accionadas a distancia aprovechando la ventaja del aire comprimido disponible, son muy utilizadas para el control de actuadores como cilindros y motores neumáticos. En la Tabla 6 se puede observar los mecanismos de mando neumáticos.

TABLA 6: MANDOS NEUMÁTICOS [28].

Accionamiento	Simbología
Mando directo	
Mando indirecto (servo pilotaje)	
Presión diferencial	

- **Mando eléctrico:** emplea el electromagnetismo como principio en el cual una bobina se excita al recibir una señal proveniente de algún tipo de sensor para dar el cambio de posición de la válvula, convirtiéndose el pulso eléctrico en una señal neumática. Las válvulas de distribución que emplean este tipo de mando son llamadas electroválvulas. Finalmente, la Tabla 7 indica los medios que activan el cambio de estado.

TABLA 7: MANDOS ELÉCTRICOS [28].

Accionamiento	Simbología
Electromagnético	
Electromagnético con servo pilotaje	

2.10.4. Válvula 2/2

Únicamente cumple con la función de abrir y cerrar el paso de aire comprimido, por lo que se la utiliza en aplicaciones de emergencia en caso de existir algún tipo de complicación durante un proceso neumático.

Funcionalmente tiene dos vías y dos posiciones, la Fig. 18 muestra una válvula 2/2 de accionamiento manual por pulsador normalmente cerrada, en la posición de reposo los orificios 1 y 2 permiten el paso de aire, mientras que al presionar el pulsador cambia su posición y se bloquea el paso de aire.

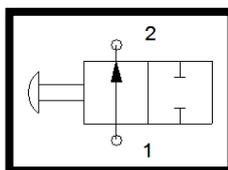


FIGURA 18: VÁLVULA 2/2 NC.

Para brindar la respectiva seguridad en las prácticas propuestas, se emplea una válvula 2/2 de emergencia donde su accionamiento interrumpe el flujo de aire inmediatamente hacia el circuito neumático, en la Fig. 19 se puede observar la válvula de la marca EMC®.



FIGURA 19: VÁLVULA DE EMERGENCIA.

2.10.5. Válvula 3/2

Es la válvula mayormente empleada en los sistemas neumáticos por las diferentes funciones que presta, por ejemplo, para un control sencillo de un cilindro de simple efecto, se puede utilizar con diferentes tipos de accionamiento [4].

En la Fig. 20 se presenta una válvula 3/2 de accionamiento mecánico por rodillo y retorno por muelle, normalmente cerrada. El orificio 1 permanece bloqueado y hay un retorno de aire desde la vía 2 a la 3, cuando cambia de estado se produce una transferencia desde la vía 1 hacia la 2 mientras que 3 se bloquea.

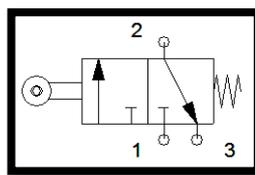


FIGURA 20: VÁLVULA 3/2 NC.

Para el trabajo presentado se requiere emplear una válvula 3/2 con las características anteriormente descritas, en la Fig. 21 se puede apreciar dicha válvula de la marca EMC®.



FIGURA 21: VÁLVULA 3/2 DE TRABAJO.

Además, para el desarrollo de las prácticas es necesario el uso de una válvula 3/2 monoestable y una biestable, cuyos datos técnicos se encuentran en el Anexo 3.

2.10.6. Válvula 5/2

La funcionalidad de esta válvula se caracteriza por el paso de aire en ambos sentidos gracias a la presencia de cuatro vías, la vía restante se emplea para el escape de aire hacia el ambiente [4]. Son empleadas para controlar la acción de un cilindro de doble efecto [10].

La Fig. 22 muestra una válvula 5/2 donde su accionamiento y retorno es neumático como se puede observar la simbología en los costados del elemento, en reposo hay intercambio de aire entre las vías 1 – 2 y 4 – 5 mientras el orificio 3 está bloqueado. Cuando se acciona la válvula cambia la posición, la vía 5 se bloquea y se habilita el paso de aire desde 1 hacia 4 y el retorno de aire de 2 a 3.

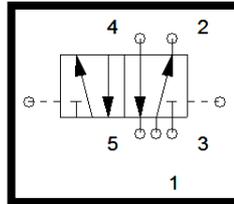


FIGURA 22: VÁLVULA 5/2 NC.

En las prácticas propuestas se necesita el uso de una válvula 5/2 con las características antes señaladas, se la puede ver en la Fig. 23, de la marca EMC® y su información técnica es descrita en el Anexo 4.



FIGURA 23: VÁLVULA 5/2 DE TRABAJO.

También se requiere de una electroválvula 5/2 biestable es decir de accionamiento y retorno eléctrico, para más detalles ver Anexo 5.

2.11. Cilindros neumáticos

Los actuadores lineales poseen un trabajo de salida y retorno de un vástago, en cuya carrera rectilínea existe una transformación de energía neumática a mecánica a fin de obtener la fuerza requerida para una tarea específica [4].

En la Fig. 24 se muestra un cilindro de simple efecto en corte longitudinal para indicar las principales partes que lo conforman.

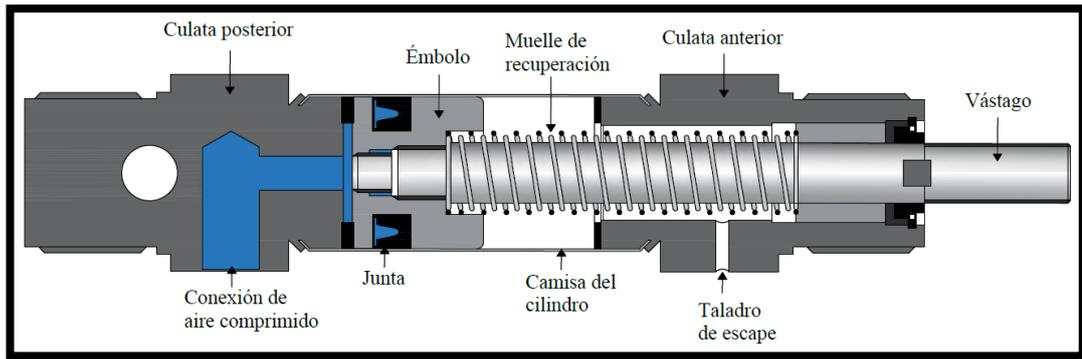


FIGURA 24: PARTES DE UN CILINDRO [27].

Existen dos tipos de cilindros según el retorno del vástago [10]:

2.11.1. Simple efecto

Este cilindro tiene la característica de recibir aire comprimido por un extremo lo que induce a una carrera del vástago en un solo sentido, para su retorno a la posición original emplea un mecanismo de resorte que viene de fábrica con el cilindro o se lo puede realizar por alguna acción externa.

La Fig. 25 muestra la simbología de un cilindro de simple efecto con un muelle para su retroceso según la norma ISO 1219.

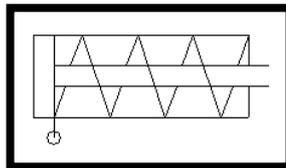


FIGURA 25: CILINDRO DE SIMPLE EFECTO.

Para las prácticas en el módulo didáctico se requiere el trabajo de un cilindro de simple efecto, se puede observar en la Fig. 26 de la marca EMC[®] y su detalle técnico se aprecia en el Anexo 6.



FIGURA 26: CILINDRO SIMPLE EFECTO DE TRABAJO.

2.11.2. Doble efecto

El aire comprimido interviene directamente en la carrera de salida y retorno del vástago, quiere decir que en el cilindro existen dos cámaras en las que cuando por una ingresa el aire por la otra sale expelido al ambiente.

En la industria son mayormente utilizados antes que los de simple efecto con la desventaja del doble de consumo de aire comprimido.

En la Fig. 27 se muestra la simbología de un cilindro de doble efecto con dos conectores para el ingreso de aire en ambas cámaras del mismo, de acuerdo con la norma ISO 1219.

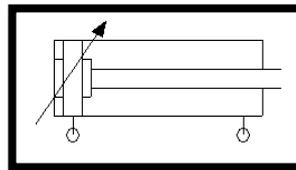


FIGURA 27: CILINDRO DE DOBLE EFECTO.

Al igual que el cilindro de simple efecto, también se requiere el uso de cilindros de doble efecto, en la Fig. 28 se puede apreciar un ejemplar de la marca EMC®, para conocer sus especificaciones técnicas revisar el Anexo 7.



FIGURA 28: CILINDRO DOBLE EFECTO DE TRABAJO.

2.12. Accesorios neumáticos

Son los componentes no menos importantes que cumplen funciones específicas para que los circuitos neumáticos laboren de manera correcta y puedan cumplir sus funciones previamente programadas. A continuación, se detallan los elementos adicionales que utilizan los estos sistemas.

2.12.1. Mangueras

Son empleadas para la interconexión de dos elementos que conforman un circuito neumático, sirven como medio de transporte para el aire comprimido. Se fabrican de materiales flexibles como poliuretano, poliamidas o teflón [15].

Se busca que posean propiedades que los hagan resistentes a las elevadas presiones a los que son sometidas en los circuitos neumáticos. Este tipo de mangueras también deben soportar efectos abrasivos y desgaste, además ser resistentes a grasas, aceites y gases como oxígeno y ozono. Las mangueras son diseñadas para tolerar dobleces y deformaciones por sobrecargas de extensa duración [34].

En la Fig. 29 se muestran dos clases de manguera diferenciadas por el diámetro de su sección, la coloración azul indica el transporte de aire comprimido.

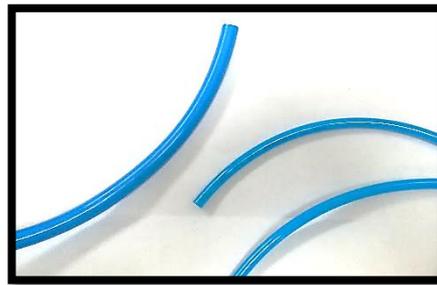


FIGURA 29: MANGUERAS.

2.12.2. Racores

Existe una gran cantidad de racores con variadas formas y de diversos materiales, su principal propósito es la de interconectar dos o más conductos de aire de la mejor manera posible, es decir sin presentar fugas ni pérdidas de presión durante el acople [15].

Existen uniones rectas, en forma de codo, en T, en cruz, en V, uniones hembra y tapones, y otros con doble funcionalidad como los racores reguladores de caudal que se ubican a la entrada de las cámaras de los cilindros controlando la velocidad de salida del vástago [15]. Se los puede apreciar en la Fig. 30.



FIGURA 30: RACORES REDUCTORES.

2.12.3. Silenciadores

Son pequeños dispositivos de plástico o de metal que se colocan en los escapes de aire de las válvulas con la finalidad de reducir considerablemente el ruido que produce cuando escapa de ellas.

La Fig. 31 muestra la simbología de un silenciador según la norma ISO 1219 [30]:

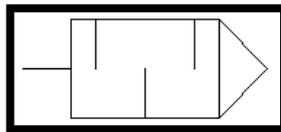


FIGURA 31: SIMBOLOGÍA DE UN SILENCIADOR.

Para el proyecto propuesto se emplean silenciadores de bronce, se los puede identificar en la Fig. 32.

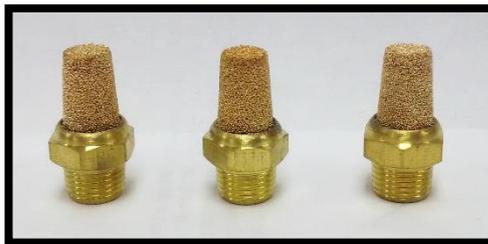


FIGURA 32: SIMBOLOGÍA DE UN SILENCIADOR.

2.13. Diseño de circuitos neumáticos

Para diseñar correctamente un circuito neumático se debe conocer ciertas herramientas que facilitan esta tarea, para la resolución de ejercicios de aplicación antes de ejecutarlos en la práctica.

A sabiendas de que un proceso neumático industrial busca satisfacer una necesidad productiva a través de la automatización, previamente se realizará un circuito que cumpla con dicha exigencia, de manera que serán los actuadores quienes conjuntamente sincronizados efectuarán el trabajo solicitado, por lo que las técnicas de diseño se enfocan mayormente en los cilindros con el objetivo de secuenciarlos a fin de que cumplan con una programación preestablecida.

2.13.1. Secuencia de movimientos

Los cilindros deben ser nombrados con una letra mayúscula del alfabeto, para indicar la salida y retorno del vástago de un cilindro se unirán a las letras los signos más (+) y menos (-) para indicar el movimiento que realizan, el signo más (+) señala la salida del vástago mientras que el signo menos (-) el retorno [4].

A manera de ejemplo se muestra la siguiente secuencia: A+ / B+ / B- / A-.

2.13.2. Diagrama de fases

Para este tipo de diagrama se establece que los números cero (0) y uno (1) indican la posición de retorno y salida del vástago de un cilindro, el cero (0) indica que el vástago está en posición de retroceso y el uno (1) señala la posición de salida [25].

Continuando con el ejemplo anterior, en la Fig. 33 se muestra el diagrama de fases donde aparece el desarrollo de la secuencia mencionada indicando las marcas de los cilindros A y B.

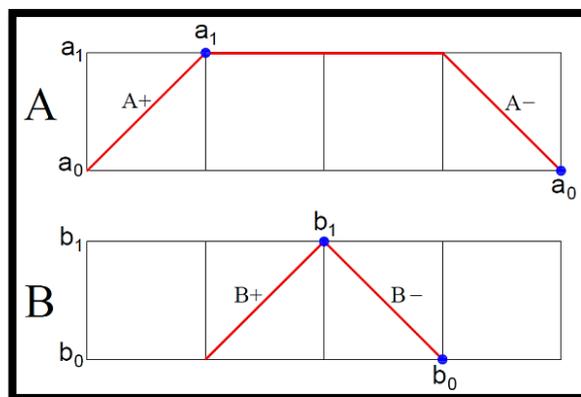


FIGURA 33: EJEMPLO DIAGRAMA DE FASES.

2.13.3. Diagrama de estados

Este proceso se efectúa luego de realizar el diagrama de fases, en la Fig. 34 se muestra el diagrama de estados del ejemplo anterior indicando que posición de cilindro apertura a un nuevo paso de la secuencia.

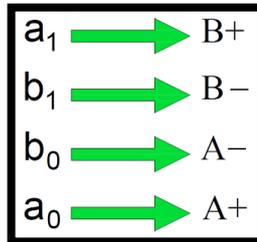


FIGURA 34: EJEMPLO DIAGRAMA DE ESTADOS.

Este diagrama de estados es muy importante ya que de éste depende el esquema de conexiones de nuestro circuito donde se lo aplica a los elementos de control como válvulas, electroválvulas y similares.

2.13.4. Diagrama de mandos

Conocido también como diagrama de entradas y salidas, según la norma DIN 19226 sucede que al interior de un sistema las señales de entrada influyen sobre las señales de salida a través de los comandos de control [28]. Ver Fig. 35.

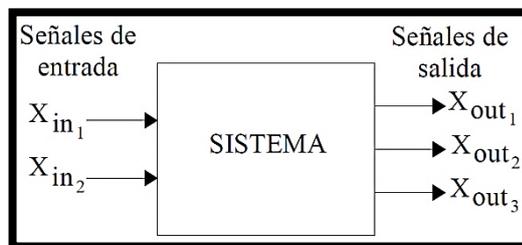


FIGURA 35: EJEMPLO DIAGRAMA DE MANDOS.

Para un sistema electro-neumático automatizado, las señales de entrada son las indicaciones de marcha, paro y sensores como los detectores magnéticos que envían las señales de posición del vástago de los cilindros. Las tareas de control del sistema son llevadas a cabo por las conexiones del circuito electro-neumático y la programación del software que incluye las órdenes de secuencia. Por último, las señales de salida serán el resultado esperado, en este caso las bobinas de las electroválvulas permitirán el paso de aire comprimido hacia los cilindros.

2.14. Componentes eléctricos

A continuación, se realiza una descripción de los materiales eléctricos que se utilizarán para la construcción de las láminas que forman parte del módulo educativo para prácticas electro-neumáticas industriales.

2.14.1. Interruptor termo magnético

Dispositivo encargado de la protección de un circuito eléctrico, su nombre se origina al venir equipado con dos equipos en serie, el primero es un disparador térmico que se activa en presencia de sobre-corrientes bajas como en el caso de sobrecargas del sistema, y un disparador magnético que actúa en presencia de sobre-corrientes elevadas como los cortocircuitos, puede ser usado tanto en instalaciones domésticas e industriales brindando siempre la seguridad respectiva para los usuarios y aparatos eléctricos [35].

La Fig. 36 muestra el interruptor termo magnético de marca CHANA[®] utilizado como protección principal del módulo educativo.



FIGURA 36: INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.

2.14.2. Base porta fusible

Una caja o base porta fusible alberga en su interior un fusible quien es el encargado de interrumpir el paso de corriente por sobrecarga a fin de evitar daños al equipo para el cual fue instalado.

El fusible posee una lámina de metal con un punto bajo de fusión el cual se dilata por sobre-corriente debido al exceso de temperatura que circula por el filamento; los fusibles cilíndricos son fabricados con un tubo cerámico [36].

La Fig. 37 muestra una base porta fusible de dimensiones 10 x 38 mm marca CAMSCO con su respectivo fusible el cual provee la protección necesaria a un dispositivo eléctrico.



FIGURA 37: FUSIBLE Y PORTA FUSIBLE.

2.14.3. Fuente de poder

Son pequeñas fuentes de alimentación que entregan a su salida un voltaje continuo de bajo valor para los dispositivos eléctricos del sistema electro-neumático. Pueden recibir a su entrada tensiones continuas de 110 a 300 V y alternas de 100 a 240 V como los de la red eléctrica convencional, entregando voltajes continuos de 5 V, 12 V, 15 V y 24 V según se requiera y una potencia de hasta 100 W.

Son energéticamente eficientes, pueden ser instaladas sobre riel o en pared y trabajan en un rango de temperatura desde los -25°C hasta 70°C [37].

La fuente de poder seleccionada para alimentar los equipos que trabajan con 24 VDC se puede observar en la Fig. 38, es de la marca SIEMENS modelo LOGO! POWER 24 V/2.5 A y sus especificaciones técnicas se adjuntan en el Anexo 8.



FIGURA 38: LOGO! POWER 24 V/2.5 A.

2.14.4. Relé

Es un interruptor que se activa mediante acción electromagnética, al excitar la bobina en su interior hace que sus contactos se abran y ante la ausencia de tensión los contactos retornan a su estado original por intervención de un muelle [25].

Los relés deben ser capaces de trabajar por largo tiempo sin un constante mantenimiento, además, deben soportar gran cantidad de maniobras y ser lo suficientemente rápidos en su accionamiento [25].

En la Fig. 39 se observa la simbología de un relé que tiene dos contactos normalmente abiertos y dos normalmente cerrados, aunque también existen relés conmutados, es decir, con contactos de apertura y cierre.

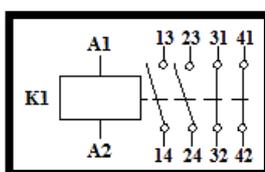


FIGURA 39: SIMBOLOGÍA DE UN RELÉ [25].

Además, la Fig. 39 muestra su nomenclatura, K1 indica el nombre del relé, A1 y A2 son los terminales de conexión. En los contactos la primera cifra señala el número de contacto mientras la segunda cifra los números 1 y 2 si son de apertura y los números 3 y 4 si son contactos de cierre [28].

La Fig. 40 presenta un mini relé encapsulado de marca WAGO® elegido para la activación de las bobinas de las electroválvulas, las características técnicas se mencionan en el Anexo 9.



FIGURA 40: RELÉ.

2.14.5. Detector magnético

Es un sensor que puede ser de tipo lengüeta o Reed, se acciona ante la presencia de un campo magnético, si son normalmente cerrados se abren y viceversa. Son de fácil instalación, pueden trabajar en ambientes con presencia de humedad y polvo, deben evitarse emplear en presencia de grandes campos magnéticos ya que interfiere en su correcto funcionamiento [28].

Los sensores magnéticos elegidos para las prácticas de simulación son de la marca EMC[®] y se puede observar un ejemplar en la Fig. 41.

En el Anexo 10 aparece la ficha técnica del sensor magnético para un cilindro de simple efecto, mientras que en el Anexo 11 se aprecia para el de doble efecto.



FIGURA 41: SENSOR MAGNÉTICO.

2.14.6. Conectores y borneras

Los conectores o plugs empleados para la alimentación de los distintos equipos y armado de diagramas eléctricos deben ser completamente aislados para brindar completa seguridad al usuario, estos se arman empleando conductor 20 AWG.

Las borneras cumplen con la función de terminales de conexión y alimentación de los equipos, estos se cablean mediante conductor 18 AWG.

Los plugs y borneras se manejan por código de colores siendo el rojo para fase, negro para neutro y demás conexiones y el color verde para conexión a tierra. La Fig. 42 muestra los plugs y borneras que se emplean en el proyecto propuesto, el diámetro externo de las borneras es de 10 mm.



FIGURA 42: PLUGS Y BORNERAS.

2.14.7. Pulsador

Es un tipo de interruptor que se acciona al mantener pulsado su mecanismo para un cambio de posición, si se deja de presionar retorna a su estado original [25].

Tiene tres pines siendo uno de ellos el común, uno es un contacto normalmente cerrado y otro un contacto normalmente abierto; vienen de varios colores, pero los más empleados son el verde para la conexión y rojo para la desconexión.

Se han seleccionado pulsadores de marca CAMSCO de 16 mm de diámetro, se pueden observar en la Fig. 43.



FIGURA 43: PULSADORES.

Un pulsador importante es el de emergencia, físicamente sobresale del resto de pulsadores al ser más grande, vistoso y de color rojo. Cumple con la función de interrumpir inmediatamente el suministro de electricidad de todo el circuito eléctrico en caso de que exista algún tipo de riesgo. Ver Fig. 44.



FIGURA 44: PULSADOR DE EMERGENCIA.

2.14.8. Luz piloto

Son indicadores luminosos tipo led, en un tablero eléctrico de control señalan si un equipo se encuentra encendido o apagado. Se fabrican de varios tamaños y colores vienen con dos pines de conexión.

La Fig. 45 muestra luces piloto de la marca CAMSCO de 16 mm, el verde indica que un dispositivo está encendido y el rojo que está apagado.



FIGURA 45: LUCES PILOTO.

2.15. Equipos de automatización

Estos dispositivos ayudan a programar las tareas que van a ejecutar los elementos del circuito electro-neumático, son de gran importancia para la automatización de procesos a fin de sustituir las funciones que comúnmente son realizadas por un operario, además hacen que una línea de producción sea eficiente y de alta calidad.

2.15.1. Autómata programable

Un controlador lógico programable es un equipo electrónico que según las órdenes que recibe a su entrada de señales es capaz de interpretarlas y desarrollar un proceso interno secuencial y repetitivo, a fin de entregar a su salida las tareas asignadas por el usuario.

Existe una amplia gama de estos dispositivos de diferentes marcas según la empresa de fabricación; al recibir instrucciones, la programación también puede ser diferente en función del software y el tipo de lenguaje con el que trabaja. Presenta características que lo hacen muy atractivo como su pequeño tamaño, sencilla configuración, comunicación con otros equipos y vida útil de gran duración, además son de mantenimiento rápido y económico. Es por esto que siempre están presentes en el sector industrial para sus distintas aplicaciones [38].

El autómata programable elegido para el módulo didáctico es el modelo LOGO! 12/24 RCE de la marca SIEMENS, se lo puede observar en la Fig. 46 y sus características técnicas se encuentran en el Anexo 12.



FIGURA 46: LOGO! 12/24RCE.

2.15.2. Módulo de expansión

En caso de que un autómata programable posea una cantidad de entradas y salidas limitadas, un módulo de expansión se comunica con éste para ampliar el número de señales analógicas o digitales. En adición, también es capaz de brindar al autómata la posibilidad de trabajar con otros protocolos de comunicación [33].

En las prácticas propuestas se requiere una cantidad adicional de entradas de señales adicionales a las que brinda el autómata programable, por lo que se ha optado por elegir un módulo de expansión modelo LOGO! DM8 12/24R de la marca SIEMENS. Ver Fig. 47. Para visualizar la información técnica adicional de este equipo consultar el Anexo13.



FIGURA 47: MÓDULO DE EXPANSIÓN.

2.15.3. Panel touch HMI

Una interfaz hombre-máquina permite la interacción de un operario con un proceso industrial a través de una pantalla antes programada para visualizar en tiempo real la operación del sistema. El dispositivo posee una pantalla táctil para que el usuario pueda intervenir controlando el proceso a distancia.

El panel muestra una representación gráfica de los distintos componentes que puedan formar parte de un sistema automatizado permitiendo al operario reconocer cada uno de ellos en las diferentes etapas del proceso. Además entregan información de la producción donde los datos obtenidos sirven para mejoras en optimización y operación del sistema [39].

El módulo didáctico presenta una pantalla HMI modelo KTP700 BASIC de la marca SIEMENS para la interacción con el estudiante, las especificaciones técnicas se detallan en el Anexo 14. Ver Fig. 48.



FIGURA 48: KTP700 BASIC.

2.15.4. Switch

Un switch es un dispositivo empleado para la interconexión de los equipos que intervienen directamente en la automatización de procesos como son el autómeta programable con su módulo de expansión, la pantalla HMI y la computadora. Su tarea fundamental es la vinculación de los equipos y la transmisión de información entre dichos dispositivos según la dirección IP que posean permitiendo una comunicación directa entre ellos [33].

La Fig. 49 muestra el switch elegido para el módulo didáctico, el dispositivo pertenece a la empresa SIEMENS, su modelo es el Scalance X005 y presenta cinco puertos RJ-45, sus características técnicas se encuentran en el Anexo 15.



FIGURA 49: SCALANCE X005.

2.16. Comunicación industrial

Dado que el módulo didáctico posee equipos intercomunicados entre sí para cumplir las tareas de automatización, estos al igual que en la industria deben seguir un régimen que haga que su funcionamiento sea siempre el correcto para que no existan dificultades durante las prácticas.

Las redes de comunicación industrial son importantes en la coordinación de equipos donde usualmente aparecen de distintos fabricantes, esto se consigue por medio de estándares o protocolos de comunicación definidos, de manera que se obtiene una respuesta adecuada del proceso, a su vez, si se desea incorporar algún otro elemento no exista dificultad de hacerlo. Las comunicaciones industriales presentan grandes ventajas de las que se destacan [40]:

- Desarrollo y control de toda la producción.
- Obtención instantánea de información acerca del proceso.
- El rendimiento conjunto del sistema se incrementa.
- Intercambio de datos entre las distintas etapas de producción.
- Asignación de tareas a distancia sin la necesidad de estar en el campo.

2.16.1. Pirámide de automatización industrial

También conocida como CIM por sus siglas en inglés Computer Integrated Manufacturing o Fabricación Integrada por Computadora, hace referencia a la integración general entre todos los equipos que conforman el sistema logrando una automatización flexible y de resultados óptimos en la producción [40].

Los componentes se agrupan en niveles y se representan jerárquicamente en una pirámide en la cual se especifican las funciones que realizan en cada nivel. En la Fig. 50 se muestra gráficamente la disposición de los componentes según su categoría [41].

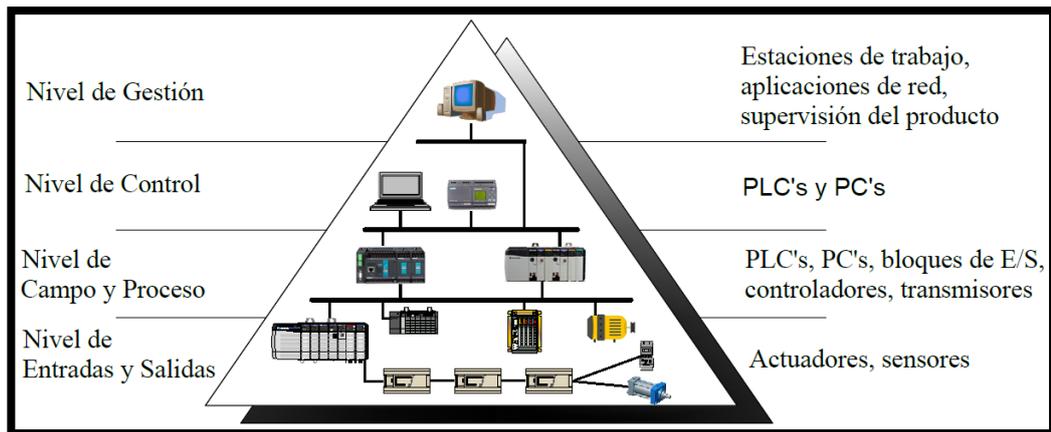


FIGURA 50: PIRÁMIDE DE AUTOMATIZACIÓN.

- **Nivel de entradas y salidas:** llamado también de instrumentación es la base de la pirámide, está constituido por aparatos de medición y actuación. Este nivel está más relacionado con la línea de producción. Para el presente proyecto, aquí se encuentran los sensores magnéticos, válvulas distribuidoras y los cilindros actuadores.
- **Nivel de campo y proceso:** se ubican dispositivos con la capacidad de administrar las acciones de los instrumentos del nivel antes mencionado como es el caso del autómatas programable LOGO! 8 quien coordina las funciones de los sensores y actuadores.
- **Nivel de control:** conocido como nivel de célula, es el monitor del sistema para la supervisión de todos los equipos que actúan en él, la pantalla HMI KTP700 permite visualizar de manera virtual el proceso en tiempo real indicando todas las novedades de este.
- **Nivel de gestión:** o nivel de fábrica es el nivel más alto, importante para el procesamiento de toda la información que llega del nivel de control para diagnóstico del sistema y la toma de decisiones. Una PC será la encargada de supervisar los datos que se transmiten entre los dispositivos de todos los niveles.

2.16.2. PROFINET

Es un protocolo de red basado en Ethernet Industrial el cual se adapta a las necesidades reales de la automatización, es un estándar abierto para el intercambio rápido de datos en tiempo real según la norma IEEE 802.3, se caracteriza por [41]:

- Ejecución de tareas de mantenimiento y prestación de servicio desde cualquier lugar.
- Comunicación rápida, sencilla y flexible.
- Estructura tipo maestro/esclavo.
- Distancia entre dispositivos hasta 100 m.
- Emplea conectores RJ-45.
- Permite emplear switch de estándar Ethernet.
- Velocidades de transmisión elevadas hasta 1000 Mbps.
- Es full dúplex, tiene comunicación simultánea en dos sentidos.

2.17. Programación

Se realiza una descripción del software requerido para la programación del LOGO! 8 con su respectivo lenguaje de programación, así mismo se detalla la aplicación para la configuración de la pantalla HMI.

2.17.1. Lenguaje KOP

Es un lenguaje tipo ladder o escalera dicho en español, su programación se basa en la representación de contactos eléctricos por lo que lo hace mayormente adaptable para los técnicos de esta rama. La Fig. 51 muestra un diagrama de contactos [42].

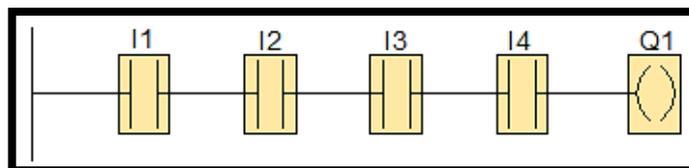


FIGURA 51: LENGUAJE KOP [42].

2.17.2. LOGO! Soft Comfort

Es un software de la empresa Siemens utilizado para la programación de un autómata LOGO! desde un ordenador, pudiéndose elegir el lenguaje KOP. Además, permite realizar una simulación de un evento visualizando los cambios de estado. Finalmente, se puede dar el intercambio de programas desde el LOGO! al PC y viceversa [43].

La versión empleada para la reproducción de las prácticas es la 8.2, su icono se lo puede identificar en la Fig. 52.



FIGURA 52: LOGO! SOFT COMFORT V8.2.

2.17.3. TIA Portal

Totally Integrated Automation Portal al igual que el software anterior también es desarrollado por Siemens, es ideal para la programación de autómatas programables y en especial paneles HMI. Presenta una interfaz innovadora y amigable con el usuario, además posee sofisticadas funciones para la configuración gráfica y lo más llamativo una amplia librería de figuras para modelar los programas en su pantalla táctil [33].

Este software a partir de la versión 13 es compatible la pantalla HMI KTP700, por ende, la versión antes mencionada es utilizada en este proyecto. Ver Fig. 53.



FIGURA 53: TIA PORTAL V13.

En cambio, en la Fig. 55 se puede observar un plano de vista superior con las dimensiones antes mencionadas.

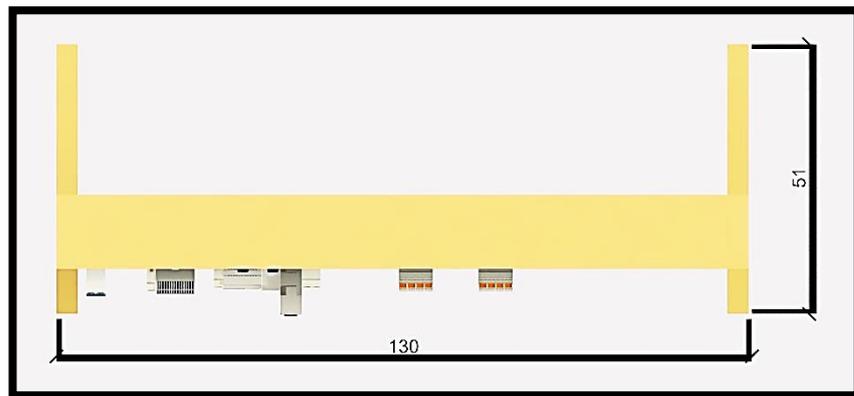


FIGURA 55: VISTA SUPERIOR DEL MÓDULO.

Se ha pensado en la versatilidad de la práctica para el estudiante por lo que la placa perfilada es abatible, es decir, que se pueda inclinar hasta un ángulo de 45° . Para lograr este objetivo, la placa perfilada estará sujeta por un soporte angular de 70 cm de longitud y 3 mm de espesor a cada lado de la placa antes mencionada.

El centro de dicho soporte se une con un tubo cilíndrico de 10 mm de diámetro y 10 cm de largo a través de un punto de soldadura; en cambio en la estructura metálica del módulo didáctico se puede observar un agujero con el mismo diámetro del tubo cilíndrico que servirá para montar el soporte angular. En la Fig. 56 se observa el soporte que sujetará la placa perfilada.



FIGURA 56: SOPORTE EN FORMA DE "L".

En la parte inferior del soporte que sujeta la placa se adapta un picaporte para fijar la placa perfilada a la estructura metálica como se muestra en la Fig. 57.



FIGURA 57: PICAPORTE PARA FIJACIÓN EN EL MÓDULO.

La Fig. 58, presenta el montaje de la lámina perfilada de FESTO en la estructura metálica del módulo didáctico.



FIGURA 58: MONTAJE DE LA PLACA PERFILADA.

3.2. Láminas del módulo didáctico

El presente módulo didáctico educativo está conformado por una lámina de aluminio para soporte de equipos neumáticos FESTO indicada en el ítem A de la Fig. 60 y complementada por siete láminas metálicas donde se ubican equipos de control indicado en el ítem B de la figura antes mencionada, las mismas que contienen los siguientes equipos de control:

- Una lámina DISTRIBUCIÓN
- Una lámina PANTALLA HMI – KTP700 BASIC
- Una lámina LOGO! POWER 24V/2.5A
- Una lámina LOGO! 12/24RCE – LOGO! DM8 12/24R – SCALANCE X005
- Dos láminas ZÓCALO RELÉ – 24VDC/8P
- Una lámina PULSADORES Y LUCES PILOTOS

3.2.1. Lámina DISTRIBUCIÓN

La lámina de distribución utiliza como medio de alimentación monofásica del módulo didáctico una tensión de 120 VAC, encontrándose el punto de energización al costado izquierdo del mismo; presenta una altura de 24 cm y de ancho 11 cm.

La lámina está compuesta por un disyuntor de marca CHANA cuya capacidad es de 20 amperios, el mismo que se sujeta a la lámina mediante riel DIN, además contiene una luz piloto de color verde, la cual permite identificar cuando el módulo se encuentra energizado.

Por consiguiente, se cuenta con nueve borneras de conexión: tres de color rojo para la línea de fase representadas por la letra “L”, tres de color negro para el neutro con la nomenclatura “N” y tres de color verde para la respectiva conexión a tierra identificadas por “G”. Dos prensas estopa llevarán el cableado para la conexión de los diferentes equipos hacia las borneras.

La Fig. 61 muestra el diseño de la lámina DISTRIBUCIÓN, donde se encuentran todos los elementos señalados anteriormente.



FIGURA 61: LÁMINA DISTRIBUCIÓN.

3.2.2. Lámina LOGO! POWER 24V/2.5A

Esta lámina está compuesta por una fuente de poder de SIEMENS la cual es muy compacta y robusta, permite alimentar los equipos que trabajan con tensión continua de 24 VDC y soporta una corriente máxima de 2,5 A.

Por precaución y para seguridad del equipo se instaló una base porta fusible marca CAMSCO tipo 10 x 38 mm con fusible de 2 A, todos estos elementos se fijan mediante riel DIN. Para todo ello es importante efectuar la perforación adecuada para instalar las borneras y equipos antes mencionados. La lámina en mención tiene una altura de 24 cm y un ancho de 13 cm.

Además, la lámina presenta dieciséis borneras, siete de color negro, cinco de color rojo y cuatro de color verde, las mismas que para su instalación deben elaborarse perforaciones de 8 mm de diámetro. Al mismo tiempo se colocan dos presas estopas de 11 mm de diámetro las cuales sirven para sujetar el cableado que conecta la base porta fusible y los terminales de la fuente de poder con las borneras de forma posterior.

A continuación, se detalla la nomenclatura que se utilizan en esta lámina:

- E.F.: entrada del fusible
- S.F.: salida del fusible
- L1: fase en sistema 120 Vac
- N: neutro en sistema 120Vac
- +24 Vdc: tensión continua en DC
- M (0Vdc): masa o tierra en DC
- G: conexión a tierra

La Fig. 62 presenta el diseño de la lámina LOGO! POWER 24V/2.5A en la cual se presentan los elementos antes mencionados.

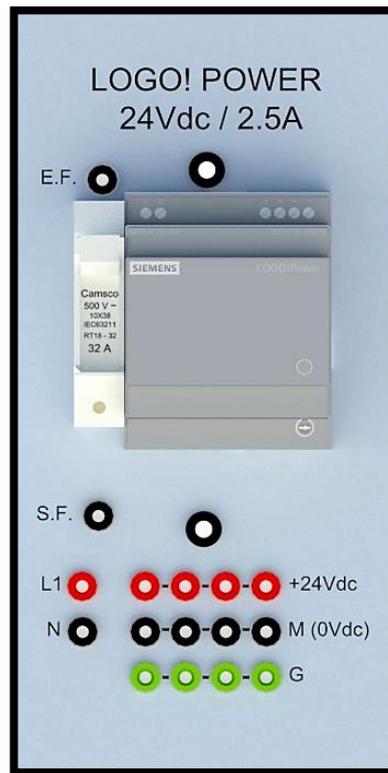


FIGURA 62: LÁMINA LOGO! POWER 24V/2.5A.

3.2.3. Lámina LOGO! 12/24RCE – LOGO! DM8 12/24R – SCALANCE X005

El nombre de la lámina indica tres modelos de equipos, la misma está conformada por los siguientes dispositivos: un autómata programable, un módulo de expansión y un juego de switch de conexión RJ-45, donde cada uno de ellos cuenta con la protección debida mediante una base porta fusible marca CAMSCO tipo 10 x 38 mm y fusibles de porcelana de 2 A.

El Mini PLC LOGO! 12/24 RCE cuenta con ocho entradas, se encuentran en el cuadro ENTRADAS LOGO! y son identificadas por la letra “I”, mientras que las cuatro salidas que posee están en el cuadro SALIDAS LOGO! representadas por la simbología de un contacto abierto y la letra “Q”. Para alimentar el dispositivo primero se deberá conectar con su respectivo fusible y luego con su bornera de alimentación para finalmente conectar terminal de masa.

El módulo de expansión LOGO! DM8 12/24R cuenta con un solo cuadro de entradas y salidas con cuatro terminales cada uno, también posee terminales de fase y masa.

El switch que se eligió es el modelo Scalance X005 provee cinco salidas Ethernet, al igual que los dos equipos anteriores también posee sus propios terminales de alimentación.

En la Fig. 63 se muestra el diseño de la en mención cuyas dimensiones son 24 cm de alto y 32 cm de ancho.

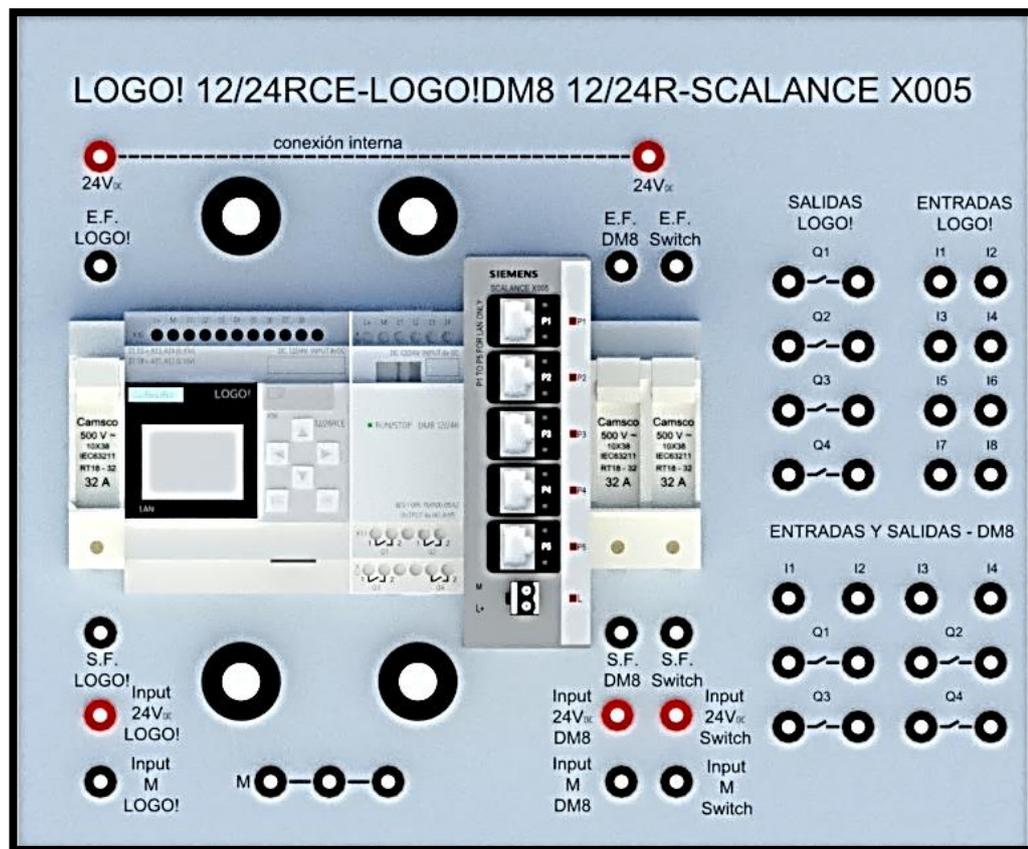


FIGURA 63: LÁMINA LOGO! 12/24RCE – LOGO! DM8 12/24R – SCALANCE X005.

3.2.4. Lámina ZÓCALO RELÉ – 24VDC/8P

Para esta lámina se han elaborado dos juegos idénticos en vista de la necesidad de tener ocho relés de salida, es decir cada lámina posee cuatro relés y para ello la medida de cada lámina es de 24 cm de altura y 15 cm de ancho.

Los relés que se utilizan en el módulo son de tipo encapsulados y compactos con ocho pines, dos de ellos sirven para la alimentación de la bobina y el resto es para dos contactos conmutados, serán montados en las láminas mediante riel DIN, y cuenta con cuatro prensas estopa de 22 mm de diámetro para sujetar el conexionado de las bobinas y los contactos conmutados de cada relé para su conexión a borneras.

Las borneras a utilizar en esta lámina son de color negro con 10 mm de diámetro externo, pero con 8 mm de diámetro para realizar las perforaciones en la lámina y el diámetro donde se coloca el plug banana es de 4 mm. La serigrafía será de color negro donde se indique el nombre de la lámina y la identificación de cada uno de los terminales del relé.

La Fig. 64 muestra el modelo de una de las láminas indicando las características antes mencionadas.

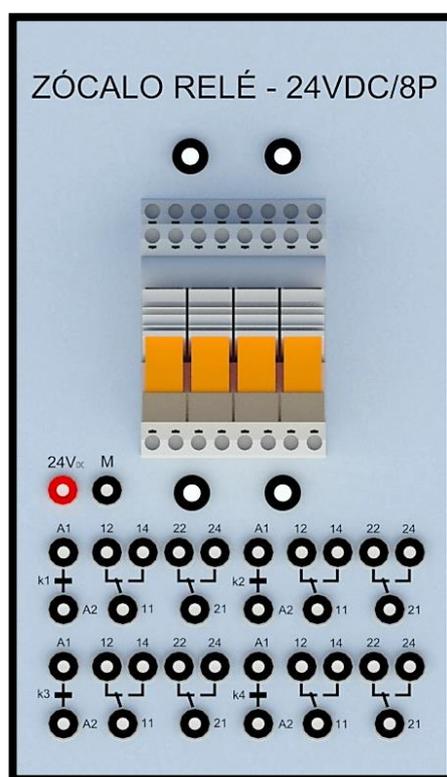


FIGURA 64: LÁMINA ZÓCALO RELÉ – 24VDC/8P.

3.2.5. Lámina PULSADORES Y LUCES PILOTOS

Esta lámina contiene tanto pulsadores como luces piloto y para ello la altura de la lámina es de 24 cm y el ancho de 13 cm; cuenta con tres pulsadores de 16 mm de color verde para tensión DC y la nomenclatura a utilizar es P1, P2 y P3.

El pulsador de emergencia es de 16 mm, de color rojo identificado como PE. Cada uno de los pulsadores está formado con un juego de contactos conmutado.

Adicionalmente, esta lámina está formado por ocho luces pilotos de 16 mm donde siete de ellas son de color verde y una de color rojo, son alimentados mediante tensión continua de 24 VDC, estos elementos se identificarán mediante la letra H.

La Fig. 65 indica la lámina de pulsadores y luces pilotos presentando las características antes mencionadas.

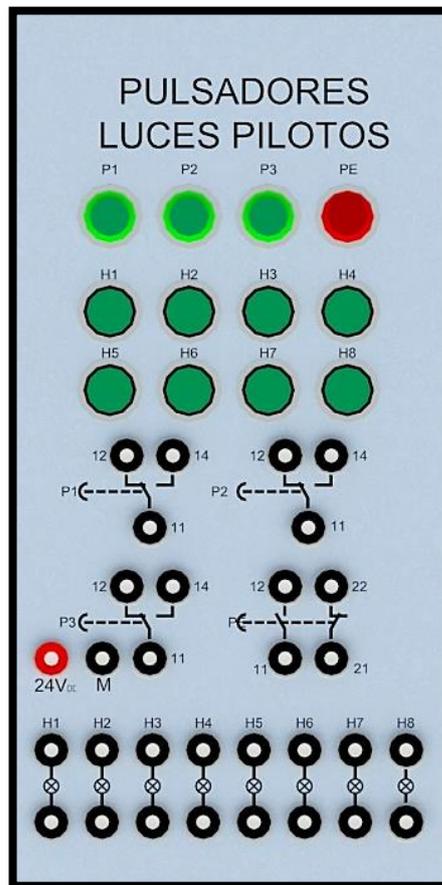


FIGURA 65: LÁMINA PULSADORES Y LUCES PILOTOS.

3.2.6. Lámina PANTALLA HMI – KTP700 BASIC

La presente lámina está conformada por la pantalla HMI modelo KTP700 BASIC, las dimensiones de esta lámina son de altura de 24 cm y de ancho 23 cm, observar Fig. 66.

Como todo equipo de control y comunicación debe contar con su respectiva protección, para ello se ha instalado una base porta fusible roscada con fusible de 2 A. También cuenta con terminales de alimentación. Además, tiene un adaptador RJ-45 para comunicar la pantalla HMI con el LOGO! y la computadora.



FIGURA 66: LÁMINA PANTALLA HMI – KTP700 BASIC.

3.3. Montaje y cableado

3.3.1. Equipamiento de láminas

En caso de que los equipos de control lo requieran se fija un riel DIN de 35 mm de ancho en la lámina para el montaje de los equipos, para ello se emplea un tornillo auto perforante aplicado con la ayuda de un taladro. A continuación, se procede a colocar las borneras, el color dependerá de la función a la cual se la haya asignado. Luego se enroscan las prensas estopa de color negro para la sujeción de los cables, la dimensión de estos depende de la cantidad de cables que pasen a través de estos. Ver Fig. 67.



FIGURA 67: MONTAJE RIEL DIN, PRENSA ESTOPA Y BORNERAS.

Los equipos se conectan en el riel DIN y se sujetan por medio de un seguro de color gris que llevan consigo los equipos como en el caso del disyuntor, LOGO! Power, LOGO!, los porta fusibles, el switch y los relés. Una vez montados los equipos, a los extremos de estos se fija un tope en el riel DIN para evitar que los equipos se desplacen. Ver Fig. 68.



FIGURA 68: FIJACIÓN DE LOS EQUIPOS EN RIEL DIN.

Se procede al cableado de los elementos de acuerdo con la nomenclatura establecida en cada lámina. En esta sección se utiliza terminales de punta que irán en los extremos de los cables para conectarse con los equipos y terminales de ojo para las conexiones en las borneras. Ver Fig. 69. Estos elementos se acoplan al conductor por medio de una machinadora.



FIGURA 69: TERMINALES DE PUNTA Y OJO.

En caso de que sea necesario se usa un caudín y estaño, ver Fig. 70, para adherir el cable al dispositivo como en el caso de los pulsadores y en otro de los casos no se requiere de ningún medio para conectar el cable al elemento ya que éste se fija por medio de tornillo como en las luces piloto.



FIGURA 70: SOLDADOR Y ESTAÑO.

Una vez realizadas todas las conexiones necesarias, se procede a apretar las prensas estopa para evitar el movimiento de los cables, además en la parte posterior se coloca espiral y amarras plásticas de manera que los conductores queden fijos y ordenados, ver Fig. 71.

Por otra parte, es necesario utilizar una etiquetadora Brady con una cinta de ¼” de color blanco para identificar cada uno de los terminales de ojo que se encuentran ubicados en la parte de atrás.

Finalmente, con ayuda de un multímetro se verifica continuidad entre los terminales de manera que se pueda comprobar la correcta conexión.

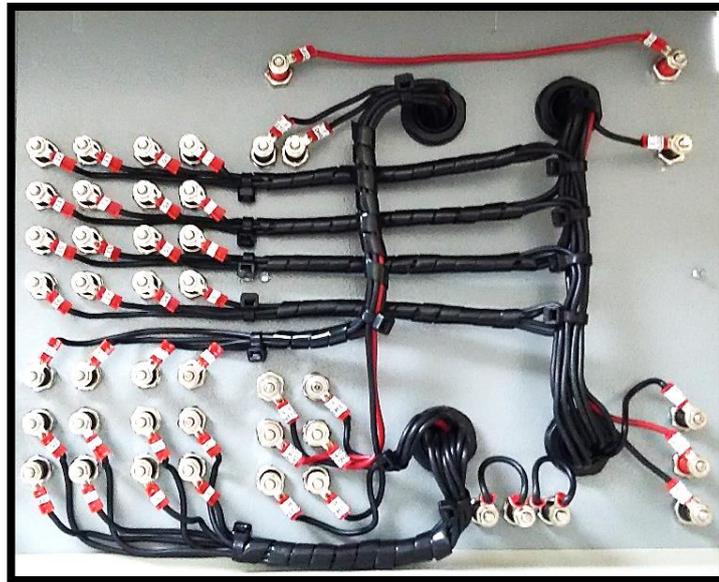


FIGURA 71: PARTE POSTERIOR DE UNA LÁMINA.

3.3.2. Alimentación del tablero

El módulo didáctico puede ser alimentado desde cualquier tomacorriente de servicio de 120 VAC, para ello se requiere de un conector que posea en sus extremos dos enchufes machos ya que uno de ellos irá a la fuente antes mencionada y el otro a un tomacorriente instalado en el tablero.

Del tomacorriente del módulo se realiza una extensión hacia un nuevo enchufe hembra de un servicio para alimentar la lámina de distribución que previamente tendrá un enchufe macho, ver Fig. 72.



FIGURA 72: ALIMENTACIÓN DEL MÓDULO.

3.3.3. Adecuación de electroválvulas

Para establecer esta temática es importante mencionar que de fábrica la bobina de apertura de cada electroválvula viene con su conexión de manera fija, lo cual no es conveniente ya que esto impide desmontar el cableado fácilmente, por otra parte, didácticamente no es favorable para el estudiante ya que no podría interactuar con dicha sección.

En la Fig. 73 se muestra la electroválvula de marca EMC[®], se observa que el elemento antes mencionado viene con su bobina, pero los terminales de esta se encuentran dentro de la caja de color negro ver ítem A de la Fig. 73.

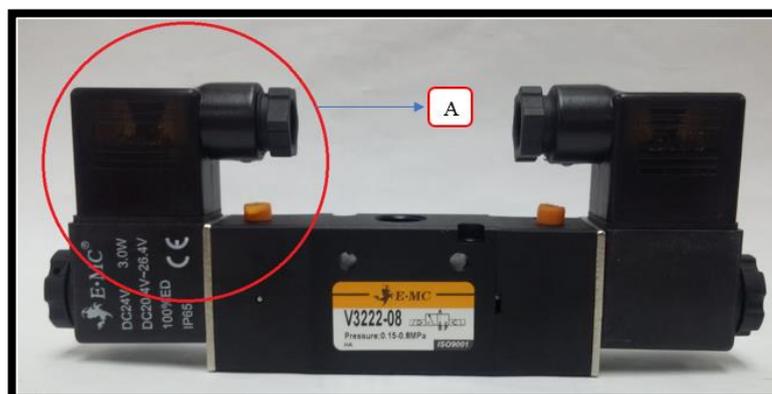


FIGURA 73: ELECTROVÁLVULA DE FÁBRICA.

Para solucionar el inconveniente antes mencionado se ha modificado la estructura del equipo, para ello se elaboró una caja de policarbonato de 4,5 cm de altura, ancho 3,1 cm y 2,2 cm de profundidad. En la parte superior de dicha caja se ubican dos borneras que son los terminales de conexión de la bobina de la electroválvula como se observa en la Fig. 74.



FIGURA 74: CAJA DE ELECTROVÁLVULA.

Las borneras de la caja al igual que en todo el proyecto cumplen el código de colores, además al interior de esta se ubican las conexiones de la bobina respetando la polaridad. La cara frontal de la caja es transparente para permitir observar el encendido de un led cuando se activa la bobina, el resto de las caras son oscuras traslucidas. La Fig. 75 permite observar la caja montada en la electroválvula, esta se asegura mediante tornillos.



FIGURA 75: ELECTROVÁLVULA ADECUADA.

3.3.4. Ensamblaje de conductores

Este apartado requiere el empleo de cable 20 AWG súper flexible ya que al cumplir con la función de conexiónado este debe soportar el trájín de su trabajo. El kit de un plug está conformado por 5 elementos, ver Fig. 76:

- El cuerpo plástico del plug del cual se manipula el conector.
- Una bayoneta metálica con punta aislada hace el contacto eléctrico.
- Un tubo plástico transparente que cubre la parte superior de la bayoneta para evitar el contacto con dicha sección.
- Un resorte que extiende el tubo antes mencionado y que se retrae cuando el plug ingresa a una bornera.
- Un seguro que viene con dos toques que al ingresar al cuerpo del conector no puede liberarse, además presenta un orificio para hacer puente.



FIGURA 76: PARTES DE UN CONECTOR.

Para soldar el cable al plug, previamente se debe limar una pequeña parte de la bayoneta para que se adhiera el estaño al metal y a su vez al cable que estará envuelto en el mismo, ver Fig. 77.



FIGURA 77: ENSAMBLAJE DE UN CONECTOR.

3.4. Comunicación entre dispositivos

Se refiere a la comunicación entre PC, LOGO! y la pantalla HMI interconectados por medio de un switch, la topología de conexión es tipo estrella, se puede representar el enunciado anterior por medio de un diagrama, ver Fig. 78.

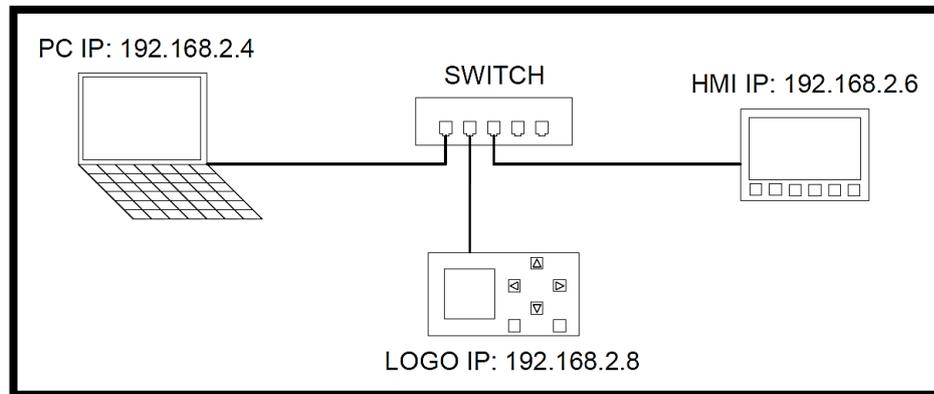


FIGURA 78: TOPOLOGÍA EN ESTRELLA.

En la Fig. 78 se puede observar las diferentes direcciones IP correspondientes a cada uno de los equipos, cabe destacar que cada dirección fue elegida por preferencia de los autores para poder ser usadas en el desarrollo de todas las prácticas planteadas en este proyecto, pudiendo ser modificadas a futuro por nuevos usuarios. La asignación de las direcciones IP estáticas de cada dispositivo se describe a continuación.

3.4.1. Asignación de IP al PC

En una computadora con sistema operativo Windows 7 se siguen los siguientes pasos:

- Ingresar la ruta: Panel de control > Redes e Internet > Conexiones de red, indicada en el ítem A de la Fig.79.
- Una vez ahí, dar clic derecho al icono de “Conexión de área local” y pulsar en “Propiedades”, ver ítem B Fig. 79.
- En el ítem C de la Fig. 79 se despliega una nueva ventana y se selecciona “Protocolo de Internet versión 4 (TCP/IPv4)” y seguidamente se pulsa en “Propiedades”.
- Marcar la opción “Usar la siguiente dirección IP” y en la casilla que indica “Dirección IP” ingresar “192.168.2.4”, observar ítem D Fig. 79.

- En el ítem E de la Fig. 79 se observa “Máscara de subred” en la cual se debe ingresar la dirección “255.255.255.0”
- Para concluir se debe pulsar en “Aceptar”, como se indica en el ítem F de la Fig. 79.

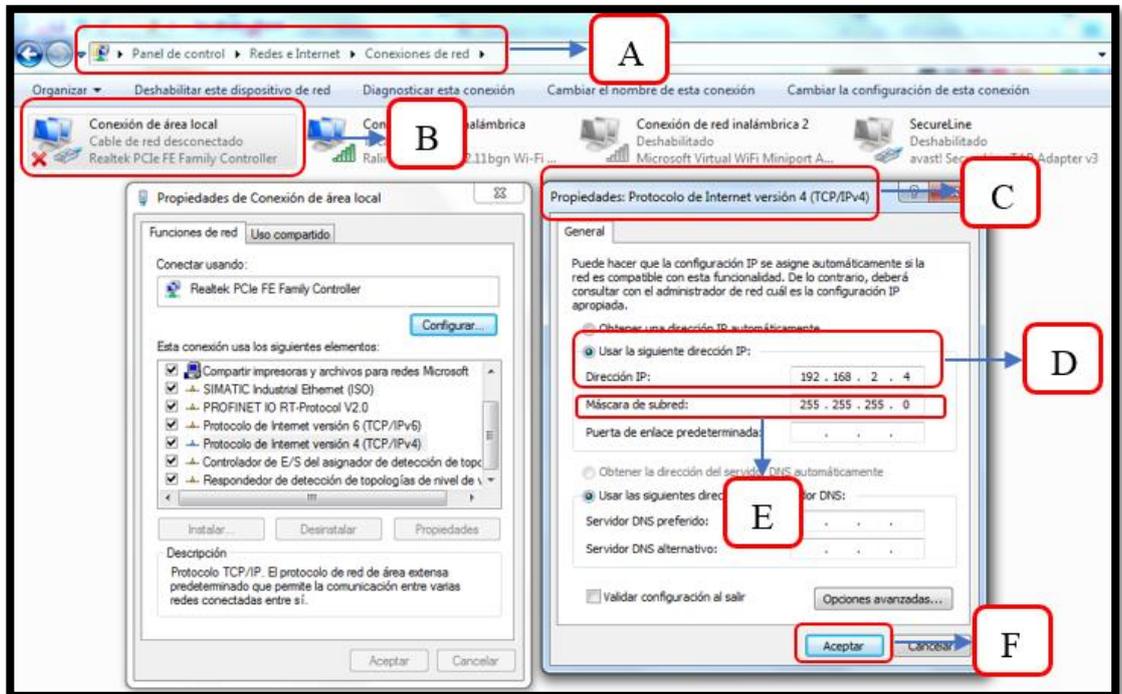


FIGURA 79: CONFIGURACIÓN IP DEL PC.

3.4.2. Asignación de IP al LOGO!

Para configurar el IP del LOGO! se debe seguir los siguientes pasos:

- Primero encender el LOGO!
- Luego aparecerá el menú principal en la cual se selecciona la opción “Red”.
- Después se accede al submenú “Dirección IP”.
- Posteriormente surge la opción de ingresar la dirección preseleccionada.
- Como lo muestra en el ítem A Fig. 80 se debe ingresar “192.168.2.8” en la opción que indica “Dirección IP”.
- Se debe ingresar “255.255.255.000” en la opción “Máscara subred” como se nota en el ítem B de la Fig. 80.

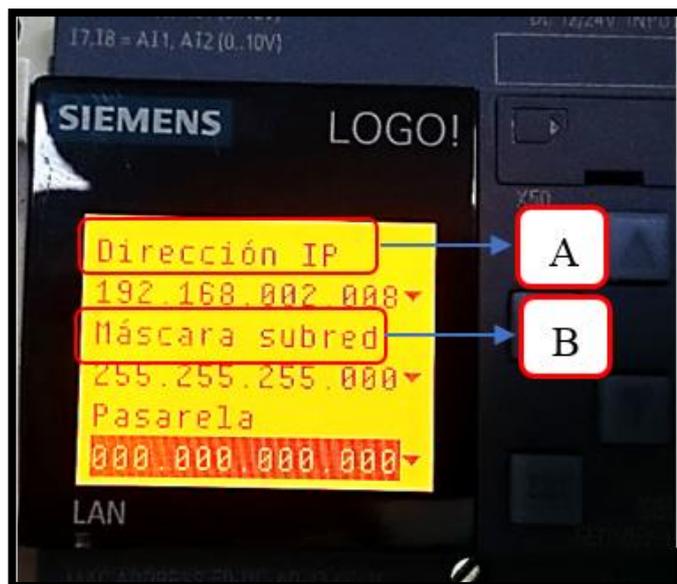


FIGURA 80: CONFIGURACIÓN IP DEL LOGO!.

Ahora, por medio del software LOGO! Soft Comfort se procede a configurar virtualmente la dirección IP anteriormente asignada al LOGO!, para lo cual se debe seguir los siguientes pasos:

- Se ingresa a la pestaña “Herramientas” de la barra de menú, ver ítem A de la Fig. 81.
- Luego se selecciona la opción “Conexiones Ethernet” y se despliega una ventana, nótese el ítem B Fig. 81.
- En la sección “Dirección IP” se ingresa la misma dirección IP y la misma máscara de subred antes mencionada tal como lo indica el ítem C Fig. 81.
- A continuación, en la parte “Conexiones Ethernet” se da clic derecho al ícono y se despliega un menú, posteriormente se selecciona “Agregar conexión de servidor” y luego “Conexión S7”.
- Se crea una nueva conexión llamada “Conexión 1 (Serv. S7)”, se da doble clic en el ícono y se abre una nueva ventana como lo muestra el ítem D de la Fig. 81.
- Se marcan las casillas “Conectar con un panel de operador (OP)” y “Aceptar todas las solicitudes de conexión” como lo indica el ítem E Fig. 81.
- Finalmente, en la parte “Propiedades remotas (Cliente)” se ingresa en “TSAP” la dirección “02.00” y, por último, clic en “Aceptar”. Ver ítem F Fig. 81.

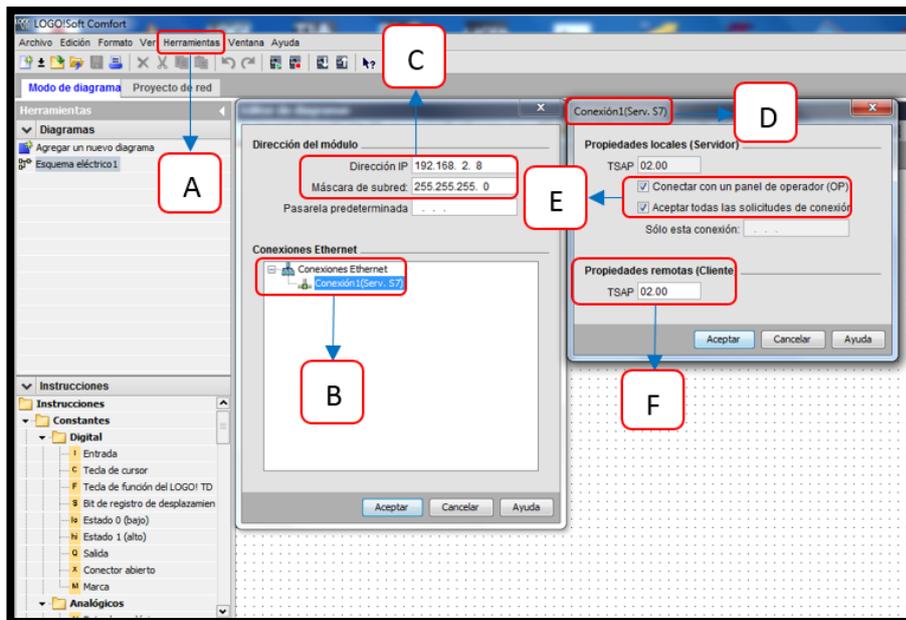


FIGURA 81: DIRECCIÓN IP EN LOGO! SOFT COMFORT.

3.4.3. Asignación de IP a la HMI

Al igual que en el LOGO!, cuando se enciende el dispositivo aparece un menú principal, como primer paso se elige la opción “Settings” para ingresar a la configuración de la pantalla, luego se accede al submenú “Network Interface”.

En esta sección se puede ingresar la dirección deseada, en la opción que indica “IP address” se asigna “192.168.2.6” y en la opción “Subnet mask” se ingresa “255.255.255.0”. Ver Fig. 82.

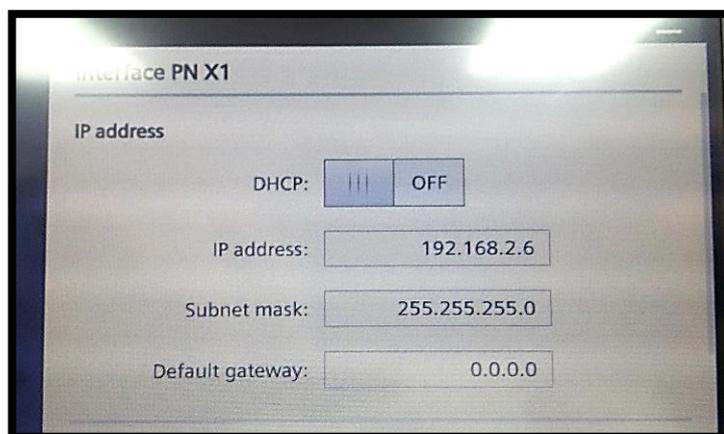


FIGURA 82: CONFIGURACIÓN IP DE LA HMI.

Una vez realizado el procedimiento anterior, se abre el software de programación TIA Portal y se realizan los siguientes pasos:

- Se selecciona la opción “Conexiones” del menú de la parte izquierda de la pantalla, seguido aparece una nueva ventana que permite configurar la conexión que tendrá el LOGO! con la pantalla HMI, ver ítem A Fig. 83.
- En la sección que indica “Conexiones” se agrega un nombre para la nueva conexión, en este caso “LOGO8”, luego se escoge el “Driver de comunicación” que por obvias razones será “LOGO!”, como lo indica el ítem B Fig. 83.
- En la misma pantalla en la pestaña “Parámetro” aparecen la pantalla HMI llamada “Panel de operador” y el LOGO! llamado “Controlador”. La comunicación entre ambos dispositivos es por “PROFINET”, como lo indica en el ítem C de la Fig. 83.
- Posteriormente se ingresan en los equipos las respectivas direcciones IP asignadas en el diagrama anterior.

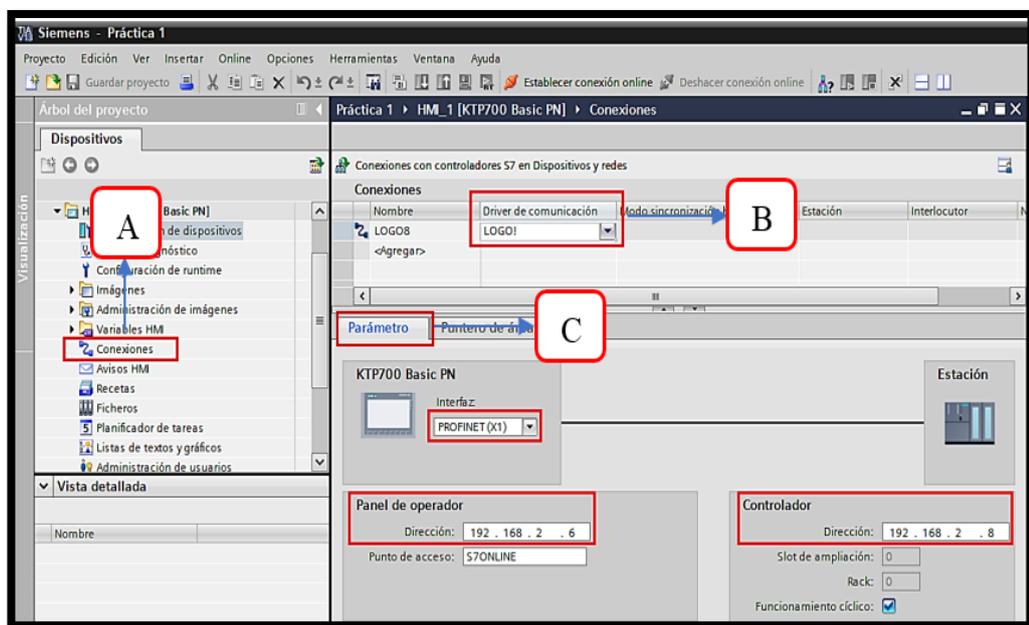


FIGURA 83: DIRECCIONES IP EN TIA PORTAL.

Finalmente, se accede a la opción “Configuración de dispositivos” de la parte izquierda de la pantalla, aparece una nueva ventana con un dibujo de la pantalla HMI, y se procede a realizar los siguientes pasos:

- Dar clic en el puerto Ethernet ver ítem A de la Fig. 84.
- Del recuadro inferior, ubicar la pestaña “Propiedades” y luego la pestaña “General”. Se desplaza verticalmente hacia abajo hasta encontrar la parte llamada “Protocolo IP”, como lo muestra el ítem B Fig. 84.
- En las opciones “Dirección IP” y “Másc. subred” se agregan los datos ya conocidos. Observar ítem C de la Fig. 84.

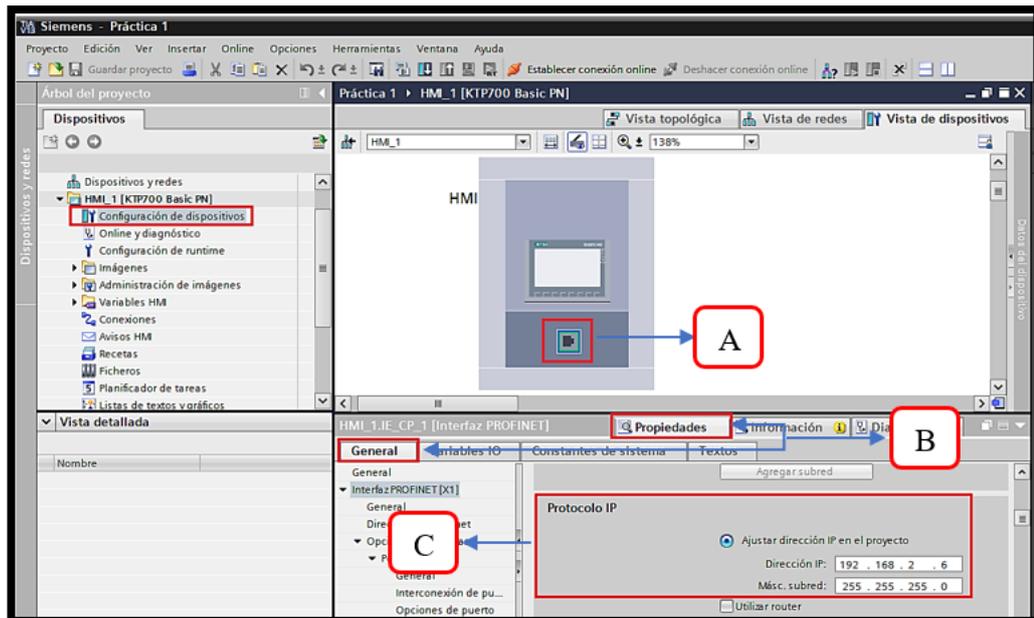


FIGURA 84: VERIFICACIÓN DIRECCIÓN IP HMI.

CAPÍTULO IV

4. PRÁCTICAS DEL MÓDULO DIDÁCTICO

4.1. Práctica 1: MANDO INDIRECTO DE UN CILINDRO DE SIMPLE EFECTO

4.1.1. Objetivo general

- Implementar un mando indirecto de un cilindro de simple efecto.

4.1.2. Objetivos específicos

- Elaborar los diagramas de mando, neumático y control para identificar las variables que intervienen en el proceso para la programación.
- Desarrollar la programación mediante la aplicación de LOGO! software de manera que cumpla con las especificaciones de la práctica.
- Configurar la pantalla HMI para visualizar e interactuar con los actuadores del módulo didáctico.
- Implementar las conexiones eléctricas y neumáticas según los diagramas antes diseñados.
- Comprobar el correcto funcionamiento de la práctica accionando los actuadores por medio físico y digital.

4.1.3. Duración

La práctica está proyectada para un lapso de 2 horas.

4.1.4. Recursos

- Módulo electro-neumático industrial educativo, ver Fig. 85.
- Láminas del módulo con los equipos de automatización ver Fig. 86.
- Computadora con los respectivos softwares de programación, ver Fig. 87.
- Cables de conexión, cables Ethernet y mangueras, ver Fig. 88.
- Elementos neumáticos, ver Fig. 89.



FIGURA 85: MÓDULO INDUSTRIAL.

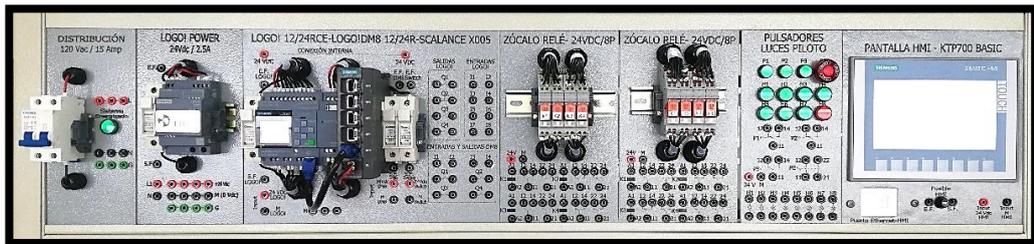


FIGURA 86: LÁMINAS DEL MÓDULO INDUSTRIAL.

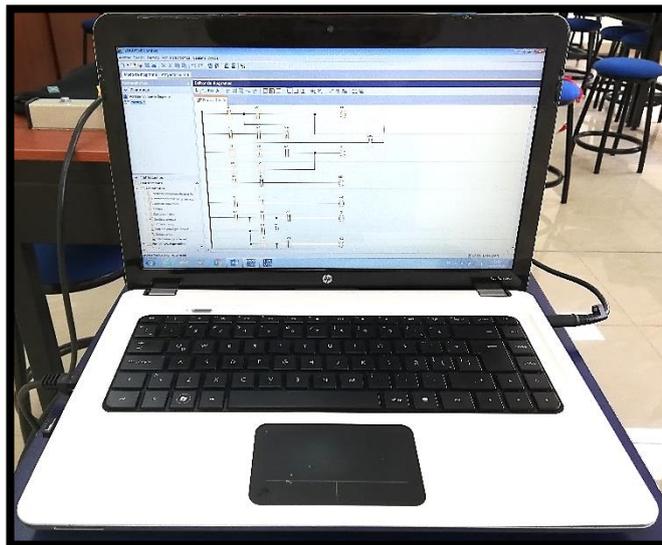


FIGURA 87: COMPUTADORA.

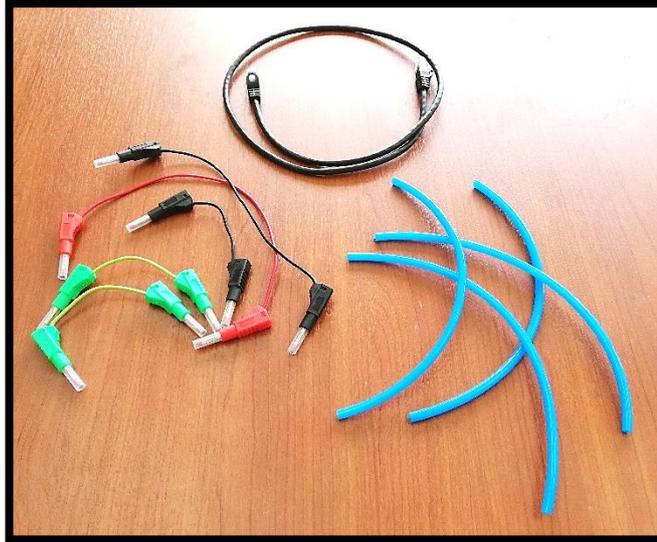


FIGURA 88: CABLES DE CONEXIÓN, ETHERNET Y MANGUERAS.

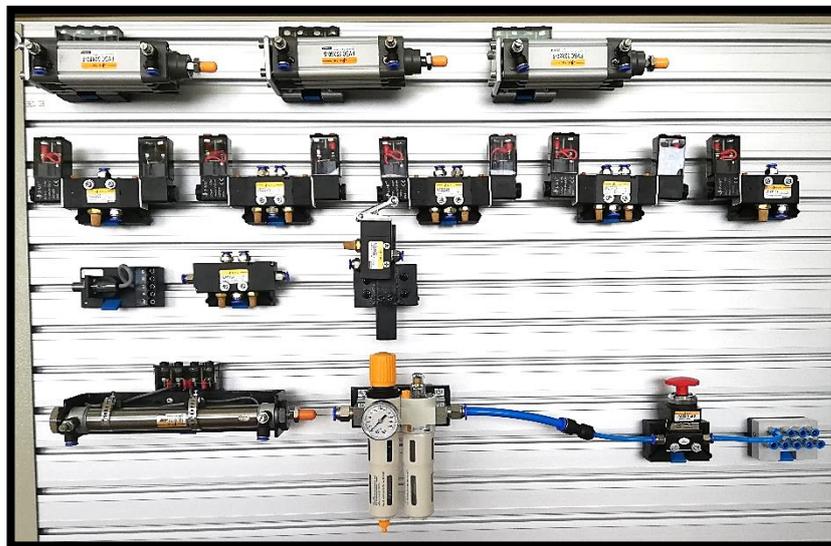


FIGURA 89: EQUIPOS ELECTRO-NEUMÁTICOS.

4.1.5. Procedimiento

Descripción de la práctica

El funcionamiento de este circuito consiste en presionar un pulsador para expulsar el vástago de un cilindro de simple efecto. Una vez empiece la ejecución del proceso, una luz piloto debe indicar que el vástago se encuentra retraído.

Se dice que es mando indirecto ya que el cilindro es gobernado mediante una electroválvula distribuidora monoestable, ver Fig 90.

Ilustración

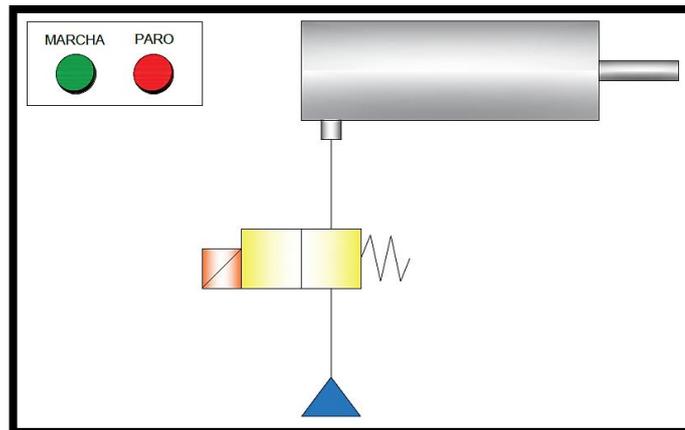


FIGURA 90: BOSQUEJO PRÁCTICA 1.

4.1.6. Secuencia

La presente práctica requiere del accionamiento de un único cilindro de simple efecto al cual se lo denominará “A”, su secuencia viene dada por: A+ / A-.

4.1.7. Diagrama de mandos

Las señales de entrada para el LOGO! serán un pulsador de marcha y un interruptor como paro de emergencia, mientras que las señales de salida vienen dadas por la salida y retorno del vástago del cilindro “A”, ver Fig. 91.

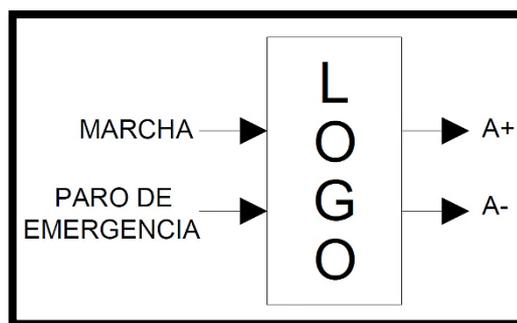


FIGURA 91: DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 1.

4.1.8. Tabla de variables

En la Tabla 8, se encuentran las diferentes variables que intervienen en la práctica.

TABLA 8: VARIABLES PRÁCTICA 1.

Nombre	Nomenclatura Módulo	Variable LOGO!	Variable HMI	Dirección HMI
Pulsador de Emergencia	PE	I1	LOGO_PE	M 0.4
Marcha	P1	I2	LOGO_MARCHA	M 0.3
A-	H1	Q1	LOGO_A-	Q 0.0
A+	EVA+ y H2	Q2	LOGO_A+	Q 0.1

4.1.9. Diagrama neumático

El diseño incluye fuente de aire comprimido, unidad de mantenimiento, paro de emergencia neumático, electroválvula 3/2 monoestable y un cilindro de simple efecto, ver Fig. 92.

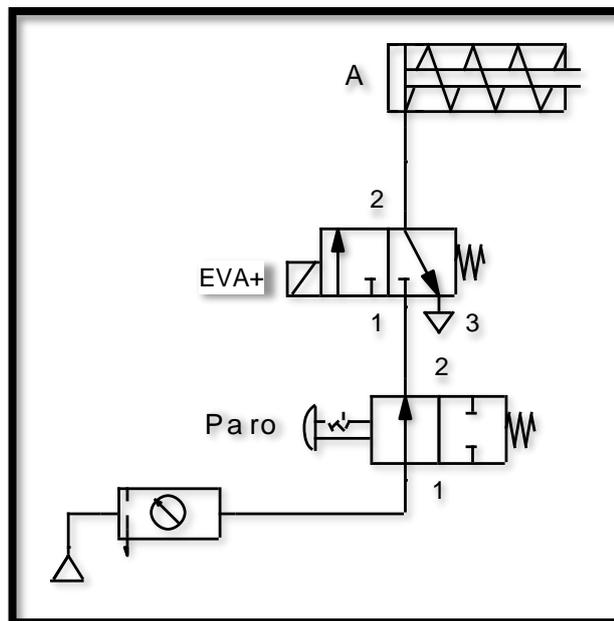


FIGURA 92: DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 1.

4.1.10. Diagrama de control

En la Fig. 93 se puede observar el conexionado del LOGO! desde la alimentación, el interruptor de emergencia y el pulsador de marcha como entradas y dos relés de salida. El relé K1 únicamente enciende una luz piloto H1 que indica que el vástago se encuentra retraído, el relé K2 por medio de un contacto energiza la electroválvula EVA+ y en paralelo una luz piloto H2 para la salida del vástago. Cuando se deja de presionar el pulsador P1 el vástago retorna por acción del muelle repitiéndose el proceso.

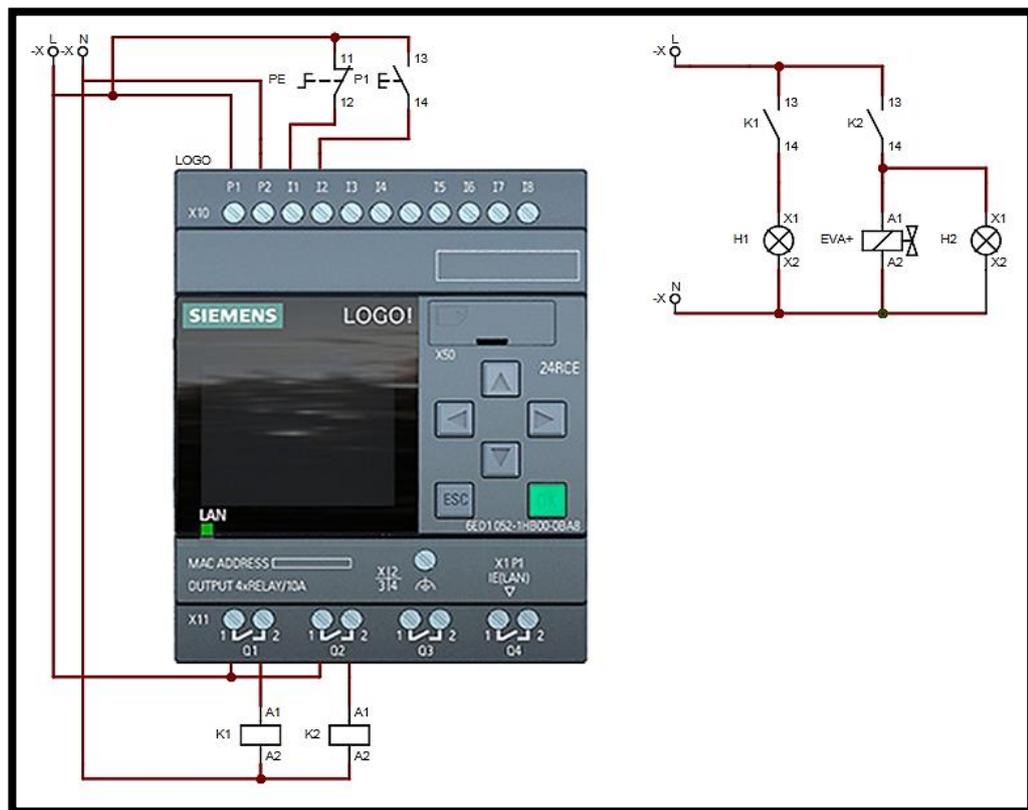


FIGURA 93: DIAGRAMA DE CONTROL PRÁCTICA 1.

4.1.11. Programación

En esta primera práctica se describe el procedimiento que se lleva a cabo para desarrollar el programa que cumpla con la secuencia predefinida, esta sección es válida para el resto de las prácticas del presente proyecto.

- En primer lugar, abrir el software de programación LOGO! Soft Comfort V8.2, para ello dar doble clic al icono de la aplicación cuya imagen aparece en la Fig. 52.

- Una vez abierto el programa lo primero que se debe hacer es asignar la dirección IP al LOGO! y confirmarla en el software, este proceso ya se detalló en la sección 3.4.2 “Asignación de IP al LOGO!” de este trabajo.
- Por defecto aparece el esquema eléctrico para trabajar con lenguaje FUP; las prácticas de este proyecto fueron desarrolladas bajo lenguaje ladder o KOP, para cambiar a este último mencionado dar clic al logo indicado en el ítem A de la Fig. 94 quedando el software listo para desarrollar el programa.

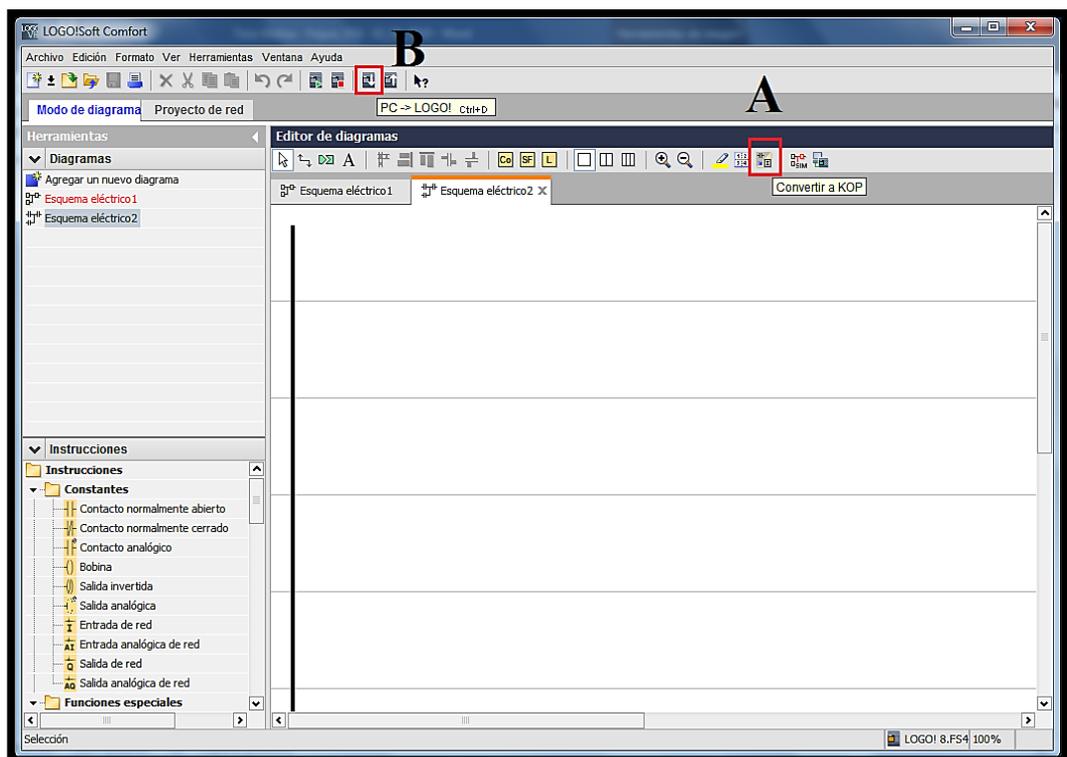


FIGURA 94: PANEL DE PROGRAMACIÓN.

El programa desarrollado se muestra en la Fig. 95. Las variables de entrada de la pantalla HMI deben ser diferentes a las del LOGO! ya que existe redundancia, para ello se han creado marcas auxiliares. El contacto cerrado M5 trabaja con el paro de emergencia (I1) y M4 en paralelo con la marcha (I2).

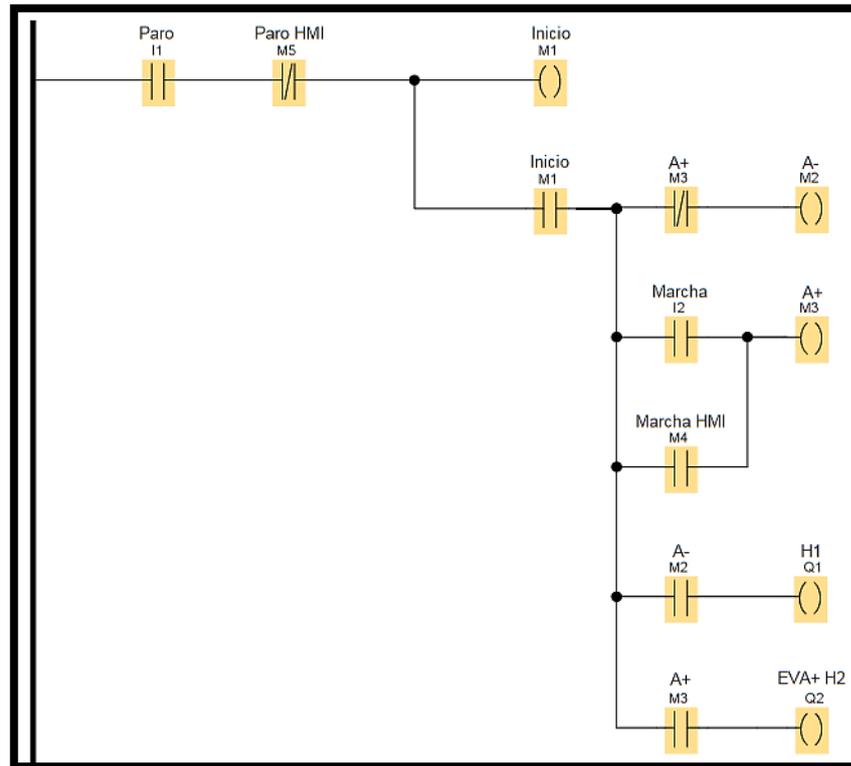


FIGURA 95: PROGRAMACIÓN PRÁCTICA 1.

Una vez finalizada la programación se procede a cargar el programa al LOGO! para que éste pueda ejecutar las funciones asignadas, para ello dar clic en el ítem B de la Fig. 94 desplegándose una nueva ventana. A continuación, se siguen los siguientes pasos:

- Se verifica que la conexión sea tipo Ethernet, y el adaptador sea el cable de red de la computadora de trabajo ver ítem A de la Fig. 96.
- Luego, observar que la dirección IP que aparezca en pantalla sea la que se había definido antes de programar ver ítem B Fig. 96.
- Dar clic en “Probar” hasta que aparezca el LOGO! de trabajo ver ítem C de la Fig. 96.
- Finalmente, clic en “Aceptar”. Ver ítem D Fig. 96.

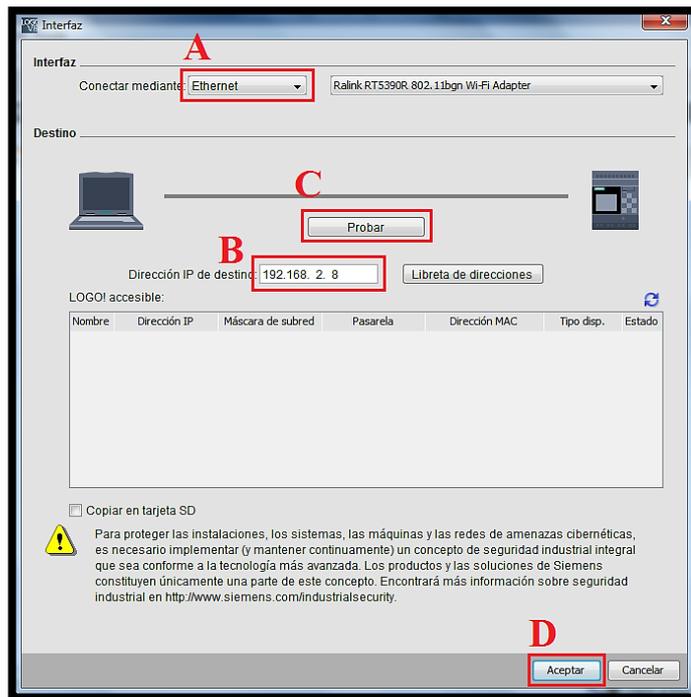


FIGURA 96: CARGAR PROGRAMA DE PC AL LOGO!.

4.1.12. Diseño de la pantalla HMI

Similar a la programación, en esta primera práctica se procede a describir el proceso para configurar la pantalla HMI que permite visualizar e interactuar con la práctica industrial. Se describen los pasos a continuación:

- Para abrir el programa TIA Portal V13 se debe de dar doble clic al icono representado en la Fig. 53.
- En la pantalla principal, clic a “Crear proyecto” ítem A Fig. 97.
- Nombrar el proyecto y elegir la ubicación en la que se desea guardar, ver ítem B de la Fig. 97.
- Clic en “Crear” ítem C Fig. 97.

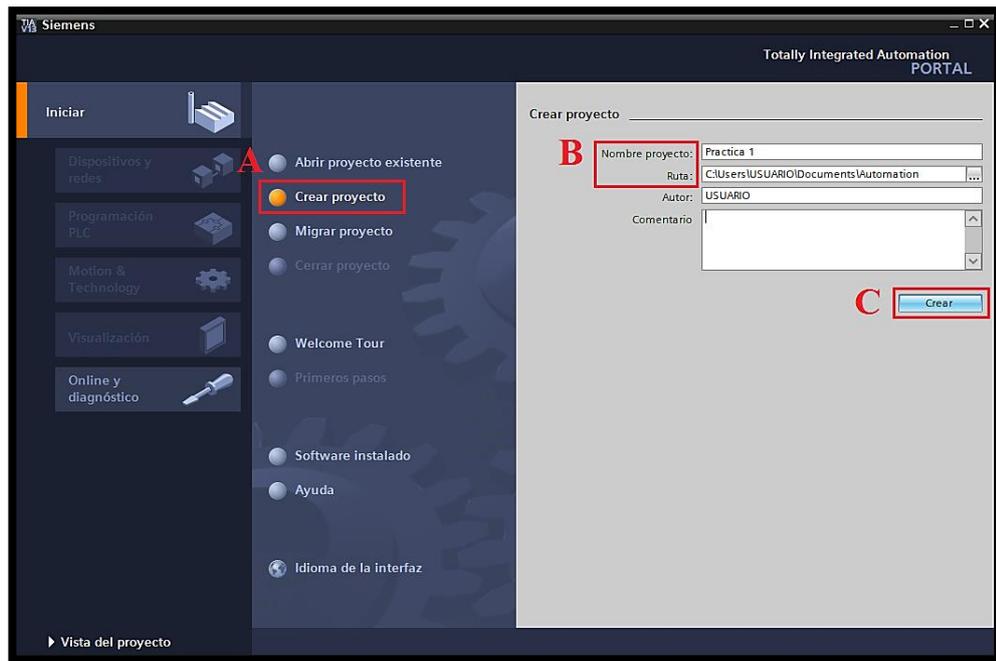


FIGURA 97: CREAR PROYECTO CON TIA PORTAL.

- Luego de esperar algunos segundos aparece una nueva interfaz en la que se procede a seleccionar “Configurar un dispositivo” del ítem A de la Fig 98.

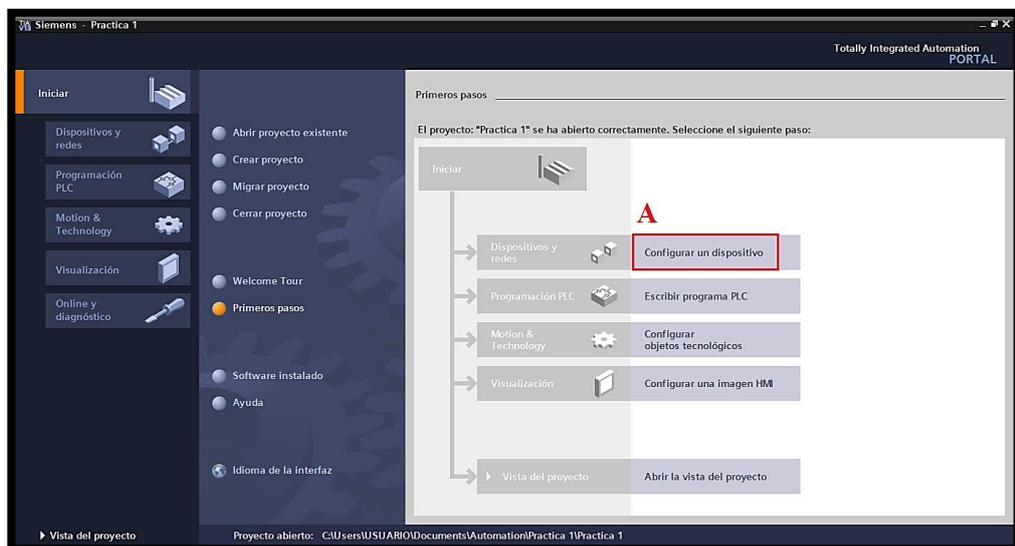


FIGURA 98: CONFIGURAR UN DISPOSITIVO CON TIA PORTAL.

- Después, seleccionar la opción “Agregar dispositivo” ver ítem A Fig. 99.
- A continuación, clic en “HMI” ver ítem B de la Fig. 99.
- De las opciones que se presentan se elige el modelo de la pantalla del módulo didáctico, para ello se sigue la siguiente ruta, ver ítem C Fig. 99: HMI > 7” Display > KTP700 Basic > 6AV2 123-2GB03-0AX0.

- Finalmente, clic en “Agregar” ver ítem D Fig. 99.

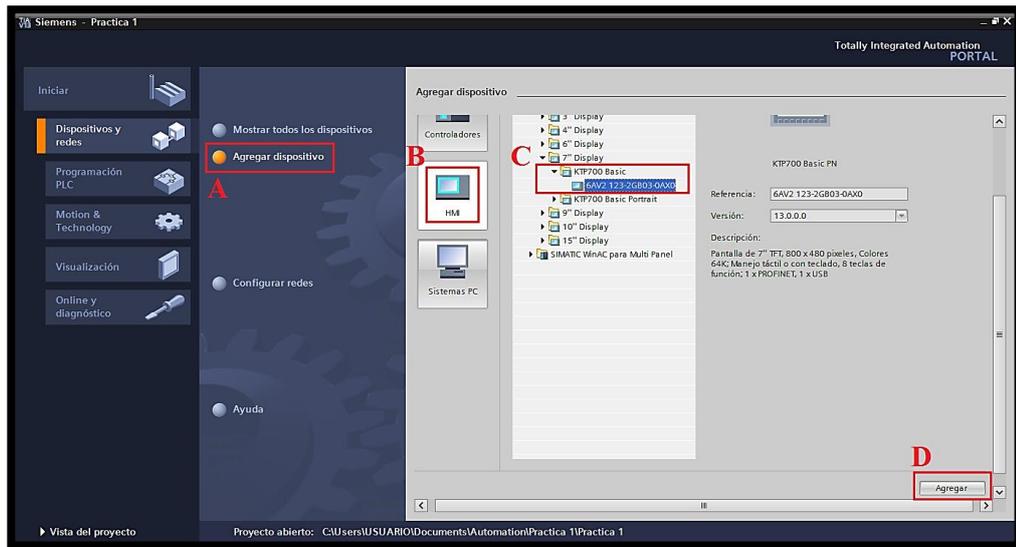


FIGURA 99: AGREGAR MODELO DE PANTALLA EN TIA PORTAL.

- Aparece una nueva pantalla que incluye configuraciones extra ver ítem A de la Fig. 100
- De no requerir ninguna configuración adicional se procede directamente a dar clic en “Finalizar” para visualizar la pantalla principal de trabajo ver ítem B Fig. 100.

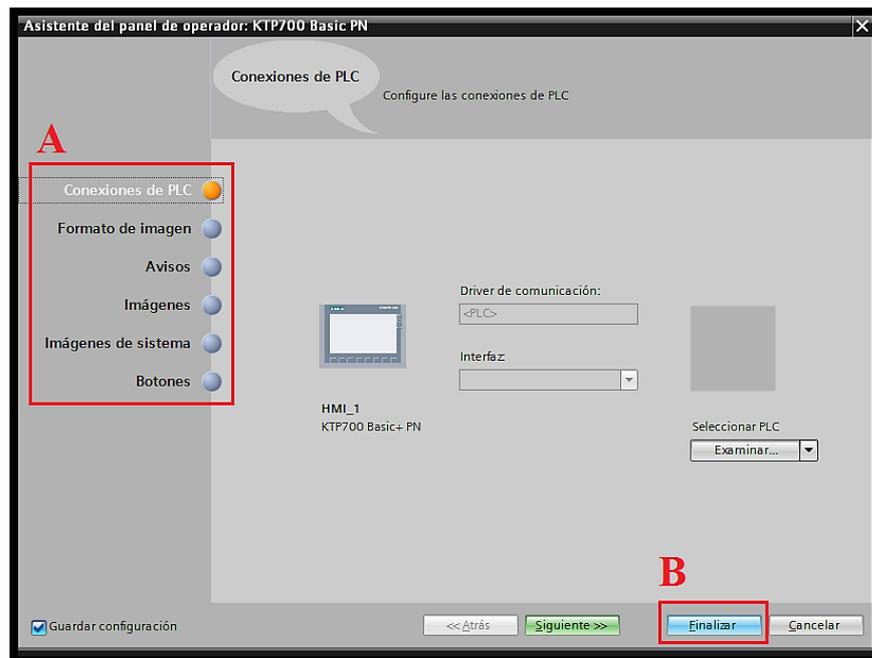


FIGURA 100: CONFIGURACIONES DE LA PANTALLA HMI.

Una vez realizado este proceso, se procede a configurar la dirección IP que previamente se ha asignado a la pantalla HMI, este paso ya se lo describió en la sección 3.4.3 “Asignación de IP a la HMI” de este trabajo.

Concluida la configuración de la pantalla se podrá visualizar la Fig. 101 con todas las variables e imágenes que se hayan seleccionado.

En esta práctica 1 se puede apreciar el logo de la universidad, el tema de la práctica, pulsadores de marcha y paro, luces piloto que indican la posición del vástago y la imagen del cilindro. Además, en la ejecución del proceso se incluye una animación en la que se muestra el cilindro A con su vástago retraído y extendido.

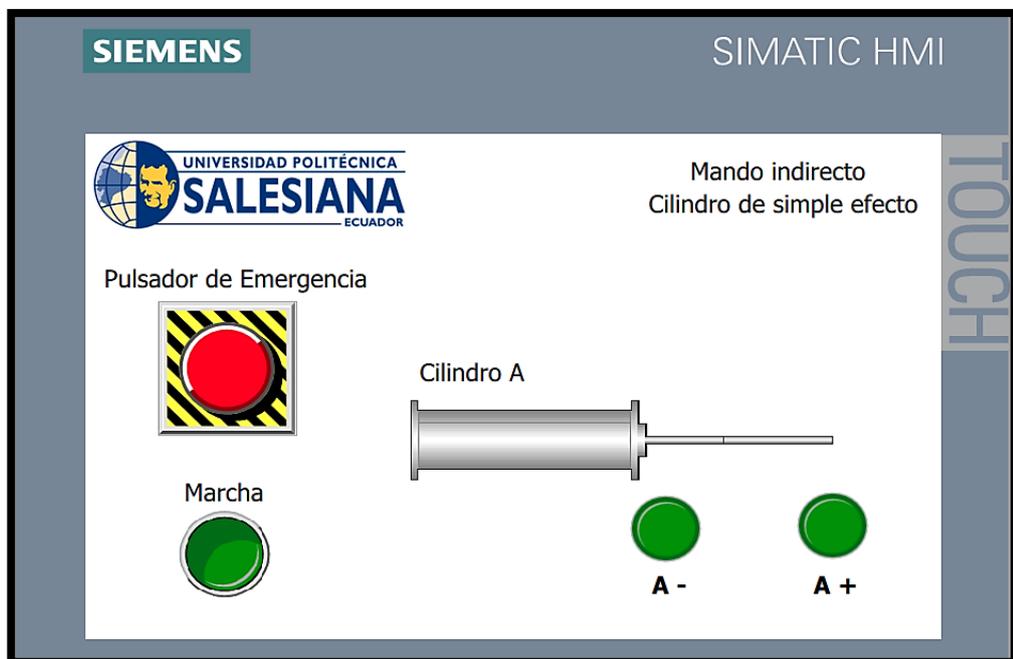


FIGURA 101: DISEÑO HMI PRÁCTICA 1.

Para cargar el diseño a la pantalla HMI se siguen los siguientes pasos:

- Primero dar clic en el icono llamado “Cargar en dispositivo” ver ítem A Fig. 102.
- Aparece una pantalla en la cual se verifica que la dirección IP que aparece en la parte superior del recuadro sea la misma que se asignó previamente, ver ítem B de la Fig. 102.
- A continuación, se elige el tipo de interfaz “PN/IE” y la interfaz depende del adaptador de red que tenga la PC. Ver ítem C Fig. 102.

- Desactivar la casilla “Mostrar dispositivos compatibles” para que directamente detecte la pantalla HMI del módulo, ítem D Fig. 102.
- Luego dar clic en “Iniciar búsqueda” ver ítem E de la Fig. 102.
- Cuando el software reconozca la pantalla HMI se puede apreciar gráficamente como se conecta con la computadora, ver ítem F Fig. 102.
- Finalmente dar clic en “Cargar” ver ítem G de la Fig. 102.

El software compila las configuraciones que se han realizado y si no existen errores cargará con éxito en la pantalla HMI, caso contrario deberán realizarse las respectivas modificaciones para solucionar los errores presentados.

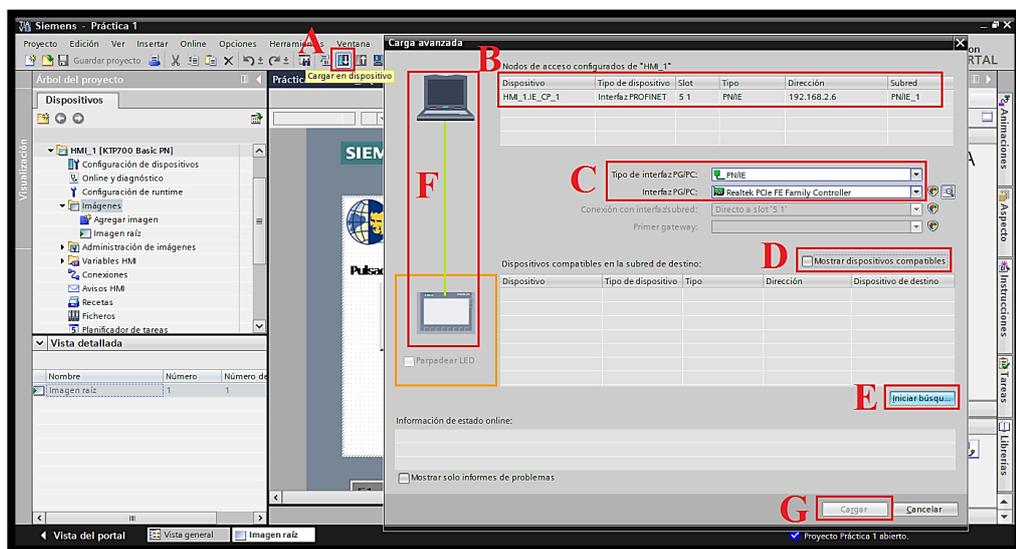


FIGURA 102: CARGAR CONFIGURACIÓN A LA PANTALLA HMI.

4.1.13. Implementación en el módulo educativo

La Fig. 103 muestra la implementación de la Práctica 1 donde se emplean todos los recursos antes descritos. Se ejecuta la secuencia definida por el tema y se verifica el correcto desarrollo del proceso visualizando la actuación del cilindro y comprobando que se replique en la pantalla HMI. Además, por medio de la pantalla se podrá dar marcha y paro a la secuencia.

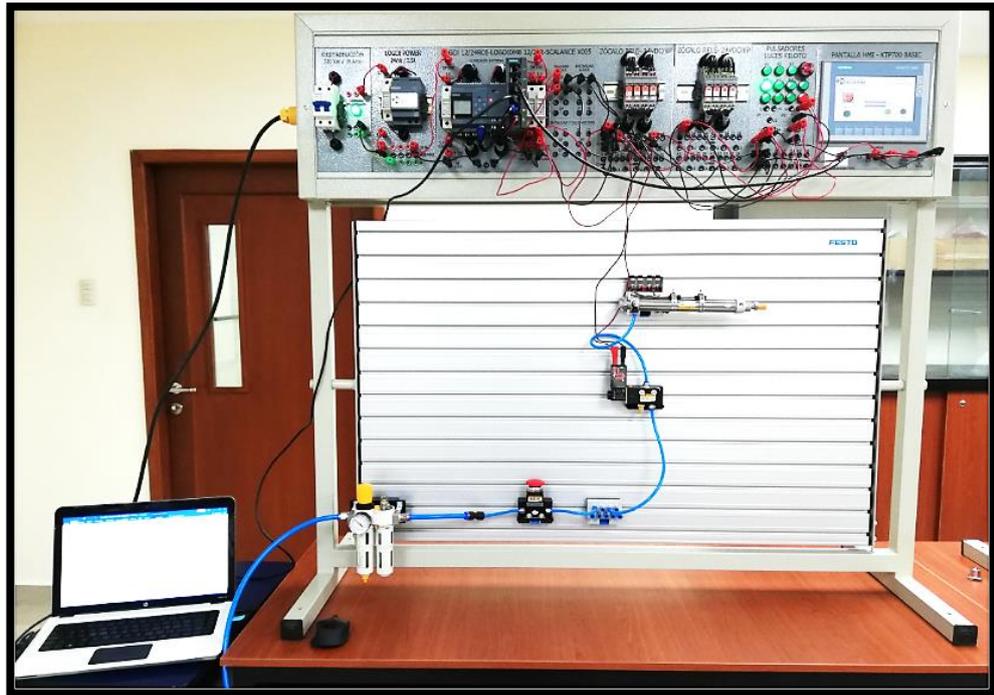


FIGURA 103: EJECUCIÓN PRÁCTICA 1.

4.1.14. Resultado

Durante la ejecución de la práctica se comprobó el correcto funcionamiento de los circuitos neumático y de control. Además, el cilindro se accionó según la secuencia programada A+ / A-.

4.1.15. Conclusiones

- Se implementó un mando indirecto de un cilindro de simple efecto.
- Se elaboraron los diagramas de mando, neumático y control.
- Se desarrolló la programación.
- Se configuró la pantalla HMI.
- Se implementaron las conexiones eléctricas y neumáticas.
- Se comprobó el correcto funcionamiento.

4.2. Práctica 2: SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE UNA EMBOTELLADORA CON INICIO CONDICIONADO

4.2.1. Objetivo general

- Implementar un sistema de alimentación de una embotelladora con inicio condicionado mediante equipos neumáticos.

4.2.2. Objetivos específicos

- Elaborar los diagramas de mando, neumático y control para identificar las variables que intervienen en el proceso para la programación.
- Desarrollar la programación mediante la aplicación de LOGO! software de manera que cumpla con las especificaciones de la práctica.
- Configurar la pantalla HMI para visualizar e interactuar con los actuadores del módulo didáctico.
- Implementar las conexiones eléctricas y neumáticas según los diagramas antes diseñados.
- Comprobar el correcto funcionamiento de la práctica accionando los actuadores por medio físico y digital.

4.2.3. Duración

La práctica está proyectada para un lapso de 2 horas.

4.2.4. Recursos

Se emplean los mismos recursos que en la práctica 1.

- Módulo electro-neumático industrial educativo.
- Láminas del módulo con sus correspondientes equipos de automatización.
- Computadora con los respectivos softwares de programación.
- Cables de conexión, cables Ethernet y mangueras.
- Elementos neumáticos.

4.2.5. Procedimiento

Descripción de la práctica

Un cilindro de simple efecto con acoplamiento de piñón y cremallera es empleado para movilizar botellas de gaseosa mediante una banda transportadora. Por medio de un pulsador el actuador debe ejercer el avance de las botellas a un paso, debido al mecanismo implementado la cinta se desplaza de izquierda a derecha. El cilindro debe de seguir afuera hasta que se accione el pulsador de regreso, el retorno del vástago no retrocede la cinta transportadora, ver Fig. 104. Al iniciar la práctica, una luz debe indicar que el vástago del cilindro se encuentra retraído.

Ilustración

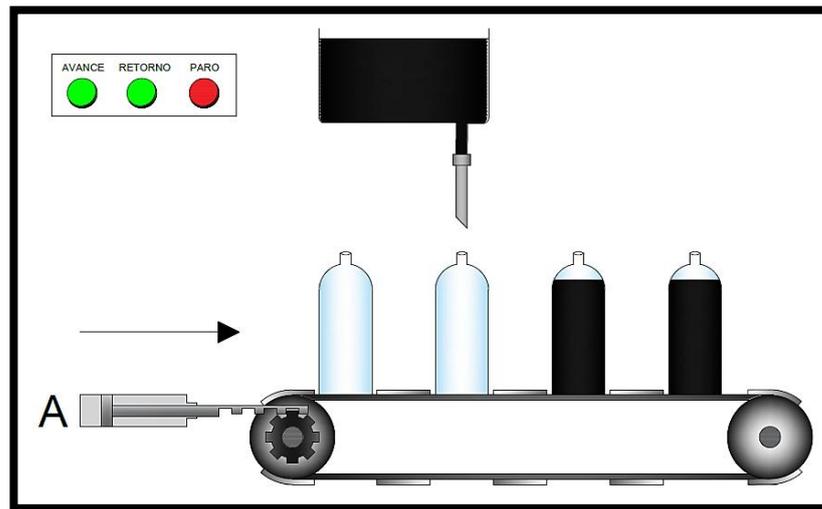


FIGURA 104: BOSQUEJO PRÁCTICA 2.

4.2.6. Secuencia

La presente práctica requiere del accionamiento de un único cilindro de simple efecto al cual se lo denominará “A”, su secuencia viene dada por: A+ / A-.

4.2.7. Diagrama de mandos

Las señales de entrada del LOGO! serán un pulsador de avance, otro de retroceso y un interruptor como paro de emergencia, mientras que las señales de salida vienen dadas por la salida y retorno del vástago del cilindro “A”, ver Fig. 105.

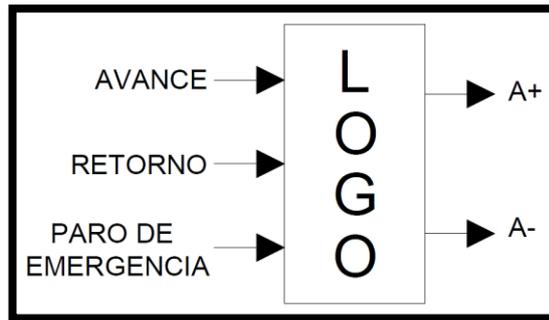


FIGURA 105: DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 2.

4.2.8. Tabla de variables

En la Tabla 9, se encuentran las diferentes variables que intervienen en la práctica.

TABLA 9: VARIABLES PRÁCTICA 2.

Nombre	Nomenclatura Módulo	Variable LOGO!	Variable HMI	Dirección HMI
Pulsador de Emergencia	PE	I1	LOGO_PE	M 0.1
Avance	P1	I2	LOGO_AVANCE	M 0.2
Retroceso	P2	I3	LOGO_RETORNO	M 0.3
A-	H1	Q1	LOGO_A-	Q 0.0
A+	EVA+ y H2	Q2	LOGO_A+	Q 0.1

4.2.9. Diagrama neumático

El diseño incluye fuente de aire comprimido, unidad de mantenimiento, paro de emergencia neumático, electroválvula 3/2 biestable y un cilindro de simple efecto, ver Fig. 106.

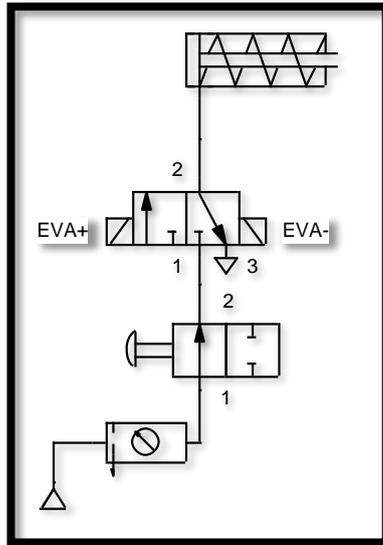


FIGURA 106: DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 2.

4.2.10. Diagrama de control

Las señales de entrada del LOGO! son el interruptor de emergencia y los pulsadores de avance y retroceso. H1 indica A-, se enciende por un contacto de K1 y se apaga por un contacto de K2. La electroválvula EVA+ y H2 indican A+, se controlan mediante un contacto de K2, ver Fig. 107.

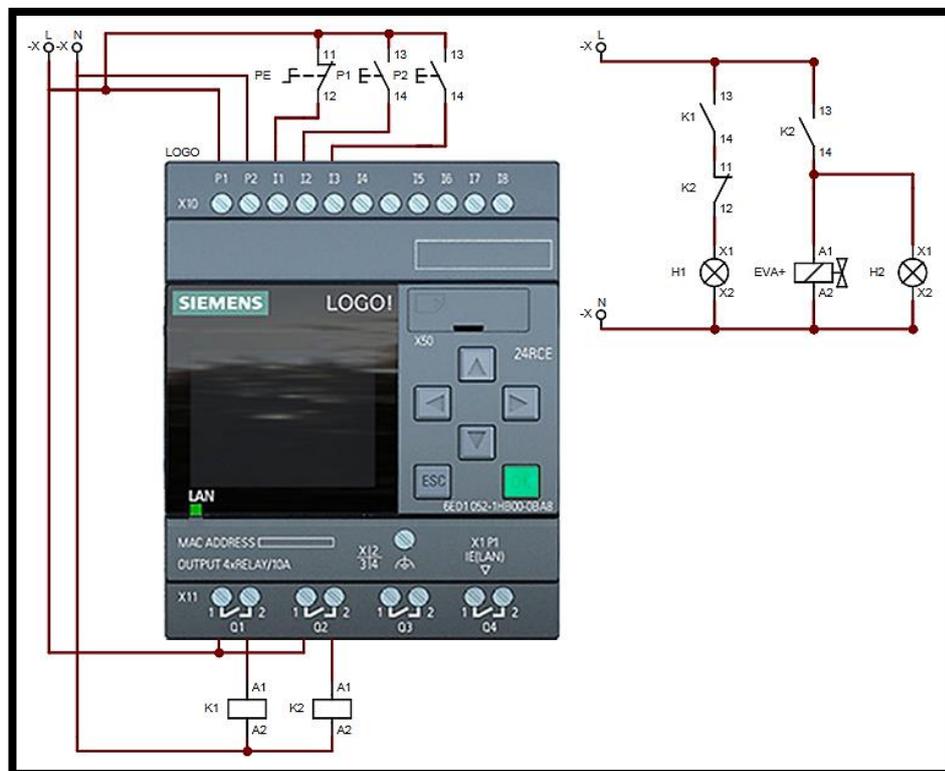


FIGURA 107: DIAGRAMA DE CONTROL PRÁCTICA 2.

4.2.11. Programación

Para crear y cargar el programa al LOGO! se sigue el procedimiento descrito en la práctica 1. El pulsador I2 setea el bloque del relé auto enclavador para permitir la activación de Q2 y desactivación de Q1, al presionar I3 se reinicia el relé auto enclavador y hace que Q1 se vuelva a encender. Las marcas auxiliares son M2 para el paro de emergencia, M3 para avance y M4 para retorno, ver Fig. 108.

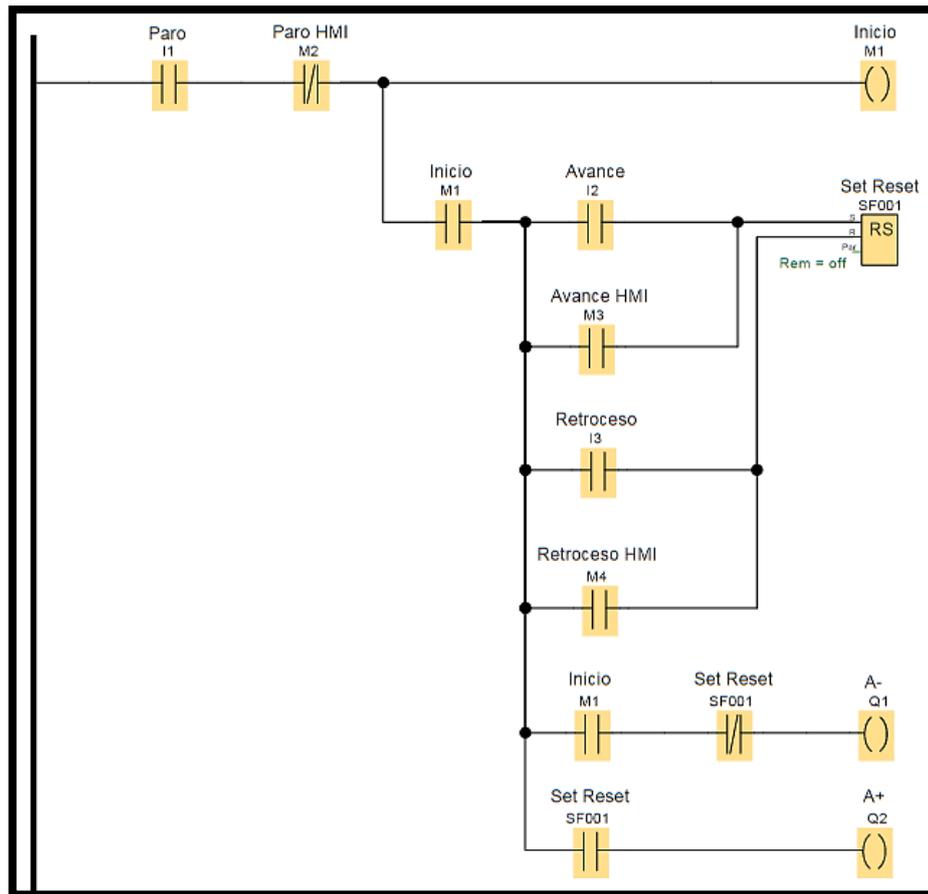


FIGURA 108: PROGRAMACIÓN PRÁCTICA 2.

4.2.12. Diseño de la pantalla HMI

Para crear y cargar la configuración a la pantalla HMI se sigue el procedimiento descrito en la práctica 1. En la Fig. 109 se observa la banda transportadora mencionada en la descripción la práctica conectada a un cilindro, el diseño incluye una animación indicando la acción que ejecuta el cilindro "A" para desplazar las botellas por la banda. Además, se encuentran las luces que indican la posición del vástago.

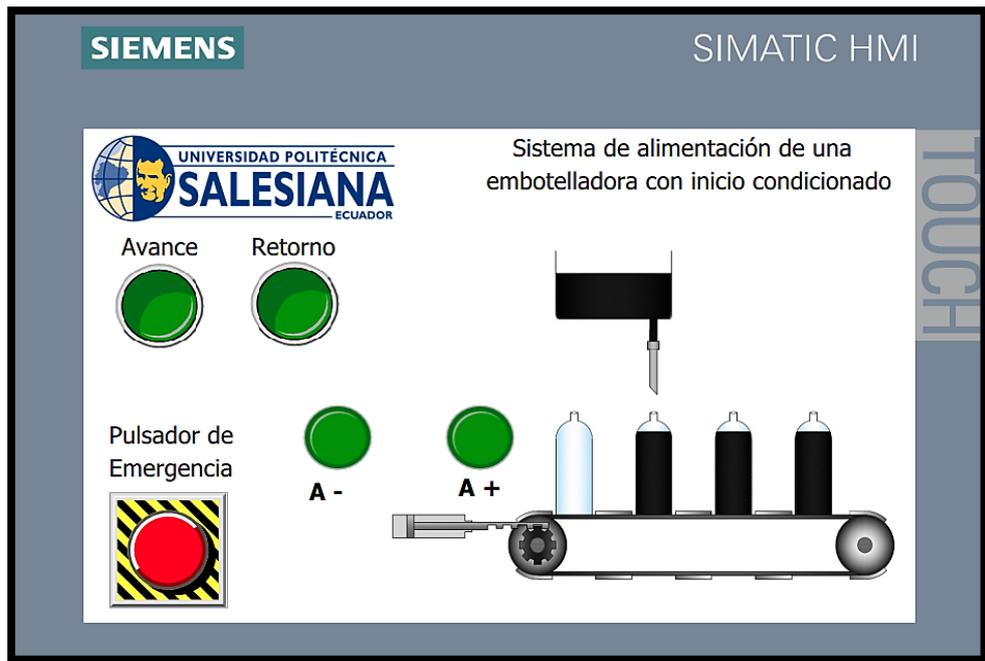


FIGURA 109: DISEÑO HMI PRÁCTICA 2.

4.2.13. Implementación en el módulo educativo

La Fig. 110 muestra la ejecución de la Práctica 2 donde se verifica el correcto desarrollo del proceso.

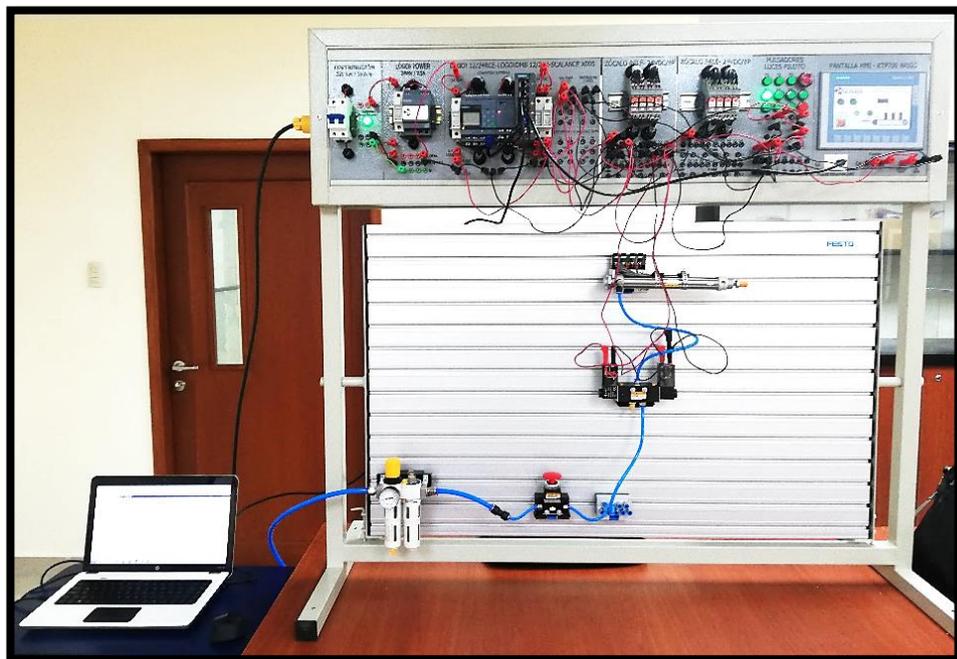


FIGURA 110: EJECUCIÓN PRÁCTICA 2.

4.2.14. Resultado

Se comprobó el correcto funcionamiento de los circuitos neumático y de control. Además, el cilindro se accionó según la secuencia programada A+ / A-.

4.2.15. Conclusiones

- Se implementó un sistema de alimentación de una embotelladora con inicio condicionado.
- Se elaboraron los diagramas de mando, neumático y control.
- Se desarrolló la programación.
- Se configuró la pantalla HMI.
- Se implementaron las conexiones eléctricas y neumáticas.
- Se comprobó el correcto funcionamiento.

4.3. Práctica 3: ACCIONAMIENTO DE UNA CUCHARA COLADA

4.3.1. Objetivo general

- Implementar un accionamiento de una cuchara colada mediante la aplicación de equipos neumáticos.

4.3.2. Objetivos específicos

- Elaborar los diagramas de mando, neumático y control para identificar las variables que intervienen en el proceso para la programación.
- Desarrollar la programación mediante la aplicación de LOGO! software de manera que cumpla con las especificaciones de la práctica.
- Configurar la pantalla HMI para visualizar e interactuar con los actuadores del módulo didáctico.
- Implementar las conexiones eléctricas y neumáticas según los diagramas antes diseñados.
- Comprobar el correcto funcionamiento de la práctica accionando los actuadores por medio físico y digital.

4.3.3. Duración

La práctica está proyectada para un lapso de 2 horas.

4.3.4. Recursos

Se emplean los mismos recursos que en la práctica 1.

- Módulo electro-neumático industrial educativo.
- Láminas del módulo con sus correspondientes equipos de automatización.
- Computadora con los respectivos softwares de programación.
- Cables de conexión, cables Ethernet y mangueras.
- Elementos neumáticos.

4.3.5. Procedimiento

Descripción de la práctica

La cuchara extrae de un tanque la colada de forma automática, el mango de la cuchara cuenta con una canaleta para que la colada pueda circular a otro tanque. El proceso se encuentra diseñado para que un pulsador baje lentamente la cuchara de colada. La misma vuelve a su posición inicial por inversión automática de la marcha, ver Fig. 111. Una vez empiece la ejecución del proceso, una luz piloto debe indicar que el vástago del cilindro se encuentra retraído.

Ilustración

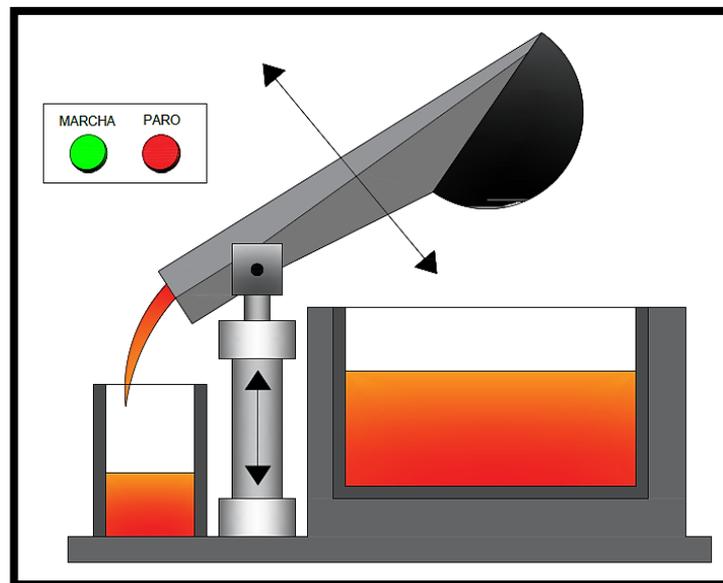


FIGURA 111: BOSQUEJO PRÁCTICA 3.

4.3.6. Secuencia

La presente práctica requiere del accionamiento de un único cilindro de doble efecto al cual se lo denominará “A”, su secuencia viene dada por: A+ / A-.

4.3.7. Diagrama de mandos

Las señales de entrada para el LOGO! serán un pulsador de marcha, un interruptor como paro de emergencia y dos sensores magnéticos que indican la posición del vástago del cilindro “A”. Las señales de salida vienen dadas por la salida y retorno del vástago del mismo cilindro, ver Fig. 112.

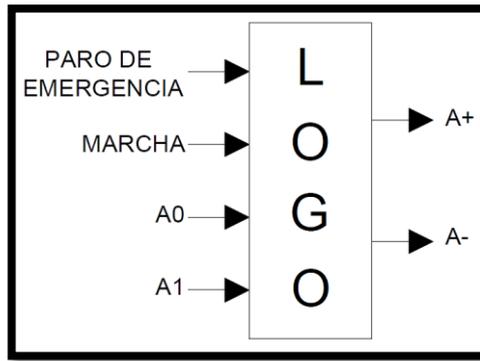


FIGURA 112: DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 3.

4.3.8. Tabla de variables

En la Tabla 10, se encuentran las variables que intervienen en la práctica.

TABLA 10: VARIABLES PRÁCTICA 3.

Nombre	Nomenclatura Módulo	Variable LOGO!	Variable HMI	Dirección HMI
Pulsador de Emergencia	PE	I1	LOGO_PE	M 0.1
Marcha	P1	I2	LOGO_MARCHA	M 0.2
A-	H1	Q1	LOGO_A-	Q 0.0
A+	EVA+ y H2	Q2	LOGO_A+	Q 0.1

4.3.9. Diagrama neumático

El diseño incluye fuente de aire comprimido, unidad de mantenimiento, paro de emergencia neumático, electroválvula 3/2 monoestable, un final de carrera con la marca A1 en la salida del vástago, una válvula 5/2 de accionamiento y retorno neumático y un cilindro de doble efecto, ver Fig. 113.

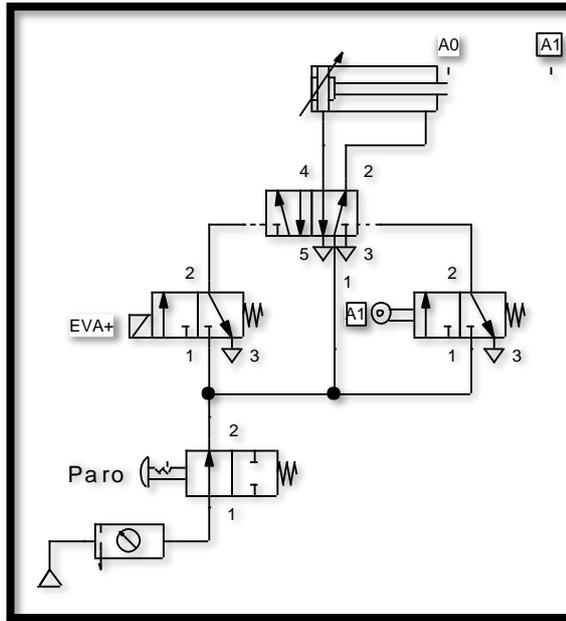


FIGURA 113: DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 3.

4.3.10. Diagrama de control

El relé K1 a través de un contacto energiza la luz piloto H1 indicando que el vástago del cilindro “A” se encuentra retraído, mientras que el relé K2 activa la bobina EVA+ y H2 para la salida del vástago, ver Fig. 114.

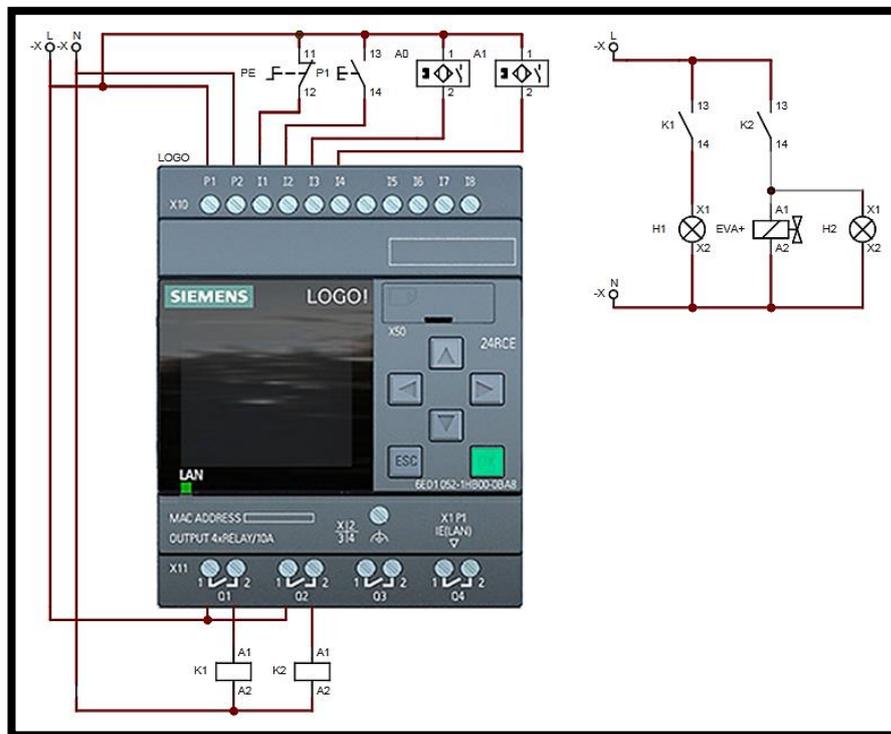


FIGURA 114: DIAGRAMA DE CONTROL PRÁCTICA 3.

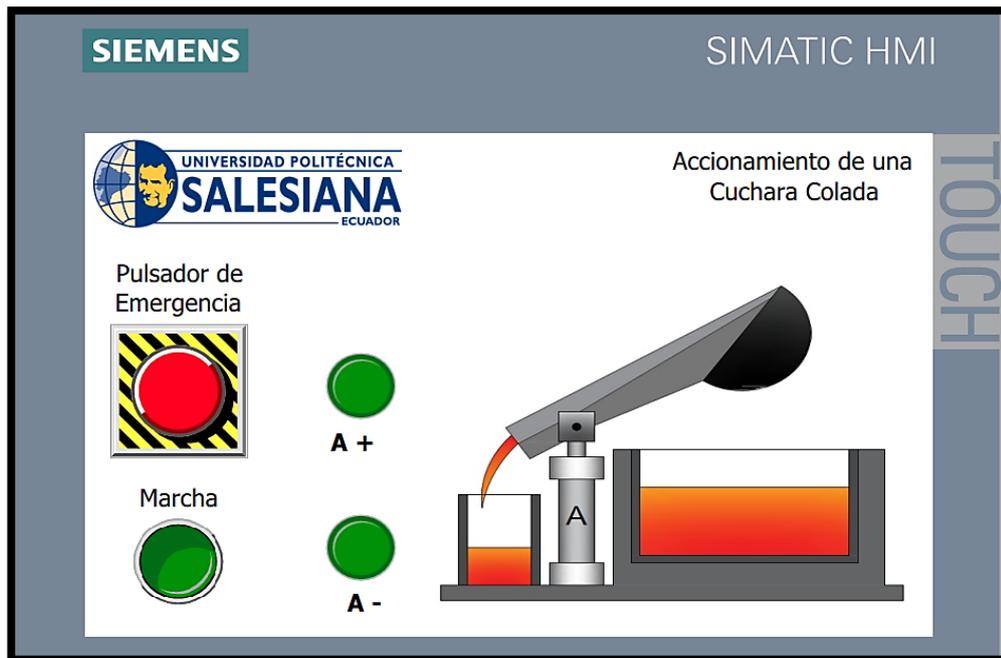


FIGURA 116: DISEÑO HMI PRÁCTICA 3.

4.3.13. Implementación en el módulo educativo

La Fig. 117 muestra la ejecución de la Práctica 3 donde se verifica el correcto desarrollo del proceso.

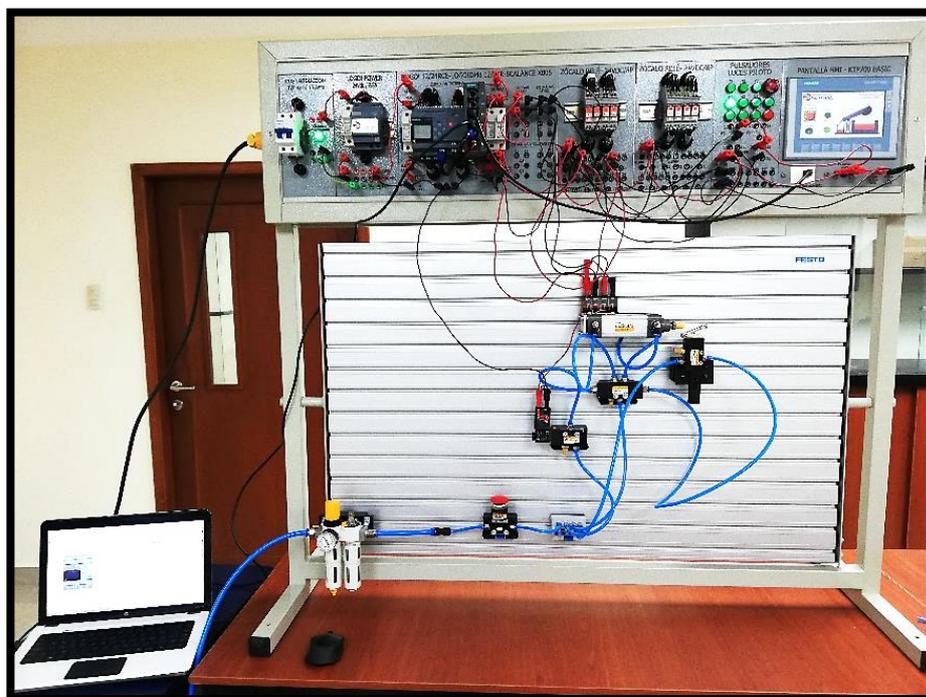


FIGURA 117: EJECUCIÓN PRÁCTICA 3.

4.3.14. Resultado

Se comprobó el correcto funcionamiento de los circuitos neumático y de control. Además, el cilindro se accionó según la secuencia programada A+ / A-.

4.3.15. Conclusiones

- Se implementó un sistema de accionamiento de una cuchara colada.
- Se elaboraron los diagramas de mando, neumático y control.
- Se desarrolló la programación.
- Se configuró la pantalla HMI.
- Se implementaron las conexiones eléctricas y neumáticas.
- Se comprobó el correcto funcionamiento.

4.4. Práctica 4: SISTEMA DE DESCARGA DE MATERIAL

4.4.1. Objetivo general

- Implementar un sistema de descarga de material aplicando equipos neumáticos.

4.4.2. Objetivos específicos

- Elaborar los diagramas de mando, neumático y control para identificar las variables que intervienen en el proceso para la programación.
- Desarrollar la programación mediante la aplicación de LOGO! software de manera que cumpla con las especificaciones de la práctica.
- Configurar la pantalla HMI para visualizar e interactuar con los actuadores del módulo didáctico.
- Implementar las conexiones eléctricas y neumáticas según los diagramas antes diseñados.
- Comprobar el correcto funcionamiento de la práctica accionando los actuadores por medio físico y digital.

4.4.3. Duración

La práctica está proyectada para un lapso de 2 horas.

4.4.4. Recursos

Se emplean los mismos recursos que en la práctica 1.

- Módulo electro-neumático industrial educativo.
- Láminas del módulo con sus correspondientes equipos de automatización.
- Computadora con los respectivos softwares de programación.
- Cables de conexión, cables Ethernet y mangueras.
- Elementos neumáticos.

4.4.5. Procedimiento

Descripción de la práctica

Las cajas son llenadas con material de empaque, la cantidad de llenado dependerá únicamente del operario. Un cilindro de doble efecto va acoplado a una maquinaria similar a un embudo, el cual sirve para liberar el material de empaque.

Mediante el accionamiento de un pulsador el cilindro debe ejercer su acción para que llene la caja con material de empaque necesario; pero sólo si el cilindro se encuentra con su vástago retraído. El retorno debe ser automático a través de una electroválvula. Todo el proceso debe cumplirse aún si está presionado el pulsador, ver Fig. 118. Cuando se ejecute el procedimiento una luz piloto indicará la posición del vástago del cilindro.

Ilustración

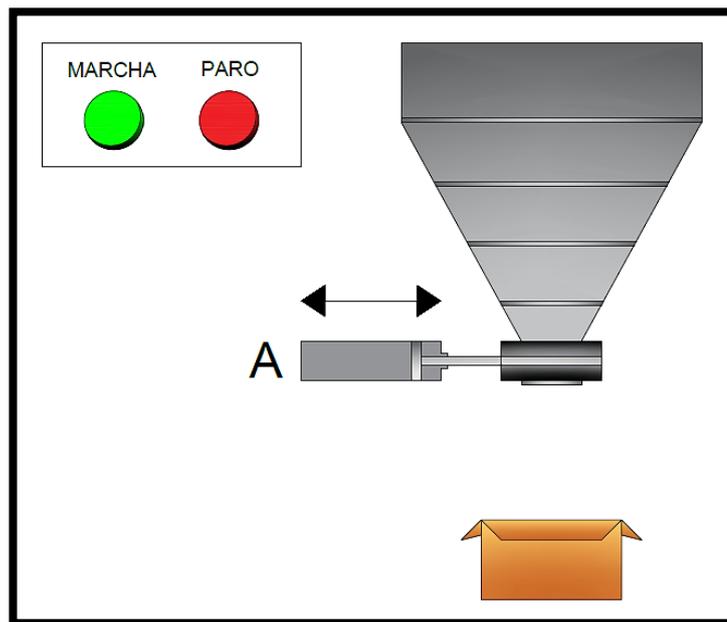


FIGURA 118: BOSQUEJO PRÁCTICA 4.

4.4.6. Secuencia

La presente práctica requiere del accionamiento de un único cilindro de doble efecto al cual se lo denominará "A", su secuencia viene dada por: A+ / A-.

4.4.7. Diagrama de mandos

Las señales de entrada para el LOGO! serán un pulsador para marcha, un interruptor como paro de emergencia y dos sensores magnéticos que indican la posición del vástago del cilindro “A”. Las señales de salida vienen dadas por la salida y retorno del vástago del mismo cilindro, ver Fig. 119.

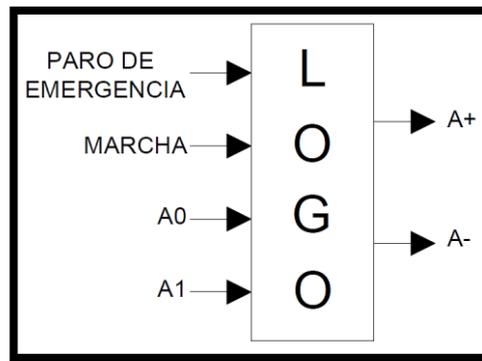


FIGURA 119: DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 4.

4.4.8. Tabla de variables

En la Tabla 11, se encuentran las variables que intervienen en la práctica.

TABLA 11: VARIABLES PRÁCTICA 4.

Nombre	Nomenclatura Módulo	Variable LOGO!	Variable HMI	Dirección HMI
Pulsador de Emergencia	PE	I1	LOGO_PE	M 0.3
Marcha	P1	I2	LOGO_MARCHA	M 0.4
A-	EVA- y H1	Q2	LOGO_A-	Q 0.1
A+	EVA+ y H2	Q1	LOGO_A+	Q 0.0

4.4.9. Diagrama neumático

El diseño incluye fuente de aire comprimido, unidad de mantenimiento, paro de emergencia neumático, dos electroválvulas 3/2 monoestables, una válvula 5/2 de accionamiento y retorno neumático y un cilindro de doble efecto, ver Fig. 120.

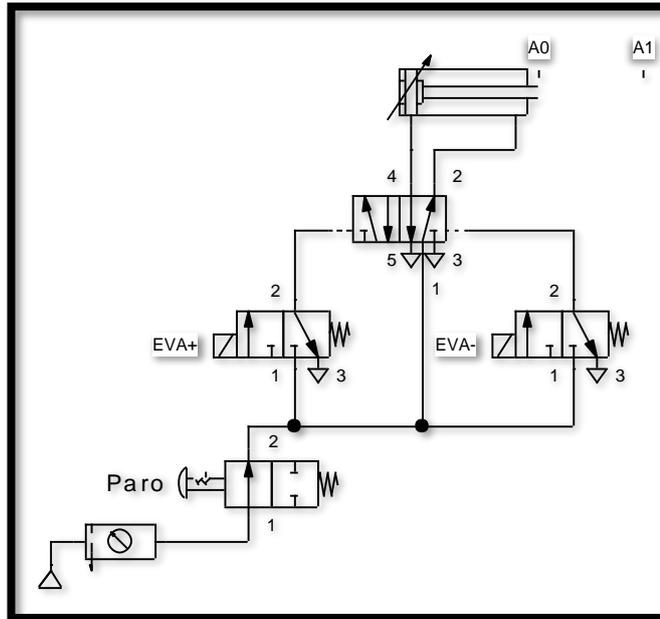


FIGURA 120: DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 4.

4.4.10. Diagrama de control

El relé K1 a través de un contacto energiza la electroválvula EVA+ y la luz piloto H2 indicando que el vástago del cilindro “A” se encuentra extendido, mientras que el relé K2 activa la bobina EVA- y H1 para el retorno del vástago, ver Fig. 121.

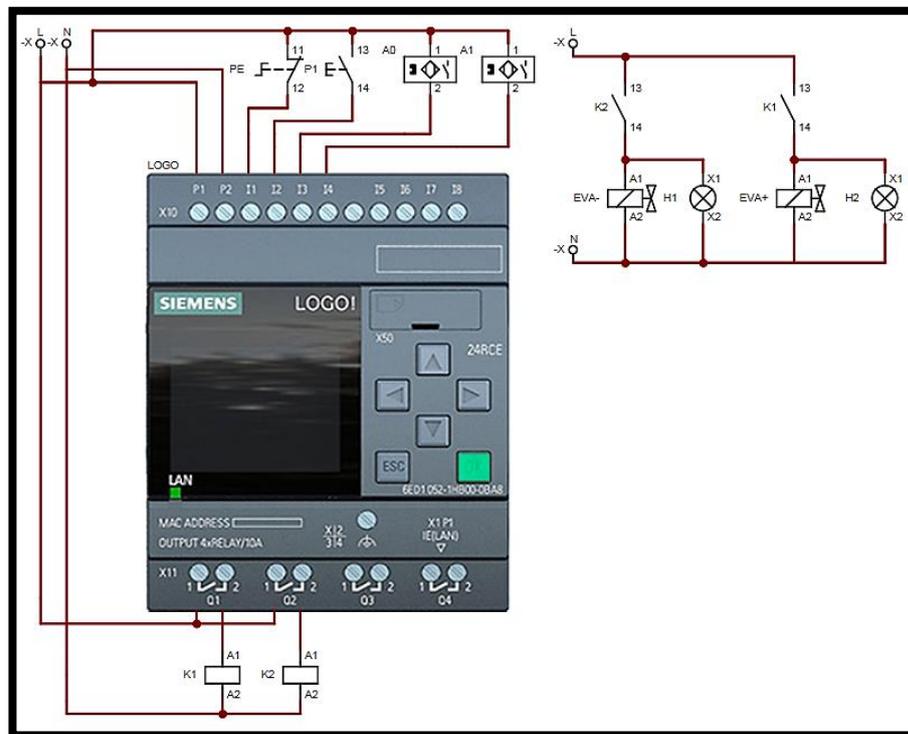


FIGURA 121: DIAGRAMA DE CONTROL PRÁCTICA 4.

4.4.11. Programación

Para crear y cargar el programa al LOGO! se sigue el procedimiento descrito en la práctica 1. Antes de pulsar Marcha, se activa I3 (A0) que a su vez acciona la marca M2 para la salida del vástago del cilindro “A”, al presionar I2 (marcha) y al estar activado I4 (A1) se enciende la marca M3 para el regreso del vástago de “A”. Luego de esto el cilindro retorna a su condición inicial. Las marcas auxiliares son M4 para el paro de emergencia y M5 para la marcha, ver Fig. 122.

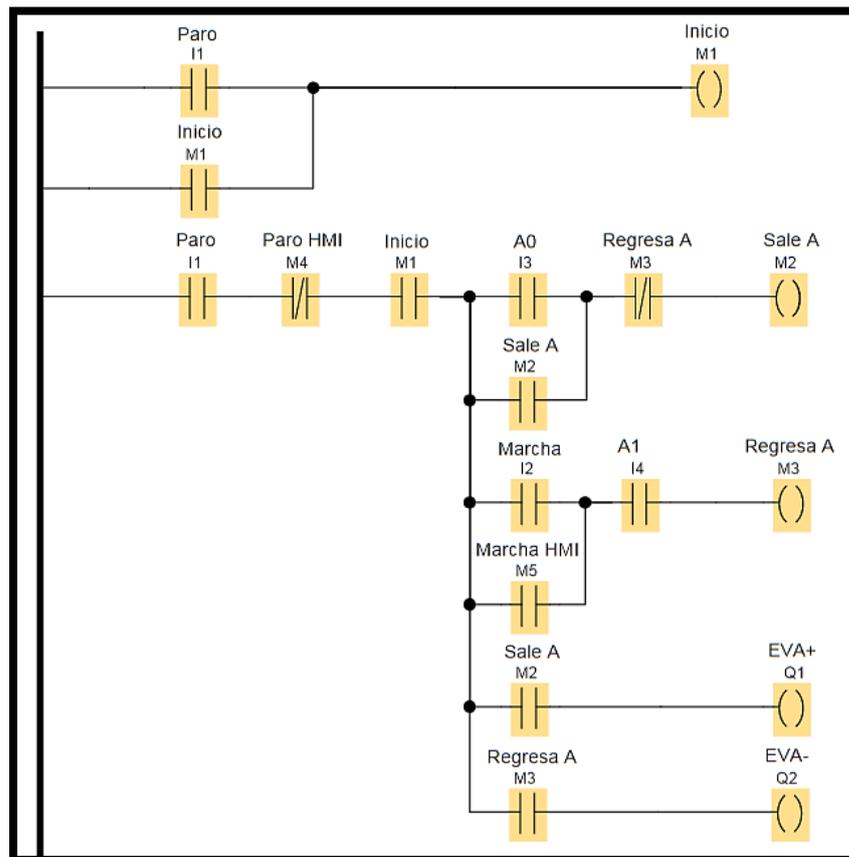


FIGURA 122: PROGRAMACIÓN PRÁCTICA 4.

4.4.12. Diseño de la pantalla HMI

Para crear y cargar la configuración a la pantalla HMI se sigue el procedimiento descrito en la práctica 1. La pantalla muestra las variables de la práctica y una animación que representa el trabajo que realiza el cilindro “A” al expulsar y retraer su vástago, ver Fig. 123.

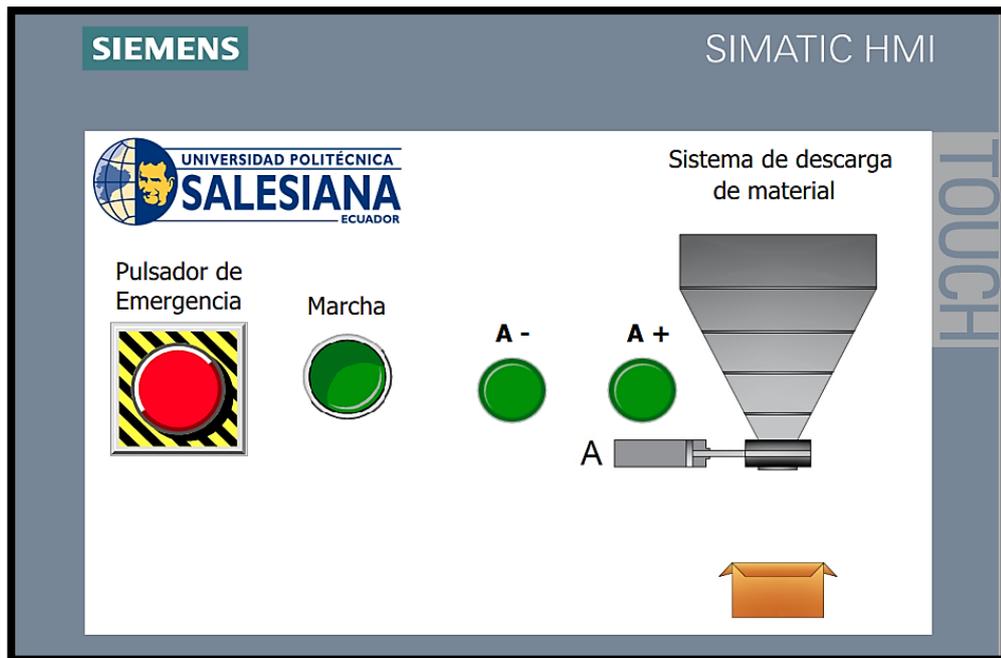


FIGURA 123: DISEÑO HMI PRÁCTICA 4.

4.4.13. Implementación en el módulo educativo

La Fig. 124 muestra la ejecución de la Práctica 4 donde se verifica el correcto desarrollo del proceso.

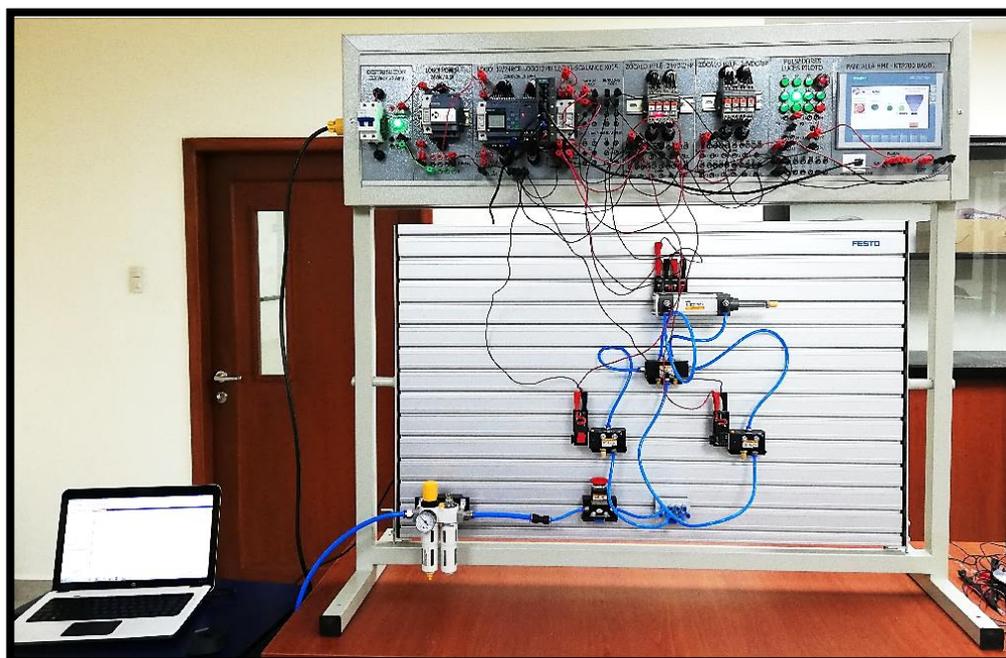


FIGURA 124: EJECUCIÓN PRÁCTICA 4.

4.4.14. Resultado

Se comprobó el correcto funcionamiento de los circuitos neumático y de control. Además, el cilindro se accionó según la secuencia programada A+ / A-.

4.4.15. Conclusiones

- Se implementó un sistema de descarga de material.
- Se elaboraron los diagramas de mando, neumático y control.
- Se desarrolló la programación.
- Se configuró la pantalla HMI.
- Se implementaron las conexiones eléctricas y neumáticas.
- Se comprobó el correcto funcionamiento.

4.5. Práctica 5: DESPLAZAMIENTO DE CAJAS

4.5.1. Objetivo general

- Implementar un sistema de desplazamiento de cajas mediante la aplicación de equipos neumáticos.

4.5.2. Objetivos específicos

- Elaborar los diagramas de mando, neumático y control para identificar las variables que intervienen en el proceso para la programación.
- Desarrollar la programación mediante la aplicación de LOGO! software de manera que cumpla con las especificaciones de la práctica.
- Configurar la pantalla HMI para visualizar e interactuar con los actuadores del módulo didáctico.
- Implementar las conexiones eléctricas y neumáticas según los diagramas antes diseñados.
- Comprobar el correcto funcionamiento de la práctica accionando los actuadores por medio físico y digital.

4.5.3. Duración

La práctica está proyectada para un lapso de 2 horas.

4.5.4. Recursos

Se emplean los mismos recursos que en la práctica 1.

- Módulo electro-neumático industrial educativo.
- Láminas del módulo con sus correspondientes equipos de automatización.
- Computadora con los respectivos softwares de programación.
- Cables de conexión, cables Ethernet y mangueras.
- Elementos neumáticos.

4.5.5. Procedimiento

Descripción de la práctica

Una industria necesita desplazar sus cajas que llegan a una banda transportadora de alimentación, se requieren mover las mismas hacia otra banda transportadora que está ubicada en un nivel superior; para lo cual se van a emplear dos cilindros. El cilindro “A”, tiene como funcionalidad subir las cajas; mientras que el cilindro “B” las empuja. Nótese el desplazamiento de cajas en la Fig. 125.

Se debe de presionar un pulsador una única vez, cuando exista una caja en la banda transportadora de alimentación el cilindro “A” se eleva, cuando llegue a su punto máximo el cilindro “B” cumplirá la función de empujar la caja, una vez la caja fue empujada el cilindro “A” retoma su posición inicial. Finalmente, el cilindro “B” también retoma su posición inicial. La secuencia se repite de forma indefinida hasta presionar el pulsador de paro.

Ilustración

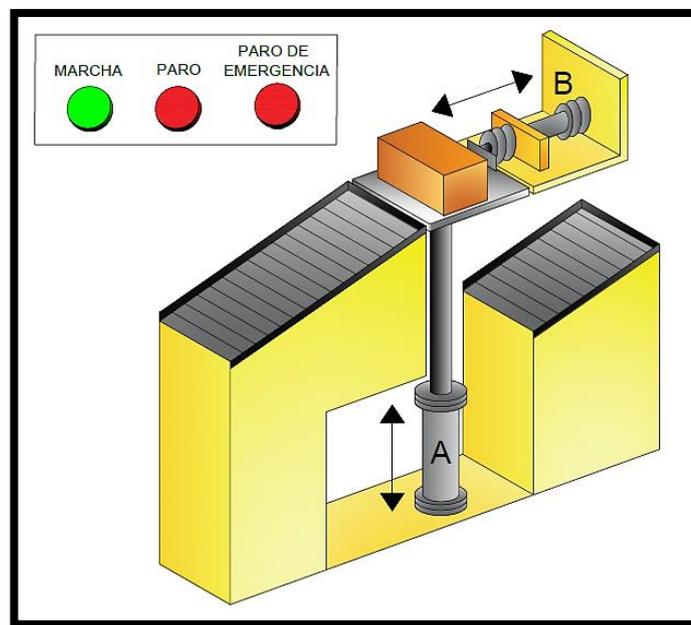


FIGURA 125: BOSQUEJO PRÁCTICA 5.

4.5.6. Secuencia

La presente práctica requiere del accionamiento de dos cilindros de doble efecto “A” y “B”, su secuencia viene dada por: A+ / B+ / A- / B-.

4.5.7. Diagrama de fases

La Fig. 126 muestra la representación gráfica de la secuencia que deben cumplir los cilindros “A” y “B”.

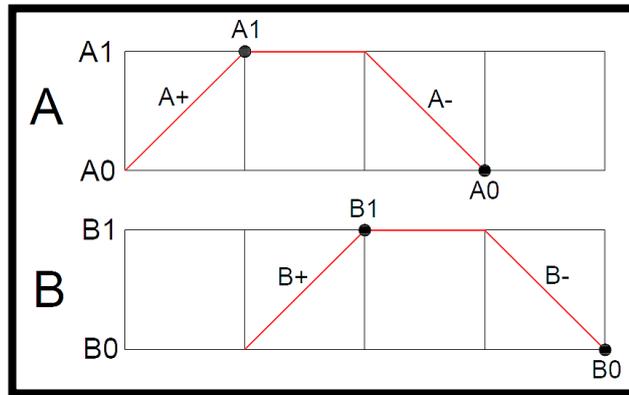


FIGURA 126: DIAGRAMA DE FASES PRÁCTICA 5.

4.5.8. Diagrama de estados

La Fig. 127 surge a partir del diagrama de fases, indica que sensor activa la salida o retorno del vástago de los cilindros.

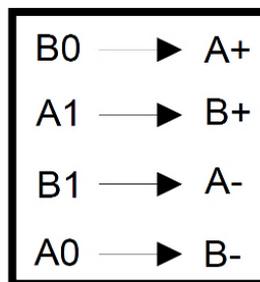


FIGURA 127: DIAGRAMA DE ESTADOS PRÁCTICA 5.

4.5.9. Diagrama de mandos

Las señales de entrada para el LOGO! serán un pulsador para marcha y otro para paro, un interruptor de emergencia y cuatro sensores magnéticos que indican las posiciones del vástago de los cilindros “A” y “B”. Las señales de salida vienen dadas por la salida y retorno del vástago de los mismos cilindros, ver Fig. 128.

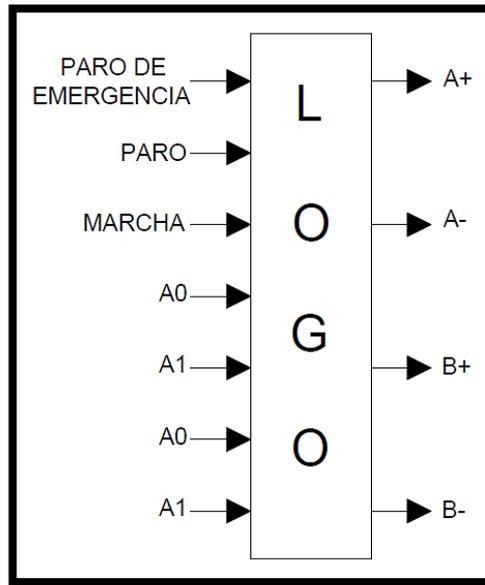


FIGURA 128: DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 5.

4.5.10. Tabla de variables

En la Tabla 12, se encuentran las variables que intervienen en la práctica.

TABLA 12: VARIABLES PRÁCTICA 5.

Nombre	Nomenclatura Módulo	Variable LOGO!	Variable HMI	Dirección HMI
Pulsador de Emergencia	PE	I1	LOGO_PE	M 0.1
Marcha	P1	I2	LOGO_MARCHA	M 0.2
Paro	P2	I3	LOGO_PARO	M 0.3
A-	EVA- y H1	Q4	LOGO_A-	Q 0.3
A+	EVA+ y H2	Q3	LOGO_A+	Q 0.2
B-	EVB- y H3	Q1	LOGO_B-	Q 0.0
B+	EVB+ y H4	Q2	LOGO_B+	Q 0.1

4.5.11. Diagrama neumático

El diseño incluye fuente de aire comprimido, unidad de mantenimiento, paro de emergencia neumático, dos electroválvulas 5/2 biestables, y dos cilindros de doble efecto, ver Fig. 129.

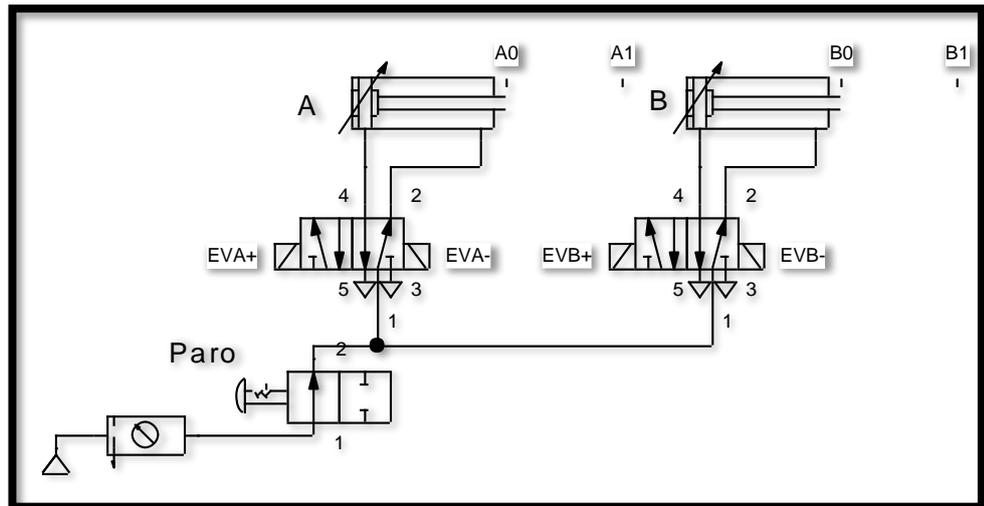


FIGURA 129: DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 5.

4.5.12. Diagrama de control

El conexionado del diagrama que incluye las luces piloto de la Fig. 130 se realiza mediante el diagrama de pasos, los contactos de los relés energizan las bobinas de las electroválvulas permitiendo la salida o retorno de los vástagos.

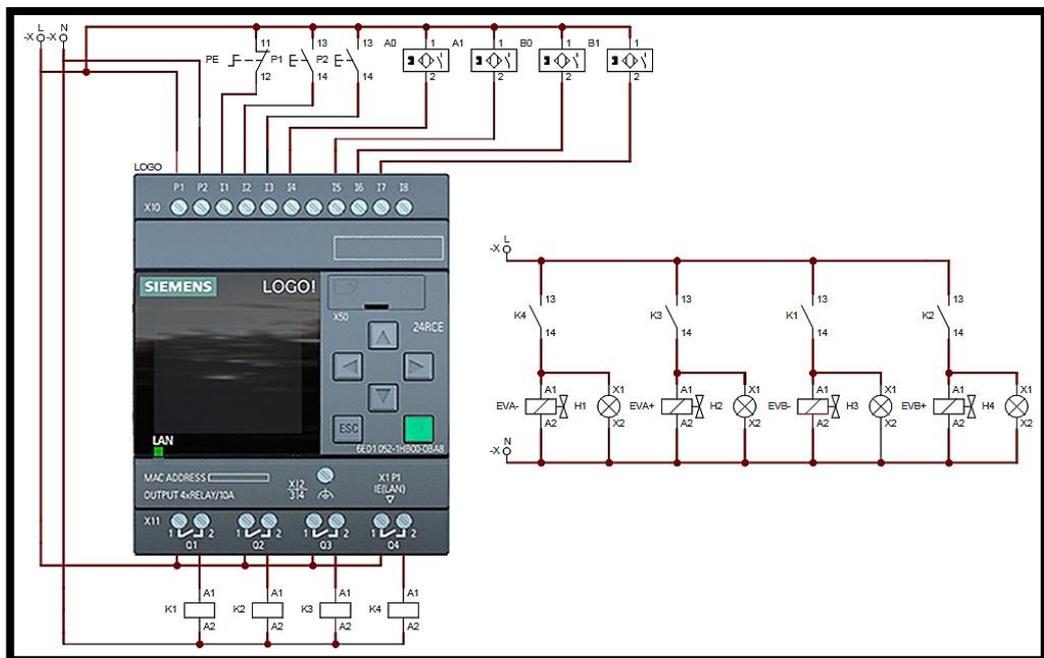


FIGURA 130: DIAGRAMA DE CONTROL PRÁCTICA 5.

4.5.13. Programación

Para crear y cargar el programa al LOGO! se sigue el procedimiento descrito en la práctica 1. El pulsador I2 setea un relé auto enclavador para dar inicio a la secuencia, mientras que I3 reinicia dicho relé y suspende el proceso. Las marcas auxiliares son M2 para el interruptor de emergencia, M3 para la marcha y M4 para el pulsador de paro, ver Fig. 131.

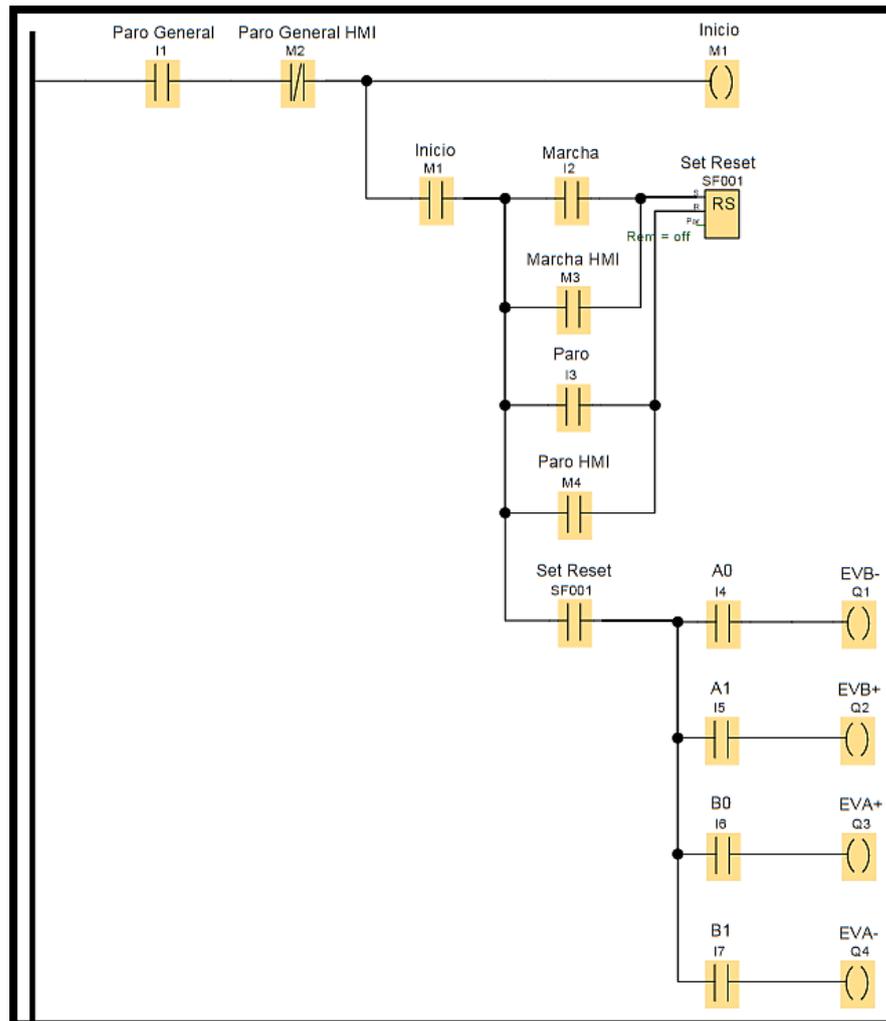


FIGURA 131: PROGRAMACIÓN PRÁCTICA 5.

4.5.14. Diseño de la pantalla HMI

Para crear y cargar la configuración a la pantalla HMI se sigue el procedimiento descrito en la práctica 1. La pantalla muestra las variables de la práctica y una animación que representa el trabajo que realizan los cilindros “A” y “B” a fin de cumplir con las órdenes previamente programadas, ver Fig. 132.

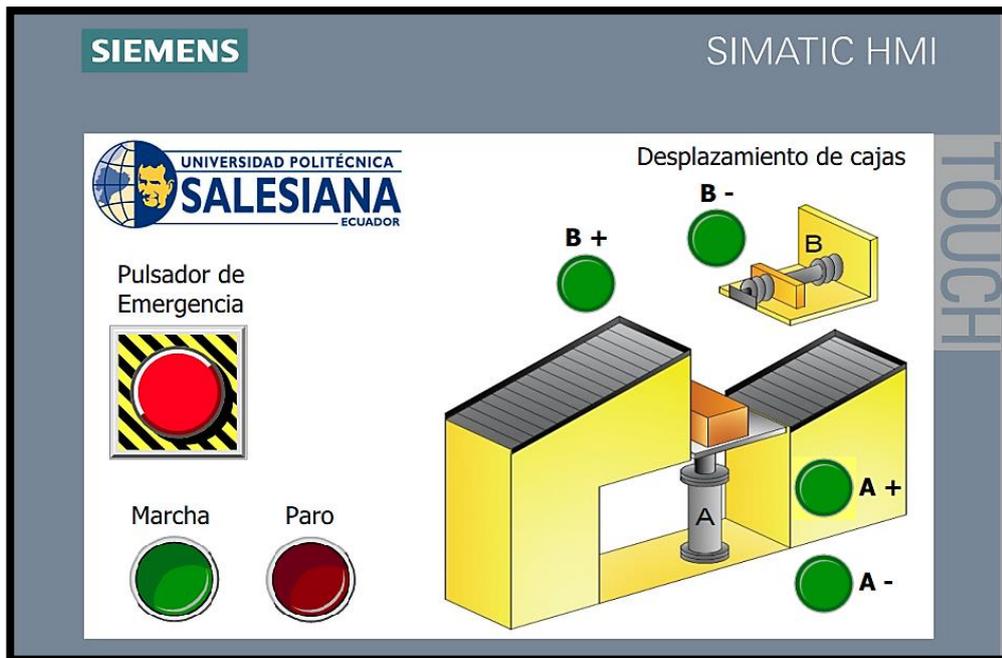


FIGURA 132: DISEÑO HMI PRÁCTICA 5.

4.5.15. Implementación en el módulo educativo

La Fig. 133 muestra la ejecución de la Práctica 5 donde se verifica el correcto desarrollo del proceso.

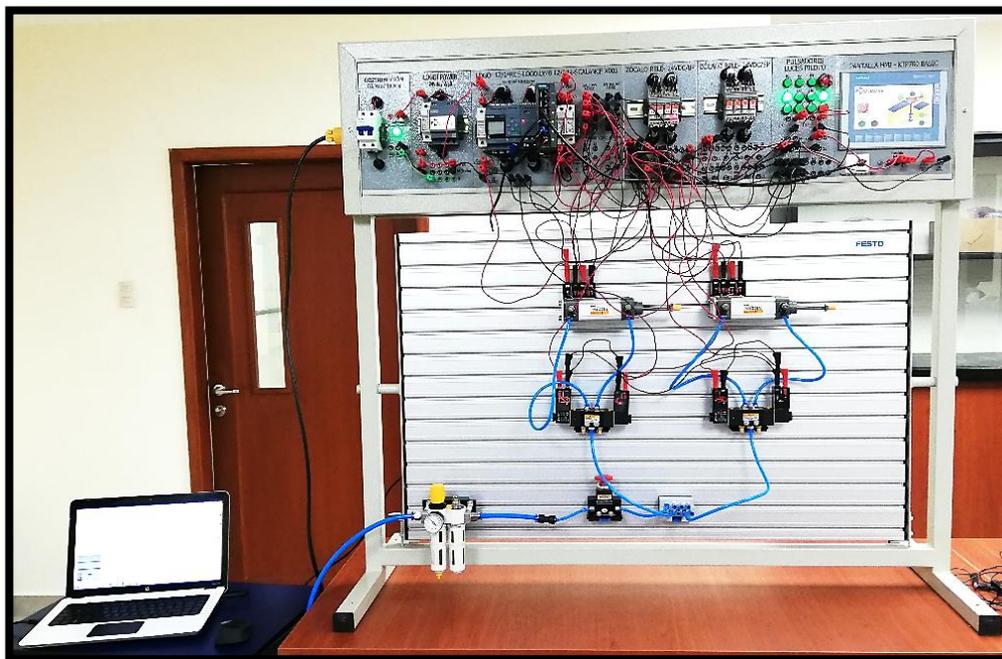


FIGURA 133: EJECUCIÓN PRÁCTICA 5.

4.5.16. Resultado

Se comprobó el correcto funcionamiento de los circuitos neumático y de control. Los cilindros se accionaron según la secuencia A+ / B+ / A- / B-.

4.5.17. Conclusiones

- Se implementó un sistema de desplazamiento de cajas.
- Se elaboraron los diagramas de mando, neumático y control.
- Se desarrolló la programación.
- Se configuró la pantalla HMI.
- Se implementaron las conexiones eléctricas y neumáticas.
- Se comprobó el correcto funcionamiento.

4.6. Práctica 6: MANIPULACIÓN DE PIEZAS

4.6.1. Objetivo general

- Implementar un sistema de manipulación de piezas aplicando equipos neumáticos.

4.6.2. Objetivos específicos

- Elaborar los diagramas de mando, neumático y control para identificar las variables que intervienen en el proceso para la programación.
- Desarrollar la programación mediante la aplicación de LOGO! software de manera que cumpla con las especificaciones de la práctica.
- Configurar la pantalla HMI para visualizar e interactuar con los actuadores del módulo didáctico.
- Implementar las conexiones eléctricas y neumáticas según los diagramas antes diseñados.
- Comprobar el correcto funcionamiento de la práctica accionando los actuadores por medio físico y digital.

4.6.3. Duración

La práctica está proyectada para un lapso de 2 horas.

4.6.4. Recursos

Se emplean los mismos recursos que en la práctica 1.

- Módulo electro-neumático industrial educativo.
- Láminas del módulo con sus correspondientes equipos de automatización.
- Computadora con los respectivos softwares de programación.
- Cables de conexión, cables Ethernet y mangueras.
- Elementos neumáticos.

4.6.5. Procedimiento

Descripción de la práctica

El proceso industrial está basado en extraer piezas de un cargador por gravedad y luego colocarlas en una rampa, al final de la rampa se encontrará una caja, las piezas son colocadas en las cajas las cuales contienen material de empaque, ver Fig. 134.

Al presionar el pulsador, el cilindro “A” expulsa la pieza del cargador y la coloca delante del cilindro “B”, el mismo que mueve la pieza hacia la rampa, cuando la pieza ya fue movida, el cilindro “B” retoma su posición inicial y finalmente el cilindro “A” vuelve a su posición inicial. Este proceso se repetirá indefinidamente hasta presionar el pulsador de paro general.

Ilustración

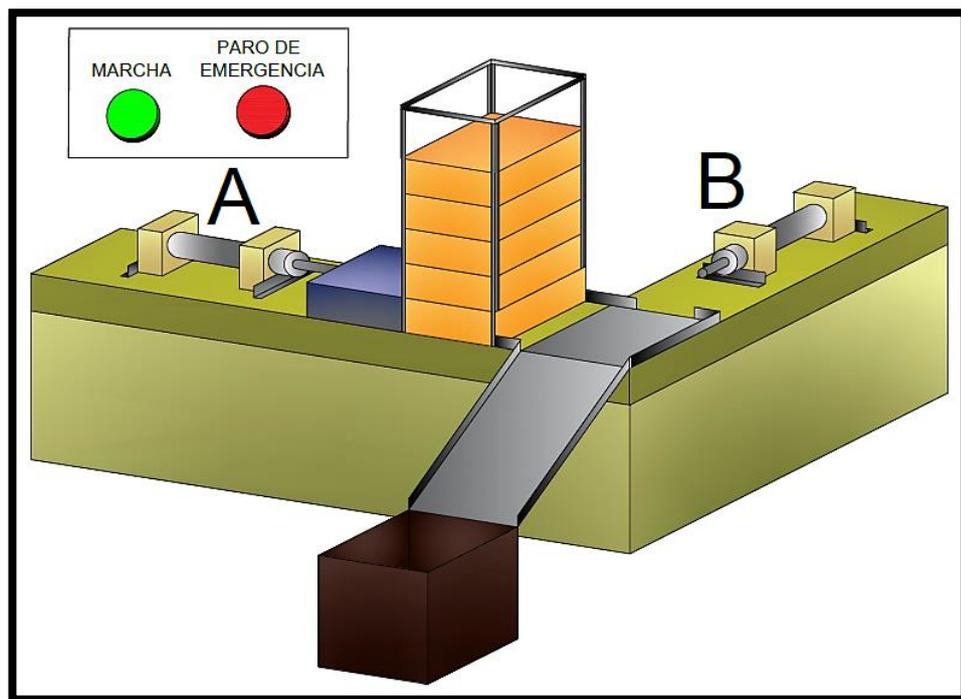


FIGURA 134: BOSQUEJO PRÁCTICA 6.

4.6.6. Secuencia

La presente práctica requiere del accionamiento de dos cilindros de doble efecto “A” y “B”, su secuencia viene dada por: A+ / B+ / B- / A-.

4.6.7. Diagrama de fases

La Fig. 135 muestra la representación gráfica de la secuencia que deben cumplir los cilindros “A” y “B”.

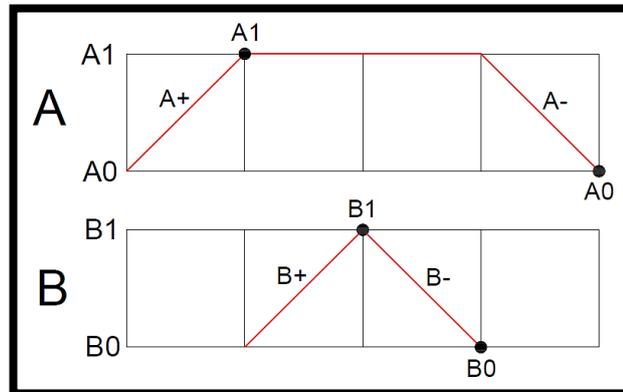


FIGURA 135: DIAGRAMA DE FASES PRÁCTICA 6.

4.6.8. Diagrama de estados

La Fig. 136 surge a partir del diagrama de fases, indica que sensor activa la salida o retorno del vástago de los cilindros.

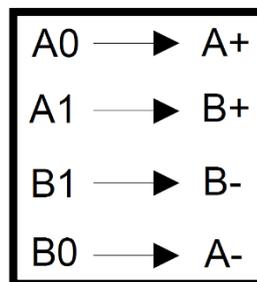


FIGURA 136: DIAGRAMA DE ESTADOS PRÁCTICA 6.

4.6.9. Diagrama de mandos

Las señales de entrada para el LOGO! serán un pulsador para marcha y un interruptor de emergencia, además de cuatro sensores magnéticos que indican las posiciones del vástago de los cilindros “A” y “B”. Las señales de salida vienen dadas por la salida y retorno del vástago de los mismos cilindros, ver Fig. 137.

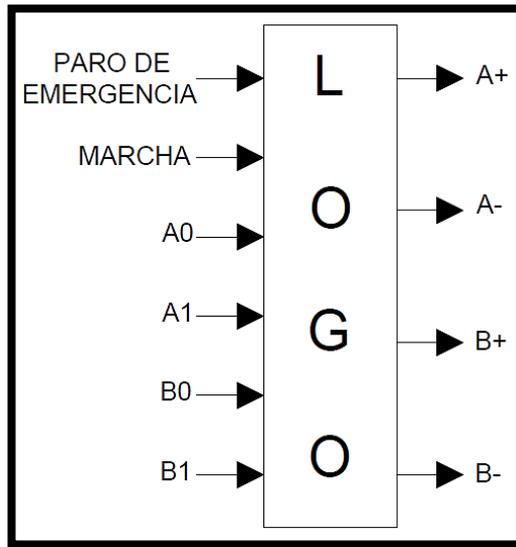


FIGURA 137: DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 6.

4.6.10. Tabla de variables

En la Tabla 13, se encuentran las variables que intervienen en la práctica.

TABLA 13: VARIABLES PRÁCTICA 6.

Nombre	Nomenclatura Módulo	Variable LOGO!	Variable HMI	Dirección HMI
Pulsador de Emergencia	PE	I1	LOGO_PE	M 1.6
Marcha	P1	I2	LOGO_MARCHA	M 1.7
A-	EVA- y H1	Q2	LOGO_A-	Q 0.1
A+	EVA+ y H2	Q1	LOGO_A+	Q 0.0
B-	EVB- y H3	Q4	LOGO_B-	Q 0.3
B+	EVB+ y H4	Q3	LOGO_B+	Q 0.2

4.6.11. Diagrama neumático

El diseño incluye fuente de aire comprimido, unidad de mantenimiento, paro de emergencia neumático, dos electroválvulas 5/2 biestables, y dos cilindros de doble efecto con sus respectivos sensores de posición, ver Fig. 138.

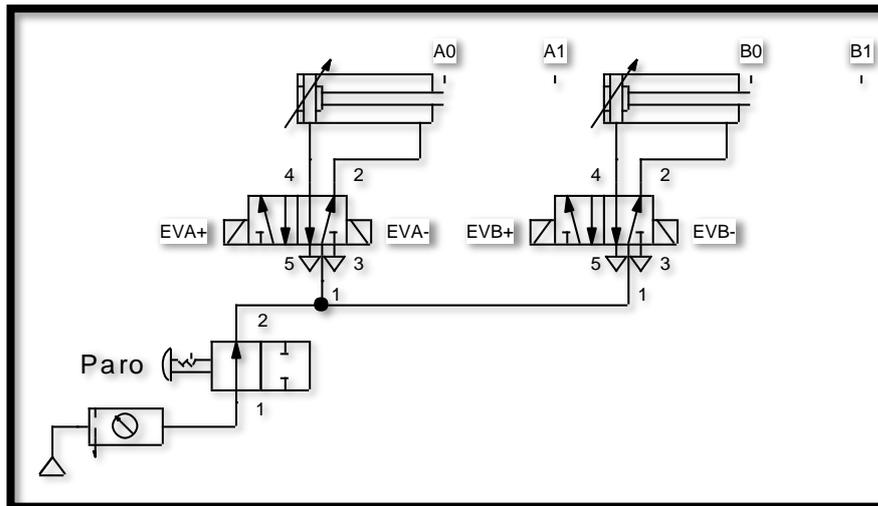


FIGURA 138: DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 6.

4.6.12. Diagrama de control

En el LOGO! aparecen las entradas y salidas antes descritas. En el circuito de accionamientos, los contactos abiertos desde K1 hasta K4 permiten la activación de las electroválvulas para la salida o retorno del vástago de los cilindros y de esta manera cumplir con la secuencia establecida, ver Fig.139.

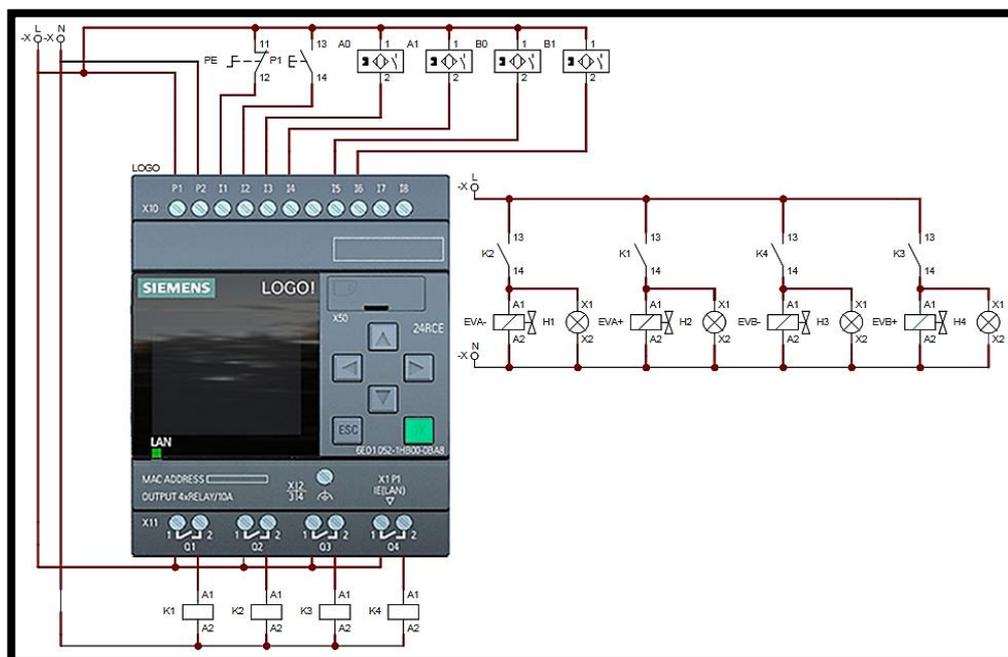


FIGURA 139: DIAGRAMA DE CONTROL PRÁCTICA 6.

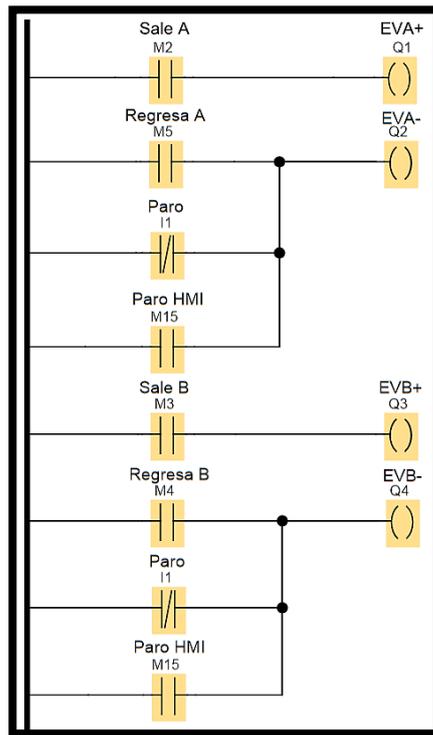


FIGURA 141: PROGRAMACIÓN SALIDAS PRÁCTICA 6.

4.6.14. Diseño de la pantalla HMI

Para crear y cargar la configuración a la pantalla HMI se sigue el procedimiento descrito en la práctica 1. La pantalla muestra las variables de la práctica y una animación que representa el trabajo que realizan los cilindros “A” y “B” a fin de cumplir con las órdenes previamente programadas, ver Fig. 142.

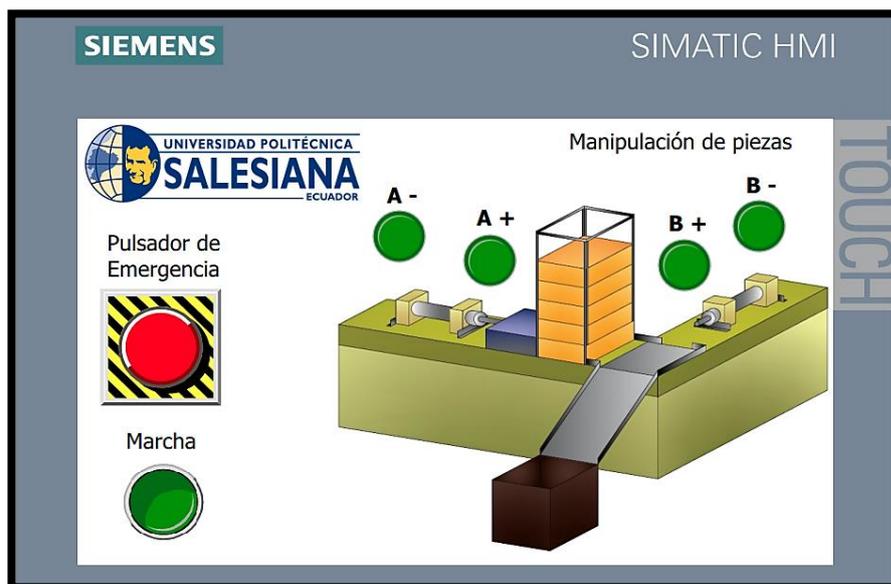


FIGURA 142: DISEÑO HMI PRÁCTICA 6.

4.6.15. Implementación en el módulo educativo

La Fig. 143 muestra la ejecución de la Práctica 6 donde se verifica el correcto desarrollo del proceso.

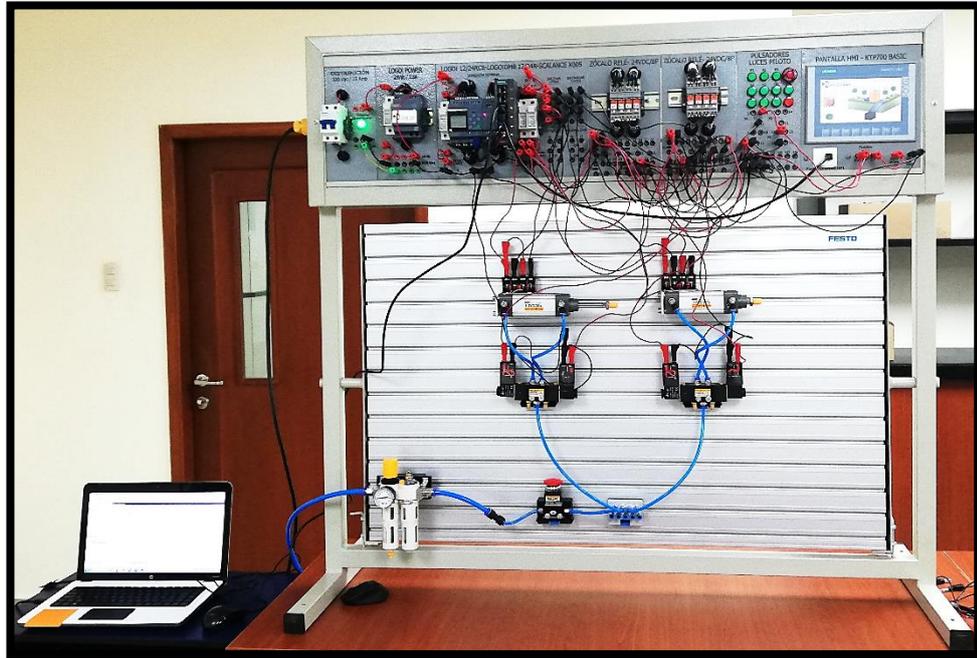


FIGURA 143: EJECUCIÓN PRÁCTICA 6.

4.6.16. Resultado

Durante la ejecución de la práctica se comprobó el correcto funcionamiento de los circuitos neumático y de control. Además, los cilindros se accionaron según la secuencia programada A+ / B+ / B- / A-.

4.6.17. Conclusiones

- Se implementó un sistema de manipulación de cajas.
- Se elaboraron los diagramas de mando, neumático y control.
- Se desarrolló la programación.
- Se configuró la pantalla HMI.
- Se implementaron las conexiones eléctricas y neumáticas.
- Se comprobó el correcto funcionamiento.

4.7. Práctica 7: SEÑALIZACIÓN DE CAJAS

4.7.1. Objetivo general

- Implementar un sistema de señalización de cajas aplicando equipos neumáticos.

4.7.2. Objetivos específicos

- Elaborar los diagramas de mando, neumático y control para identificar las variables que intervienen en el proceso para la programación.
- Desarrollar la programación mediante la aplicación de LOGO! software de manera que cumpla con las especificaciones de la práctica.
- Configurar la pantalla HMI para visualizar e interactuar con los actuadores del módulo didáctico.
- Implementar las conexiones eléctricas y neumáticas según los diagramas antes diseñados.
- Comprobar el correcto funcionamiento de la práctica accionando los actuadores por medio físico y digital.

4.7.3. Duración

La práctica está proyectada para un lapso de 2 horas.

4.7.4. Recursos

Se emplean los mismos recursos que en la práctica 1.

- Módulo electro-neumático industrial educativo.
- Láminas del módulo con sus correspondientes equipos de automatización.
- Computadora con los respectivos softwares de programación.
- Cables de conexión, cables Ethernet y mangueras.
- Elementos neumáticos.

4.7.5. Procedimiento

Descripción de la práctica

Para lograr señalar las cajas se utiliza una máquina en particular, la alimentación es mediante gravedad, un cilindro “A” empuja y sujeta las cajas contra un tope, la señalización se obtiene mediante el cilindro “B”, mientras que el cilindro “C” se encarga de expulsarlas. Para poner en marcha el proceso se requiere presionar un pulsador, ver Fig. 144.

Un sensor detectará la presencia de cajas en el contenedor. Cuando no exista ninguna caja en el depósito, la máquina debe detenerse, retornar a la posición inicial y quedarse bloqueada hasta presionar nuevamente el pulsador de marcha. Luego del presionar el interruptor de emergencia los vástagos del cilindro deben detener la secuencia.

Ilustración

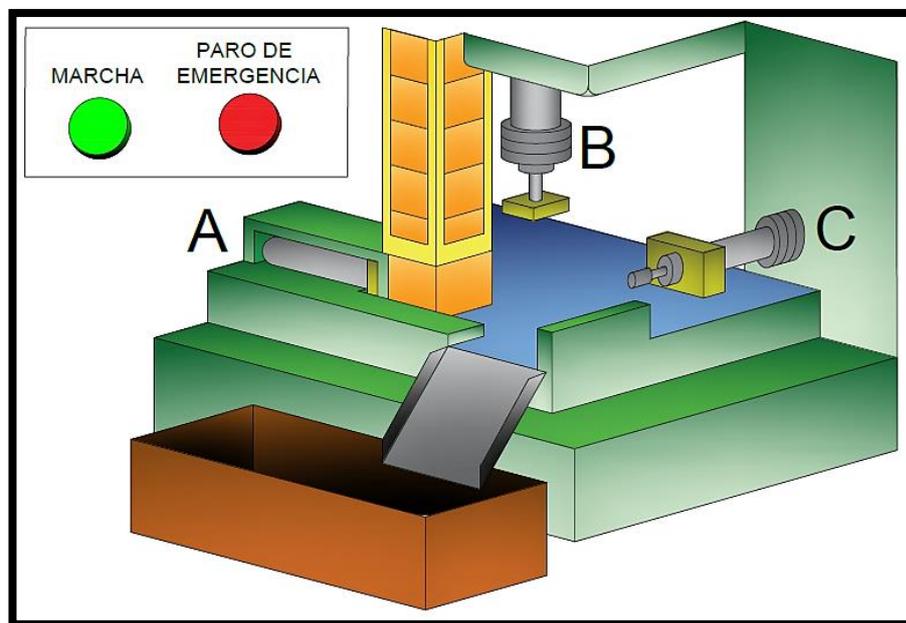


FIGURA 144: BOSQUEJO PRÁCTICA 7.

4.7.6. Secuencia

La presente práctica requiere del accionamiento de tres cilindros de doble efecto “A”, “B” y “C”, su secuencia viene dada por: A+ / B+ / B- / A- / C+ / C-.

4.7.7. Diagrama de fases

La Fig. 145 muestra la representación gráfica de la secuencia que deben cumplir los cilindros “A”, “B” y “C”.

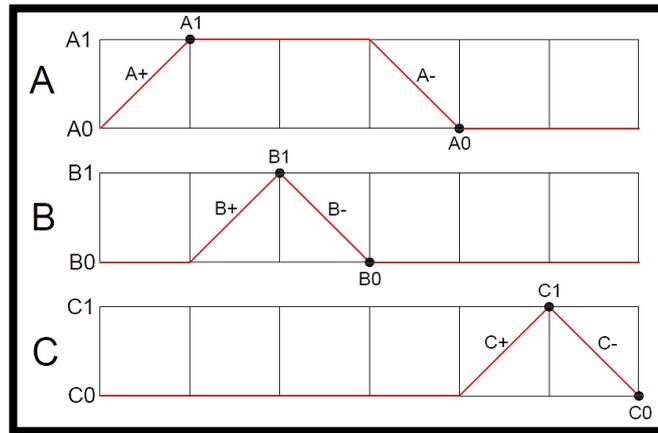


FIGURA 145: DIAGRAMA DE FASES PRÁCTICA 7.

4.7.8. Diagrama de estados

La Fig. 146 surge a partir del diagrama de fases, indica que sensor activa la salida o retorno del vástago de los cilindros.

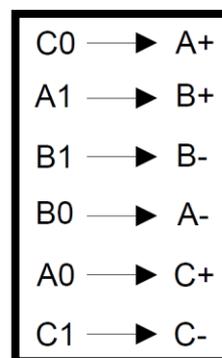


FIGURA 146: DIAGRAMA DE ESTADOS PRÁCTICA 7.

4.7.9. Diagrama de mandos

Las señales de entrada para el LOGO! serán un pulsador para marcha, un interruptor de emergencia, un sensor de proximidad óptico y además seis sensores magnéticos que indican las posiciones del vástago de los cilindros “A”, “B” y “C”. Las señales de salida son la salida y retorno del vástago de los mismos cilindros, ver Fig. 147.

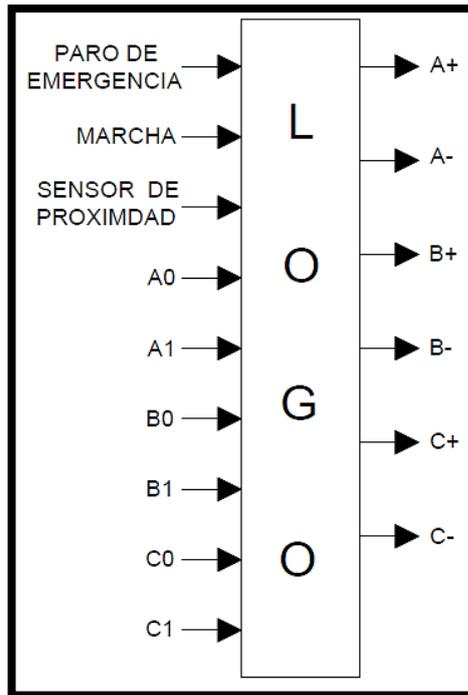


FIGURA 147: DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 7.

Las especificaciones técnicas del sensor de proximidad óptico se encuentran detalladas en el Anexo 16.

4.7.10. Tabla de variables

En la Tabla 14, se encuentran las variables que intervienen en la práctica.

TABLA 14: VARIABLES PRÁCTICA 7.

Nombre	Nomenclatura Módulo	Variable LOGO!	Variable HMI	Dirección HMI
Paro de Emergencia	PE	I1	LOGO_PE	M 1.6
Marcha	P1	I2	LOGO_MARCHA	M 1.7
Sensor de proximidad	Sensor de proximidad	I9	LOGO_SENSOR	I 1.0
A-	EVA- y H1	Q2	LOGO_A-	Q 0.1
A+	EVA+ y H2	Q1	LOGO_A+	Q 0.0
B-	EVB- y H3	Q4	LOGO_B-	Q 0.3
B+	EVB+ y H4	Q3	LOGO_B+	Q 0.2
C-	EVC- y H5	Q6	LOGO_C-	Q 0.5
C+	EVC+ y H6	Q5	LOGO_C+	Q 0.4

4.7.11. Diagrama neumático

El diseño incluye fuente de aire comprimido, unidad de mantenimiento, paro de emergencia neumático, tres electroválvulas 5/2 biestables, y tres cilindros de doble efecto con sus respectivos sensores de posición, ver Fig. 148.

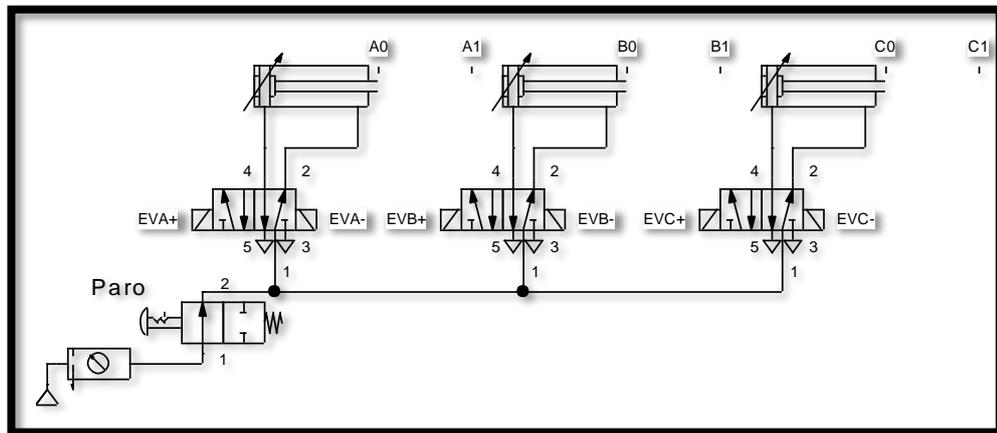


FIGURA 148: DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 7.

4.7.12. Diagrama de control

En la Fig. 149 aparece el circuito de accionamiento de las electroválvulas y de las luces piloto, el grupo de contactos de los relés desde K1 hasta K6 se activan secuencialmente según la programación.

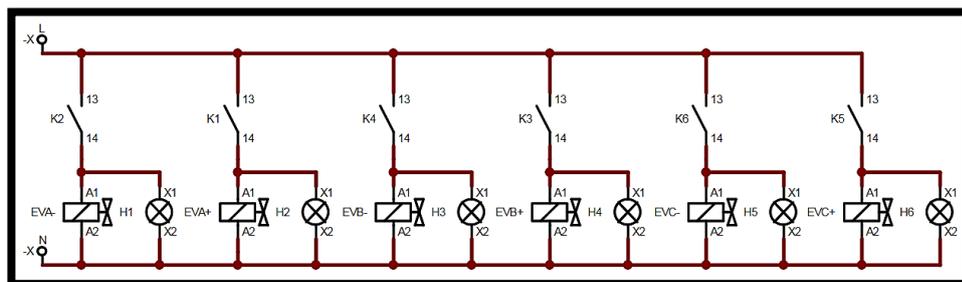


FIGURA 149: ACCIONAMIENTOS PRÁCTICA 7.

De la misma manera, la Fig. 150 muestra las conexiones que debe tener el LOGO! con sus entradas y salidas conocidas, se presenta la necesidad de emplear el módulo de expansión DM8 debido a que se requiere una entrada y dos salidas adicionales.

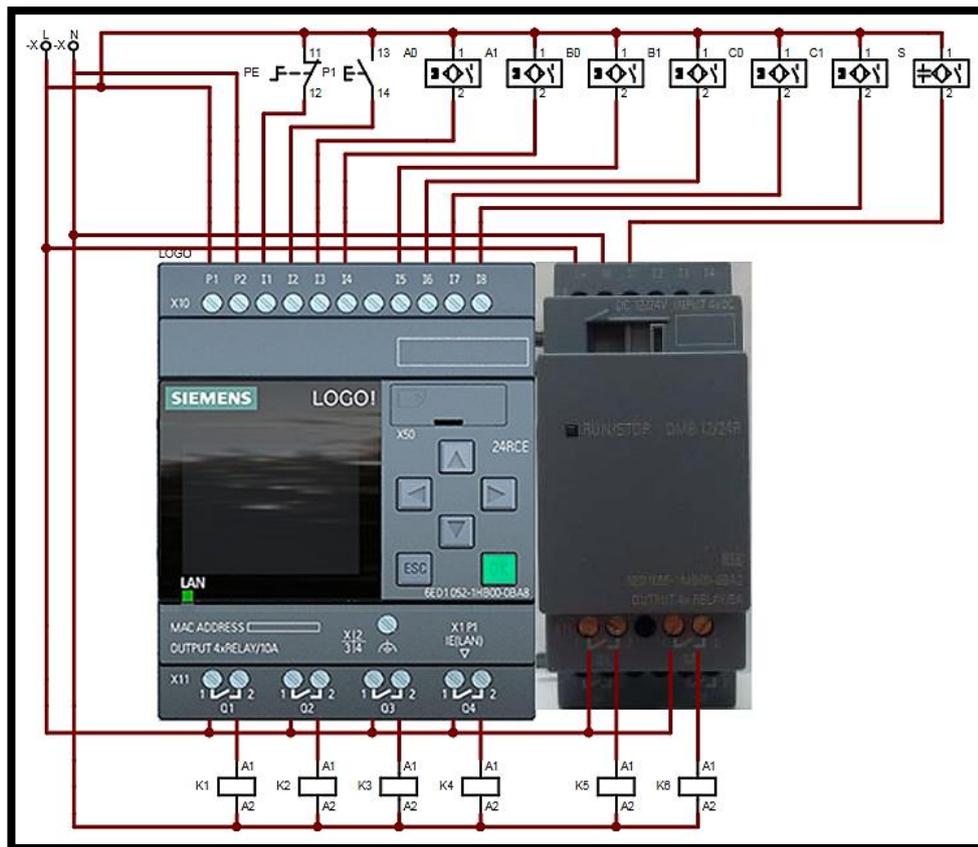


FIGURA 150: CONEXIONES LOGO! PRÁCTICA 7.

4.7.13. Programación

Para crear y cargar el programa al LOGO! se sigue el procedimiento descrito en la práctica 1. Se divide en dos partes, la primera contiene el accionamiento y detención de la secuencia y las entradas del sistema que a través de los sensores de los cilindros activan marcas internas del programa. Los contactos cerrados desactivan las marcas para evitar que se activen las dos bobinas de la misma electroválvula. Las marcas auxiliares son M15 para el interruptor de emergencia y M16 para la marcha, ver Fig. 151.

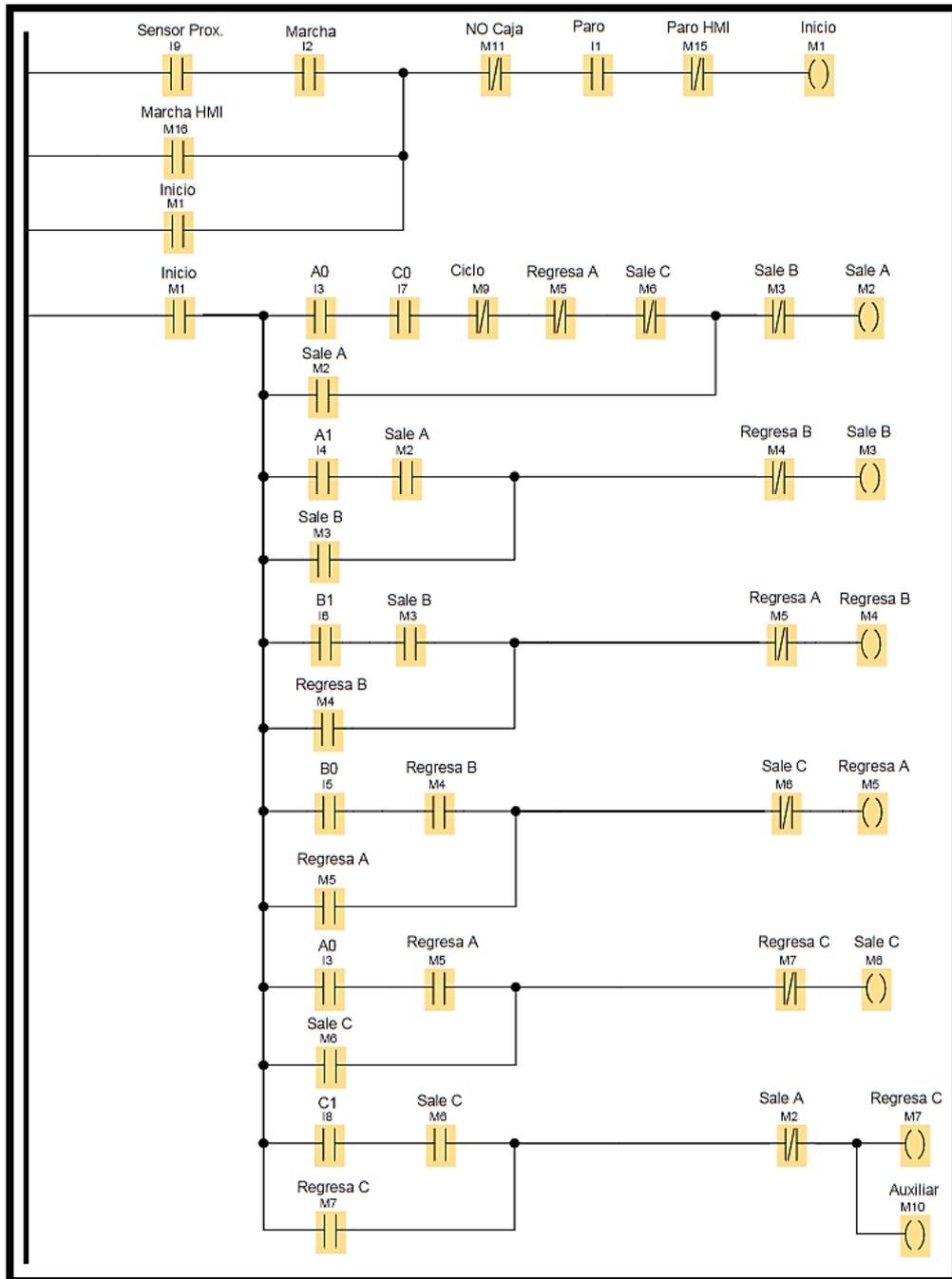


FIGURA 151: PROGRAMACIÓN ENTRADAS PRÁCTICA 7.

La segunda parte de la programación contiene el accionamiento de las salidas del sistema, se realiza a través de los contactos de las marcas internas. El interruptor de paro devuelve a las electroválvulas a su posición inicial ver Fig. 152.

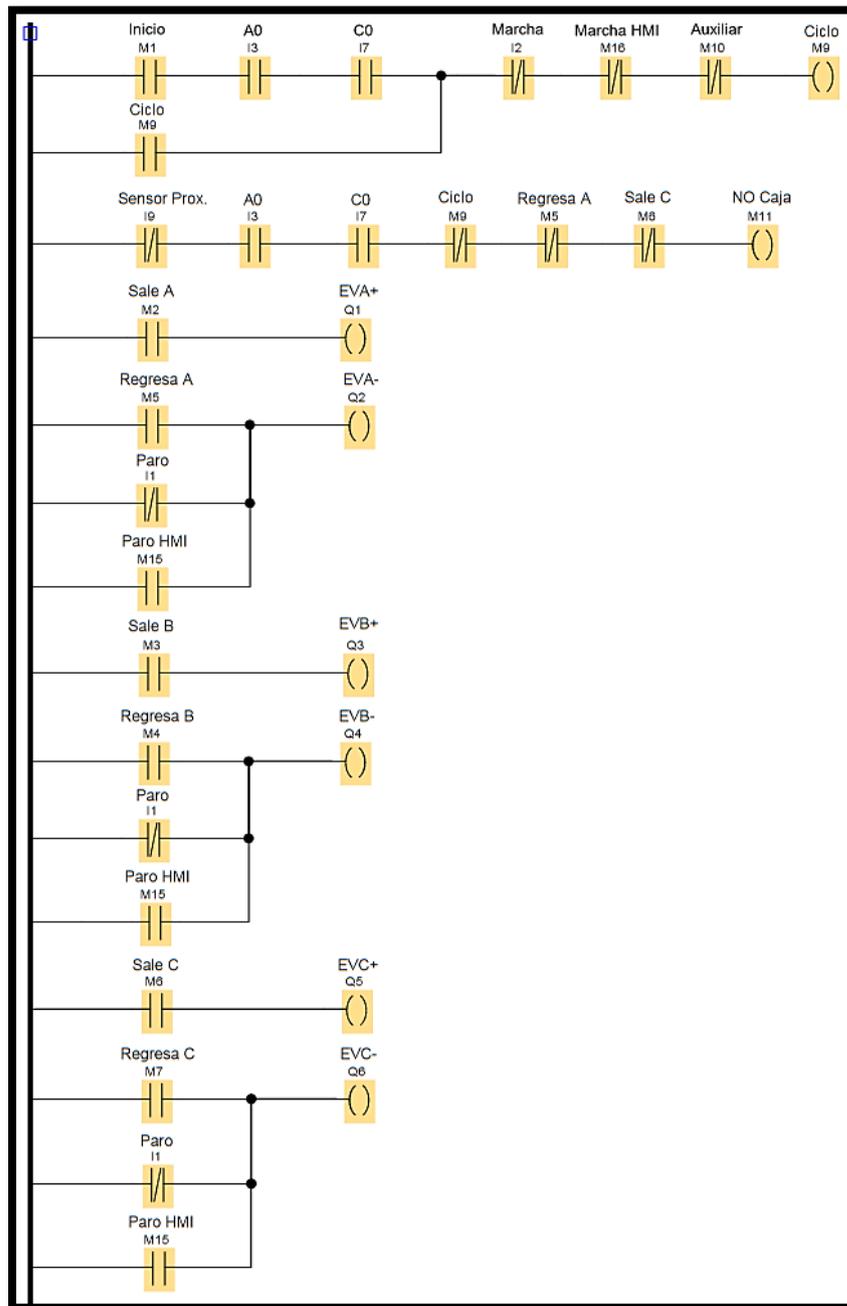


FIGURA 152: PROGRAMACIÓN SALIDAS PRÁCTICA 7.

4.7.14. Diseño de la pantalla HMI

Para crear y cargar la configuración a la pantalla HMI se sigue el procedimiento descrito en la práctica 1. La pantalla muestra las variables de la práctica y una animación que representa el trabajo que realizan los cilindros “A”, “B” y “C” a fin de cumplir con las órdenes previamente programadas, ver Fig. 153.

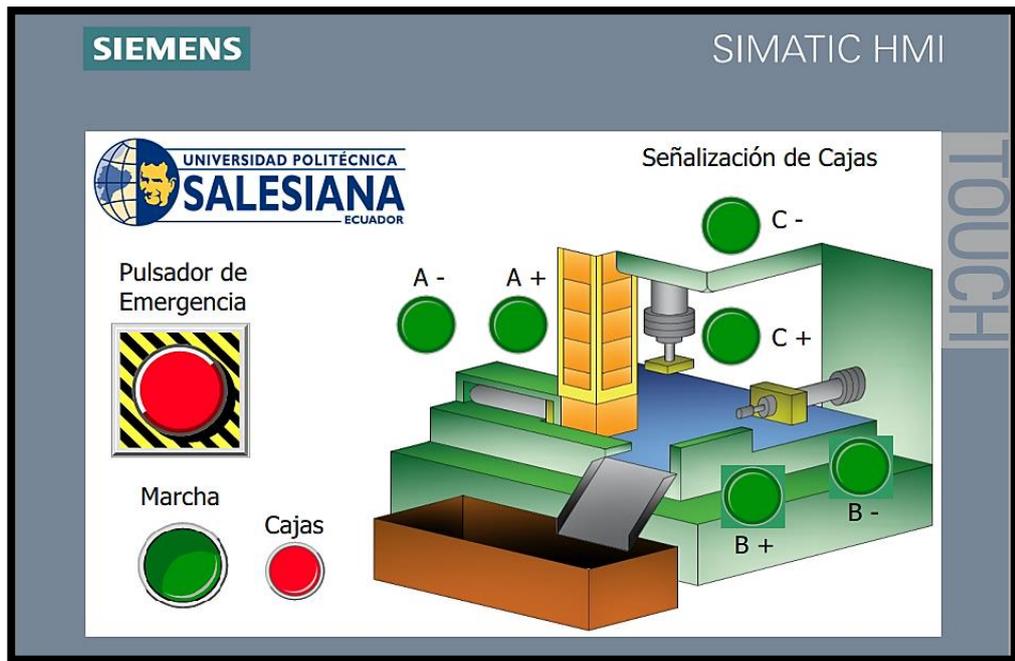


FIGURA 153: DISEÑO HMI PRÁCTICA 7.

4.7.15. Implementación en el módulo educativo

La Fig. 154 muestra la ejecución de la Práctica 7 donde se verifica el correcto desarrollo del proceso.

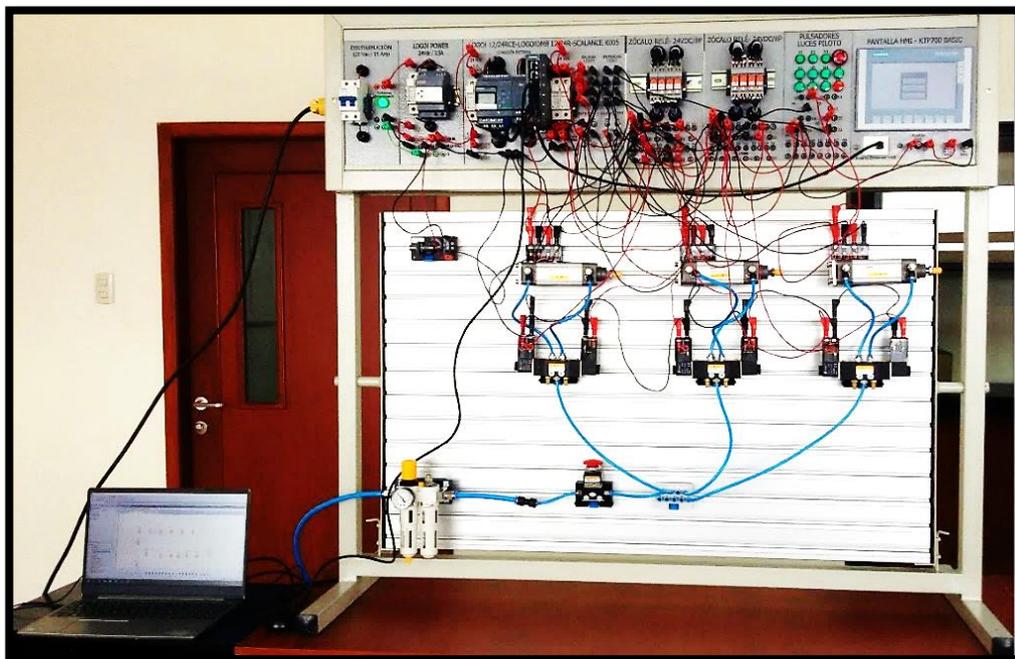


FIGURA 154: EJECUCIÓN PRÁCTICA 7.

4.7.16. Resultado

Se comprobó el correcto funcionamiento de los circuitos neumático y de control. Los cilindros se accionaron según la secuencia A+ / B+ / B- / A- / C+ / C-.

4.7.17. Conclusiones

- Se implementó un sistema de señalización de cajas.
- Se elaboraron los diagramas de mando, neumático y control.
- Se desarrolló la programación.
- Se configuró la pantalla HMI.
- Se implementaron las conexiones eléctricas y neumáticas.
- Se comprobó el correcto funcionamiento.

4.8. Práctica 8: PLEGADORA NEUMÁTICA

4.8.1. Objetivo general

- Implementar una plegadora neumática.

4.8.2. Objetivos específicos

- Elaborar los diagramas de mando, neumático y control para identificar las variables que intervienen en el proceso para la programación.
- Desarrollar la programación mediante la aplicación de LOGO! software de manera que cumpla con las especificaciones de la práctica.
- Configurar la pantalla HMI para visualizar e interactuar con los actuadores del módulo didáctico.
- Implementar las conexiones eléctricas y neumáticas según los diagramas antes diseñados.
- Comprobar el correcto funcionamiento de la práctica accionando los actuadores por medio físico y digital.

4.8.3. Duración

La práctica está proyectada para un lapso de 2 horas.

4.8.4. Recursos

Se emplean los mismos recursos que en la práctica 1.

- Módulo electro-neumático industrial educativo.
- Láminas del módulo con sus correspondientes equipos de automatización.
- Computadora con los respectivos softwares de programación.
- Cables de conexión, cables Ethernet y mangueras.
- Elementos neumáticos.

4.8.5. Procedimiento

Descripción de la práctica

Para que la plegadora neumática pueda empezar su funcionamiento se debe presionar un pulsador de marcha, es necesario que el operario conozca que existe un pulsador de paro de emergencia para cualquier imprevisto que pueda suscitarse durante el proceso, se conoce que una plegadora neumática de esta industria tiene como finalidad doblar las piezas de las chapas.

Para la sujeción de la pieza se emplea un cilindro “A”. Mientras que el primer doblé de la pieza lo realiza un cilindro “B” y de la misma manera para que se efectúe el segundo doblé se requiere de otro cilindro “C”, todos los cilindros son de doble efecto, ver Fig. 155.

Ilustración

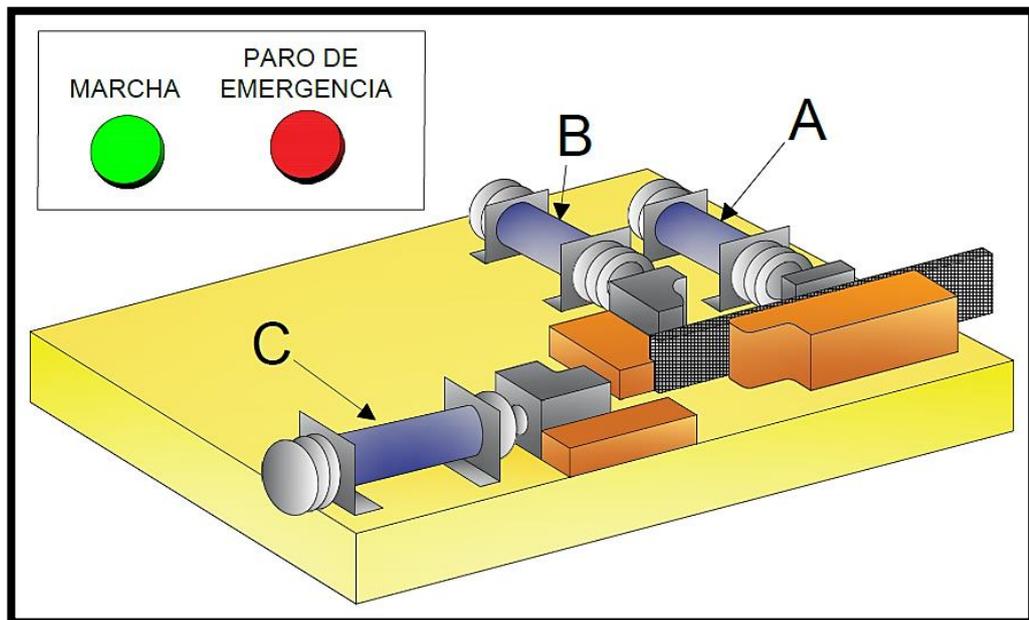


FIGURA 155: BOSQUEJO PRÁCTICA 8.

4.8.6. Secuencia

La presente práctica requiere del accionamiento de tres cilindros de doble efecto “A”, “B” y “C”, su secuencia viene dada por: A+ / B+ / B- / C+ / C- / A-.

4.8.7. Diagrama de fases

La Fig. 156 muestra la representación gráfica de la secuencia que deben cumplir los cilindros “A”, “B” y “C”.

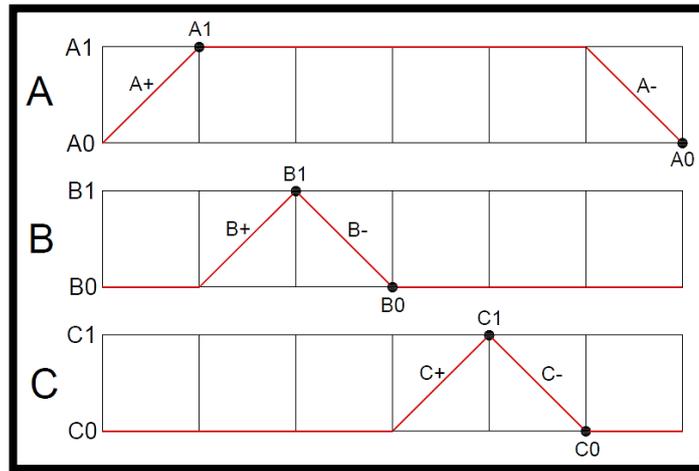


FIGURA 156: DIAGRAMA DE FASES PRÁCTICA 8.

4.8.8. Diagrama de estados

La Fig. 157 surge a partir del diagrama de fases, indica que sensor activa la salida o retorno del vástago de los cilindros.

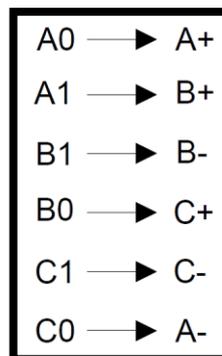


FIGURA 157: DIAGRAMA DE ESTADOS PRÁCTICA 8.

4.8.9. Diagrama de mandos

Las señales de entrada para el LOGO! serán un pulsador para marcha, un interruptor de emergencia, y seis sensores magnéticos que indican las posiciones del vástago de los cilindros “A”, “B” y “C”. Las señales de salida son la salida y retorno del vástago de los mismos cilindros, ver Fig. 158.

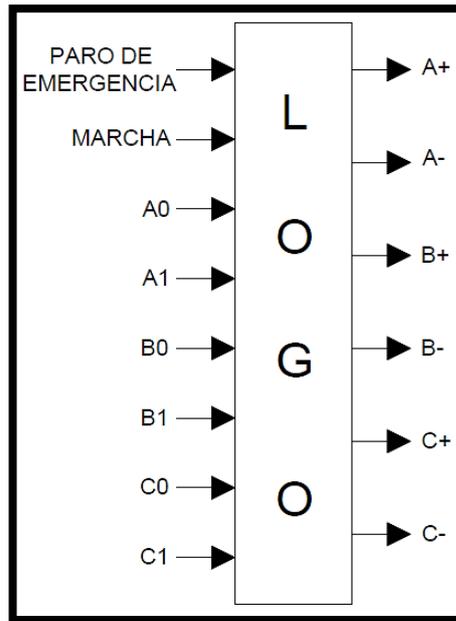


FIGURA 158: DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 8.

4.8.10. Tabla de variables

En la Tabla 15, se encuentran las variables que intervienen en la práctica.

TABLA 15: VARIABLES PRÁCTICA 8.

Nombre	Nomenclatura Módulo	Variable LOGO!	Variable HMI	Dirección HMI
Paro de Emergencia	PE	I1	LOGO_PE	M 1.6
Marcha	P1	I2	LOGO_MARCHA	M 1.7
A-	EVA- y H1	Q2	LOGO_A-	Q 0.1
A+	EVA+ y H2	Q1	LOGO_A+	Q 0.0
B-	EVB- y H3	Q4	LOGO_B-	Q 0.3
B+	EVB+ y H4	Q3	LOGO_B+	Q 0.2
C-	EVC- y H5	Q6	LOGO_C-	Q 0.5
C+	EVC+ y H6	Q5	LOGO_C+	Q 0.4

4.8.11. Diagrama neumático

El diseño incluye fuente de aire comprimido, unidad de mantenimiento, paro de emergencia neumático, tres electroválvulas 5/2 biestables, y tres cilindros de doble efecto con sus respectivos sensores de posición, ver Fig. 159.

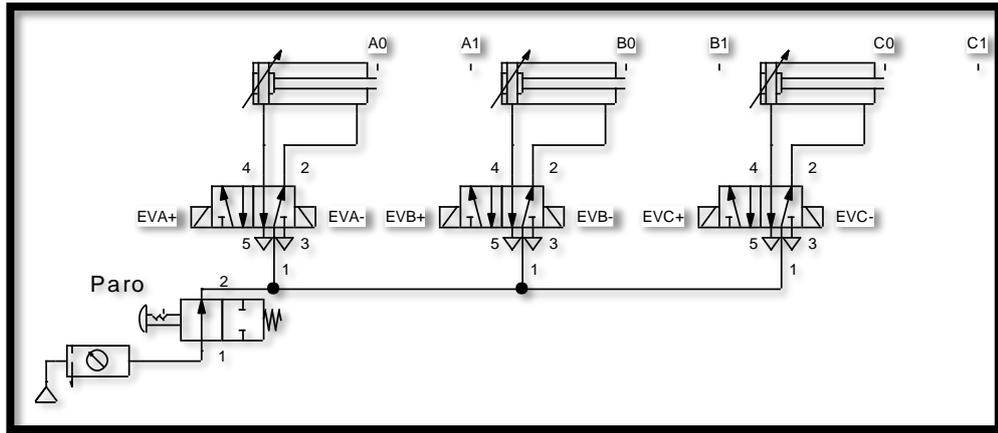


FIGURA 159: DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 8.

4.8.12. Diagrama de control

En la Fig. 160 aparece el circuito de accionamiento de las electroválvulas y de las luces piloto, el grupo de contactos de los relés desde K1 hasta K6 se activan secuencialmente según la programación.

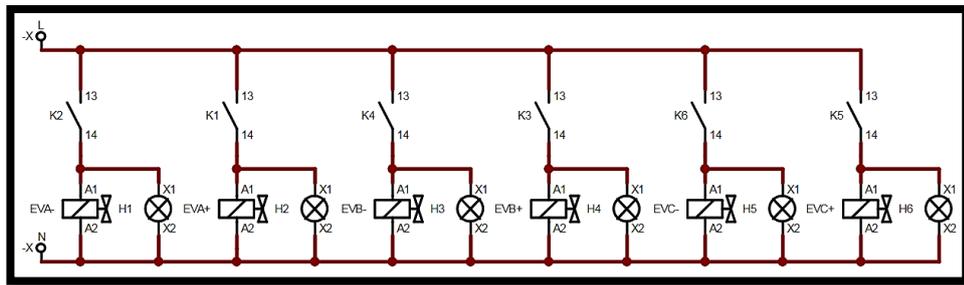


FIGURA 160: ACCIONAMIENTOS PRÁCTICA 8.

De la misma manera, la Fig. 161 muestra las conexiones que debe tener el LOGO! con sus entradas y salidas conocidas, se presenta la necesidad de emplear el módulo de expansión DM8 debido a que se requiere dos salidas adicionales.

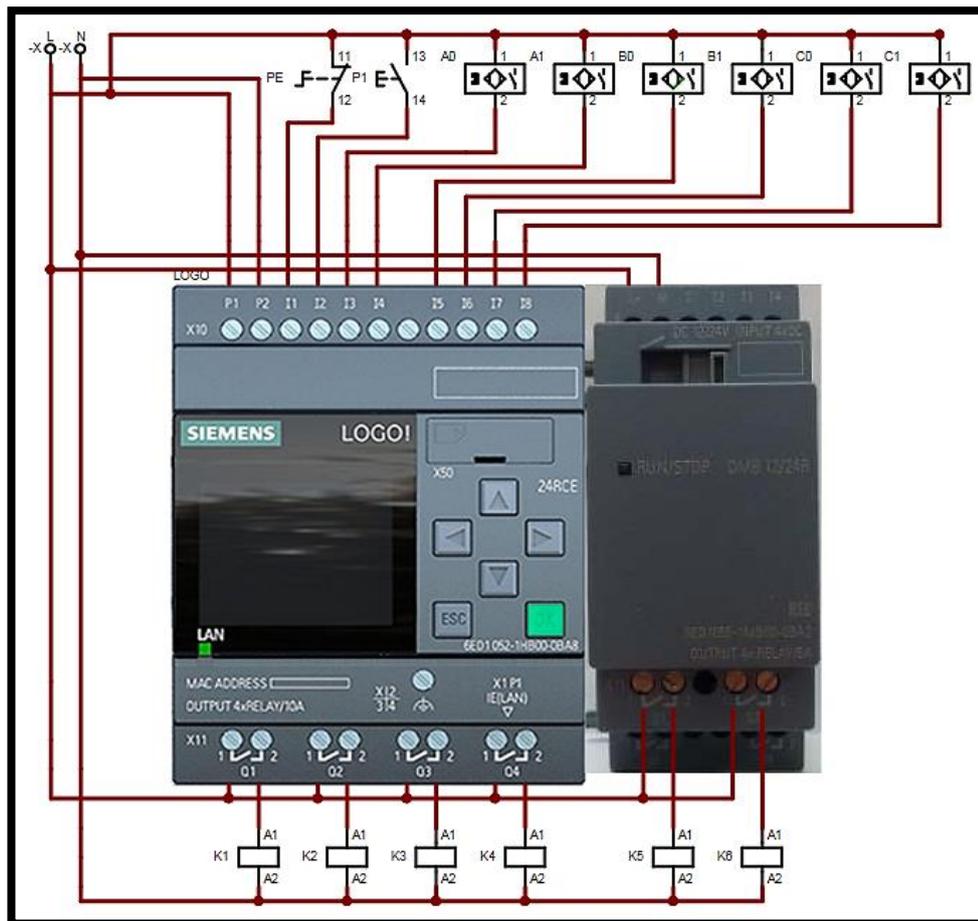


FIGURA 161: CONEXIONES LOGO! PRÁCTICA 8.

4.8.13. Programación

Para crear y cargar el programa al LOGO! se sigue el procedimiento descrito en la práctica 1. Se divide en dos partes, la primera contiene el accionamiento y detención de la secuencia y las entradas del sistema que a través de los sensores de los cilindros activan marcas internas del programa. Los contactos cerrados desactivan las marcas para evitar que se activen las dos bobinas de la misma electroválvula. Las marcas auxiliares son M15 para el interruptor de emergencia y M16 para la marcha, ver Fig. 162.

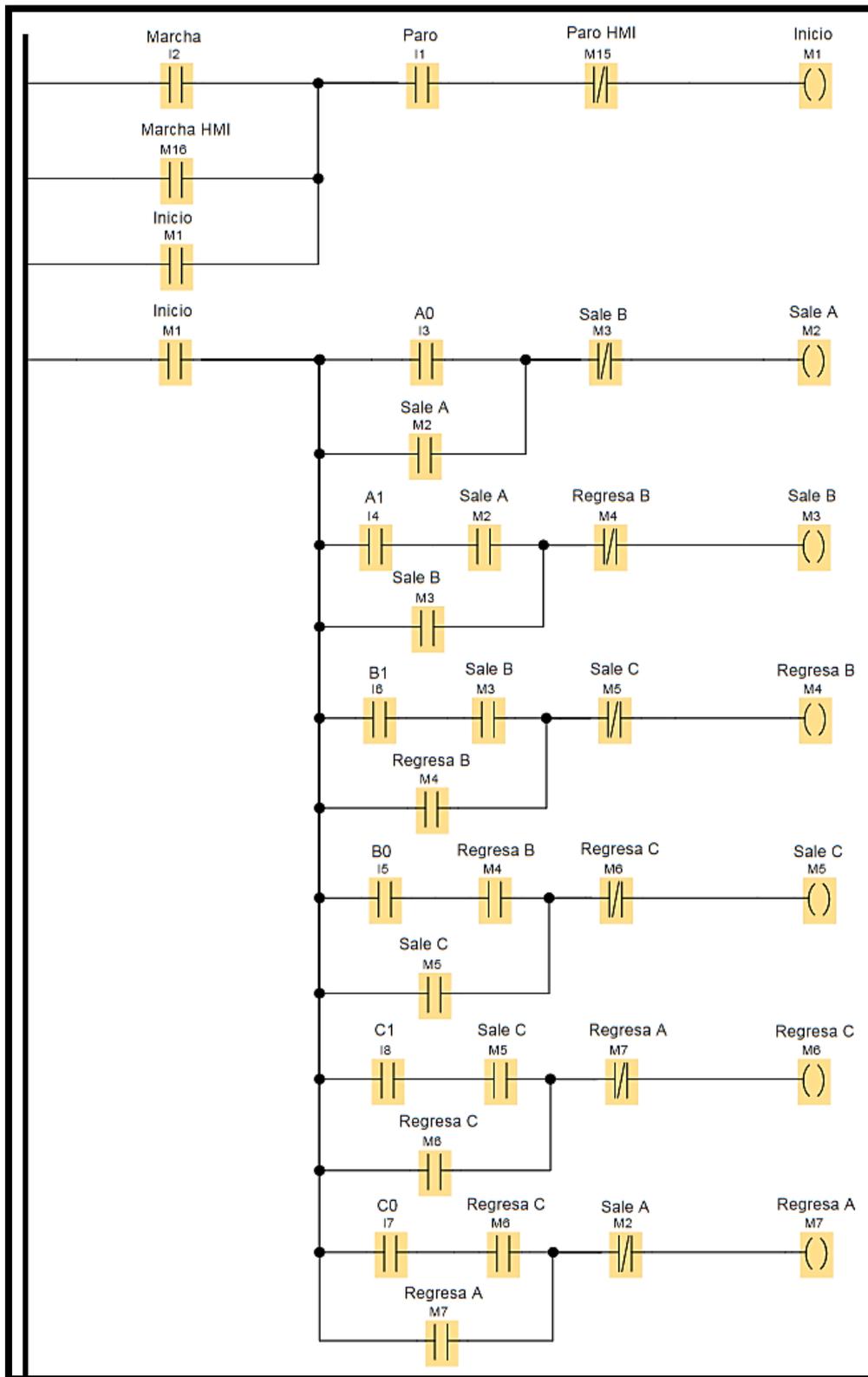


FIGURA 162: PROGRAMACIÓN ENTRADAS PRÁCTICA 8.

La segunda parte de la programación contiene el accionamiento de las salidas del sistema, se realiza a través de los contactos de las marcas internas. El interruptor de paro devuelve a las electroválvulas a su posición inicial ver Fig. 163.

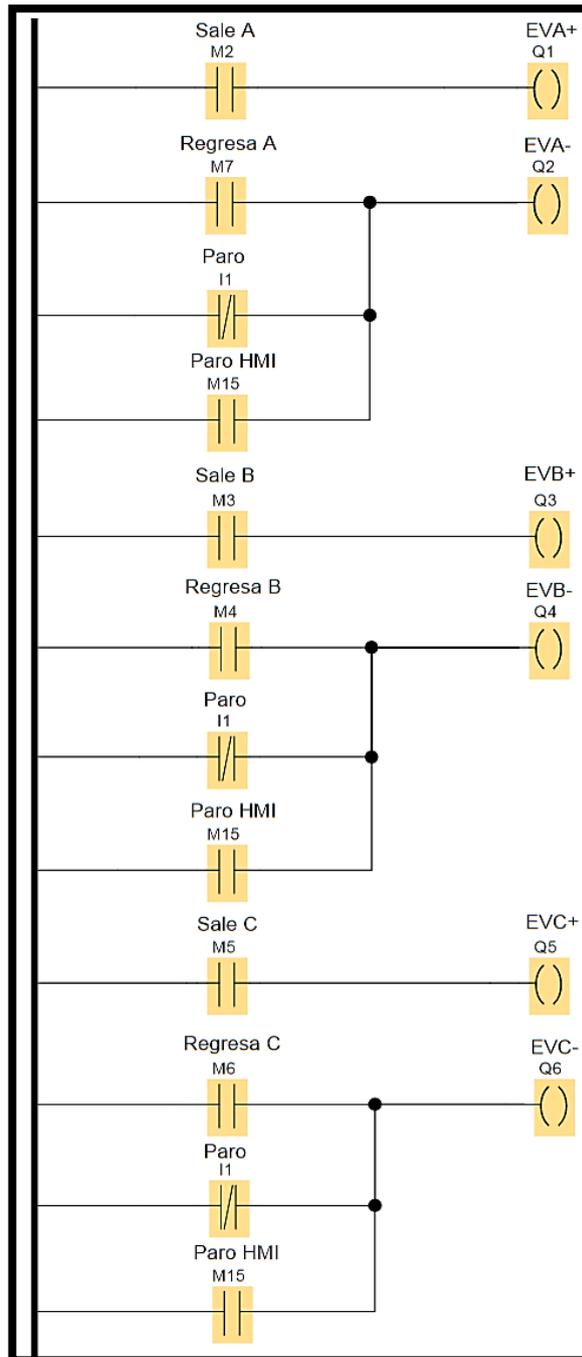


FIGURA 163: PROGRAMACIÓN SALIDAS PRÁCTICA 8.

4.8.14. Diseño de la pantalla HMI

Para crear y cargar la configuración a la pantalla HMI se sigue el procedimiento descrito en la práctica 1. La pantalla muestra las variables de la práctica y una animación que representa el trabajo que realizan los cilindros “A”, “B” y “C” a fin de cumplir con las órdenes previamente programadas, ver Fig. 164.

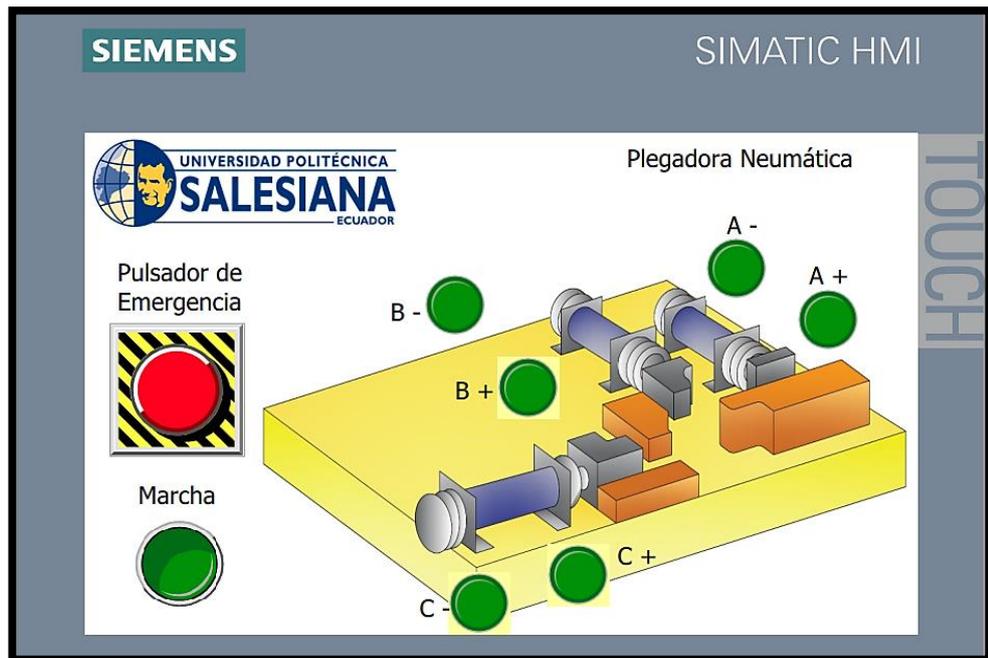


FIGURA 164: DISEÑO HMI PRÁCTICA 8.

4.8.15. Implementación en el módulo educativo

La Fig. 165 muestra la ejecución de la Práctica 8 donde se verifica el correcto desarrollo del proceso.

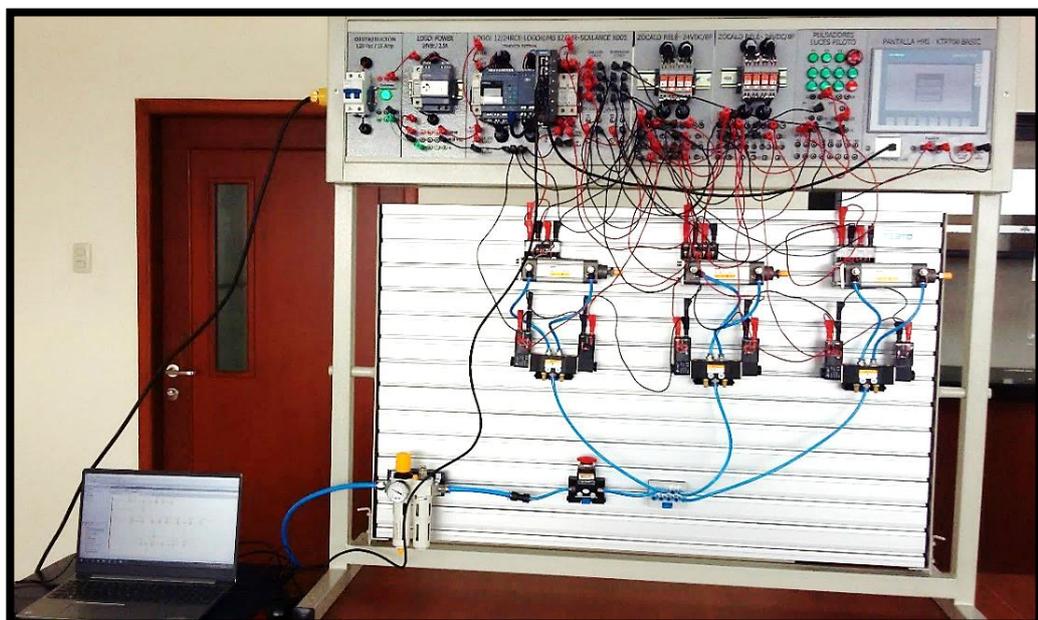


FIGURA 165: EJECUCIÓN PRÁCTICA 8.

4.8.16. Resultado

Se comprobó el correcto funcionamiento de los circuitos neumático y de control. Los cilindros se accionaron según la secuencia A+ / B+ / B- / C+ / C- / A-.

4.8.17. Conclusiones

- Se implementó un sistema de plegado neumático.
- Se elaboraron los diagramas de mando, neumático y control.
- Se desarrolló la programación.
- Se configuró la pantalla HMI.
- Se implementaron las conexiones eléctricas y neumáticas.
- Se comprobó el correcto funcionamiento.

4.9. Práctica 9: PROCESO DE CORTE DE LAS TIRAS CHAPAS

4.9.1. Objetivo general

- Implementar un proceso de corte de tiras chapas aplicando equipos neumáticos.

4.9.2. Objetivos específicos

- Elaborar los diagramas de mando, neumático y control para identificar las variables que intervienen en el proceso para la programación.
- Desarrollar la programación mediante la aplicación de LOGO! software de manera que cumpla con las especificaciones de la práctica.
- Configurar la pantalla HMI para visualizar e interactuar con los actuadores del módulo didáctico.
- Implementar las conexiones eléctricas y neumáticas según los diagramas antes diseñados.
- Comprobar el correcto funcionamiento de la práctica accionando los actuadores por medio físico y digital.

4.9.3. Duración

La práctica está proyectada para un lapso de 2 horas.

4.9.4. Recursos

Se emplean los mismos recursos que en la práctica 1.

- Módulo electro-neumático industrial educativo.
- Láminas del módulo con sus correspondientes equipos de automatización.
- Computadora con los respectivos softwares de programación.
- Cables de conexión, cables Ethernet y mangueras.
- Elementos neumáticos.

4.9.5. Procedimiento

Descripción de la práctica

Para poder empezar a cortar las tiras de chapa se debe presionar un pulsador de marcha, es necesario que el operario conozca que existe un pulsador de paro de emergencia para cualquier imprevisto sucedido en el proceso. Las tiras de chapas son cortadas en uno de sus lados mediante una cuchilla filosa debido a su consecuente mecanizado.

La tira de chapa es ubicada en la máquina de corte, debe sujetarse con ayuda del cilindro “A”, cuyo cilindro realiza este movimiento en retroceso. La función del cilindro “B” es cortar la tira de chapa con ayuda de una cuchilla. El cilindro “A” libera la tira y finalmente el cilindro “C” la empuja., ver Fig. 166.

Ilustración

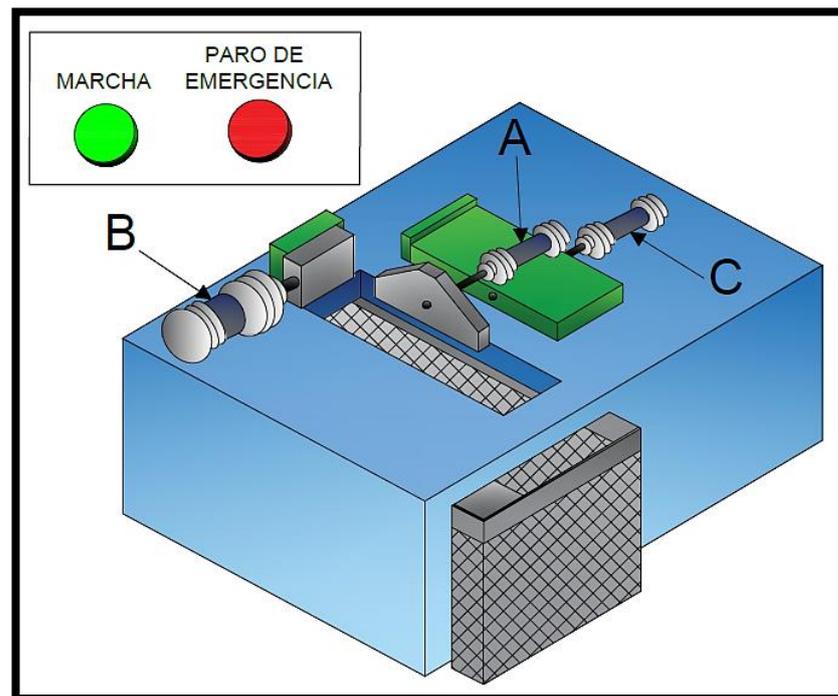


FIGURA 166: BOSQUEJO PRÁCTICA 9.

4.9.6. Secuencia

La presente práctica requiere del accionamiento de tres cilindros de doble efecto “A”, “B” y “C”, su secuencia viene dada por: A- / B+ / B- / A+ / C+ / C-.

4.9.7. Diagrama de fases

La Fig. 167 muestra la representación gráfica de la secuencia que deben cumplir los cilindros “A”, “B” y “C”.

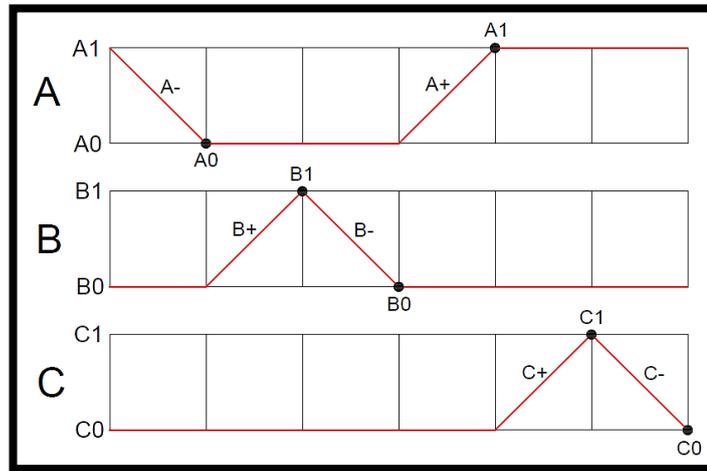


FIGURA 167: DIAGRAMA DE FASES PRÁCTICA 9.

4.9.8. Diagrama de estados

La Fig. 168 surge a partir del diagrama de fases, indica que sensor activa la salida o retorno del vástago de los cilindros.

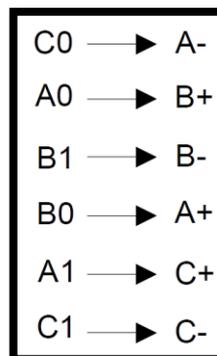


FIGURA 168: DIAGRAMA DE ESTADOS PRÁCTICA 9.

4.9.9. Diagrama de mandos

Las señales de entrada para el LOGO! serán un pulsador para marcha, un interruptor de emergencia, y seis sensores magnéticos que indican las posiciones del vástago de los cilindros “A”, “B” y “C”. Las señales de salida son la salida y retorno del vástago de los mismos cilindros, ver Fig. 169.

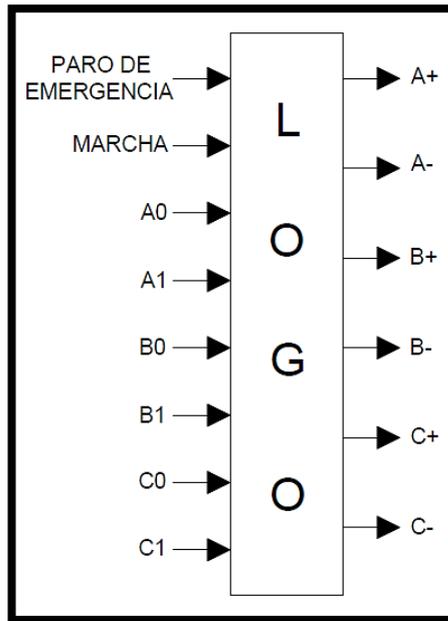


FIGURA 169: DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 9.

4.9.10. Tabla de variables

En la Tabla 16, se encuentran las variables que intervienen en la práctica.

TABLA 16: VARIABLES PRÁCTICA 9.

Nombre	Nomenclatura Módulo	Variable LOGO!	Variable HMI	Dirección HMI
Paro de Emergencia	PE	I1	LOGO_PE	M 1.6
Marcha	P1	I2	LOGO_MARCHA	M 1.7
A-	EVA- y H1	Q2	LOGO_A-	Q 0.1
A+	EVA+ y H2	Q1	LOGO_A+	Q 0.0
B-	EVB- y H3	Q4	LOGO_B-	Q 0.3
B+	EVB+ y H4	Q3	LOGO_B+	Q 0.2
C-	EVC- y H5	Q6	LOGO_C-	Q 0.5
C+	EVC+ y H6	Q5	LOGO_C+	Q 0.4

4.9.11. Diagrama neumático

El diseño incluye fuente de aire comprimido, unidad de mantenimiento, paro de emergencia neumático, tres electroválvulas 5/2 biestables, y tres cilindros de doble efecto con sus respectivos sensores de posición, ver Fig. 170.

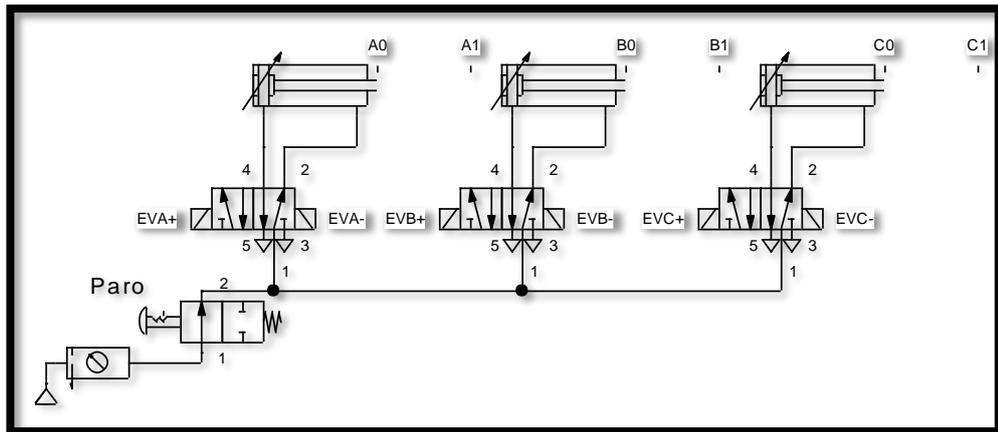


FIGURA 170: DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 9.

4.9.12. Diagrama de control

En la Fig. 171 aparece el circuito de accionamiento de las electroválvulas y de las luces piloto, el grupo de contactos de los relés desde K1 hasta K6 se activan secuencialmente según la programación.

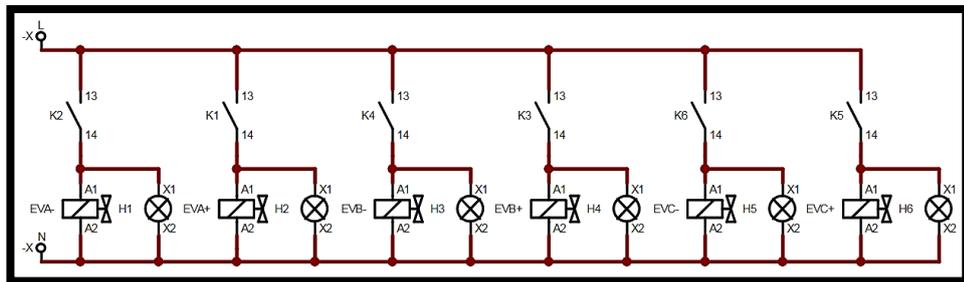


FIGURA 171: ACCIONAMIENTOS PRÁCTICA 9.

De la misma manera, la Fig. 172 muestra las conexiones que debe tener el LOGO! con sus entradas y salidas conocidas, se presenta la necesidad de emplear el módulo de expansión DM8 debido a que se requiere dos salidas adicionales.

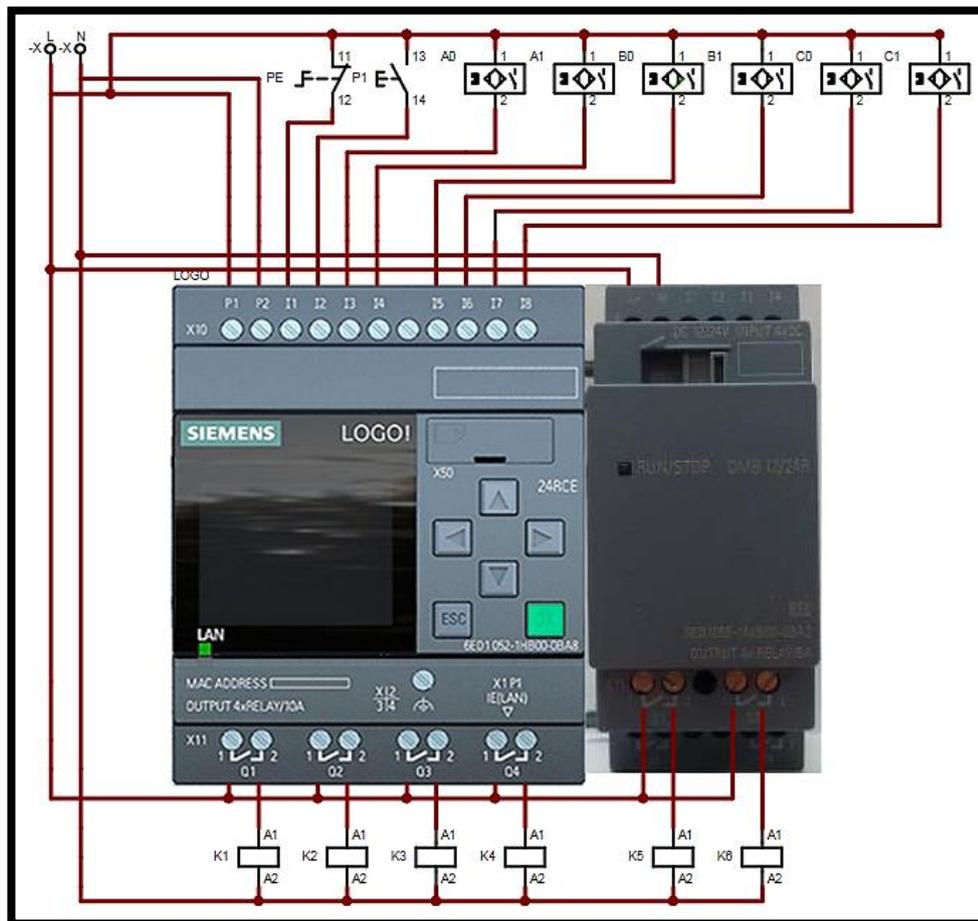


FIGURA 172: CONEXIONES LOGO! PRÁCTICA 9.

4.9.13. Programación

Para crear y cargar el programa al LOGO! se sigue el procedimiento descrito en la práctica 1. Se divide en dos partes, la primera contiene el accionamiento y detención de la secuencia y las entradas del sistema que a través de los sensores de los cilindros activan marcas internas del programa. Los contactos cerrados desactivan las marcas para evitar que se activen las dos bobinas de la misma electroválvula. Las marcas auxiliares son M15 para el interruptor de emergencia y M16 para la marcha, ver Fig. 173.

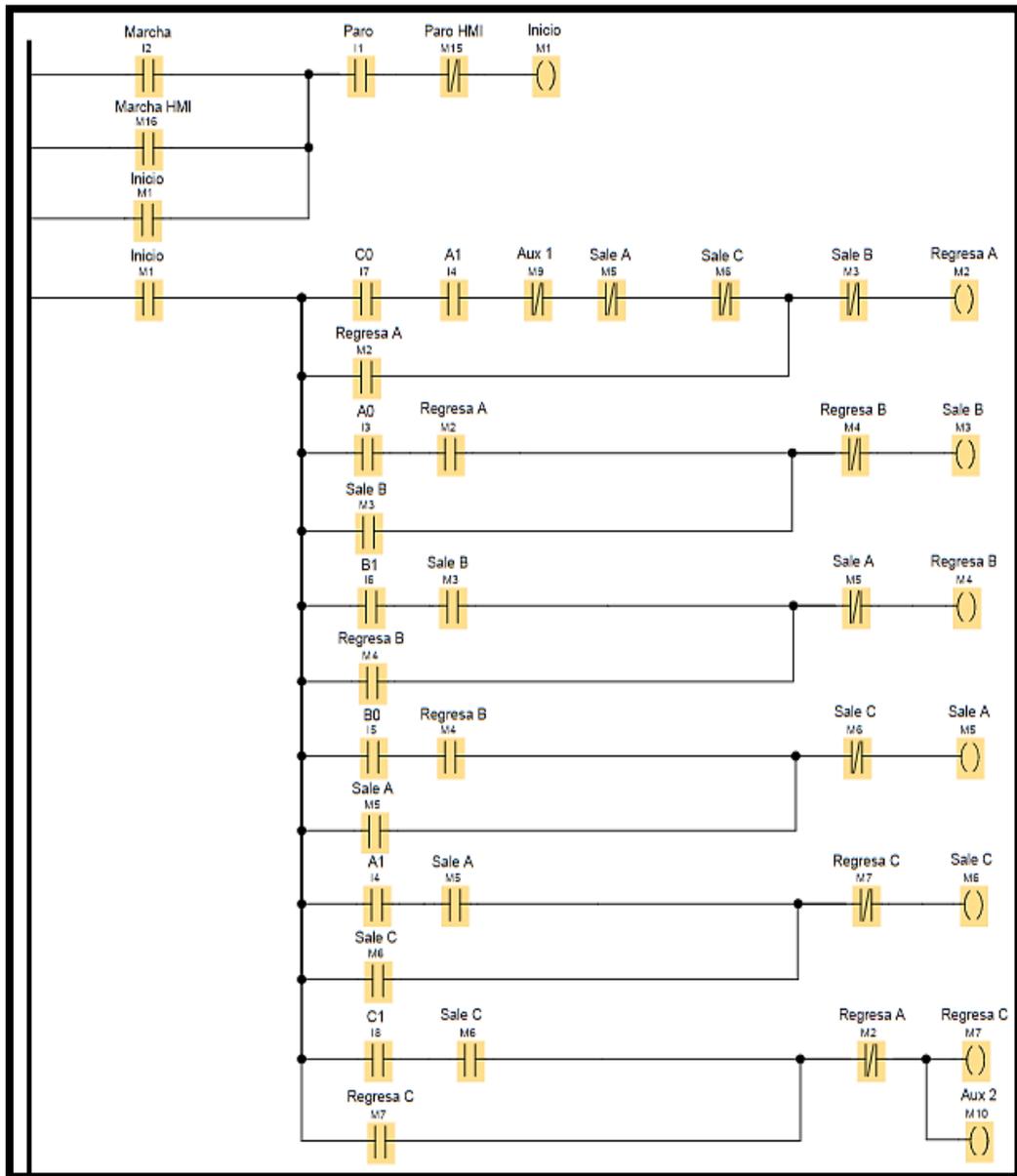


FIGURA 173: PROGRAMACIÓN ENTRADAS PRÁCTICA 9.

La segunda parte de la programación contiene el accionamiento de las salidas del sistema, se realiza a través de los contactos de las marcas internas. El interruptor de paro devuelve a las electroválvulas a su posición inicial ver Fig. 174.

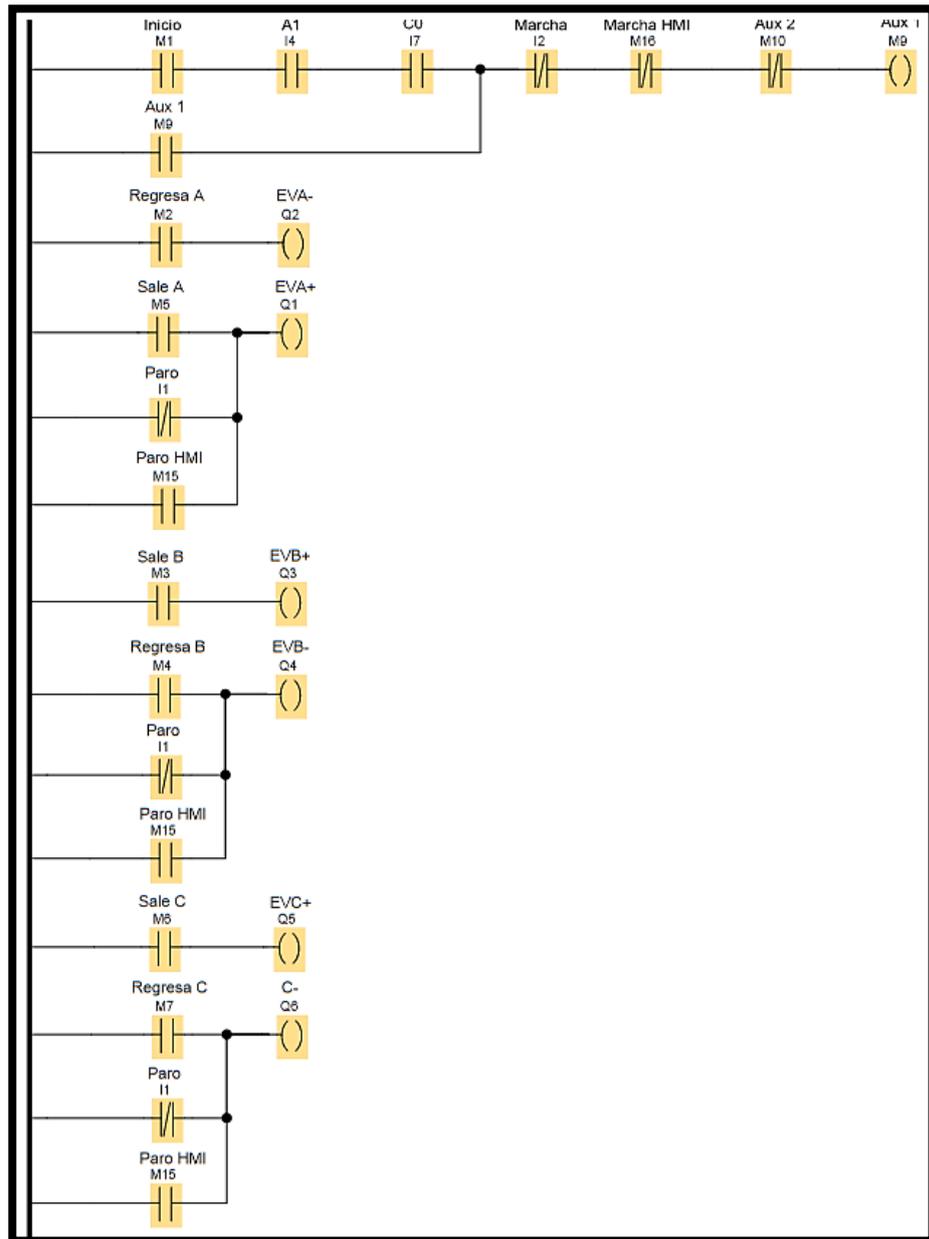


FIGURA 174: PROGRAMACIÓN SALIDAS PRÁCTICA 9.

4.9.14. Diseño de la pantalla HMI

Para crear y cargar la configuración a la pantalla HMI se sigue el procedimiento descrito en la práctica 1. La pantalla muestra las variables de la práctica y una animación que representa el trabajo que realizan los cilindros “A”, “B” y “C” a fin de cumplir con las órdenes previamente programadas, ver Fig. 175.

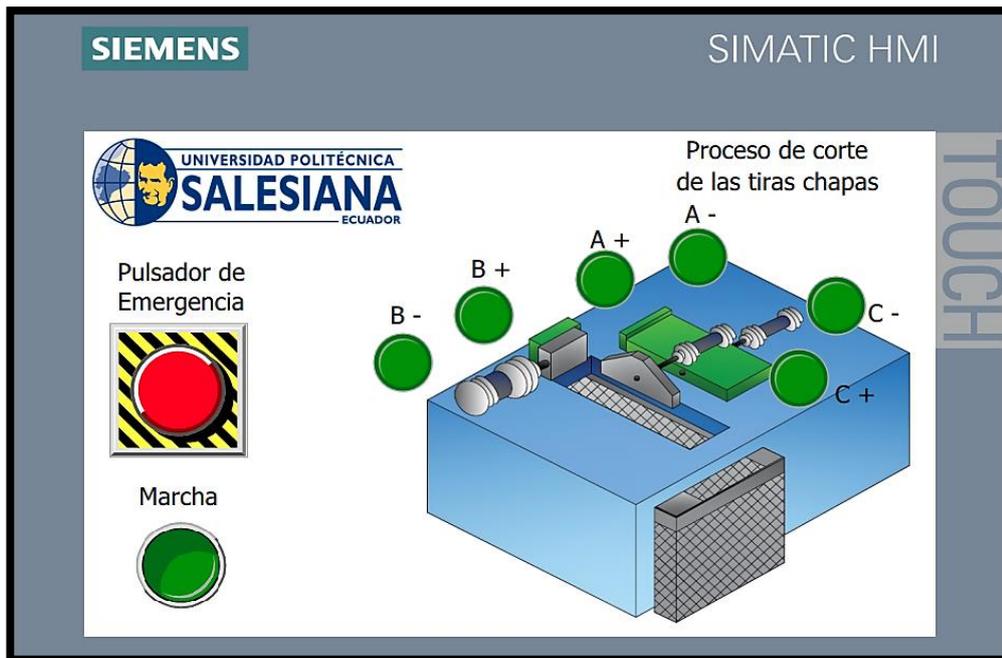


FIGURA 175: DISEÑO HMI PRÁCTICA 9.

4.9.15. Implementación en el módulo educativo

La Fig. 176 muestra la ejecución de la Práctica 9 donde se verifica el correcto desarrollo del proceso.

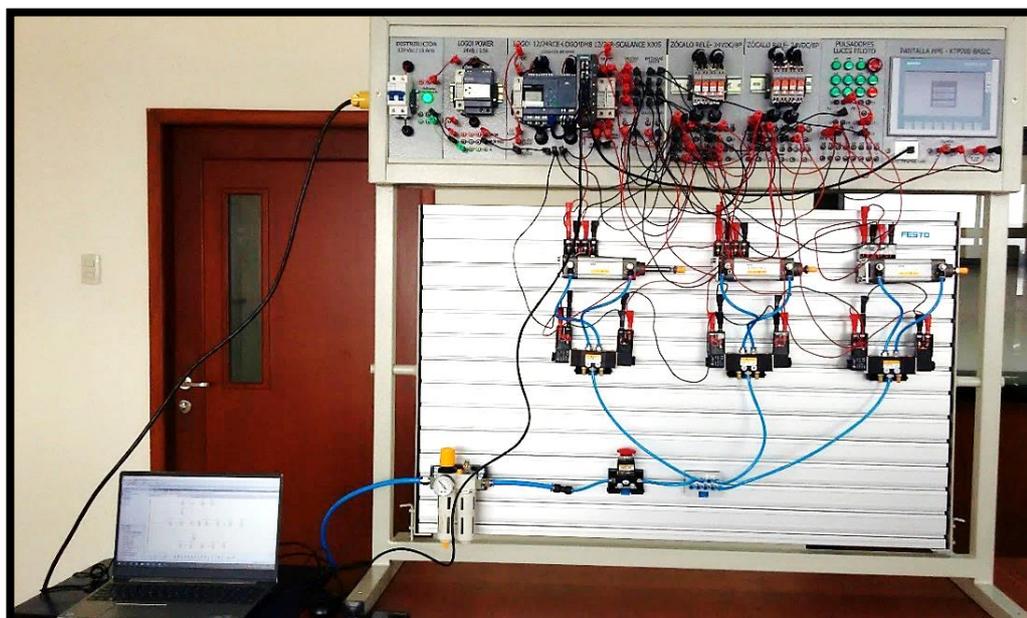


FIGURA 176: EJECUCIÓN PRÁCTICA 9.

4.9.16. Resultado

Se comprobó el correcto funcionamiento de los circuitos neumático y de control. Los cilindros se accionaron según la secuencia A⁻ / B⁺ / B⁻ / A⁺ / C⁺ / C⁻.

4.9.17. Conclusiones

- Se implementó un sistema de corte de tiras chapas.
- Se elaboraron los diagramas de mando, neumático y control.
- Se desarrolló la programación.
- Se configuró la pantalla HMI.
- Se implementaron las conexiones eléctricas y neumáticas.
- Se comprobó el correcto funcionamiento.

4.10.Práctica 10: APILADOR DE CAJAS

4.10.1. Objetivo general

- Implementar un apilador de cajas aplicando equipos neumáticos.

4.10.2. Objetivos específicos

- Elaborar los diagramas de mando, neumático y control para identificar las variables que intervienen en el proceso para la programación.
- Desarrollar la programación mediante la aplicación de LOGO! software de manera que cumpla con las especificaciones de la práctica.
- Configurar la pantalla HMI para visualizar e interactuar con los actuadores del módulo didáctico.
- Implementar las conexiones eléctricas y neumáticas según los diagramas antes diseñados.
- Comprobar el correcto funcionamiento de la práctica accionando los actuadores por medio físico y digital.

4.10.3. Duración

La práctica está proyectada para un lapso de 2 horas.

4.10.4. Recursos

Se emplean los mismos recursos que en la práctica 1.

- Módulo electro-neumático industrial educativo.
- Láminas del módulo con sus correspondientes equipos de automatización.
- Computadora con los respectivos softwares de programación.
- Cables de conexión, cables Ethernet y mangueras.
- Elementos neumáticos.

4.10.5. Procedimiento

Descripción de la práctica

Una banda transportadora traslada cajas hasta una plataforma donde un sensor óptico capta su presencia y envía una señal para que salga el vástago de un cilindro “A” que empuja las cajas hasta apilarlas en una segunda plataforma. Este paso se realiza cuatro veces debido a que es la máxima capacidad de apilamiento.

A continuación, un cilindro “C” que detiene las cajas, retrocede para liberarlas dando paso a un cilindro “B” que empuja las cuatro cajas hacia otra sección para luego volver a su posición inicial. La secuencia se repite mientras que el sensor siga censando las cajas, ver Fig. 177.

Ilustración

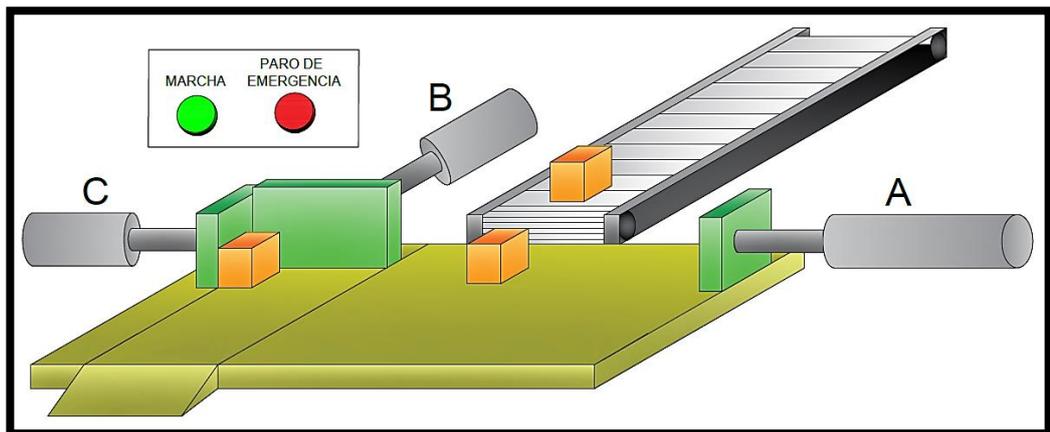


FIGURA 177: BOSQUEJO PRÁCTICA 10.

4.10.6. Secuencia

La presente práctica requiere del accionamiento de tres cilindros de doble efecto “A”, “B” y “C”, su secuencia viene dada por:

A+ / A- / A+ / A- / A+ / A- / A+ / A- / C- / B+ / B- / C+.

4.10.7. Diagrama de fases

La Fig. 178 muestra la representación gráfica de la secuencia que deben cumplir los cilindros “A”, “B” y “C”.

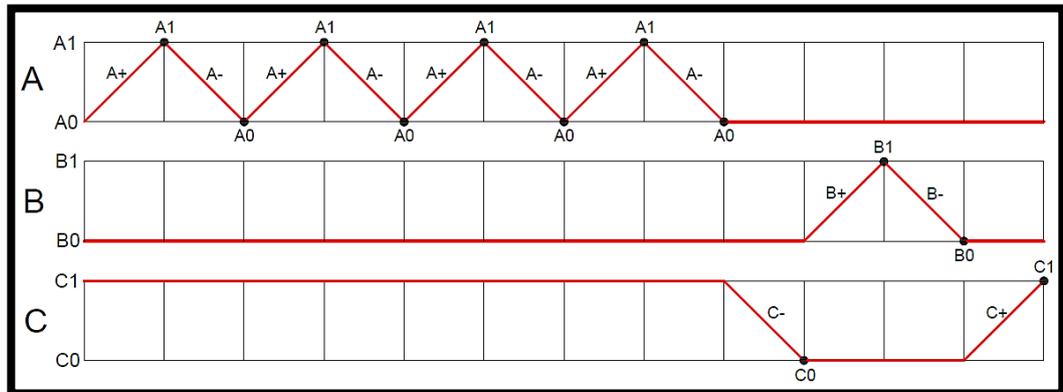


FIGURA 178: DIAGRAMA DE FASES PRÁCTICA 10.

4.10.8. Diagrama de estados

La Fig. 179 surge a partir del diagrama de fases, indica que sensor activa la salida o retorno del vástago de los cilindros.

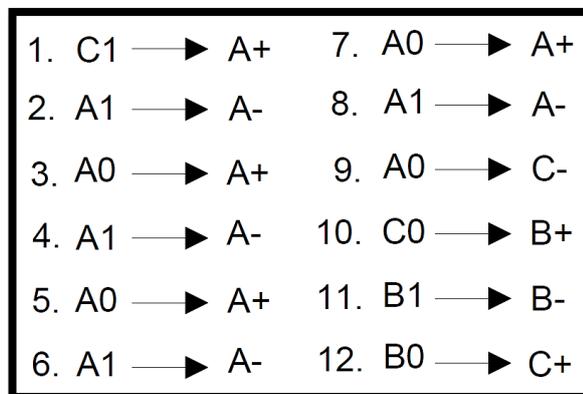


FIGURA 179: DIAGRAMA DE ESTADOS PRÁCTICA 10.

4.10.9. Diagrama de mandos

Las señales de entrada para el LOGO! serán un pulsador para marcha, un interruptor de emergencia, un sensor óptico y seis sensores magnéticos que indican las posiciones del vástago de los cilindros “A”, “B” y “C”. Las señales de salida son la salida y retorno del vástago de los mismos cilindros, ver Fig. 180.

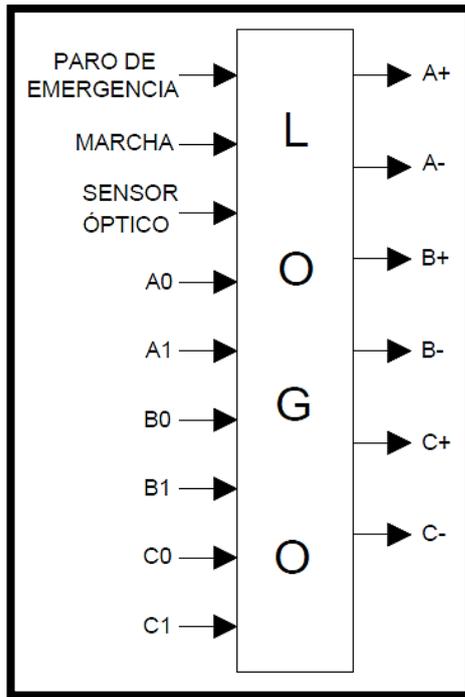


FIGURA 180: DIAGRAMA DE MANDOS PRÁCTICA 10.

4.10.10. Tabla de variables

En la Tabla 17, se encuentran las variables que intervienen en la práctica.

TABLA 17: VARIABLES PRÁCTICA 10.

Nombre	Nomenclatura Módulo	Variable LOGO!	Variable HMI	Dirección HMI
Paro de Emergencia	PE	I1	LOGO_PE	M 1.6
Marcha	P1	I2	LOGO_MARCHA	M 1.7
Sensor de proximidad	Sensor de proximidad	I9	LOGO_SENSOR	I 1.0
A-	EVA- y H1	Q2	LOGO_A-	Q 0.1
A+	EVA+ y H2	Q1	LOGO_A+	Q 0.0
B-	EVB- y H3	Q4	LOGO_B-	Q 0.3
B+	EVB+ y H4	Q3	LOGO_B+	Q 0.2
C-	EVC- y H5	Q5	LOGO_C-	Q 0.4
C+	EVC+ y H6	Q6	LOGO_C+	Q 0.5

4.10.11. Diagrama neumático

El diseño incluye fuente de aire comprimido, unidad de mantenimiento, paro de emergencia neumático, dos electroválvulas 5/2 biestables, una electroválvula 3/2 biestable, dos cilindros de doble efecto y un cilindro de simple efecto con sus respectivos sensores de posición, ver Fig. 181.

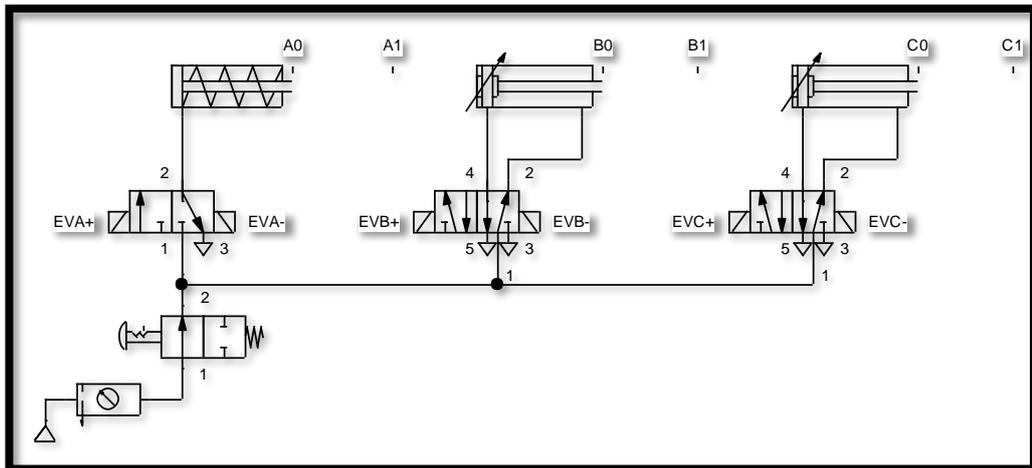


FIGURA 181: DIAGRAMA NEUMÁTICO PRÁCTICA 10.

4.10.12. Diagrama de control

En la Fig. 182 aparece el circuito de accionamiento de las electroválvulas y de las luces piloto, el grupo de contactos de los relés desde K1 hasta K6 se activan secuencialmente según la programación.

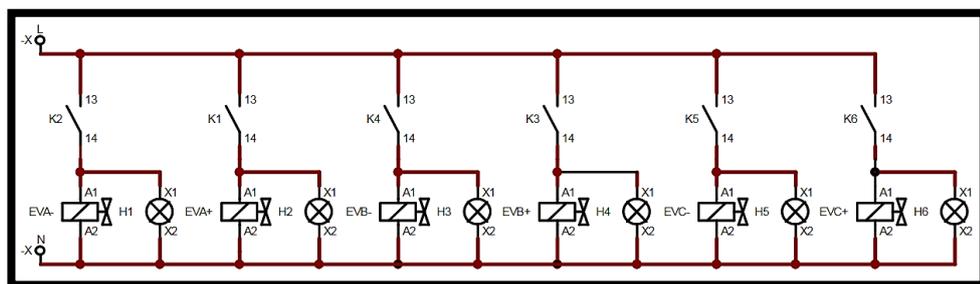


FIGURA 182: ACCIONAMIENTOS PRÁCTICA 10.

De la misma manera, la Fig. 183 muestra las conexiones que debe tener el LOGO! con sus entradas y salidas conocidas, se presenta la necesidad de emplear el módulo de expansión DM8 debido a que se requiere de una entrada y dos salidas adicionales.

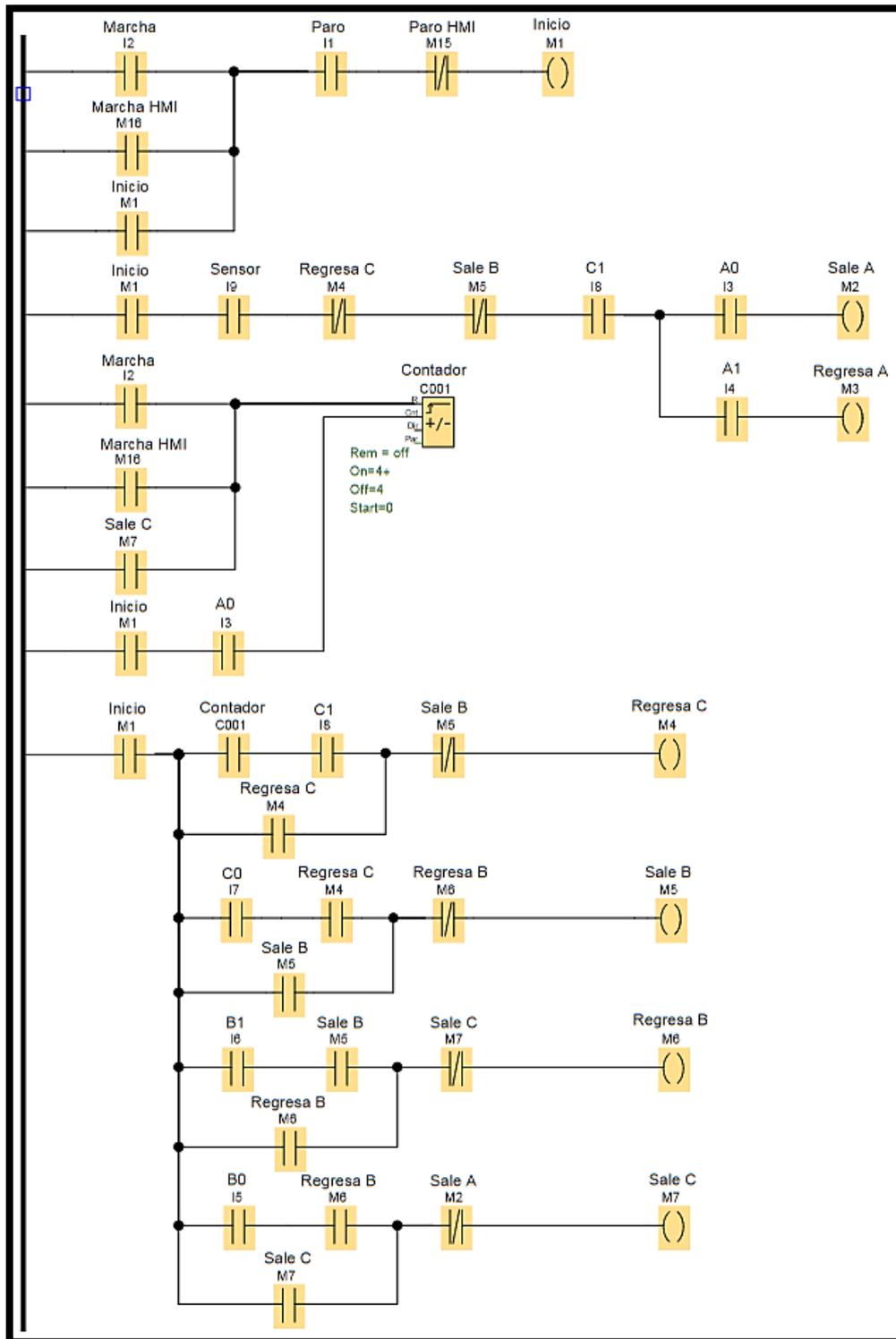


FIGURA 184: PROGRAMACIÓN ENTRADAS PRÁCTICA 10.

La segunda parte de la programación contiene el accionamiento de las salidas del sistema, se realiza a través de los contactos de las marcas internas. El interruptor de paro devuelve a las electroválvulas a su posición inicial ver Fig. 185.

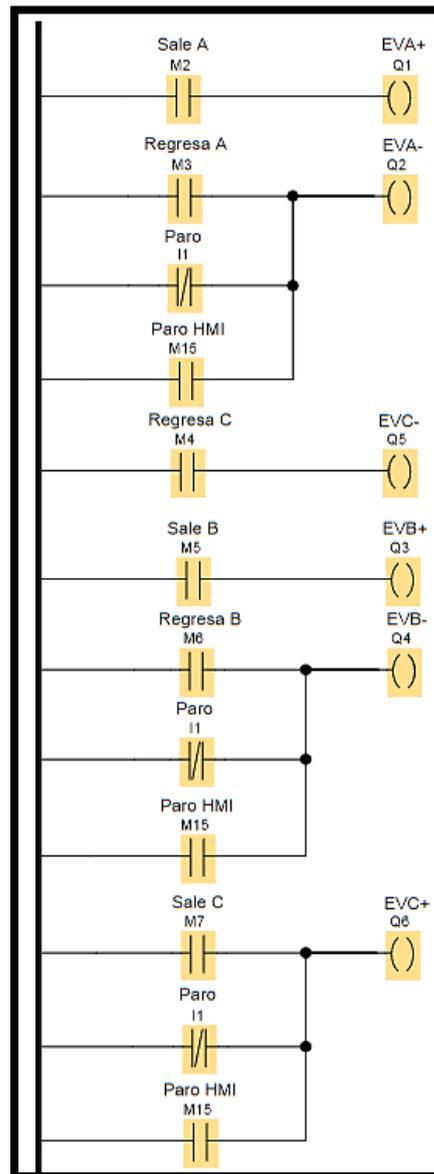


FIGURA 185: PROGRAMACIÓN SALIDAS PRÁCTICA 10.

4.10.14. Diseño de la pantalla HMI

Para crear y cargar la configuración a la pantalla HMI se sigue el procedimiento descrito en la práctica 1. La pantalla muestra las variables de la práctica y una animación que representa el trabajo que realizan los cilindros “A”, “B” y “C” a fin de cumplir con las órdenes previamente programadas, ver Fig. 186.

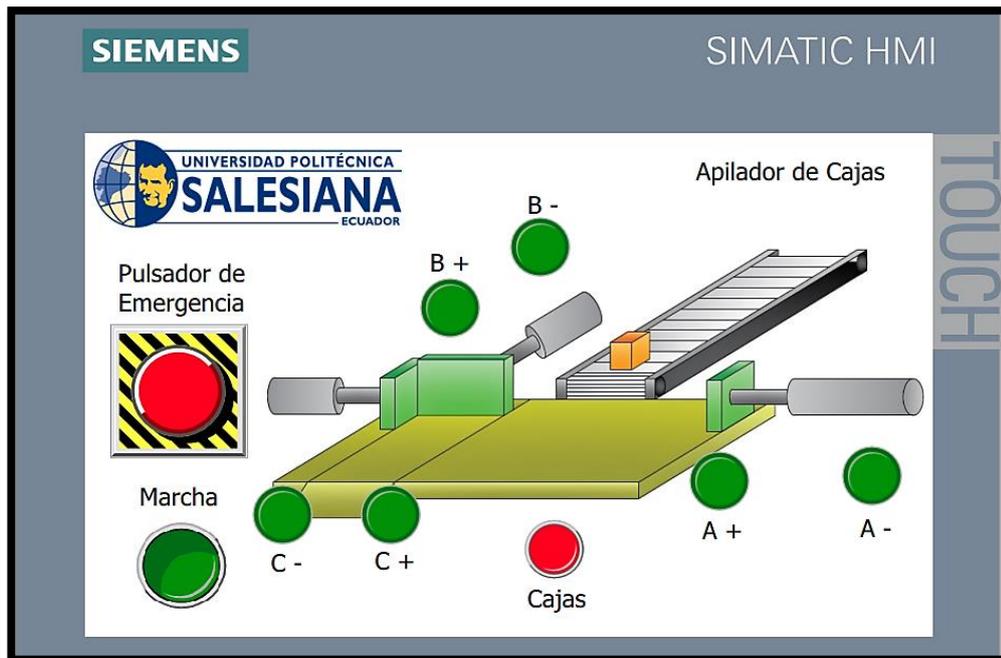


FIGURA 186: DISEÑO HMI PRÁCTICA 10.

4.10.15. Implementación en el módulo educativo

La Fig. 187 muestra la ejecución de la Práctica 10 donde se verifica el correcto desarrollo del proceso.

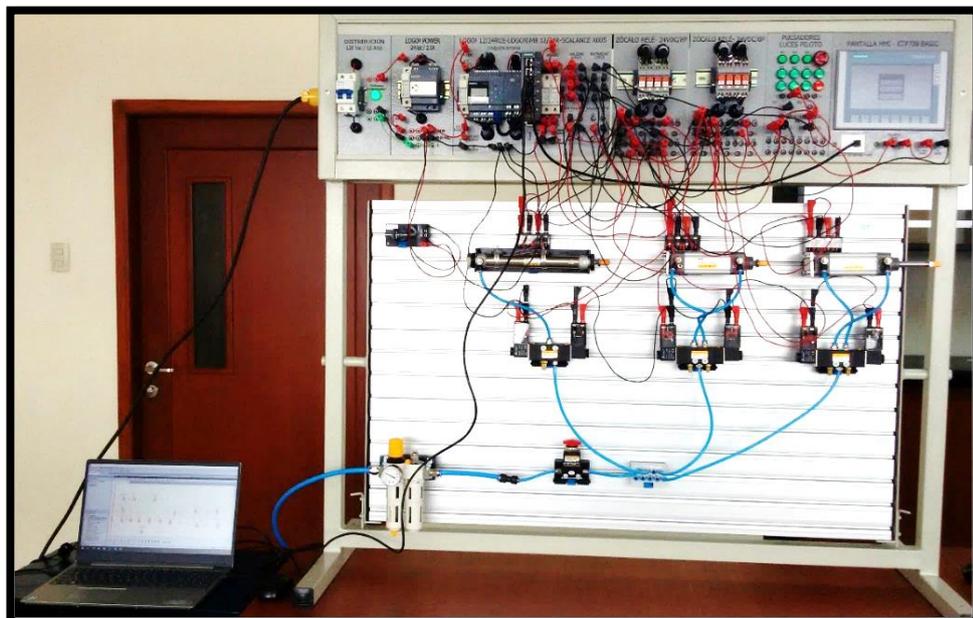


FIGURA 187: EJECUCIÓN PRÁCTICA 10.

4.10.16. Resultado

Se comprobó el correcto funcionamiento de los circuitos neumático y de control. Los cilindros se accionaron según la secuencia A+ / A- / A+ / A- / A+ / A- / A+ / A- / C- / B+ / B- / C+.

4.10.17. Conclusiones

- Se implementó una apiladora de cajas.
- Se elaboraron los diagramas de mando, neumático y control.
- Se desarrolló la programación.
- Se configuró la pantalla HMI.
- Se implementaron las conexiones eléctricas y neumáticas.
- Se comprobó el correcto funcionamiento.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se considera que el diseño, elaboración e ingeniería de desarrollo del módulo educativo fue creado para realizar maniobras electro-neumáticas donde se pueden implementar simulaciones de procesos industriales mediante un autómatas programable y una pantalla HMI.
- El diseño y construcción del módulo didáctico fue considerado con un dimensionamiento versátil para el estudiante de manera que ofrece comodidad al momento de trabajar.
- Se configuró la comunicación entre el autómatas programable LOGO!, la pantalla HMI KTP700 y la computadora por medio de los softwares de cada uno de los dispositivos de automatización empleando como recurso la vía Ethernet; para ello se establecieron direcciones IP estáticas.
- Se elaboró un banco de prácticas encaminada a la automatización con la finalidad de simular procesos industriales mediante diagramas de control y neumático en la cual se emplea el LOGO!, relés, pantalla HMI para la parte de control mientras que para la sección neumática se utilizan actuadores, electroválvulas, válvulas y demás dispositivos neumáticos.
- Se ejecutaron las prácticas planteadas en el módulo educativo y se demostró que los actuadores se accionaban según la secuencia establecida en cada tema; además, la interacción con el proceso a más de ser por medio de pulsadores, también fue posible a través de la pantalla HMI en la que mostraba gráficamente y en tiempo real cada paso de la secuencia.
- La creación de los módulos educativos para el laboratorio de Sensores & Actuadores Electro-neumáticos es importante y necesaria porque el estudiante podrá poner en práctica los conocimientos adquiridos en el aula de clases; además de brinda al docente una herramienta adicional para la enseñanza.

5.2. Recomendaciones

- Antes de manipular los equipos y realizar el cableado de las prácticas se deberá cerciorar que el módulo didáctico se encuentre desconectado a fin de evitar accidentes.
- Previo a la utilización de los sensores que se encuentran en los actuadores es recomendable verificar el funcionamiento de los contactos con ayuda de un multímetro.
- Antes de la ejecución de las prácticas se debe considerar la posición inicial de las electroválvulas para evitar inconvenientes durante la ejecución, para ello se debe suministrar de forma directa 24 VDC a la bobina deseada.
- Comprobar que los porta fusibles lleven consigo su respectivo fusible y revisar que estos se encuentren en buen estado.
- Para conocer que existe comunicación entre la pantalla HMI, LOGO! y PC, es necesario hacer “ping” desde la computadora de trabajo por medio de las direcciones IP asignadas previamente.
- Si el estudiante no se encuentra seguro del funcionamiento de cada uno de los equipos que conforman el módulo educativo es indispensable solicitar ayuda al docente que se encuentra en ese momento a cargo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] M. Guadalupe Bautista Sánchez *et al.*, “El uso de material didáctico y las tecnologías de información y comunicación (TIC’s) para mejorar el alcance académico,” *Ciencia*, vol. 14, pp. 183–194, 2014.
- [2] M. E. G. Universidad de Granada. Instituto de la Paz y los Conflictos., *Revista de paz y conflictos.*, vol. 7, no. 0. Instituto de la Paz y los Conflictos, Universidad de Granada, 2014.
- [3] V. González Ornelas, *Estrategias de enseñanza y aprendizaje*. Pax México, 2001.
- [4] C. I. Agila Condoy and C. Ignacio, “Diseño de un módulo didáctico para prácticas de neumática en el laboratorio de control industrial de la Carrera de Educación Técnica de la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación de la Universidad Central del Ecuador durante el período fe,” Universidad Central del Ecuador, 2013.
- [5] J. A. Martínez González, “Métodos y Recursos para la Enseñanza Universitaria en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES),” 2011. [Online]. Available: <http://www.eumed.net/rev/ced/24/jamg.htm>. [Accessed: 15-Jun-2018].
- [6] M. Vega Rivera, “¿Qué es un módulo educativo y cuál es la estructura básica que lo compone?,” 2011. [Online]. Available: <https://es.slideshare.net/mariela1984/que-es-un-modulo-educativo-y-cual>. [Accessed: 16-Jun-2018].
- [7] Festo, “Electropneumatique Initiation Festo dans le monde entier,” 2010. [Online]. Available: http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/542509_leseprobe.pdf. [Accessed: 16-Jun-2018].
- [8] M. A. Hernández Orellana and S. E. Méndez Barrientos, “Diseño y Construcción de un Manipulador Neumático de Configuración Cilíndrica,” Universidad de El Salvador, 2010.

- [9] M. Hernández, “Producción de Energía Neumática.” [Online]. Available: <https://es.scribd.com/doc/249428256/Produccion-de-Energia-Neumatica>. [Accessed: 17-Jun-2018].
- [10] A. Guillén Salvador, *Introducción a la neumática*. Marcombo, 1993.
- [11] A. Ortiz Arroyo, “Elaboración de un Banco de Prácticas con Aplicaciones Industriales para el Laboratorio de Neumática de la Universidad Católica,” Universidad Católica Santiago de Guayaquil, 2014.
- [12] R. C. Flores Valencia and D. E. Muñoz Meza, “Diseño y Construcción de un Módulo Didáctico para Prácticas de Circuitos Neumáticos en el Laboratorio de Electromecánica,” Escuela Politécnica Nacional, 2012.
- [13] S. R. Majumdar, *Sistemas Neumaticos - Principios y Mantenimiento*. McGraw-Hill, 1998.
- [14] J. S. Delnero, “Circuitos Neumáticos - Fluidodinámica.” [Online]. Available: <http://cygintegral.cl/Biblioteca/Neumatica-4.pdf>. [Accessed: 18-Jun-2018].
- [15] N. A. Serrano, *Neumática Práctica*. Madrid: Paraninfo, 2009.
- [16] Festo, “Robot Station 572158: Robot programs - PLC programs - MPS® 2000 - MPS® The Modular Production System - Services - Festo Didactic,” 2018. [Online]. Available: <http://www.festo-didactic.com/int-en/services/mps-the-modular-production-system/mps-2000/plc-programs/robot-station-572158-robot-programs.htm?fbid=aW50LmVuLjU1Ny4xNy4zMj45NTEuNjk0Nw>. [Accessed: 18-Jun-2018].
- [17] A. Creus Solé, *Neumática e hidráulica*. Marcombo, 2011.
- [18] D. X. Bonilla Panimboza and C. P. Noriega Flores, “Diseño, Construcción e Implementación de un Banco Didáctico Electroneumático para Laboratorio de Neumática de la Escuela de Ingeniería Mecánica,” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2014.
- [19] rlopez33, “Neumática - Conceptos Básicos.” [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/tecnorlopez33/tema5-neumatica/01-conceptos-basicos>. [Accessed: 24-Jun-2018].

- [20] M. del P. Cabildo Miranda, María del Pilar; Cornago Ramírez, C. Escolástico León, S. Estaban Santos, C. López García, and D. Sanz del Castillo, *Bases Químicas del Medio Ambiente*. Uned - Universidad Nación, 2013.
- [21] P. W. Atkins, L. Jones, and M. I. Gismondi, *Principios de Química: Los Caminos del Descubrimiento*. Médica Panamericana, 2006.
- [22] M. C. Izquierdo Sanudo, F. Peral Fernández, M. Á. De la Plaza Pérez, and M. D. Troitiño Núñez, *Evolución Histórica de los Principios de la Química*. Uned - Universidad Nación, 2013.
- [23] W. H. Hayt and J. E. Kemmerly, *Análisis De Circuitos En Ingeniería*. McGraw-Hill, 2012.
- [24] J. Nilsson and S. Riedel, *Circuitos Eléctricos*. Pearson Educación, 2005.
- [25] Micro Automación, “Automatización Electroneumática Industrial.” [Online]. Available:
<http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual051AutomatizacinElectroneumticaIndustrial.pdf>. [Accessed: 27-Jun-2018].
- [26] H. Meixner and E. Sauer, *Introduccion a La Electroneumatica*. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, 1990.
- [27] R. F. Mendoza García, “Neumática,” *Escuela Universitaria de Ingeniería Mecánica*, 2012. [Online]. Available:
http://www.eudim.uta.cl/rmendozag/courses/2012/sistemas_de_sensores_y_actuadores/sistemas_de_sensores_y_actuadores_05.pdf. [Accessed: 10-Jul-2018].
- [28] G. M. Guzmán Toro and S. A. Villavicencio Garzón, “Diseño y construcción de un panel didáctico multifuncional electro neumático utilizando elementos de última generación y desarrollo de una guía para prácticas de capacitación para la empresa ECUAINSETEC,” Escuela Politécnica Nacional, 2010.
- [29] C. Castaño Vidriales, *Automatización Fundamentada II: Estrategias Complementarias*. C. Castaño, 2016.

- [30] J. A. Bueno, “Simbología Neumática e Hidráulica.” [Online]. Available: [http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanica-general/MATERIAL BIBLIOGRAFICO TECNICO PARA APOYO DOCENTE/APORTES VARIOS PARA DOCENTES/CURSO DE HIDRAULICA/SIMBOLOGIA NEUMATICA E HIDRAULICA.pdf](http://campusvirtual.edu.uy/archivos/mecanica-general/MATERIAL_BIBLIOGRAFICO_TECNICO_PARA_APOYO_DOCENTE/APORTES_VARIOS_PARA_DOCENTES/CURSO_DE_HIDRAULICA/SIMBOLOGIA_NEUMATICA_E_HIDRAULICA.pdf). [Accessed: 30-Jul-2018].
- [31] B. P. Angüisaca Vega, “Aplicación de los Circuitos Electro-neumáticos en el Control Eléctrico Industrial en la Carrera de Electricidad de la Escuela de Educación Técnica, Facultad de Filosofía Letras Ciencias de la Educación,” Universidad Central del Ecuador, Quito, 2013.
- [32] Grupo Ibermaq, “Tipos de redes neumáticas.” [Online]. Available: <http://www.ibermaq.es/producto/tipos-redes-neumaticas/>. [Accessed: 31-Jul-2018].
- [33] N. Iperty Barros and E. Sinche Palacios, “Diseño e Implementación de un Banco Electroneumático por medio de un SCADA utilizando el Software LabVIEW para la práctica de los estudiantes de Automatización,” Universidad Politécnica Salesiana, 2013.
- [34] J. Saeb Martínez, “Envasado y Automatizado de Productos Lácteos,” Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica U.P.A., 2009.
- [35] R. Alvarado, “Interruptores termomagnéticos para uso domiciliario,” *Electro Industria*, Santiago de Chile, Dec-2011.
- [36] Y, “Que es un fusible y para que sirve? - Ingeniería mecafenix,” 2018. [Online]. Available: <http://www.ingmecafenix.com/electronica/el-fusible/>. [Accessed: 15-Oct-2018].
- [37] Siemens, “Alimentación SITOP Pequeña. Inteligente. LOGO! Power,” 2017. [Online]. Available: https://w3app.siemens.com/mcms/infocenter/dokumentcenter/sc/pp/InfocenterLanguagePacks/LOGOPower/LOGO!Power_es.pdf. [Accessed: 07-Aug-2018].

- [38] C. Jaramillo Rodriguez and R. Peña Coronel, “Simulación y Automatización de los Sistemas de Frenado para Motores Trifásicos de Corriente Alterna,” Universidad Politécnica Salesiana, 2018.
- [39] Wonderware, “Interfaz Hombre - Máquina.” [Online]. Available: <http://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/>. [Accessed: 07-Aug-2018].
- [40] Ingeniería de Sistemas y Automática, “Comunicaciones Industriales,” *Universidad de Oviedo*, 2006. [Online]. Available: <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/comunicacionesindustrialesdocumento.pdf>. [Accessed: 07-Aug-2018].
- [41] J. Hurtado, “Introducción a las Redes de Comunicación Industrial,” *I.E.S Hilmice*, 2009. [Online]. Available: http://www.infopl.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccion-a-las-redes-de-comunicacion-industrial.pdf. [Accessed: 07-Aug-2018].
- [42] “¿Qué son FUP y KOP en Siemens Logo? - Siemens Logo,” 2014. [Online]. Available: <http://siemenslogo.com/que-son-fup-y-kop-en-siemens-logo/>. [Accessed: 08-Aug-2018].
- [43] Siemens, “LOGO!,” 2016. [Online]. Available: https://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/LOGO/Documents/logo_system_manual_es-ES_es-ES.pdf. [Accessed: 08-Aug-2018].
- [44] “Tabla de Unidades de Presión.” [Online]. Available: <https://www.slideshare.net/LeBronFehr/tabla-de-unidades-de-presin>. [Accessed: 23-Jun-2018].
- [45] SIEMENS, “6EP3332-6SB00-0AY0,” 2018. [Online]. Available: <http://sahkonumerot.fi/2702258/doc/technicalinfodoc/>. [Accessed: 09-Nov-2018].

- [46] SIEMENS, “6ED1052-1MD00-0BA8,” 2018. [Online]. Available: <https://support.industry.siemens.com/tedservices/DatasheetService/DatasheetService?format=pdf&mlfbs=6ED1052-1MD00-0BA8&language=en&caller=SIOS>. [Accessed: 09-Nov-2018].
- [47] SIEMENS, “6AV2123-2GB03-0AX0,” 2018. [Online]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/us/Catalog/DatasheetDownload?downloadUrl=https%253A%252F%252Fmall.industry.siemens.com%252Ftedservices%252FDatasheetService%252FDatasheetService%253Fcontrol%253D%25253C%25253Fxml%252Bversion%25253D%2525221.0%252522%252Bencoding%25253D%252522UTF-8%25>. [Accessed: 09-Nov-2018].

ANEXOS

ANEXO 1: Tabla de conversión de unidades de presión.

TABLA A: EQUIVALENCIA DE UNIDADES DE PRESIÓN [44].

	mbar	bar	Pa (Nm ⁻¹)	atm	PSI	Kgf/cm ²	in Hg	mm Hg	in H ₂ O	mm H ₂ O
1 mbar =	1	1 x 10 ⁻³	100	9.87 x 10 ⁻⁴	1.45 x 10 ⁻²	1.02 x 10 ⁻³	2.95 x 10 ⁻²	0.75	0.402	10.197
1 bar =	1000	1	1 x 10 ⁵	0.987	14.5	1.02	29.53	7.5 x 10 ²	4.02 x 10 ²	1.02 x 10 ⁴
1 Pa (Nm⁻¹) =	0.01	1 x 10 ⁻⁵	1	9.87 x 10 ⁻⁶	1.45 x 10 ⁻⁴	1.02 x 10 ⁻⁵	2.95 x 10 ⁻⁴	7.5 x 10 ⁻³	4.02 x 10 ⁻³	0.102
1 atm =	1.01 x 10 ³	1.013	1.01 x 10 ⁵	1	14.7	1.033	29.92	7.6 x 10 ²	4.07 x 10 ²	1.03 x 10 ⁴
1 PSI =	68.95	6.89 x 10 ⁻²	6.89 x 10 ³	6.81 x 10 ⁻²	1	7.03 x 10 ⁻²	2.036	51.71	27.68	7.03 x 10 ²
1 Kgf/cm² =	9.81 x 10 ²	0.981	9.81 x 10 ⁴	0.968	14.22	1	28.96	7.36 x 10 ²	3.94 x 10 ²	10000
1 in Hg =	33.86	3.39 x 10 ⁻²	3.39 x 10 ³	3.34 x 10 ⁻²	0.491	3.45 x 10 ⁻²	1	25.4	13.6	3.45 x 10 ²
1 mm Hg =	1.333	1.33 x 10 ⁻³	1.33 x 10 ²	1.32 x 10 ⁻³	1.93 x 10 ⁻²	1.36 x 10 ⁻³	3.94 x 10 ⁻²	1	0.535	13.59
1 in H₂O =	2.491	2.49 x 10 ⁻³	2.49 x 10 ²	2.46 x 10 ⁻³	3.61 x 10 ⁻²	2.54 x 10 ⁻³	7.36 x 10 ⁻²	1.868	1	25.4
1 mm H₂O =	9.91 x 10 ⁻²	9.91 x 10 ⁻⁵	9.807	9.68 x 10 ⁻⁵	1.42 x 10 ⁻³	1 x 10 ⁻⁴	2.89 x 10 ⁻³	7.35 x 10 ⁻²	3.39 x 10 ⁻²	1

ANEXO 2: Especificaciones técnicas de la Unidad de Mantenimiento.

TABLA B: UNIDAD DE MANTENIMIENTO EMC®.

Especificaciones técnicas	
Estructura	Filtro + regulador + lubricador
Medio de trabajo	Aire comprimido
Instalación	Por tubería
Posición de instalación	Vertical $\pm 5^\circ$
Nivel de filtración	5 (μm)
Tiempo máximo de retardo	0.02 (MPa)
Rango de regulación de presión	0.05~0.7 (MPa)/ 0.05~1.2 (MPa)
Volumen máximo de agua	22
Descarga de agua condensada	
Manual	0.1~1.6 (MPa)
Semi automática	0.15~1.6 (MPa)
Automática	0.2~1.2 (MPa)

ANEXO 3: Especificaciones técnicas de las electroválvulas 3/2.

TABLA C: ELECTROVÁLVULA 3/2 MONOESTABLE Y BIESTABLE.

Especificaciones técnicas	
Medio de trabajo	Aire limpio (25 µm filtración)
Medio de activación	Piloto
Presión de trabajo	0.15~0.8 (MPa)
Presión garantizada	1.2 (MPa)
Temperatura de trabajo	-5~60 (° C)
Rango de voltaje	-15% ~10%
Consumo de energía	4.8 (W)
Clase de protección	IP65
Activación máxima de frecuencia	5 ciclos/s
Tiempo de activación	<0.05 (s)

ANEXO 4: Especificaciones técnicas de la válvula neumática 5/2.

TABLA D: VÁLVULA DIRECCIONAL 5/2 NEUMÁTICA.

Especificaciones técnicas	
Medio de trabajo	Aire limpio (25 μ m filtración)
Medio de activación	Externo
Presión de trabajo	0.15~0.8 (MPa)
Presión garantizada	1.2 (MPa)
Temperatura de trabajo	-5~60 ($^{\circ}$ C)
Rango de voltaje	-15% ~10%
Activación máxima de frecuencia	5 ciclos/s

ANEXO 5: Especificaciones técnicas de la electroválvula 5/2 biestable.

TABLA E: ELECTROVÁLVULA 5/2 BIESTABLE.

Especificaciones técnicas	
Medio de trabajo	Aire limpio (25 µm filtración)
Medio de activación	Piloto
Presión de trabajo	0.15~0.8 (MPa)
Presión garantizada	1.2 (MPa)
Temperatura de trabajo	-5~60 (° C)
Rango de voltaje	-15% ~ 10%
Consumo de energía	4.8 (W)
Clase de protección	IP65
Activación máxima de frecuencia	5 ciclos/s
Tiempo de activación	<0.05 (s)
Peso	314 (g)

ANEXO 6: Especificaciones técnicas del cilindro de simple efecto.

TABLA F: CILINDRO DE SIMPLE EFECTO.

Especificaciones técnicas	
Tipo de activación	una activación
Medio de trabajo	Aire limpio (25 μ m filtración)
Presión de trabajo	0.2~1.0 (MPa)
Presión garantizada	1.5 (MPa)
Temperatura de trabajo	-20~80 (Aire seco) ($^{\circ}$ C)
Rango de velocidad	50~800 (mm/s)
Tipo de amortiguador	Aire de amortiguación
Material de fabricación	Acero inoxidable

ANEXO 7: Especificaciones técnicas del cilindro de doble efecto.

TABLA G: CILINDRO DE DOBLE EFECTO.

Especificaciones técnicas	
Tipo de activación	Doble activación
Medio de trabajo	Aire limpio (25 µm filtración)
Presión de trabajo	0.1~1.0 (MPa)
Presión garantizada	1.5 (MPa)
Temperatura de trabajo	-20~80 (Aire seco) (° C)
Rango de velocidad	50~800 (mm/s)
Tipo de amortiguador	Amortiguador ajustable
Golpe de amortiguador	27 (mm)

ANEXO 8: Especificaciones técnicas del LOGO! POWER.

TABLA H: LOGO! POWER 24 V/2.5 A [45].

Entrada	
Entrada	Monofásico AC o DC
Rango de voltaje en AC	85 ... 264 V
Voltaje de entrada en DC	110 ... 300 V
Rango nominal de línea	47 ... 63 Hz
Entrada de corriente <ul style="list-style-type: none"> • Voltaje nominal de entrada 120 V • Voltaje nominal de entrada 203 V 	1.22 A 0.66 A
Limitación de corriente máxima encendido (+25 °C)	52 A
I^2t , máximo	3 A ² s
Salida	
Salida	Voltaje DC controlado, aislado
Voltaje nominal DC (V_{OUT})	24 V
Rango de Ajuste	22.2 ... 26.4 V
Tipo de la pantalla	LED verde para voltaje de salida OK
Valor nominal de corriente (I_{OUT})	2.5 A
Suministro de potencia activa típica	60 W
Otros	
Grado de Protección	IP20
Ancho del LOGO! Power	54 mm
Alto del LOGO! Power	90 mm
Profundidad LOGO! Power	53 mm
Peso aproximado sin embalaje	0.2 kg

ANEXO 9: Especificaciones técnicas del relé.

TABLA I: RELÉ DE CONMUTACIÓN EN MINIATURA.

Características Técnicas	
Voltaje nominal	24 V DC
Voltaje máximo	26.4 V DC
Voltaje mínimo	21.6 V DC
Material de contacto	AgNi 90/10
Corriente máximo	2 x 8 A
Rigidez dieléctrica, bobina de contacto (CA, 1 min)	5 kV rms
Contacto abierto de fuerza dieléctrica (CA, 1 min)	1 kV rms
Contacto de contacto con la fuerza dieléctrica (AC, 1 min)	2.5 kV rms
Temperatura ambiente para el voltaje nominal	-25 °C ... +50 °C
Temperatura de almacenamiento	-40 °C ... +70 °C
Dimensiones	
Ancho	15 mm
Altura	54 mm
Profundidad	86 mm

ANEXO 10: Especificaciones técnicas del sensor magnético para cilindro de simple efecto.

TABLA J: SWITCH MAGNÉTICO PARA EL CILINDRO DE SIMPLE EFECTO.

Especificaciones técnicas	
Método de cableado	Dos cables
Lógica de Interrupción	Normalmente abierto
Tipo de sensor	Interruptor de láminas
Voltaje de operación	5 – 240 V DC/AC
Corriente máxima de operación	100 (mA)
Puntuación de contacto	10 (W)
Caída de voltaje	3.0 (V)
Indicador	Led rojo
Máxima frecuencia de intercambio	200 (Hz)

ANEXO 11: Especificaciones técnicas del sensor magnético para cilindro de doble efecto.

TABLA K: SWITCH MAGNÉTICO PARA EL CILINDRO DE DOBLE EFECTO.

Especificaciones técnicas	
Método de cableado	Dos cables
Lógica de Interrupción	Normalmente abierto
Tipo de sensor	Interruptor de láminas
Voltaje de operación	5 – 240 V DC/AC
Corriente máxima de operación	100 (mA)
Puntuación de contacto	10 (W)
Caída de voltaje	3.5 (V)
Indicador	Led rojo
Máxima frecuencia de intercambio	200 (Hz)

ANEXO 12: Especificaciones técnicas del LOGO! 8.

TABLA L: LOGO! 8 12/24 RCE [46].

Voltaje de Alimentación	
Valor nominal (DC) <ul style="list-style-type: none"> • 12 V DC • 24 V DC 	Si Si
Rango admisible, límite inferior (DC)	10.8 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28.8 V
Corriente de Salida	
Rango admisible para 0 a 55 °C, máximo	10 A
Entradas Digitales	
Número de entradas digitales	8; de los cuales 4 se pueden usar en modo analógico (0 a 10 V)
Salidas Digitales	
Número de salidas digitales	4; relés
Otros	
Protocolo	Modbus TCP/IP
Pantalla	Si
Montaje	Riel DIN de 35 mm
Grado de Protección	IP20
Ancho LOGO! 8 12/24RCE.	71.5 mm
Alto LOGO! 8 12/24RCE.	90 mm
Profundidad LOGO! 8 12/24RCE.	60 mm

ANEXO 13: Especificaciones técnicas del módulo de expansión.

TABLA M: MÓDULO DE EXPANSIÓN LOGO! DM8 12/24R.

Tensión de alimentación	
Voltaje Nominal	12 VDC / 24 VDC
Voltaje inferior permisible	10.8 VDC
Voltaje superior permisible	28.8 VDC
Entradas Digitales	
Cantidad de entradas digitales	4
Voltaje para señal "0"	< 5 VDC
Voltaje para señal "1"	> 8.5 V
Corriente para señal "0"	0.88 mA
Corriente para señal "1"	1.5 mA
Retardo de entrada (para el valor nominal de la tensión de entrada)	
en "0" a "1", máximo	1.5 ms
en "1" a "0", máximo	1.5 ms
Salidas Digitales	
Cantidad de salidas digitales	4; Relés
Protección de cortocircuito	No
Capacidad de conmutación de las salidas (en la carga de la lámpara, máxima)	1 000 W
Corriente de salida nominal para la señal "1"	5 A
Corriente de salida de carga mínima para la señal "1"	100 mA
Clase de protección	IP20
Condiciones Ambientales	
Temperatura ambiente mínima durante la operación	0 ° C; ES03 y superior: -20 ° C
Temperatura ambiente máxima durante la operación	55 ° C
Dimensiones	
Ancho	35.5 mm
Altura	90 mm
Profundidad	58 mm

ANEXO 14: Especificaciones técnicas de la pantalla HMI KTP700.

TABLA N: SIMATIC HMI KTP700 Basic [47].

Tensión de Alimentación	
Tipo de tensión de la alimentación	DC
Valor nominal (DC)	24 V
Rango admisible, límite inferior (DC)	19.2 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28.8 V
Corriente de Entrada	
Consumo (valor nominal)	230 mA
Corriente transitoria de conexión I^2t	0.2 A ² s
Potencia	
Consumo	5.5W
Pantalla	
Tipo de pantalla	Pantalla TFT panorámica, retroalimentación LED
Diagonal de pantalla	7 pulgadas
Ancho de pantalla	154.1 mm
Altura de pantalla	85.9 mm
Número de colores	65 536
Resolución de imagen horizontal	800 Píxeles
Resolución de imagen vertical	480 Píxeles
Elementos de Mando	
Teclas de función	8
Teclado numérico	Sí; Teclado en pantalla
Teclado alfanumérico	Sí; Teclado en pantalla
Pantalla táctil	Si
Memoria	
Flash	Si
RAM	Si
Memoria usable para datos de usuarios	10 Mbyte
Otros	
Protocolo	Modbus TCP/IP
Grado de Protección Frontal	IP65
Grado de Protección Posterior	IP20
Ancho del frente de la caja	214 mm
Alto del frente de la caja	158 mm
Profundidad de montaje	39 mm
Peso sin embalaje	780 g

ANEXO 15: Especificaciones técnicas del switch de comunicación.

TABLA O: SWITCH MODELO SCALANCE X005.

Características Técnicas	
Radio de transferencia	10 Mbit/s, 100 Mbit/s
Voltaje nominal	24 V DC
Voltaje máximo	32 V DC
Voltaje mínimo	18 V DC
Consumo corriente / máximo	0.008 A
Pérdida de potencia para 24 V DC	2 W
Clase de protección	IP30
Interfaces / para la comunicación / integrado	
Número de conexiones eléctricas para componentes de red o equipos terminales	5; RJ-45 con collar de seguridad
Número de puertos SC a 100 Mbit / s para multimodo	0
Número de conexiones eléctricas para fuente de alimentación	1
Tipo de conexión eléctrica para fuente de alimentación	Bloque de terminales de 2 polos
Dimensiones	
Ancho	40 mm
Altura	125 mm
Profundidad	124 mm

ANEXO 16: Especificaciones técnicas del sensor de posición óptico.

TABLA P: DETECTOR DE POSICIÓN ÓPTICO M12, SENSOR DE REFLEXIÓN.

Información General	
Tamaño	M12
Tipo de luz	Rojo
Alcance	70 – 300 mm
Posibilidades de ajuste	Potenciómetro
Ángulo de giro	210°
Características Técnicas	
Tensión de funcionamiento	10 – 30 VDC
Ondulación residual admisible	≤ 10 %
Intensidad en reposo	≤ 30 mA
Salida	PNP, contacto normalmente abierto
Indicación de estado de conmutación	LED amarillo
Indicación de reserva de función	LED verde
Corriente de salida	Máx. 200 mA
Frecuencia de conmutación	Máx. 1000 Hz
Margen de la temperatura ambiente	-5 – +55 °C
Clase de protección	IP 67
Polos inconfundibles / Anticortocircuitaje	Incorporada
Conexión	Bornes para conectores de seguridad de 4 mm

ANEXO 17: Presupuesto del proyecto.

TABLA Q: PRESUPUESTO DEL PROYECTO COSTEADO POR LA UNIVERSIDAD.

Descripción	Cantidad	Valor por Unidad	Valor Total
Estructura del módulo	1	800,00	800,00
Adaptador Universal	30	24,20	726,00
Distribuidor de Aire	1	196,08	196,08
Placa de Aluminio 700x1100 mm	1	953,68	953,68
Manómetro neumático	1	85,55	85,85
Válvula temporizada neumática normalmente cerrada	2	534,72	1069,44
Válvula de simultaneidad	1	117,59	117,59
Sensor de proximidad óptico	1	336,17	336,17
LOGO! 8 fuente de alimentación 2.5 a 100-240V/24VDC-Siemens	1	85,90	85,90
LOGO! 8 PLC 12/24RCE Ethernet 8ED (4EA) /4SD 12/24VDC/relé-Siemens	1	152,88	152,88
LOGO! 8 módulo de expansión DM8 12/24R 4DI/4DO-Siemens	1	76,44	76,44
Switich Scalance X005-Siemens	1	280,28	280,28
Panel KTP700 PN Basic Color-Siemens	1	1.026,48	1.026,48
Valor Final			\$ 5.906,79

TABLA R: PRESUPUESTO DEL PROYECTO COSTEADO POR LOS TESISTAS.

Descripción	Cantidad	Valor por Unidad	Valor Total
Borneras de color rojo, negro y verde	173	1,21	209,26
Plug de color rojo, negro y verde	100	1,10	110,00
Equipos de electro-neumática (electroválvulas, unidad de mantenimiento, pulsador de emergencia)	Global	866,30	866,30
Relé marca Wago	8	83,15	83,15
Luz piloto de 16 mm	8	7,33	22,00
Pulsadores de 16 mm	3	1,81	5,44
Pulsador de emergencia de 16 mm	1	20,00	20,00
Breaker marca CHANA – 2P	1	8,00	8,00
Cajas para las electroválvulas	10	4,00	40,00
Cajas para los actuadores	4	4,00	16,00
Porta fusible	4	4,00	16,00
Prensa estopa, terminales de ojo/punta	Global	56,00	56,00
Adaptación de los equipos electro-neumáticos con los adaptadores universales de FESTO	17	14,47	246,00
Rollo de cable de color negro para los plugs.	1	10,50	10,50
Rollo de cable de color negro para los plugs.	1	10,50	10,50
Rollo de cable de color verde para los plugs.	1	10,50	10,50
Impresiones en vinil	7	3,43	24,00
Adaptador RJ45	1	6,00	12,00
Láminas de los equipos de control	7	24,00	168,00
Tuercas para el torno	34	1,55	52,50
Juego de Patch Cord	4	7,00	28,00
Bases para las electroválvulas	Global	246,00	246,00
Racores extraíbles marca FESTO	8	10,50	84,00
Placas membretadas	Global	4,00	20,00
Valor Final			\$ 2.364,15

TABLA S: PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO

Descripción	Monto
Presupuesto del proyecto costeado por la Universidad	5.906,79
Presupuesto del proyecto costeado por los Tesistas	2.364,15
Diseño en 3D	150,00
Impresiones del documento	200,00
Total	\$ 8.620,94

ANEXO 18: Código de equipos.

TABLA T: NÚMERO DE PARTE DE LOS EQUIPOS DEL MÓDULO.

Nombre del Equipo	Código
Unidad de Mantenimiento	FE-1/4-D-MINI
Racor recto 1/4" x 10 mm	EPC10-02
Cilindro perfilado magnético doble efecto 32x50 mm	FVBC-32X50-S
Racor codo 1/8" x 6 mm	EPL6-01
Microcilindro simple efecto con resorte para retorno	RSBL-25X100-S
Válvula mecánica 5/2 con rodillo - 1/4"	M32-08S2
Racor recto 1/4" x 6 mm	EPC6-02
Silenciador plano 1/4"	V-8
Silenciador bronce 1/8"	A-6
Válvula direccional 5/2 neumática - 1/4"	VA5222-08
Válvula mecánica - pulsador reset rojo	M221-S3
Válvula direccional 3/2 monoestable electro-neumática 24VDC - 1/4"	V3221-08
Válvula direccional 5/2 biestable electro-neumática 24VDC - 1/4"	V5222-08
Válvula direccional 3/2 biestable electro-neumática 24VDC - 1/4"	V3222-08
Adaptador Universal	195224
Distribuidor de Aire	152896
Placa de Aluminio 700x1100 mm	159411
Manómetro neumático	152865
Válvula temporizada neumática normalmente cerrada	540694
Válvula de simultaneidad	539770
Sensor de proximidad óptico	572744
LOGO! 8 fuente de alimentación 2.5 a 100-240V/24VDC-Siemens	6EP3332-6SB00-0AY0
LOGO! 8 PLC 12/24 RCE Ethernet 8ED (4EA) /4SD 12/24VDC/Relé-Siemens	6ED1052-1MD00-0BA8
LOGO! 8 Módulo de Expansión DM8 12/24R 4DI/4DO-Siemens	6ED1055-1MB00-0BA2
Switich Scalance X005-Siemens	6GK5 005-0BA00-1AA3
Panel KTP700 PN Basic Color-Siemens	PN - 6AV2123-2GB03-0AX0
Bornera de 8 mm	MZ01
Plug de 4 mm	MZ02
Relé marca WAGO	WAG100628
Racor rápido roscado autoblocante recto R 1/8 - 6 mm	FST639118
Breaker de 2P marca CHANA	CE-2P-20A
Porta fusible marca CAMSCO 10x38 mm	CAMSCO-10X38
Luces piloto de 16 mm	AD16-16 D/S
Pulsador de emergencia	LAB16AS/G
Pulsador de 16 mm	PUL16AS/G