



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO**

TEMA:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE PRUEBAS
ELECTRO-NEUMÁTICAS PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA
EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO”**

AUTOR: LUCERO NARVÁEZ ERICK SEBASTIÁN

DIRECTOR: ING. MAURICIO VÁSQUEZ

IBARRA – ECUADOR

2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento depongo mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040146955-6
APELLIDOS Y NOMBRES:	ERICK SEBASTIÁN LUCERO NARVÁEZ
DIRECCIÓN:	TULCÁN GRAL. PLAZA Y OLMEDO
E-MAIL:	sebastian_esln@hotmail.com
TELÉFONO MÓVIL:	0997717032
DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE PRUEBAS ELECTRO-NEUMÁTICAS PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO”
AUTOR:	ERICK SEBASTIÁN LUCERO NARVÁEZ
FECHA:	ENERO DEL 2017
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA	INGENIERO EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO
DIRECTOR:	ING. MAURICIO VÁSQUEZ

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Erick Sebastián Lucero Narvárez, con cédula de identidad Nro.040146955-6 en calidad de autor y titular de los derechos Patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en forma digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior, Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en la defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.



.....
Firma

Nombre: Erick Sebastián Lucero Narvárez

Cédula: 040146955-6

Ibarra, Enero del 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Erick Sebastián Lucero Narvárez, con cédula de identidad Nro.040146955-6 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE PRUEBAS ELECTRO-NEUMÁTICAS PARA EL LABORATORIO DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO”** que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico en la Universidad Técnica del Norte quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento de realizar la entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Firma

Nombre: Erick Sebastián Lucero Narvárez

Cédula: 040146955-6

Ibarra, Enero del 2017



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

Ing. Mauricio Vásquez

C E R T I F I C A

Que después de haber examinado el presente trabajo de investigación elaborado por el señor estudiante **LUCERO NARVÁEZ ERICK SEBASTIÁN** ha cumplido con las normas y las leyes de la Universidad Técnica del Norte Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, en la elaboración del presente Trabajo de Grado pudiendo este realizar la defensa de la misma para la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

Ing. Mauricio Vásquez

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, el ser supremo y creador de todas las cosas, quien me ha dado la fortaleza de continuar cuando quise decaer y la sabiduría para poder culminar esta carrera universitaria.

A mis padres Bayardo y Yolanda, quienes han sabido formarme con valores desde muy pequeño y me han brindado siempre su cariño y apoyo incondicional, a ellos que siempre estarán conmigo, les dedico este trabajo y cumplo con la misión que me encomendaron al inicio de esta carrera.

A mis abuelos maternos Alejandro y Graciela, el pilar de mi familia y quienes me acogieron desde temprana edad haciéndome uno más de sus hijos brindándome el cariño, afecto y apoyo cada día.

A mi esposa Betty, quien se convirtió en mi apoyo incondicional en los momentos de felicidad y tristeza durante el transcurso de esta carrera, y fue mi compañera durante los momentos de soledad.

De manera especial dedico este trabajo a mi hijo Alejandro Nicolás Lucero Fierro, el motor de vida y la fuente de inspiración para poder alcanzar esta meta, pues él, verá en el futuro un ejemplo a superar. Esto es por ti hijo mío.

Erick Sebastián Lucero Narvárez



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE “Alma Mater del norte del País”, gracias por albergarme en sus aulas durante mi carrera, en donde pude enriquecer mis conocimientos y en donde tuve la oportunidad de compartir momentos especiales que hoy son gratos recuerdos.

A todos los docentes que nos compartieron sus conocimientos y que aportan al engrandecimiento de nuestra querida institución.

Un agradecimiento especial a los ingenieros Mauricio Vásquez y David Chiza, por su esfuerzo y dedicación, gracias por la paciencia y la acertada guía para la elaboración de este trabajo de investigación.

A mis compañeros de aula con quienes compartimos gratos momentos, gracias por el apoyo que me brindaron, gracias por las palabras que dijeron, gracias por los momentos que compartimos, gracias por su amistad.

Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

Erick Sebastián Lucero Narvárez

RESUMEN

La presente investigación se la realizó en la Universidad Técnica Del Norte, está dirigida a los estudiantes de niveles intermedios de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico sobre la enseñanza, aplicación y diseño de procesos de control electro-neumáticos, para lo cual se construyó un módulo de entrenamiento con conexiones reconfigurables para que el estudiante pueda realizar prácticas en dicho tablero, con la ayuda de una guía didáctica que muestre la forma de controlar automáticamente los procesos secuenciales de los actuadores neumáticos. En el primer capítulo se describe los antecedentes de la tecnología electro-neumática, sus inicios, y como han sido aplicados para contribuir al desarrollo de procesos industriales. El segundo capítulo está dispuesta para la fundamentación teórica y la descripción de cada elemento que dispondrá el tablero de pruebas electro-neumáticas, dentro de esto se detalla la aplicación y funcionamiento de cilindros neumáticos, válvulas electro-neumáticas, fuentes de aire comprimido, etc., además dentro de este capítulo se hace la investigación del elemento principal de control, el PLC su aplicación y formas de programación. En el tercer capítulo se encuentran los métodos que se utilizaron para desarrollar la presente investigación y que han servido para enfocarse claramente en todo el proceso investigativo. El capítulo cuatro se refiere a la propuesta tecnológica, en la cual se calcula, diseña y construye el módulo de entrenamiento adecuado para cumplir con la investigación. Finalmente en el capítulo cinco se detallan las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron de la investigación y que servirán para que se pueda profundizar en el tema planteado o se dé un mejor uso para el módulo de entrenamiento. Todo esto con la finalidad de aportar al enriquecimiento cognoscitivo de los estudiantes, el autor y fortalecer al desarrollo tecnológico de nuestra Casona Universitaria.

ABSTRACT

This research was conducted by the Technical University Del Norte, it is aimed at students intermediate levels of Engineering in Electrical Maintenance on teaching, application and process design electro-pneumatic control, for which he built a training module with reconfigurable connections for the student to perform practices in the board, with the help of a tutorial that shows how to automatically control the sequential processes of pneumatic actuators. In the first chapter the background of the electro-pneumatic, its beginnings technology is described, as have been applied to contribute to the development of industrial processes. The second chapter is arranged to the theoretical basis and the description of each element have the electro-pneumatic board, this testing within the application and operation of pneumatic cylinders, electro-pneumatic valves, compressed air sources, etc. detailed also in this chapter investigating the main control element is made, the PLC application and forms of programming. In the third chapter are the methods that were used to develop this research and have served to focus clearly throughout the investigative process. Chapter Four refers to the technological proposal, which is calculated, designs and builds the module suitable training to carry out the investigation. Finally in chapter five the conclusions and recommendations obtained from research and can serve to deepen the issue raised or better use for detailed training module. All this in order to contribute to cognitive enrichment of students, the author and strengthen the technological development of our University.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN.....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	IV
ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	XIX
CAPÍTULO I	1
1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.4.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	3
1.4.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	3
1.5 OBJETIVOS.....	4
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.6 JUSTIFICACIÓN.....	4
CAPÍTULO II	6
2 MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. IMPORTANCIA DE LA NEUMÁTICA.....	6
2.1.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA NEUMÁTICA.....	6
2.1.2. NORMATIVIDAD NEUMÁTICA.....	7

2.1.2.1. NORMAS UNE 101-149-86 (ISO 1219 1 Y ISO 1219 2)	7
2.2. EL AIRE COMPRIMIDO.....	8
2.3. GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO	9
2.4. TIPOS DE COMPRESORES	9
2.4.1. COMPRESORES ALTERNATIVOS.....	10
2.4.2. COMPRESORES ROTATIVOS	11
2.4.3. COMPRESOR ADECUADO PARA EL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO.....	11
2.5. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR DE ÉMBOLO O PISTÓN	12
2.5.1. FUNCIONAMIENTO	12
2.5.2. CÁLCULO DEL VOLUMEN PARA EL TANQUE DEL COMPRESOR	13
2.6. ACTUADORES NEUMÁTICOS	14
2.6.1. ACTUADORES LINEALES	15
2.6.2. ACTUADORES DE GIRO	15
2.6.3. ACTUADORES ESPECIALES	15
2.6.4. ACTUADORES ADECUADOS PARA EL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO.....	16
2.7. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS ACTUADORES DE SIMPLE EFECTO.....	16
2.7.1. FUNCIONAMIENTO DEL CILINDRO DE SIMPLE EFECTO.....	17
2.7.2. PARTES DEL CILINDRO DE SIMPLE EFECTO.....	18
2.8.1. FUNCIONAMIENTO DEL CILINDRO DE DOBLE EFECTO.....	18
2.8.2. PARTES DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO	19
2.9. CÁLCULOS DE MAGNITUDES FÍSICAS EN ACTUADORES NEUMÁTICOS	20
2.9.1. CÁLCULO DEL CONSUMO DE AIRE DE LOS ACTUADORES NEUMÁTICOS.	20
2.9.2. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PARA LOS ACTUADORES NEUMÁTICOS.....	21
2.9.3. CÁLCULO DE LA FUERZA DE LOS ACTUADORES NEUMÁTICOS.....	21
2.10. ELEMENTOS DE MANDO NEUMÁTICO.....	22
2.10.1. VÁLVULAS REGULADORAS DE FLUJO	22

2.10.2. SILENCIADORES.....	23
2.11. INTRODUCCIÓN A LA ELECTRO-NEUMÁTICA.....	23
2.12. ELECTROVÁLVULAS.....	23
2.12.1. CLASIFICACIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS	24
2.12.2. SELECCIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS ADECUADAS PARA EL MÓDULO.....	25
2.13. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROVÁLVULAS.....	25
2.14. ACCIONAMIENTO DE ELECTROVÁLVULAS.....	26
2.14.1. ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO.....	26
2.14.2. ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO.....	27
2.14.3. SU NÚMERO DE VÍAS A CONTROLAR O CONEXIONES EXISTENTES	27
2.14.4. SU ACCIONAMIENTO MANUAL AUXILIAR	28
2.14.5. TRANSFORMACIÓN DE SEÑALES ELÉCTRICAS EN SEÑALES NEUMÁTICAS	28
2.14.6. TRANSFORMACIÓN DE SEÑALES NEUMÁTICAS EN SEÑALES ELÉCTRICAS	29
2.15. DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS.....	30
2.15.1. ELEMENTOS DE RETENCIÓN	30
2.15.2. INTERRUPTORES MECÁNICOS DE FINAL DE CARRERA	31
2.15.3. RELEVADORES O RELÉS.....	32
2.16. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	33
2.16.1. ARQUITECTURA DEL PLC	33
2.16.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PLC'S.....	35
2.16.3. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.....	36
2.16.4. PROGRAMACIÓN LADDER (LAD).....	36
2.16.5. DIAGRAMA DE BLOQUES DE FUNCIÓN (FBD)	37
2.16.6. LISTA DE INSTRUCCIONES.....	37
2.16.7. SECUENCIAL FUNCIÓN CHART (SFC)	38

2.16.8. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE ADECUADO PARA EL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO	39
2.17. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL PLC SIEMENS S7-1200	40
2.17.1. PARTES DEL PLC S7-1200	40
2.17.2. VENTAJAS DE LOS PLC S7-1200	41
2.18. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN ADECUADO PARA EL PLC	41
2.18.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PROGRAMACIÓN TIPO LADDER	42
2.19. PANTALLA HMI (INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA).....	43
2.20. HMI ADECUADA PARA EL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO.....	45
2.20.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PANTALLA HMI KTP 400 BASIC	45
2.20.2. PARTES DE LA PANTALLA KTP 400 BASIC.....	46
2.21. GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	47
CAPÍTULO III	49
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN	49
3.1.1. EXPERIMENTAL:	49
3.1.2. DOCUMENTAL:.....	49
3.1.3. TECNOLÓGICA:.....	49
3.1.4. APLICADA:	49
3.2. MÉTODOS.....	50
3.2.1. MÉTODO ANALÍTICO SINTÉTICO.....	50
3.2.2. MÉTODO EXPERIMENTAL.....	50
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	50
CAPÍTULO IV	51
4. PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	51
4.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA:.....	51
4.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	51
4.3. OBJETIVOS.....	52

4.3.1. OBJETIVO GENERAL	52
4.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	52
4.4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA	53
4.4.1. SELECCIÓN DEL COMPRESOR	53
4.4.1.1. CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL COMPRESOR.....	53
4.4.2. SELECCIÓN DE LOS CILINDROS NEUMÁTICOS	54
4.4.2.1. CÁLCULO DEL CONSUMO DE AIRE DE LOS CILINDROS	54
4.4.2.2. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL PISTÓN	55
4.4.2.3. CÁLCULO DE LA FUERZA DEL CILINDRO	56
4.4.3. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES.	59
4.4.4. DISEÑO DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO.	61
4.4.4.1. PANEL ELÉCTRICO.....	61
4.4.4.2. PLANO DE UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS INTERNOS	62
4.4.4.3. PLANO DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS	63
4.4.4.4. PLANO DE CONTROL PARA LAS ENTRADAS DIGITALES.....	63
4.4.4.5. PLANO DE CONTROL PARA LAS SALIDAS DIGITALES.....	64
4.4.5. PROGRAMACIÓN DEL PLC S7-1200	64
4.4.5.1. CREAR UN PROYECTO	66
4.4.6. MANUAL DE PRÁCTICAS EN EL MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO	73
4.4.7. CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO ELECTRONEUMÁTICO	92
4.4.8. CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL	92
CAPÍTULO V	94
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
5.1. CONCLUSIONES	94
5.2. RECOMENDACIONES	94
BIBLIOGRAFÍA.....	96
LINKOGRAFÍA.....	97

MANUALES.....	98
ANEXOS	99
ANEXO 1. DIAGRAMA DE CONEXIONES ELÉCTRICAS DEL PANEL DE CONTROL.....	100
ANEXO 2. DIAGRAMA ELÉCTRICO DE RELÉS (SALIDAS DIGITALES) Y SIMBOLOGÍA.....	101
ANEXO 3. HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....	102
ANEXO 4. PERFORACIONES EN LA TAPA FRONTAL DEL TABLERO DE CONTROL.....	103
ANEXO 5. UBICACIÓN DE ELEMENTOS.....	104
ANEXO 6. TABLERO TERMINADO Y PRUEBAS FINALES.....	105
ANEXO 7. CONSTRUCCIÓN DEL MUEBLE DE SOPORTE.....	106
ANEXO 8. TABLA PARA EL CÁLCULO DE LA FUERZA TEÓRICA EN CILINDROS NEUMÁTICOS.....	107
ANEXO 9. TABLA DE CONDUCTOR AWG EN FUNCIÓN DE LA CORRIENTE.....	108

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Símbolos de compresores hidráulicos y neumáticos,	8
FIGURA 2: Clasificación de compresores.....	10
FIGURA 3: Compresor de émbolo o pistón.	13
FIGURA 4: Clasificación de los cilindros neumáticos.....	14
FIGURA 5: Cilindro de simple efecto	17
FIGURA 6: Partes y simbología de un cilindro de simple efecto.	18
FIGURA 7: Cilindro doble efecto.....	19
FIGURA 8: Partes y simbología del cilindro de doble efecto.....	19
FIGURA 9: Válvula reguladora de flujo.....	22
FIGURA 10: Funcionamiento de la electroválvula 5/2.....	24
FIGURA 11: Descripción de las electroválvulas.....	25
FIGURA 12: Válvula solenoide V3211 (3/2).....	26
FIGURA 13: Válvula solenoide V5222 (5/2).....	26
FIGURA 14: Electroválvula 3/2 vías normalmente cerrada (NC).....	27
FIGURA 15: Electroválvula 3/2 vías normalmente abierta (NO) con accionamiento manual auxiliar.....	28
FIGURA 18: Pulsador de marcha y paro	31
FIGURA 19: Interruptor rretra, normalmente abierto.....	31
FIGURA 20: Principio de funcionamiento de un relevador	32
FIGURA 21: Controlador lógico programable	33
FIGURA 22: Sistema de un PLC	34
FIGURA 23: a) Representación eléctrica, b) Representación Ladder	36
FIGURA 24: Diagramas Básicos Ladder	37
FIGURA 25: Programa muestra AND (a) Lista de Instrucciones, (b) Ladder	38
FIGURA 26: Secuencia de estados de un semáforo simple	38
FIGURA 27: Partes externas del PLC S7-1200.	40

FIGURA 28: Estructura general de distribución del programa LADDER	42
FIGURA 29: Ejecución de un programa Ladder.....	42
FIGURA 30: Pantalla HMI	44
FIGURA 31: Partes principales de la Pantalla HMI KTP 400 Basic.....	46
FIGURA 32: El Módulo electroneumático como herramienta de trabajo	52
FIGURA 33: Vista frontal del panel de control	62
FIGURA 35: Plano de protecciones eléctricas	63
FIGURA 36: Plano de control de entradas digitales.....	63
FIGURA 37: Plano de control de salidas digitales	64
FIGURA 38: Configuraciones del TIA PORTAL.....	65
FIGURA 39: Paso 1 (Crear proyecto)	66
FIGURA 40: Paso 2 (Configurar dispositivo).....	67
FIGURA 41: Paso 3 (Mostrar dispositivo)	67
FIGURA 42: Paso 4 (Selección de controladores TIA Portal)	68
FIGURA 43: Paso 5 (CPU 1212C AC/DC/Rly).....	69
FIGURA 44: Paso 6 (Diagrama de enclavamiento).....	69
FIGURA 45: Paso 7 (Elementos usados en el enclavamiento)	70
FIGURA 46: Paso 8 (Definición de variables)	70
FIGURA 47: Paso 9 (Cargar en dispositivo)	71
FIGURA 48: Paso 10 (Conexión de red).....	71
FIGURA 49: Paso 11 (Comunicación con dispositivo)	72
FIGURA 50: Paso 12 (Cargar programa).....	72
FIGURA 51: Flujograma de construcción	93

ÌNDICE DE TABLAS

TABLA 1: Ventajas y desventajas de la neumática	7
TABLA 2: Normas utilizadas en neumática.	8
TABLA 3: Comparación entre tipos de compresores.....	11
TABLA 4: Comparación entre actuadores neumáticos.....	16
TABLA 5: Tipos de electroválvulas	25
TABLA 6: Símbolos para accionamientos neumáticos	27
TABLA 7: Simbología de accionamiento eléctrico	27
TABLA 8: Especificaciones de los sensores reed switch	32
TABLA 9: Comparación de marcas reconocidas de PLC	39
TABLA 10: Elementos utilizados en programación Ladder.....	43
TABLA 11: Características técnicas de la pantalla HMI KTP 400 Basic	46
TABLA 12: Tabla de especificaciones de los cilindros neumáticos de las series RAL y RA.....	54
TABLA 13: Fuerza de empuje y retroceso de los cilindros neumáticos	59
TABLA 14: Corriente consumida por los elementos de control	60
TABLA 15: Flujograma utilizado para la construcción del módulo	92

INTRODUCCIÓN

La neumática es una tecnología antigua que utiliza el aire comprimido como transmisor de energía para mover mecanismos y actuadores neumáticos, la fuerza necesaria para mover dichos mecanismos se debe a la presión de aire y a la acumulación de este elemento dentro de un generador de aire, que al ser expulsado hacia el exterior efectúa un trabajo útil dentro de un circuito neumático.

Aunque la utilización de la neumática ya se conocía hace miles de años y libros de esta ciencia relatan del siglo I, no fue sino hasta el año 1950 que se empezó a dar un uso industrial a esta tecnología puesto que se descubrió en ella una fuente de energía alternativa que simplifica el esfuerzo del hombre reduciendo los riesgos de accidentes y aumentando la producción.

Como toda tecnología, la neumática también posee sus ventajas y desventajas las cuales se deben observar de ambos lados para tener el mejor desempeño de esta tecnología, entre las ventajas más significativas se conoce que la neumática se puede obtener fácilmente y es abundante en la tierra, además no es una tecnología que implica riesgo físico y emplea velocidades altas que pueden ser reguladas fácilmente.

Las desventajas son pocas pues la neumática es una tecnología versátil que puede ser adaptada a ciertas circunstancias que impidan tener desventaja en la utilización, la principal desventaja es que si el circuito neumático es extenso, se pueden producir pérdidas de carga que pueden afectar el funcionamiento de los actuadores, además genera ruido al descargar el aire utilizado.

La versatilidad de esta tecnología ha dado paso para que pueda ser combinada con otras ciencias y los avances en la tecnología han orientado a la neumática a ser una tecnología innovadora y de gran desempeño dentro de la industria, gracias a la electrónica podemos hoy tener a la electro-neumática, la tecnología que ha facilitado el trabajo desempeñado desde la antigüedad por el ser humano mejorando en calidad y reduciendo gastos.

La automatización utiliza sistemas inteligentes por ejemplo hoy en día el control de la aceleración, la velocidad de desplazamiento y de la frenada de un cilindro neumático puede hacerse mediante sistemas inteligentes de control implementados en PC o PLC; simplificando con esto la intervención del hombre o dándole una mínima participación en un proceso, haciéndolo totalmente automático.

Los sistemas automáticos han sido un gran soporte para las industrias que han concebido la idea de utilizar la energía del aire comprimido en su producción, con esto se ha logrado llegar a un desarrollo industrial productivo y económico, corroborando que esta tecnología se ha implantado en el campo industrial para ser una pieza fundamental para las industrias.

Para operar el conjunto de recursos tecnológicos que origine una automatización, es necesaria la energía. Entre las varias formas energéticas está la neumática, que constituye el primer paso para transformar la mecanización en automatización.

Si bien la utilización de la técnica del aire comprimido como fuente energética es empleada, cada vez más, para la racionalización y automatización, ésta es relativamente cara y podría llegarse a suponer que los costos de producción, acumulación y distribución del aire involucran gastos elevados.

CAPÍTULO I

1 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El término neumática procede del griego pneuma que significa soplo o aliento. La utilización de la neumática se remonta al año 2.500 a.c. donde se utilizaba fuelles de soplado para avivar el fuego de las fogatas. Pocos años después se utilizó la fuerza del aire para hacer sonar instrumentos los cuales se convirtieron en instrumentos musicales. En el siglo XIX se comenzó a utilizar el aire comprimido en la industria de forma sistemática, donde se pudo construir herramientas neumáticas, martillos neumáticos, etc.

Creus (2007) dice: “La palabra neumática se refiere al estudio del movimiento del aire y así en sus comienzos el hombre utilizó el viento en la navegación y en el uso de los molinos para moler grano y bombear agua”. (p.9).

La combinación de la neumática con la automatización se produce a mediados del siglo XX en donde se conoce la forma de controlar independientemente las herramientas que trabajan con aire comprimido, lo cual ha dado una gran ayuda y gran potencial de eficiencia a las industrias que utilizan este tipo de tecnología.

La neumática simplifica en muchos casos el esfuerzo técnico que implica la realización de máquinas especiales y sistemas auxiliares. Los costos de inversión, relativamente reducidos, son los motivos principales para optar por este tipo de tecnología.

La mecanización y manipulación de las piezas, así como la automatización en relación con las funciones de un mando común, producen un gran número de estaciones de trabajo completa o parcialmente automáticas, pudiéndose llegar a sistemas de producción completamente neumáticos. También se puede utilizar otros tipos de energía, ya que las señales de mando pueden ser tratadas por convertidores.

La importancia de la neumática como ciencia ha dado paso para que se busque la manera de combinarla con otras ciencias entre ellas con la electricidad y esto ha dado como resultado lograr un control automático sobre la neumática, es así, como nace la electro-neumática, tecnología que ha servido para mejorar procesos que se realizaban de forma manual, sobre todo en la industria,

Esto ha traído beneficios económicos ya que se ha podido economizar en equipos, mano de obra y personal, además resaltar que la neumática es una tecnología limpia y que no es costosa.

Un número creciente de empresas industriales están aplicando la automatización de su maquinaria mediante equipos neumáticos, lo que, en muchos casos, implica una inversión de capital relativamente baja, trayendo con esto un ahorro grande en maquinaria que puede ser más costosa con relación a los sistemas neumáticos; aunque este tipo de tecnología ha remplazado el trabajo y el accionar del ser humano, las máquinas siempre tendrán que depender del hombre para su construcción y manipulación antes, durante y después de realizar su respectivo trabajo.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Aunque la electro-neumática es una tecnología antiguamente establecida, en el campo industrial, pocas son las personas que conocen de su aplicación y desempeño dentro de esta área, por esta razón se ha visto afectado el crecimiento de su utilización y a la par se afecta o se descuida su estudio y aprendizaje.

Puesto que no se ha tomado en cuenta los beneficios de esta tecnología, las industrias se han visto afectadas en su producción y en su calidad para producir; debido a que han mantenido otras tecnologías que además de ser escasas y de alto costo, son grandes contaminantes para el medio ambiente.

Los altos costos derivan en gastos elevados y la contaminación en afecciones para los seres humanos.

En el laboratorio de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, no existe un tablero para pruebas electro-neumáticas, para que los estudiantes puedan realizar investigaciones sobre este tema, por esta razón es necesario que se instale un panel con todos los equipos necesarios para desarrollar una investigación técnica y práctica.

Los conocimientos de temas técnicos o científicos, se los adquiere con la practica en su mayoría ya que se necesita analizar, comparar y establecer una solución para la problemática, al no contar con los aparatos que son sujetos de estudio.

La educación y el conocimiento se rigen solamente al conocimiento teórico, de este tipo de procesos técnicos en la industria.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo diseñar e implementar un módulo para el laboratorio de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, que permita realizar prácticas electro-neumáticas que complementen el trabajo teórico en el área de control y automatización?

1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

La presente investigación se realizó en la Universidad Técnica del Norte, cantón Ibarra, provincia de Imbabura, específicamente en el laboratorio de Mantenimiento Eléctrico, tomando en cuenta el equipamiento técnico del que dispone para las prácticas de los estudiantes de la carrera.

1.4.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

El desarrollo del presente proyecto se realizó a partir del mes de julio del 2015 y tuvo una proyección del 95% de avance hasta el mes de junio del 2016. Finalizando al 100% en el mes de noviembre del presente año.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un módulo de pruebas electro-neumáticas, para implementarlo en el laboratorio de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, con la finalidad de contribuir a la formación académica de los educandos.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el tablero de pruebas con conexiones reconfigurables de manera que el estudiante pueda realizar todas las prácticas establecidas en el manual e interactúe con los elementos implementados en el módulo de entrenamiento.
- Crear un banco de prácticas que permita simular circuitos electro-neumáticos, guiados por un manual de laboratorio que posibilite desarrollar prácticas previamente planteadas, con la utilización de software de simulación y elementos de control.
- Diseñar y construir un panel, en el cual se albergarán los elementos de control como HMI, PLC y entradas/salidas digitales de manera que se facilite la conexión con el panel electroneumático y se considere para realizar prácticas afines a al control y automatización.

1.6 JUSTIFICACIÓN

Para la enseñanza de especialidades técnicas, es necesario que los docentes impartan sus clases pedagógicas y prácticas, con los equipos necesarios para la enseñanza o utilicen los métodos más adecuados para que los temas sean comprensibles para todos los estudiantes.

La carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico está dirigida, entre otras cosas, a procesos de automatización y control de industrias, en donde es necesario conocer sobre formas de control de energía y movimiento, es por eso que es indispensable impartir la materia de electro-neumática a los estudiantes de esta carrera para que puedan aplicarla en su vida profesional.

Al no contar los docentes con las herramientas adecuadas para impartir sus clases prácticas sobre electro-neumática, el conocimiento colectivo de los estudiantes se trunca debido a que no cuentan con los elementos necesarios para realizar una investigación adecuada sobre este tema y esto puede afectar su desarrollo profesional.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1. IMPORTANCIA DE LA NEUMÁTICA

La neumática es una tecnología tan versátil que no solo se utiliza en las industrias sino también en la minería, medicina, la robótica, la industria en todas sus áreas, etc., siendo en esta última el mayor campo de aplicación, la acogida de esta tecnología ha dado paso a que los procesos se vuelvan más eficientes y el trabajo sea de mejor calidad. Se habla de que si las industrias quieren ser competitivas y crecer técnica y económicamente deben contar necesariamente de elementos neumáticos.

Esta tecnología es de fácil obtención ya que basa su funcionamiento en la compresión del aire, lo cual hace que la obtención y la generación de esta forma de energía sea relativamente baja, además no tiene un índice de peligrosidad alto a diferencia de la electricidad o los combustibles gaseosos o líquidos.

Ofrece una alternativa altamente segura en lugares de riesgo de explosión por deflagración, donde otras energías suponen un riesgo importante por la producción de calor, chispas, etc.

2.1.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA NEUMÁTICA

Creus (2007), dice: “Las ventajas que presenta el uso de la neumática son el bajo costo de sus componentes, su facilidad de diseño e implementación y el bajo par o la fuerza escasa que puede desarrollar a las bajas presiones con que trabaja lo que constituye un factor de seguridad”. (p. 9)”.

Uno de los aspectos además importantes es que no tiene riesgo de explosión, además la energía del aire comprimido se la puede transmitir a grandes distancias aunque en ocasiones se vea afectada la fuerza que se necesite, dependerá de la fuente de aire comprimido; el mantenimiento y la economía de esta tecnología son accesibles para su empleo

Al ser la neumática una forma de energía natural, tiene como todas ventajas y desventajas ya sea en su aplicación, control, generación y producción. Aunque a principios se quiso eliminar esta forma de energía a causa de falta de conocimiento hoy en día se emplea en casi todas las industrias el aire comprimido como fuente de energía, con el pasar de los años las investigaciones se fueron profundizando llegando a ser la neumática una tecnología con más ventajas que desventajas.

TABLA 1: Ventajas y desventajas de la neumática

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • El aire es de fácil captación y abunda en la tierra. 	<ul style="list-style-type: none"> • En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables.
<ul style="list-style-type: none"> • El aire no posee propiedades explosivas, por lo que no existen riesgos de chispas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de instalaciones especiales para recuperar el aire previamente empleado.
<ul style="list-style-type: none"> • Los actuadores pueden trabajar a velocidades razonablemente altas y fácilmente regulables 	<ul style="list-style-type: none"> • Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas
<ul style="list-style-type: none"> • El trabajo con aire no daña los componentes de un circuito por efecto de golpes de ariete. 	<ul style="list-style-type: none"> • Altos niveles de ruido generado por la descarga del aire hacia la atmósfera.
<ul style="list-style-type: none"> • Las sobrecargas no constituyen situaciones peligrosas o que dañen los equipos en forma permanente. 	

2.1.2. NORMATIVIDAD NEUMÁTICA

2.1.2.1. NORMAS UNE 101-149-86 (ISO 1219 1 Y ISO 1219 2)

Según Bueno (2007): “A nivel internacional la norma ISO 1219 1 y ISO 1219 2, se han adoptado en países de habla hispana como la norma UNE 101 149 86. Estas normas se encargan de representar la simbología que se utiliza para esquemas de circuitos neumáticos e hidráulicos.” (p.2)

La norma UNE es la que regula la simbología neumática e hidráulica con la única diferencia en las flechas de flujo, la simbología neumática utiliza flechas con color blanco (sin relleno) y la hidráulica utiliza las flechas con relleno (color negro). Por ejemplo.

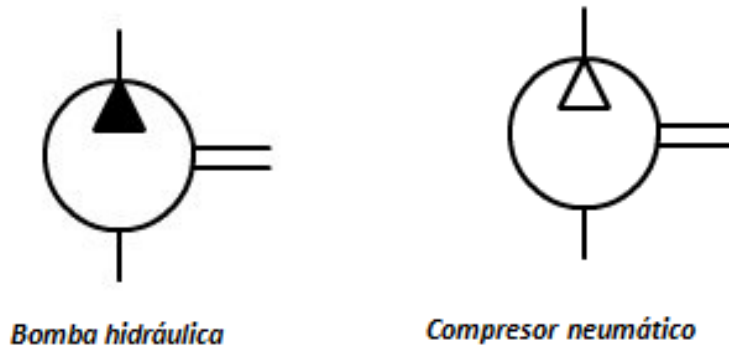


FIGURA 1: Símbolos de compresores hidráulicos y neumáticos,
Fuente: Simbología Neumática

Las normas ISO establecen los elementos básicos para los símbolos, además establece normas para la elaboración de los símbolos de fluidos para su uso en componentes y en diagramas de circuitos.

La siguiente tabla explica las normas que se utilizan para representar los diferentes componentes y elementos utilizados para simbolizar la neumática.

TABLA 2: Normas utilizadas en neumática.

NORMA	DESCRIPCIÓN
UNE 101-101-85	Gama de presiones.
UNE 101-149-86	Símbolos gráficos.
UNE 101-360-86	Diámetros de los cilindros y de los vástagos del pistón.
UNE 101-362-86	Cilindros gama básica de presiones normales.
UNE 101-363-86	Serie básica de carreras de pistón.
UNE 101-365-86	Medidas y tipos de roscas de los vástagos del pistón.

Fuente: Simbología hidráulica y neumática.

2.2. EL AIRE COMPRIMIDO

En la actualidad el aire comprimido es considerado como una de las formas de energía más importantes utilizadas en las industrias después de la electricidad, los combustibles fósiles y la energía del viento.

El elemento utilizado para generar aire comprimido se llama compresor, este elemento se compone de un motor compresor, una válvula reguladora de presión o presostato y un tanque de almacenamiento que tiene la función de acumular el aire para luego ser expulsado al exterior debido a la presión que se ejerce dentro del reservorio de aire.

Creus (2007), dice: “Los sistemas de aire comprimido proporcionan un movimiento controlado con el empleo de cilindros y motores neumáticos y se aplican en herramientas, válvulas de control y posicionadores, martillos neumáticos, pistolas para pintar, motores neumáticos, etc.” (p9)

Dentro de la industria el aire comprimido es utilizado para mover mecanismos neumáticos, su uso se ha vuelto imprescindible para las industrias, aunque tiene la desventaja de ser impreciso en el posicionamiento de los mecanismos y tampoco permite fuerzas grandes.

Mientras más se comprima el aire, más alta es la presión. Mientras más alta sea la presión en el recipiente, más alta tiene que ser la resistencia del recipiente.

2.3. GENERACIÓN DE AIRE COMPRIMIDO

Para alimentar elementos neumáticos se necesita una parte de generación de aire comprimido, el fin es almacenar el aire en un reservorio para que en él se cree una presión y al ser expulsada tenga una fuerza capaz de mover los elementos neumáticos.

2.4. TIPOS DE COMPRESORES

Los compresores son máquinas construidas para incrementar la presión de los gases y desplazar a todos los gases llamados compresibles que a su vez modifica en estos gases la densidad y la temperatura.

Los compresores son utilizados en algunos ámbitos dependiendo de la aplicación que se le dé a este, entre las más utilizadas hay: equipos de aire acondicionado, refrigeración, los turborreactores y en algunos sistemas de generación eléctrica.

La diferencia que existe entre los compresores es su construcción y su aplicación, también existen diferencias técnicas como por ejemplo: la presión puede ser variada mediante mecanismos internos y otros cuya presión ejercida es fija. Todo depende del uso que se le vaya a dar.

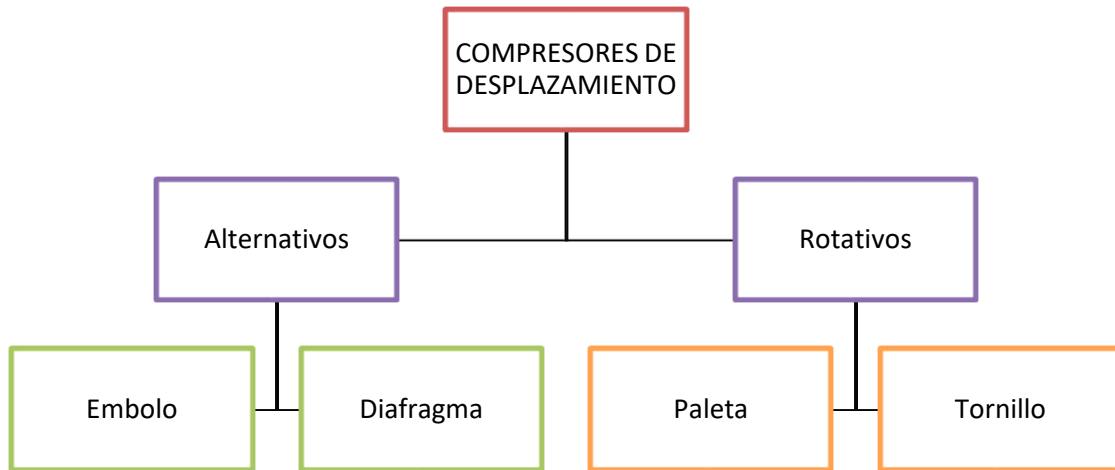


FIGURA 2: Clasificación de compresores

2.4.1. COMPRESORES ALTERNATIVOS

Su funcionamiento se basa en el desplazamiento de un émbolo dentro de un cilindro o de varios, esto proceso hace que se pueda obtener aire a alta presión. Se clasifican en dos tipos detallados a continuación:

- **Compresores de émbolo o pistón.-** Por su versatilidad son muy utilizados en la industria de producción, su bajo costo los hace más apetecibles por los usuarios que los requieren para desempeñar cualquier función al que sean sometidos. (<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica2.htm>).
- **Compresores de diafragma.-** Los compresores de diafragma son ampliamente utilizados en la industria alimenticia, farmacéutica y química ya que su principal ventaja es que no utiliza aceite a diferencia de los compresores de émbolo o pistón. Para su funcionamiento utiliza una membrana flexible en lugar de pistón, la membrana se puede adecuar hidráulicamente o mecánicamente. (<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica2.htm>).

2.4.2. COMPRESORES ROTATIVOS

Los compresores rotativos son parecidos a los motores eléctricos, puesto que disponen de un estator cilíndrico y un rotor que gira en el interior, la fuerza centrífuga que se genera por el movimiento extrae paletas de las ranura. La rotación reduce el volumen y aumenta la presión del aire.

- **Compresor de paletas deslizantes.-** International Training (2002) dice: “Al girar el rotor, la fuerza centrífuga mantiene las paletas en contacto con la pared del estator y el espacio entre las paletas adyacentes disminuye desde la entrada del aire hasta la salida, comprimiendo así el aire”. (p.34)
- **Compresor tipo tornillo.-** Los compresores de tornillos son mayormente utilizados en la construcción, fabricación y minería, su mecanismo lo hace adaptable para accionar herramientas de perforación, martillos, aplanadoras, etc. Este tipo de compresor tiene como ventaja que ofrece un suministro continuo de aire con una presión superior a los 10 bares. (International Training, 2002).

2.4.3. COMPRESOR ADECUADO PARA EL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO

TABLA 3: Comparación entre tipos de compresores.

TABLA COMPARATIVA ENTRE TIPOS DE COMPRESORES			
Compresores alternativos		Compresores rotativos	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
Mayor eficiencia	Regulación de capacidad por etapas	Flujo continuo de aire	Necesitan velocidades de giro altas
Aplicaciones industriales	Frecuentes mantenimientos	No hay contaminación por aceite	Puede afectar la presión de descarga
Costo reducido	Consumo de aceite	Aplicación en construcción	Mantenimiento complicado
Mantenimiento sencillo	Genera ruido al momento de carga	Poco ruidosas	Costo elevado
Manejan presiones adaptables	Son algo pesados	Silenciador incorporado	Puede tener fugas de aire
Capacidad de compresión variable	Ocupan mucho espacio	Incorpora válvula reguladora	Manejan presiones bajas

Características		Características	
Presión de manejo	3 - 8 bar	Presión de manejo	100 mbar - 2 bar
Voltaje	110 V - 60 Hz	Voltaje	220 V - 60 Hz
Potencia	2 HP - 1.5 KW	Potencia	2 HP - 1.5 KW
Revoluciones	3450 rpm	Revoluciones	2800 rpm
Dimensiones	58.5 x 28.5 x 63 cm	Dimensiones	221.5 x 151 x 165.5 mm
Tanque de aire	24 L - 6.3 gal	Tanque de aire	-

En un módulo de entrenamiento se necesitan presiones entre 3 a 8 bares para el funcionamiento adecuado, las aplicaciones neumáticas se orientan a situaciones de procesos industriales en los cuales encontramos caudales de diferentes magnitudes;

El compresor necesario es aquel que por sus características técnicas brinde una funcionalidad adecuada, con un amplio rango de relación a la compresión y además tenga un costo admisible. Es por eso que los compresores alternativos son los más adecuados para el módulo neumático.

2.5. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR DE ÉMBOLO O PISTÓN

Este tipo de compresores son los más utilizados actualmente ya que pueden comprimir el aire a baja, media y alta presión, además este tipo de compresores se puede utilizar según su forma de aplicación ya sea en trabajos pequeños hasta trabajos industriales puesto que se lo encuentra desde unos 1.100 KPa (1 bar) hasta varios miles de KPa (bar).

2.5.1. FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento de este tipo de compresores se basa en juntar dos pistones, que tienen un movimiento alternativo entre ellos, para esto tienen un mecanismo de excéntrica que controla el movimiento alternativo.

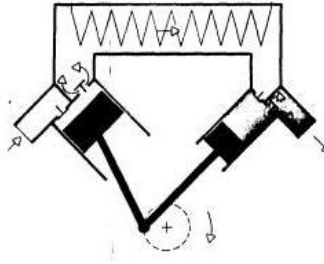


FIGURA 3: Compresor de émbolo o pistón.

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos63/compresores-embolo-piston/compresores-embolo-piston.shtml>

Cuando un pistón hace la carrera de retroceso dentro de la cámara, se aumenta su volumen, por lo que disminuye la presión en el interior de ella y a su vez provoca que la válvula de admisión se abra, permitiendo la entrada de aire al cilindro, una vez que el pistón esté en el punto muerto inferior empieza la carrera ascendente, cerrándose la válvula de entrada de aire y disminuyendo el volumen disponible para el aire, luego de este proceso el tanque queda cargado debido al aumento de presión en su interior, lo que conlleva a que la válvula de salida se abra permitiendo la salida del aire comprimido.

2.5.2. CÁLCULO DEL VOLUMEN PARA EL TANQUE DEL COMPRESOR

El almacenamiento del aire comprimido es una parte fundamental dentro de un sistema neumático, la selección del compresor adecuado depende del volumen que tenga el tanque de almacenamiento, con el cálculo, se podrá saber si el compresor será capaz de suministrar de aire a los actuadores neumáticos y a todo el circuito en sí.

Se define volumen como la cantidad de espacio que ocupa un cuerpo; y su unidad de medida está dada en cm^3 . La fórmula para calcular el volumen de un tanque se define:

$$V = \pi * r^2 * h$$

Ecuación 1: Volumen del tanque

Siendo: V = Volumen del tanque en $[cm^3]$.

r = Radio del tanque $[mm]$.

h = Altura del tanque en $[mm]$.

2.6. ACTUADORES NEUMÁTICOS

Internacional Training (2002) opina: “El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo; estos también proporcionan movimiento rotativo con un ángulo de hasta 270° por medio de actuadores del tipo de paleta y de piñón-cremallera, y motores neumáticos de rotación continua”. (p.97)

Entonces, los actuadores neumáticos son elementos que transforman la energía del aire comprimido en un trabajo mecánico, el trabajo que realizan los elementos neumáticos puede ser lineal o giratorio; el movimiento lineal se lo obtiene de cilindros de émbolo (atracción y repulsión), en una aplicación de este mecanismo lo podemos observar en las puertas automáticas (abre=atracción), (cierra=repulsión). Los actuadores de rotación los encontramos en motores neumáticos, pueden realizar el giro e incluso usan transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial.

Creus (2007), dice: “Los actuadores neumáticos convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico generando un movimiento lineal mediante servomotores de diafragma o cilindros, o bien un movimiento giratorio con motores neumáticos.” (p. 15).

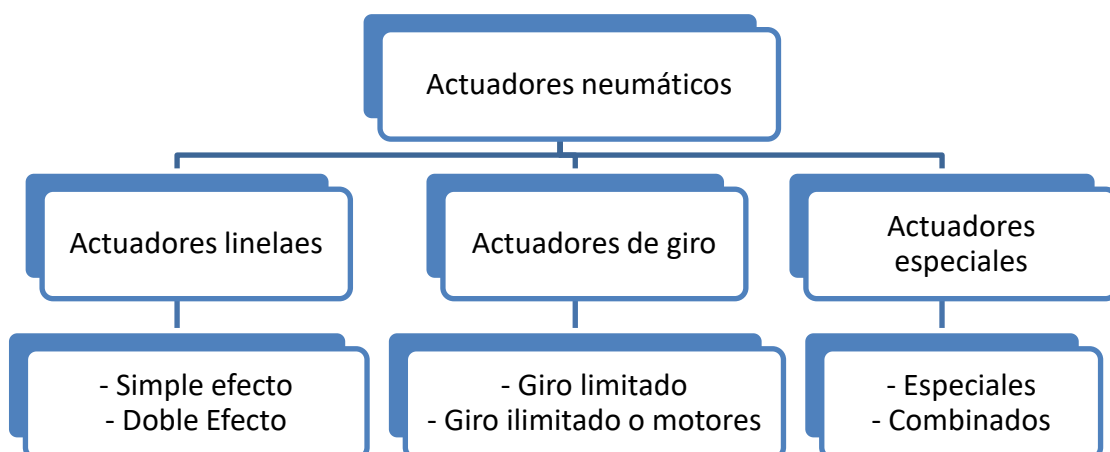


FIGURA 4: Clasificación de los cilindros neumáticos.

2.6.1. ACTUADORES LINEALES

Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales de los cuales derivan construcciones especiales.

- Actuadores de simple efecto.
- Actuadores de doble efecto.

2.6.2 ACTUADORES DE GIRO

Los actuadores rotativos son aquellos que absorbe la energía neumática para transformarla en energía mecánica de rotación. Estos actuadores se dividen en dos clases:

- Actuador de giro mediante piñón-cremallera.
- Actuadores de giro por paletas.

2.6.3. ACTUADORES ESPECIALES

Dentro de la familia de los actuadores neumáticos especiales se tiene algunos que son adaptables según la aplicación al que sean designados:

- Cilindro de doble vástago
- Cilindro con unidad de bloqueo
- Cilindro de vástago paralelo
- Cilindro Tándem
- Cilindro multiposicional

2.6.4. ACTUADORES ADECUADOS PARA EL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO

Para determinar el actuador más adecuado para el módulo de entrenamiento, se realizó una tabla comparativa entre los diferentes tipos de actuadores según sus características técnicas de operación.

TABLA 4: Comparación entre actuadores neumáticos

Actuadores neumáticos			
Características	Lineales	Rotativos	Especiales
Tipo de accionamiento	S.E / D.E	D.E	D.E
Presión de trabajo (MPa)	0,1 - 1,0	0,1 - 1,0	0,16 - 0,7
Controlabilidad	Alta	Reducida	Reducida
Peso y volumen	Reducido	Reducido	Reducido
Precisión	Alta	Baja	Alta
Velocidad (mm/s)	50 - 800	20 - 600	5 - 400
Mantenimiento	Fácil	Difícil	Fácil
Costo	Bajo	Alto	Alto
Aplicaciones	Industriales Mecánicas Tecnológicas	Industriales Mecánicas Tecnológicas	Industriales Tecnológicas
Temperatura de trabajo °C	-20 - 80	-20 - 80	-20 - 80

Dentro de la industria y aplicaciones comunes los cilindros neumáticos más utilizados son los actuadores lineales, debido a su bajo costo, fácil mantenimiento y gran durabilidad, es por estas razones que los cilindros neumáticos adecuados para el módulo de entrenamiento son los actuadores lineales de simple y doble efecto.

2.7. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS ACTUADORES DE SIMPLE EFECTO

Ebel F. (2009) opina: “Los cilindros de simple efecto reciben aire comprimido en un solo lado. Por ello, estos cilindros sólo pueden ejecutar un trabajo en un solo sentido”. (p.45)

2.7.1. FUNCIONAMIENTO DEL CILINDRO DE SIMPLE EFECTO

El cilindro de simple efecto utiliza la fuerza comprimida del aire para generar un solo movimiento lineal, es decir, el cilindro de simple efecto realiza un movimiento de salida dependiendo de la carrera (distancia en cm) que este tenga.

Para que el émbolo del cilindro pueda regresar a su estado normal existe un resorte en su interior que cumple la función de retroceso o también el movimiento de retroceso depende de algún movimiento externo por ejemplo cargas, movimientos mecánicos, etc.

El estado normal del cilindro puede ser del tipo “normalmente fuera” o “normalmente dentro”, la ventaja que presenta este tipo de cilindro es que tiene un empleo de aire menor al consumo de un cilindro de doble efecto, aunque su principal desventaja es que la fuerza de repulsión puede verse afectada debido al resorte que ejerce una fuerza contraria de atracción en el émbolo.

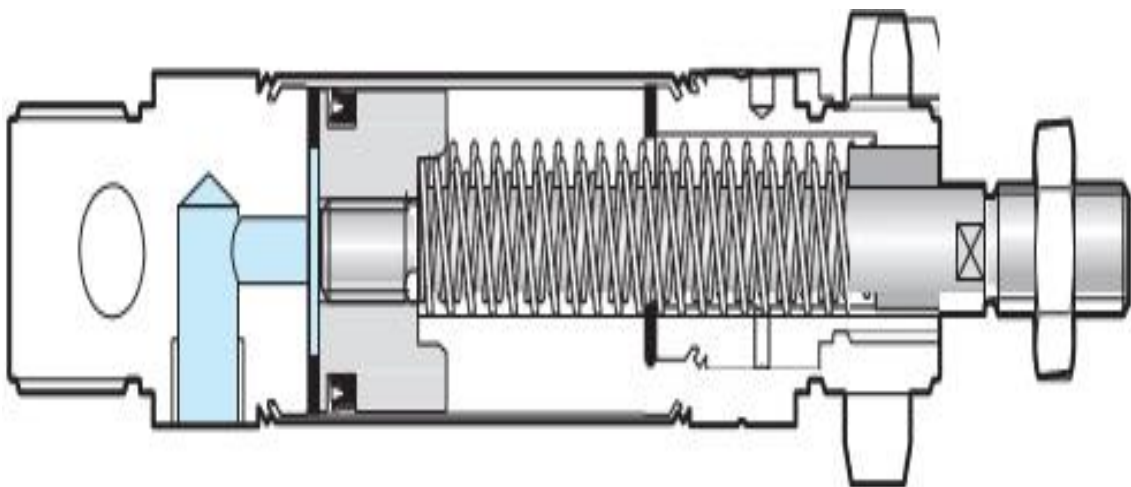


FIGURA 5: Cilindro de simple efecto

Fuente: Fundamentos de Neumática y Electroneumática FESTO

2.7.2. PARTES DEL CILINDRO DE SIMPLE EFECTO

Los actuadores neumáticos de simple efecto están constituidos por:

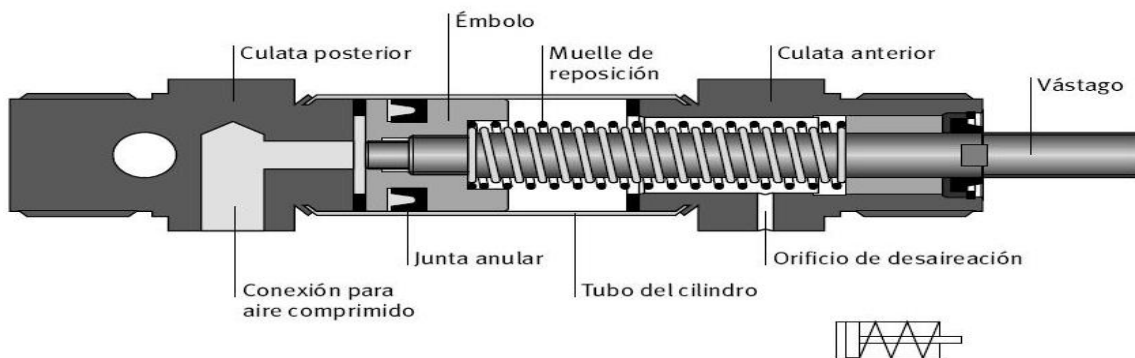


FIGURA 6: Partes y simbología de un cilindro de simple efecto.

Fuente: <http://industrial-automatca.blogspot.com/2010/09/elementos-de-fuerza-cilindros-y-motores.html>

Vástago: Es la parte móvil del cilindro, realiza el movimiento en un solo sentido.

- **Émbolo:** Es la pared que al chocar con el aire empuja el vástago hacia afuera.
- **Camisa:** Es donde se encierran las partes internas del cilindro.

2.8. Principales características de los actuadores de doble efecto

El cilindro de doble efecto no tiene muelle de reposición debido a que el avance y retroceso del vástago se realiza mediante escape de aire. El cilindro de doble efecto tiene la ventaja de poder ejecutar trabajo en ambos sentidos. (Ebel F. 2009).

2.8.1. FUNCIONAMIENTO DEL CILINDRO DE DOBLE EFECTO

El cilindro de doble efecto es aquel que realiza la acción de avance y retroceso por medio del aire comprimido, es decir, este tipo de cilindro no depende de una fuerza interna a diferencia del cilindro de simple efecto, para que pueda ejercer la fuerza de atracción en su émbolo. Para que se ejecute la función de avance y retroceso el cilindro de doble efecto emplea las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), en una de ellas se ejercen la función de repulsión y en la otra cámara se ejecuta la acción de atracción.

International Training (2002) dice: “El trabajo de los cilindros de doble efecto se desarrolla en las dos carreras de salida y retroceso, dado que la presión del aire se aplica alternativamente a los lados opuestos del émbolo.

El impulso disponible en la carrera de retroceso es menor debido a que el área efectiva del émbolo es más pequeña, pero se trata solo de una consideración si el cilindro tiene que “mover “la misma carga en los dos sentidos”. (p.98).

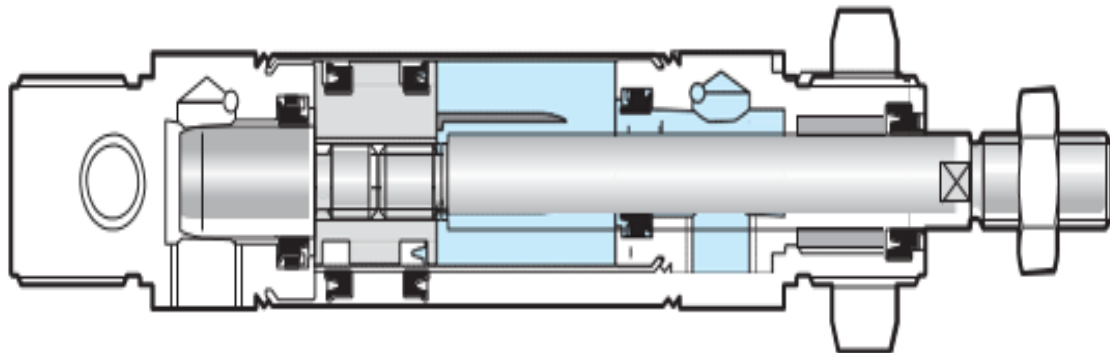


FIGURA 7: Cilindro doble efecto

Fuente: Fundamentos de Neumática y Electroneumática FESTO

2.8.2. PARTES DE UN CILINDRO DE DOBLE EFECTO

El cilindro de doble efecto tiene las siguientes partes descritas en la figura 7:

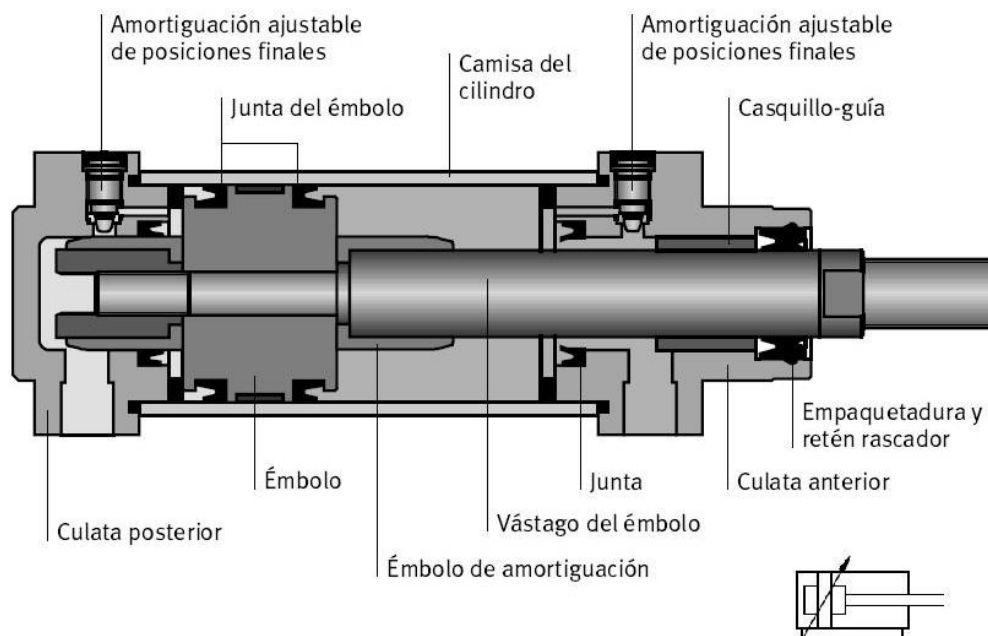


FIGURA 8: Partes y simbología del cilindro de doble efecto.

Fuente: <http://industrial-automatca.blogspot.com/2010/09/elementos-de-fuerza-cilindros-y-motores.html>

Sus componentes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción. Algunas de las más notables las encontramos en la culata anterior, que ahora ha de tener un orificio roscado para poder realizar la inyección de aire comprimido (en la disposición de simple efecto este orificio no suele prestarse a ser conexionado, siendo su función la comunicación con la atmósfera con el fin de que no se produzcan contrapresiones en el interior de la cámara).

La diferencia entre los cilindros de doble efecto con los de simple efecto es su retorno, el uno utiliza retorno por muelle y el otro retorno por aire.

2.9. CÁLCULOS DE MAGNITUDES FÍSICAS EN ACTUADORES NEUMÁTICOS

Los parámetros en neumática son herramientas que sirven para calcular magnitudes físicas que contempla la neumática, los resultados de estos parámetros servirán para conocer el desempeño de cada elemento y las variables preestablecidas.

2.9.1. CÁLCULO DEL CONSUMO DE AIRE DE LOS ACTUADORES NEUMÁTICOS

Creus (2007) dice “El consumo de aire del cilindro es una función de la relación de compresión, del área del pistón y de la carrera” (p.36).

La ecuación matemática para calcular el consumo de aire de los actuadores neumáticos es:

$$Q = \frac{0,987 + P_{aire} \text{ (bar)}}{0,987} * \frac{\pi * D^2 * l}{4.000.000} * n$$

ECUACIÓN 2: Consumo de aire

Siendo: Q = Consumo total del aire en $[dm^3/min]$.

D = Diámetro del cilindro $[mm]$.

l = Carrera en $[mm]$.

n = Ciclos por minuto.

2.9.2. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD PARA LOS ACTUADORES NEUMÁTICOS

Majundar S. (2003) opina: "La velocidad del pistón en un cilindro neumático depende de la fuerza contraria, la presión prevaeciente del aire, la longitud del tubo, el área de la sección transversal de la lumbrera de la válvula y el gasto, así como el amortiguamiento en la posición final". (p.112)

La ecuación matemática que determina la velocidad recorrida por un pistón es:

$$Velocidad_{(dm^3/min)} = \frac{0,987 + P_{aire} \text{ (bar)}}{0,987} * \frac{\pi * D^2 * l}{4.000.000} * n * \frac{40.000}{\pi * D^2}$$

ECUACIÓN 3: Velocidad de los actuadores

Siendo: V = Velocidad del cilindro [dm^3/min].

D = Diámetro del cilindro [mm].

l = Carrera en [mm].

n = Ciclos por minuto.

2.9.3. CÁLCULO DE LA FUERZA DE LOS ACTUADORES NEUMÁTICOS

La fuerza del cilindro está dada en función del diámetro del cilindro, la presión del aire y el roce del émbolo, esta magnitud física es la que empuja al émbolo hacia afuera si este fuera de simple efecto o hacia ambos lados si el actuador fuera de doble efecto. La fuerza que el aire ejerce sobre el pistón es:

$$F = P_{aire} \text{ (bar)} * 100000 * \frac{Area \text{ pistón}(mm^2)}{1000000} = \frac{P_{aire} \text{ (bar)} * Área \text{ pistón}(mm^2)}{10}$$

ECUACIÓN 4: Fuerza de los actuadores neumáticos

Siendo: F = Fuerza en [N]

P_{aire} = Presión de aire en (bar)

Creus (2007) dice: “Los cilindros de doble efecto no cuentan con un resorte para volver a su posición de equilibrio, así su fuerza no disminuye en la carrera de avance, pero sí en su carrera de retroceso, debido a su disminución en el área del émbolo por la existencia del vástago. (p.29)

2.10. ELEMENTOS DE MANDO NEUMÁTICO.

Los elementos encargados del mando y regulación en los circuitos neumáticos son las válvulas. Podemos definir válvula como; dispositivo para controlar o regular el arranque, parada y sentido así como la presión o el flujo del medio de presión, impulsado por un compresor, una bomba de vacío o depósito acumulador.

2.10.1. VÁLVULAS REGULADORAS DE FLUJO

Estas válvulas influyen sobre la cantidad de circulación de aire comprimido. El caudal se regula en ambos sentidos de flujo o en único sentido, dependiendo de la construcción.

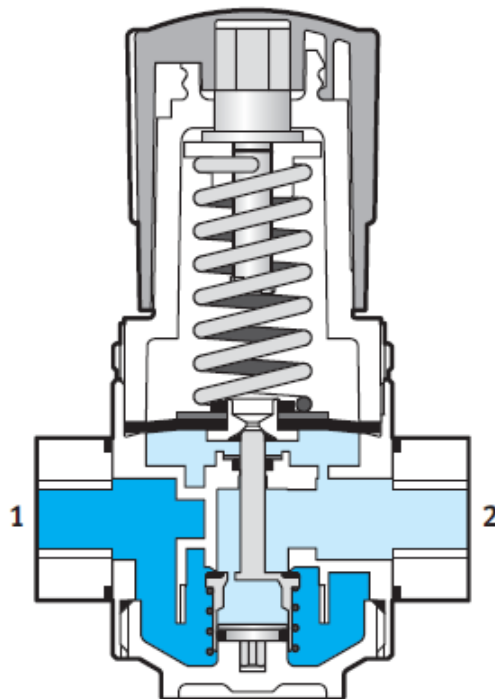


FIGURA 9: Válvula reguladora de flujo

Fuente: Fundamentos de Neumática y Electroneumática FESTO

2.10.2. SILENCIADORES

Como su nombre lo indica, los silenciadores son elementos que se utiliza para reducir en algo el ruido que genera el aire comprimido cuando este es despachado hacia el exterior, se utiliza en los desfuegos de las válvulas o electroválvulas ya que es ahí donde se produce la salida del aire comprimido hacia afuera.

2.11. INTRODUCCIÓN A LA ELECTRO-NEUMÁTICA

En electro-neumática, la energía eléctrica substituye a la energía neumática como el elemento natural para la generación y transmisión de las señales de control que se ubican en los sistemas de mando.

La electro-neumática se ha convertido en un avance importante para la industria, simplifica procesos, aumenta la eficiencia y aprovecha energía limpia; para que la neumática se acople con la electricidad y puedan formar la electro-neumática hay que correr por algunos procesos de conversión de energía eléctrica a energía neumática y con esto se podrá conseguir que los actuadores neumáticos funcionen.

2.12. ELECTROVÁLVULAS

Ebel F. (2009) dice: “Las válvulas distribuidoras de accionamiento eléctrico o electroválvulas, forman el eslabón que une ambas partes de un sistema de control electroneumático. Estas válvulas conmutan reaccionando ante señales de salida de la unidad de control y bloquean o abren paso en la parte funcional neumática”. (p.65)

El dispositivo medular en un circuito electro-neumático, es la válvula electro-neumática. Esta válvula realiza la conversión de energía eléctrica, proveniente de los relevadores de energía neumática transmitida a los actuadores o a alguna otra válvula neumática. Esencialmente, consisten de una válvula neumática a la cual se adhiere una bobina sobre la cual se hace pasar una corriente para generar un campo magnético que, finalmente, generará la conmutación en la corredera interna de la válvula, generando así el cambio de estado de trabajo de la misma, modificando las líneas de servicio.

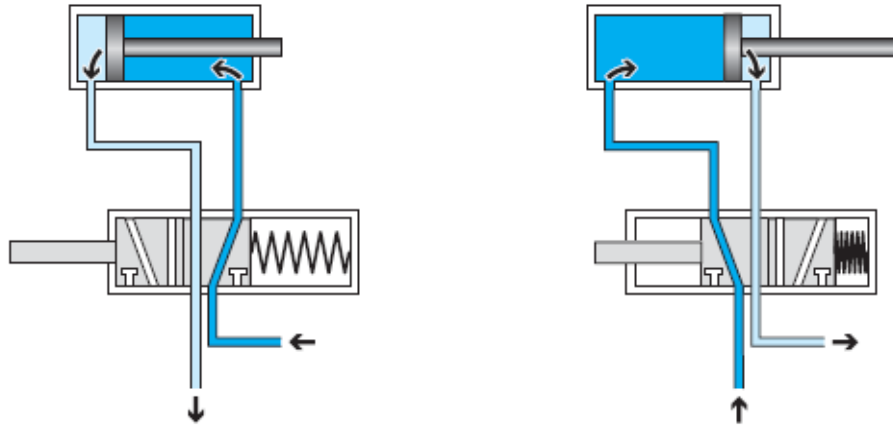


FIGURA 10: Funcionamiento de la electroválvula 5/2

Fuente: Fundamentos de Neumática y Electroneumática FESTO

Las electroválvulas de regulación y control se representan según su constitución por una figura geométrica (cuadrado) y por una línea vertical que hace referencia al número de vías que la constituyen. De tal forma que primero se nombra el número de vías (pines de entrada o salida) y luego se nombra las posiciones de la válvula, estas pueden ser de una, dos o tres posiciones.

2.12.1. CLASIFICACIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS

Para poder clasificar a las electroválvulas es factible diferenciarlas por el número de vías y posiciones que estas disponen, para ellas tenemos:

- Electroválvula distribuidora de 2/2 vías.
- Electroválvula distribuidora de 3/2 vías.
- Electroválvula distribuidora de 4/2 vías.
- Electroválvula distribuidora de 5/2 vías.
- Electroválvula distribuidora de 5/3 vías.

En la siguiente tabla se muestran los tipos de electroválvulas mayormente utilizados en electroneumática, se puede observar el símbolo de cada electroválvula y la aplicación de cada una de ellas.

TABLA 5: Tipos de electroválvulas

Tipo de válvula	Símbolo	Aplicaciones
Válvula de 2/2 vías servopilotada, reposición por muelle		Función de cierre
Válvula servopilotada de 3/2 vías, reposición por muelle (normalmente cerrada)		Cilindro de simple efecto
Válvula servopilotada de 3/2 vías, reposición por muelle (normalmente abierta)		Conexión y desconexión de la alimentación de aire comprimido
Válvula servopilotada de 4/2 vías, reposición por muelle		Cilindro lineal o giratorio de doble efecto
Válvula servopilotada de 5/2 vías, reposición por muelle		

Fuente: Fundamentos de Neumática y Electroneumática FESTO

2.12.2. SELECCIÓN DE LAS ELECTROVÁLVULAS ADECUADAS PARA EL MÓDULO

Para la selección de las electroválvulas adecuadas se toma como criterio primordial las características de las electroválvulas que se pudo observar en la tabla anterior, puesto que se utiliza cilindros neumáticos de doble y simple efecto, las electroválvulas adecuadas son las de 3/2 para cilindros de simple efecto, y 5/2 para cilindros de doble efecto.

2.13. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS ELECTROVÁLVULAS

Las electroválvulas de la serie V3211 y V522 tiene su codificación que para su mejor comprensión de indicará a continuación:

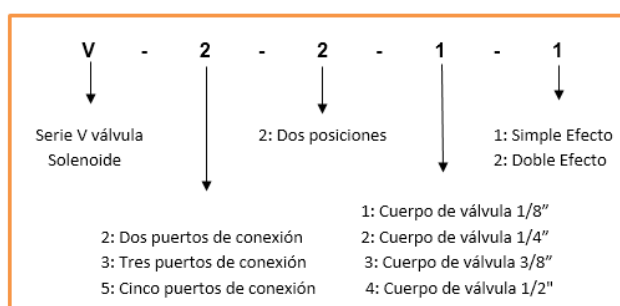


FIGURA 11: Descripción de las electroválvulas

Fuente: <http://emc-ecuador.com>

Con la explicación de los códigos en el anterior cuadro se puede saber el significado del código descrito en las electroválvulas escogidas. Entonces la interpretación del código es:

V3211.

- V:** Válvula Solenoide.
- 3:** Tres puertos de conexión.
- 2:** Dos Posiciones.
- 1:** Cuerpo de válvula 1/8".
- 1:** Cilindro de simple efecto.



FIGURA 12: Válvula solenoide V3211 (3/2)

Fuente: www.emc-ecuador.com

V5222.

- V:** Válvula Solenoide.
- 5:** Cinco puertos de posiciones.
- 2:** Cuerpo de válvula 1/4".
- 2:** Cilindro doble efecto.



FIGURA 13: Válvula solenoide V5222 (5/2)

Fuente: www.emc-ecuador.com

2.14. ACCIONAMIENTO DE ELECTROVÁLVULAS.



Las electroválvulas tienen la función de controlar automáticamente el caudal de los fluidos, se constituyen de un circuito eléctrico cuya parte principal es un electroimán que al accionar libera, bloquea o desvía el paso del fluido de aire. Estos elementos de control podrían dividirse considerando:

2.14.1. ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO

Este tipo de accionamiento depende de una fuente de aire comprimido para activar la válvula y la reposición de esta es mediante un muelle neumático, así la válvula regresa a su posición inicial.

La simbología para este tipo de accionamiento se visualiza en la siguiente tabla:

TABLA 6: Símbolos para accionamientos neumáticos

FUNCIÓN	SÍMBOLO
Accionamiento Mediante aire comprimido	
Reposición mediante muelle neumático	


Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática; FESTO DIDACTIC

2.14.2. ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO

Para el accionamiento eléctrico la electroválvula o válvula electromagnética utiliza una bobina que al excitarse produce un campo magnético capaz de activar y desactivar este elemento de control automáticamente, solo dependerá de la señal que se le dé a la electroválvula.

La simbología se indica en la siguiente tabla:

TABLA 7: Simbología de accionamiento eléctrico

FUNCIÓN	SÍMBOLO
Accionamiento mediante bobina	

Fuente: Fundamentos de neumática y electro-neumática; FESTO DIDACTIC

2.14.3. SU NÚMERO DE VÍAS A CONTROLAR O CONEXIONES EXISTENTES

Un ejemplo de este tipo se indica en la siguiente figura:

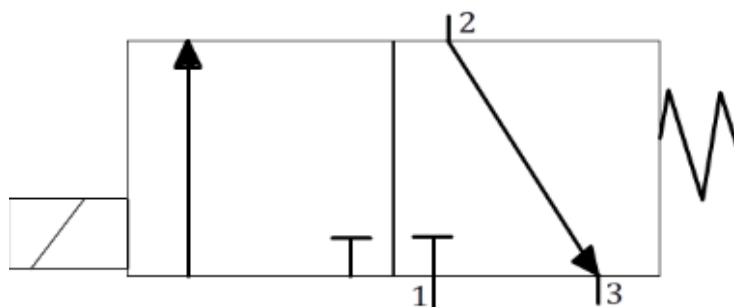


FIGURA 14: Electroválvula 3/2 vías normalmente cerrada (NC)

Fuente: Circuitos básicos de electroneumática

2.14.4. SU ACCIONAMIENTO MANUAL AUXILIAR

De acuerdo a Lladonosa (1997) “En un circuito electroneumático o con electroválvulas pueden existir cortes de tensión durante los cuales las electroválvulas no son operables (p.53).

Dicho de otra manera si se corta la fuente de energía eléctrica, la electroválvula queda inoperable, por esta razón los fabricantes las construyen con un accionamiento manual auxiliar que permite conmutar la electroválvula de una posición a otra de forma mecánica.

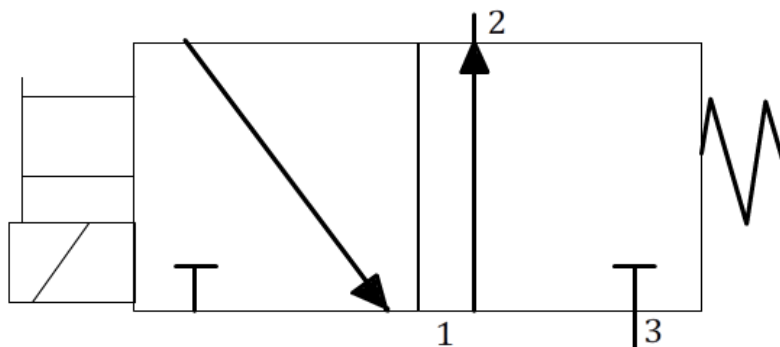


FIGURA 15: Electroválvula 3/2 vías normalmente abierta (NO) con accionamiento manual auxiliar.

Fuente: Circuitos básicos de electroneumática

2.14.5. TRANSFORMACIÓN DE SEÑALES ELÉCTRICAS EN SEÑALES NEUMÁTICAS

La electroneumática es una tecnología que mezcla dos formas de energía, eléctrica y neumática, para que las dos puedan coincidir y cumplir su función dentro de un proceso es necesario utilizar elementos convertidores que sean compatibles para cualquiera de las dos formas de energía mencionadas.

Para realizar esta acción se utilizan válvulas electromagnéticas las cuales están destinadas a cumplir con la función de convertir las señales eléctricas en neumáticas, estos dispositivos se componen de:

- Una válvula neumática.
- Una bobina que activa la válvula.

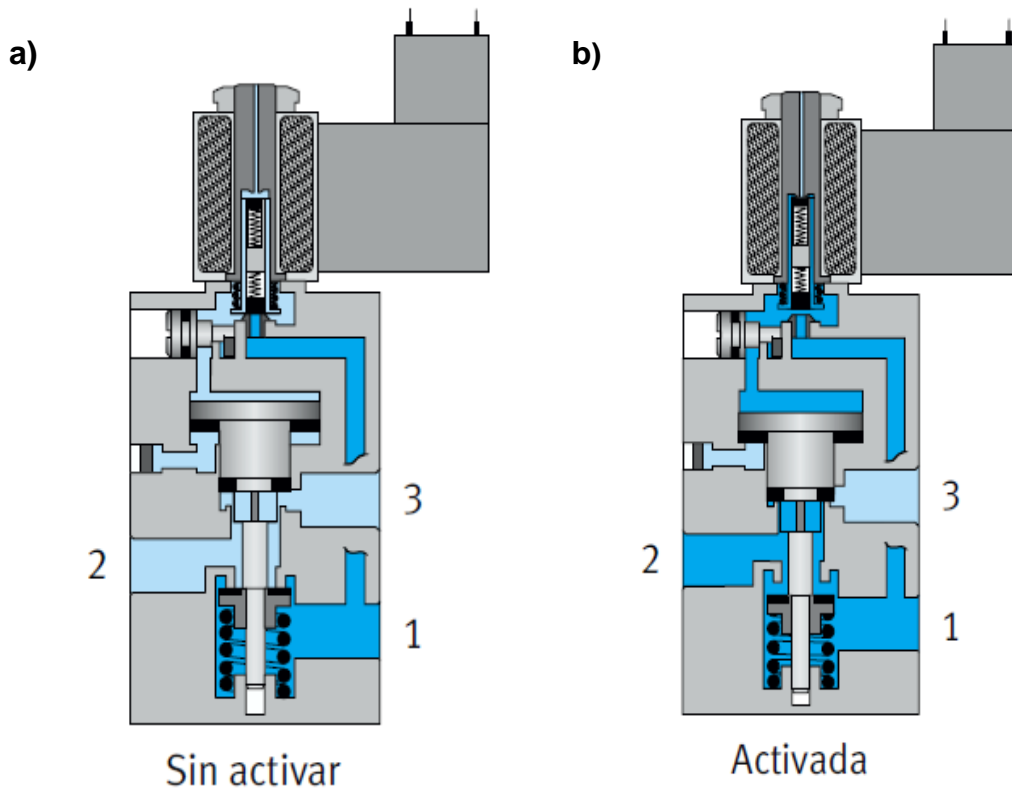


FIGURA 16:

- a) Electroválvula 3/2 vías normalmente abierta (NO) con accionamiento manual auxiliar.
- b) Electroválvula 3/2 vías normalmente cerrada (NC) con accionamiento manual auxiliar.

Fuente: Fundamentos de Neumática y Electroneumática FESTO

2.14.6. TRANSFORMACIÓN DE SEÑALES NEUMÁTICAS EN SEÑALES ELÉCTRICAS

Para realizar este proceso se requiere de la variable presión; la válvula es accionada cuando la presión alcanza un valor determinado, cuando esto sucede el mecanismo genera una señal eléctrica que permite activar la electroválvula y permitir el paso o el cierre del aire comprimido. La presión de la señal neumática actúa contra el muelle regulable.

La presión que ejerce el aire dentro de la válvula hace que se produzca una fuerza que choca a la membrana en reposo y logra así sobrepasar la fuerza elástica de la membrana la cual al suceder esto activa un contacto eléctrico de conmutación.

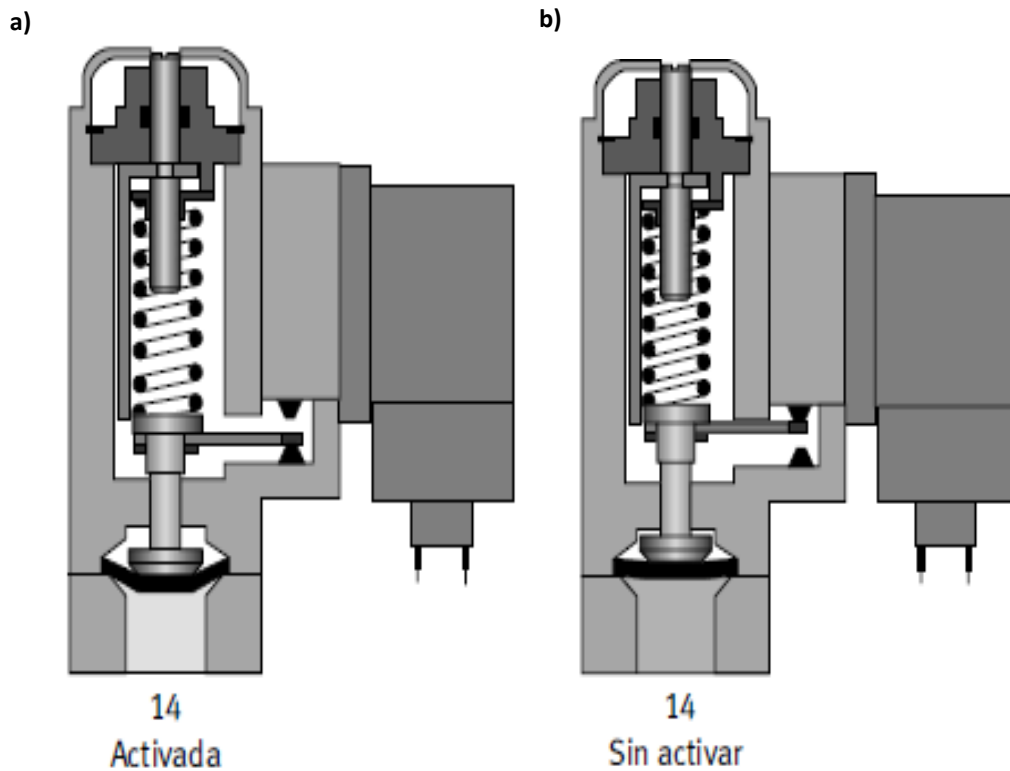


FIGURA 17:

- a) Válvula distribuidora de 3/2 vías de accionamiento neumático normalmente cerrada (NC).
- b) Válvula distribuidora de 3/2 vías de accionamiento neumático normalmente abierta (NO).

Fuente: Fundamentos de Neumática y Electroneumática FESTO

2.15. DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS

Los dispositivos eléctricos son aquellos que se utilizan para lograr el accionamiento de los actuadores neumáticos, básicamente son los que reciben una señal eléctrica desplazada desde una fuente y la convierten en una señal neumática estos son:

2.15.1. ELEMENTOS DE RETENCIÓN

Son pulsadores empleados para dar inicio al sistema como también pueden emplearse para dar un paro de emergencia o un paro momentáneo al sistema que se esté controlando.

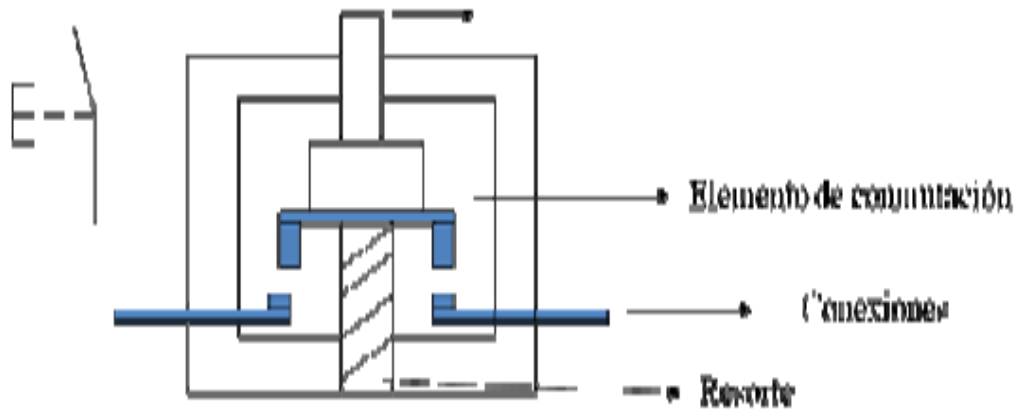


FIGURA 18: Pulsador de marcha y paro
Fuente: Curso de Neumática Inst. Berlín

2.15.2. INTERRUPTORES MECÁNICOS DE FINAL DE CARRERA

Estos elementos son diseñados para detectar la presencia o ausencia de algún elemento, por medio de un contacto mecánico entre un interruptor y el elemento a ser detectado.

Los sensores magnéticos o Reed Switch son interruptores que se activan en presencia de campos magnéticos. Cuando es normalmente abierto los contactos se cierran y cuando es normalmente cerrado se abren. Las aplicaciones de estos sensores son diversas al menos en el mundo moderno, por ejemplo, se los encuentra en sistemas antirrobo colocados en puertas y ventanas, sensores de velocidad en bicicletas, etc.

En la investigación estos sensores servirán como controles para los cilindros neumáticos en su activación y desactivación.

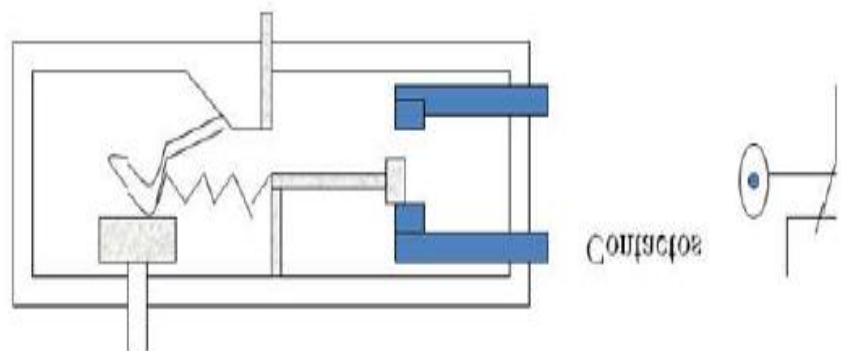

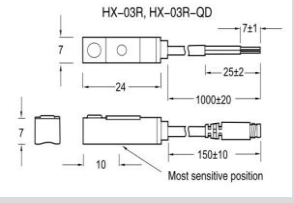



FIGURA 19: Interruptor de final de carrera, normalmente abierto
Fuente: Curso de Neumática Inst. Berlín

TABLA 8: Especificaciones de los sensores reed switch

Gráfico	Modelo	Tipo	Dimensiones	Voltaje	Tipo de cilindro	Adecuado para cilindros
	HX-03R HX-03N HX-03P	Reed Switch NPN PNP		5-240V DC/AC 5-30V DC/AC 5-30V DC/AC	RAL RA IA	

Fuente: www.emc-ecuador.com

2.15.3. RELEVADORES O RELÉS.

Es un dispositivo electromagnético, que funciona como interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Su funcionamiento se basa en hacer pasar por la bobina una corriente para que pueda generar un campo magnético que atrae a un inducido, y este pueda hacer conmutar a los contactos de salida.

Son ampliamente utilizados para regular secuencias lógicas en donde intervienen cargas de alta impedancia y para energizar sistemas de alta potencia.

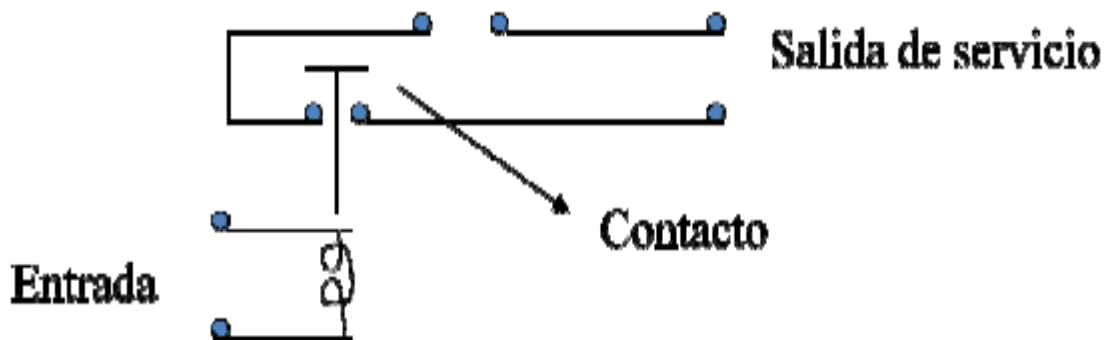


FIGURA 20: Principio de funcionamiento de un relevador

Fuente: Curso de Neumática Inst. Berlín

2.16. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Un controlador lógico programable permite que exista una comunicación entre el usuario y la máquina, la cual permita controlar un proceso o realizar una secuencia de acciones de manera automática. El programador ejecuta instrucciones de forma secuencial, a partir de la información que llega a sus entradas desde los sensores, y es ahí donde decide cuando conmutar sus salidas donde se encuentran conectado los actuadores. (Daneri, 2008).

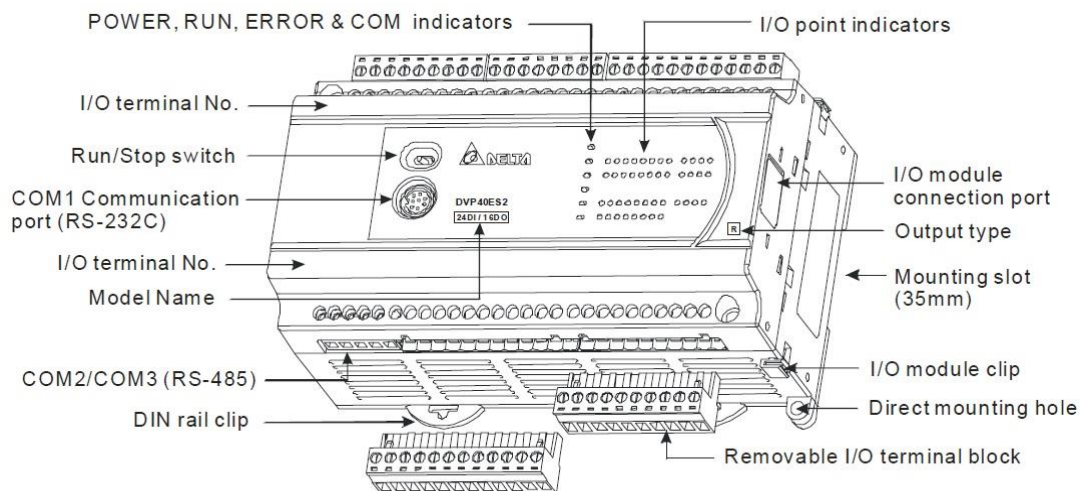


FIGURA 21: Controlador lógico programable

Fuente: Delta Electronics, sf.

El controlador lógico programable es un dispositivo electrónico capaz de ejecutar órdenes según sea programada, este aparato ha sido muy utilizado en procesos que requieren ser automáticos, mayormente utilizado en procesos industriales debido a su versatilidad y las ventajas: inmune al ruido eléctrico lo cual permite que no se distorsione las señales y la resistencia a la vibración y al impacto.

2.16.1. ARQUITECTURA DEL PLC

Un PLC, al ser una pequeña computadora se componen de un software y un hardware, en su interior se puede encontrar como parte principal la unidad central de procesamiento, memoria, fuente de poder, entradas/salidas e interface de comunicación; aquellas partes anteriormente nombradas cumplen el siguiente proceso para su funcionamiento:

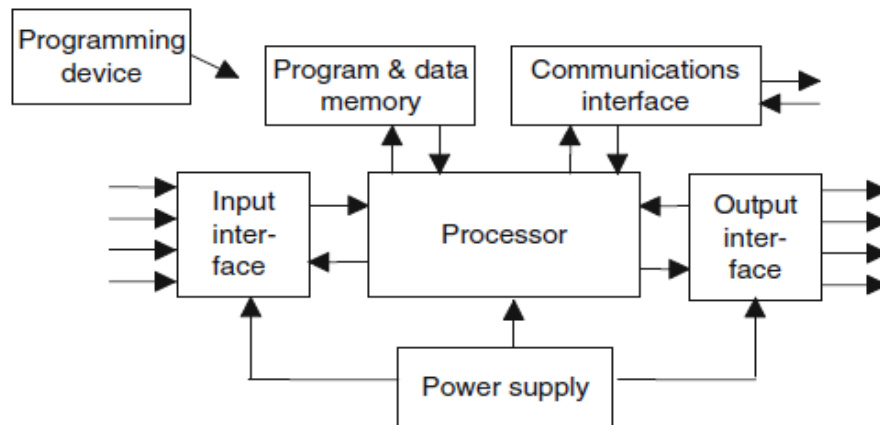


FIGURA 22: Sistema de un PLC

Fuente: Bolton, 2006.

- **CPU o Procesador.-** Tiene por objetivo interpretar y ejecutar las instrucciones almacenadas en la memoria del PLC a fin de tomar decisiones en función de las variables de campo conectadas a la tarjeta de entrada.
- **Fuente de alimentación.-** La fuente de alimentación es la que convierte el voltaje suministrado por la red eléctrica de 120V alterna, a un voltaje de 12 o 24 voltios de corriente continua, lo cuales son suministrados a los sistemas internos para que estos puedan operar, generalmente los dispositivos internos necesitan un voltaje de 5V
- **Tarjetas de entrada.-** Las tarjetas de entrada tienen como objetivo convertir las señales de campo a un formato lógico de 0 y 1 que el procesador del PLC puede entender, por ejemplo la temperatura de un tanque que se mide con un termopar el cual varía el voltaje dependiendo de la temperatura a censar, dicho voltaje se conecta a una tarjeta de entrada de PLC por medio de sus terminales, la tarjeta convierte la señal de voltaje en un valor lógico de tal manera que el controlador pueda utilizar la temperatura dentro de la secuencia ya programada.
- **Tarjetas de salida.-** Son utilizadas para convertir la señal lógica de 0 y 1 resultante de la evaluación del procesador a señales de campo que permitan activar válvulas, bombas, motores, etc.

- **Interface de comunicación.-** Es la parte que se encarga de generar una comunicación entre el PLC con otros dispositivos compatibles con este, por ejemplo con pantallas HMI e inclusive con otros PLC.

2.16.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PLC'S

Para clasificar a los PLC's es conveniente hacerlo por sus características. Estos pueden ser:

- **PLC nano.-** Los PLC tipo nano es un tipo de PLC compacto que integra en su interior la CPU, las entradas/salidas y la fuente de alimentación. Este tipo posee un conjunto reducido de entradas y salidas básicamente inferior a 100.
- **PLC modulares.-** Este PLC tiene físicamente módulos tanto para la CPU, como para los distintos módulos de entrada y salida. La ventaja de estos PLC es que se puede adecuar la arquitectura del sistema dependiendo de las necesidades de diseño y funcionamiento. (García E. 2001).
- **PLC compactos.-** García E. (2001) dice: "La estructura compacta resulta adecuada para pequeñas aplicaciones con un número prefijado de entradas/salidas". (p.169)

Este tipo de PLC incorpora en su arquitectura la fuente de alimentación, la CPU, y los módulos de entrada y salida en un solo módulo que permite manejar desde unas pocas entradas y salidas hasta un rango de alrededor de 500.

- **PLC compacto – modular.-** Un PLC compacto – modular es un dispositivo electrónico que junta dos PLC's en uno y que se ha expandido a través de otros módulos para tener más entradas y salidas digitales o analógicas, lo cual lo constituye como un módulo inteligente para grandes aplicaciones. (Villajulca, 2012)

2.16.3. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.

El lenguaje de programación se considera el software en la estructura del PLC, es la manera de comunicación entre el usuario y el PLC para que este pueda desarrollar la tarea asignada de forma automática. Entre los lenguajes de programación existen algunos de los cuales los más utilizados son:

- a) Programación Ladder (LAD).
- b) Diagrama de bloques de Función (FBD).
- c) Lista de instrucciones (LI).
- d) Sequential Function Chart (SFC).

2.16.4. PROGRAMACIÓN LADDER (LAD).

La programación ladder puede ser la más fácil de comprender si se trabaja en entornos de electricidad y electrónica, para entender mejor este tipo de programación se parte de un circuito eléctrico sencillo que a continuación se muestra:

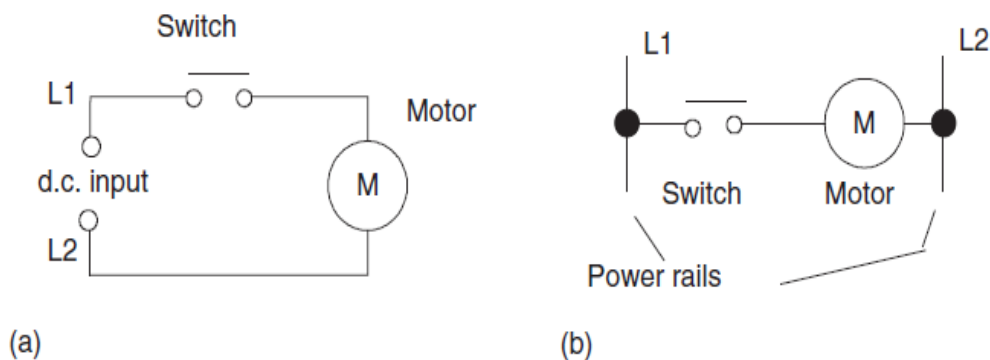


FIGURA 23: a) Representación eléctrica, b) Representación Ladder

Fuente: Bolton, 2006.

La imagen (b) muestra el mismo circuito visto en (a) pero en diferente posición, donde las líneas verticales representan la fuente de alimentación y vistos horizontalmente se encuentran los elementos activos y pasivos del circuito.

2.16.5. DIAGRAMA DE BLOQUES DE FUNCIÓN (FBD)

Según SENA (2013). “El diagrama de bloques funcionales es: “Lenguaje gráfico donde todas las funciones del programa se representan mediante bloques lógicos o aritméticos. Este lenguaje permite el procesamiento tanto secuencial como paralelo.” (p. 19)

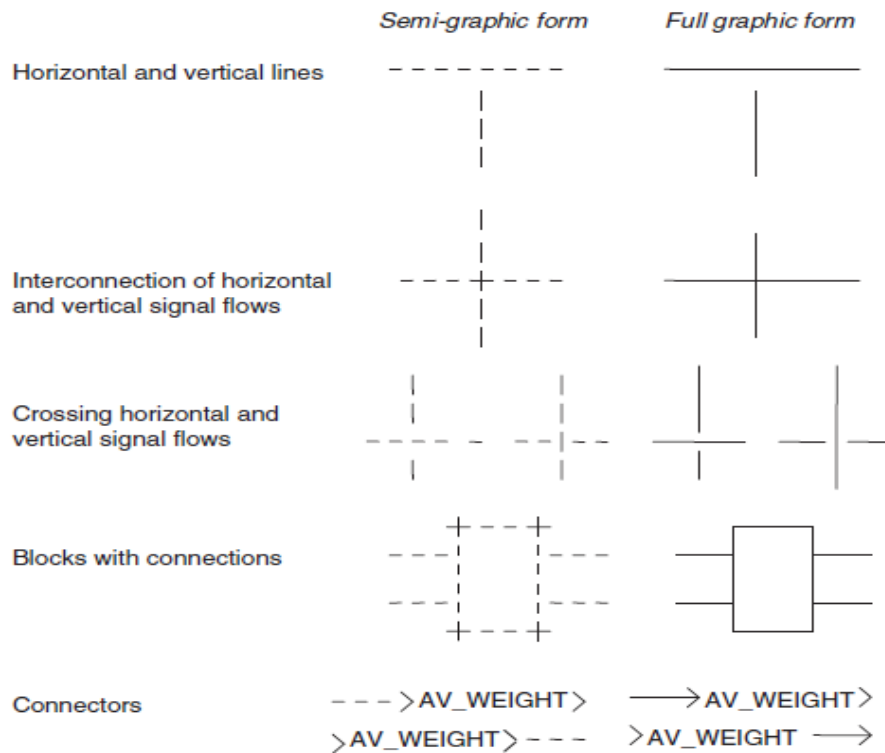


FIGURA 24: Diagramas Básicos Ladder

Fuente: Bolton, 2006.

2.16.6. LISTA DE INSTRUCCIONES

La lista de instrucciones son un conjunto de códigos simbólicos que indican una instrucción que el usuario le da al programa para que este pueda ser ejecutado. El usuario debe utilizar sus propios códigos y una nomenclatura distinta para nombrar a las variables del sistema.

Según indica SENA (2013) “La lista de instrucciones se compone de una dirección, una instrucción y un parámetro de la siguiente forma:

<i>Dirección</i>	<i>Instrucción</i>	<i>Parámetro</i>
<i>0000</i>	<i>LD</i>	<i>H0501</i>

Dirección: Indica la posición de la instrucción en la memoria del programa.

Instrucción: Especifica la operación a realizar.

Parámetro: Datos asociados a la operación (instrucción). Los parámetros son general de formato TIPO y VALOR (p.18).

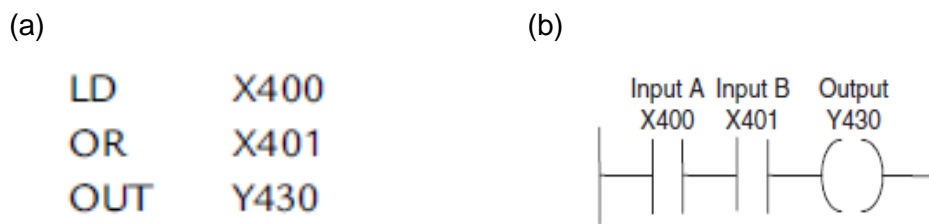


FIGURA 25: Programa muestra AND (a) Lista de Instrucciones, (b) Ladder

Fuente: Bolton, 2006.

2.16.7. SECUENCIAL FUNCIÓN CHART (SFC)

Este tipo de lenguaje se asemeja a un diagrama de flujo, se forma de rectángulos que representan cada estado del programa y las líneas verticales y horizontales representan el siguiente estado que debe seguir el programa según haya sido la instrucción.

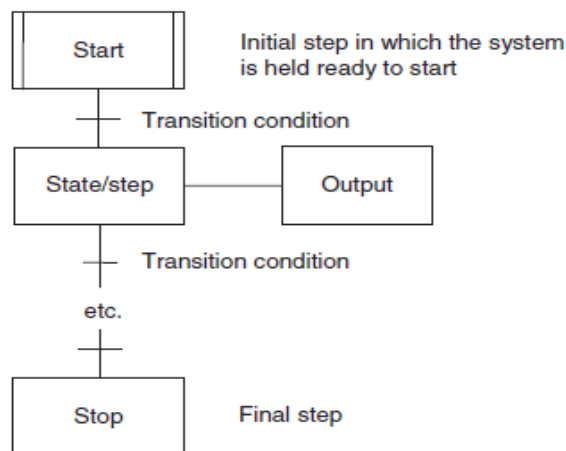


FIGURA 26: Secuencia de estados de un semáforo simple

Fuente: Bolton, 2006.

2.16.8. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE ADECUADO PARA EL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO

TABLA 9: Comparación de marcas reconocidas de PLC

PLC Adecuado para el módulo de entrenamiento	Siemens	Allen Bradley	Schneider
	S7-1200	Micro 1110	Modicom M340
Costo	Medio	Alto	Alto
Fuente de alimentación	Incluida	Incluida	Separada
Velocidad	30 <u>Kbits p/s</u>	19 <u>Kbits p/s</u>	50 <u>Kbits p/s</u>
Entradas	8 integradas	6	9
Salidas	6 tipo Relé	4	9
Adaptable para sensor	Si	No	No
Lenguaje de Programación	3	2	2
Interfaz Ethernet Integrado	Si	Si	Si

PLC Adecuado para el módulo de entrenamiento Tamaño de Memoria	Siemens	Allen Bradley	Schneider
	S7-1200 50 KB	Micro 1110 2.048 KB	Modicom M340 Necesita tarjeta
Compatible para HMI	Si	Si	Si
Temperatura de soporte	-20° - 60°C	0° - 55°C	0° a 60°C
Ancho	90mm (ancho)	110mm (ancho)	105mm (ancho)
Alto	100mm (alto)	80mm (alto)	90(alto)
Profundidad	75mm (profundo)	70mm(profundo)	70(profundo)
Peso	420 g	450G	500g
			

La asignación del PLC adecuado para el módulo de entrenamiento, se la realizó comparando diferentes parámetros de construcción, constitución y precio de tres marcas reconocidas a nivel mundial, entre ellas: Allen Bradley, Siemens y Schneider, pero visto desde el punto funcional, aplicativo y económico, el PLC de la marca Siemens se merece todo el reconocimiento sin desmerecer a las otras dos marcas que sirvieron para la comparación.

2.17. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL PLC SIEMENS S7-1200

Los PLC S7-1200 son dispositivos electrónicos diseñados para ser el control principal de procesos industriales pequeños que requieran funciones simples o avanzadas para la lógica, gracias a su diseño compacto, su funcionalidad, su bajo costo, etc., hace que el S7-1200 sea apto para controlar tareas sencillas y complejas cualquiera sea el uso al que se lo exponga.

2.17.1. PARTES DEL PLC S7-1200

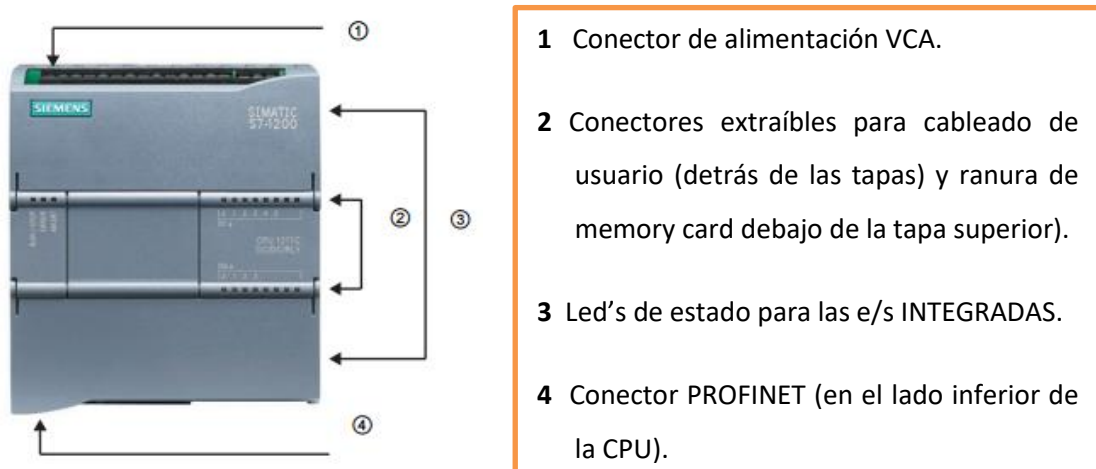


FIGURA 27: Partes externas del PLC S7-1200.

Fuente: Manual SIEMENS

En su interior la CPU incorpora una fuente de alimentación, un microprocesador, entradas/salidas digitales y analógicas, todo esto envuelto en una carcasa compacta que no requiere de un espacio grande para su alojamiento, además el S7-1200 incorpora un puerto de comunicación PROFINET con esto se puede obtener comunicaciones a gran velocidad y precisión incrementando así la productividad en las plantas industriales.

Asimismo dispone de tres tipos de lenguaje de programación fáciles de comprender y enseñar, tomando en cuenta que el presente proyecto servirá para que a futuro se realicen investigaciones prácticas y técnicas en el Laboratorio de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico, por esta razón se necesita estandarizar esta marca de PLC para que los estudiantes desarrollen futuros proyectos con este elemento importante para aprender control automático.

2.17.2. VENTAJAS DE LOS PLC S7-1200

Las principales ventajas de los PLC S7-1200 son:

- Son de bajo costo.
- Son adaptables a entornos exigentes de trabajo.
- Su programación es sencilla y de fácil aprendizaje.
- Se pueden adaptar módulos de expansión si se requiere más entradas y salidas.

2.18. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN ADECUADO PARA EL PLC

El lenguaje de programación es una de las partes fundamentales para ejecutar un proceso de control, la variedad de lenguajes hace que el PLC sea adaptable para cualquier usuario dependiendo del conocimiento y de la aplicación del programador lógico controlado.

Luego de haber hecho un análisis de los diferentes tipos de lenguaje, la mejor opción de lenguaje en base al controlador lógico programable escogido, es la programación tipo Ladder, el PLC S7-1200 se adapta a este tipo de lenguaje y hace que la comprensión sea fácil y dinámica puesto que utiliza símbolos conocidos por personas que conocen de electricidad y electrónica, además se vuelve fácil su forma de programación, puesto que dependiendo el software de programación, se puede simular cada segmento y con esto verificar que la programación vaya por el camino adecuado.

2.18.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PROGRAMACIÓN TIPO LADDER

Según García E. (2001) dice: “Este lenguaje es una simulación gráfica de los circuitos eléctricos basados en elementos normalmente abiertos, cerrados y bobinas de accionamiento.

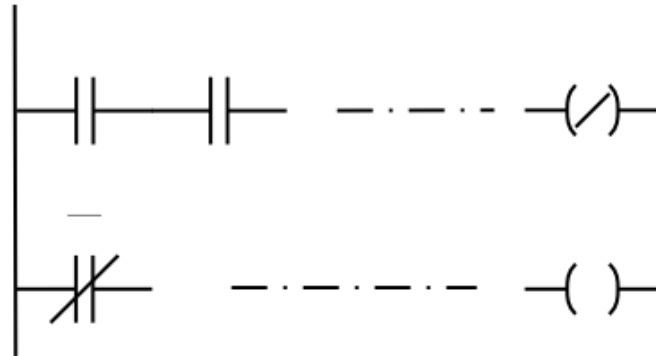


FIGURA 28: Estructura general de distribución del programa LADDER

Fuente: bibdigital.epn.edu.ec/.../LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION%20DE%20PLC

Balcells (1998) dice: “Se entiende entonces por programación estructurada aquella que divide la tarea a programar en subprogramas o módulos, que corresponden a tratamientos parciales, y que son llamados durante el escrutinio desde un programa raíz”. (p. 235).

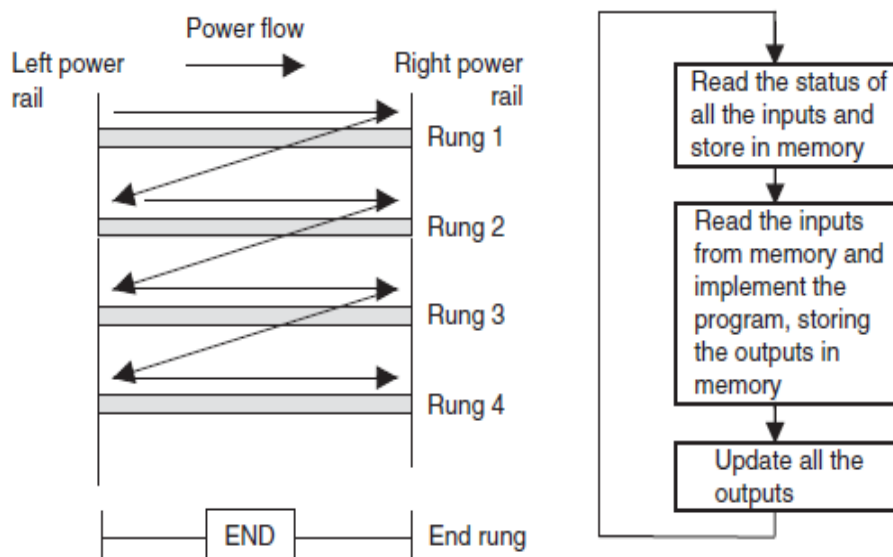
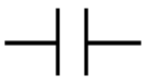
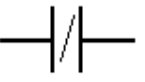
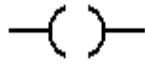
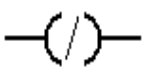
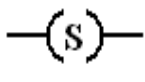
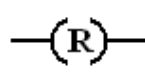


FIGURA 29: Ejecución de un programa Ladder

Fuente: Bolton, 2006

Los símbolos que se utiliza están normalizados según normas NEMA y son empleados por todos los fabricantes.

TABLA 10: Elementos utilizados en programación Ladder.

Símbolo	Nombre	Descripción
	Contacto NA	Se activa cuando hay un uno lógico en el elemento que representa, esto es, una entrada (para captar información del proceso a controlar), una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto NC	Su función es similar al contacto NA anterior, pero en este caso se activa cuando hay un cero lógico, cosa que deberá de tenerse muy en cuenta a la hora de su utilización.
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un uno lógico. Su activación equivale a decir que tiene un uno lógico. Suele representar elementos de salida, aunque a veces puede hacer el papel de variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su activación equivale a decir que tiene un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.
	Bobina SET	Una vez activa (puesta a 1) no se puede desactivar (puesta a 0) si no es por su correspondiente bobina en RESET. Sirve para memorizar bits y usada junto con la bina RESET dan una enorme potencia en la programación.
	Bobina SET	Permite desactivar una bobina SET previamente activada.

Fuente: bibdigital.epn.edu.ec/.../LENGUAJES%20DE%20PROGRAMACION%20DE%20PLC..

2.19. PANTALLA HMI (INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA).

Las pantallas HMI por sus siglas o Interfaz Hombre Máquina son elementos utilizados en procesos de control industrial que sirven para optimizar los procesos pues brindan un mayor control visual del trabajo que están desempeñando las máquinas, a pesar de su costo la pantalla es una opción que sirve para cumplir con el objetivo de aumentar la capacidad de producción sin que sea necesario aumentar el tamaño de la fuerza de trabajo.

Las pantallas sirven para llevar un control visual del estado de los elementos que se integran en el proceso de control, además sirve para que el operador pueda manejar desde la pantalla el proceso completo es por esta razón que las pantallas están dotadas de teclas de función que permiten encender o hacer un paro de emergencia.



FIGURA 30: Pantalla HMI

Fuente: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2020>

Las funciones que brinda la utilización de estos elementos dentro de los procesos industriales son:

- **Monitoreo.-** Esta característica permite interpretar datos que registra la pantalla en tiempo real, esto datos pueden verse el forma de texto, gráficos o números.
- **Supervisión.-** Permite que cualquier proceso que se esté llevando a cabo pueda ser controlado directamente desde la computadora.
- **Alarmas.-** Las alarmas sirven para reportar algún evento fuera de lo inusual y poder reportarlo para precautelar el funcionamiento del proceso y evitar posibles daños dentro del sistema.

- **Control.-** Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores pre-establecidos con la finalidad de mantener los valores dentro de los límites permitidos.
- **Históricos.-** Las pantallas HMI además de servir como un control dentro de los procesos industriales también tiene la capacidad de muestrear y almacenar datos que sirven para la optimización y corrección de procesos.

2.20. HMI ADECUADA PARA EL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO

La implementación de la HMI servirá para que los procesos estén supervisados y controlados desde dicho elemento de control, la pantalla HMI se la eligió por ser compatible con el PLC S7-1200, la misma pantalla pertenece a la firma Siemens y por su compatibilidad hace que la programación sea más sencilla y entendible.

La marca Siemens ofrece una gran variedad de pantallas táctiles pero la gran diferencia entre estas es el costo, la funcionalidad que ofrecen, es básicamente la misma entre ellas, tomando en cuenta lo anteriormente dicho, se ha escogido la pantalla KTP 400 Basic la cual cuenta con 4 teclas de función y que sus características se describen a continuación.

2.20.1. CARACTERÍSTICAS DE LA PANTALLA HMI KTP 400 BASIC

Todos los paneles de SIMATIC están diseñados con un grado de protección IP 65 lo cual hace que se adapten incluso a entornos exigentes de polvo y humedad, inclusive dispone de funciones necesarias como registro de alarmas, gestión de recibos, gráficos vectoriales y cambio de idioma.

Esta pantalla ofrece 4 teclas de función dentro de una pantalla de 4", 65536 colores, la comunicación con el PLC se realiza mediante interfaz PROFINET, la configuración de la pantalla KTP 400 es posible mediante STEP7 BASIC V13 al igual que la configuración del PLC.

2.20.2. PARTES DE LA PANTALLA KTP 400 BASIC.

La HMI KTP 400 Basic dispone de las siguientes partes y características:

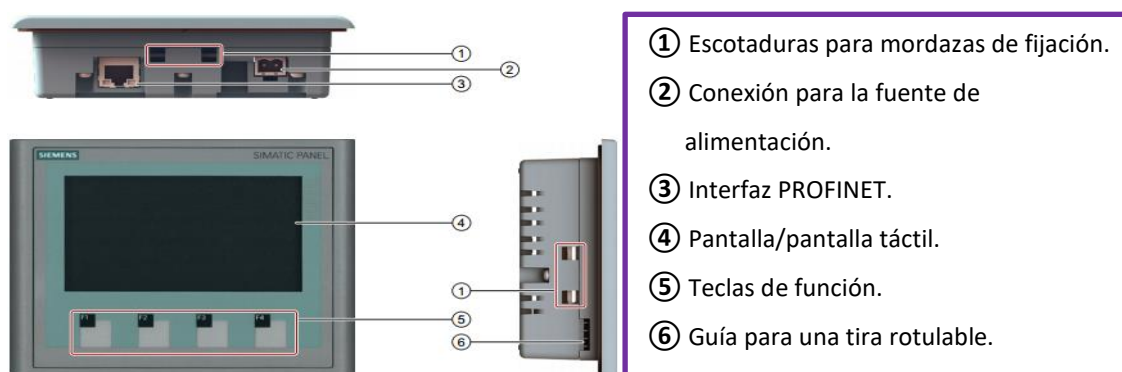


FIGURA 31: Partes principales de la Pantalla HMI KTP 400 Basic

Fuente: Manual usuario SIEMENS

TABLA 11: Características técnicas de la pantalla HMI KTP 400 Basic

Resumen de las características Técnicas	
Tipo	KTP400 BASIC
Tamaño de pantalla	4" TFT
Ancho de display	95 mm
Alto de display	53,9 mm
Número de colores	65536
Número de ranuras	4
Tipo de pantalla táctil	Si
Interfaz	Ethernet, USB
Fuente de alimentación	24 V DC
Anchura de montaje	123 mm
Altura de montaje	99 mm
Profundidad de montaje	33 mm
Protección	IP65
Temperatura de servicio min.	0 °C
Temperatura de servicio máx.	50 °C
Modelo	Transversal, Vertical
Memoria para datos de usuario	10 MB
Reloj de sistema	Reloj de hardware
Salida (la acústica)	Zumbador
Protocolos	PROFINET
Software de configuración	STEP7 Basic, WinCC Basic (TIA Portal)

Fuente: Manual de usuario SIEMENS

2.21. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Deflagración.- Combustión rápida con llama y sin explosión.

Norma UNE.- (UNE acrónimo de Una Norma Española) son un conjunto de normas tecnológicas creadas por los comités técnicos de normalización (CTN).

Presostato.- Es un instrumento que abre o cierra un circuito eléctrico, en función del cambio de un valor de presión prefijado, en un circuito neumático. También se le conoce como interruptor de presión.

Turborreactor.- Motor a reacción, utilizado principalmente en la propulsión de aeronaves, que está provisto de una turbina de gas que, al expandirse por medio de toberas, produce un efecto de propulsión.

Bar.- Se denomina bar a una unidad de presión equivalente a un millón de barias, aproximadamente igual a una atmósfera (1 atm). Su símbolo es «bar». La palabra «bar» tiene su origen en «báros», que en griego significa «peso».

Pa.- El pascal (símbolo Pa) es la unidad de presión del Sistema Internacional de Unidades. Se define como la presión que ejerce una fuerza de 1 newton sobre una superficie de 1 metro cuadrado normal a la misma.

Psi.- Del inglés (pounds-force per square inch) es una unidad de presión en el sistema anglosajón de unidades.

Servomotor.- Es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición.

Relación de compresión.- La relación de compresión volumétrica en un motor de combustión interna es el número que permite medir la proporción en volumen, que se ha comprimido la mezcla de aire-combustible.

dm³.- El decímetro cúbico es una unidad de volumen derivada del metro cúbico, equivale a la milésima parte de un metro cúbico. El símbolo de decímetro cúbico es dm³. Un decímetro cúbico es equivalente a 1 litro.

Solenoides.- Bobina formada por un alambre enrollado en espiral sobre una armazón cilíndrica, que se emplea en diversos aparatos eléctricos, y que crea un campo magnético cuando circula una corriente continua por su interior.

Autómata.- Un autómata es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Termopar.- Un termopar es un sensor para medir la temperatura.

Ladder.- También denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.

HMI.- Interfaz hombre máquina.

Interfaz.- Dispositivo capaz de transformar las señales generadas por un aparato en señales comprensibles por otro.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. EXPERIMENTAL:

Los experimentos que se realicen con el módulo de entrenamiento pueden servir para enriquecer el conocimiento de los interesados y poderlo aplicar en diferentes situaciones en el ámbito laboral. De igual manera este módulo servirá para que se explique cómo se desempeña y de que elementos se constituye.

3.1.2. DOCUMENTAL:

Para realizar la investigación se recolectó la mayor parte de información técnica e histórica del problema planteado para conocer las causas y los antecedentes del mismo; para esto es necesario emplear la investigación documental que se basa en la recolección de información de libros, revistas científicas, publicaciones, etc.

3.1.3. TECNOLÓGICA:

La investigación tecnológica sirvió para conocer los avances tecnológicos que tienen los elementos que se utilizaron para desarrollar el presente proyecto, esto servirá para que se optimice la enseñanza de este tipo de tecnologías de control automatización.

3.1.4. APLICADA:

Con todos los conocimientos que se adquirieron durante la investigación de este proyecto, se realizó un módulo de pruebas que servirá para que las futuras generaciones conozcan sobre este tipo de tecnología, sus aplicaciones y sobre todo el funcionamiento de los equipos que se instalaron en el módulo, para esto se realizó la investigación aplicada que es la utilización de los conocimientos en la práctica.

3.2. MÉTODOS

La presente investigación tiene la función primordial de encontrar una solución factible para la problemática planteada anteriormente para su desarrollo y ejecución.

Los métodos utilizados fueron:

3.2.1. MÉTODO ANALÍTICO SINTÉTICO

Este método ayuda al análisis por separado de todas las partes que conforman el módulo de entrenamiento para observar su forma de operar y su desempeño bajo situaciones reales, este método sirvió para investigar todos los sistemas de control implantados en el módulo, por ejemplo PLC, sensores, etc.

3.2.2. MÉTODO EXPERIMENTAL

Con la ayuda de este método el investigador crea condiciones necesarias para el desempeño de las propiedades, el método experimental ayudó a la investigación de dos software TiaPortal del PLC y FluidSIM para simulaciones de actuadores neumáticos, con este método se logró comprender la forma de diseñar situaciones reales desarrolladas en un simulador.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron diferentes tipos de técnicas e instrumentos, todo haciendo referencia a la naturaleza de los componentes incluidos en la práctica.

En el transcurso de la investigación fue necesario utilizar la técnica de fichaje para recopilar información de las bibliotecas donde existen documentos basados o referentes a la investigación a realizar.

La técnica documental sirvió para captar información secundaria que permitió no solo estar a la vanguardia de los últimos adelantos técnicos y científicos de los componentes del proyecto, sino también de aspectos que otras ciencias y áreas aportaron a la investigación. La información secundaria se obtuvo a través de una serie de documentos, levantamientos bibliográficos, revistas, recortes de prensa, e internet.

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA TECNOLÓGICA

4.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA:

**MÓDULO DE PRUEBAS ELECTRO-NEUMÁTICAS PARA EL
LABORATORIO DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO**

4.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.

Con la implementación del módulo de entrenamiento electroneumático se podrá investigar, conocer y desarrollar procesos autónomos de situaciones reales dentro de instalaciones industriales, con la tecnología implementada en el módulo se puede desarrollar proyectos afines a electrónica y electricidad puesto que se ha diseñado el módulo de manera que este sea versátil y dinámico para diferentes aplicaciones.

La investigación cuenta con la parte de guía de diseño, en la cual se muestra paso a paso la manera de programación del PLC y su funcionamiento, conjuntamente con el software de simulación se puede diseñar circuitos electro neumáticos para lograr una mayor comprensión de los procesos de control implementados en el módulo.

El objetivo de la investigación es que se tenga las herramientas necesarias y los conocimientos fundamentales para optimizar este trabajo, los encargados en adelante contarán con un sistema que aporta al enriquecimiento de sus conocimientos y que sirve para conocer la naturaleza de esta tecnología llamada electro neumático.

La implementación de la electroneumática en nuestras actividades cotidianas ha contribuido con el mejoramiento y optimización de muchas actividades o procesos que se requieren a diario para la transformación del entorno y la adquisición de elementos para un mejor nivel de vida.

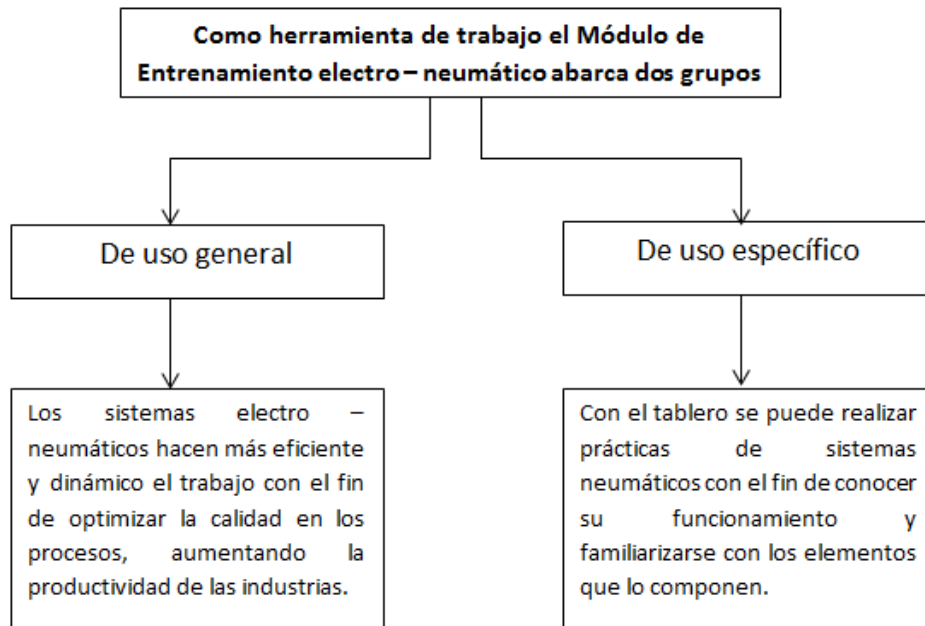


FIGURA 32: El Módulo electroneumático como herramienta de trabajo

Fuente: El Autor

4.3. OBJETIVOS

4.3.1. OBJETIVO GENERAL

Utilizar el Módulo de entrenamiento para pruebas electro – neumáticas como herramienta metodológica para el proceso enseñanza – aprendizaje, mediante la utilización de una guía didáctica previamente diseñada, con el fin de mejorar la capacidad de entendimiento y optimizar el aprendizaje de los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.

4.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Diseñar un módulo de control el cual permita controlar procesos neumáticos basados en situaciones secuenciales.
- b. Elaborar el módulo de control electroneumático el cual permita realizar pruebas en el laboratorio de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.
- c. Diseñar prácticas en las cuales se detalle el funcionamiento de cada ejercicio, indicando la forma de programación y la ubicación de los elementos en los simuladores virtuales.

4.4. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.4.1. SELECCIÓN DEL COMPRESOR

La selección del compresor dependerá del caudal necesario que éste pueda suministrar al circuito neumático, si el compresor tiene un volumen superior a 200 000 cm^3 , este será el adecuado para realizar este proyecto.

4.4.1.1. CÁLCULO DEL VOLUMEN DEL COMPRESOR

Para el cálculo del volumen se utiliza la ecuación 1:

$$V = \pi * r^2 * h$$

Para conocer el radio del tanque, antes es necesario determinar el diámetro del depósito de aire, para esto se utiliza la siguiente ecuación matemática:

$$r = \frac{D}{2}$$

Tomando las medidas del diámetro del tanque se tiene: 78 cm. Entones:

$$r = \frac{78 \text{ cm}}{2}$$
$$r = 39 \text{ cm}$$

Calculando el volumen del tanque se obtiene:

$$V = \pi * r^2 * h$$
$$V = \pi * 39cm^2 * 50cm$$
$$V = 238\,918,12 \text{ cm}^3$$

Con este valor de volumen el compresor es adecuado para realizar la investigación.

4.4.2. SELECCIÓN DE LOS CILINDROS NEUMÁTICOS

Para diseñar el tablero de entrenamiento se escogió los cilindros neumáticos en función de la variedad que ofrece la marca E-MC, más no por función de la fuerza. Los cilindros elegidos son: de simple y doble efecto; y de diferentes materiales: aluminio y acero inoxidable, con la finalidad de que el estudiante se familiarice con estas dos clases de cilindros, y conozca su funcionamiento, campos de aplicación y componentes de diseño.

TABLA 12: Tabla de especificaciones de los cilindros neumáticos de las series RAL y RA

Carrera del Pistón (mm)	32	40	50	53	80	100
Tipo de activación	Doble efecto/ Simple efecto					
Medio de trabajo	Aire limpio (25 u de filtración)					
Presión de Trabajo (Bar)	1 - 10					
Presión Máxima (Bar)	15					
Temperatura de y Trabajo (°C)	-5 - 70					
Rango de velocidad (mm/s)	10 - 1000					
Tipo de amortiguador	Cojín anti golpe / Amortiguador Regulable					
Conexiones neumáticas	M5x0.8			G 1/8		

Fuente: www.emc-ecuador.com

4.4.2.1. CÁLCULO DEL CONSUMO DE AIRE DE LOS CILINDROS

La relación de compresión referida al nivel de mar está dada por la constante: 0,987.

Como ya se había visto, el consumo de aire para los cilindros de simple efecto en condiciones normales de presión y temperatura está dado por la ecuación 2:

$$Q = \frac{0,987 + P_{aire} \text{ (bar)}}{0,987} * \frac{\pi * D^2 * l}{4.000.000} * n$$

Para los dos cilindros de simple efecto (25 mm x 100 mm) utilizados en el módulo de entrenamiento resulta:

$$Q_{(dm^3/min)} = \frac{0,987 + 7}{0,987} * \frac{\pi * 25^2 * 100}{4.000.000} * 10$$

$$Q = 3,97 \text{ dm}^3/min \text{ (c/u)}$$

Para el cálculo del consumo de aire de los cilindros de doble efecto se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q = 2 * \frac{0,987 + P_{aire} \text{ (bar)}}{0,987} * \frac{\pi * D^2 * l}{4.000.000} * n$$

Efecto (25 mm x 200 mm) y un cilindro (20 mm x 75 mm) resulta:

$$Q_{(dm^3/min)} = 2 * \frac{0,987 + 7}{0,987} * \frac{\pi * 25^2 * 200}{4.000.000} * 10$$

$$Q = 15,89 \text{ dm}^3/min \text{ (c/u)}$$

$$Q_{(dm^3/min)} = 2 * \frac{0,987 + 7}{0,987} * \frac{\pi * 20^2 * 75}{4.000.000} * 10$$

$$Q = 3,81 \text{ dm}^3/min$$

4.4.2.2. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DEL PISTÓN

Para el cálculo de la velocidad se obtiene dividiendo el caudal por la sección del pistón. La velocidad promedio de los cilindros neumáticos está entre 0.1 y 1.5 m/seg.

Partiendo de la ecuación original:

$$Velocidad_{(dm^3/min)} = \frac{0,987 + P_{aire} \text{ (bar)}}{0,987} * \frac{\pi * D^2 * l}{4.000.000} * n * \frac{40.000}{\pi * D^2}$$

Simplificando se obtiene:

$$Velocidad_{(dm^3/min)} = \frac{0,987 + P_{aire} \text{ (bar)}}{0,987} * \frac{l * n}{100}$$

Para el caso de los cilindros de simple efecto el resultado tendría:

$$Velocidad_{(dm^3/min)} = \frac{0,987 + 7}{0,987} * \frac{100 * 10}{100}$$

$$Velocidad_{(dm^3/min)} = 80.92 \text{ (dm}^3\text{/min)}$$

$$Velocidad = 0.13 \text{ m/seg}$$

Para los cilindros de doble efecto la velocidad resulta:

$$Velocidad_{(dm^3/min)} = \frac{0,987 + 7}{0,987} * \frac{200 * 10}{100}$$

$$Velocidad_{(dm^3/min)} = 161.84 \text{ (dm}^3\text{/min)}$$

$$Velocidad = 0.27 \text{ m/seg}$$

$$Velocidad_{(dm^3/min)} = \frac{0,987 + 7}{0,987} * \frac{75 * 10}{100}$$

$$Velocidad_{(dm^3/min)} = 60.69 \text{ (dm}^3\text{/min)}$$

$$Velocidad = 0.10 \text{ m/seg}$$

4.4.2.3. CÁLCULO DE LA FUERZA DEL CILINDRO

Para el cálculo de la fuerza del cilindro en ciertos textos se utiliza como unidad de medida el Pascal, pero esta unidad es muy pequeña para realizar los cálculos necesarios; es por esto que se toma como referencia el Bar que en su equivalente es 100.00 pascales. Se utiliza la ecuación 4.

$$F = P_{aire} \text{ (bar)} * 100000 * \frac{Area \text{ pistón}(mm^2)}{1000000} = \frac{P_{aire} \text{ (bar)} * Área \text{ pistón}(mm^2)}{10}$$

Para el cálculo de los cilindros de simple efecto implementados en el módulo de entrenamiento la fuerza resulta:

- **Datos de cilindros simple efecto**

Diámetro del émbolo o pistón = 25 mm

Diámetro del cilindro = 85 mm

Carrera del pistón = 100 mm

Área = ?

Como se puede ver es necesario conocer el área para proceder a calcular la fuerza aplicada sobre el émbolo, a continuación se calcula el área en función del diámetro del émbolo aplicando la siguiente ecuación matemática:

$$A = \pi * \left(\frac{D_{\text{émbolo}}}{2} \right)^2$$

Siendo entonces el área:

$$A = \pi * \left(\frac{25 \text{ mm}}{2} \right)^2$$

$$A = 490,87 \text{ mm}^2$$

Con el resultado de área ya se puede calcular la fuerza ejercida en el émbolo del pistón de los cilindros de simple efecto:

$$F = \frac{P_{\text{aire}}(\text{bar}) * \text{Área pistón}(\text{mm})^2}{10}$$

$$F = \frac{7 \text{ bar} * 490,87 (\text{mm})^2}{10}$$

$$F = 343,61 \text{ [N]}$$

Entonces las expresiones matemáticas para calcular la fuerza ejercida en el émbolo de los actuadores de doble efecto son:

$$F_{\text{avance}} = P_{\text{aire}} * \frac{\pi * D^2}{40}$$

$$F_{retroceso} = P_{aire} * \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{40}$$

ECUACIÓN 6: Cálculo de la fuerza de retroceso

A continuación se realiza el cálculo de la fuerza para los cilindros neumáticos de doble efecto:

- Datos de cilindros doble efecto caso 1

Diámetro del émbolo o pistón = 25 mm

Diámetro del cilindro = 95 mm

Carrera del pistón = 200 mm

$$F_{avance} = 7 \text{ bar} * \frac{\pi * 95\text{mm}^2}{40}$$

$$F_{avance} = 4961,75 \text{ [N]}$$

$$F_{retroceso} = 7 * \frac{\pi * (95\text{mm}^2 - 25\text{mm}^2)}{40}$$

$$F_{retroceso} = 4618,14 \text{ [N]}$$

En los cilindros de doble efecto la fuerza de retroceso se reduce debido a la disminución del área del émbolo por la existencia del vástago.

- Datos del cilindro de doble efecto caso 2

Diámetro del émbolo o pistón = 20 mm

Diámetro del cilindro = 80 mm

Carrera del pistón = 75 mm

$$F_{avance} = 7 \text{ bar} * \frac{\pi * 80\text{mm}^2}{40}$$

$$F_{avance} = 3518,58 \text{ [N]}$$

$$F_{retroceso} = 7 * \frac{\pi * (80\text{mm}^2 - 20\text{mm}^2)}{40}$$

$$F_{retroceso} = 3298,67 \text{ [N]}$$

A continuación se muestra una tabla en la cual se indica la fuerza de empuje y retroceso de varios cilindros según su diámetro de pistón:

TABLA 13: Fuerza de empuje y retroceso de los cilindros neumáticos

Fuerza de empuje actuando el aire en toda el área del pistón					Fuerza a restar por el área del vástago del pistón en el retroceso						
Diámetro del cilindro (mm)	Área del pistón (mm ²)	Fuerza de empuje en Newton a varias presiones (bar)				Diámetro vástago del pistón (mm)	Área del vástago del pistón (mm ²)	Fuerza de retroceso a varias presiones (Newton)			
		1,0	5,0	7,0	10,0			1,0	5,0	7,0	10,0
6	28	2,8	14,1	19,8	28,3	4	13	1,3	6,3	8,8	12,6
8	50	5,0	25,1	35,2	50,2	6	28	2,8	14,1	19,8	28,3
10	79	7,9	39,3	55,0	78,5	8	50	5,0	25,1	35,2	50,2
12	113	11,3	56,5	79,1	113,0	10	79	7,9	39,3	55,0	78,5
14	154	15,4	76,9	107,7	153,9	12	113	11,3	56,5	79,1	113,0
16	201	20,1	100,5	140,7	201,0	16	201	20,1	100,5	140,7	201,0
20	314	31,4	157,0	219,8	314,0	20	314	31,4	157,0	219,8	314,0
25	491	49,1	245,3	343,4	490,6	25	491	49,1	245,3	343,4	490,6
32	804	80,4	401,9	562,7	803,8	32	804	80,4	401,9	562,7	803,8
40	1.257	125,6	628,0	879,2	1.256,0	40	1.257	125,6	628,0	879,2	1.256,0
50	1.963	196,3	981,3	1.373,8	1.962,5						
63	3.117	311,6	1.557,8	2.181,0	3.115,7						
80	5.027	502,4	2.512,0	3.516,8	5.024,0						
100	7.854	785,0	3.925,0	5.495,0	7.850,0						
125	12.272	1.226,6	6.132,8	8.585,9	12.265,6						
160	20.106	2.009,6	10.048,0	14.067,2	20.096,0						
200	31.416	3.140,0	15.700,0	21.980,0	31.400,0						

Fuente: Creus, 2007

4.4.3. SELECCIÓN DE LAS PROTECCIONES.

Las protecciones son parte fundamental dentro del tablero de entrenamiento electro-neumático, puesto a que este tiene dispositivos eléctricos de baja corriente que pueden verse afectados si se presenta una corriente superior a la nominal de los elementos. Razón por la cual es imprescindible que se instale protecciones debidamente graduadas que prevengan posibles daños dentro de los circuitos de control del tablero.

El módulo estará dividido en dos circuitos:

- **Circuito de control.**- El circuito de control comprende los elementos más sensibles del tablero como son: PLC, HMI, sensores, relés, electroválvulas y luces piloto, para esto se ha dispuesto de una protección de 6 A.

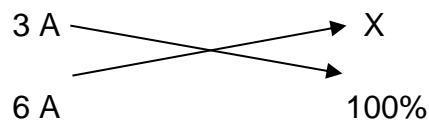
El consumo de corriente de la parte de control del módulo se describe en la siguiente tabla:

TABLA 14: Corriente consumida por los elementos de control

Elemento	Corriente (A)	Voltaje
PLC S7-1200	1	24 VCD
Electroválvulas	0,5	120 VCA
Sensores	0,3	24 VCD
HMI	0,9	24 VCD
Luces piloto	0,3	24 VCD
	3 A	

Fuente: El Autor

El total de la suma de las corrientes suma un total de 3 A para esto la protección que se ha seleccionado es de 6 A. El factor de sobrecorriente es:



$$X = \frac{100\% * 3 A}{6 A} = 50\% \text{ Factor de sobrecorriente}$$

- Con la corriente que utiliza el circuito de control, el conductor adecuado según la tabla en el anexo 7, para cablear el panel de control es un #14 AWG.
- **Circuito de fuerza.-** Para el circuito de fuerza se ha dispuesto una protección más elevada puesto que se espera que el módulo sea a futuro un equipo que pueda adaptarse a motores, máquinas, etc., para esto se ha dispuesto breacker de 16 A.
- Conociendo la corriente que utiliza el circuito de fuerza se puede definir el calibre del conductor, según la tabla en el anexo 7. El conductor adecuado para el circuito es el #14 AWG.

4.4.4. DISEÑO DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO.

El módulo de pruebas electro-neumáticas constará de tres etapas, la primera ubicada en la parte superior estará dispuesta a ubicar los elementos electro-neumáticos sobre un panel metálico, los elementos pueden ser fijos o móviles dependiendo de la comodidad para realizar las pruebas.

En la parte izquierda del módulo estará dispuesto el tablero de control dentro del cual se dispondrán las borneras, relés, fuente de alimentación, pulsadores, terminales de las electroválvulas, entradas para sensores y luces piloto.

Al terminar de la parte física del módulo se ubicará la fuente de aire comprimido, el módulo constará de unos cajones los cuales tiene la función de guardar los elementos neumáticos y así tener una forma más ordenada dentro del laboratorio.

4.4.4.1. PANEL ELÉCTRICO.

El panel eléctrico o módulo de control está diseñado de una caja metálica que en su interior se encuentran las piezas principales del módulo; allí se alberga el PLC, relés, fuente de alimentación, borneras de conexión y principalmente el cableado del módulo.

En la parte exterior del módulo de control se disponen los elementos que servirán para la comunicación del usuario con el PLC y se podrá mantener un monitoreo de los procesos, en esta parte se dispone de: pantalla HMI, interruptor de encendido/apagado, selector, terminales para sensor, terminales para electroválvulas y luces piloto.

A continuación se muestra el diseño del tablero de control con vista frontal del exterior:

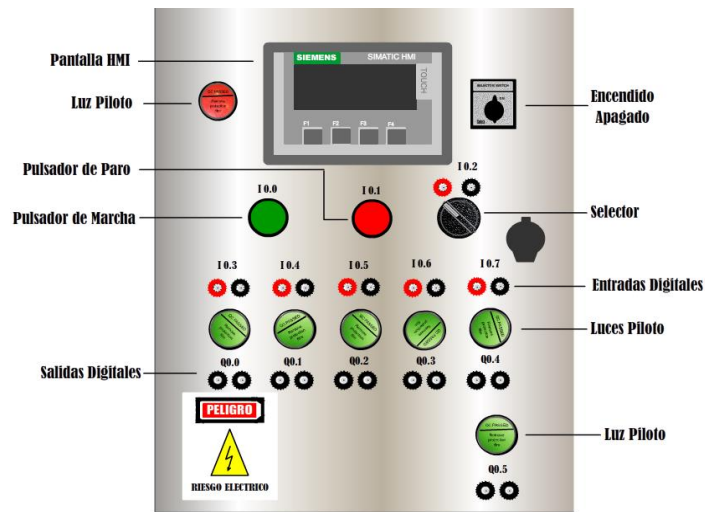


FIGURA 33: Vista frontal del panel de control

4.4.4.2. PLANO DE UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS INTERNOS

En el interior de la caja metálica se encuentran están los elementos principales del módulo, tales como PLC, breacker de control, breacker de fuerza, relés y borneras de conexión para los terminales. Para su mejor organización se diseñó un plano de ubicación que se muestra en la siguiente figura:

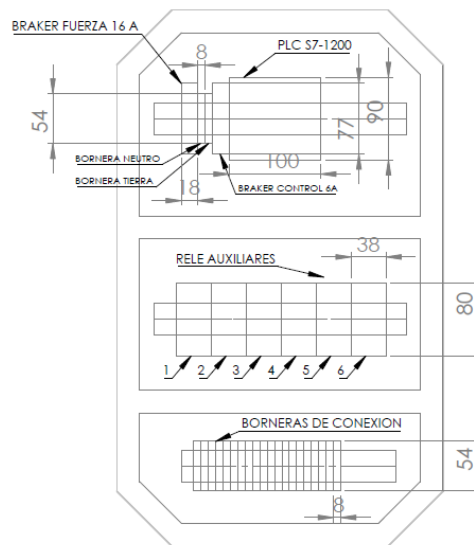


FIGURA 34: Plano de ubicación de elementos

4.4.4.3. PLANO DE PROTECCIONES ELÉCTRICAS

Como se había mencionado el módulo de entrenamiento electroneumático está dividido en dos circuitos eléctricos, el primero es el circuito de control y el otro es el circuito de fuerza; para lo cual se ha dispuesto de protecciones que resguardarán el módulo de sobrecorrientes que pueden afectar los elementos de control. A continuación se muestra la distribución de las protecciones para los circuitos:

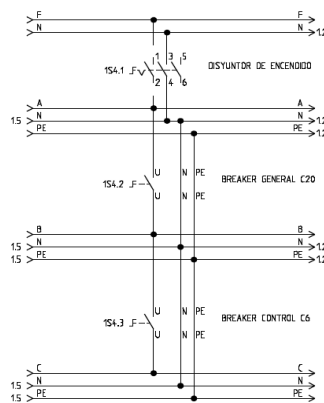


FIGURA 35: Plano de protecciones eléctricas

4.4.4.4. PLANO DE CONTROL PARA LAS ENTRADAS DIGITALES

En esta parte de diseño se muestra la conexión interna de las entradas para las electroválvulas, vistas desde su interior:

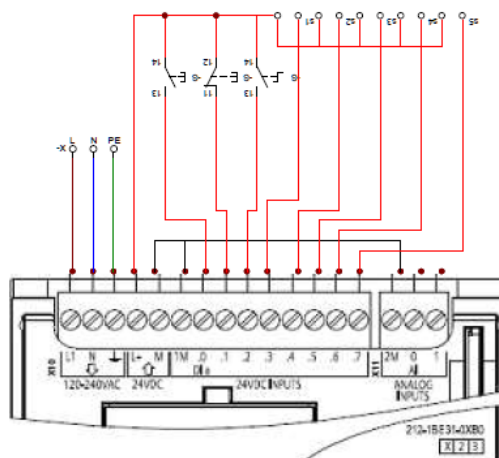


FIGURA 36: Plano de control de entradas digitales

4.4.4.5. PLANO DE CONTROL PARA LAS SALIDAS DIGITALES

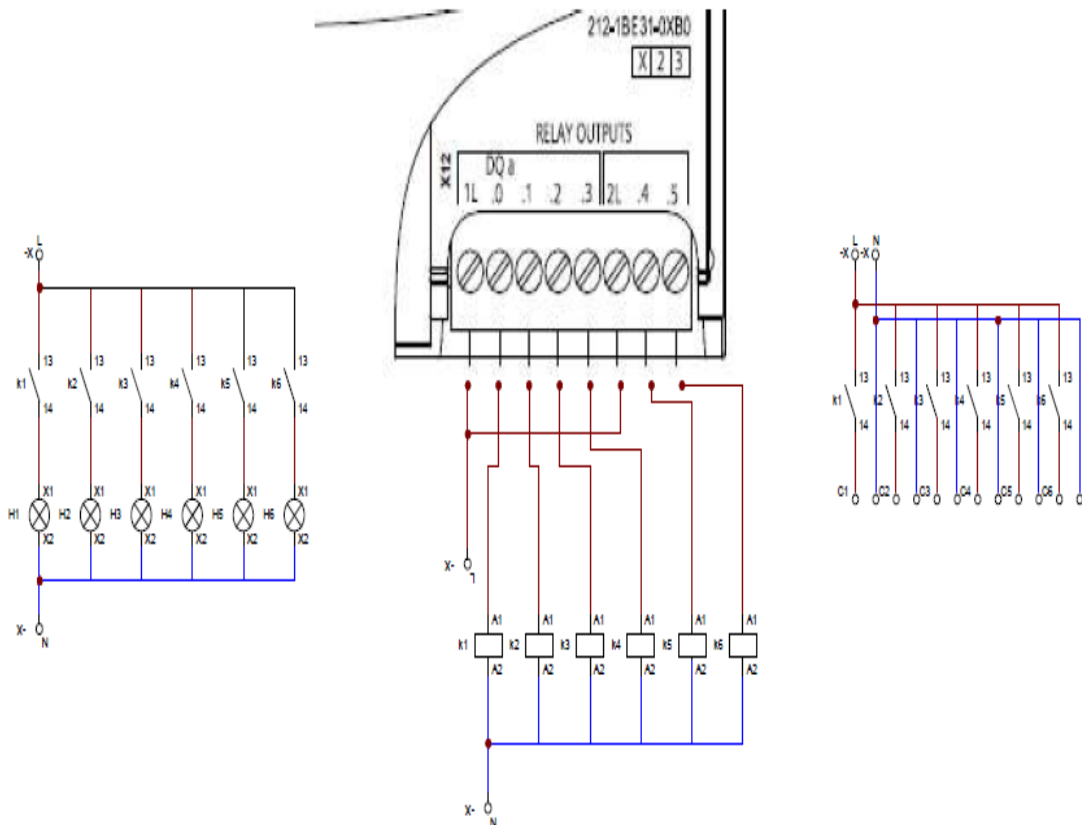


FIGURA 37: Plano de control de salidas digitales

4.4.5. PROGRAMACIÓN DEL PLC S7-1200

Para empezar a diseñar un programa en el TIA PORTAL se debe seguir ciertos pasos los cuales se indica a continuación, con la finalidad de proceder paso a paso indicando como es la forma de programar el PLC de Siemens.

El software Tia Portal permite configurar PLC's pantallas HMI, variadores de frecuencia, redes entre PLC's, etc.

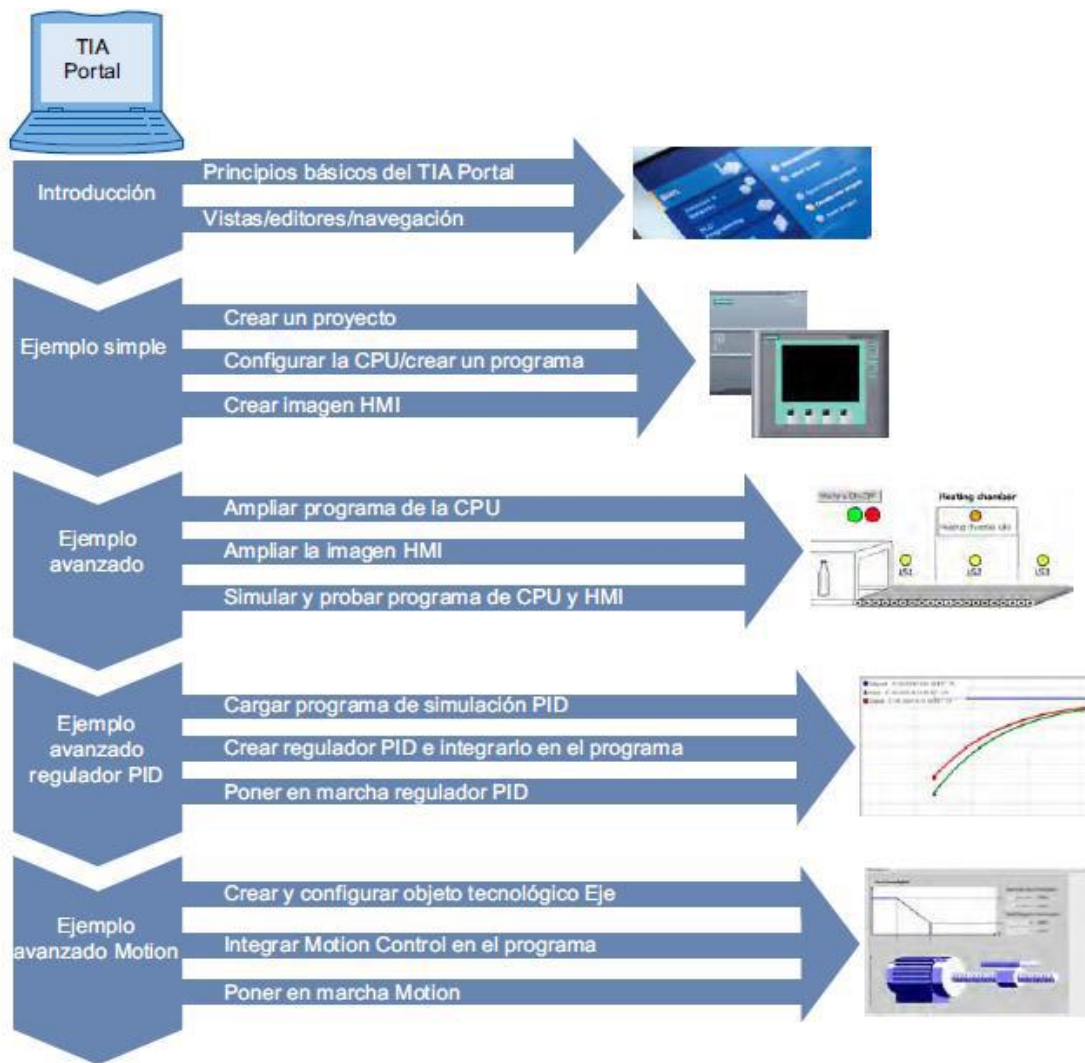


FIGURA 38: Configuraciones del TIA PORTAL
Fuente: Introducción al TIA PORTAL Manual, 2014.

4.4.5.1. CREAR UN PROYECTO

Para crear un nuevo proyecto se inicia de la siguiente forma:

1. Iniciar programa Totally Integrated Automation Portal.

- Hacer clic en botón “Crear proyecto”.
- Nombrar el programa que se va a diseñar.
- Hacer clic en “Crear” para iniciar la programación.

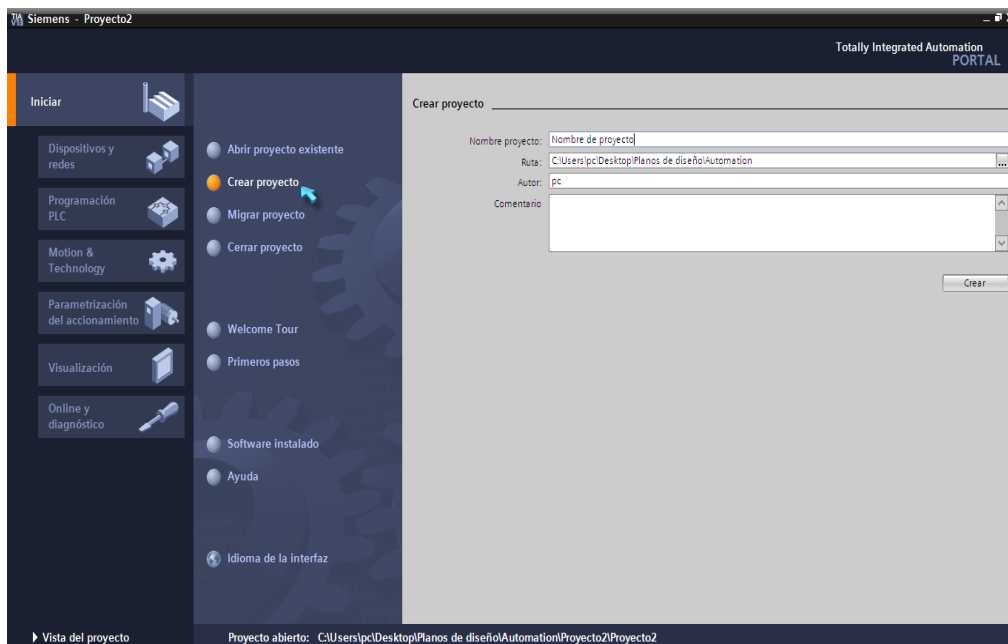


FIGURA 39: Paso 1 (Crear proyecto)

Fuente: TIA PORTAL

2. El siguiente paso es hacerle clic en “Escribir programa PLC.”

En esta instancia se abre una pantalla en donde se describen algunas opciones que se debe elegir para programar el PLC. Detallan:

- Configurar un dispositivo.
- Escribir programa PLC.
- Configurar objetos técnicos.
- Configurar una imagen HMI.
- Abrir la vista del proyecto.

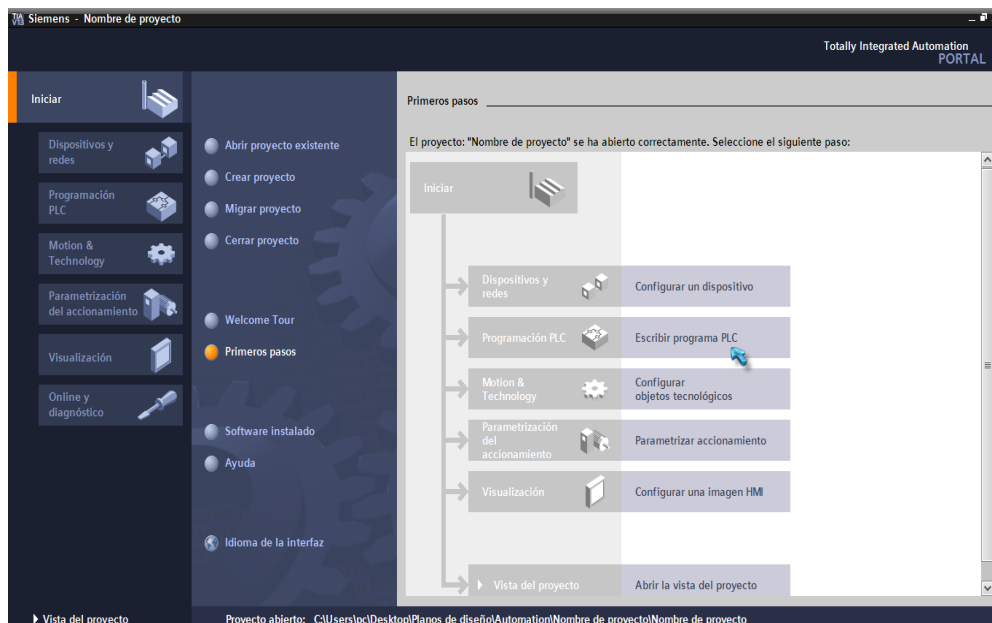


FIGURA 40: Paso 2 (Configurar dispositivo)

Fuente: El Autor

3. Al darle click en “Escribir programa se desplegará una ventana en la cual se deberá elegir el PLC que se requiere programar.

- Hacer click en la parte superior donde aparece una ventana.

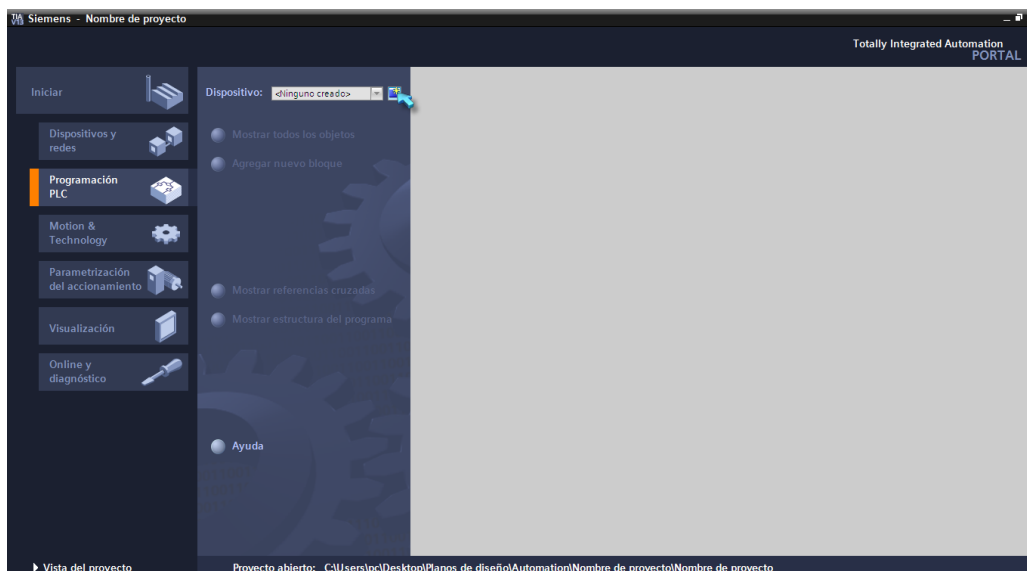


FIGURA 41: Paso 3 (Mostrar dispositivo)

Fuente: El Autor

4. En la siguiente ventana de desplegaran algunas pestañas con las siguientes descripciones que identificarán el PLC que se eligió.

- SIMATIC S7-1200
- SIMATIC S7-1500
- SIMATIC S7-400
- SIMATIC S7-300
- SIMATIC ET 200 CPU
- Device proxy

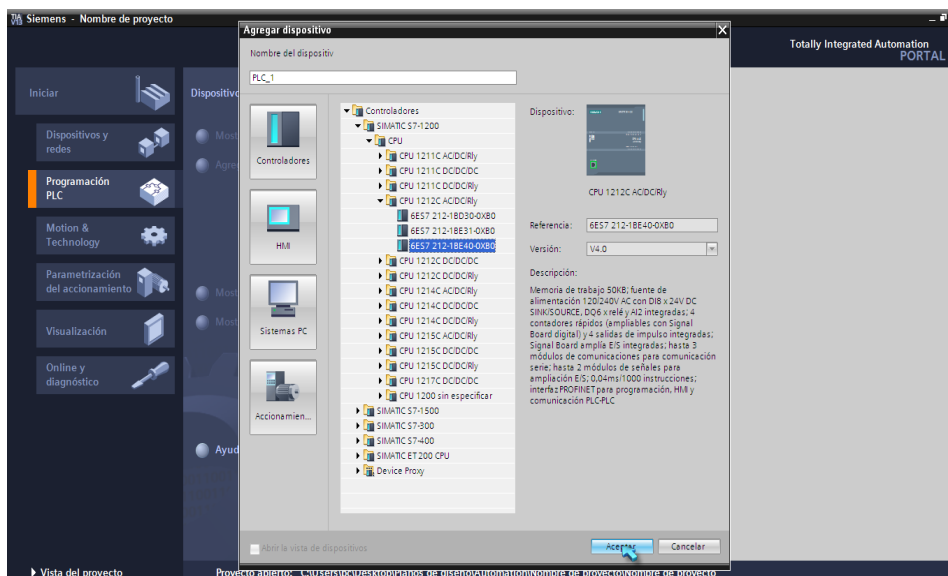


FIGURA 42: Paso 4 (Selección de controladores TIA Portal)

Fuente: El Autor

Para seleccionar el PLC se puede ver en las características que el PLC elegido es un 1212C AC/DC, SIMATIC S7-1200 y por último se elige la referencia 6ES7 212-1BD40-0XB0 como se indica en la imagen.

5. A continuación aparece en la pantalla el PLC en su forma física real, en la parte derecha del mismo se puede ver los módulos compatibles o módulos de expansión que se puede adquirir si se necesitara agregar más salidas analógicas. En el caso del presente proyecto no es necesario, se puede trabajar con las salidas que dispone el PLC.

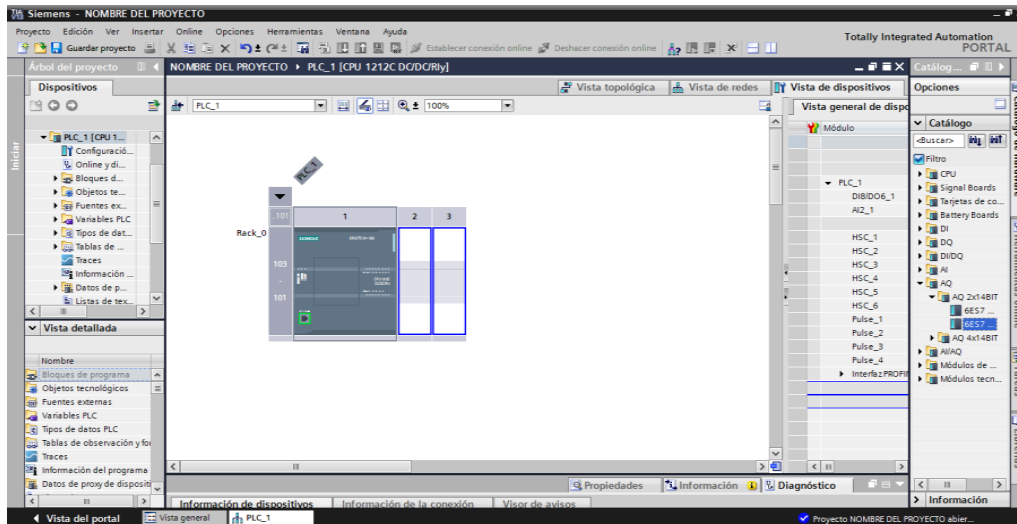


FIGURA 43: Paso 5 (CPU 1212C AC/DC/Rly)

Fuente: El Autor

6. Por consiguiente se despliega una ventana que indica el entorno de la programación, es aquí en donde se realiza la programación, para ejemplificar una situación cotidiana en procesos de control y para muestra, se diseñará una programación de un enclavamiento para mejor explicación.

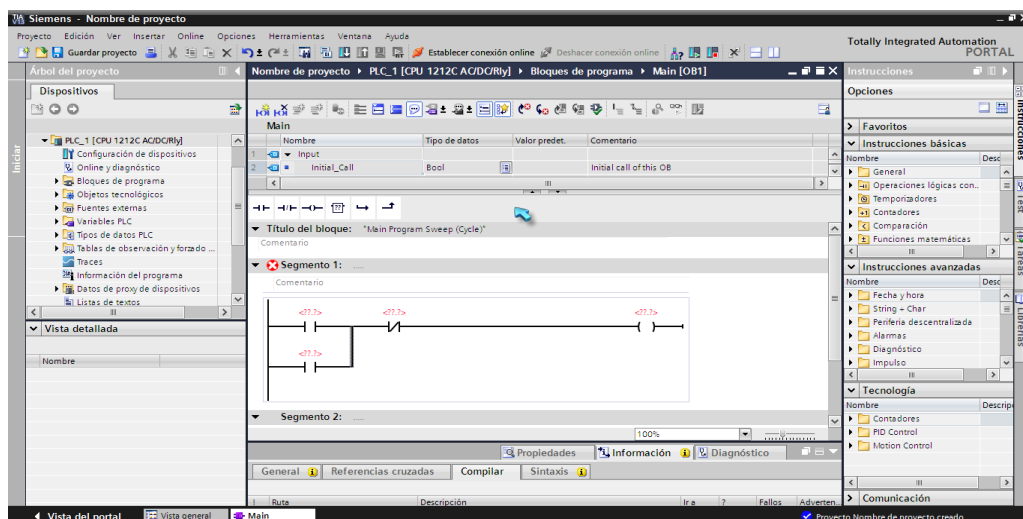


FIGURA 44: Paso 6 (Diagrama de enclavamiento)

Fuente: El Autor

7. Se describen a continuación los contactos utilizados en este ejemplo, se puede observar que en la parte superior se pinta un color rojo, esto significa que aún no se ha definido el nombre ni la variable a los que están asociados los contactos, para esto, se debe dar click en las partes rojas y escribir el nombre para cada contacto.

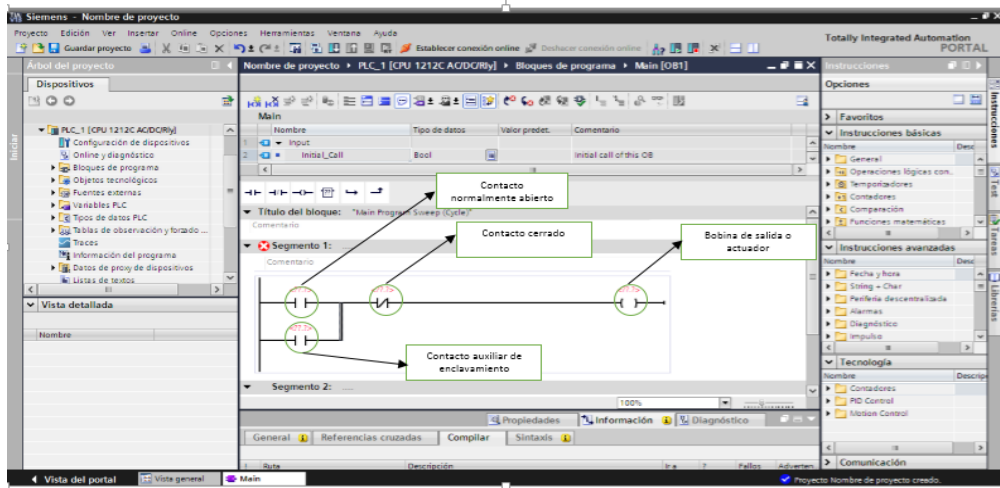


FIGURA 45: Paso 7 (Elementos usados en el enclavamiento)

Fuente: El Autor

8. El siguiente paso es definir las variables para esto se debe hacer doble click en la parte pintada de rojo y se procede a definir las entradas y salidas digitales.

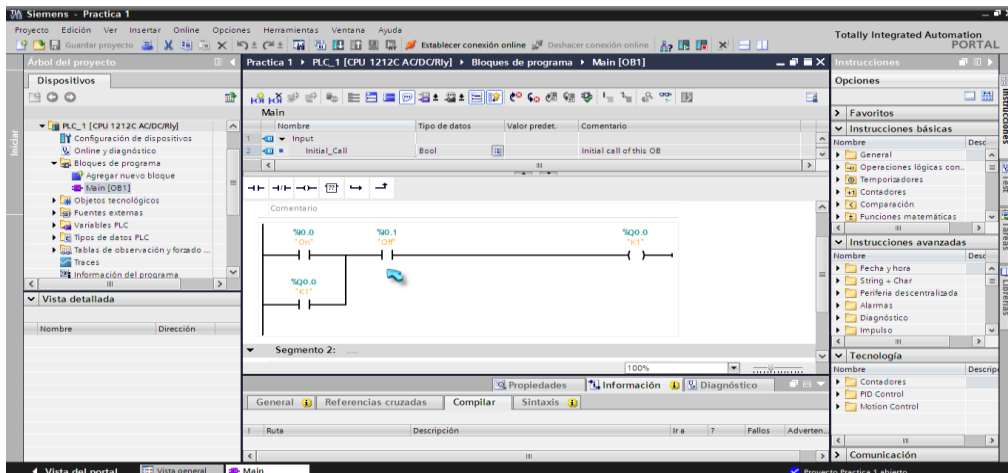


FIGURA 46: Paso 8 (Definición de variables)

Fuente: El Autor

Para definir las variables en la programación se debe conocer la nomenclatura para definir dichas variables, para este caso, se tiene entradas digitales las cuales se ha nombrado %I0.0 (ON), %I0.1 (OFF), %Q0.0 (K1) y %Q0.0 (Enclavamiento para bobina).

9. Una vez definidas las variables del programa se procede a cargar el programa al PLC, en la parte superior de la ventana se encuentra la opción, “cargar en dispositivo” vamos a darle click en esta pestaña para cargar el programa.

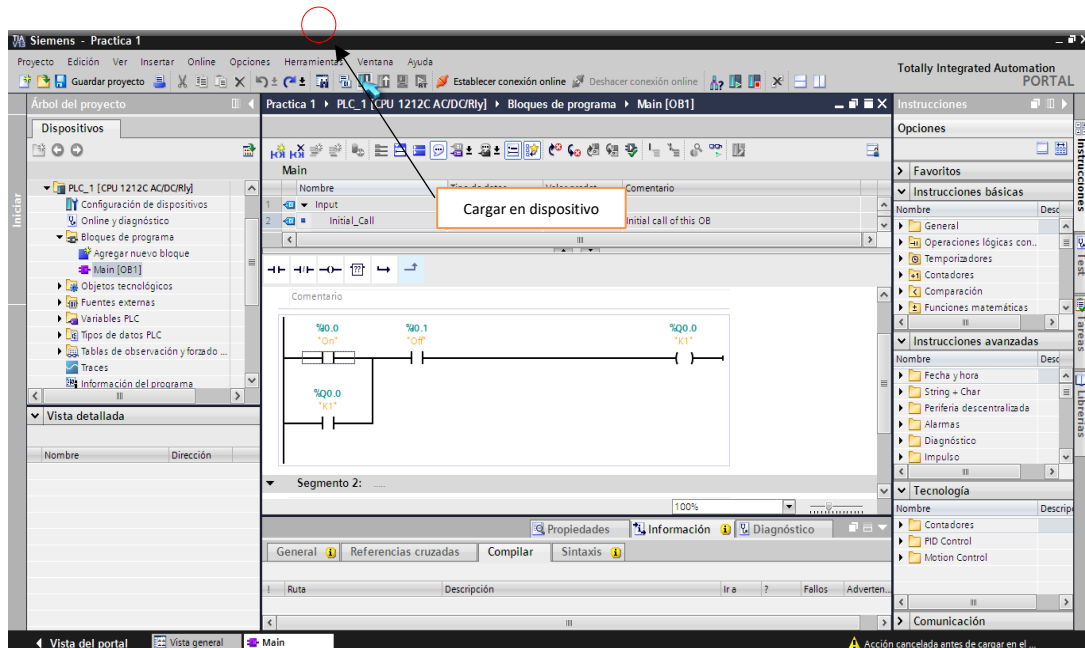


FIGURA 47: Paso 9 (Cargar en dispositivo)

Fuente: El Autor

10. Ahora aparecerá una ventana en la cual se tendrá que buscar la conexión con el PLC y la computadora para poder cargar el programa. Después de configurar el equipo como se indica en la imagen se procede a iniciar una búsqueda para cerciorarse de que exista una comunicación con el PLC.

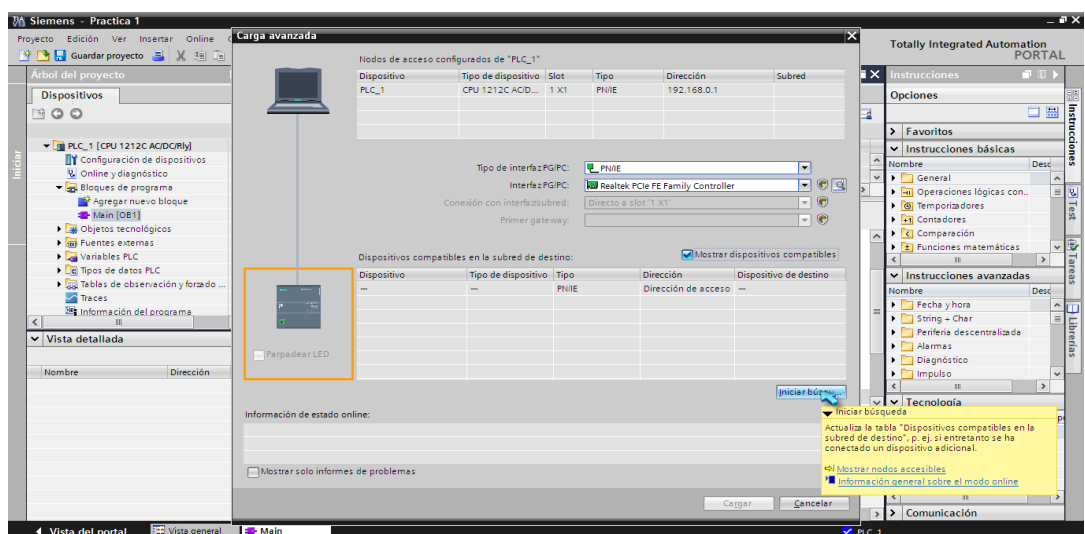


FIGURA 48: Paso 10 (Conexión de red)

Fuente: El Autor

11. Cuando exista una comunicación efectiva con el PLC se observará en la ventana una línea verde continua, lo cual indica que el computador tiene comunicación con el PLC, para ver una comunicación efectiva vamos a darle click en “parpadear led”, esta opción dará una señal al PLC para que encienda un led en la parte frontal del equipo.

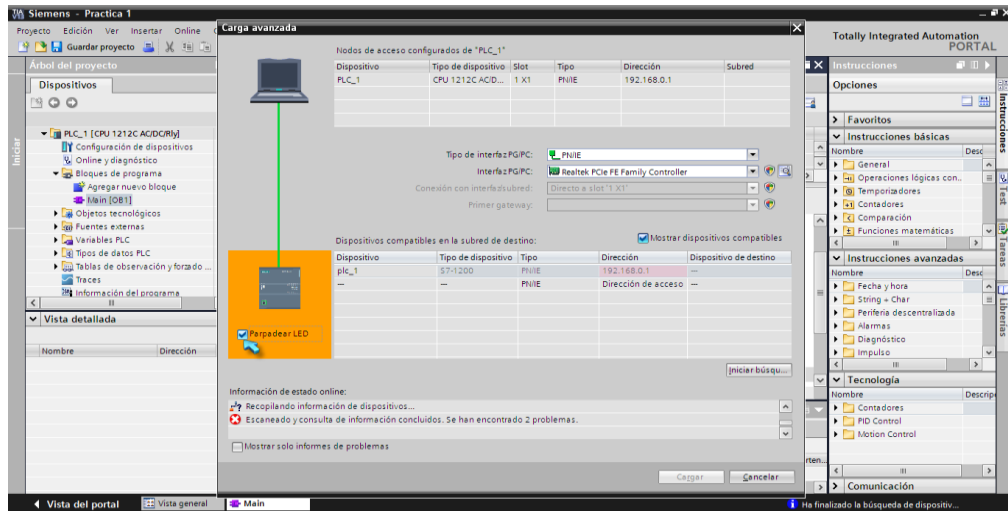


FIGURA 49: Paso 11 (Comunicación con dispositivo)

Fuente: El Autor

12. Cuando ya se haya realizado todos estos pasos, se procede a cargar el programa en el PLC, esta acción puede tardar unos minutos pero finalmente se ha logrado realizar un programa que ahora automatizará un proceso de control.

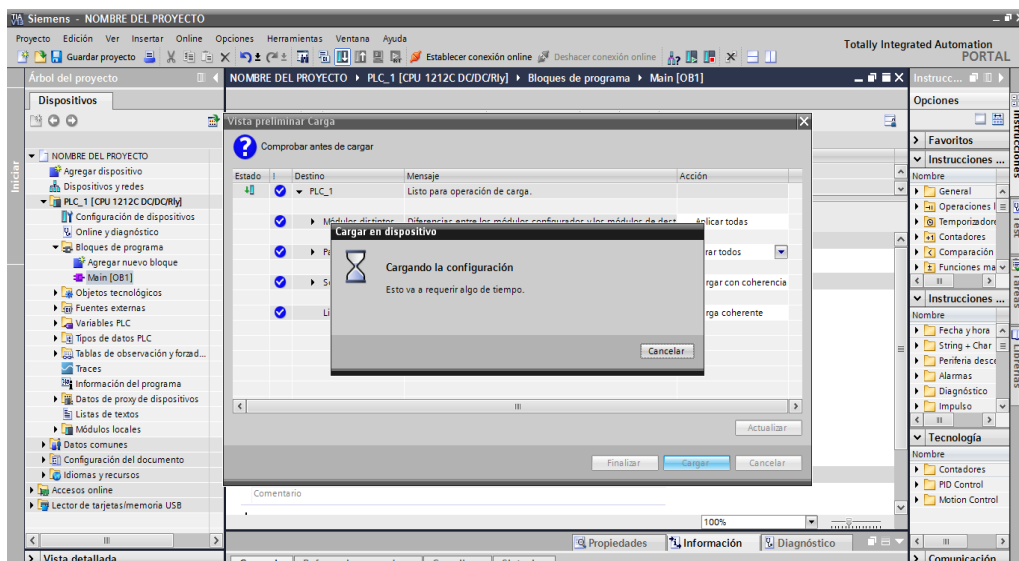


FIGURA 50: Paso 12 (Cargar programa)

Fuente: El Autor

4.4.6. MANUAL DE PRÁCTICAS EN EL MÓDULO ELECTRONEUMÁTICO

Completando los objetivos planteados en el presente trabajo de grado, se desarrollan las prácticas establecidas para el módulo de entrenamiento; se ha establecido realizar 5 prácticas, que complementen la investigación científica de este trabajo.

- ***Práctica N°1***

Secuencia básica: A+B+C+C-B-A-.

Objetivo general:

- Demostrar el funcionamiento de una secuencia básica utilizando tres cilindros neumáticos de doble efecto y tres electroválvulas 5/2.

Objetivos específicos:

- Realizar la práctica en el programa FluidSIM antes de diseñar el programa.
- Diseñar el programa en el software TIA PORTAL.
- Conectar los elementos establecidos en el módulo de entrenamiento de manera que se pueda hacer la práctica físicamente.

Funcionamiento:

Se sugiere antes de diseñar el programa, realizar una práctica en el software FluidSIM para que partiendo de ahí se pueda entender de mejor manera lo que se requiere controlar; una vez realizado esto se diseña el programa en el TIA PORTAL.

La secuencia consiste en pulsar la marcha de la secuencia y posterior a eso se activa el cilindro A llegando hasta el final de su carrera, el sensor colocado en A (A1), hará que se active el cilindro B el cual llegará hasta su final de carrera (B1), este hará que se active el cilindro C llegando hasta el final de carrera. El movimiento de retroceso será de manera descendente para esto el sensor (C1) dará la señal de desactivación para los cilindros neumáticos.

Diagrama diseñado en el programa FluidSIM

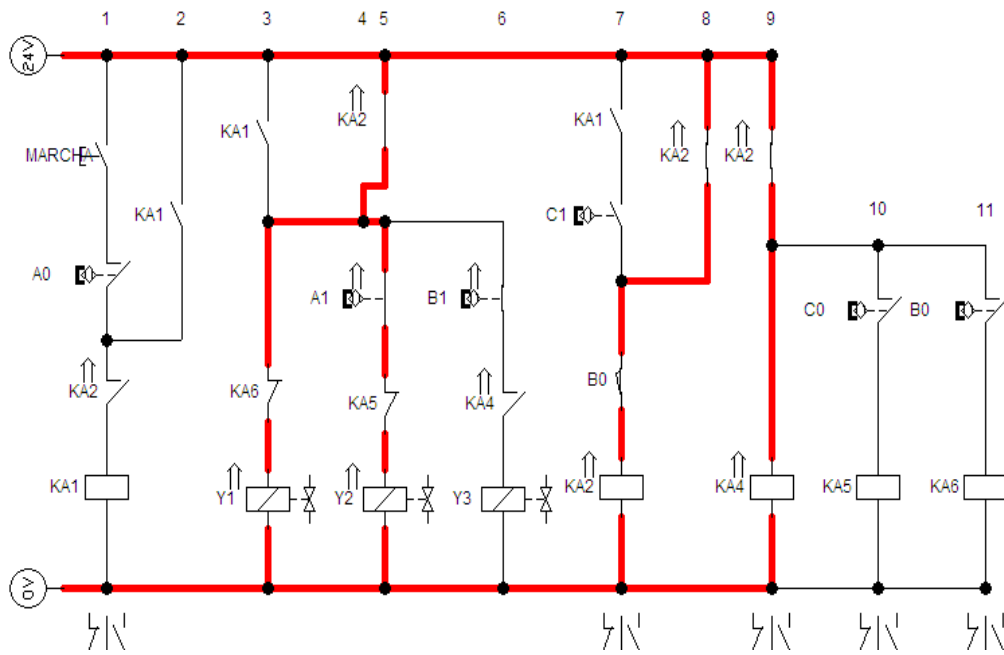
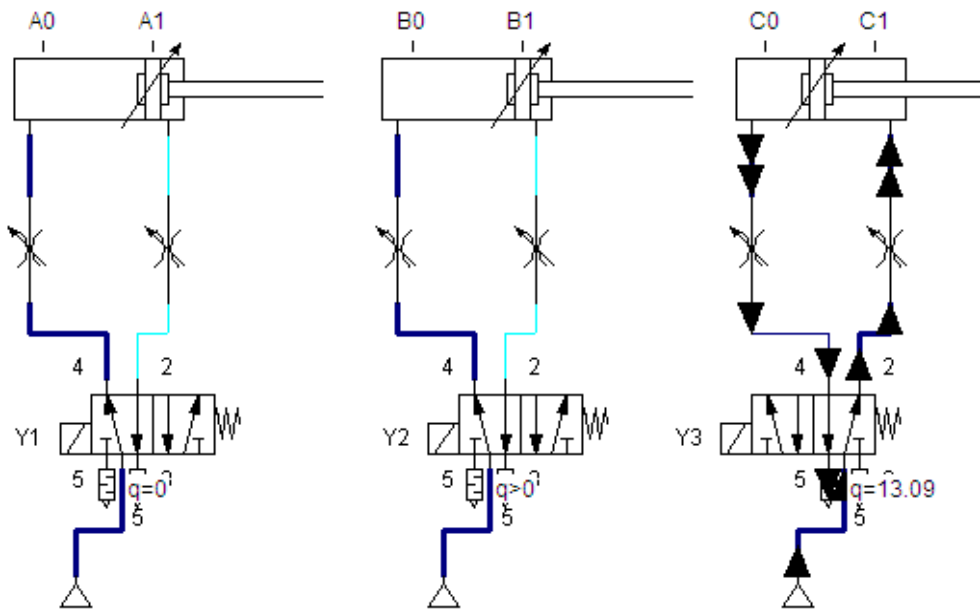
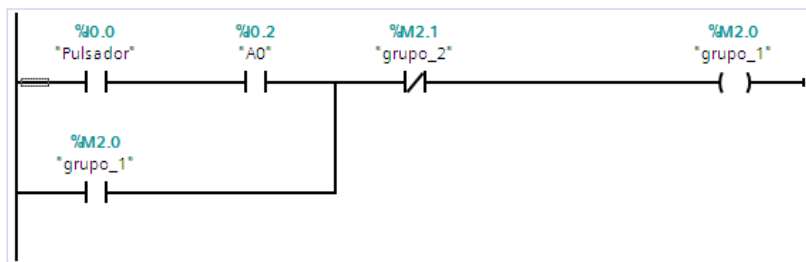


Diagrama LADDER

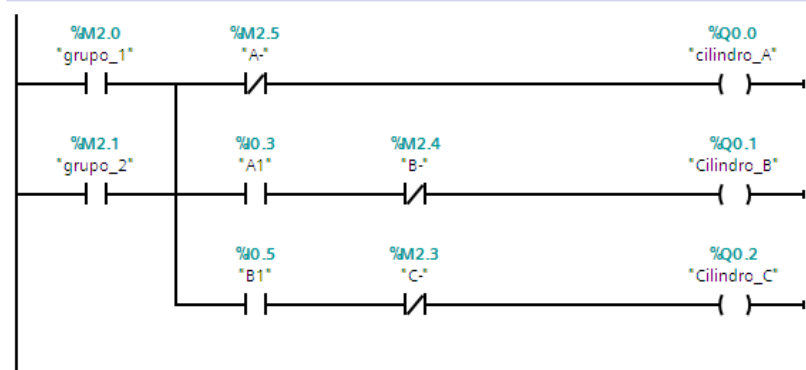
▼ Segmento 1:

Comentario



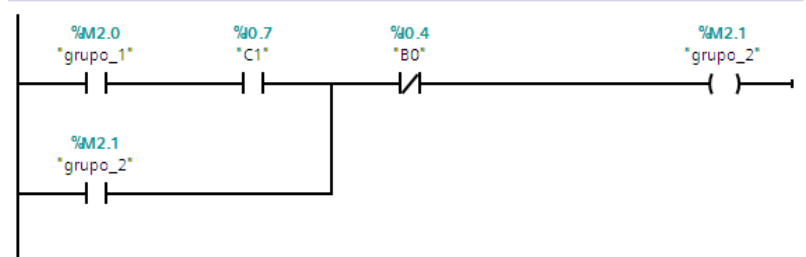
▼ Segmento 2:

Comentario



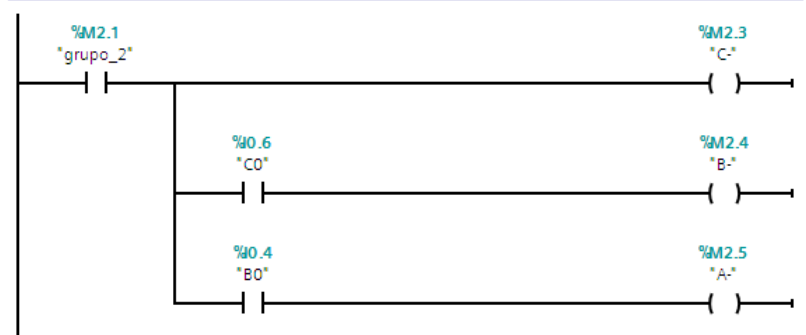
▼ Segmento 3:

Comentario



▼ Segmento 4:

Comentario



PRÁCTICA N°2

Secuencia repetitiva: A+B+B-C+B+C-B-A-.

Objetivo general:

- Demostrar el funcionamiento de una secuencia repetitiva utilizando tres cilindros neumáticos de doble efecto y tres electroválvulas 5/2.

Objetivos específicos:

- Realizar la práctica en el programa FluidSIM antes de diseñar el programa.
- Diseñar el programa en el software TIA PORTAL.
- Conectar los elementos establecidos en el módulo de entrenamiento de manera que se pueda hacer la práctica físicamente.

Funcionamiento:

Las secuencias repetitivas consisten en activar y desactivar más de una vez los cilindros neumáticos dentro de un proceso secuencial, para lograr esto son indispensables los sensores magnéticos colocados en el cilindro, el funcionamiento de esta práctica se lo puede observar en la programación y en el software de simulación FluidSIM.

Diagrama diseñado en el programa FluidSIM

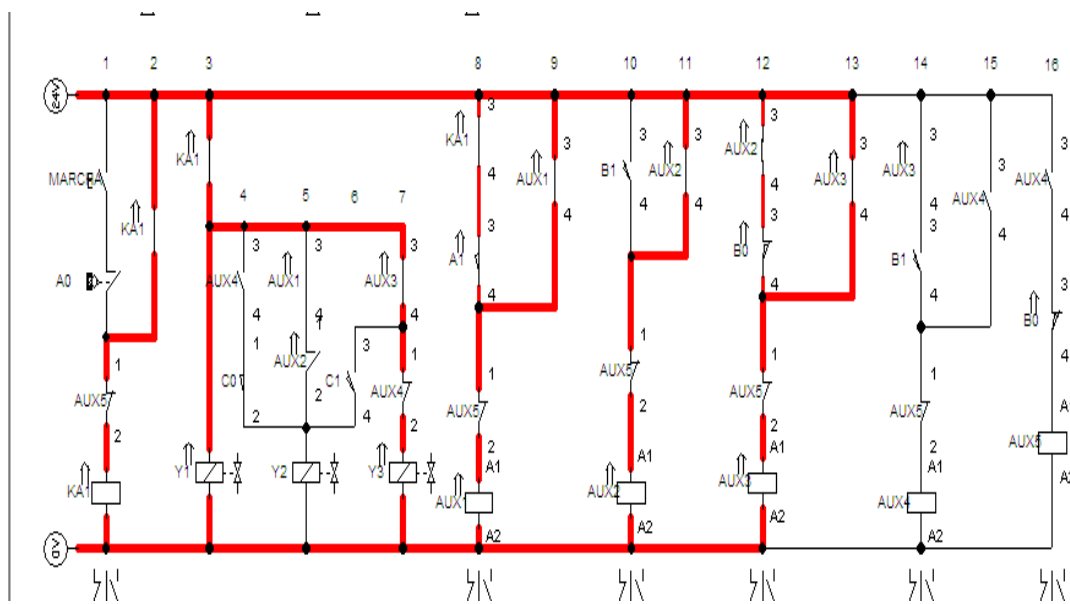
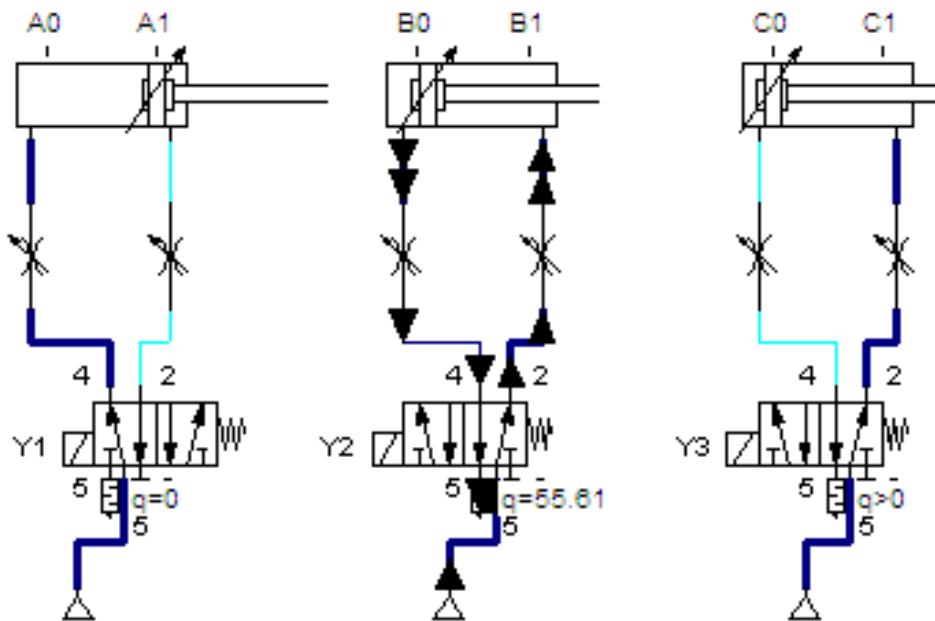
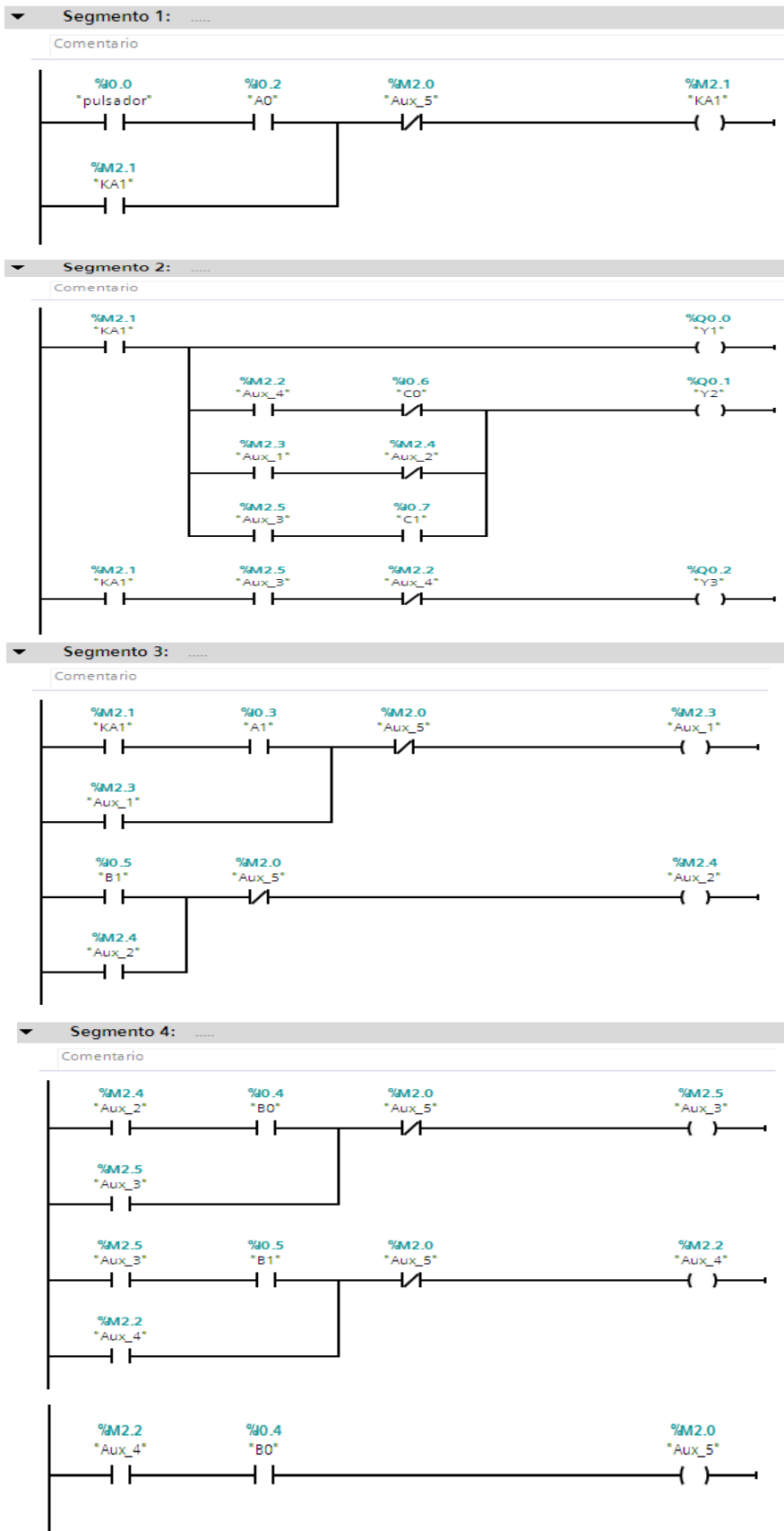


Diagrama LADDER



PRÁCTICA N°3

Secuencia combinada: A+B+ C-B-

C+ A-

Objetivo general:

- Indicar cuál es el funcionamiento de una secuencia combinada utilizando tres cilindros de doble efecto y tres electroválvulas de 5/2.

Objetivos específicos:

- Diseñar el diagrama de control en el software FuidSIM.
- Crear la programación en el software TIA PORTAL para controlar la secuencia planteada.
- Realizar las conexiones en el módulo de entrenamiento.

Funcionamiento:

La secuencia combinada consiste en activar o desactivar dos o más cilindros al mismo tiempo durante un proceso consecutivo.

Para esta práctica se tiene tres cilindros neumáticos, el proceso inicia pulsando la marcha del circuito de control, posterior a esto se activa el actuador A llegando hasta su final de carrera (A1) este interruptor activa los cilindros B y C al mismo tiempo.

El último movimiento es la llegada del pistón C hasta su final de carrera (C1) el cual dará una señal para que se desactive el cilindro C llegando a la posición de retraído (C0) este contacto hará que los pistones B y A se desactiven al mismo tiempo reiniciando la secuencia.

Diagrama diseñado en el programa FluidSIM

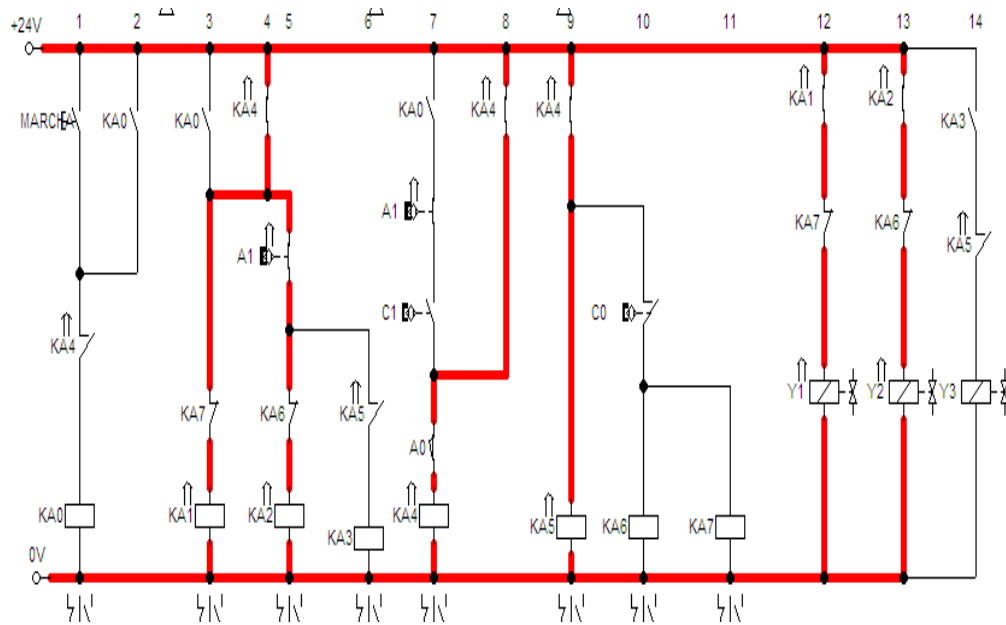
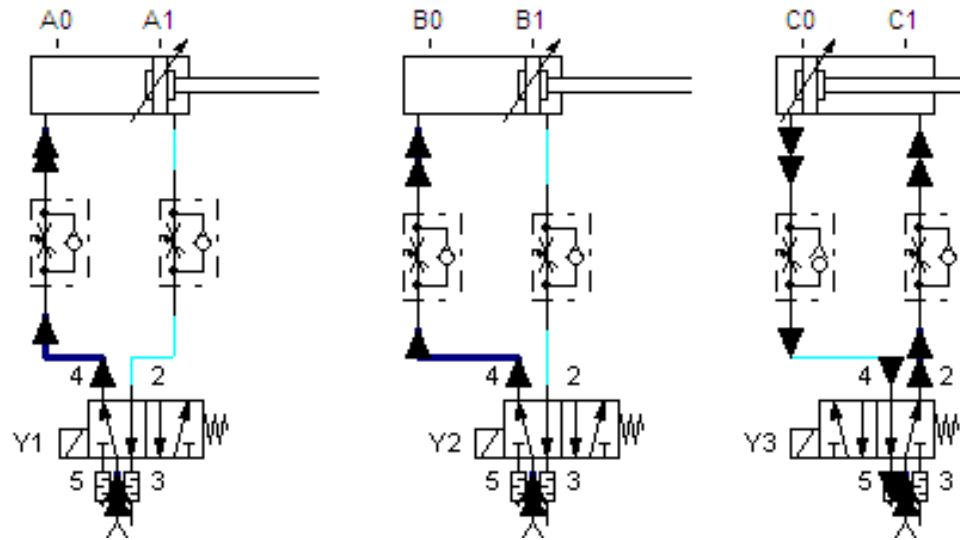
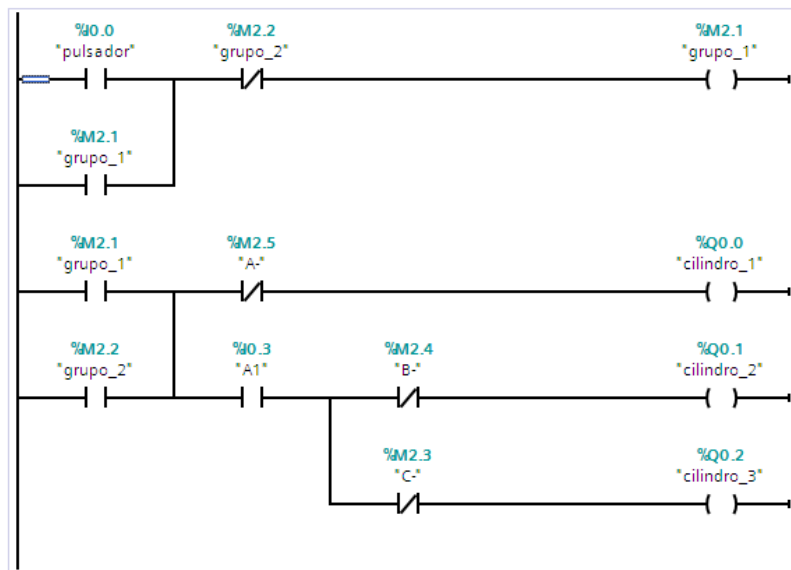


Diagrama LADDER

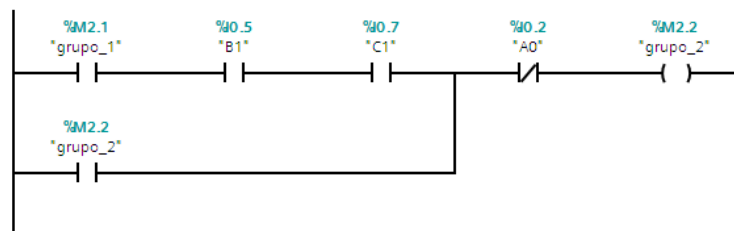
Segmento 1:

Comentario



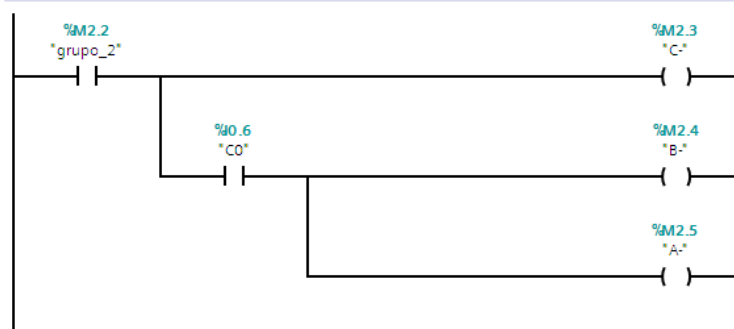
Segmento 2:

Comentario



Segmento 3:

Comentario



Práctica N°4

Secuencia mixta: A+ B+ B- C+ C- B-

C+ C- B+ A-

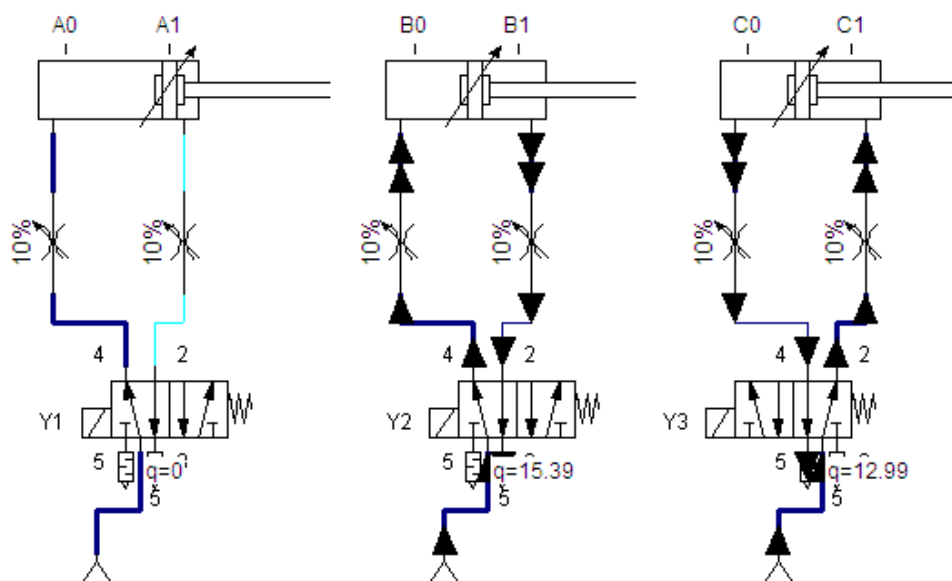
Objetivo general:

- Indicar cuál es el funcionamiento de una secuencia mixta utilizando tres cilindros de doble efecto y tres electroválvulas de 5/2.

Objetivos específicos:

- Diseñar el diagrama de control en el software FluidSIM.
- Crear la programación en el software TIA PORTAL para controlar la secuencia planteada.
- Realizar las conexiones en el módulo de entrenamiento.

Diagrama diseñado en el programa FluidSIM



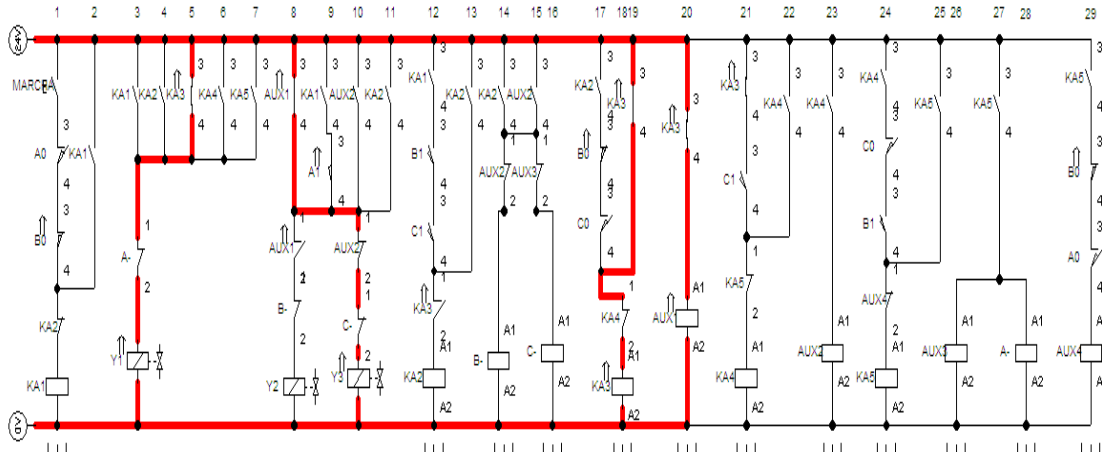
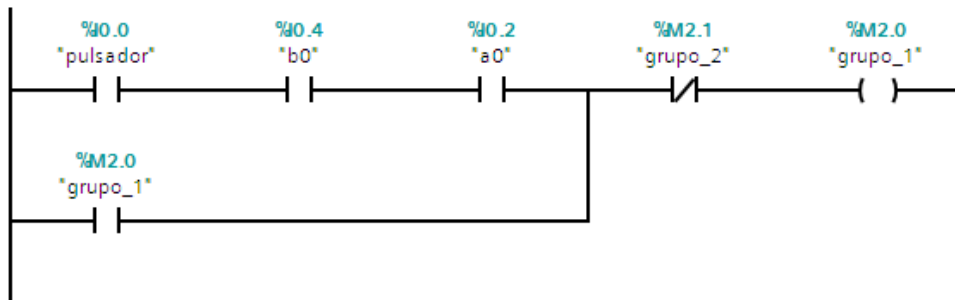


Diagrama LADDER

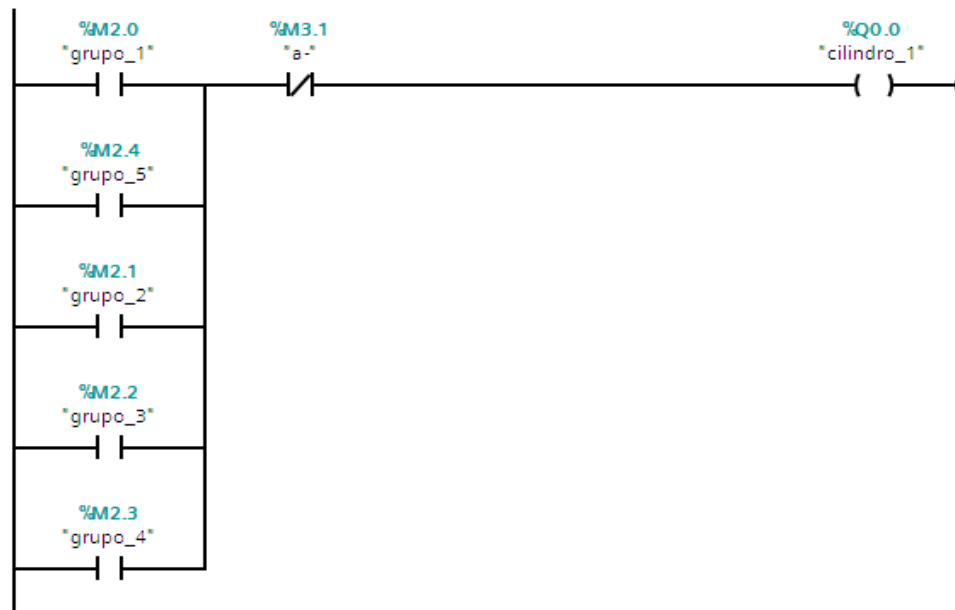
Segmento 1:

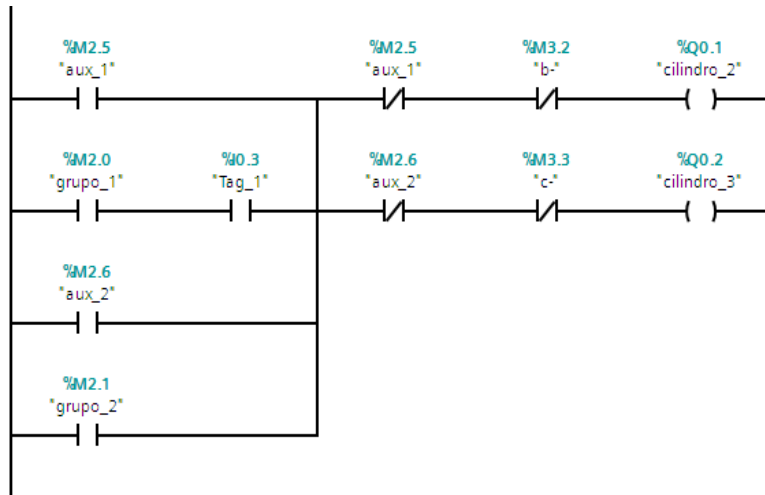
Comentario



Segmento 2:

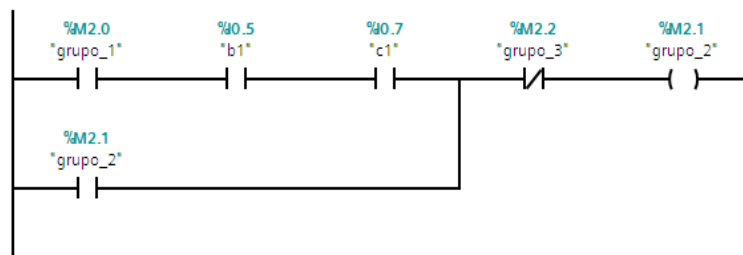
Comentario





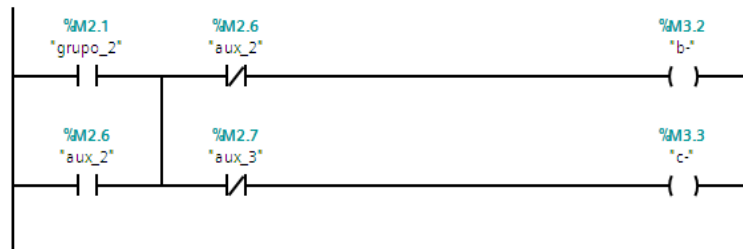
▼ Segmento 3:

Comentario



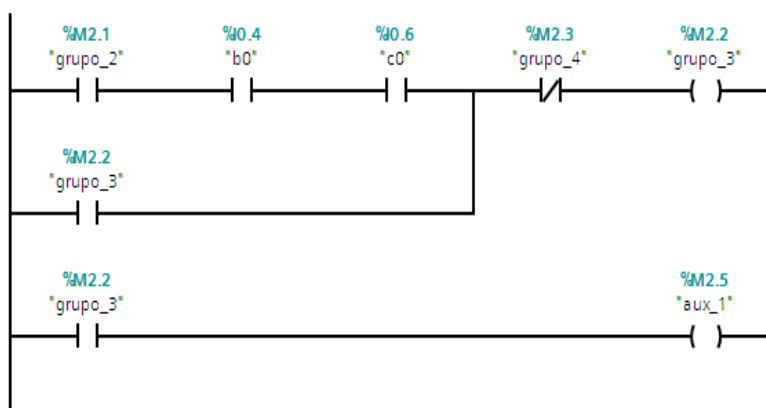
▼ Segmento 4:

Comentario



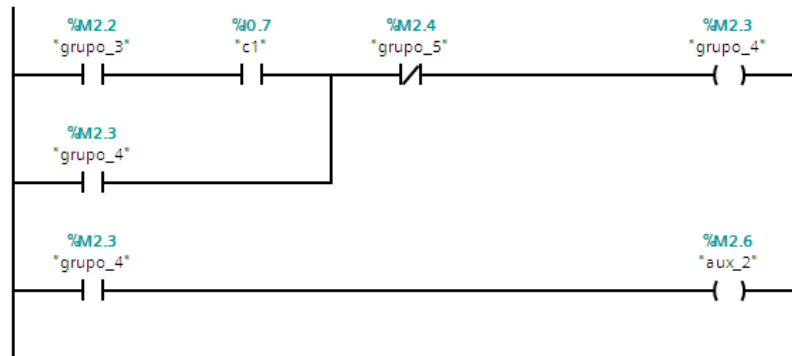
▼ Segmento 5:

Comentario



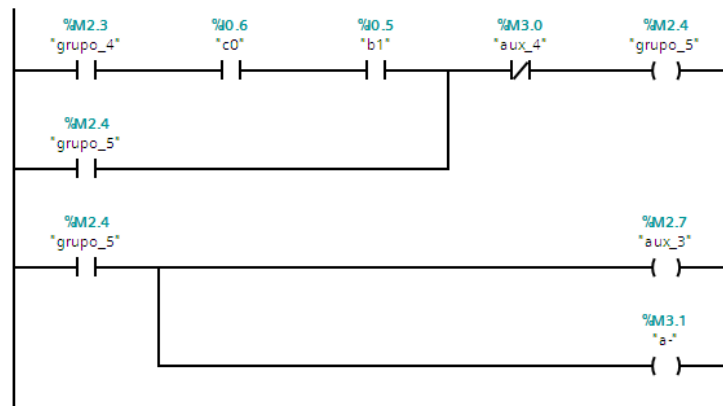
▼ Segmento 6:

Comentario



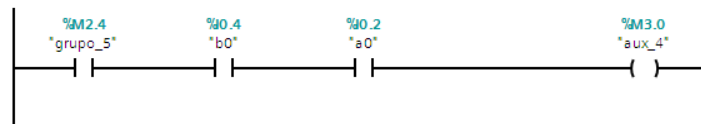
▼ Segmento 7:

Comentario



▼ Segmento 8:

Comentario



Práctica N°5

Secuencia básica: A+B+C+C-B-A- controlada desde la HMI automáticamente.

Objetivo general:

- Demostrar el funcionamiento de una secuencia básica utilizando la pantalla HMI implementada en el módulo de entrenamiento.

Objetivos específicos:

- Diseñar el programa en el software TIA PORTAL.
- Demostrar la activación de la secuencia básica en la pantalla HMI, utilizando un pulsador de marcha.

Funcionamiento:

Anteriormente se había diseñado la secuencia básica controlada con los pulsadores de marcha y paro implementados en el módulo. Ahora se pretende activar la secuencia desde la pantalla HMI, para esto se define en la programación la memoria que utilizará la pantalla para iniciar. La memoria M2.6 se define como (MARCHA), la secuencia consiste en iniciar el proceso al pulsar la tecla MARCHA y luego de esto, el proceso se finalizará automáticamente.

Pantalla de visualización:

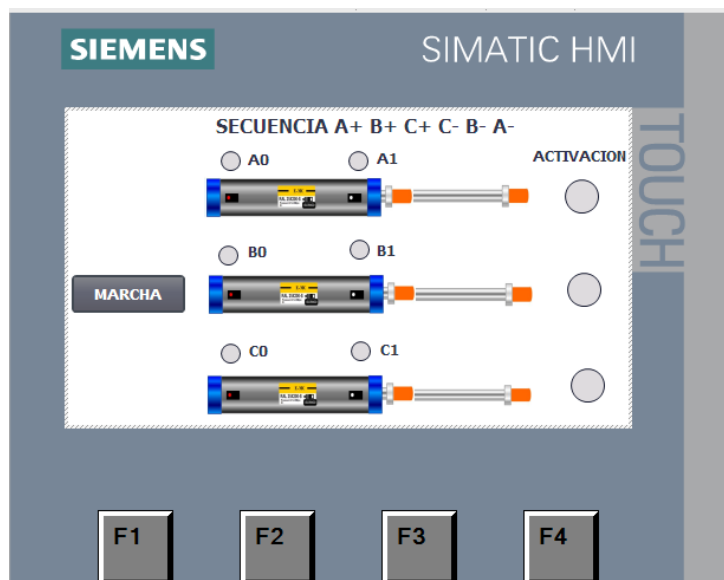
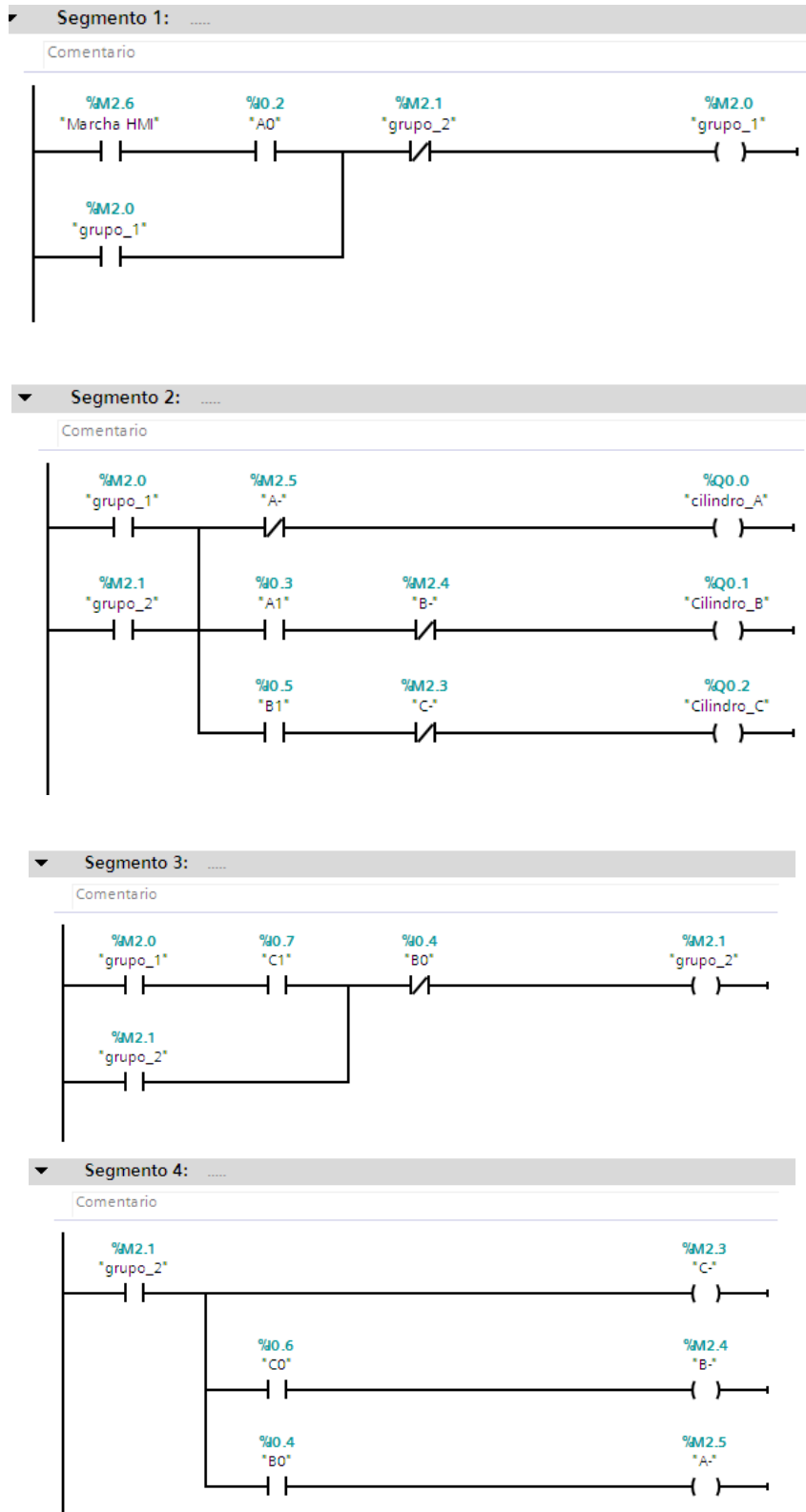


Diagrama LADDER:



Práctica N°6

Activación de dos cilindros simple efecto con temporización.

Objetivo general:

- Realizar la activación de dos cilindros simple efecto con temporización controlada por el usuario desde la pantalla HMI.

Objetivos específicos:

- Diseñar el programa en el software TIA PORTAL.
- Diseñar la temporización de manera que el usuario elija el tiempo de activación de los cilindros de simple efecto.

Funcionamiento:

Para esta práctica se utiliza temporizadores en el programa TIA PORTAL, de manera que la activación de los cilindros se realice desde la pantalla HMI, el tiempo se define por el usuario en milisegundos.

Pantalla de visualización:

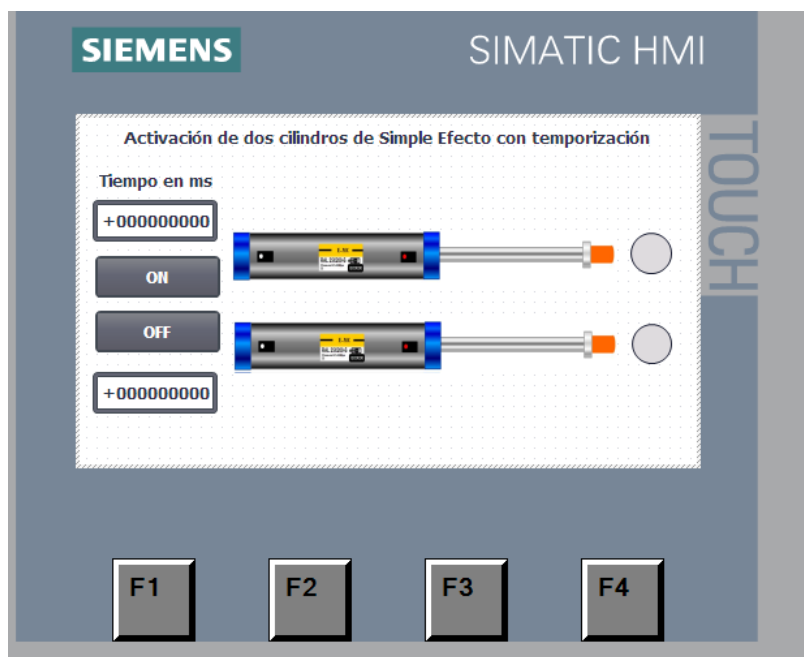
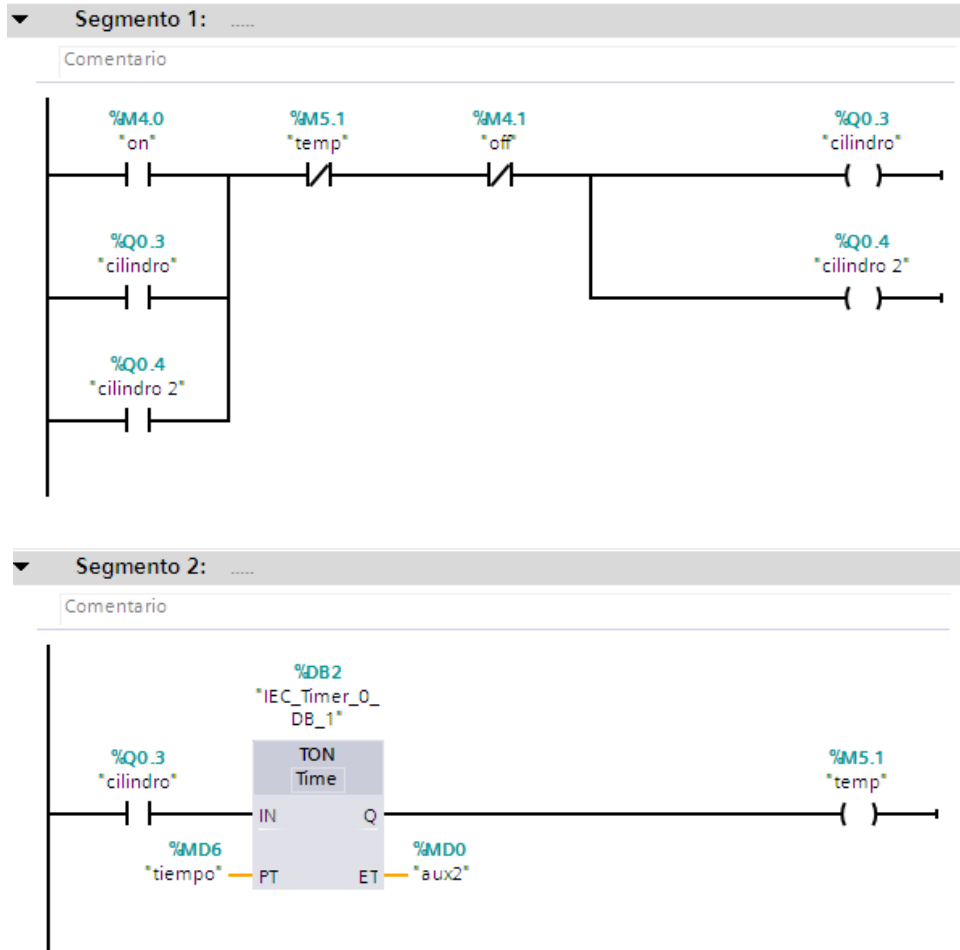


Diagrama LADDER:



PRÁCTICA N°7

Activación de un cilindro simple efecto con electroválvula doble.

Objetivo general:

- Demostrar el funcionamiento de una electroválvula doble.

Objetivos específicos:

- Diseñar el programa en el software TIA PORTAL.
- Conocer el funcionamiento de una electroválvula doble.

Funcionamiento:

La electroválvula doble cumple la función de activar y desactivar el funcionamiento de un cilindro. La característica que diferencia este tipo de electroválvula de las demás, es que su pilotaje se lo realiza de dos posiciones, una posición iniciará la activación y la otra posición desactivará el contacto.

Pantalla de visualización:

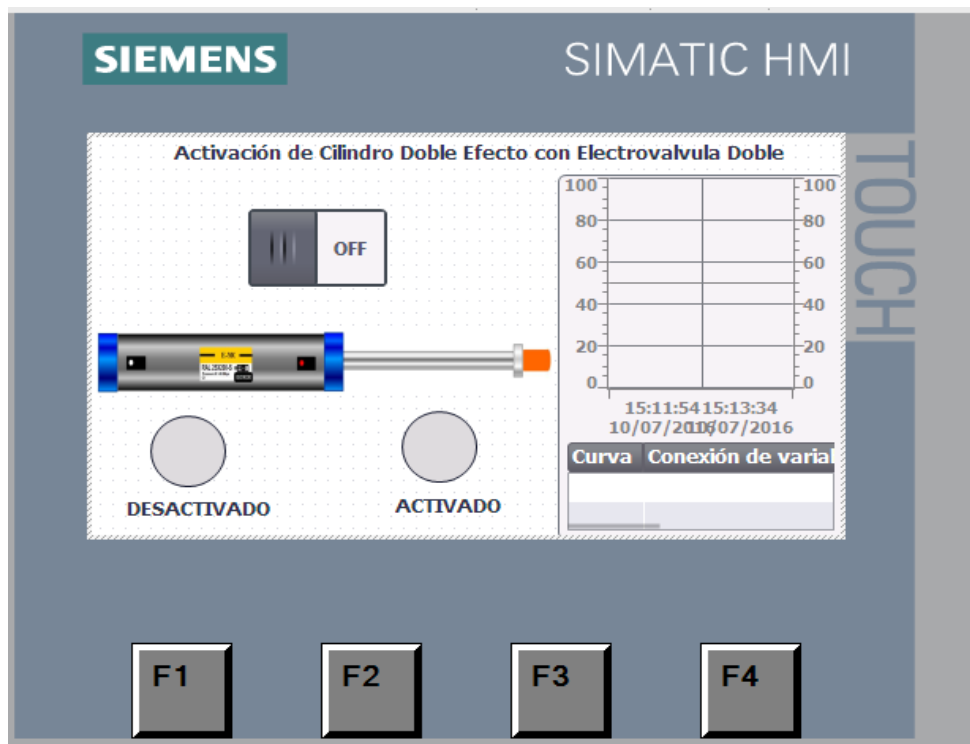
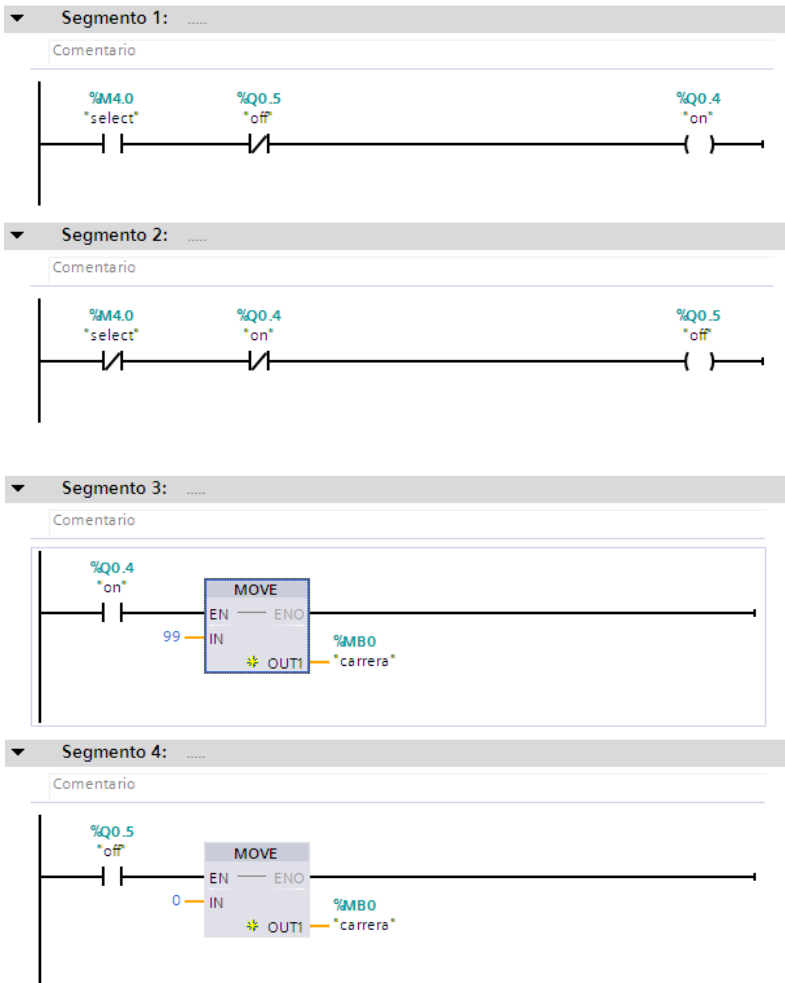




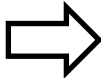

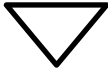
Diagrama LADDER:



4.4.7. CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE ENTRENAMIENTO ELECTRONEUMÁTICO

Para la construcción del módulo de entrenamiento se utiliza el flujograma basado en la simbología ASME.

TABLA 15: Flujograma utilizado para la construcción del módulo

ACTIVIDAD	SIMBOLOGIA
Operación: Indica las fases del proceso.	
Inspección: Verificación de calidad y/o cantidad.	
Desplazamiento o Transporte: Movimiento de empleados, material y equipo de un lugar a otro.	
Depósito provisional o espera: Indica demora en el desarrollo de los hechos.	
Almacenamiento permanente: Indica depósito de un documento o información dentro de un archivo u objeto cualquiera en un almacén.	

Fuente: <http://www.slideshare.net/racamachop/simbologa-ansi-y-asme>

4.4.8. CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

Para realizar la construcción del tablero de control se realizó el procedimiento que se detalla en el siguiente flujograma diseñado según la simbología ASME, cabe señalar que es necesario realizar los pasos que se indican en el flujograma, debido a que al ser un tablero de control en el cual intervienen empotrado, cableado y estructurado se puede cometer errores que afecten el funcionamiento, espacio físico y desempeño del módulo de entrenamiento.

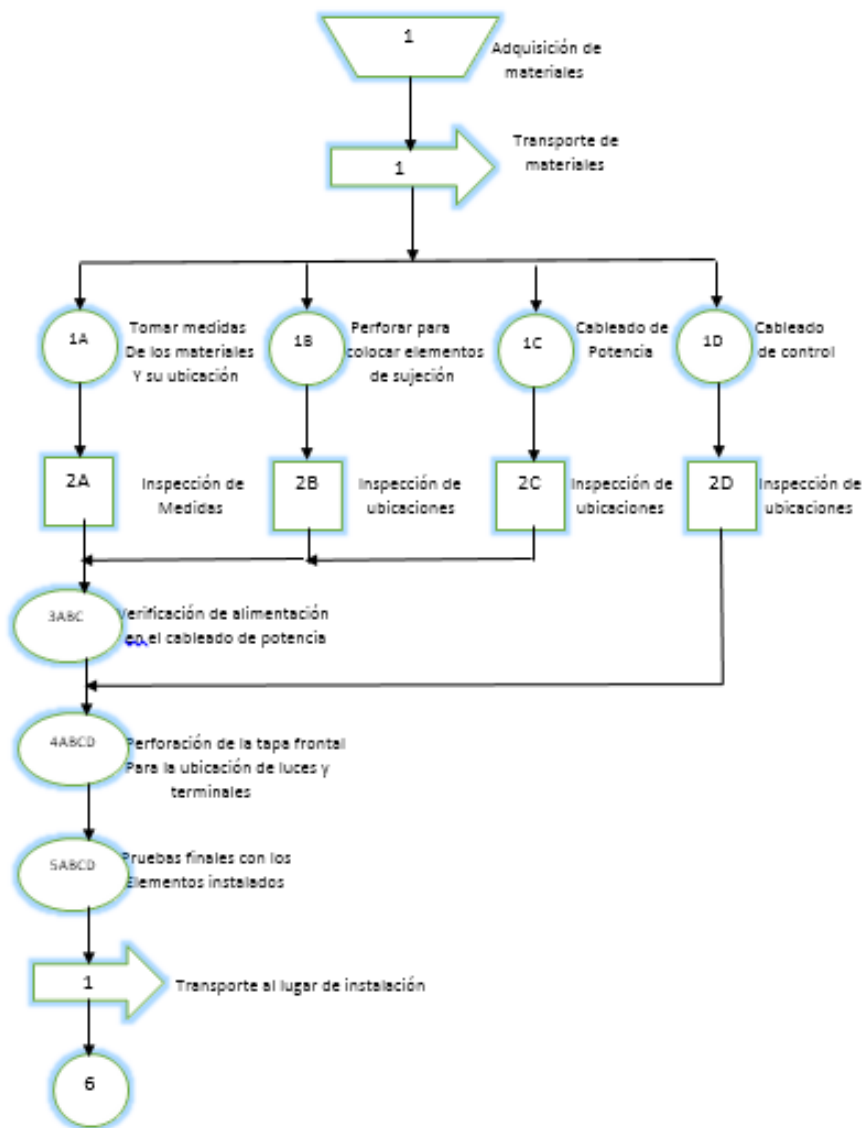


FIGURA 51: Flujograma de construcción
Fuente: El Autor

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La neumática ha sido empleada en diferentes sistemas, entre ellos: sistemas mecánicos y aplicaciones industriales. Los sistemas mecánicos utilizan la neumática para suministrar de aire a martillos y herramientas neumáticas, pero en la industria, la neumática cumple una labor importante puesto que contribuye a optimizar procesos y genera rentabilidad en las empresas industriales.
- El diseño del tablero de pruebas electroneumáticas se lo realizó con conexiones reconfigurables para que se puedan realizar prácticas diversas en control secuencial, pero cabe señalar que en procesos industriales que existen conexiones fijas y movibles.
- Los elementos utilizados en el tablero de control, son los más utilizados en la industria, aunque existen elementos de diferentes marcas y diseños, los materiales implementados sirven y se ajustan para simular y estudiar los procesos electroneumáticos.
- Con el banco de prácticas se pueden realizar procesos sencillos y complejos aplicativos a sistemas reales, y con la ayuda del software de simulación, el estudiante comprenderá de mejor manera el sistema que se espera controlar.

5.2. RECOMENDACIONES

- Una tecnología similar a la neumática es la hidráulica, sólo que utilizan diferentes recursos, la una utiliza aire y la otra utiliza agua para generar movimiento. Se recomienda a futuro hacer un análisis entre estas dos

tecnologías y concluir con la mejor aplicada a sistemas de procesos industriales.

- Si bien las conexiones reconfigurables sirven para que se puedan simular procesos de prueba, existe la posibilidad de que pueda existir fuga de aire, es por eso que se recomienda ajustar y revisar las conexiones antes de realizar las prácticas.

Antes de empezar con las prácticas es recomendable dar un vistazo a la configuración de las conexiones en la programación y tomar en cuenta las etiquetas que se dispuso en el módulo, para que cada elemento se desempeñe con total normalidad.

- Las prácticas planteadas se las diseñó con la supervisión de un profesional, por lo que implica el diseño y estructuración de la programación, es por esto que se recomienda realizar las prácticas con la ayuda e instrucción de un docente experimentado y que conozca del funcionamiento de los elementos implementados en el módulo de entrenamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Balcells, J. (1998). "Autómatas programables". Barcelona: Marcombo.
- Bolton, W. (2006). "Sistemas de control electrónico en Ingeniería eléctrica y electrónica". México D.F.: Alfaomega.
- Bueno, A. S/A. "Simbología Neumática e Hidráulica" S/E
- Carulla, M. & Lladonosa V. (1993). "Circuitos básicos de neumática". Barcelona: Marcombo.
- Creus, A. (2007) "Neumática e Hidráulica". México D.F.: Alfaomega.
- Daneri, P. (2008). "Automatización y control industrial". Buenos Aires: Editorial Hispano Americana S.A.
- Deppert, W. & Stoll, K. (2007). "Aplicaciones de la neumática". Barcelona: Marcombo.
- Ebel, F. (2009). "Fundamentos de neumática y electroneumática". Denkendorf: S/E.
- García, E. (2001) "Automatización de procesos industriales". México D.F.: Alfaomega.
- International Training (2002). "Neumática". Madrid: Praninfo
- Lladonosa, V. (1997). "Circuitos básicos de electroneumática". Barcelona: Marcombo.
- Lladonosa, V. (2000). "Circuitos básicos de ciclos neumáticos y electroneumáticos". Barcelona: Marcombo.
- Majumdar, S. (1997). "Sistemas neumáticos principio y mantenimiento". New York: McGraw Hill.
- SENA (2013). "Los PLC en los sistemas SCADA". Bogotá: S/E.
- Serrano, N. (2009). "Neumática práctica". Madrid: Paraninfo.

LINKOGRAFÍA

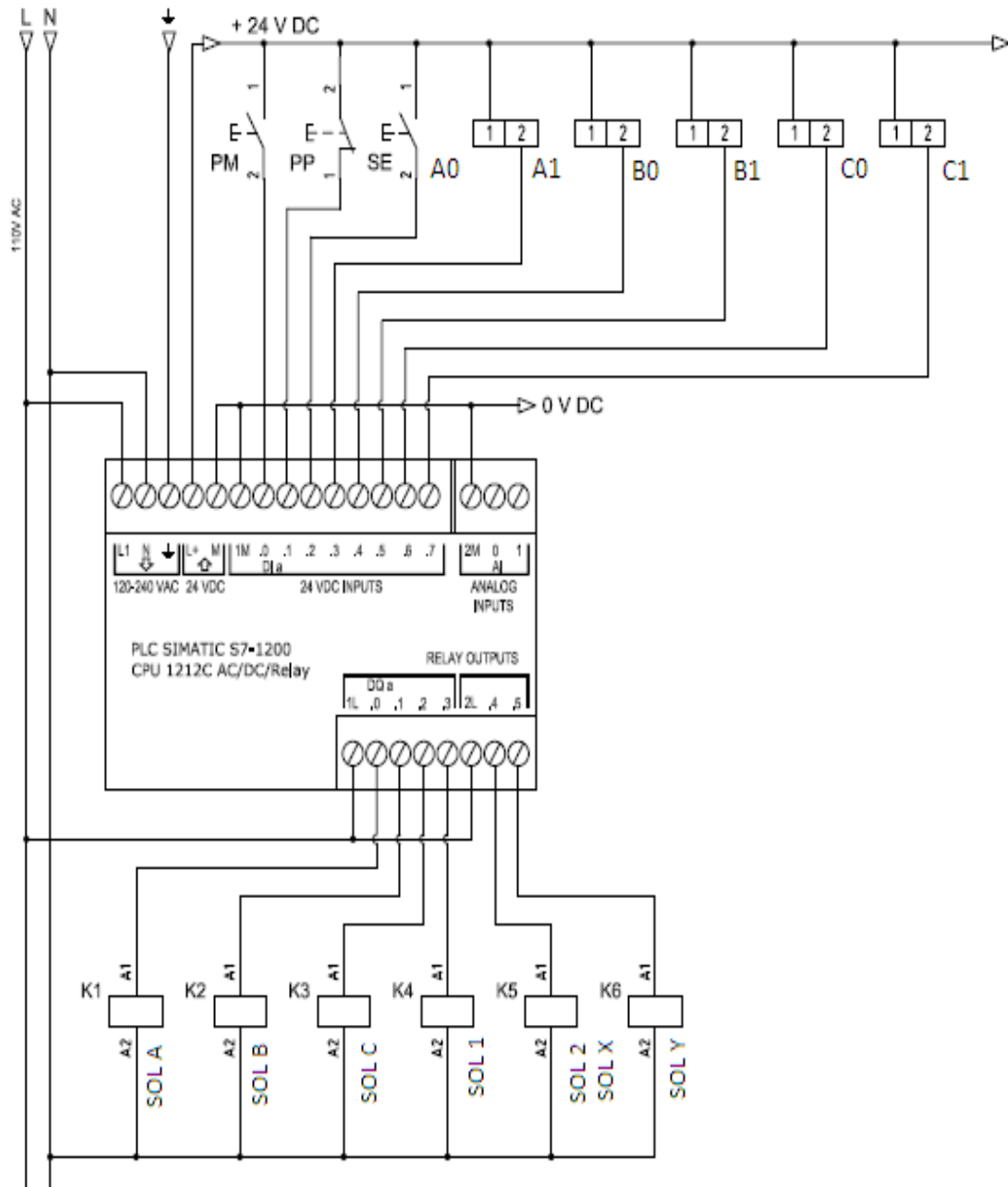
- Morales, D. (2012). Compresores de émbolo o pistón. Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos63/compresores-embolo-piston/compresores-embolo-piston.shtml>
- Automatización. (2010). Elementos de fuerza: Cilindros y motores neumáticos. Recuperado de: <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/elementos-de-fuerza-cilindros-y-motores.html>
- E-MC. (2015). Catálogo Técnico. Recuperado de: <http://emc-ecuador.com/neumatica/>
- ElectroIndustra. (2013). Interfaces Hombre Máquina. Recuperado de: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2020>
- Rosado, A. (2009). Introducción a HMI. Recuperado de: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>
- Castillo, J. (2001). Símbolos neumáticos. Recuperado de: <http://olmo.pntic.mec.es/jmarti50/neumatica/cilindros.html>
- Escalera, M. (2009). Actuadores Neumáticos. Recuperado de: <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Traabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Esacalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>
- PortenTools. (2016). Ficha Técnica de compresores. Recuperado de http://www.portentools.com/detalle_producto.php
- Ramírez, G. (2008). Introducción a los compresores. Recuperado de: <http://quantum.cucei.udg.mx/~gramirez/menus/introduccion/compresores.html>
- Automatización Industrial. (2013). Conceptos básicos de neumática e hidráulica. Recuperado de: <http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica2.htm>

MANUALES

- Siemens SIMATIC S7 CONTROLADOR PROGRAMABLE S71200
MANUAL
- Siemens SIMATIC TIA Portal Step 7 Basic V 10,5 Getting started
(Primeros pasos)

ANEXOS

ANEXO 1. DIAGRAMA DE CONEXIONES ELÉCTRICAS DEL PANEL DE CONTROL.



ANEXO 2. DIAGRAMA ELÉCTRICO DE RELÉS (SALIDAS DIGITALES) Y SIMBOLOGÍA.

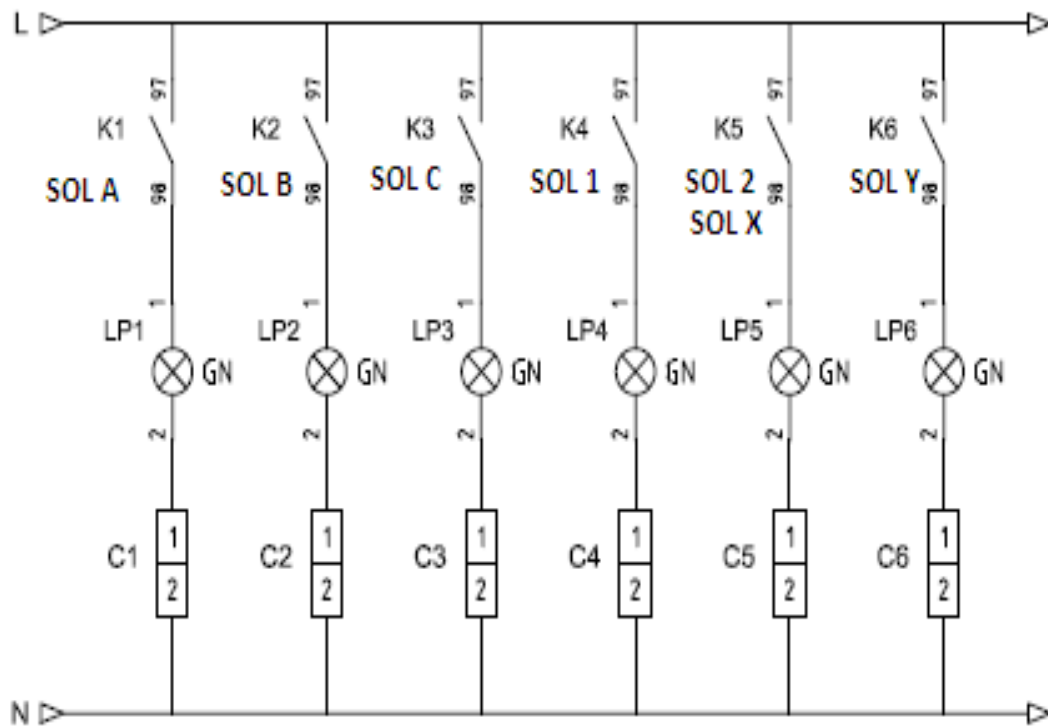


TABLA DE SÍMBOLOS	
SÍMBOLO	COMPONENTE
PM	Pulsador de marcha
PP	Pulsador de paro
SE	Selector
S1, S2,...S7	Entradas digitales (sensor)
K1, K2,...K6	Relés
LP1, LP2,...LP6	Luces piloto de estado
C1,C2,...,C6	Contactos de salida

ANEXO 3. HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.



ANEXO 4. PERFORACIONES EN LA TAPA FRONTAL DEL TABLERO DE CONTROL.



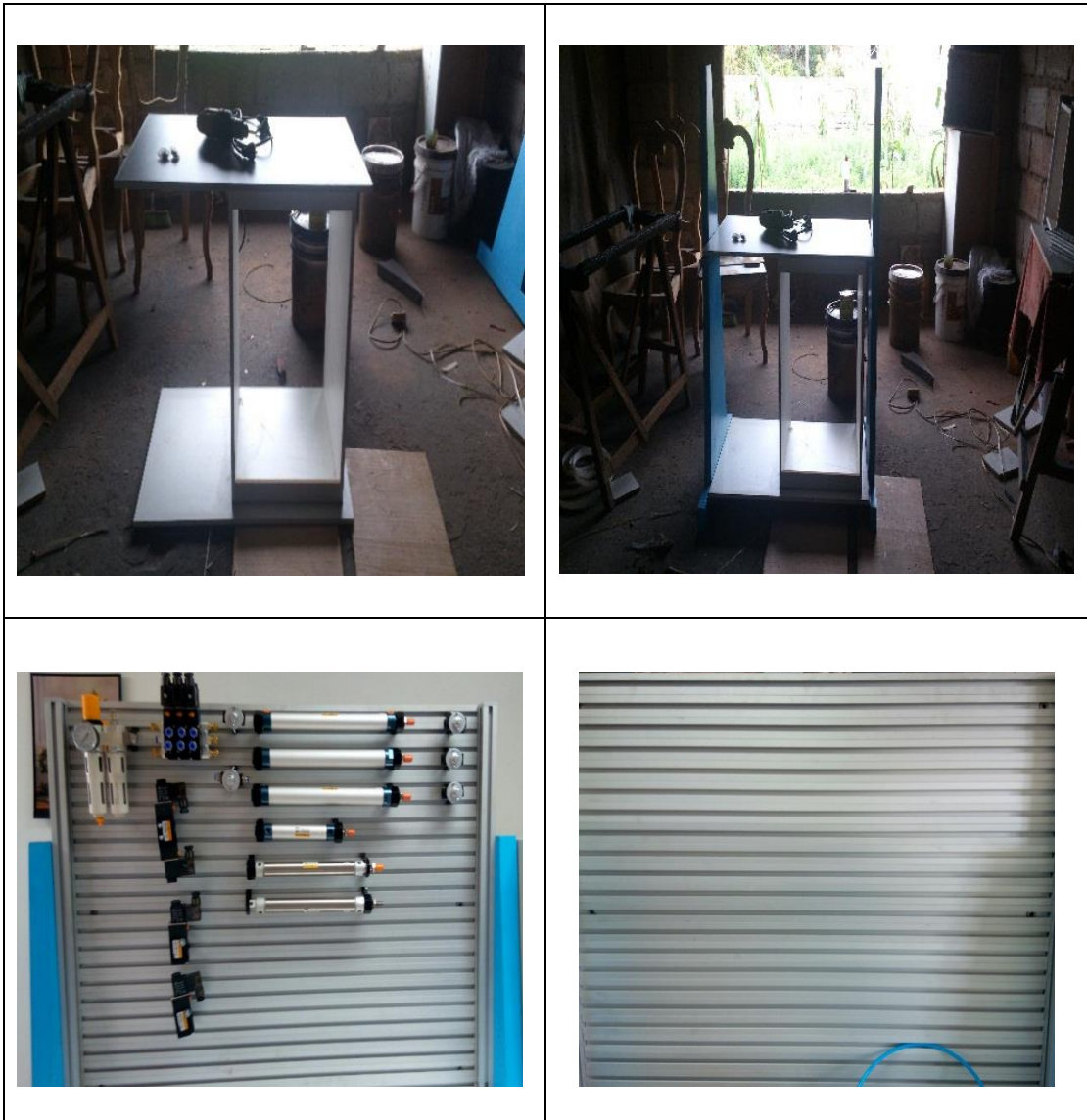
ANEXO 5. UBICACIÓN DE ELEMENTOS.



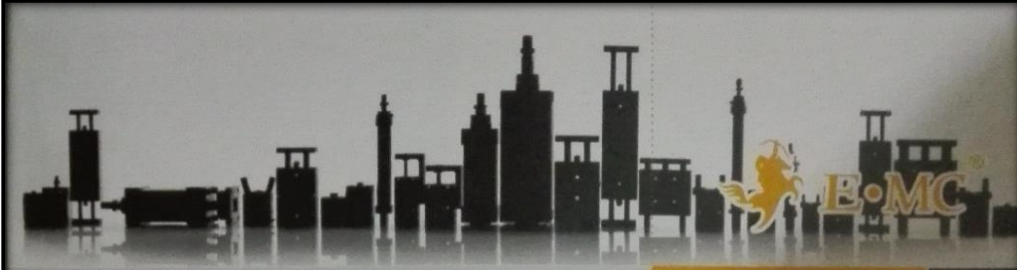
ANEXO 6. TABLERO TERMINADO Y PRUEBAS FINALES.



ANEXO 7. CONSTRUCCIÓN DEL MUEBLE DE SOPORTE.



ANEXO 8. TABLA PARA EL CÁLCULO DE LA FUERZA TEÓRICA EN CILINDROS NEUMÁTICOS.



CALCULO DE FUERZA TEÓRICA

$$F = P \times A$$

|
|
|

Fuerza de Cilindro

Presión de la Línea

Area de cilindro

F1 = Fuerza en extensión Lbf
F2 = Fuerza en retracción Lbf

Diámetro	Presión PSI									
	14.5	29	43.5	58	72.5	87	101.5	116	130	
6	F1	0,6	1,3	1,9	2,5	3,2	3,8	4,5	5,1	5,7
	F2	0,5	0,9	1,4	2,0	2,3	2,9	3,4	3,8	4,3
10	F1	1,8	3,5	5,3	7,1	8,8	10,6	12,4	14,1	15,9
	F2	1,4	2,9	4,5	5,9	7,4	8,8	10,4	11,9	13,3
12	F1	2,5	5,1	7,6	10,2	12,7	15,3	17,8	20,4	22,9
	F2	1,8	3,8	5,6	7,7	9,5	11,5	13,3	15,3	17,1
16	F1	4,5	9,0	13,6	18,1	22,6	27,1	31,7	36,2	40,7
	F2	3,8	7,7	11,7	15,5	19,4	23,4	27,2	31,1	35,6
20	F1	7,1	14,1	21,2	28,3	35,3	42,4	49,5	56,5	63,6
	F2	5,9	11,9	17,8	23,6	29,7	35,6	41,6	47,5	53,3
25	F1	11,0	22,1	33,1	44,2	55,2	66,3	77,3	88,4	99,4
	F2	9,2	18,5	27,7	37,1	46,4	55,6	64,8	74,0	83,3
32	F1	18,1	36,2	54,2	72,2	90,5	108,5	126,7	144,7	162,9
	F2	15,5	31,1	46,6	62,1	77,6	93,2	108,7	124,2	139,7
40	F1	28,1	56,5	84,8	113,0	141,3	169,7	197,8	226,1	254,3
	F2	23,6	47,5	71,1	95,0	118,6	142,4	166,1	189,9	213,5
50	F1	44,1	88,4	132,5	176,9	221,0	265,1	309,4	353,5	397,8
	F2	37,1	74,3	111,4	148,5	185,6	222,8	259,9	297,0	334,1
63	F1	70,2	140,2	210,4	280,6	350,6	420,8	491,0	561,2	631,1
	F2	63,0	126,0	189,0	252,0	315,0	378,0	441,0	504,0	567,0
80	F1	113,2	226,1	339,3	452,3	565,4	678,6	791,6	904,7	1.017,7
	F2	102,2	204,1	306,2	408,2	510,3	612,5	714,4	816,5	918,5
100	F1	176,6	353,3	529,9	706,5	883,1	1.059,8	1.236,4	1.413,0	1.589,6
	F2	165,6	331,2	496,8	662,4	828,0	993,6	1.159,2	1.324,8	1.490,4
125	F1	276,1	552,2	828,2	1.104,3	1.380,4	1.656,7	1.932,5	2.208,8	2.484,7
	F2	258,1	516,2	786,7	1.032,3	1.290,4	1.548,5	1.806,5	2.064,6	2.322,7
160	F1	452,5	904,7	1.357,2	1.809,5	2.261,9	2.714,4	3.166,7	3.619,1	4.071,4
	F2	424,1	848,3	1.272,4	1.696,5	2.120,6	2.544,8	2.969,0	3.393,0	3.817,1
200	F1	706,7	1.413,7	2.120,4	2.827,4	3.534,3	4.241,0	4.948,0	5.654,7	6.361,7
	F2	678,4	1.357,0	2.035,6	2.714,0	3.392,6	4.071,2	4.749,5	5.428,1	6.106,7

ANEXO 9. TABLA DE CONDUCTOR AWG EN FUNCIÓN DE LA CORRIENTE.

Calibre AWG - MCM	Sección Real (mm²)	Intensidad Admisible (Amperios)
14	2.081	30
12	3.309	40
10	5.261	55
8	8.366	70
6	13.300	100
4	21.150	130
3	26.670	150
2	33.630	175
1	42.410	205
1/0	53.480	235
2/0	67.430	275
3/0	85.030	320
4/0	107.200	370
250 MCM	126.700	410
300 MCM	151.000	460